



0,4 kV past kuchlanishli elektr tarmoqlarining turli rejimlarini modellashtirish va tahlil etish

Muzaffar B. Xudayarov^{1, a)}, Jahongir A. Abduxalimov², Doniyor S. Oltiboyev³

^{1a)} DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, Uzbekistan; muzaffar_hb@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2829-8980>

² Doktorant, Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, Uzbekistan; abduxalimovjahongir48@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0003-7155-4115>

³ Magistr, Toshkent davlat texnika universiteti, 100095, Uzbekistan; oltiboyevdoniyor095@gmail.com

Dolzarbli: elektr energiyasiga bo'lgan talabning yil sayin ortib borishi, ayniqsa 0,4 kV past kuchlanishli taqsimlash tarmoqlarida yuklamalarning notekis taqsimlanishi elektr energiyasi isrofining yomonlashuviga olib kelmoqda. Bunday tarmoqlarda iste'molchilarning fazalar bo'yicha nosimmetrik ulanishi natijasida kuchlanishlarning nomutanosibligi, aktiv va reaktiv quvvat isroflarining ortishi hamda elektr jihozlarining ishlash rejimiga salbiy ta'sir ko'rsatadigan holatlar tez-tez kuzatilmoqda. Amaliyotda ko'plab past kuchlanishli elektr tarmoqlarini loyihalash yoki ekspluatatsiya qilish jarayonida soddalashtirilgan hisoblash usullari asosida baholanadi. Bu esa real ish rejimlarini, ayniqsa nosimmetrik yuklama holatlarini yetarli darajada hisobga olmaslikka olib keladi. Natijada tarmoqdagi haqiqiy kuchlanish darajalari, fazalararo nomutanosiblik va quvvat isroflari aniq baholanmaydi. Olingan natijalar past kuchlanishli elektr tarmoqlarida elektr energiya isroflarini kamaytirish, kuchlanish sifatini yaxshilash va tarmoqni optimal ekspluatatsiya qilish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Maqsad: 0,4 kV past kuchlanishli elektr tarmog'ining simmetrik va nosimmetrik ish rejimlarini DigSILENT PowerFactory dasturi yordamida modellashtirish hamda yuklamalarning fazalar bo'yicha taqsimlanishi tarmoqdagi kuchlanishlarning fazalararo nomutanosiblik hamda aktiv va reaktiv quvvat isroflariga ta'sirini kompleks tahlil qilishdan iborat.

Usullari: elektr tarmog'ining ish rejimlarini o'rganish uchun hisoblash–modellashtirish usullaridan foydalanildi.

Natijalar: DigSILENT Power Factory dasturida 0,4 kV past kuchlanishli elektr tarmog'ining simmetrik va nosimmetrik ish rejimlari modellashtirildi hamda ularning elektr tarmog'iga ta'siri baholandi. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, yuklamalarning fazalar bo'yicha nosimmetrik taqsimlanishi past kuchlanishli elektr tarmoqlarida elektr energiyasi sifatining yomonlashuviga hamda isroflarning ortishiga olib keladi.

Kalit so'zlar: simmetrik rejim, nosimmetrik rejim, quvvat isroflari, kuchlanish nosimmetriyasi, quvvat isroflari.

Моделирование и анализ различных режимов работы электрических сетей низкого напряжения 0,4 кВ

Музаффар Б.Худаяров^{1a)}, Жаҳонгир А.Абдухалимов², Дониёр С. Олтибоев³

For citation: M.B. Khudayarov, J.A. Abdukhalimov, D.S. Oltiboyev Modeling and Analysis of Various Operating Modes of 0.4 kV Low Voltage Electrical Networks. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2026, no. 1, pp. 58-68.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19704752>

Received: 11.10.2025

Revised: 10.11.2025

Accepted: 14.02.2026

Published: 26.03.2026

Copyright: © Muzaffar B. Khudayarov, Jakhongir A. Abdukhalimov, Doniyor S. Oltiboyev, 2026. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

^{1a)} DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, 100095, Uzbekistan; muzaffar_hb@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2829-8980>

² Докторант, Ташкентский государственный технический университет, 100095, Uzbekistan; abduxalimovjahongir48@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0003-7155-4115>

³ Магистр, Ташкентский государственный технический университет, 100095, Uzbekistan; oltiboyevdoniyor095@gmail.com

Актуальность: ежегодный рост спроса на электроэнергию, а также неравномерное распределение нагрузок в распределительных сетях низкого напряжения 0,4 кВ, приводят к ухудшению качества электроэнергии. В таких сетях из-за несимметричного подключения потребителей по фазам часто наблюдаются дисбалансы напряжений, увеличение потерь активной и реактивной мощности, а также другие факторы, отрицательно влияющие на режимы работы электрооборудования. На практике проектирование или эксплуатация многих электрических сетей низкого напряжения оценивается на основе упрощенных методов расчета. Это приводит к недостаточно точному учету параметров реальных режимов работы, особенно при несимметричных нагрузках. В результате фактические уровни напряжения в сети, межфазные дисбалансы и потери мощности оцениваются неточно. Поэтому создание математических моделей электрических сетей с использованием современных программных средств и их комплексный анализ в симметричных и несимметричных режимах приобретает важное значение. Полученные результаты имеют большую научно-практическую роль при разработке практических рекомендаций по снижению потерь электроэнергии, улучшению качества напряжения и оптимальной эксплуатации сетей низкого напряжения.

Цель: моделирование симметричных и несимметричных режимов работы электрических сетей низкого напряжения 0,4 кВ с использованием программного обеспечения DigSILENT PowerFactory; комплексный анализ влияния распределения нагрузок по фазам на межфазный дисбаланс напряжений и потери активной и реактивной мощности в сети.

Методы: в данной работе использовались методы расчетно-компьютерного моделирования.

Результаты: в программном комплексе DigSILENT PowerFactory были смоделированы симметричные и



несимметричные режимы работы электрической сети низкого напряжения 0,4 кВ, а также проведена оценка их влияния на функционирование сети. Полученные результаты показали, что несимметричное распределение нагрузок по фазам в сетях низкого напряжения приводит к ухудшению качества электроэнергии и существенному росту потерь мощности.

Ключевые слова: симметричный режим, несимметричный режим, потери мощности, несимметрия напряжений.

Modeling and Analysis of Various Operating Modes of 0,4 kV Low Voltage Electrical Networks

Muzaffar B. Khudayarov^{1a)}, Jakhongir A. Abdukhalimov², Doniyor S. Oltiboyev³

^{1a)} DSc, prof., Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan; muzaffar_hb@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2829-8980>

² Doctoral student, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan; abdulalimovjakhongir48@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0003-7155-4115>

³ Master's degree, Tashkent State Technical University, 100095, Uzbekistan; oltiboyevdoniyor095@gmail.com

Relevance: the annual increase in electricity demand, particularly the uneven distribution of loads in 0.4 kV low-voltage distribution networks, leads to a deterioration in power quality. In such networks, asymmetrical connection of consumers across phases often results in voltage unbalance, increased active and reactive power losses, and conditions that negatively affect the operating modes of electrical equipment. In practice, the design or operation of many low-voltage electrical networks is evaluated based on simplified calculation methods. This leads to an insufficient accounting of real operating modes, especially asymmetrical load conditions. Consequently, actual voltage levels in the network, phase-to-phase unbalance, and power losses are not accurately assessed. The results obtained are of significant scientific and practical importance for developing recommendations to reduce electricity losses, improve voltage quality, and ensure the optimal operation of low-voltage networks.

Aim: the main objective is to model the symmetrical and asymmetrical operating modes of a 0.4 kV low-voltage electrical network using DlgSILENT PowerFactory software and to conduct a comprehensive analysis of the impact of phase load distribution on phase-to-phase voltage unbalance and active/reactive power losses in the network.

Methods: computational modeling methods were used to study the operating modes of low-voltage networks.

Results: Symmetrical and asymmetrical operating modes of the 0.4 kV low-voltage electrical network were modeled in the DlgSILENT PowerFactory software package, and their impact on the electrical network was evaluated. The results showed that the asymmetrical distribution of loads across phases in low-voltage electrical networks leads to a decrease in power quality and an increase in power losses.

Keywords: symmetrical mode, asymmetrical mode, power losses, voltage unbalance, phase load distribution.

1. Kirish (Introduction)

Hozirgi kunda past kuchlanishli elektr tarmoqlarining ishonchli va samarali ishlashini ta'minlash elektr energetika sohasining muhim vazifalaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, 0,4 kV li elektr tarmoqlarida bir fazali iste'molchilarning ko'pligi va yuklamalarning fazalar bo'yicha notekis taqsimlanishi elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarining yomonlashuviga hamda qo'shimcha elektr energiyasi isroflarining ortishiga olib kelmoqda. Past kuchlanishli tarmoqlarda simmetrik va nosimmetrik ish rejimlarining mavjudligi tarmoq elementlarining yuklanish darajasi, kuchlanishlar taqsimoti va quvvat isroflariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Amaliyotda esa ushbu jarayonlarni baholash ko'pincha soddalashtirilgan usullar asosida amalga oshiriladi, bu esa real ekspluatatsiya sharoitlarini to'liq aks ettirmaydi. Zamonaviy hisoblash dasturlaridan foydalanish tarmoqning haqiqiy ish rejimlarini aniqlash va chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Shu nuqtayi nazardan, DlgSILENT PowerFactory dasturi yordamida past kuchlanishli elektr tarmoqlarini modellashtirish, simmetrik va nosimmetrik yuklama holatlarida ularning rejimlarini tahlil qilish dolzarb ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Mazkur maqolada 0,4 kV li elektr tarmog'ining matematik modeli yaratilgan bo'lib, simmetrik va nosimmetrik ish rejimlarida kuchlanishlar farqi hamda aktiv va reaktiv quvvat isroflari tahlil qilingan.

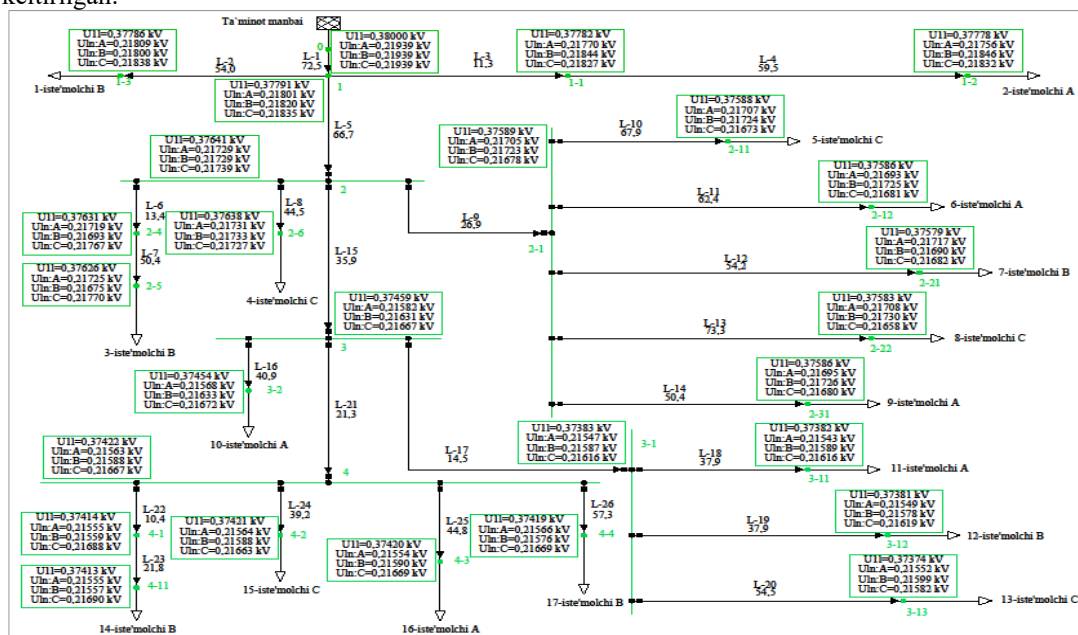
2. Materiallar va usullar (Methods and materials)

Tadqiqot ishida obyekt sifatida 0,4 kV past kuchlanishli elektr tarmog'i tanlandi. Tadqiqot material sifatida tarmoqning bir chiziqli sxemasi, liniyalarning uzunliklari, o'tkazgich markalari va kesimlari, shuningdek, iste'molchilarning aktiv quvvati va quvvat koeffitsienti qiymatlaridan foydalanildi. O'tkazgichlar sifatida A va A11B markali simlar qabul qilinib, ularning aktiv va reaktiv qarshiliklari uzunlikka mos holda hisobga olindi. Tarmoq elementlarining ruxsat etilgan nominal tok qiymatlari Elektr qurilmalarini o'rnatish qoidalari (PUE) talablariga muvofiq tanlandi. Iste'molchilar bir fazali yuklama sifatida modellashtirilib, ularning quvvat koeffitsienti barcha holatlar uchun $\cos\phi = 0,85$ deb qabul qilindi. Yuklamalarning umumiy aktiv quvvati 40,9 kW ni tashkil etdi. Elektr tarmog'ining matematik modeli DlgSILENT PowerFactory dasturida yaratilib, quvvat oqimlarini hisoblash Load Flow algoritmi asosida amalga oshirildi. Tadqiqot doirasida tarmoqning simmetrik va nosimmetrik ish re-

jimlari ko'rib chiqildi. Simmetrik rejimda yuklamalar fazalar bo'yicha teng taqsimlandi, nosimmetrik rejimda esa yuklamalar fazalar bo'yicha notekis joylashtirildi. Hisoblash natijalari asosida tarmoq shinalaridagi faza va liniya kuchlanishlari, liniyalardagi aktiv hamda reaktiv quvvat isroflari aniqlanib, har ikkala rejim tahlil qilindi. Olingan natijalar jadval ko'rinishida qayta ishlanib, yuklamalarning fazalar bo'yicha taqsimlanishining elektr tarmog'iga ta'siri baholandi.

3. Natijalar (Results)

DigSILENT PowerFactory dasturida 0,4 kV past kuchlanishli elektr tarmog'ining simmetrik va nosimmetrik ish rejimlari modellashtirildi va tahlil qilindi. Hisoblash jarayonida tarmoq shinalaridagi faza va liniya kuchlanishlari, liniyalardagi aktiv va reaktiv quvvat isroflari aniqlanib, ularning amaldagi me'yoriy hujjatlarga muvofiqligi baholandi. Har bir liniya va fazadagi kuchlanish ruxsat etilgan $\pm 5\%$ og'ish chegaralari doirasida ekanligi tahlil qilindi. 1-rasmda 0,4 kV li elektr tarmog'ining 17 ta iste'molchidan iborat DigSILENT PowerFactory dasturida yig'ilgan bir chiziqli almashtirish sxemasi keltirilgan.



1-rasm. 0,4 kV li elektr tarmog'ining bir chiziqli almashtirish sxemasi

Figure 1. Single-line diagram of a 0.4 kV electrical network

Har bir liniyaning parametrlarini inobatga olib aktiv qarshiliklari $R = \rho \frac{l}{S}$ formula orqali va reaktiv qarshiliklari 0,09 - 0,4 oraliqda ekanligi hisob-kitoblar yordamida topildi (1-jadval).

1-jadval. Tarmoqdagi har bir liniyaning parametrlari

Table 1. Parameters for each line in the network

№	Liniya nomi	Sim markasi	Nominal kuchlanish, kV	Nominal tok, A	Uzunligi, m	Aktiv qarshiligi, Ω	Reaktiv qarshiligi, Ω
1	L-1	A-25/25	0.38	105	60	0,0672	0,4
2	L-2	AПB-2,5/2,5	0.38	20	28,5	0,3192	0,09
3	L-3	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
4	L-4	AПB-2,5/2,5	0.38	20	23	0,2576	0,09
5	L-5	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
6	L-6	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
7	L-7	AПB-4/4	0.38	28	29	0,203	0,09
8	L-8	AПB-4/4	0.38	28	25	0,175	0,09
9	L-9	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
10	L-10	AПB-2,5/2,5	0.38	20	11	0,1232	0,09
11	L-11	AПB-2,5/2,5	0.38	20	20	0,2296	0,09
12	L-12	AПB-4/4	0.38	28	39	0,273	0,09
13	L-13	AПB-2,5/2,5	0.38	20	24	0,2688	0,09
14	L-14	AПB-4/4	0.38	28	21	0,147	0,09
15	L-15	A-25/25	0.38	105	100	0,112	0,4
16	L-16	AПB-4/4	0.38	28	29	0,203	0,09
17	L-17	A-25/25	0.38	105	100	0,112	0,4



18	L-18	АПБ-6/6	0.38	36	15,5	0,072	0,09
19	L-19	АПБ-6/6	0.38	36	24	0,112	0,09
20	L-20	АПБ-4/4	0.38	28	39	0,273	0,09
21	L-21	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
22	L-22	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
23	L-23	АПБ -10/10	0.38	50	13	0,0364	0,09
24	L-24	АПБ-6/6	0.38	36	13,5	0,063	0,09
25	L-25	АПБ-4/4	0.38	28	20	0,14	0,09
26	L-26	АПБ-2,5/2,5	0.38	20	20,5	0,2296	0,09

2-jadvalda

har bir iste'molchining ulangan fazasi va iste'mol qiladigan aktiv quvvati keltirilgan.

2-jadval. Har bir iste'molchining iste'mol qiladigan aktiv quvvati

Table 2. Active power consumed by each consumer

№	Iste'molchi nomi	Ulangan fazasi	P, kW	cosφ
1	1-iste'molchi	B	2	0,85
2	2-iste'molchi	A	2,2	0,85
3	3-iste'molchi	B	2,6	0,85
4	4-iste'molchi	C	2,3	0,85
5	5-iste'molchi	C	2,5	0,85
6	6-iste'molchi	A	2,3	0,85
7	7-iste'molchi	B	2,8	0,85
8	8-iste'molchi	C	2,7	0,85
9	9-iste'molchi	A	2,6	0,85
10	10-iste'molchi	A	2,1	0,85
11	11-iste'molchi	A	2,5	0,85
12	12-iste'molchi	B	2,5	0,85
13	13-iste'molchi	C	2,8	0,85
14	14-iste'molchi	B	2	0,85
15	15-iste'molchi	C	2,6	0,85
16	16-iste'molchi	A	2,3	0,85
17	17-iste'molchi	B	2,1	0,85

Quvvat isroflari tahlili 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval. Aktiv va reaktiv quvvat isroflari

Table 3. Active and reactive power losses

№	Liniya nomi	ΔP , W	ΔQ , Var
1	L-1	66,6545	396,7532
2	L-2	2,1195	0,5976
3	L-3	0,7926	5,6613
4	L-4	1,6771	0,5859
5	L-5	37,3236	266,5968
6	L-6	1,1153	7,9665
7	L-7	2,3449	1,0396
8	L-8	1,3572	0,6980
9	L-9	5,2773	37,6951
10	L-10	0,4992	0,3646
11	L-11	1,4289	0,5601
12	L-12	4,9115	1,6192
13	L-13	2,7754	0,9292
14	L-14	1,2273	0,7514
15	L-15	40,6913	145,3262
16	L-16	1,5449	0,6849
17	L-17	6,8076	24,3129
18	L-18	0,4160	0,5201
19	L-19	0,9988	0,8026
20	L-20	4,9606	1,6354
21	L-21	2,6348	18,8198
22	L-22	0,6671	4,7654
23	L-23	0,1127	0,2788
24	L-24	0,3391	0,4845
25	L-25	0,8825	0,5673
26	L-26	1,2342	0,4838
Jami		190,7939	920,5002



Quvvat isroflari tahlili shuni ko'rsatdiki, simmetrik rejimda liniyalardagi jami aktiv quvvat isroflari 190,7939 W, reaktiv quvvat isroflari esa 920,5002 Var ni tashkil etdi. Isroflarning asosiy qismi uzunligi katta bo'lgan va yuklama oqimi yuqori bo'lgan magistral liniyalarda kuzatildi. Biroq ushbu isroflar tarmoqning normal ekspluatatsiya rejimi uchun ruxsat etilgan qiymatlar doirasida bo'lib, tarmoq elementlarining haddan tashqari yuklanish holatlari qayd etilmadi.

Simmetrik yuklama holatida iste'molchilar fazalar bo'yicha nisbatan teng taqsimlangan bo'lib, bu tarmoqda kuchlanishlarning barqaror taqsimlanishini ta'minladi. Hisoblashlar natijasiga ko'ra, tarmoqning barcha shinalarida faza kuchlanishlari 215,43 – 219,39 V oralig'ida o'zgargani aniqlandi. Nominal faza kuchlanishi 220 V deb qabul qilinganda, ushbu qiymatlar $-2,1\%$ dan $-0,3\%$ gacha bo'lgan og'ishlarni tashkil etadi (4-jadval).

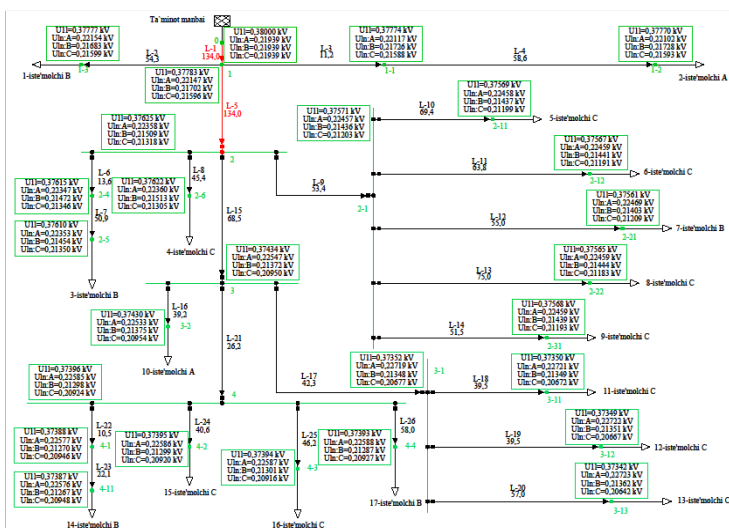
4-jadval. Har bir shinaning har bir fazasidagi kuchlanishlar qiymati

Table 4. Voltage values for each phase of each busbar

№	Shina nomi	Ulanish guruhi	Faza kuchlanishi, V			Liniya kuchlanishi, V
			A	B	C	
1	0	ABC-N	219,39	219,39	219,39	380
2	1	ABC-N	218,01	218,2	218,35	377,91
3	1-1	ABC-N	217,7	218,44	218,27	377,82
4	1-2	ABC-N	217,56	218,46	218,32	377,78
5	1-3	ABC-N	218,09	218	218,38	377,86
6	2	ABC-N	217,29	217,29	217,29	376,41
7	2-1	ABC-N	217,05	217,23	216,78	375,89
8	2-4	ABC-N	217,19	216,93	217,67	376,31
9	2-5	ABC-N	217,25	216,75	217,7	376,26
10	2-6	ABC-N	217,31	217,33	217,27	376,38
11	2-11	ABC-N	217,07	217,24	216,73	375,88
12	2-12	ABC-N	216,93	217,25	216,81	375,86
13	2-21	ABC-N	217,17	216,9	216,82	375,79
14	2-22	ABC-N	217,08	217,3	216,58	375,83
15	2-31	ABC-N	216,95	217,26	216,8	375,86
16	3	ABC-N	215,82	216,31	216,67	374,59
17	3-1	ABC-N	215,47	215,87	216,16	373,83
18	3-2	ABC-N	215,68	216,33	216,72	374,54
19	3-11	ABC-N	215,43	215,89	216,16	373,82
20	3-12	ABC-N	215,49	215,78	216,19	373,81
21	3-13	ABC-N	215,52	215,99	215,82	373,74
22	4	ABC-N	215,63	215,88	216,67	374,22
23	4-1	ABC-N	215,55	215,59	216,88	374,14
24	4-2	ABC-N	215,64	215,88	216,63	374,21
25	4-3	ABC-N	215,54	215,9	216,69	374,2
26	4-4	ABC-N	215,66	215,76	216,69	374,19
27	4-11	ABC-N	215,55	215,57	216,9	374,13

Mazkur natijalar simmetrik rejimda tarmoq shinalaridagi faza kuchlanishlari ruxsat etilgan -5% va $+5\%$ chegaralardan chiqmasligini va elektr energiyasi sifati talablariga to'liq mos kelishini ko'rsatadi. Liniya kuchlanishlari ham 373,74–380 V diapazonda bo'lib, nominal 380 V ga nisbatan og'ishlar me'yoriy chegaralar doirasida ekanligi kuzatildi.

Endi nosimmetrik ish rejimidagi natijalarni ko'rib chiqamiz. DigSILENT PowerFactory dasturi yordamida 0,4 kV elektr tarmog'ining sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. 0,4 kV li elektr tarmog'ining bir chiziqli almashtirish sxemasi
Figure 2. Single-line diagram of a 0.4 kV electrical network

0,4 kV li elektr tarmog'ining nosimmetrik rejimida ham simmetrik rejimdagi liniyalarning parametrlari kiritilib, natijalar olindi. 5-jadvalda nosimmetrik rejimda liniyalarning parametrlarini ko'rishimiz mumkin.

5-jadval. Tarmoqdagi har bir liniyaning parametrlari

Table 5. Parameters for each line in the network

№	Liniya nomi	Sim markasi	Nominal kuchlanish, kV	Nominal tok, A	Uzunligi, m	Aktiv qarshiligi, Ω	Reaktiv qarshiligi, Ω
1	L-1	A-25/25	0.38	105	60	0,0672	0,4
2	L-2	АПВ-2,5/2,5	0.38	20	28,5	0,3192	0,09
3	L-3	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
4	L-4	АПВ-2,5/2,5	0.38	20	23	0,2576	0,09
5	L-5	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
6	L-6	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
7	L-7	АПВ-4/4	0.38	28	29	0,203	0,09
8	L-8	АПВ-4/4	0.38	28	25	0,175	0,09
9	L-9	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
10	L-10	АПВ-2,5/2,5	0.38	20	11	0,1232	0,09
11	L-11	АПВ-2,5/2,5	0.38	20	20	0,2296	0,09
12	L-12	АПВ-4/4	0.38	28	39	0,273	0,09
13	L-13	АПВ-2,5/2,5	0.38	20	24	0,2688	0,09
14	L-14	АПВ-4/4	0.38	28	21	0,147	0,09
15	L-15	A-25/25	0.38	105	100	0,112	0,4
16	L-16	АПВ-4/4	0.38	28	29	0,203	0,09
17	L-17	A-25/25	0.38	105	100	0,112	0,4
18	L-18	АПВ-6/6	0.38	36	15,5	0,072	0,09
19	L-19	АПВ-6/6	0.38	36	24	0,112	0,09
20	L-20	АПВ-4/4	0.38	28	39	0,273	0,09
21	L-21	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
22	L-22	A-25/25	0.38	105	50	0,056	0,4
23	L-23	АПВ -10/10	0.38	50	13	0,0364	0,09
24	L-24	АПВ-6/6	0.38	36	13,5	0,063	0,09
25	L-25	АПВ-4/4	0.38	28	20	0,14	0,09
26	L-26	АПВ-2,5/2,5	0.38	20	20,5	0,2296	0,09

Biz yuqorida simmetrik rejimda A fazaga 6 ta iste'molchi, B fazaga 6 ta iste'molchi va C fazaga esa 5 ta iste'molchi ulangan holdagi tarmoqning bir chiziqli sxemasini ko'rgan edik. Endi esa xuddi shu iste'molchilarni boshqa fazalarga ulangan holatini 6-jadvalda ko'ramiz.

**6-jadval.** Har bir iste'molchining iste'mol qiladigan aktiv quvvati**Table 6.** Active power consumed by each consumer

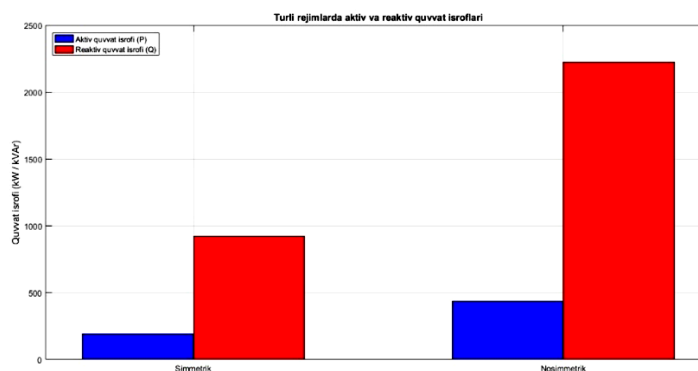
№	Iste'molchi nomi	Ulangan fazasi	P, kW	cosφ
1	1-iste'molchi	B	2	0,85
2	2-iste'molchi	A	2,2	0,85
3	3-iste'molchi	B	2,6	0,85
4	4-iste'molchi	C	2,3	0,85
5	5-iste'molchi	C	2,5	0,85
6	6-iste'molchi	C	2,3	0,85
7	7-iste'molchi	B	2,8	0,85
8	8-iste'molchi	C	2,7	0,85
9	9-iste'molchi	C	2,6	0,85
10	10-iste'molchi	A	2,1	0,85
11	11-iste'molchi	C	2,5	0,85
12	12-iste'molchi	C	2,5	0,85
13	13-iste'molchi	C	2,8	0,85
14	14-iste'molchi	B	2	0,85
15	15-iste'molchi	C	2,6	0,85
16	16-iste'molchi	C	2,3	0,85
17	17-iste'molchi	B	2,1	0,85

Tarmoqning nosimmetrik rejimida A fazaga 2 iste'molchi, B fazaga 5 ta iste'molchi va C fazaga 10 iste'molchi ulangan. Quvvat isroflari tahlili shuni ko'rsatdiki, nosimmetrik rejimda liniyalardagi jami aktiv quvvat isroflari 434,1238 W, reaktiv quvvat isroflari esa 2224,3597 Var ni tashkil etdi (7-jadval). Bu ko'rsatkichlar simmetrik rejimga nisbatan mos ravishda qariyb 2,3 va 2,4 baravar yuqori bo'lib, yuklamalarning fazalar bo'yicha notekis taqsimlanishi elektr energiya isroflarining keskin o'rtishiga olib kelishini ko'rsatadi.

7-jadval. Aktiv va reaktiv quvvat isroflari**Table 7.** Active and reactive power losses

№	Liniya nomi	ΔP, W	ΔQ, Var
1	L-1	138,7706	826,0155
2	L-2	2,1426	0,6041
3	L-3	0,7679	5,4852
4	L-4	1,6249	0,5677
5	L-5	98,3907	702,7905
6	L-6	1,1384	8,1314
7	L-7	2,3935	1,0611
8	L-8	1,4113	0,7258
9	L-9	16,2643	116,1733
10	L-10	0,5217	0,3811
11	L-11	1,4974	0,587
12	L-12	5,0442	1,6629
13	L-13	2,901	0,9713
14	L-14	1,2861	0,7874
15	L-15	98,8803	353,1439
16	L-16	1,4154	0,6275
17	L-17	44,1887	157,8167
18	L-18	0,4518	0,5647
19	L-19	1,0887	0,8748
20	L-20	5,4224	1,7876
21	L-21	5,1518	36,7986
22	L-22	0,6855	4,8961
23	L-23	0,1158	0,2864
24	L-24	0,3636	0,5195
25	L-25	0,9372	0,6025
26	L-26	1,268	0,4971
Jami		434,1238	2224,3597

3-rasmda simmetrik va nosimmetrik rejimlarda aktiv hamda reaktiv quvvat isroflarini umumlashtirilgan grafigi keltirilgan.



3-rasm. Simmetrik va nosimmetrik rejimlarda aktiv hamda reaktiv quvvat isroflari
Figure 3. Active and reactive power losses in symmetrical and asymmetrical modes

Ayniqsa, uzoq uchastkalarda va yuklama oqimi yuqori bo'lgan liniyalarda kuchlanishning ruxsat etilgan chegaradan chiqishi bilan birga quvvat isroflarining keskin ortishi kuzatildi. Bu holat tarmoq elementlarining qizishi, xizmat muddati qisqarishi va ekspluatatsion ishonchlikning pasayishiga sabab bo'lishi mumkin. Nosimmetrik yuklama holatida iste'molchilarning fazalar bo'yicha notekis taqsimlanishi natijasida tarmoq shinalarida kuchlanishlarning sezilarli nomutanosibliyi yuzaga keldi. Hisoblashlar natijasiga ko'ra, ayrim shinalarda A faza kuchlanishining 227,23 V gacha oshgani, C faza kuchlanishining esa 206,42 V gacha pasaygani aniqlandi (8-jadval).

8-jadval. Har bir shinaning har bir fazasidagi kuchlanishlar qiymati

Table 8. Voltage values for each phase of each busbar

№	Shina nomi	Ulanish guruhi	Faza kuchlanishi, V			Liniya kuchlanishi, V
			A	B	C	
1	0	ABC-N	219,39	219,39	219,39	380
2	1	ABC-N	221,47	217,07	215,96	377,83
3	1-1	ABC-N	221,17	217,26	215,88	377,74
4	1-2	ABC-N	221,02	217,28	215,93	377,7
5	1-3	ABC-N	221,54	216,83	215,99	377,77
6	2	ABC-N	223,58	215,09	213,18	376,25
7	2-1	ABC-N	224,57	214,36	212,03	375,71
8	2-4	ABC-N	223,47	214,72	213,46	376,15
9	2-5	ABC-N	223,53	214,54	213,5	376,1
10	2-6	ABC-N	223,6	215,13	213,05	376,22
11	2-11	ABC-N	224,58	214,37	211,99	375,69
12	2-12	ABC-N	224,59	214,41	211,91	375,67
13	2-21	ABC-N	224,69	214,03	212,09	375,61
14	2-22	ABC-N	224,59	214,44	211,83	375,65
15	2-31	ABC-N	224,59	214,39	211,93	375,68
16	3	ABC-N	225,47	213,72	209,5	374,34
17	3-1	ABC-N	227,19	213,48	206,77	373,52
18	3-2	ABC-N	225,33	213,75	209,54	374,3
19	3-11	ABC-N	227,21	213,49	206,72	373,5
20	3-12	ABC-N	227,22	213,51	206,67	373,49
21	3-13	ABC-N	227,23	213,62	206,42	373,42
22	4	ABC-N	225,85	212,98	209,24	373,96
23	4-1	ABC-N	225,77	212,7	209,46	373,88
24	4-2	ABC-N	225,86	212,99	209,2	373,95
25	4-3	ABC-N	225,87	213,01	209,16	373,94
26	4-4	ABC-N	225,88	212,87	209,27	373,93
27	4-11	ABC-N	225,76	212,67	209,48	373,87

Nominal faza kuchlanishiga nisbatan ushbu qiymatlar mos ravishda +3,3 % va -6,2 % og'ishni tashkil etdi. Natijada ayrim shinalarda C faza kuchlanishining -5 % ruxsat etilgan chegaradan chiqib ketgani qayd etildi. Bu holat elektr energiyasi sifati talablarining buzilishini va iste'molchilarning elektr jihozlari ish rejimiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkinligini anglatadi. Liniya kuchlanishlari ham nosimmetrik rejimda notekis o'zgarib, ayrim uchastkalarda nominal qiymatdan og'ishlari kuzatildi. Fazalararo kuchlanishlar orasidagi farq simmetrik rejimga nisbatan sezilarli darajada oshgan bo'lib,



tarmoqda kuchlanish nomutanosibligi darajasining yuqoriligini tasdiqlaydi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, simmetrik ish rejimida 0,4 kV past kuchlanishli elektr tarmog'ida kuchlanishlar ruxsat etilgan ± 5 % chegaralar doirasida saqlanadi. Nosimmetrik ish rejimida esa ayrim fazalarda kuchlanishning me'yoriy chegaradan chiqishi, quvvat isroflarining keskin ortishi va tarmoq ish rejimining yomonlashuvi kuzatiladi. Bu holat past kuchlanishli elektr tarmoqlarida yuklamalarni fazalar bo'yicha imkon qadar teng taqsimlash zarurligini va nosimmetrik rejimlarni kamaytirish elektr energiyasi sifati hamda energiya samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

4. Munozara (Discussion)

O'tkazilgan tadqiqot natijalari 0,4 kV past kuchlanishli elektr tarmoqlarida yuklamalarning fazalar bo'yicha notekis taqsimlanishi elektr energiyasi sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. DigSILENT PowerFactory dasturida bajarilgan modellashtirish simmetrik va nosimmetrik ish rejimlari o'rtasida kuchlanishlar farqi hamda quvvat isroflari bo'yicha aniq farqlar mavjudligini ko'rsatdi. Simmetrik ish rejimida iste'molchilarning fazalar bo'yicha nisbatan teng taqsimlanishi natijasida tarmoq shinalaridagi faza kuchlanishlari nominal qiymatlarga yaqin bo'lib, ularning og'ishlari ruxsat etilgan ± 5 % chegaralar doirasida saqlanib qoldi. Ushbu rejimda aniqlangan aktiv va reaktiv quvvat isroflari nisbatan kichik bo'lib, asosan magistral va yuklama oqimi yuqori bo'lgan liniyalarda jamlangani kuzatildi. Nosimmetrik ish rejimida esa yuklamalarning fazalar bo'yicha notekis taqsimlanishi tarmoqda kuchlanish nomutanosibligining ortishiga olib keldi. Ayrim shinalarda faza kuchlanishlarining ruxsat etilgan chegaralardan chiqib ketishi qayd etilib, bu elektr energiyasi sifati talablarining buzilishiga sabab bo'lishi mumkinligi aniqlandi. Shu bilan birga, nosimmetrik rejimda liniyalardagi jami aktiv va reaktiv quvvat isroflari simmetrik rejimga nisbatan bir necha baravar ortgani kuzatildi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari past kuchlanishli elektr tarmoqlarini tahlil qilishda zamonaviy hisoblash dasturlaridan foydalanish zarurligini hamda simmetrik ish rejimini ta'minlash elektr energiyasi sifati va energiya samaradorligini oshirishda muhim omil ekanligini ko'rsatdi.

5. Xulosa (Conclusion)

Mazkur tadqiqot ishida 0,4 kV past kuchlanishli elektr tarmog'ining simmetrik va nosimmetrik ish rejimlari DigSILENT PowerFactory dasturi yordamida modellashtirildi hamda ularning elektr energiyasi sifati va quvvat isroflariga ta'siri kompleks tahlil qilindi. O'tkazilgan hisoblash va modelashtirish natijalari past kuchlanishli taqsimlash tarmoqlarida yuklamalarning fazalar bo'yicha taqsimlanish darajasi tarmoqning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini belgilovchi asosiy omillardan biri ekanligini yaqqol namoyon etdi. Simmetrik ish rejimida iste'molchilarning fazalar bo'yicha nisbatan teng taqsimlanishi natijasida tarmoq shinalaridagi faza kuchlanishlari nominal qiymatlarga yaqin bo'lib, ularning og'ishlari -5 % va $+5$ % ruxsat etilgan chegaralar doirasida saqlanib qoldi. Bu holat elektr energiyasi sifati bo'yicha amaldagi me'yoriy hujjatlar talablariga to'liq mos kelishini ko'rsatadi. Shuningdek, simmetrik rejimda aniqlangan jami aktiv (190,7939W) va reaktiv (920,5002 Var) quvvat isroflari nisbatan kichik bo'lib, asosan magistral va uzunligi katta bo'lgan liniyalarda jamlanganligi kuzatildi.

Bu natijalar boshqa mualliflarning past kuchlanishli tarmoqlarda simmetrik yuklama sharoitida quvvat isroflari minimal bo'lishi haqidagi xulosalari bilan mos keladi. Nosimmetrik ish rejimida esa yuklamalarning fazalar bo'yicha notekis taqsimlanishi tarmoqda kuchlanish nomutanosibligining keskin ortishiga olib keldi. Hisoblashlar natijasida ayrim shinalarda A faza kuchlanishining $+3$ % dan ortiq oshgani, C faza kuchlanishining esa -6 % gacha pasaygani aniqlandi. Bu holat ayrim nuqtalarda kuchlanishning ruxsat etilgan -5 % chegaradan chiqib ketganini ko'rsatib, elektr energiyasi sifati talablarining buzilishiga sabab bo'lishi mumkinligini anglatadi. Mazkur natijalar 0,4 kV taqsimlash tarmoqlarida nosimmetrik yuklama kuchlanish sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatishini ko'rsatgan avvalgi tadqiqotlar bilan uyg'unlashadi. Bundan tashqari, nosimmetrik rejimda jami aktiv quvvat isroflarining 434,1238 W gacha, reaktiv quvvat isroflarining esa 2224,3597 Var gacha ortgani qayd etildi. Bu ko'rsatkichlar simmetrik rejimga nisbatan mos ravishda qariyb 2,3 va 2,4 baravar yuqori bo'lib, yuklamalarning fazalar bo'yicha notekis taqsimlanishi tarmoq elementlarida toklarning ortishiga, natijada esa quvvat isroflarining keskin oshishiga olib kelishini tasdiqlaydi. Ayniqsa, uzoq uchastkalar va katta qarshilikka ega liniyalarda isroflarning sezilarli darajada ortgani kuzatildi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, nosimmetrik yuklama sharoitida faqat quvvat isroflari emas, balki tarmoq elementlarining issiqlik rejimi ham yomonlashadi. Bu esa o'tkazgichlarning qizishi, izolyatsiya xususiyatlarining tezroq eskirishi hamda elektr jihozlarning xizmat muddati qisqarishiga olib kelishi mumkin. Shu jihatdan, nosimmetrik rejimlar past kuchlanishli elektr tarmoqlarining ekspluatatsiya ishonchligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqot natijalari amaliy jihatdan past kuchlanishli elektr tarmoqlarini loyihalash va ekspluatatsiya qilish jarayonida yuklamalarni fazalar bo'yicha imkon qadar teng taqsimlash, nosimmetrik rejimlarni aniqlash va bartaraf etishga qaratilgan chora-tadbirlarni



qo'llash muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi.

DigSILENT PowerFactory dasturidan foydalanish esa real ekspluatatsiya sharoitlariga yaqin modellarni yaratish, kuchlanish sifati va quvvat isroflarini aniq baholash imkonini berib, energiya samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Umuman olganda, mazkur tadqiqot natijalari past kuchlanishli elektr tarmoqlarida elektr energiyasi sifatini yaxshilash, quvvat isroflarini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun mustahkam asos yaratadi. Kelgusida ushbu tadqiqotni rivojlantirish doirasida yuqori garmoniklarning ta'siri, nol o'tkazgichdagi toklar hamda avtomatlashtirilgan faza balanslash qurilmalarining samaradorligini o'rganish istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

Adabiyot

1. Рахимов О.С., Мирзоев Д.Н., Грачева Е.И. Экспериментальное исследование показателей качества и потерь электроэнергии в низковольтных сельских электрических сетях. Известия высших учебных заведений. //Проблемы энергетики. 2021;23(3):209-222.
2. Долингер С.Ю., Люtareвич А.Г., Горюнов В.Н., Сафонов Д.Г., Черемисин В.Т. Оценка дополнительных потерь мощности от снижения качества электрической энергии в элементах систем электроснабжения // ОНВ. 2013. №2 (120).
3. Горбунов Алексей Олегович. Критерий расчёта потерь от несинусоидальных токов в линии // Вестник АГАУ. 2021. №5 (199).
4. Ф.Д. Косоухов, Н.В. Васильев, А.О. Горбунов. Снижение потерь мощности от несинусоидальных токов в сельских электрических сетях 0,38 кВ //Известия СПбГАУ. 2019. №2 (55).
5. Геркусов А.А., Грачева Е.И., Шумихина О.А. Влияние несимметричной нагрузки на потери электроэнергии в распределительных сетях 0,4-20 КВ // Вестник КГЭУ. 2022. №2 (54).
6. Смагин К.А., Галстян Р.А., Антонов М.А., Арнаутов А.В. Анализ влияния несимметрии на потери в сети 0,4 КВ // Молодой исследователь Дона. 2019. №4 (19).
7. Коваленко Д.В., Смирнов П.С. Учет влияния высших гармоник при расчетах потерь мощности и энергии, возникающих в кабельной линии электропередачи, при подключении к сети группы персональных компьютеров // ОНВ. 2018. №5 (161).
8. Широков О. Г., Алферова Т. В., Алферов А. А., Прусаков С. Л. Оценка потерь электрической энергии, вызванных несинусоидальными режимами, при расчете небалансов системных подстанций 10 кВ // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. 2015. №1 (60).
9. Пшеничная А.Ю. Анализ влияния качества электроэнергии на потери в распределительных сетях // Синергия наук. 2017. № 14. – С. 400-407.
10. Солнцев Е. Б., Мамонов А. М., Фитасов А. Н. Расчетно-аналитическая модель для исследования влияния распределенной генерации на качество электрической энергии – колебания напряжения // Интеллектуальная электротехника. 2018. № 3. С. 13-22.
11. Дед А. В., Паршукова А. В. О способах учета неравномерной нагрузки при расчете потерь мощности // Инновационная наука. 2016. №10-2.
12. Дед А. В., Паршукова А. В. Метод расчета дополнительных потерь мощности при несимметрии режима работы системы электроснабжения // Инновационная наука. 2015. №10-1.
13. Дед Александр Викторович. Математическое моделирование расчета потерь мощности в трехфазной сети при несимметрии нагрузки // ОНВ. 2016. №5 (149).
14. Дед Александр Викторович. Разработка алгоритма расчета потерь мощности в четырехпроводной трехфазной сети при несимметричной нагрузке // ОНВ. 2016. №5 (149).
15. Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A. Elektr energiyasining asosiy sifat ko'rsatkichlari va ularni elekt energiyasi isroflariga ta'siri. "Muqobil energiya manbalaridan samarali foydalanish muammolari va yechimlar" Xalqaro ilmiy-texnikaviy konferensiya. 365-369 b. Qarshi 2024 y.
16. Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A. Elektr tarmoqlarida kuchlanish nosinusoidalligining elektr energiya isroflariga ta'siri. /Yashil iqtisodiyotni rivojlantirishning tashkiliy-iqtisodiy mexanizmlarini takomillashtirish yo'llari, Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. 307-309 b. Urganch 2025 y.
17. Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A. Taqsimlovchi tarmoq elektr energiyasi isroflariga tarmoq yuklanish koeffitsientining ta'siri. /Innovatsion energetika: energetikaning fundamental asoslari va innovatsion muhandislik yechimlari. Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. 465-468 b. Urganch 2025.
18. Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A. Past kuchlanishli tarmoqlarda kuchlanish nosimetriyasini tahlil qilish. /Innovatsiya-2025. XXIX Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. 163-165 b. Toshkent-2025.
19. Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A., Sayimov D.E., Karimov K.Sh. Past kuchlanishli elektr tarmoqlarida elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarining elektr energiya isroflariga ta'sirini baholash va tahlil etishga oid tadqiqotlar sharhi. //Muqobil energetika. Ilmiy-texnik jurnali. 117-124 b. Qarshi-2025.
20. Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A. Past kuchlanishli elektr tarmoqlarining turli rejimlarida quvvat isroflarini tahlil etish. //Innovatsion texnologiyalar. Ilmiy-texnikaviy jurnal. 130-137 b. Qarshi-



2025.

References

1. Rakhimov, O. S., Mirzoev, D. N., Gracheva, E. I. (2021). Experimental study of power quality indicators and electricity losses in low-voltage rural electrical networks. Proceedings of the Higher Educational Institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS, 23(3), 209-222.
2. Dolinger, S. Yu., Lyutarevich, A. G., Goryunov, V. N., Safonov, D. G., Cheremisin, V. T. (2013). Assessment of additional power losses from the reduction of electrical energy quality in elements of power supply systems. Omsk Scientific Bulletin (ONV), (2 (120)).
3. Gorbunov, A. O. (2021). Criterion for calculating losses from non-sinusoidal currents in a line. Bulletin of Altai State Agricultural University (Vestnik AGAU), (5 (199)).
4. Kosoukhov, F. D., Vasilyev, N. V., Gorbunov, A. O. (2019). Reducing power losses from non-sinusoidal currents in rural 0.38 kV electrical networks. Izvestiya SPbGAU, (2 (55)).
5. Gerkusov, A. A., Gracheva, E. I., Shumikhina, O. A. (2022). Influence of unbalanced load on electricity losses in 0.4-20 kV distribution networks. Bulletin of KSEU (Vestnik KGEU), (2 (54)).
6. Smagin, K. A., Galstyan, R. A., Antonov, M. A., Arnautov, A. V. (2019). Analysis of the influence of asymmetry on losses in a 0.4 kV network. Young Researcher of the Don, (4 (19)).
7. Kovalenko, D. V., Smirnov, P. S. (2018). Accounting for the influence of higher harmonics in the calculation of power and energy losses occurring in a cable power line when connecting a group of personal computers to the network. Omsk Scientific Bulletin (ONV), (5 (161)).
8. Shirokov, O. G., Alferova, T. V., Alferov, A. A., Prusakov, S. L. (2015). Estimation of electrical energy losses caused by non-sinusoidal modes when calculating the unbalance of 10 kV system substations. Bulletin of GGTU im. P. O. Sukhogo, (1 (60)).
9. Pshenichnaya, A. Yu. (2017). Analysis of the influence of power quality on losses in distribution networks. Synergy of Sciences, (14), 400-407.
10. Solntsev, E. B., Mamonov, A. M., Fitasov, A. N. (2018). Computational and analytical model for studying the influence of distributed generation on electrical energy quality – voltage fluctuations. Intellectual Electrical Engineering, (3), 13-22.
11. Ded, A. V., Parshukova, A. V. (2016). On methods of accounting for uneven load when calculating power losses. Innovative Science, (10-2).
12. Ded, A. V., Parshukova, A. V. (2015). Method for calculating additional power losses in case of asymmetry of the operating mode of the power supply system. Innovative Science, (10-1).
13. Ded, A. V. (2016). Mathematical modeling of power loss calculation in a three-phase network under load asymmetry. Omsk Scientific Bulletin (ONV), (5 (149)).
14. Ded, A. V. (2016). Development of an algorithm for calculating power losses in a four-wire three-phase network with an asymmetrical load. Omsk Scientific Bulletin (ONV), (5 (149)).
15. Khudayarov, M. B., Abdukhalimov, J. A. Main quality indicators of electricity and their impact on electricity losses. International scientific and technical conference “Problems and solutions for the effective use of alternative energy sources”, 365-369 p, Karshi 2024.
16. Khudayarov, M. B., Abdukhalimov, J. A. Effect of voltage non-sinusoidality on electricity losses in electrical networks. International scientific-practical conference “Ways to improve organizational and economic mechanisms for the development of the green economy”, 307-309, Urganch 2025.
17. Khudayarov, M. B., Abdukhalimov, J. A. Influence of the network load coefficient on electricity losses of the distribution network. International scientific-practical conference “Innovative energy: fundamental basis of energy and innovative engineering solutions”, 465-468 p, Urgench 2025.
18. Khudayarov, M. B., Abdukhalimov, J. A. Analysis of voltage asymmetry in low voltage networks. /XXIX International scientific-practical conference “Innovation-2025” 163-165 p, Tashkent 2025.
19. Khudayarov, M. B., Abdukhalimov, J. A., Sayimov, D. E., Karimov, K. Sh. Review of studies on assessment and analysis of the influence of power quality indicators on power losses in low-voltage electrical networks. //Scientific-technical journal “Alternative Energy”, 117-124 p, Karshi 2025.
20. Xudayarov, M. B., Abduxalimov, J. A. Analysis of power losses in different modes of low voltage electrical networks. //Scientific-technical journal “Innovative Technologies”, 130-137 p, Karshi 2025.