

UO‘K: 621.303

PAST KUCHLANISHLI ELEKTR TARMOQLARINING TURLI REJIMLARIDA QUVVAT ISROFLARINI TAHLIL ETISH

Xudayarov Muzaffar Burxonovich – texnika fanlari doktori, professor,
ORCID: 0000-0003-2829-8980, E-mail: muzaffar_hb@mail.ru
Abduxalimov Jahongir Alisher o‘g‘li – doktorant,
ORCID: 0009-0003-7155-4115, E-mail: abduxalimovjahongir48@gmail.com

Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent sh., O‘zbekiston

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada past kuchlanishli elektr tarmoqlarida yuklamalarning simmetrik va nosimmetrik taqsimlanishi natijasida vujudga keladigan texnik va ekspluatatsion muammolar har tomonlama tahlil qilingan. Xususan, yuklamalarning fazalar bo‘yicha notekis taqsimlanishi sababli kuchlanish pasayishlari va quvvat isroflari o‘rganilgan. Tadqiqotda DigSILENT PowerFactory dasturiy ta‘minoti yordamida real sharoitlarga yaqin model yaratilib, turli yuklama holatlari tahlil qilingan. Simmetrik yuklama holatida elektr energiyasi tarmoq bo‘ylab bir xil taqsimlanadi, natijada kuchlanish pasayishi me‘yorda saqlanadi va elektr energiya isroflari minimal darajada bo‘ladi. Aksincha, yuklamalar nosimmetrik bo‘lsa, ya‘ni fazalar bo‘yicha sezilarli nomutanosiblik mavjud bo‘lsa, tarmoqda kuchlanishning muvozanati buziladi, ba‘zi nuqtalarda kuchlanish normadan oshadi yoki kamayadi, shuningdek, elektr energiya isroflari keskin ortadi. Bu esa iste‘molchilarning elektr uskunalari nosozliklar paydo bo‘lishi, xizmat muddati qisqarishi va ekspluatatsiya xarajatlarining ortishiga olib keladi. Tadqiqotda ushbu muammolarni bartaraf etish yo‘llari sifatida yuklamalarni fazalar bo‘yicha teng taqsimlash va monitoring tizimlarini joriy etish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Shuningdek, natijalarga asoslanib, kelajakda elektr tarmoqlarini loyihalashda nosimmetrik yuklamalarni inobatga olish zarurligi ta‘kidlangan. Ushbu ish past kuchlanishli elektr tarmoqlar samaradorligini oshirish va elektr energiyasining sifatini yaxshilashda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: elektr energiya sifati, quvvat isrofi, simmetrik yuklama, nosimmetrik yuklama.

УДК: 621.303

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Худаяров Музаффар Бурхонович – доктор технических наук, профессор
Абдухалимов Жахонгир Алишер угли – докторант

Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В данной научной статье всесторонне проанализированы технические и эксплуатационные проблемы, возникающие в результате симметричного и несимметричного распределения нагрузок в низковольтных электрических сетях. В частности, были исследованы падения напряжения и потери мощности, вызванные неравномерным распределением нагрузок по фазам. В ходе исследования с помощью программного обеспечения DigSILENT PowerFactory была создана модель, близкая к реальным условиям, и проанализированы различные состояния нагрузки. При симметричной нагрузке электроэнергия распределяется равномерно по сети, в результате чего падение напряжения остается в пределах нормы, а потери электроэнергии минимальны. Напротив, если нагрузки несимметричны, то есть существует значительный дисбаланс по фазам, нарушается баланс напряжения в сети: в некоторых точках напряжение превышает норму или падает ниже нее, а также резко возрастают потери электроэнергии. Это приводит к возникновению неисправностей в электрооборудовании потребителей, сокращению срока его службы и увеличению эксплуатационных расходов. В исследовании разработаны практические рекомендации по равномерному распределению нагрузок по фазам и внедрению систем

мониторинга в качестве способов устранения этих проблем. Также, основываясь на результатах, подчеркнута необходимость учета несимметричных нагрузок при проектировании электрических сетей в будущем. Данная работа имеет важное значение для повышения эффективности низковольтных электрических сетей и улучшения качества электроэнергии.

Ключевые слова: качество электроэнергии, потери мощности, симметричная нагрузка, несимметричная нагрузка.

UDC: 621.303

ANALYSIS OF POWER LOSSES IN VARIOUS OPERATING MODES OF LOW-VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS

Khudayarov, Muzaffar Burxonovich – Doctor of Technical Sciences, professor
Abdukhalimov, Jakhongir Alisher ugli – Doctoral Student (PhD)

Tashkent State Technical University, Tashkent city, Uzbekistan

Abstract. *This scientific article comprehensively analyzes the technical and operational problems arising from the symmetrical and asymmetrical distribution of loads in low-voltage electrical networks. In particular, voltage drops and power losses due to uneven distribution of loads across phases were studied. In the research, a model close to real conditions was created using the DigSILENT PowerFactory software, and various load states were analyzed. In the case of a symmetrical load, electrical energy is distributed uniformly throughout the network, resulting in normal voltage drop maintenance and minimal electrical energy losses. Conversely, if the loads are asymmetrical, i.e., there is a significant imbalance between phases, the voltage balance in the network is disrupted, causing voltage at some points to exceed or fall below the norm, and electricity losses increase sharply. This leads to malfunctions in consumers' electrical equipment, reduced service life, and increased operating costs. The study developed practical recommendations for evenly distributing loads across phases and implementing monitoring systems as ways to address these problems. Additionally, based on the results, it was emphasized that future electrical network designs should take asymmetric loads into account. This work is of great importance for improving the efficiency of low-voltage electrical networks and enhancing the quality of electricity.*

Keywords: electricity quality, power loss, symmetrical load, asymmetrical load.

Kirish

Bugungi kunda elektr energetikasi sohasida past kuchlanishli tarmoqlarni samarali boshqarish, elektr energiya isroflarini kamaytirish va elektr energiyasi sifatini ta'minlash muhim muammolardan biri sifatida dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Past kuchlanishli elektr tarmoqlari sanoat, xizmat ko'rsatish va ayniqsa, aholi punktlarining uzluksiz elektr ta'minotida hal qiluvchi o'rin egallaydi [1, 2]. Bu tarmoqlar, odatda, murakkab tuzilishga ega bo'lmagan bo'lsa-da, amaliyotda ularda yuzaga keladigan yuklamalar teng bo'lmasligi, ya'ni yuklamalarning nosimmetrik tarzda taqsimlanishi natijasida sezilarli quvvat isroflari va kuchlanish pasayishlari ro'y beradi. Bu esa elektr energiyasining sifatsiz ta'minlanishiga va elektr qurilmalarining ishdan chiqish xavfining oshishiga olib keladi. Elektr tarmoqlarida quvvat isroflarining miqdorini aniqlash, ularni kamaytirish yo'llarini topish va optimal yuklama taqsimotini ta'minlash energetika tizimlarining samarali ishlashini ta'minlovchi asosiy omillardan biridir [3, 4, 5]. Shuning uchun, yuklamalarning simmetrik va nosimmetrik holatlarini modellashtirib, har bir holatda yuzaga keladigan quvvat isroflarini tahlil qilish katta amaliy ahamiyatga ega. Bu jarayonni zamonaviy hisoblash texnologiyalari va dasturiy ta'minotlar yordamida bajarish tahlilning aniqliligi va samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Ushbu tadqiqotda aynan shu maqsadni ko'zlab, DigSILENT PowerFactory dasturiy ta'minoti yordamida past kuchlanishli elektr tarmog'i modeli qurildi va unda simmetrik hamda nosimmetrik yuklama sharoitida yuzaga keladigan quvvat isroflari raqamli tarzda hisoblab chiqildi. DigSILENT

PowerFactory — bu elektr energetika tizimlarini modellashtirish, tahlil qilish va optimallashtirishda keng qoʻllaniladigan, yuqori aniqlikka ega zamonaviy dastur boʻlib, uning imkoniyatlaridan foydalangan holda real shartlarga yaqin tizim parametrlari asosida tahlillar oʻtkazildi. Tadqiqot davomida transformator parametrlari, havo elektr uzatish liniyalarining uzunligi va ularning elektr qarshiliklari hisobga olindi. Simmetrik holatda barcha fazalarga teng quvvatli yuklamalar taqsimlandi, nosimmetrik holatda esa yuklamalar fazalar boʻyicha notekis taqsimlanib, kuchlanish pasayishlari va quvvat isroflari qanday oʻzgarishi kuzatildi. Natijalar shuni koʻrsatdiki, nosimmetrik yuklama sharoitida quvvat isroflari ancha yuqori boʻlib, tarmoqning umumiy samaradorligiga salbiy taʼsir koʻrsatadi [8, 9].

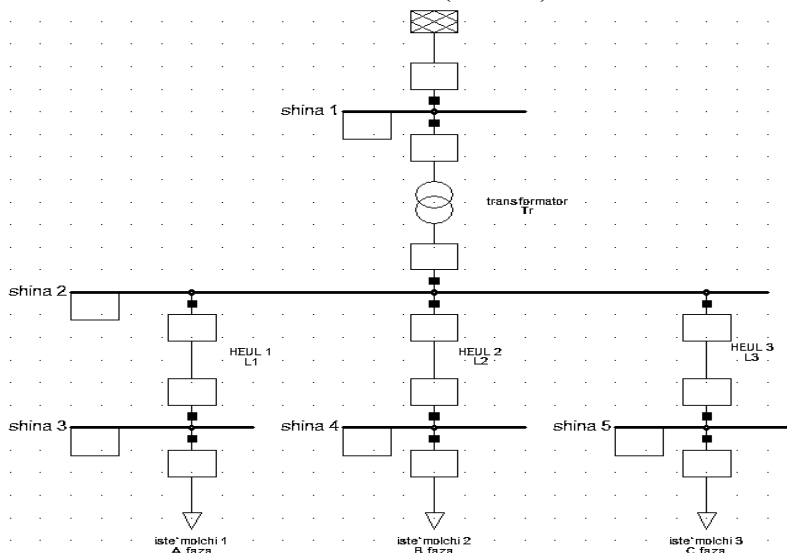
Shunday qilib, ushbu tadqiqot orqali yuklamalarning fazalar boʻyicha toʻgʻri taqsimlanishi, yaʼni simmetrik taqsimoti elektr energiyasining tejamliligi va sifatli etkazib berilishida muhim rol oʻynashi isbotlandi. Tadqiqot natijalari amaliyotda tarmoqlarni loyihalash va ularni ekspluatatsiya qilishda muhim tavsiyalarni shakllantirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, mavjud elektr tarmoqlarida energiya tejamliligini oshirish, elektr energiyasi sifati va isteʼmolchiga uzatiladigan quvvatning ishonchliligini yaxshilash nuqtai nazaridan bu kabi tahlillar muhim manba hisoblanadi [10].

Materiallar va usullar

Ushbu tadqiqotda past kuchlanishli elektr tarmoqlarida yuzaga keladigan quvvat isroflarini turli yuklama sharoitlarida, yaʼni simmetrik va nosimmetrik holatlarini modellashtirish, hisoblash va tahlil qilish ishlari – **DigSILENT PowerFactory** dasturi asosida olib borildi. Ushbu dastur elektr energetika tizimlarini modellashtirish, rejalashtirish, optimallashtirishi va energiya samaradorligini baholash imkonini beruvchi va boshqa funksiyalarni amalga oshiradigan dastur hisoblanadi. Dastur butun dunyo miqyosida elektr energetikasi sohasi mutaxassislari tomonidan keng qoʻllanilmoqda [11, 12].

Tizimning umumiy tavsifi.

Tadqiqot uchun yigʻilgan sxema taʼminot manbai, transformator, shinalar, havo elektr uzatish liniyalari va isteʼmolchilar kabi elementlardan iborat (1-rasm).



1-rasm. Past kuchlanishli elektr taʼminot tizimining sxemasi

Ushbu tarmoq past kuchlanishli isteʼmolchilarga xizmat koʻrsatadi. Tarmoq elementlari quyidagi parametrlardan tshkil topgan (1-4-jadvallar):

1-jadval

Modellashtirishda transformatorning parametrlarining qiymatlari

№	Element nomi	S_{nom} , MVA	U_{yuqori} , kV	U_{quyi} , kV	Simmetrik rejimda yuklanishi, %	Nosimmetrik rejimda yuklanishi, %
---	--------------	-----------------	-------------------	-----------------	---------------------------------	-----------------------------------

1	Transformator	1	10	0,4	1	1,5
---	---------------	---	----	-----	---	-----

2-jadval

1-rasmdagi Sxema shinalari qiymatlari

№	Element nomi	Tizim turi	Tuzilishi	Kuchlanishi, kV
1	1-shina	AC	ABC-N	10
2	2-shina	AC	ABC-N	0,4
3	3-shina	AC	1PH-N	0,4
4	4-shina	AC	1PH-N	0,4
5	5-shina	AC	1PH-N	0,4

3-jadval

Simmetrik rejimdagi sxemada havo elektr uzatish liniyalari qiymatlari

№	Element nomi	U _{nom} , kV	I _{nom} , kA	Aktiv qarshilik, Ω	Uzunligi, km	Yuklanishi, %
1	HEUL 1	0,4	2,5	2	1	0,2
2	HEUL 2	0,4	2,5	2	1	0,2
3	HEUL 3	0,4	2,5	2	1	0,2

4-jadval

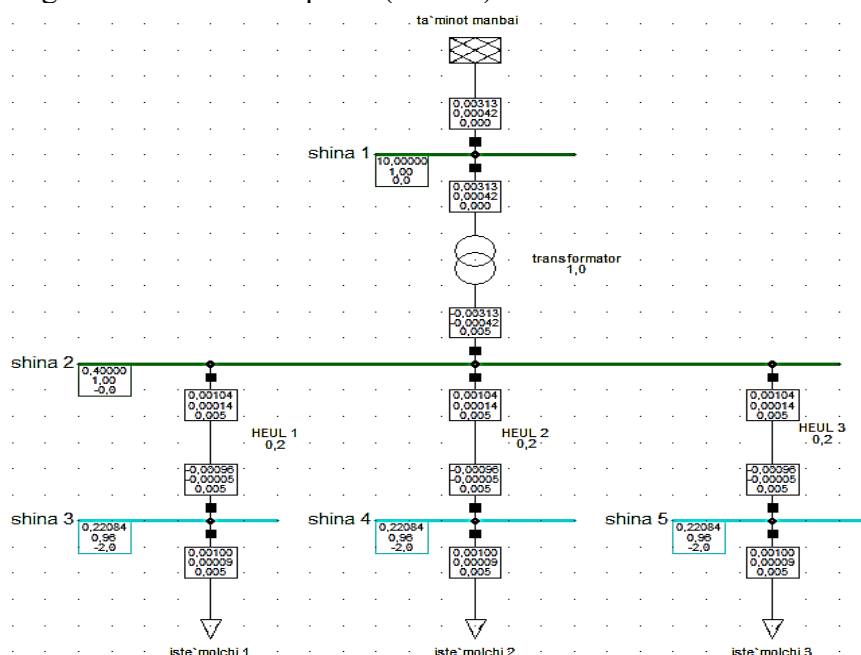
Nosimmetrik rejimdagi sxemada havo elektr uzatish liniyalari qiymatlari

№	Element nomi	U _{nom} , kV	I _{nom} , kA	Aktiv qarshilik, Ω	Uzunligi, km	Yuklanishi, %
1	HEUL 1	0,4	2,5	3	2	0,2
2	HEUL 2	0,4	2,5	2	1	0,4
3	HEUL 3	0,4	2,5	1	3	0,2

Liniyalarning har biriga yuklamalar ulab chiqildi va kuchlanish tushishlari, quvvat isroflari tahlil qilindi.

Natijalar

Ushbu tadqiqotda DigSILENT PowerFactory dasturida simmetrik va nosimmetrik yuklama holatlari uchun past kuchlanishli elektr ta'minot tizimi modellashtirildi va ikki holatda ham quvvat isroflari tahlil qilindi. Tahlil obyekti sifatida 10/0,4 kV transformator orqali uch fazali tizimga ulanadigan va har bir fazada alohida iste'molchi mavjud bo'lgan elektr tarmog'i tanlandi. Quyida simmetrik rejimdagi holatni ko'rib chiqamiz (2-rasm).



2-rasm. Past kuchlanishli elektr ta'minot tizimining simmetrik rejimdagi sxemasi

Simmetrik rejim holatida barcha liniyalarning parametrlariga bir xil qiymatlar berilib, hisob-kitob ishlari amalga oshirilganda quyidagi natijalar olindi:

$$\text{Nominal tok} - I = S / U = 10^6 / 0,4 \cdot 10^3 = 2,5 \text{ kA,}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = (1,04 - 0,96) \text{ kW} = 0,08 \text{ kW} (7,69 \%),$$

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = (0,14 - 0,05) \text{ kVar} = 0,09 \text{ kVar} (64,3 \%).$$

Liniyadagi to'la quvvat isrofi

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{1040^2 + 140^2} = 1049,4 \text{ VA,}$$

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{960^2 + 50^2} = 961,3 \text{ VA,}$$

$$\Delta S = S_1 - S_2 = 1049,4 - 961,3 = 88,1 \text{ VA} (8,4 \%).$$

Simmetrik rejimda har bir liniyaning yuklanishi – 0,2 % ekanligi ko'rish mumkin (5-jadval).

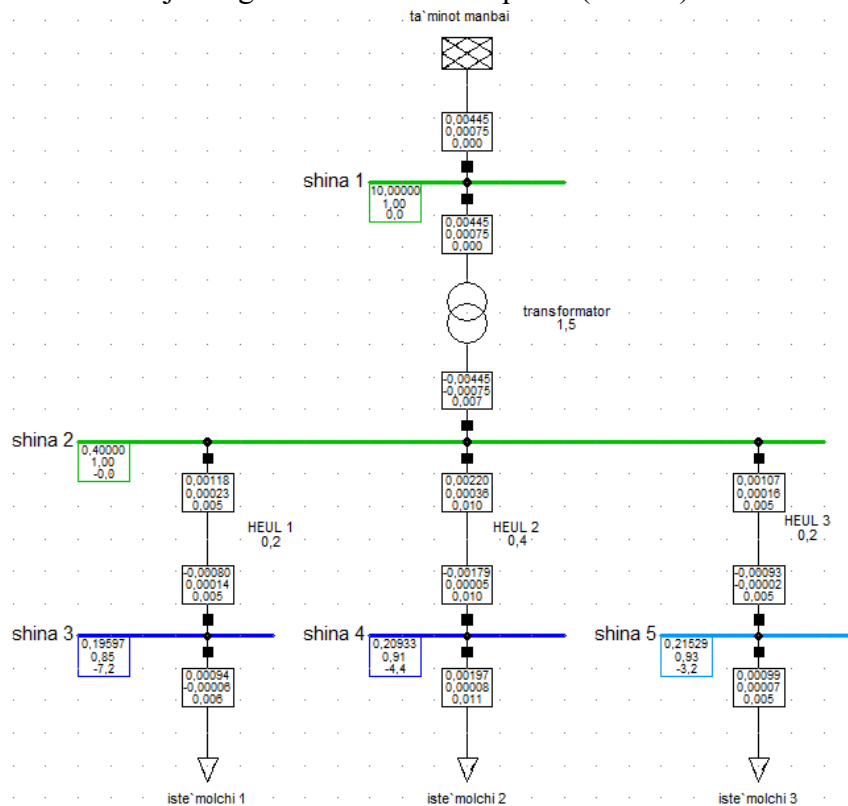
5-jadval

Amalga oshirilgan hisob-kitob ishlari natijalari

№	Element nomi	Nominal kuchlanish, kV	P ₁ , kW	Q ₁ , kVar	P ₂ , kW	Q ₂ , kVar	ΔP, kW	ΔQ, kVar	ΔS, kVA	ΔS, %
1	HEUL 1	0,4	1,04	0,14	0,96	0,05	0,08	0,09	0,0881	8,4
2	HEUL 2	0,4	0,04	0,14	0,96	0,05	0,08	0,09	0,0881	8,4
3	HEUL 3	0,4	1,04	0,14	0,96	0,05	0,08	0,09	0,0881	8,4

Simmetrik rejimda har bir havo elektr uzatish liniyalarida iste'molchilarga etkazib beriladigan kuchlanish 220,84 V ni va to'la quvvat isrofi esa bir xil ya'ni 8,4 % ni tashkil etganligini ko'rish mumkin.

Endi esa nosimmetrik rejimdagi holatni ko'rib chiqamiz (3-rasm):



3-rasm. Past kuchlanishli elektr ta'minot tizimining nosimmetrik rejimdagi sxemasi

Nosimmetrik rejim holatida barcha liniyalarning parametrlariga har xil qiymatlar berilib, hisob-kitob ishlari amalga oshirildi:

1-havo elektr uzatish liniyasi uchun:

$$\begin{aligned} \text{Nominal tok} - I &= S / U = 10^6 / 0,4 * 10^3 = 2,5 \text{ kA}, \\ \Delta P &= P_1 - P_2 = (1,18 - 0,8) \text{ kW} = 0,38 \text{ kW} (32,2 \%), \\ \Delta Q &= Q_1 - Q_2 = (0,23 - 0,14) \text{ kVar} = 0,09 \text{ kVar} (39,1 \%). \end{aligned}$$

Liniyadagi to'la quvvat isrofi

$$\begin{aligned} S_1 &= \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{1180^2 + 230^2} = 1202,2 \text{ VA}, \\ S_2 &= \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{800^2 + 140^2} = 812,2 \text{ VA}, \\ \Delta S &= S_1 - S_2 = 1202,2 - 812,2 = 390 \text{ VA} (32,44 \%). \end{aligned}$$

Nosimmetrik rejimda birinchi havo elektr uzatish liniyasi uchun to'la quvvat isrofi 390 VA (32,44 %), iste'molchilarga etkazib beriladigan kuchlanish 195,97 V va liniyaning yuklanishi 0,2 % ekanligi ko'rish mumkin.

2-havo elektr uzatish liniyasi uchun:

$$\begin{aligned} \text{Nominal tok} - I &= S / U = 10^6 / 0,4 * 10^3 = 2,5 \text{ Ka}, \\ \Delta P &= P_1 - P_2 = (2,2 - 1,79) \text{ kW} = 0,41 \text{ kW} (18,64 \%), \\ \Delta Q &= Q_1 - Q_2 = (0,36 - 0,05) \text{ kVar} = 0,31 \text{ kVar} (86,1 \%). \end{aligned}$$

Liniyadagi to'la quvvat isrofi

$$\begin{aligned} S_1 &= \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{2200^2 + 360^2} = 2229,3 \text{ VA}, \\ S_2 &= \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{1790^2 + 50^2} = 1790,7 \text{ VA}, \\ \Delta S &= S_1 - S_2 = 2229,3 - 1790,7 = 438,6 \text{ VA} (19,7 \%). \end{aligned}$$

Nosimmetrik rejimda ikkinchi havo elektr uzatish liniyasi uchun to'la quvvat isrofi 438,6 VA (19,7 %), iste'molchilarga etkazib beriladigan kuchlanish 209,33 V va liniyaning yuklanishi 0,4 % ekanligi ko'rish mumkin.

3-havo elektr uzatish liniyasi uchun:

$$\begin{aligned} \text{Nominal tok} - I &= S / U = 10^6 / 0,4 * 10^3 = 2,5 \text{ kA}, \\ \Delta P &= P_1 - P_2 = (1,07 - 0,93) \text{ kW} = 0,14 \text{ kW} (13,1 \%), \\ \Delta Q &= Q_1 - Q_2 = (0,16 - 0,02) \text{ kVar} = 0,14 \text{ kVar} (87,5 \%). \end{aligned}$$

Liniyadagi to'la quvvat isrofi

$$\begin{aligned} S_1 &= \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{1070^2 + 160^2} = 1081,9 \text{ VA}, \\ S_2 &= \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{930^2 + 20^2} = 930,2 \text{ VA}, \\ \Delta S &= S_1 - S_2 = 1081,9 - 930,2 = 151,7 \text{ VA} (14 \%). \end{aligned}$$

Nosimmetrik rejimda uchinchi havo elektr uzatish liniyasi uchun to'la quvvat isrofi 151,7 VA (14 %), iste'molchilarga etkazib beriladigan kuchlanish 215,29 V va liniyaning yuklanishi 0,2 % ekanligi ko'rish mumkin (6-jadval).

6-jadval

Bajarilgan hisob-kitoblar natijasi

№	Element nomi	Nominal kuchlanish, kV	P ₁ , kW	Q ₁ , kVar	P ₂ , kW	Q ₂ , kVar	ΔP, kW	ΔQ, kVar	ΔS, kVA	ΔS, %
1	HEUL 1	0,4	1,18	0,23	0,8	0,14	0,38	0,09	0,39	32,44
2	HEUL 2	0,4	2,2	0,36	1,79	0,05	0,41	0,31	0,4386	19,7
3	HEUL 3	0,4	1,07	0,16	0,93	0,02	0,14	0,14	0,1517	14

Munozara

O'tkazilgan tahlillar asosida DigSILENT PowerFactory dasturiy muhitida qurilgan past kuchlanishli elektr tarmog'i sxemasi yordamida simmetrik va nosimmetrik yuklama sharoitida yuzaga keladigan quvvat isroflari taqqoslandi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, nosimmetrik yuklama holatlarida tarmoq elementlaridagi kuchlanish pasayishlari va fazalararo nomutanosibliklar ancha sezilarli darajada oshadi. Bu esa umumiy tizim samaradorligining pasayishiga, elektr energiyasining sifatining buzili-shiga va qo'shimcha isroflarga olib keladi. Simmetrik yuklama sharoitida har uchala fazaga bir xil quvvatli iste'molchilar ulangan bo'lib, yuklamalar o'zaro muvozanatda bo'lganligi

sababli, quvvat isroflari minimal darajada kuzatildi. Ayniqsa, to‘la quvvatning faqat kichik qismi reaktiv quvvatni tashkil etdi va umumiy elektr energiyasi uzatish samaradorligi yuqori bo‘ldi. Bunga qarama-qarshi ravishda, nosimmetrik yuklama holatida iste‘molchilar fazalar bo‘yicha notekis taqsimlanganligi sababli, transformator va tarmoq elementlarida fazalar bo‘yicha nomutanosiblik yuzaga keldi. Bu toklar neytral sim orqali ham oqib o‘tishi natijasida ortiqcha quvvat isroflariga olib keldi. Ayniqsa, neytral simdagi toklarning mavjudligi energiya taqsimotining buzilishiga bo‘lib, normal ishlash rejimiga salbiy ta‘sir ko‘rsatdi. O‘tkazilgan hisob-kitoblar asosida aniqlanishicha, nosimmetrik yuklama holatlarida aktiv quvvat isrofi simmetrik yuklamalarga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo‘ldi. Bu holat transformatorlar, liniyalar va shinalardagi isitilish darajasining ortishiga va ishonchliligiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. Shuningdek, fazalar bo‘yicha kuchlanishlarning farqi ortishi tufayli ba‘zi qurilmalar noto‘g‘ri ishlashi yoki ishlamay qolish xavfi paydo bo‘ladi. Yuqoridagi natijalar shuni ko‘rsatmoqdaki, past kuchlanishli elektr tarmoqlarining loyihalashida va ularni boshqarishda yuklamalarning simmetriyasi muhim rol o‘ynaydi. Nosimmetrik yuklamalar nafaqat energiya isroflarini oshiradi, balki elektr jihozlarining ishlash muddatini qisqartiradi. Shu sababli, yuklamalarni imkon qadar teng taqsimlash, balanslash texnologiyalarini qo‘llash va zamonaviy optimallashtirish usullaridan foydalanish energetika tizimlarining barqaror ishlashi uchun muhim ahamiyatga ega.

Xulosa

Ushbu maqolada past kuchlanishli elektr tarmoqlarida quvvat isroflarining simmetrik va nosimmetrik yuklama holatlarida tahlili keltirilgan. Tadqiqot DigSILENT PowerFactory dasturida amalga oshirildi. Tizim sxemasi qurilib, transformator va havo elektr uzatish liniyalari parametrlariga asoslangan holda turli yuklama holatlari modellashtirildi. Simmetrik holatda barcha fazalar teng yuklangan bo‘lib, quvvat isroflari nisbatan kichik bo‘ldi ya‘ni $\Delta P = 80 \text{ W}$ (7,69 %), $\Delta Q = 90 \text{ Var}$ (64,3 %), umumiy quvvat isroflari esa 88,1 VA (8,4 %) ni tashkil etdi. Iste‘molchilarga kelayotgan kuchlanish 220,84 V bo‘ldi. Nosimmetrik holatda esa fazalardagi yuklamalar turlicha bo‘lib, HEUL parametrlari va liniya uzunliklari o‘zgartirildi. Natijada quvvat isroflari sezilarli darajada oshdi. Birinchi havo elektr uzatish liniyasi uchun $\Delta P = 380 \text{ W}$ (32,2 %), $\Delta Q = 90 \text{ Var}$ (39,1 %) va $\Delta S = 390 \text{ VA}$ (32,44 %) kuzatildi. Shuningdek, nosimmetrik yuklama holatida iste‘molchilarga kelayotgan kuchlanish 195,97 V gacha pasaydi. Ikkinchi havo elektr uzatish liniyasi uchun $\Delta P = 410 \text{ W}$ (18,64 %), $\Delta Q = 310 \text{ Var}$ (86,1 %), va $\Delta S = 438,6 \text{ VA}$ (19,7 %) kuzatildi va iste‘molchilarga kelayotgan kuchlanish 209,33 V gacha pasaydi. Uchinchi havo elektr uzatish liniyasi uchun $\Delta P = 140 \text{ W}$ (13,1 %), $\Delta Q = 140 \text{ Var}$ (87,5 %), va $\Delta S = 151,7 \text{ VA}$ (14 %) kuzatildi va kuchlanish 215,29 V gacha pasaydi. Nosimmetrik yuklama holatlarida kuchlanish 25 V gacha pasayib, me‘yoriy 220 V darajadan sezilarli og‘ishlar kuzatilgan. Bu esa iste‘molchi qurilmalarining noto‘g‘ri ishlashi yoki ishdan chiqishiga sabab bo‘lishi mumkin. Simmetrik yuklama sharoitida barcha quvvat isroflari va kuchlanish pasayishlari minimal bo‘lgan bo‘lsa, nosimmetrik yuklamalar bu ko‘rsatkichlarni sezilarli oshirgan. Shunday ekan, tarmoq samaradorligini oshirish, quvvat isroflarini kamaytirish va kuchlanish sifati yaxshilanishi uchun yuklamani fazalar bo‘yicha maksimal darajada teng taqsimlash zarur.

Adabiyotlar

- [1] ГОСТ 32144-2013 (2014). Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения - Москва, Стандартинформ.
- [2] Аллаев К.П. (2021). Современная энергетика и перспективы ее развития. –Тошкент. «Фан ва технологиялар нашриёт-матбаа уйи» В. 952.
- [3] Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A. Elektr energiyasining asosiy sifat ko‘rsatkichlari va ularni elektr energiyasi isroflariga ta‘siri // Muqobil energiya manbalaridan samarali foydalanish muammolari va echimlari. 2024 y. 365-369 b.
- [4] Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A. Elektr tarmoqlarida kuchlanish nosinusoidalligining elektr energiya isroflariga ta‘siri // Yashil iqtisodiyotni rivojlantirishning tashkiliy-iqtisodiy mexanizmlarini takomillashtirish yo‘llari. 2025 y 307-309 b.

- [5] Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A. Taqsimlovchi tarmoq elektr energiyasi isroflariga tarmoq yuklanish koeffitsiyentining ta'siri // «Инновационная энергетика: фундаментальные основы энергетики и инновационные инженерные решения» 2025 у 465-468 б.
- [6] Xudayarov M.B., Fayziyev M.M., Bobonazarov B.S., Kamilov A.N. Taqsimlovchi elektr tarmoqlarida elektr energiya isroflarini sun'iy neyron tarmoqlar yordamida baholash.// Innovatsion texnologiyalar 2021/3(43)-son 47-52. (05.00.00 №38)
- [7] Xudayarov M.B., Bobonazarov B.S. Оперативный расчёт технических потерь электроэнергии в распределительных сетях // Energiya va resurs tejash muammolari № Специальный выпуск - 2021 у 184-189. (05.00.00 №21).
- [8] Xudayarov M.B., Bobonazarov B.S. Оценка технических потерь электроэнергии в совокупности распределительных сетей на основе искусственных нейронных сетей // Energiya va resurs tejash muammolari № 4 2022 у 165-170. (05.00.00 №21).
- [9] Xudayarov M.B., Bobonazarov B.S. Оценка эффективности работы электрических сетей систем электроснабжения промышленных предприятий // Energiya va resurs tejash muammolari № 4 2023 у 261-268. (05.00.00 №21).
- [10] Xudayarov M.B., Bobonazarov B.S. Оценка технических потерь электроэнергии в распределительных сетях в условиях работы АСКУЭ // «Инновационное развитие электро сетевых предприятий в условиях цифровизации отраслей экономики Узбекистана». Республиканская научно-техническая конференция 8 сентября 2021 года с.63-67.
- [11] Xudayarov M.B., Fayziyev M.M., Bobonazarov B.S. Elektr tarmoqlarining kuchlanish pog'onalarini hisobga olgan holda elektr energiyasi isroflarini tasniflash // «Energiya va resurs tejankor innovatsion texnologiyalarni rivojlantirishning dolzarb muammolari». Respublika ilmiy-texnikaviy anjuman materiallar to'plami, 23-24-sentyabr 2022-yil, 194-198 б.
- [12] Xudayarov M.B., Bobonazarov B.S. Taqsimlovchi elektr tarmoqlarida sun'iy neyron tarmoqlarini qo'llanishi // «Современные проблемы физики, энергетики и теплотехники». Республиканская научно-техническая конференция 18 ноября 2022 г. С.121-124.