



Past kuchlanishli elektr iste'molchilarini kuchlanish va tokning sinusoidallogiga ta'siri to'g'risida

Abduraxim D. Taslimov¹, Vaxobiddin U. Mo'minov²

¹) DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; tstu_energy@mail.ru <https://orcid.org/0009-0002-0761-0787>

²) katta o'qituvchi. Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali, Olmaliq, 110100, O'zbekiston; vmuminov90@mail.ru <https://orcid.org/0009-0007-6554-0226>

Dolzarblik: ushbu maqolada 0,38 kV kuchlanishli elektr tarmoqlarida kuchlanish va tok sinusoidallogining buzilishiga sabab bo'ladigan salbiy oqibatlar, shu jumladan elektr tarmoqlari elementlarida qo'shimcha elektr energiya isroflarining paydo bo'lishi taxlil qilinadi. 0,38 kV li zamonaviy qishloq xududlarida aholi va maishiy xizmat ko'rsatish sohasida elektr energiyasining jon boshiga iste'moli o'rganib chiqilib, qishloq xo'jaligi tumanlaridagi uy-joy kommunal xo'jaligi korxonalarining elektr istemolchilarining kuchlanish va tokning sinusoidallogiga va va o'z navbatida nosinusoidallikni elektr tarmoqlari elementlarining ishlash sifatiga ta'siri ko'rib chiqiladi.

Maqsad: past kuchlanishli elektr tarmoqlarida kuchlanish va tokning nosinusoidallogini keltirib chiqaruvchi maishiy elektr iste'molchilarining elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlariga va qo'shimcha quvvat isrofiga ta'sir darajasini baholash, 0,38 kVli elektr tarmoqlarida nosinusoidallik darajasini kamaytirish uchun texnik vositalarni asoslash hisoblanadi.

Usullar: past kuchlanishli elektr iste'molchilarini elektr tarmoqdagi kuchlanish va tokning sinusoidallogiga ta'sirini tizimli taxlil qilish, shuningdek uy-joy kommunal xo'jaligi elektr istemolchilarining kuchlanish va tokning sinusoidallogiga ta'siri va nosinusoidallikni elektr tarmoqlari elementlarining ishlash sifatiga ta'sirini baxolashning tajribasini o'rganish va solishtirish.

Natijalar: tadqiqot natijalari elektr tarmoqlarining nosinusoidal ish rejimlarida quvvat va elektr energiyasining qo'shimcha isroflarini aniqlashdan iborat, shuningdek, elektr energiyasi sifatini yaxshilash va energiyani tejashga qaratilgan tadbirlarni texnik-iqtisodiy asoslash va baholashda foydalaniladi.

Kalit so'zlar: kuchlanish, tok, quvvat, nosinusoidallik, garmonika, energiya isrofi, iste'molchi, elektr tarmog'i, sifat, nohiziqlik.

For citation: Taslimov A.D., Muminov V.U. About the Influence of low-voltage electrical consumers on the sinusoidality of voltage and current. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2024, no. 4, pp. 1–10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14562639>

Received: 10.10.2024

Revised: 7.11.2024

Accepted: 14.12.2024

Published: 27.12.2024

Copyright: © Abdurakhim D. Taslimov, Vakhobiddin U. Muminov, 2024. 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/>).

О влиянии низковольтных электрических приемников на синусоидальность тока и напряжения

Абдурахим Д. Таслимов¹, Вахобиддин У. Мўминов²

¹) DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан; tstu_energy@mail.ru <https://orcid.org/0009-0002-0761-0787>

²) старший преподаватель Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета, Алмалык, 110100, Узбекистан; v.muminov90@mail.ru <https://orcid.org/0009-0007-6554-0226>

Актуальность: в статье анализируются негативные последствия несинусоидальности напряжения и тока в электрических сетях 0,38 кВ, в том числе потери электроэнергии в элементах электрической сети, связанные с несинусоидальностью. Изучаются потребление электроэнергии в сфере коммунального и бытового обслуживания, а также влияние потребителей бытовых и коммунальных предприятий в сельскохозяйственных районах на синусоидальность напряжения и тока, а также влияние на качество работы элементов электрической сети.

Цель: оценка уровня влияния на качественные показатели электроэнергии и дополнительных потерь мощности бытовых потребителей электроэнергии, вызывающих несинусоидальность напряжения и тока в низковольтных электрических сетях, обоснование технических средств снижения несинусоидальности в электрических сетях напряжением 0,38 кВ.

Методы: системный анализ влияния низковольтных потребителей электроэнергии на синусоидальность напряжения и тока в электрической сети, а также использование методов оценок влияния несинусоидальности на качество работы элементов электросети.



Результаты: заключаются в определении дополнительных потерь электроэнергии при несинусоидальных режимах работы электрических сетей, а также технико-экономическом обосновании и оценке мероприятий, направленных на повышение качества напряжения.

Ключевые слова: напряжение, ток, мощность, несинусоидальность, гармоника, потери энергии, потребитель, электрическая сеть, качество, нелинейность.

About the Influence of low-voltage electrical consumers on the sinusoidality of voltage and current

Abdurakhim D. Taslimov¹, Vakhobiddin U. Muminov²

¹) DSc, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; tstu_energy@mail.ru <https://orcid.org/0009-0002-0761-0787>

²) Head teacher. Tashkent State Technical University. Almalyk branch. Almalyk, 110100, Uzbekistan; ymuminov90@mail.ru <https://orcid.org/0009-0007-6554-0226>

Relevance: in this article, the negative consequences of voltage and current sinusoidal disturbances in 0.38 kV electrical networks, including the occurrence of additional electrical energy losses in electrical network elements, are analyzed. The per capita consumption of electricity in the field of population and household services in modern rural areas with 0.38 kV was studied and the impact of voltage and current sinusoidality of electricity consumers of housing and utility enterprises in industrial districts and, in turn, non-sinusoidality on the quality of operation of electrical network elements is considered.

The goal: assessment of the level of influence of household electricity consumers, which causes voltage and current non-sinusoidality in low-voltage power networks, on the quality indicators of electricity and additional power wastage, justification of technical means to reduce the level of non-sinusoidality in 0.38 kV power networks is considered

Methods: systematic analysis of the influence of low-voltage electric consumers on the sinusoidality of the voltage and current in the electrical network, as well as the influence of the household and communal electric consumers on the sinusoidal of the voltage and current and to study and compare the experience of assessing the effect of non-sinusoidality on the performance quality of electrical network elements.

Results: research results to determine the additional waste of power and electricity in non-sinusoidal operating modes of electric networks, as well as in the feasibility study and evaluation of measures aimed at improving the quality of electricity and saving energy.

Keywords: voltage, current, power, non-sinusoidal, harmonics, energy dissipation, consumer, electrical network, quality, nonlinearity

1. Kirish (Introduction)

Elektr energiya iste'molchilarining xududiy elektr tarmoqlari O'zbekiston energetika tizimining bir qismi bo'lib, mamlakatning aksariyat aholisi yashaydigan hududlarni qamrab oladi. Bugungi kunda xududiy elektr tarmoqlarida ko'plab muammolar bo'lib, ulardan eng muhimlari ma'naviy va jismoniy jihatdan eskirgan elektr uskunalardir: tarmoqlarning eskirishi 41% ni, shu jumladan podstansiya uskunalarining eskirishi 65% ni, havo va kabel liniyalarining eskirishi 36%, bino va inshootlarning eskirishi 23,2% ni tashkil qiladi [1].

Xududiy elektr tarmoqlariga 0,38 dan 110 kV gacha kuchlanishli elektr uzatish liniyalari, umumiy uzunligi 180 ming km, shu jumladan 20 ming km 35 dan 110 kV gacha kuchlanishli liniyalar, 50 ming km 6 dan 10 kV gacha kuchlanishli liniyalar, 110 ming km 0,38 kV kuchlanishli liniyalar va 50 mingga yaqin 35-6/0,4 kV transformator punktlari (TP) kiradi, ularning katta qismini 10/0,4 kV TPlar tashkil qiladi [2].

Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, xududiy elektr tarmoqlarida elektr energiyasining umumiy isroflari 20% gacha va undan ortiqni tashkil qiladi. Bunda asosiy yo'qotishlar (80-90%) 0,38-1 OkV taqsimlovchi tarmoqlarda to'plangan, tijorat isroflarining ulushi esa umumiy isroflarning 50-70% ini tashkil etadi [3].

Kuchlanishi 10 kV bo'lgan havo liniyalari izolyatsiyalangan neytralli uch simli liniyalar bilan bajariladi. Ular 110-35/10 kV kuchlanishli podstansiyalardan ta'minlanadi va uzun (bitta liniyaning uzunligi 50...70 km ga yetadi) va tarmoqlangan (bitta liniyaga 3 dan 29 gacha TP 35-6/0,4 kV ulangan) bo'lib, mustahkam bo'lmagan alyuminiy simlar bilan to'ldirilgan. [23, 24] tavsiyalaridan



kelib chiqib, mexanik mustahkamlik bo'yicha 10 kV kuchlanishga AS markali simlar ishlatiladi: kavsharlarni kavsharlashda kamida AS 35 va magistrallarda kamida AS 70 bo'ladi.

Past kuchlanishli 380/220 V li taqsimlovchi liniyalar to'rt simli bo'lib, yerga past ulangan neytral bilan bajarilgan. Magistral liniyalar besh simli (uch fazali, nol va fonar simli) qilinadi. Simlar tayanchga quyidagi tartibda joylashtiriladi: yuqorida faza simlari, keyin fonar simlari va pastda nolinch sim. Fonar simiga ko'cha yoritgichlari ulanadi. Magistraldan ikki fazali uch simli yoki bir fazali ikki simli tarmoqlar ajraladi.

Odatda bitta aholi punktida simlarning ko'pi bilan to'rt kesimi ishlatiladi. Simlarda qo'llaniladigan eng kichik kesim 0,38 kV, 4A50 ga teng. Bitta 0,38 kV HLning uzunligi 0,5...0,6 km dan oshmasligi kerak. 0,38 kV kuchlanishli havo oqimi ko'chalar bo'ylab o'tkaziladi. Nolinch sim liniyaning butun uzunligi bo'ylab 100... 150 m (qayta yerga ulash), shuningdek, elektr qurilmalarining ishchi yerga ulash mavjud bo'lgan binolarning kirish joylarida[6].

Bir fazali iste'molchilarni, shuningdek chorvachilik komplekslari va parrandachilik fabrikalarini ta'minlovchi liniyalarning nolinch simining ko'ndalang kesim yuzi faza simining ko'ndalang kesim yuzidan kam bo'lmasligi kerak. 0,38 kV kuchlanishga temir-beton tayanchlar yoki temir-beton moslamalarga yog'och tayanchlar o'rnatiladi va shtirli, shisha yoki chinni izolyatorlardan foydalaniladi. Kuchlanishi 6...8 bo'lgan transformator podstansiyalari. 10/0,4 kV li taqsimlovchi uch fazali to'rt simli elektr liniyalari 0,38 kV li yerga ulangan neytral bilan ta'minlanadi. Ular quvvati 25...630 kV-A bo'lgan bir va ikki transformatorli bo'ladi. Yuqori va past kuchlanishli chulg'amlarni ulash sxemasi uchburchak/ yulduz - nol(Δ/Y -0), yulduz/ yulduz- nol (Y/Y -0) bo'ladi[2,6].

Tabiiy havo sirkulyatsiyasiga ega bo'lgan 10/0,4 kVli moyli sovitish tizimiga ega 10/0,4 kVli transformator podstansiyalari komplekt transformator podstansiyalari (KTP), machtali transformator podstansiyalari (MTP) va yopiq transformator podstansiyalari (YOTP) bo'ladi. 10/0,4 kV TP dan chiquvchi liniyalar soni, odatda, uchta liniyadan iborat bo'ladi.

Xududiy elektr tarmoqlarining asosiy istemolchilari qishloq iste'molchilari hisoblanadi va ular orasida qishloq xo'jalik mahsulotlari yetishtirishni ta'minlaydigan yirik va mayda uy xo'jaliklari hamda uy-joy-kommunal xo'jalik korxonalar bor. Yirik iste'molchilarga parrandachilik fabrikalari, ertagi sabzavot yetishtiruvchi issiqxonalar, chorvachilik fermalari va komplekslari, sabzavot omborlari, don omborlari, sug'orish tizimlari va elektr energiyasi sifatiga va elektr ta'minotining ishonchlilikiga yuqori talablar qo'yiladigan boshqa obyektlar kiradi. Maishiy xizmat korxonalar va bevosita qishloq aholisining uylaridagi ehtiyojlar uchun elektr energiyasi iste'moli muttasil oshib bormoqda.

Qishloq xo'jaligi elektr ta'minotining o'ziga xos xususiyati shundaki, elektr energiyasini katta hududga taqsimlangan nisbatan kam quvvatli juda ko'p obyektlarga o'tkazish zarurati mavjud. Natijada qishloq tarmoqlari katta uzunlik va kichik yuklama zichligi (2...20 kVt/km²) bilan tavsiflanadi.

2. Materiallar va usullar (Methods and materials)

Elektr energiyasi iste'moli sohasidagi statistik tadqiqotlar [2,6] 1-jadvalda keltirilgan. 1-jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, kommunal-maishiy sektorda elektr energiyasi iste'moli darajasi ancha yuqori. Qishloq xo'jalik iste'molchilar tarkibida nohiziqli volt-amper xarakteristikalariga ega bo'lgan ko'pgina zamonaviy elektr asboblari mavjud [7]. Bunday turdagi elektr iste'molchilar shakli sinusoidal tokdan ancha farq qiladigan tokni iste'mol qiladi. Bunday elektr iste'molchilar sanoat chastotali tok elektr energiyasining iste'molchilari bo'lib, bir vaqtning o'zida ancha yuqori chastotalarda elektr energiyasi hosil qiladi. Tarmoq elementlari bo'ylab nosinusoidal tokning oqishi ularda kuchlanishning pasayishini vujudga keltiradi, bu esa elektr tarmog'ining turli nuqtalarida kuchlanish egri chizig'ining sinusoidalligini buzilishiga sabab bo'ladi.

Kommunal-maishiy yuklamali elektr tarmoqlarida kuchlanish sinusoidalligi buzilishining aniqlash bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, buzilishlarning asosiy qismii kommunal-maishiy iste'molchilarning elektr energiya iste'molchilari hisoblanadi [2,6].

Buzilish toklarining o'tishi tufayli elektr tarmog'i tugunlaridagi kuchlanishning buzilishi berilgan tarmoq parametrlariga (liniya va transformatorlarning aktiv va induktiv qarshiliklari, qisqa tutashuv quvvati va h.k.) bog'liq bo'ladi. Real sharoitlarda tok va kuchlanish egri chiziqklarining shakli har doim "ideal"dan farq qiladi va elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlari bilan baholanadi.

Kommunal-maishiy elektr iste'molchilarni (turar joy va jamoat binolarini) ta'minlovchi zamonaviy qishloq elektr tarmoqlarida iste'mol qilish quyidagi elektr asboblari nohiziqli xarakterga ega.

- gaz razryadli chiroqlar;
- elektr yoyli va kontaktli payvandlash qurilmalari;
- o'z tarkibida o'zgaruvchan tokni o'zgartmas tokka o'zgartkichlarga ega bo'lgan asboblari;
- uzluksiz ta'minlash tizimlari;
- impulsli ta'minot manbalari;



- chastota o'zgartirgichlari;
- aylanish tezligi rostlanadigan dvigatellar va h.k.

1-jadval. Aholi soni va maishiy va xizmat ko'rsatish sohasida elektr energiyasining jon boshiga iste'moli

Table 1. Population and per capita consumption of electricity in the domestic and service sectors

Ko'rsatkichlar	2020 y.	2024 y.	2024 y. k 1990 y.,%	2024 y. k 2000 y., %
Aholi soni, ming kishi:	34560	36800	98,6	99,0
Shahar	17500	18900	97,3	99,7
Qishloq	17060	17900	98,5	97,2
Maishiy va xizmat ko'rsatish sohasida elektr energiyasining jon boshiga iste'moli, kVt-soat/kishi:	1405	1478	125,5	105,2
Maishiy iste'mol:	730	737	140,3	101,0
Shahar	773	784	140,6	101,4
Qishloq	614	610	139,7	99,3
Xizmatlar sohasi:	675	741	113,7	99,3
Shahar	797	868	112,2	103,8
Qishloq	345	390	125,6	113,0

Transformatorning magnitlanish toki ham o'zakning ferromagnit xossalari tufayli nosinusoidal bo'lib, 3, 5 va 7-garmonikalarni o'z ichiga oladi.

Shunday qilib, maishiy elektr asboblarning to'liq ro'yxatidan quyidagilarni nochiqliq elementlar sifatida ajratib ko'rsatish mumkin: shaxsiy kompyuterlar, televizorlar, DVD-pleerlar, videomagnitofonlar, impulsli ta'minlash bloklariga ega bo'lgan asboblarning sifatida audiotizimlar, drellar, kir yuvish mashinalari, aylanish tezligi rostlanadigan dvigatellarga ega bo'lgan asboblarning sifatida changyutgichlar; O'YUCH pechlar - chastota o'zgartirgichlariga ega bo'lgan asboblarning sifatida, energiyani tejaydigan chiroqlar - gaz razryadli yoritish asboblari va h.k.

Kommunal-maishiy foydalanish uchun mo'ljallangan nochiqliq elektr asboblarning taqdim etilgan ro'yxatidan ko'rinadiki, uy-joy va jamoat binolarini ta'minlovchi 0,38 kVli elektr tarmoqlarining umumiy yuklamasida nochiqliq yuklamali iste'molchilar tashkil qiladi.

Turar-joy binolarining elektr iste'moli axolining turmush darajasiga, elektr energiyasini ishlab chiqarish hajmiga, aholining moddiy farovonligiga, uying yashash maydoniga, aholining madaniy darajasiga, elektr energiyasi tariflariga va boshqa omillarga bog'liq. Turli-tuman mahalliy maishiy asboblarning ommaviy ravishda ishlab chiqarilishi va chet elda ishlab chiqarilgan asboblarning keltirilishi turar-joy binolarining keng elektrlashtirishga olib keldi.

Zamonaviy turar joy binolaridagi elektr iste'molchilarni ikkita asosiy guruhga ajratish mumkin: yoritish va maishiy elektr iste'molchilar.

Turar joy binolarini elektr bilan yoritish umumiy va mahalliy yoritishdagi maishiy yoritgichlar yordamida amalga oshiriladi. Odatda, turar joy binolari cho'lg'anma chiroqlar, 20-80 Vt quvvatli lyuminescent va xozirda energiya tejamkor chiroqlar bilan yoritiladi.

Maishiy elektr priborlarni funksional xarakteristikalariga qarab shartli ravishda quyidagi xarakterli guruxlarga bo'lish mumkin: xo'jalik elektr asboblari; oziq-ovqatlarga ishlov berish va ularni saqlash uchun mo'ljallangan elektr asboblari; ovqat tayyorlash uchun mo'ljallangan isitkich asboblari; madaniy-maishiy elektr asboblari; sanitariya-gigiyena asboblari; xonalarni konditsionerlash va isitish asboblari (markazlashmagan tizimlarda ishlatiladiganlari); suvni mahalliy elektr isitkichlari va boshqalar.

Xo'jalik asbob-uskunalari: kir yuvish mashinalari, quritkichlar, dazmollar, idish yuvish mashinalari, changyutkichlar, tikuv mashinalari, elektr zanjigalkalar, elektr kavsharlagichlar, parmalar va boshqalar.

Mahsulotlarga ishlov berish va ularni saqlash uchun mo'ljallangan jihozlar: muzlatkichlar, muzlatkichlar, universal oshxona mashinalari, qahva maydalagichlar, mikserlar va boshqalar.

Ovqat pishirish uchun ishlatiladigan isitish asboblari: elektr plitalar, frityurnitsalar, tosterlar, elektr choynaklar, kofe qaynatgichlar, O'YUCH pechlar.

Madaniy-maishiy jihozlar: televizorlar, shaxsiy kompyuterlar, audio tizimlar, DVD pleerlar, videomagnitofonlar, kinoproektorlar, radiopriyomniklar va boshqalar.

Sanitariya-gigiyena asboblari: ventilyatorlar, fenlar, havoni namlagichlar, sochlarni jingalash uchun qisqichlar, elektr ustalar, sochlarni olish mashinalari va boshqalar.

Konditsionerlar va isitish asboblari: iqlimni nazorat qilish tizimlari, elektr radiatorlar, suvni elektr



bilan isitish uchun asboblari va boshqalar.

3. Natijalar (Results)

Turli tashkilotlar tomonidan bir necha yil davomida o'tkazilgan tadqiqotlar va o'tkazilgan hisob-kitoblari ayrim elektr asboblari o'rnatilgan quvvatini o'rtacha baholash ma'lumotlarini keltirish imkonini beradi(2-jadval)[8].

2-jadval. Alohida turdagi maishiy elektr asboblari o'rnatilgan quvvatlari
Table 2. Installed capacities of individual types of household electrical appliances

№	Nomlanishi	O'rnatilgan quvvati, Vt
1	Yoritish asboblari	1800-3700
2	Televizorlar	120-140
3	Radio va boshqa apparaturalar	70-100
4	Sovutgichlar	165-300
5	Muzlatgichlar	140
6	Kir yuvish mashinalari: - suvni isitmasdan - suvni isitib	600 2000-2500
7	Elektr changyutgichlar	650- 1400
8	Elektr dazmollar	900- 1700
9	Elektr choynaklar	1850-2300
10	Elektr go'sht qiymalagichlar	1100
11	SHarbat siqichlar	200-300
12	Elektrofenlar	400- 1600
13	O'TK	900- 1300
14	Plita usti filtrlari	250
15	Ventilyatorlar	1000-2000

Turar joyga elektr iste'molchilarni tarmoqqa ulash ko'plab omillarga, jumladan, maishiy sharoitga, oilaning mehnat rejimiga, maishiy asboblarga to'yinganlik darajasiga, xonalarning tabiiy yoritilganlik darajasiga va boshqalarga bog'liq holda tasodifiy xarakterga ega bo'ladi. Hafta kuni va yil fasliga qarab uy-joylarning sutkalik yuklama grafiklari bir-biridan farq qiladi. Yuklama grafigining xarakteriga o'lchash o'tkazilgan vaqtdagi mavsum (qish yoki yoz) ta'sir qiladi, shuningdek turar-joy binosining xonadonlarida ovqat pishirish usuli ham sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Qishki yuklama grafiklari muhim hisoblanadi, chunki yilning bu faslida maishiy elektr iste'moli eng yuqori bo'ladi. Ovqat tayyorlash usuli nuqtayi nazaridan yuklama grafiklarini ikkita asosiy guruhga bo'lish mumkin: gaz plitalari bo'lgan uylar uchun va elektr plitalari bo'lgan uylar uchun grafiklar.

Yuklamaning sutkalik grafigining shakli va uning tavsifi, shuningdek, yuklamaning maksimumi keng doirada o'zgaradi. Shuning uchun tekshirishlar uchun o'rtacha yarim soatlik yuklama grafiklari bo'yicha olingan yuklamalarning o'rtacha tipik grafiklari quriladi.

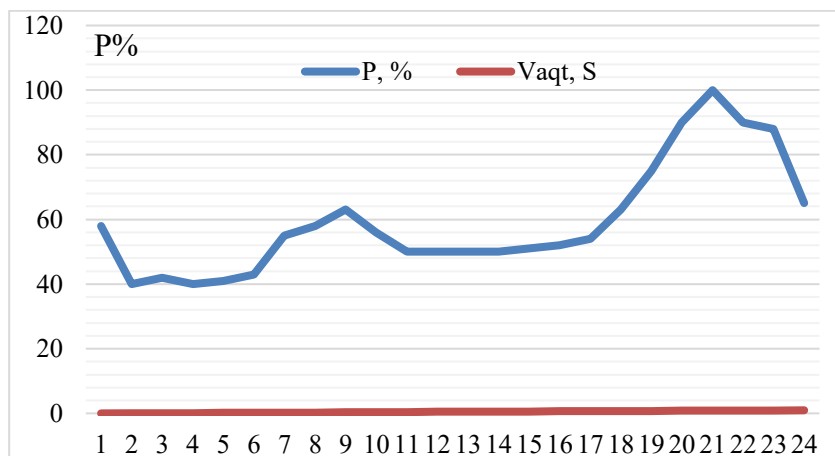
1-rasmga gaz plitalari bo'lgan turar-joy binolarining yuklama grafigi keltirilgan bo'lib, unda maksimal va minimal yuklamalarning davomiyligi va vaqtini ajratish mumkin.

Figure 1 shows the load graph of residential buildings with gas stoves, in which the duration and time of maximum and minimum

Jamoat binolari iste'molchilariga ma'muriy va kommunal-maishiy binolardagi elektr energiyasi iste'molchilari kiradi. Bularga do'konlar, sataroshxonalar, kafelar, restoranlar, klublar, madaniyat uylari, tashkilotlarning ma'muriy binolari, shifoxonalar, sport zallari, maktablar va boshqalar kiradi.

Jamoat iste'molchilarining sutkalik yuklama grafiklari, iste'mol qilinadigan quvvat qiymatlari va elektr iste'molchilarining tarkibi ham bir-biridan farq qiladi. Shunga qaramay, bu iste'molchilarni tavsiflovchi asosiy parametrlarni umumlashtirish mumkin:

1. Jamoat binolari iste'molchilarining aksariyati meyorlashtirilgan sakkiz soatlik ish kuniga ega.
2. Jamoat iste'molchilari yuklamaning sutka davomida o'zgaruvchan grafikka ega.
3. Jamoat elektr iste'molchilarini ikki guruhga ajratish mumkin: yoritish elektr asboblari va kuch elektr asboblari.

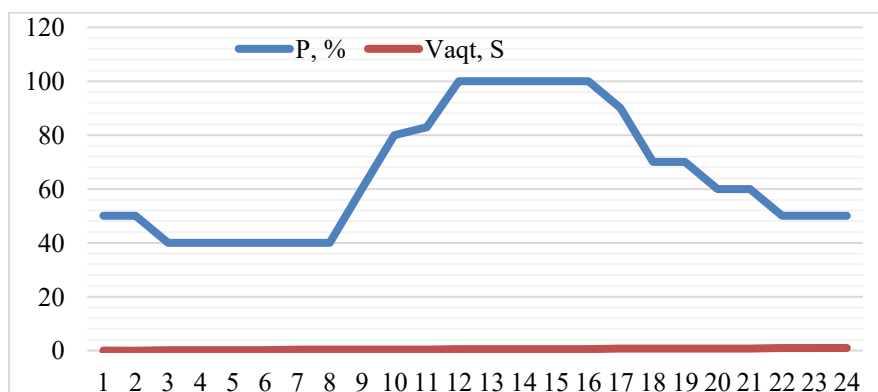


1-rasm. Turar-joy binosining o'rtacha kunlik yuklama grafigi

Fig.1. Average daily load graph of a residential building

Jamoat iste'molchilarining yoritish elektr priborlari, asosan, umumiy yoritish yoritgichlari va quvvati 20-120 Vt bo'lgan lyuminessent va energiya tejamkor chiroqlar bilan jihozlanadi. Elektr asboblarning tarkibi: kompyuterlar, kserokslar, printerlar, skanerlar, fakslar, tarmoq serverlari va h.k. bo'lishi mumkin.

2-rasmda jamoat iste'molchilarining kunlik elektr yuklama grafigi keltirilgan.



2-rasm. Jamoat iste'molchilarining kunlik yuklama grafigi

Fig.2. Shows the daily electricity load graph of public consumers

Aytib o'tish kerakki, yuqorida keltirilgan barcha elektr asboblarning elektr iste'moli nochoziqli xarakterga ega. Nochoziqli elektr iste'molchilar tok va kuchlanishning yuqori garmonik tashkil etuvchilarini hosil qiladi va ular salbiy oqibatlariga olib keladi.

Tok va kuchlanishning yuqori garmonik tashkil etuvchilari elektr tarmoqlarining elektr uskunalari, ularning himoya va avtomatika tizimlari, telekommunikatsiya aloqa va boshqaruv tizimlariga salbiy ko'rsatadi. Bular transformatorlar va elektr mashinalarida qo'shimcha yo'qotishlar. Nosinusoidal toklar qo'shimcha yo'qotishlarning ko'payishi natijasida transformator va elektr mashinalarining ishdan chiqishiga sabab bo'lishi mumkin [9, 10].

Transformatorlar chulg'amlari yuza effekti va yaqinlik effekti tufayli nosinusoidal toklarga nisbatan yuqori aktiv qarshilikka ega bo'ladi, bu esa transformator chulg'amlarining qo'shimcha qizishiga sabab bo'ladi. Bu transformatorning xizmat muddatini qisqartirish sabablaridan biridir. Yuqori garmonikali tok bo'lganda transformatorning o'tkazish qobiliyati pasayadi. Bundan tashqari, tokning yuqori chastotali garmonikalari transformator chulg'amlari va po'latlarida uyurmaviy toklarning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi, bu esa transformatorning qo'shimcha quvvat yo'qotishiga va qizib ketishiga sabab bo'ladi. Nochoziqli xarakterga ega bo'lgan yuklamalar uchun uyurma toklarga ketadigan isroflar umumiy isroflarning taxminan 5% ini tashkil qiladi (nochoziqli yuklamada esa - ba'zan 15-20 marta ortadi).

Elektr mashinalarida yuqori garmonikalar hosil qiladigan aylanuvchi magnit maydonlarining tezligi rotorning aylanish tezligidan katta farq qilganligi sababli rotorning dempfer chulg'amlarida va elektr mashinasining magnit o'tkazgichida qo'shimcha isroflar yuzaga keladi.

Elektr uzatish liniyalarida tok garmonikalari elektr energiyasi va kuchlanishning qo'shimcha isroflariga olib keladi. Bundan tashqari, kuchlanish garmonikalari uning amplitudasini oshirishi mumkin, bu tojlanish isroflarini ko'payishiga olib keladi.



Kabel va havo liniyalarining nolinchisi ishchi o'tkazgichlarida toklarni oshishi tufayli uch karrali garmonikalar $p = 3(2 \cdot k + 1)$ hosil bo'ladi, bu yerda $k = 0, 1, 2, \dots$ [11]. Bu toklar uch fazali zanjirlarda faza bo'yicha ustma-ust tushadi va nolinchisi ketma-ketlikni hosil qiladi. Natijada neytralidagi umumiy tok teng bo'ladi:

$$I_N = 3 \cdot \sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2 + \dots} \quad (1)$$

Buning natijasida nolinchisi ishchi o'tkazgichlardagi toklar faza o'tkazgichlarining toklaridan ancha ortiq bo'lganda, kabel va havo liniyalarining nolinchisi ishchi o'tkazgichlarining qizib ketishi va yemirilishi ro'y beradi [10]. Shuning uchun kuchlanishi 1 kV gacha bo'lgan elektr tarmoqlari uchun nolinchisi ishchi o'tkazgich avtomatik viklyuchatellar yoki predokranitellar bilan himoyalangan bo'lishi kerak.

Elektr tarmoqlaridan foydalanish jarayonida toklarning fazalar bo'yicha yo'l qo'yiladigan nosimmetriyasi 10% dan oshmasligi kerak [12]. Shuning uchun o'tkazgichlarni kesimini tanlashda, sim va kabellarni qizdirish sharoitiga ko'ra, uzoq vaqt davomida yo'l qo'yiladigan toklarni aniqlashda, uch fazali to'rt simli tok sistemasining nolinchisi ishchi o'tkazgichi, yerga ulash va nolinchisi himoya o'tkazgichlar hisobga olinmaydi [13]. Buning sababi, bu o'tkazgichlardagi tok faqat chiziqli elektr iste'molsilar mavjud bo'lganda faza o'tkazgichlaridagi toklardan ancha kam bo'ladi.

Elektr tarmoqlarida ishlaladigan kondensator batareyalari yuklamaning reaktiv quvvatini kompensasiyalash, ya'ni elektr qurilmaning quvvat koeffitsiyentini oshirish uchun mo'ljallangan [14]. Lekin sinusoidal bo'lmagan toklarda kondensatorlar batareyalari bir vaqtning o'zida noxiziqli elektr iste'molchilar hosil qiladigan garmonikalarni yutadigan elementlar bo'lib xizmat qiladi, chunki kondensatorning qarshiligi chastotaga teskari proporsional, ya'ni:

$$x_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot f \cdot C} \quad (2)$$

Ulardagi quvvat isroflari esa kuchlanish va chastotaga proporsional:

$$\Delta P = U^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \tan \delta, \quad (3)$$

bu yerda f_0 - asosiy chastota, Gs; p - garmonika tartibi; S - kondensatorlarning sig'imi; $\tan \delta$ - vaqtga bog'liq bo'lgan dielektrik isroflar koeffitsiyenti.

Tarmoq elementlarining qarshiliklari induktiv xarakterga ega bo'lganligi sababli, reaktiv quvvatni kompensasiya qilish qurilmalarining qo'llanilishi va noxiziqli elektr iste'molchilarning mavjudligi elektr tarmog'ining alohida elementlarida rezonans hodisalari (tok va kuchlanish bo'yicha) uchun sharoit yaratadi. Bu hol tarmoqning ayrim elementlarining ish qobiliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi, hatto ular katta tok va o'ta kuchlanishlar ta'sirida ishdan chiqishi ham mumkin. Ma'lumki, kondensatorlardagi yuqori garmonikalarni hisobga olgan holda ruxsat etiladigan kuchlanishlar nominal kuchlanishning 10 foizidan, tok bo'yicha ortiqcha yuklamalar esa nominal tokning 30 foizidan oshmasligi kerak [14].

Yuqoridagilardan tashqari izolyatsiyaning eskirishiga olib keladigan issiqlik va elektr jarayonlarining kuchayishi tufayli elektr uskunalarning xizmat qilish muddatining qisqarishi sodir bo'ladi. Ish haroratida izolyatsion materiallarda kimyoviy jarayonlar sodir bo'ladi, bu esa ularning izolyatsion va mexanik xossalari asta-sekin o'zgarishiga olib keladi. Haroratning ko'tarilishi bilan bu jarayonlar tezlashadi, asbob-uskunalarining xizmat qilish muddati qisqaradi. Elektr mashinalarda nolinchisi ketma-ketlikdagi toklar po'latning qo'shimcha magnitlanishini vujudga keltiradi, bu esa ularning xarakteristikalarining yomonlashuviga va o'zaklarning (asinxron dvigatellarning statorlari, transformatorlarning magnit o'tkazgichlari) qo'shimcha qizishiga olib keladi.

Shu bilan birga himoya qurilmalari ichki elementlarining qo'shimcha qizishi natijasida saqlagichlar va avtomatik o'chirgichlarning noto'g'ri ishlashiga olib keladi [11,14]. Bu jarayon sinusoidal toklarning o'tishi va, binobarin, sirt effektining va yaqinlik effektining ta'siri bilan bog'liq bo'ladi. Yuqori garmonikalar himoya qurilmalarining ishini buzishi yoki ularning xarakteristikalarini yomonlashtirishi mumkin. Avariya rejimlarida garmonikalar rele himoyasi (RX) ning bir qator turlariga, xususan, qarshilik relesiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Qarshiliklarni asosiy chastotada o'lchashga asoslangan bunday rele, tokda yuqori garmonikalar (ayniqsa, 3-tartibli) mavjud bo'lganda katta xatoliklar berishi mumkin.

4. Muhokama (Discussion)

Garmonikalarning katta miqdori qisqa tutashuv(QT) toki yer orqali oqayotgan hollarda kuzatiladi. Agar garmonikalar filtrlanmasa, noto'g'ri ishlash ehtimoli juda katta bo'ladi [14]. Metall QT sodir bo'lganda, tok va kuchlanishda asosiy chastota ustunlik qiladi. Biroq, QT toklarining yuqori qiymatlari tufayli o'lchov tok transformatorlarining(TT) to'yinishi sodir bo'ladi. Bu hodisa natijasida TT ikkilamchi chulg'am tokining egri chizig'i (ayniqsa, QT tokidagi aperiodik tashkil etuvchi hisobiga) buzilib ketishi mumkin, bu esa RH ning noto'g'ri ishlab ketishiga olib keladi. O'tish jarayonlarida(masalan, kuch transformatorlari salt ishlaganda) katta aperiodik tashkil etuvchiga ega bo'lgan tok qo'shilganda ham xuddi shunday vaziyat yuzaga kelishi mumkin.

Amaliyotda kompyuter uskunalarning ta'minlash liniyalarini himoya qiluvchi avtomatik



o'chirgichlarning (avtomatik o'chirgichning issiqlik ajratgichida yuklama 80-85% bo'lganda) noto'g'ri ishga tushish holatlari uchragan [11].

Elektr dvigatellarning ta'minlash kuchlanishida yuqori garmonikalarning mavjudligi magnit oqimida yuqori garmonikalarning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi, ular o'z navbatida EYUK garmonikalarini keltirib chiqaradi va buning natijasida rotor chulg'amlarida tokning yuqori garmonikalari paydo bo'ladi. Bu garmonikalar asosiy magnit oqimi bilan o'zaro ta'sirlashib, elektr mashina validagi qo'shimcha mexanik momentlarni hosil qiladi. Natijada dvigatel validagi aylantiruvchi momentning garmonik pulsasiyalari hosil bo'ladi. Ekstremal holatlarda aylanayotgan rotor massasining rezonans chastotasida tebranish paydo bo'lishi mumkin, bu metallning charchashiga va elektr dvigatel rotori valining ishdan chiqishiga olib keladi.

Ta'minlovchi tarmoq kuchlanishi sinusoidalligining buzilishi [11,12,14] tarmoqning ichki qarshiligidagi kuchlanish tushishini oshiradi:

$$u_{yuk}(t) = u_{tarmoq}(t) - i(t) \cdot Z_{tarmoq}, \quad (4)$$

bu yerda $u_{yuk}(t)$ -yuklamalar tugunidagi kuchlanishning deformasiyalangan sinusoidasi; $u_{tarmoq}(t)$ - ta'minlash tarmog'ining sinusoidal kuchlanishi; $i(t)$ - iste'mol qilingan impuls toki; Z_{tarmoq} - umumiy holda garmonika raqamiga bog'liq bo'lgan iste'molchining ulanish nuqtasidagi tarmoqning to'liq qarshiligi.

Sinusoidani buzilishi ta'minot manbaiga ta'sir etib, to'g'rilangan kuchlanish darajasini pasaytiradi, ta'minot manbai elementlarida issiqlik ajralishini oshiradi va kuchlanishning qisqa vaqtga pasayishiga chidamliligini pasaytiradi.

Ta'minlovchi tarmoq kuchlanishi sinusoidasi shaklining deformasiyasi kirish kuchlanishining amplitudasi qiymatining pasayishiga olib keladi, buning natijasida to'g'rilagich kondensatoridagi kuchlanish kamayadi.

Shunday qilib, kirish kuchlanishining 10% ga pasayishi tokning 11% ga, issiqlik yo'qotishlarining esa 23% ga oshishiga va ta'minot manbai elementlarida issiqlik ajralishining ortishiga olib keladi [11].

Kondensator katta sig'imga ega bo'lishiga qaramay, unda to'planadigan energiya dastlab zaryadlangan kuchlanishga (U) ham bog'liq bo'ladi :

$$U = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{C}}; \quad (6)$$

bu yerda W , C – kondensatorning energiyasi i sig'imi.

Ta'minlovchi kuchlanish egriligi chizig'ining sinusoidal shaklida kondensator ta'minlovchi kuchlanishning "yassi" shaklida zaryadlanishi mumkin bo'lganidan kattaroq kuchlanishgacha zaryadlanishi mumkin. Bunday holda kondensatorida to'plangan energiya ta'minlovchi kuchlanish qisqa vaqt ishlamay qolganda yoki yo'qolganda, o'zgaras tok zanjirlarining normal ishlashini saqlab turish uchun yetarli bo'lmaydi.

Kuch kabellaridan yuqori chastotali tok garmonikalari o'tishi natijasida telekommunikasiya kabellariga xalaqit berilishi va axborot signali buzilishi mumkin. Buzilish intensivligi tokning yuqori garmonikalari chastotasiga, tarmoqlarning parallel uchastkalari uzunligiga va ular orasidagi masofaga bog'liq. To'g'ri va teskari ketma-ketlikdagi yuqori garmonikalarning magnit maydonlari bir-birini qisman kompensasiyalaydi, shuning uchun telekommunikasiyalarga uchga karrali garmonikalar eng katta ta'sir ko'rsatadi. Garmonika tartibi qanchalik yuqori bo'lsa, telekommunikasiya kabellarida ular keltirib chiqaradigan xalaqitlar darajasi shunchalik yuqori bo'ladi.

Kuchlanish va tok nosinusoidalligi elektr energiyasini o'lchash tizimiga va quvvat koeffitsiyentiga ta'sir etadi [9,11,15]. Hozirgi vaqtda YevroAlfa, Alfa, SET kabi aksariyat elektr hisoblagichlar mikroprotessorlar bazasida ishlab chiqarilgan. Vazifasiga ko'ra ularning asosiy vazifasi asosiy chastotali elektr energiyasini o'lchash hisoblanadi. Umumiy holda tarmoqdagi quvvat ifodasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$P_{\Sigma} = U_{PT} \cdot I_{PT} + U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1 + U_G \cdot I_G \cdot \cos\varphi_G = P_{PT} + P_1 + P_G; \quad (7)$$

bu yerda U_{PT} , I_{PT} , P_{PT} – mos ravishda, kuchlanish, tok va quvvatning o'zgaras tashkil etuvchilari; U_1 , I_1 , P_1 - mos ravishda, kuchlanish, tok va quvvatning asosiy tashkil etuvchilari; U_G , I_G , P_G - mos ravishda, kuchlanish, tok va quvvatning garmonik tashkil etuvchilari.

Ifodadan ko'rinadiki, elektr tarmoqlarda yuqori garmonikalarning paydo bo'lishi o'lchash xatoligining ortishiga olib keladi

5. Xulosa (Conclusion)

1. Yuqorida sanab o'tilgan salbiy ta'sirlardan tashqari, yuqori garmonikalar ham quvvat koeffitsiyentiga salbiy ta'sir ko'rsatib, odatda 0,8-1,0 oralig'ida ushlab turishga harakat qilinadi.

2. Tok va kuchlanishlarning yuqori garmonikalarini mavjudligi elektr tarmoqlarida mavjud bo'lgan aksariyat elementlarning ishlash qobiliyatini yomonlashtiradi, bu esa tok va kuchlanishlarning



yuqori garmonikalar darajasini ruxsat etilgan darajaga tushirish uchun texnik va tashkiliy chora-tadbirlarni qo'llashni talab etadi.

ADABIYOT

1. Аллаев К. Р. Современная энергетика и перспективы ее развития // Под общей редакцией академика Салимова А.У. "Фан ва технологиялар нашриёт-матбаа уйи. –Т.: – 2021. 301-6.
2. Анализ показателей надежности и технического состояния объектов распределительных сетей за 2015-2020 г.г. —Т.: АО "Худудий электр тармоқлари", 2021. – 178 с.
3. СТРАТЕГИЯ развития распределительных электрических сетей в Республике Узбекистан до 2025 год. АО «Региональные электрические сети».
4. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. М.: Норматика, 2016. - 464с.
5. Таслимов А.Д., Моъминов В.У. Отценка влияния несинусоидальности напряжения и тока на качество функционирования электрических сетей. Международная научно-техническая конференция. Актуальные проблемы систем электроснабжения// Сборник трудов. -Нукус. КГУ им. Бердаха, 2024. С.144-148.
6. Обобщение опыта эксплуатации сельских воздушных линий 0,38-10кВ с изолированными и неизолированными проводами.-Т.: АО "Худудий электр тармоқлари", 2022.
7. Таранов М.М. Отценка влияния сельских коммунально-бытовых потребителей на искажение синусоидальности кривых напряжения и тока и появление дополнительных потерь в сети электроснабжения [Текст] / М.М. Таранов // Вестник МГАУ им. Горячкина. -2008. №4. - С. 24-29.
8. Харченко В.Н. Электроустановки индивидуальных жилых домов [Текст]: справ. / В.Н. Харченко. - М.: ЗАО «Энергосервис», 2004.- 496 с.
9. Аррилага Дж. Гармоники в электрических системах [Текст]: пер. с англ. / Дж. Аррилага, Д. Бредли. - М.: Энергоатомиздат, 1990.-320 с.
10. Нейман, Л.Р. Теоретические основы электротехники [Текст] /Л.Р. Нейман, К.С. Демирчан. — М.: Изд-во Энергия, 1966. - 407 с.
11. Григорьев О. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ [Текст] /О. Григорьев // Новости электротехники. - 2002. - №6(18).
12. IEEE Std 519-1992 IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, 1992.
13. Суднова В.В. Отценка влияния электроприемников потребителя на качество электрической энергии в точке общего присоединения [Текст] / В.В. Суднова, Е.В. Чикина // Промышленная энергетика. - 2003.-№5.-С. 43-45.
14. Аррилага Дж. Гармоники в электрических системах [Текст]: пер. с англ. / Дж. Аррилага, Д. Бредли. - М.: Энергоатомиздат, 2010.-320 с.
15. ГОСТ П 52323-2005 (МЭК 62053-22: 2003). Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требований. Часть 22. Статические счетчики активной энергии классов точности 0,2С и 0,5С [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 2005. - 19 с.

REFERENCES

1. Allaev K. R. Modern energy and prospects for its development ed. Salimov A.U. "Science and Technology Publishing House. - T.: - 2021. p. 301.
2. Analysis of the reliability and technical condition of distribution network facilities for 2015-2020— T.: JSC "Local Power Grids", 2021. - 178 p.
3. STRATEGIC development of electrical distribution networks in the Republic of Uzbekistan until 2025. Housing cooperative "REGIONAL ELECTRIC NETWORKS".
4. Rules for electrical installations. All current sections of PUE-6 and PUE-7. -M.: Normatika, 2016. - 464 p.
5. Taslimov A.D., Mominov V.U. Rating of non-sinusoidal voltage and voltage and current and quality of functioning of electric networks. International technical conference. Actual problems of the electrical supply system// Sbornik trudov. -Nukus. KGU im. Berdakh, 2024. P.144-148.
6. Generalization of experience in operating rural overhead lines 0.38-10 kV with insulated and non-insulated wires. - T.: JSC "Territorial electric networks", 2022.
7. Taranov, M.M. Assessment of the influence of rural municipal consumers on the distortion of the sinusoidality of voltage and current curves and the appearance of additional losses in the power supply network [Text] / M.M. Taranov // Bulletin of MSAU named after. Goryachkina. -2008. No. 4. - pp. 24-29.
8. Kharchenko V.N. Electrical installations of individual residential buildings [Text]: reference



- book. / V.N. Kharchenko. - M.: Energoservice CJSC, 2004. - 496 p.
9. Arrillaga J. Harmonics in electrical systems [Text]: trans. from English / J. Arrillaga, D. Bradley. - M.: Energoatomizdat, 1990.-320 p.
10. Neumann L.R. Theoretical foundations of electrical engineering [Text] / L.R. Neumann, K.S. Demirchan. - M.: Publishing house Energia, 1966. - 407 p.
11. Grigoriev O. Higher harmonics in 0.4 kV power supply networks [Text] / O. Grigoriev // Electrical engineering news. - 2002. - No. 6(18).
12. IEEE Std 519-1992 IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, 1992.
13. Sudnova V.V. Assessment of the influence of consumer power receivers on the quality of electrical energy at the point of common connection [Text] / V.V. Sudnova, E.V. Chikina // Industrial energy. - 2003. -№5. -S. 43-45.
14. Arrilaga Dj. Harmoniki v elektricheskikh sistemax [Text]: per. English / Dj. Arrilaga, D. Bradley. - M.: Energoatomizdat, 2010.-320 s.
15. GOST P 52323-2005 (IEC 62053-22:2003). Equipment for measuring alternating current electrical energy. Private requirements. Part 22. Static active energy meters of accuracy classes 0.2S and 0.5S [Text]. - M.: Publishing house of standards, 2005. - 19 p.