



HAVO ELEKTR TARMOQLARIDA 20 KV KUCHLANISHNI QO'LLASHNING TEXNIK-IQTISODIY SAMARADORLIGINI ASOSLASH

Taslimov A.D. - t.f.d. (DSc), Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti "Elektr ta'minoti" kafedrasida professori., **Raximov F.M.** – Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti "Elektr energetikasi" kafedrasida assistenti

Annotatsiya. Ushbu maqola energiya infratuzilmasining zamonaviy muammolari sharoitida o'rta kuchlanishli taqsimlash tarmoqlaridan foydalanishning texnik-iqtisodiy jihatlari asoslashga bag'ishlangan. Havо liniyalari va transformator podstansiyalari asosiy parametrlarining narx ko'rsatkichlarining approksimatsiyalangan funksiyalari asosida ideallashtirilgan tarkiblar usulini qo'llab o'rta kuchlanishli elektr tarmog'ida 20 kVli kuchlanishdan foydalanishni texnik-iqtisodiy asoslash amalga oshiriladi. Bunda funksiya ekstremumining koordinalarini aniqlash uchun Logranjning noaniq ko'paytuvchilari uchuli ishlatiladi. O'rganish uchun kuchlanishi 10(6) kV bo'lgan elektr energiyasini uzatish uchun mo'jallangan elektr tarmog'ining 12 ta uchastka varianti ko'rib chiqilgan. Olingan natijalar asosida quyidagilar aniqlandi: 10 kVli havо liniyalarning kapital xarajatlari 20 kVli havо liniyalarnikiga qaraganda 1% oraliqda bo'ladi; simning ma'lum kesim yuzasida 20 kVli tarmoqning o'tkazish qobiliyati 10 kVliga qaraganda 2 barobar yuqori; uzatilayotgan bir xil quvvatda quvvat va elektr energiya isrofi 4 barobar kam; tarmoq parametrlarining barcha turdagi qiymatlarida tarmoqni 10 kVdan 20 kVga o'tkazish maqsadga muvofiq.

Kalit so'zlar: texnik iqtisodiy ko'rsatichlar, optimallashtirish, transformator nimstansiyasi, havо liniyalari, energiya isrofi, taqsimlash qurilmalari.

Аннотация. Данная статья посвящена обоснованию технико-экономических аспектов использования распределительных сетей среднего напряжения в условиях современных проблем энергетической инфраструктуры. На основании приближенных функций ценовых показателей от основных параметров воздушных линий и трансформаторных подстанций методом идеализированных составляющих выполнено технико-экономическое обоснование использования напряжения 20 кВ в электрической сети среднего напряжения. В этом случае для определения координат экстремума функции используются нечеткие множители Логранжа. Для исследования было рассмотрено 12 вариантов участков электрической сети, предназначенных для передачи электроэнергии напряжением 10(6) кВ. На основании полученных результатов установлено: капитальные затраты на ВЛ 10 кВ находятся в пределах 1% от затрат на ВЛ 20 кВ, пропускная способность сети 20 кВ на заданном сечении провода выше в 2 раза, чем у 10 кВ, при той же передаваемой мощности потребляемая мощность и электроэнергия в 4 раза меньше; желательнее перевести сеть с 10 кВ на 20 кВ во всех видах значений параметров сети.

Ключевые слова: технико-экономические показатели, оптимизация, трансформаторная подстанция, воздушные линии, потеря энергии, распределительные устройства.

Annotation. This article is devoted to the substantiation of the technical and economic aspects of the use of medium-voltage distribution networks in the context of modern problems of energy infrastructure. Based on the approximate functions of price indicators from the main parameters of overhead lines and transformer substations, a feasibility study for the use of 20 kV voltage in an average voltage electrical network was carried out using the method of idealized components. In this case, fuzzy Logrange multipliers are used to determine the coordinates of the extremum of the function. For the study, 12 variants of sections of the electric network intended for the transmission of electricity with a voltage of 10(6) kV were considered. Based on the results obtained, it was found that the capital costs of a 10 kV overhead line are within 1% of the costs of a 20 kV overhead line, the capacity of a 20 kV network at a given wire section is 2 times higher, less than 10 kV, with the same transmitted power, the power consumption and electricity are 4 times less; it is desirable to transfer the network from 10 kV to 20 kV in all types of network parameter values.

Keywords: technical and economic indicators, optimization, transformer substation, overhead lines, loss of energy, switchgear.

Kirish. Bugungi kunda elektr yuklamalarining o'sishi ko'pincha mavjud tarmoqlarda texnik cheklovlarga olib keladi. Yangi iste'molchilarning elektr energiyasi bilan ta'minlanishi uchun, qoida tariqasida, mavjudlariga parallel ravishda tarmoqlar quriladi. Biroq, bu har doim ham muammolarni hal qilmaydi iste'molchilarni kerakli miqdorda va standart sifatda elektr energiyasi bilan ta'minlay olmaydi. Ishlab chiqarish manbalari va yuqori kuchlanishli transformator punktlarida quvvat zahiralari yaratilayotganidan qat'iy nazar, elektr energiyasini yetkazib berish tarmoqlarining yo'qligi sababli iste'molchilarni ulashda jiddiy qiyinchiliklar mavjud bo'lib, bu elektr tarmoqlari rivojlanishidagi jiddiy muamolardan biridir. Bu muammoning yechimlaridan biri kuchlanishni oshirish orqali quvvat uzatishni oshirishdir. Hozirgi kunda 20 kV tarmoqlarni loyihalashtirishning eng dolzarb tashkiliy masalalari quyidagilardan iborat [1]:

1. Normativ-huquqiy bazani yangi milliy standartlar va texnik reglamentlarni ishlab chiqish bilan yangilash zarur.

2. Rivojlanayotgan hududlarda kompleks sxemalar asosida elektr tarmoqlarini ilg'or qurish mexanizmlarini joriy etish zarur.

3. Tarmoq infratuzilmasini loyihalash va qurish bo'yicha mahalliy hokimiyat organlari bilan muvofiqlashtirish tartib-qoidalarini soddalashtiradigan



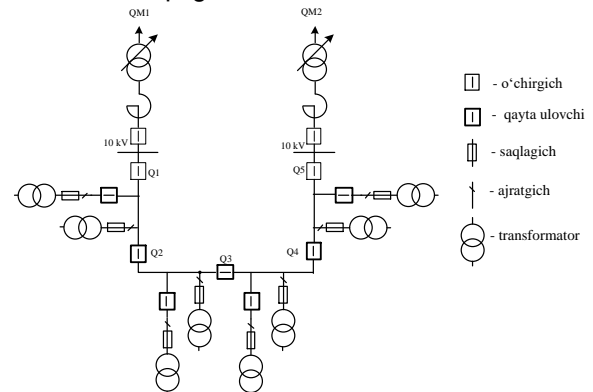
va muddatlarni sezilarli darajada qisqartiruvchi yechimlarni ishlab chiqish.

Asosiy maqsadli mezonlardan biri – elektr energiyasiga bo'lgan talabning ortib borayotganligini hisobga olgan holda, iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlashning ishonchligi va tasnifi kafolatlarini saqlash muhim. Ushbu talablarga taqsimlash tarmog'ini qurish uchun yuqori texnologiyali usullarga ega yuqori ishonchli, past texnik xizmat ko'rsatadigan uskunalar va yuqori sifatli o'tkazgich mahsulotlarini qo'llash orqali erishish kerak, bu esa zahira o'rta kuchlanish liniyalarining ortiqcha sonini yo'q qiladi. Biroq, har bir alohida holat uchun tarmoq qurilishining yetarli hajmlarini va elektr ta'minotining toifasi va ishonchligini ta'minlash vositalarini aniqlash ixtisoslashtirilgan loyihalash tashkilotlari tomonidan ishlab chiqilishi kerak [1].

O'rta kuchlanishli tarqatish tarmoqlari yuqori kuchlanishli stantsiyalardan oxirgi iste'molchilarga elektr energiyasini ishonchli va samarali taqsimlashda muhim rol o'ynaydi. Ushbu tarmoqlarning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari energiya ta'minotining umumiy samaradorligi va energiya xarajatlari tarkibiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ushbu maqola doirasida texnik va iqtisodiy parametrlarning o'rta kuchlanishli tarqatish tarmoqlarini loyihalash, qurish va foydalanishga ta'siri ko'rib chiqiladi. Uskunalar xarajatlarini tahlil qilish, energiya samaradorligini oshirish va tarmoqlarning ishonchligini ta'minlashga alohida e'tibor qaratilmoqda. Ushbu samaradorlik va iqtisodiy maqsadga muvofiqlik o'rtasidagi eng yaxshi muvozanatga erishish uchun texnik-iqtisodiy omillarni hisobga olgan holda o'rta kuchlanishli tarqatish tarmoqlari infratuzilmasini optimallashtirish yo'llarini aniqlashdir [2].

Tadqiqot qismi. O'zbekistonning shahar va qishloq xo'jaligi hududlarida 20 kV havo elektr tarmoqlarini rivojlantirishning ilmiy-uslubiy asoslari hali ishlab chiqilmagan. 10-20 kV oralig'ida 10 va 20 kV havo liniyalarining xarajat xarakteristikalarini deyarli farq qilmaydi. 10/0,4 va 20/0,4 kV transformator podstansiyalari narxidagi mavjud farq nisbatan past yuklanishlarda ham liniyalarda elektr energiyasi yo'qotishlarini kamaytirish hisobiga qoplanadi. Elektr

tarmog'ining bo'laklari ikkita geografik jihatdan uzoqda joylashgan 110/10(6) kV quvvat markazlari bilan bog'langan halqa sxemasi bo'lib, ular havo liniyalarining avtomatik qayta ulovchi bilan ajratilgan. Asosiy magistraldan chiqadigan filiallarda ajratgich yoki avtomatik qayta ulovchi orqasida 10(6)/0,4 kv podstansiya transformatori joylashgan, ko'pgina hollarda, bunday transformator podstansiyalari nominal transformator quvvati $S_n=16-100$ kV·A bo'lgan bitta transformatorli ustun tipidagi, transformator nominal quvvati $S_n=160-250$ kV·A bo'lgan ustunli turi va nominal transformator quvvati $S_n=400-1000$ kV·A bo'lgan kabinali turidagi transformatorlardir. 10(6)/0,4 transformatorlarini himoya qilish yuqori kuchlanish tomonida joylashgan eruvchan saqlagichlar bilan ta'minlanadi.



1-rasm. O'rta kuchlanishli havo elektr tarmog'ining tipik sxemasi

Oddiy rejimda elektr tarmog'i zanjiri avtomatik zahira kiritish bilan qayta ulovchilardan birida ochiladi. Elektr tarmog'ining yuqoridagi 12 ta qismida tarmoq parametrlari 1-jadvalda ko'rsatilgan. Bu yerda: P_{max} va P_{min} 2022 yildagi o'lchov ma'lumotlariga ko'ra qish va yoz ish kunlarida eng yuqori yuklama hisoblanadi; L_{HL} va L_{IHL} -havo liniyalarining uzunligi, izolyatsiyasiz simlar va izolyatsiya qobiqli simlar bilan; L_{KL} – kabel liniyalarining uzunligi, L_{um} – uchastka liniyalarining umumiy uzunligi; L_{magis} - quvvat markazlari orasidagi tarmoqning asosiy qismining uzunligi; σ_{yuk} - yukning zichligi; σ_t - tarmoq zichligi [3].

1-jadval

O'rta kuchlanishli havo elektr tarmog'i 12 ta qismining parametrlari

No	P_{max} kVt	P_{min} kVt	L_{HL} km	L_{IHL} km	L_{KL} km	L_{um} km	L_{magis} km	σ_{yuk} kVt/km ²	σ_t kVt/km ²
1	3751	2168	32,6	8,6	11,2	52,4	19,4	154,3	1,7
2	6358	5816	67,5	2,6	4	74,1	32,6	154,3	1,6
3	3609	1929	49,7	13,5	6,9	70,1	21	83,2	1,6
4	5646	4072	35,4	49,2	3	87,6	43	157,3	2,1
5	1781	989	44,7	0,6	1,6	46,9	12,9	57,3	1,5
6	1840	844	40,6	0,4	1,5	42,5	22,5	45,5	1
7	2486	1244	32,8	3,3	0,1	36,2	22	66,8	1
8	2992	1673	51,8	7,5	3,1	62,4	35,8	55	1
9	1193	618	49,5	10,1	2,2	61,8	41,3	24,8	1,3
10	1640	1102	59,8	2	2,8	64,6	31	39,8	1,6
11	297	78	35	0	0	35	30,5	8,2	1
12	3023	1872	21	11,4	9,9	42,3	20,3	117,6	1,6
O'rtacha	2884	1867	43,3	9,1	3,8	56,3	27,7	80,3	1,4



Elektr tarmoqlari parametrlarini optimallashtirish masalasida matematik optimallashtirish masalasini quyidagicha shakllantirish mumkin: boshqariladigan o'zgaruvchilarga qo'yiladigan cheklovlarni hisobga olgan holda maqsad funktsiyasini minimallashtirishga erishish orqali. E_n vektor n o'lchovli fazoning berilgan U to'plamida $f(x) = (x_1, \dots, x_n)$ n ta o'zgaruvchining funktsiyasini minimallashtirish orqali biz bu U to'plamdagi funktsiyaning minimal nuqtalaridan kamida bittasini aniqlashni tushunamiz, shuningdek, agar kerak bo'lsa, $f(x)$ funktsiya qiymatlarining U to'plamidagi minimal (maksimal) holatida bo'lsa ham. Masalan, xarajatlarni hisoblash funktsiyasini ko'rib chiqamiz [2,3]:

$$Z_{ZHL} = 665,8 + 2,86F \text{ mln.so'm/km,} \quad (1)$$

Keling, chegirmali xarajatlarni hisoblash orqali tahlil qilamiz

$$Z_{ZHL} = K(665,8 + 2,86F) = 1,08(665,8 + 2,86F) = 719 = 3,1F \text{ mln.so'm/km,} \quad (2)$$

Uch fazali liniyaning 1 km uchun elektr yo'qotishlarining imtiyozli narxi

$$Z_{\Delta W} = \Delta P_{\max} \tau Z_E k_2 = 3I^2 R \tau Z_E k_2 = 3I^2 (\rho L / F) \tau Z_E k_2 = 8,7I^2 / F \text{ mln.so'm/km} \quad (3)$$

bu yerda: ρ -solishtirma qarshilik, o'rtacha harorat 57 °C (25 °C dan maksimal 90 °C gacha bo'lgan haroratlarda alyuminiy qotishma yadrosi standart qarshilikka ega bo'ladi), $Om \cdot mm^2/m$; R -aktiv qarshilik, Om ; I -faza toki, A ; L -elektr tarmog'ining uzunligi, km . Demak, havo elektr uzatish liniyasining umumiy chegirmali narxi:

$$Z_L = Z_{ZHL} + Z_{\Delta W} = 719 + 3,1F + 8,7I^2 / F \text{ mln.so'm/km} \quad (4)$$

Shuning uchun, o'tkazgichning optimal kesimi:

$$\partial Z_L / \partial F = 3,1 - 8,7I^2 / F^2 \quad (5)$$

$$F = \sqrt{8,7/3,1} = 0,6 \text{ mm}^2 \quad (6)$$

Tokning iqtisodiy zichligi quyidagicha aniqlanadi $j_0 = I / S = \sqrt{8,7/3,1} = 0,6 \text{ A/mm}^2$. Kesimasi 70 mm^2 , kuchlanishi 10 kV bo'lgan elektr tarmog'ining o'tkazgichini ulashda tok kuchi $0,6 \cdot 70 = 42 \text{ A}$, quvvati $S = 730 \text{ kVA}$ ga teng. 1-rasm va 1-jadvalda keltirilgan konfiguratsiyalarni hisobga olgan holda, odatiy tarmoq uchastkasi uchun quvvat taxmini $2S \approx 1460 \text{ kVA}$ ni tashkil qiladi. 1-jadvalda bu nisbat faqat 9-11 qismlarga to'g'ri keladi.

Transformatoridagi ortiqcha quvvat tufayli havo liniyasidagi yuklanish ortadi, 20 kV kuchlanishga o'tishda havo liniyasining kesimini o'zgartirishdan, ushbu tarmoq orqali $2S = 2920 \text{ kVA}$ ni o'tkazish mumkin. Bu erda elektr tarmog'ining 50 foizdan ortig'i j_0 uchun mos deb baholanadi. Qolgan qismlarni o'tkazgich yuzasining qo'shimcha 120 mm^2 ($2S \approx 5800 \text{ kVA}$) kesimiga oshirish tavsiya etiladi. Biroq, jadvalning 2 va 4-qismlari uchun bu yetarli emasligi aniq bo'ladi [4].

Tarmoq tuzilishidagi bunday aniq buzilishlar nominal elektr kuchlanishini optimallashtirish uchun buzilishlarni keltirib chiqaradigan muammolarni

bartaraf etishimiz kerakligini anglatadi. Bunday savollarning maqsadi uchun [2] da yaratilgan noaniq Lagranj ko'paytmalari usulidan foydalanish oqilona hisoblanadi. Faraz qilaylik (5) talab bajarildi. U holda (4) ning ikkinchi va uchinchi hadlari bir-biriga teng bo'ladi va ularning yig'indisi (6) ni hisobga olgan holda quyidagiga teng:

$$2 \cdot 2,31 \cdot F = 2 \cdot 2,31 \sqrt{8,7/3,1} I \quad (7)$$

L masofaga elektr energiyasini yetkazib berish narxini hisoblaymiz, $Z = Z_L L + Z_{TP}$,

Masalan: $Z_{TP} = Z_{KTP} = K(401 + 1,29S + 25,94U) = 1,35(401 + 1,293IU + 25,94U) = 541 = 3IU + 35U$ (8) (1), (4) va (5) ifodalarni hisobga olib, biz uni quyidagicha yozamiz:

$$Z = 719L + 10,4IL + 541 + 3IU + 35U = 541 + 719L + 3IU + 10,4IL \quad (9)$$

Biz xarajat funktsiyasini (7) ruxsat etilgan quvvat qiymatiga nisbatan eng kichik qiymatga tushiramiz, ya'ni Lagranj usulida ko'rsatilgan shartga muvofiq $D_Y = 0$ muammoning yechimini hisoblaymiz.

$$Z = 719L + 10,4IL + 541 + 3IU + 35U = 541 +$$

$$719L + 3IU + 10,4IL + \lambda(S/\sqrt{3} - IU)$$

Lagranj usuliga ko'ra λ koeffitsienti quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$\partial Z / \partial U = 3I + 35 - \lambda I \quad (10)$$

$$\partial Z / \partial I = 3U + 10,4L - \lambda U \quad (11)$$

(10) va (11) formulalardan foydalanib, quyidagi tenglamani olamiz:

$$I = 35 / (\lambda - 3) \quad (12)$$

$$U = 10,4L / (\lambda - 3) \quad (13)$$

λ koeffitsientini Lagranj usuli yordamida aniqlaymiz:

$$\lambda = 25\sqrt{L/F} + 3 \quad (14)$$

(11) va (14) tenglamalardan foydalanib, quyidagi ifodani olamiz:

$$3U + 10,4L + \lambda U = 3U + 10,4L - (25\sqrt{L/F} + 3)U = 0$$

Optimal kuchlanish quyida keltirilgan formuladan foydalanib hisoblanadi

$$U = 10,4L / 25\sqrt{L/F} = 0,4\sqrt{L/F} \quad (15)$$

Bu ifoda (15) quvvat markazidan L masofada joylashgan bir nuqtada to'plangan yukning eng oddiy holati uchun olingan. Tarmoqdagi elektr yukining bir xilda taqsimlanishi natijasida bu sohada energiya sarfi uch barobarga kamayadi. Energiya sarfini hisoblash uchun biz $10,4L$ ifodadan foydalanamiz. Shuning uchun:

$$U = 0,4\sqrt{L/F} / 3 = 0,133\sqrt{L/F} \quad (16)$$

Shunday qilib, (15) va (16) formulalar natijasidan ma'lum bo'ladi, quvvat miqdori va optimal kuchlanish ruxsat etilgan strukturaviy shartlarga qarab sezilarli darajada farq qilishi mumkin:

$$U = 0,13 \div 0,4\sqrt{L/F}, \quad (17)$$

Jadvalda keltirilgan xarakteristikalar asosida (17) formuladan foydalanib, ma'lum bir sohada elektr kuchlanishining optimalligini tahlil qilish amalga oshirildi. Magistral elektr tarmog'ining o'rtacha



uzunligi 28 km ni tashkil qiladi. Oddiy rejim ikkiga bo'linganligini hisobga olsak, $L \approx 28/2 = 14$ km ni olishimiz mumkin. Ortiqcha yuklanish rejimida ishlaganda tarmoqdagi o'rtacha yuklama 2880 kVt bo'lganligi sababli, formula (17) ga asosanib, optimal elektr kuchlanishi 19-57 kV oralig'ida ekanligi aniqlandi. Shuni takidlash kerakki kuchlanishning yuqori chegarasi 57 kV ehtiyotkorlik bilan qabul qilinishi kerak. 35 kV kuchlanishga o'tishda 35/0,4 kV podstansiyalarning tuzilishi murakkablashadi, lekin eng muhimi, havo liniyalarining kapital xarajatlari 10-20 kV havo liniyalariga qaraganda uch-to'rt baravar qimmatroq bo'ladi [5].

Havo va kabel tarmoqlarida 20/0,4 kV (6-10/0,4 kV o'rniga) nisbatan yangi kuchlanish darajasidan foydalanishni muhokama qilganda, mutaxassislar ko'pincha shunday fikr bildirishadi: Balki boshqa daraja, 35/0,4 kV afzalroqdir? [2] da mavjud 6-10 kV tarmoqlarni 20 kVgacha yangilashning maqsadga muvofiqligi asoslab berilgan. Ushbu tadqiqotning asosiy xulosalarini almashgandan so'ng, biz 20/0,4 kV va 35/0,4 kV kuchlanishlarda ishlaydigan havo elektr tarmoqlarini solishtiramiz. O'z navbatida, 35 kV kuchlanishdan foydalanish 6-10 kV tarmoqlarning elementlarini to'liq almashtirishni talab qiladi [6].

Transformator podstansiyalarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini tahlili shuni ko'rsatadiki, texnik va iqtisodiy xususiyatlar komplekt transformator podstansiyasi 35/0,4 kV va transformator podstansiyasi 20/0,4, agar teng bo'lmasa, ba'zi hollarda juda yaqin. 2-jadvalda misol tariqasida bitta transformatorli 35/0,4 kV yuqori zavod tayyorgarligidagi komplekt transformator podstansiyasi va ma'lum darajada shunga o'xshash kabinali 20/0,4 kV transformatorli nimstansiya uchun jamlangan xarajatlar ko'rsatkichlari keltirilgan.

2-jadvaldagi qiymatlar ishlab chiqaruvchilarning takliflari va smeta narxlari asosida olingan asbob-uskunalar, materiallar, loyihalash, qurilish, montaj qilish va ishga tushirish xarajatlarini hisobga olingan.

2-jadval.

Transformator nimstansiyasi narxining jamlangan ko'rsatkichlari, mln.so'm

Kuchlanish U_{nom}, kV	Quvvat S_{nom}, kVA				
	100	160	250	400	630
20/0,4	144	152	176	194	247
35/0,4	182	184	191	198	263

2-jadvaldagi transformator nimstansiyasi uchun 20 va 35 kV tarafdagi elektr ulanish sxemalari bir xil: kuch transformatorini himoya qilish uchun kirishda ajratgich va saqlagichlar o'rnatilgan. Teng nominal quvvat bilan 20/0,4 va 35/0,4 kV transformatorlarning salt ishlash va qisqa tutashuvdagi isroflari juda yaqin va shuning uchun bundan keyin hisobga olinmaydi [7].

Havo liniyalarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari [2] da ko'rsatilganidek, 10-20 kv havo liniyalarining narxi, boshqa barcha narsalar teng

bo'lsa, deyarli bir xil. Biroq, 35 kv kuchlanishga o'tishda havo liniyalarining narxi keskin oshadi. Shunday qilib, [2] ga ko'ra, 35 kV bir zanjirli havo liniyasining 1 km uchun narx standarti 10 kVga nisbatan $a=4,1$ baravar yuqori. Biroq, eng arzon temir-beton tayanchlaridan foydalanganda, 35 kV kuchlanishli havo liniyalari narxining oshishi unchalik sezilmaydi: $a \approx 2,5$. AC tipidagi simlari bo'lgan aholi punktlarida 10-20 kV havo liniyalari uchun integral xarajat ko'rsatkichlari, ularning kesimlariga qarab 3-jadvalda keltirilgan (aholi yashamaydigan hududlar uchun narx 20-25% ga kamayadi):

3-jadval

AC tipidagi simli aholi punktlarida 10-20 kV havo liniyalari uchun integral xarajatlar ko'rsatkichlari.

Simning ko'ndalang kesim yuzasi, mm ²	50	70	95	120	
1 km uchun narx, mln.so'm/km.	10-20 kV	110	116	122	132
	35 kV	275	290	305	330
Havo liniyalarining narxlaridagi farq mln.so'm/km.	165	174	183	198	

Havo liniyalarining yuqoridagi xarajat tavsiflari ko'rib chiqilayotgan bir qator investitsiya loyihalarini qayta ishlash natijasida olingan. 35 kV kuchlanishli havo liniyasining narxi 10-20 kV havo liniyasining xarajatlarini $a=2,5$ ga ko'paytirish hisoblangan [8].

Elektr tarmoqlari elementlarining texnik va iqtisodiy parametrlarining funktsional bog'liqligi taqdim etilgan xarajat tavsiflari 6-8% dan ko'p bo'lmagan xato bilan quyidagi oddiy chiziqli yaqinlashuvchi bog'liqliklarni olish imkonini beradi: nimstansiya transformatori Z_{TP} (mln.so'm, S_{nom} kVA, U_{nom} kV) va havo liniyalari Z_{HL} (mln.so'm/km, F mm²):

$$Z_{TP} = 748 + 11,5S_{nom} + 9,7U_{nom} \quad (18)$$

$$Z_{HL} = -1282 + 4,2F + 88,2U_{nom} \quad (19)$$

Qiymat va texnik xususiyatlarning funktsional bog'liqliklariga ega bo'lgan holda, aniqlanmagan Lagranj omillaridan foydalanib elektr tarmog'ining nominal kuchlanishini optimallashtirish muammosini hal qilish mumkin. (18) va (19) ifodalarni chegirmali xarajatlar ko'rinishida qayta yozamiz [9]:

$$Z_{TP} = 1010 + 1,55S_{nom} + 13,1U_{nom} \quad (20)$$

$$Z_{HL} = -1385 + 4,5F + 95,3U_{nom} \quad (21)$$

Elektr tarmog'ining nominal kuchlanishini optimallashtirishda havo liniyalari uchun umumiy chegirmali xarajatlarni ko'rib chiqimiz, (21) ni hisobga olgan holda bizda:

$$Z_L = Z_{HL} + Z_{\Delta W} = -1385 + 4,5F + 95,3U_{nom} + 8,7I^2 / F \quad (22)$$

Shunday qilib, elektr o'tkazgichning optimal kesimi:

$$\partial Z_L / \partial F = 4,5 - 8,7I^2 / F^2 = 0 \quad (23)$$

$$F = \sqrt{8,7/4,5} I \quad (24)$$

Tokning iqtisodiy zichligi quyidagiga teng:

$$j_0 = I / F = \sqrt{4,5/8,7} = 0,7 A/mm^2$$

Aytaylik, shart bajariladi (23). Keyin ikkinchi va to'rtinchi atamalar (22) bir-biriga teng bo'ladi va ularning yig'indisi (24) ni hisobga olgan holda:



$$2 \cdot 4,5F = 2 \cdot 4,5 \sqrt{8,7/4,5} I = 12,5I \quad (25)$$

(20), (22) va (25) formulalarni hisobga olgan holda, L masofadagi uzatish narxini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$Z = Z_L L + Z_{TP} = -1385L + 12,5IL + 95,3UL + 101001,55U_{nom} + 13,1U_{nom} \quad (26)$$

Bundan tashqari, ifodadagi indeks o'chirildi va u ko'rsatilgan tarzda qayta yozildi $S/\sqrt{3} = IU$

$$Z = 1010 - 1385L + 12,5IL + 95,3UL + 13,1U \quad (27)$$

S umumiy quvvatning berilgan qiymati uchun funksiya qiymatini eng kichigiga (27) kamaytiramiz, yani $D_y=0$ sharti bilan muammoni hal qilish uchun Langraj usuli orqali ifodalaymiz [10]:

$$Z = 1010 - 1385L + 12,5IL + 95,3UL + 2,68IU + 13,1U + \lambda(S/\sqrt{3} - IU) \quad (28)$$

Ushbu usul yordamida λ koeffitsientini aniqlash uchun ifoda tuzamiz:

$$\partial Z / \partial U = 95,3L + 2,68I + 13,1 + \lambda I = 0 \quad (29)$$

$$\partial Z / \partial I = 12,5L + 2,68U + \lambda U = 0 \quad (30)$$

(29) va (30) tenglamalardan foydalanib, quyidagi natijaga erishamiz:

$$I = (13,1 + 95,3L) / (\lambda - 2,68) \quad (31)$$

$$U = 12,5L / (\lambda - 2,68) \quad (32)$$

(31) va (32) bog'lanish tenglamalarini o'rniga qo'yib, quyidagi ifodani olamiz

$$\lambda = \sqrt{283L + 2060L^2} + 2,68 \quad (33)$$

Natijada, (30) va (33) tenglamalardan foydalanib, biz elektr tarmog'ining asosiy formulasini optimal kuchlanishini aniqlash uchun ifodani olamiz:

$$U = 12,5L / \sqrt{283L + 2060L^2} / S = 12,5 \sqrt{LS} / (283 + 2060L) \quad (34)$$

Formula (34) quvvat markazidan L masofada joylashgan bir nuqtada to'plangan yuklamaning eng oddiy holati uchun olingan. Ma'lumki, boshqa barcha narsalar teng, lekin tarmoq bo'ylab teng taqsimlangan yuklama bilan chegaradagi quvvat yo'qotishlari uch barobar kamroq bo'ladi. Yuqoridagi formulada $12,5L$ ifodasi energiya isrofining sababi hisoblanadi. Shuning uchun, elektr tarmog'ining optimal kuchlanishi quyidagiga teng bo'ladi [11].

$$U = 4,2 \div 12,5 \sqrt{LS} / (283 + 2060L); \quad (35)$$

Tarmoqdagi ruxsat etilgan kuchlanish qiymatini tahlil qilish uchun biz [2] da berilgan (35) ifodadan foydalanamiz. O'rta kuchlanishli elektr tarmog'ining ishlashi o'rganilib, tarmoqning asosiy uchastkasidagi ta'minot tugunlari orasidagi o'rtacha masofa 30 km ekanligi aniqlandi. Oddiy rejimda maydon bo'yicha taqsimlanishni hisobga olib $L \approx 30/2 = 15$ km qabul qilinadi. Maksimal elektr yuklamalar rejimida ob'ektning o'rtacha yuklamasi taxminan 3000 kVt ni tashkil qiladi, bu yerda $S \approx 3000/2 = 1500$ kVA. Formula (18) ga asoslanib, optimal kuchlanish 4-11 kV ekanligi ma'lum bo'ldi. Bu raqamlar 10 kV nominal kuchlanish uchun afzallik sifatida talqin qilinishi mumkin emas. Eslatib o'tamiz, hisob-kitoblarda biz $a \approx 2,5$ koeffitsientni 20 va 35 kV havo liniyalari narxining to'g'ridan-to'g'ri proporsional bog'liqligini qabul qildik.

Ya'ni, kuchlanishning $35/20 \approx 2$ marta oshishi tegishli xarajatlarni 2,5 barobarga oshirdi. Biroq, bu 20 dan 10 kVgacha o'tish, shuningdek, havo liniyalari xarajatlarini bir necha marta kamaytirishga imkon beradi degani emas, ya'ni yuqoridagi nisbatlar saqlanib qoladi. Bundan tashqari, [2] da ko'rsatilganidek, 10 va 20 kV havo liniyalarining narxi deyarli bir xil. Shunday qilib, ushbu optimallashtirish muammosini qat'iy hal qilish nominal tarmoq kuchlanishining pastki chegarasiga cheklovlar kiritishni talab qildi. Oldinga qo'yilgan vazifa doirasida, qabul qilingan dizayn shartlariga ko'ra, 35 kV nominal tarmoq kuchlanishi, hatto birinchi taxminiy bo'lsa ham, 20 kV kuchlanishdan afzalroq bo'lish imkoniyati yo'q degan xulosaga kelishimiz mumkin [12].

Shuni ta'kidlash kerakki, o'rta kuchlanishli tarmoqlarda 110/6-10-20-35 kV nominal kuchlanishning kengaytirilgan tizimidan maksimal darajada pasaytirilgan 110/20 kV ga o'tishning maqsadga muvofiqligi va bir qator boshqa maqolalarda taklif qilingan. Havo tarmoqlarida 20/0,4 kV to'g'ridan-to'g'ri transformatsiyalangan 110/20 kV tizim sezilarli darajada kamroq pul, rangli metallar va ayniqsa, yuklama zichligining keng diapazonida transformator quvvatini talab qiladi [13].

O'rta kuchlanishli elektr tarmoqlari [2] ta'kidlanganidek, keng qo'llaniladigan infratuzilma turlaridan biridir. Elektr qurilmalarining ishonchligi va iqtisodiy samaradorligini uyg'unlashtirish uchun bunday tizimlarni ishlab chiqishda ularning tuzilishi va xususiyatlarini chuqur birlashtirish bo'yicha ishlar birinchi o'ringa chiqadi. Buning asosiy sharti 110/20 kV nominal kuchlanishli qisqartirilgan tizimga o'tishdir.

Xulosa. 10 va 20 kV havo simlarining narx xususiyatlari 10-20 kV oralig'ida deyarli bir xil. Liniyalardagi quvvat yo'qotishlarining kamayishi, hatto nisbatan past yuklamalarda ham, 10/0,4 va 20/0,4 kV podstansiyalar o'rtasidagi xarajatlar farqini qoplaydi. 20 kV tarmoq berilgan sim kesimi bilan 10 kV ga nisbatan ikki baravar ko'p ma'lumotlarni olib yurishi mumkin va u bir xil uzatiladigan quvvat uchun quvvat va energiya yo'qotishlarini deyarli to'rt baravar kamaytirishi mumkin. Ushbu 20 kV kuchlanish afzalliklari diqqatga sazovordir. 20/0,4 va 35/0,4 kV podstansiyalarning xarajat xarakteristikalari, yuqorida aytib o'tilganidek, 20-35 kV oralig'ida bir oz farq qiladi. Biroq, chiziqli ob'ektni qurishning yuqori xarajati tufayli havo liniyalarining xarajat xususiyatlari juda katta farq qiladi va 35 kVgacha qulay emas. Xususan, 10-20 kV kuchlanishli havo liniyalari uchun 11 metrli temir-beton tebranish tayanchlari ko'pincha, 35 kV havo liniyalari uchun esa ancha kattaroq 22,6 metrli temir-beton tayanchlar ko'pincha ishlatiladi. Agar tarmoqlarning haqiqiy integral xususiyatlarini hisobga oladigan bo'lsak, u holda 20 dan 35 kVgacha o'tish davrida tarmoqlarda elektr yo'qotishlarining kamayishi o'tkazgichlar va elektr jihozlari narxining oshishini qoplaymaydi.



Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

- [1]. Осинцев, К.А. Еще раз о переводе воздушных электрических сетей 6-10 кВ на напряжение 20 или 35 кВ / К. А. Осинцев, А.В. Шунтов // ЭЛЕКТРОЭNERГИЯ. Передача и Распределение. – 2018. - №5(50). - С. 14-16
- [2]. Иванов, В.Е. Разработка технических решений и рекомендаций по переводу действующих сетей 6–10 кВ на напряжение 20 кВ в сельской местности // ЭЛЕКТРОЭNERГИЯ. Передача и распределение. –2018.- №4 (49). -С. 36 –41.
- [3]. Абдурахманов, А.М. Принципы построения воздушных электрическихсетей напряжением 20 кВ / А.М. Абдурахманов, С.В. Глушкин, К.А. Осинцев, А.В. Шунтов // ЭЛЕКТРОЭNERГИЯ. Передача и Распределение. – 2019. – № 6(57). – С. 50-55.
- [4]. Зуев, М.М. Об эффективности воздушных электрических сетей 20 кВ / М.М.Зуев, К.А. Осинцев, А.В. Шунтов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. -2018. – С. 1024.
- [5]. Миридонов, А. Перспективы развития сетей 20 кВ в ПАО «МОЭСК» / А. Миридонов, А. Ермаков // ЭЛЕКТРОЭNERГИЯ. Передача и распределение. – 2016. –№3. - С. 58 – 59.
- [6]. Асташев, Д.С. Применение напряжения 20 кВ для распределительных электрических сетей России / Д.С. Асташев, Р.Ш. Бедретдинов, Д.А. Кисель, Е.Н.Соснина // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 4. – С. 6 – 9.

- [7]. Гейбатов, Т. Опыт проектирования сети 20 кВ для электроснабжения отдаленных населенных пунктов в ХМАО / Т. Гейбатов // ЭЛЕКТРОЭNERГИЯ. Передача и Распределение. – 2013. - №6(21). – С. 70-73.
- [8]. Майоров, А.В. О применении номинального напряжения 20 кВ в воздушных электрических сетях / А.В. Майоров, К.А.Осинцев, А.В.Шунтов // Электричество–2018.-№9.-С.4–11
- [9]. Taslimov A.D., Raximov F.M., Raximov F.M. 0,4 kV li N ta liniyalarda elektr energiyasining yo'qotilishlarini hisoblash dasturi // ЕНМ uchun dastur № DGU № 20534.
- [10].Таслимов А.Д., Юлдашев А.А. Разработка технико-экономических моделей элементов систем электроснабжения // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. Ташкент, 2022.-№1.-С.62-65
- [11].Таслимов А.Д. Развитие теории и методов выбора параметров городских распределительных электрических сетей в условиях неопределенности: Монография.Т.: ТашГТУ, 2020. 216 с.
- [12].Карапетян, И.Г. Справочник по проектированию электрических сетей/ И.Г.Карапетян, Д.Л.Файбисович, И.М.Шапиро; под ред. Д. Л. Файбисовича. –4-е изд., перераб. и доп.– М.: ЭНАС, 2012. – 376 с.
- [13].СТО 34.01–21.1–001–2017 Распределительные электрические сети напряжением 0,4-110 кВ. Требования к технологическому проектированию. М.: ПАО «Россети», 2017.– 233 с.