



Nosimmetriya rejimini qishloq tarmoqlarining asosiy tasniflariga bog'liqligi

Abdulxay N. Rasulov¹, Baxtiyor M. Husanov^{1,a)}

¹ t.f.n, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston;
abdulxayrasulov7@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2232-6266>

^{1,a)} PhD, katta.o'qit., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston;
husanovbaxtiyor7@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6569-8313>

Dolzarbli: so'nggi yillarda qishloq hududlarida elektr ta'minotini barqarorlashtirish masalasi alohida dolzarblik kasb etmoqda. Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishining mavsumiyliigi, aholi iste'molining notekisligi va past kuchlanishli tarmoqlarda ko'p sonli bir fazali yuklamalar oqibatida elektr energiyasining nosimmetriya rejimi keskin namoyon bo'lmoqda. Nosimmetriya elektr energiyasi sifati ko'rsatkichlarini yomonlashtiribgina qolmay, balki transformatorlarning qizishi, elektr uskunalarning ortiqcha yuklanishi va xizmat muddati qisqarishiga olib keladi. Qishloq elektr tarmoqlarining kuchlanish darajasi, sxematik tuzilishi, yuklama turi va liniya uzunligi kabi asosiy tasnif xususiyatlari bevosita nosimmetriya rejimining paydo bo'lishi va rivojlanishiga ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli qishloq hududlarini barqaror elektr energiyasi bilan ta'minlash, mavjud quvvatlarni samarali taqsimlash hamda iste'molchilarga yuqori sifatli elektr energiyasini yetkazib berish uchun nosimmetriya jarayonlarini chuqur o'rganish va tarmoq tasniflari bilan bog'liq holda tahlil qilish bugungi kunda muhim ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Bunday sharoitda tarmoq nosimmetriyasining manbalarini aniqlash, uning oqibatlarini baholash va uni kamaytirish bo'yicha takliflar ishlab chiqish qishloq elektr ta'minoti tizimining ishonchligini oshirish, energiya sifatini yaxshilash va yo'qotishlarni kamaytirishda dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Maqsad: qishloq elektr ta'minoti tizimlarida uchraydigan nosimmetriya rejimini shakllanish sabablari va uning oqibatlarini qishloq tarmoqlarining asosiy tasniflari (kuchlanish darajasi, topologiyasi, yuklama turi va liniya uzunligi) bilan bog'liq holda tahlil qilish hamda iste'molchilarga yetkazib berilayotgan elektr energiyasi sifatini yaxshilash uchun samarali texnik va tashkiliy choralarni asoslash.

Usullari: turli tasnifdagi tarmoqlarda nosimmetriya darajasini solishtirishning qiyosiy tahlil usullaridan foydalaniladi.

Natijalar: qishloq elektr tarmoqlarida 0,38 kV kuchlanish darajasida yuklama nosimmetriyasi ehtimolini aniqlashda ko'plab egri chiziqlardan foydalanish o'rniga ularni ikki asosiy guruhga ajratish maqsadga muvofiq ekani aniqlandi. Tahlil natijalariga ko'ra, yuklama nosimmetriyasini hisoblash jarayonini soddalashtirish va aniqligini ta'minlash uchun ikki xos egri chiziqdan foydalanish bo'yicha tegishli tavsiyalar beriladi.

Kalit so'zlar: nosimmetriya rejimi, qishloq elektr tarmoqlari, yuklama nosimmetriyasi, 0,38 kV tarmoq, uch fazali tizim

Зависимость режима несимметрии от основных характеристик классификации сельских сетей

Абдулхай Н. Расулов¹, Бахтиёр М. Хусанов^{1,a)}

¹ к.т.н, проф., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан;
abdulxayrasulov7@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2232-6266>

^{1,a)} PhD, ст.преп., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан;
husanovbaxtiyor7@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6569-8313>

For citation: A.N. Rasulov, B.M Husanov. The dependence of the asymmetry regime on the key features of rural networks classification. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 4, pp. 154-159.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18525990>

Received: 03.04.2025
 Revised: 17.04.2025
 Accepted: 09.07.2025
 Published: 27.12.2025

Copyright: © Abdulxay N. Rasulov, Baxtiyor M. Husanov, 2025. 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/>).

Актуальность: в последние годы проблема стабилизации электроснабжения сельских районов приобретает особую актуальность. Сезонность сельскохозяйственного производства, неравномерность потребления электроэнергии населением, а также преобладание однофазных нагрузок в низковольтных сетях приводят к увеличенному проявлению несимметричных режимов работы электрических сетей. Несимметрия не только ухудшает показатели качества электроэнергии, но и вызывает перегрев трансформаторов, дополнительные потери в электрических установках и сокращение срока их службы. Основные классификационные характеристики сельских электрических сетей — уровень напряжения, схемная структура, тип нагрузки и длина линии — напрямую влияют на возникновение и развитие несимметричных режимов. Поэтому для обеспечения сельских районов стабильным электроснабжением, эффективного распределения имеющихся мощностей и доставки потребителям электроэнергии высокого качества необходимо глубокое изучение процессов несимметрии и их анализ в зависимости от классификационных признаков сетей. В таких условиях выявление источников несимметрии, оценка её последствий и разработка предложений по её снижению имеют важное научно-практическое значение для повышения надёжности сельских систем электроснабжения, улучшения качества электроэнергии и снижения потерь.

Цель: проанализировать причины возникновения и последствия несимметричных режимов, встречающихся в сельских системах электроснабжения, в зависимости от их основных классификационных признаков (уровень напряжения, топология, тип нагрузки и длина линии), а также обосновать эффективные технические и организационные меры, направленные на повышение качества электроэнергии, поставляемой потребителям.

Методы: применяются сравнительные методы анализа для сопоставления степени несимметрии в сетях различных классификаций.



Результаты: при определении вероятности несимметрии в сельских электрических сетях напряжением 0,38 кВ установлено, что вместо использования большого количества веягностных кривых целесообразно разделить их на две группы. Даны рекомендации по упрощению процесса расчёта несимметрии нагрузки и обеспечению его точности за счёт применения двух характерных кривых.

Ключевые слова: несимметричный режим, сельские электрические сети, несимметрия нагрузки, сеть 0,38 кВ, трёхфазная система.

The dependence of the asymmetry regime on the key features of rural networks classification

Abdulxay N. Rasulov^{1,a)}, Baxtiyor M. Husanov^{1,a)}

¹ PhD, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan;
abdulxayrasulov7@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2232-6266>

^{1,a)} PhD., head teacher, Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan;
husanovbaxtiyor7@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6569-8313>

Relevance: in recent years, the issue of stabilizing electricity supply in rural areas has become particularly important. Due to the seasonal nature of agricultural production, uneven household consumption, and the predominance of single-phase loads in low-voltage networks, unbalanced operating modes of electrical energy have become increasingly evident. Voltage unbalance not only deteriorates the quality indicators of electric power but also leads to transformer overheating, increased losses in electrical equipment, and a reduction in service life. The main classification features of rural power networks—such as voltage level, schematic configuration, type of load, and line length—directly influence the occurrence and development of unbalanced operating conditions. Therefore, in order to ensure a stable electricity supply to rural areas, effectively distribute existing capacities, and deliver high-quality electrical energy to consumers, it is essential to conduct an in-depth study of unbalance processes and analyze them in relation to the network classifications. In such conditions, identifying the sources of unbalance, assessing its consequences, and developing recommendations to mitigate it are of great scientific and practical importance for improving the reliability of rural power supply systems, enhancing power quality, and reducing energy losses.

Aim: to analyze the causes and consequences of unbalanced operating modes occurring in rural power supply systems in relation to their main classifications (voltage level, topology, load type, and line length) and to substantiate effective technical and organizational measures aimed at improving the quality of electrical energy supplied to consumers.

Methods: comparative analysis methods are used to assess and compare the degree of unbalance in networks of different classifications.

Results: in the analysis of load unbalance probability in rural power networks with a voltage level of 0.38 kV, it was determined that instead of using multiple characteristic curves, it is advisable to divide them into two main groups. Based on the analysis results, recommendations are provided for simplifying and improving the accuracy of load unbalance calculations by using two representative characteristic curves.

Keywords: unbalanced operating mode, rural power networks, load unbalance, 0.38 kV network, three-phase system.

1. Kirish (Introduction)

Nosimmetriyalı yuklangan uch fazali to'rt o'tkazgichli tarmoqda kuchlanish yo'qotilishining yuqoriligini asosiy sabablaridan biri nol ketma-ketlik tokini nol ketma-ketlik qarshiligiga ko'paytmasiga teng nol ketma-ketlikda kuchlanish pasayishi yuzaga kelishi hisoblanadi. Teskari ketma-ketlik kuchlanishining pasayishi ma'lum darajada ahamiyatga ega, ammo tarmoqning kuchlanish rejimiga uning ta'sirini nol ketma-ketlikning ta'siri bilan taqqoslaganda kamroq bo'ladi va ko'pincha uni hisobga olmaslik mumkin. Tarmoqning simmetrik va nosimmetrik rejimi kuchlanish yo'qotilishi orasidagi farqni kamaytirish uchun birinchi navbatda nol ketma-ketlik yuzaga keltirgan kuchlanish pasayishini minimumga keltirish kerak. Modomiki nol ketma-ketlik toklari nol va faza o'tkazgichlaridan oqar ekan, ular qarshiliklarini kamaytirish nol ketma-ketlikda kuchlanish pasayishini kamaytirishga olib keladi. Shunday qilib, to'rt o'tkazgichli tarmoqlarda kuchlanish nosimmetriyasini kamaytirishga nol o'tkazgichda tokni va nol ketma-ketlik qarshiligini kamaytirish bilan erishish mumkin. Nol ketma-ketlikda tokni kamaytirish uchun bir fazali elektr qabul qiluvchilarni mumkin qadar fazalar bo'yicha simmetrik taqsimlash va katta quvvatli bir fazali iste'molchilarni liniya kuchlanishiga ulash kerak [1;5].

2. Usullar va materiallar (Methods and materials)

Tarmoqning nol ketma-ketlik qarshiligi transformator va liniyaning nol ketma-ketligi qarshiliklari yig'indisidan aniqlanadi. Nol ketma-ketlikligi qarshiligini kamaytirishga: transformator chulg'amini shunday kichik qarshilikka ega nol ketma-ketligini ulanish sxemasini tanlash bilan; liniyaning faza va nol o'tkazgichlarini katta kesim yuzalıklariga o'tkazish bilan; maxsus qurilmalarni ishlatish bilan erishiladi.

Y/Y₀ sxemali transformatorlarda nol ketma-ketligi qarshiligi nisbatan katta bo'ladi. Chunki nol ketma-ketlik toki yuzaga keltirgan magnit maydoni barcha uchta fazalarda transformator yarmosi ichida tutashishi mumkin bo'lmaydi va o'zi uchun bak orqali yo'l topadi. Odatda transformatorlarning nominal

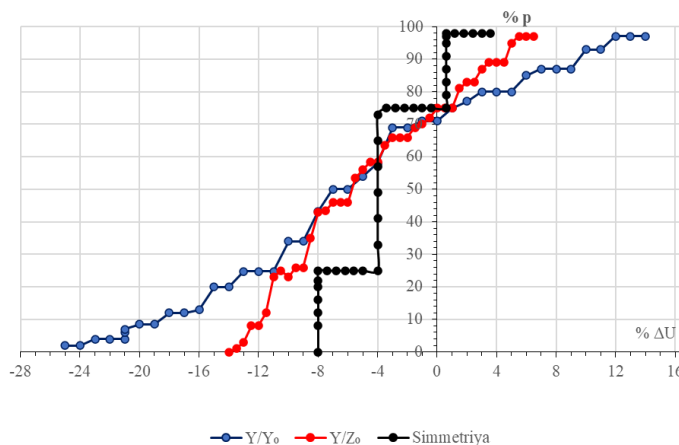
quvvatiga keltirilgan bu qarshilik, transformatorning qisqa tutashuv qarshiligidan bir necha barobar yuqori bo'ladi. Natijada yuklamani kichik nosimmetriyasida ham kattagina faza kuchlanishi nosimmetriyasini yuzaga keltiradi[2].

Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki bunday transformatorlarda nosimmetriya rejimida kuchlanish yo'qotilishi simmetrik rejimdagi 4% o'rniga 15-20% gacha yetishi mumkin. Y/Y_0 sxemali transformatorlarni nosimmetriyali yuklamaga yuqori sezgirliigi sababli, ularni tarmoqlarning sezilarli nosimmetriyasida ishlatish maqsadga muvofiq emas. Mazkur holatda nosimmetriyali yuklamalarga sezgirliigi kichik chulg'amlari Y/Z_0 ulangan transformatorlarni qo'llash afzal bo'ladi. Ikkilamchi chulg'amning nol ketma-ketlik tokining qarshiligi umumiy o'zakda yarim chulg'amlar yuzaga keltirgan oqim tarqalishiga mutanosib bo'ladi. Chulg'amlarni konstruktiv to'g'ri bajarilishidan ushbu oqim tarqalishi anchaga kamayishi mumkin va nol ketma ketlik qarshiligi asosiy chulg'amlarni aktiv qarshiligidan aniqlanadi. Transformatorlardagi kuchlanish yo'qotilishi 5% darajasida Y/Y_0 li sxemada 13,5% ga, ushbu vaqtda nol darajada va Y/Z_0 sxemada ushbu yo'qotish 2,5% dan oshmaydi.

Natijada tarmoq, transformator va liniya bilan birgalikda ko'rib chiqilganda ushbu isrof anchaga pasayadi. Bunda liniyaning nol-ketma ketlik qarshiligi ta'siri qiladi, biroq ushbu holatda fazadagi eng katta kuchlanish yo'qotilishini kamayishi Y/Z_0 sxemaga o'tilganda 10% gacha kamayadi. Transformatorning Y/Z_0 sxemali tarmog'i uchun taqsimlanish funksiyasi birinchi rasmdagi uchinchi egri chiziqqa to'g'ri keladi. Katta uzunlikga ega liniyalar uchun ushbu ta'sir kam bo'lib, hozirgi vaqtda transformatorlarni Y/Z_0 ulanish sxemasini qo'llash qishloq hududlari tarmoqlarida kuchlanish nosimmetriyasini kamaytirishni asosiy vositasi hisoblanadi.

3. Natijalar va muhokama (Results and discussion)

Tarmoq elementi liniyaning nol ketma-ketligi qarshiligini nol va faza o'tkazgichlarini katta kesim yuzalikka o'tkazish bilan kamaytirish mumkin. Liniyaning nol ketma-ketligi qarshiligini kamaytirishning boshqa usuli, nosimmetriyali yuklangan tarmoqlarda maxsus simmetriyalash qurilmalar- neytrallashni ishlatishdan iborat. Neytrallash uch fazali elektr magnitli apparat bo'lib, chulg'amlari nol nuqta bilan qarama-qarshi zig-zag ulangan. Bunday ulanish to'g'ri va teskari ketma-ketlik toklariga katta qarshilikni, nol ketma-ketligi tokiga kichik qarshilikni yuzaga keltiradi. Elektr energiyasi TP dan iste'molchiga uch o'tkazgichli liniyada uzatiladi. Neytrallash qurilmasi kirish qismiga o'rnatiladi. So'ngra neytrallashni nol nuqtasiga ulangan nol o'tkazgichni qo'llash bilan energiya taqsimlanadi. Chunki neytrallashning uch o'zakli magnitli o'tkazgichining har bir o'zagida har xil ikki fazaning yarim chulg'ami joylashadi va ularning o'ramlar soni o'zaro teng, unda har bir yarim chulg'amda qarama-qarshi yo'nalishda bir xil toklar oqadi. Har bir o'zakda ushbu toklar yuzaga keltirgan magnitlovchi kuchlar orasida tenglik o'rnatiladi va reaktorning nol ketma-ketligi hosil qilgan reaktiv qarshilik faqat oqimning tarqalishi bilan aniqlanadi [6].



1-rasm. Har xil holatlar uchun transformator va liniyada aniq ifoda bo'yicha kuchlanish yo'qotilishini taqsimlanish funksiyasi: 1) transformator chulg'ami Y_0/Y ulanganda nosimmetriya ehtimolligi; 2) transformator chulg'ami Y_0/Z_0 ulanganda nosimmetriya ehtimolligi; 3) simmetriyali yuklama.

Fig.1. The distribution function of voltage loss in the transformer and in the line according to the exact expression is considered for different cases: 1) the probability of asymmetry when the transformer winding is connected in Y_0/Y , 2) the probability of asymmetry when the transformer winding is connected in Y_0/Z_0 , and 3) the case of symmetrical load.

Shunday qilib, toklarning nol ketma-ketligi uchun yuqori o'tkazuvchanlikga ega bo'lishidan tizimning neytral nuqtasining ozgina siljishi, katta bo'lmagan quvvat isrofini va fazalar yuklamasi teng



bo'lmaganda ham tarmoqning yuqori o'tkazuvchanligini ta'minlaydi. Natijada elektr qabul qiluvchilarga keltirilgan kuchlanish nosimmetriyasi kamayadi.

Loyihalashning amaliy hisoblarida tarmoqlarda kuchlanishlar va toklar nosimmetriyasini hisobga olish zarur. Ma'lumki 0,38 kV li tarmoqlarda o'tkazgichlar kuchlanish yo'qotilishini ruhsat etilgan qiymatiga tanlanilib, keyin kuchlanish og'ishini me'yorlashtirilgan qiymatiga tekshiriladi. Bunda hisobiy yuklamaga fazalar bo'yicha simmetrik taqsimlanganning eng kattasi qabul qilinadi. Simmetrik yuklama kuchlanish yo'qotilishini hisoblanganda katta bo'lishiga va iste'molchilarda ruhsat etilgan oraliqda kuchlanish og'ishining buzilishiga olib keladi [3].

Modomiki, u yoki boshqa yuklama nosimmetriyasini yuzaga kelish ehtimolligini barcha fazalar uchun teng ehtimolli odatiy simmetrik rejimda yo'qotilishni kutilayotgan simmetriyaga bog'liq holda tuzatish kiritib, hisoblash ishlatiladi.

Belgilangan simmetriya rejimida kuchlanish yo'qotilishini shartli simmetrik rejim uchun kuchlanish yo'qotilishi bilan bog'laydigan koeffitsiyentni ma'lum darajada aniqlashni hisoblash vazifasi qo'yiladi. Ushbu o'tish koeffitsiyentini quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$k = \frac{\Delta U^I}{\Delta U^{II}}; \quad (1)$$

bu yerda ΔU^I - simmetrik rejimda eng katta kuchlanish yo'qotilishi; ΔU^{II} - tarmoqda nosimmetriya ehtimolligini hisobga olib, eng katta kuchlanish yo'qotilishi.

Agar ulangan iste'molchilarning ulanish ehtimolli p , uning toki I , faza o'tkazgichining qarshiligi R_f bo'lsa, unda matematik kutish va o'rtacha kvadrat og'ishni olamiz:

$$\Delta U^I = ImpR_f + k_G I R_f \sqrt{mpq}; \quad (2)$$

$$\Delta U^{II} = ImpR_f + k_G I (R_f + 1,5R_N) \sqrt{mpq}; \quad (3)$$

bu yerda k_G - o'rtacha kvadrat og'ish koeffitsiyenti.

(1) va (2) dan aniqlaymiz:

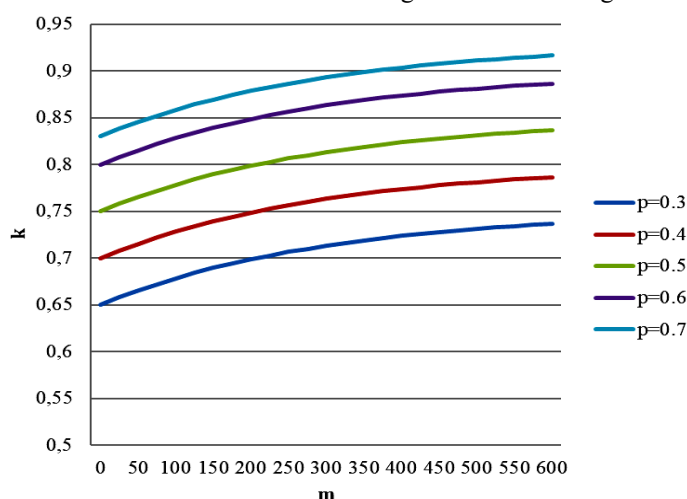
$$k = \frac{\Delta U^I}{\Delta U^{II}} = \frac{1 + k_G \sqrt{\frac{1-p}{mp}}}{1 + k_G \left(1 + 1,5 \frac{R_H}{R_\Phi}\right) \sqrt{\frac{1-p}{mp}}}. \quad (4)$$

Agar nol o'tkazgichning kesim yuzasini faza o'tkazgichining kesim yuzasiga teng va $k_G = 1,5$ qabul qilsak, unda (4) ifoda bir qadar soddalashadi:

$$k = \frac{1 + 1,5 \sqrt{\frac{1-p}{mp}}}{1 + 3,75 \sqrt{\frac{1-p}{mp}}}. \quad (5)$$

2-rasmda k ni har xil omillarga bog'liq egri chiziqlar guruhi $k_G = 2$ uchun qurilgan.

Amaliyotda o'rin egallagan ikki guruh iste'molchilarining holatini ko'rib chiqildi. Har bir guruh iste'molchilar soni, quvvatlari va alohida iste'molchilarning ulanish ehtimolli bilan farq qiladi.



2-rasm. O'tish koeffitsiyenti ulangan iste'molchilar soni m dan bog'liqligi va har bir iste'molchini ulanish ehtimolli p (2σ holatda)

Fig.2. Dependence of the diversity factor on the number of connected consumers m and the connection probability p (in the 2σ case).

Fazalar yuklamasi simmetriya sharoitida tanlangan fazaviy o'tkazgich qarshiligi R_f va nol o'tkazgich qarshiligi R_N ga ega bo'lgan, uch fazali to'rt o'tkazgichli liniya ikki guruhdan iborat bir fazali



iste'molchilardan jamlangan yuklamani ta'minlaydi. Birinchi guruh quyidagi ko'rsatgichlar bilan tavsiflanadi: ulangan elektr qabul qiluvchilar soni m , ayrim iste'molchilarning toki I , har qaysi iste'molchining ulanish ehtimolligi p . Ikkinchi guruhning ko'rsatgichlari tegishli m_2, I_2, P_2 ga teng.

Ikkala guruhning ulangan iste'molchilari normal qonuniyat bo'yicha taqsimlanadi. Har bir guruhdan ΔU^I va ΔU^{II} ni aniqlanadi va to'ldirish usulini ishlatib ko'rilyotgan holat uchun o'tish koeffitsienti ifodasini olamiz:

$$k = \frac{1 + k_i k_m k_p + k_\sigma}{1 + k_i k_m k_p + k_\sigma \left(1 + 1,5 \frac{R_H}{R_\Phi}\right)} \cdot \sqrt{\frac{1 - k_i^2 k_m k_p - (1 + k_i^2 k_m k_p^2) P_1}{m_1 P_1}} \cdot \sqrt{\frac{1 + k_i^2 k_m k_p - (1 + k_i^2 k_m k_p^2) P_1}{m_1 P_1}}. \quad (6)$$

$$\text{Ushbu ifodada: } k_i = \frac{I_2}{I_1}, k_m = \frac{m_2}{m_1}, k_p = \frac{P_2}{P_1}.$$

Agar aniq holatdagi ikki iste'molchi "yoritish yuklamasi" va "maishiy yuklama" e'tibor berilsa, 6-ifoda soddalashadi.

Birinchi guruhning yakka iste'molchining quvvati 60 Vt, ulanish ehtimoli 0,55, ikkinchi guruh uchun tegishli 300 Vt va 0,2 ni qabul qilamiz. Guruhdagi maishiy iste'molchi yuklamasi yoritish yuklamasiga nisbatan 2 marta kichik, faza va nol o'tkazgichlarning kesim yuzalari teng, 13% ga muvofiq ($k_\sigma = 1,5$) ega bo'lamiz:

$$k = \frac{1,885\sqrt{m_1} + 4,09}{1,885\sqrt{m_1} + 10,93}. \quad (6)$$

Bunda tarmoqni faqat bir fazali elektr qabul qiluvchilar bilan yuklanganligi ko'rib chiqiladi. Ammo amaliyotda eng katta yuklama soatlarida tarmoqqa bir vaqtning o'zida bir fazali elektr qabul qiluvchilar bilan birgalikda uch fazali iste'molchilar – asinxron motorlar ulanadi.

Umumiy quvvat balansida asinxron motorlarni ishtirok etish ulushiga bog'liq tarmoqni bunday aralash yuklamani ta'minlashda tok va kuchlanishni nosimmetriya darajasi o'zgaradi. Bir – uch fazali aralash yuklamani ta'minlaydigan tarmoqni hisoblashda o'tish koeffitsientini ushbu holatni hisobga olib aniqlash zarur.

Ko'rib chiqish uchun ulangan asinxron motorlarning iste'mol quvvati nominal quvvat koeffitsienti bilan nominal quvvatga teng, bir fazali yuklamani esa oldingiga o'xshab ikki guruhdan tashkil etgan deb qabul qilinadi.

Ushbu shartda eng katta kuchlanish yo'qotilishi va yuklama simmetriyasi taxminan quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta U_{\Delta, kat}^I = IR \cos \varphi + IX \sin \varphi + I_1 R m_1 P_1 + I_2 R m_2 P_2 + k_\sigma R \sqrt{I_1^2 m_1 P_1 q_1 + I_2^2 m_2 P_2 q_2}; \quad (7)$$

bu yerda R va X liniyaning aktiv va induktiv qarshiligi; I – uch fazali yuklama toki; φ – motorning kuchlanishi va toki orasidagi burchak siljishi.

Nosimmetriya ehtimolligini hisobga olib eng katta kuchlanish yo'qotilishi tashkil etadi:

$$\Delta U_{\Delta, kat}^{II} = IR \cos \varphi + IX \sin \varphi + I_1 R m_1 P_1 + I_2 R m_2 P_2 + k_\sigma (R + 1,5 R_N) \sqrt{I_1^2 m_1 P_1 q_1 + I_2^2 m_2 P_2 q_2}. \quad (8)$$

(7), (8) ifodalardan quvvatga o'tsak va (7) ni (8) ga bo'lib, quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$k = \frac{\Delta U_{\Delta, kat}^I}{\Delta U_{\Delta, kat}^{II}} = \frac{PR + PX \tan \varphi + 3R(P_1 m_1 p_1 + P_2 m_2 p_2) + 3k_\sigma R \sqrt{P_1^2 m_1 p_1 q_1 + P_2^2 m_2 p_2 q_2}}{PR + PX \tan \varphi + 3R(P_1 m_1 p_1 + P_2 m_2 p_2) + 3k_\sigma (R + 1,5 R_N) \sqrt{P_1^2 m_1 p_1 q_1 + P_2^2 m_2 p_2 q_2}}; \quad (9)$$

bu yerda m_1 va m_2 – biror fazaga ulangan birinchi va ikkinchi bir fazali iste'molchilar soni; $P_1 P_2 p_1 p_2$ – ushbu guruhdagi ayrim iste'molchilarning tegishli quvvati va ulanish ehtimolligi; $q = 1 - p$.

Aniq shartga yaqin $P_1 = 0,65$ kVt; $p_1 = 0,6$; $\frac{P_2}{P_1} = 2,3$; $\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{3}$; $\frac{m_2}{m_1} = \frac{4}{3}$ da ifoda k uchun quyidagicha bo'ladi:

$$k = \frac{\left[1 + \frac{k'}{1 - k'} \left(1 + 0,75 \frac{X}{R}\right)\right] \cdot \left(0,298 + \frac{0,576}{\sqrt{m_1}}\right)}{1 + \frac{k'}{1 - k'} \left(1 + 0,75 \frac{X}{R}\right) \cdot \left(0,298 + \frac{0,576}{m_1}\right) \frac{0,864 R_N}{\sqrt{m_1} R}}; \quad (10)$$

bu yerda k' – asinxron motorning uch fazali quvvatini eng katta yuklama soatlaridagi quvvatiga nisbati.

Bunda m_1 quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$m_1 4,25 P_{e, kat} (1 + k') + 1,98 - \sqrt{[4,25 P_{e, kat} (1 + k') + 1,98]^2 - 15,65 P_{e, kat}^2 (1 - k')^2}. \quad (10)$$



Keraklilik darajasini aniqlaydigan k koeffitsienti 2 ga, asinxron motorlarning $\cos\varphi$ qiymati 0,8 ga teng qilib qabul qilingan. [4]

4. Xulosa (Conclusion)

Shunday qilib, yuqorida keltirilgan yondashuv 0,38 kV tarmoqlarda yuklamani nosimmetriya ehtimoligida keltirilgan usul bo'yicha hisoblashga tavsiyalar beriladi. Aniqlash uchun kerakli hisoblash egri chiziqlarini minimumga keltirish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Hisoblashlar shuni ko'rsatadiki, uch fazali liniyani har bir kesim yuzasiga o'tish koeffitsientini tavsiflaydigan o'zining xususiyatiga ega egri chiziqlarni taqqoslash ularni ikki guruhga bo'lish mumkin: bir guruh $R_f=R_N$, boshqasi $R_f \neq R_N$ holat uchun. Bir xil k da guruh ichidagi egri chiziqlar orasidagi farq juda kichik. Shuning uchun guruhni har bir egri chiziqlarini ichida bir xil k bo'lganlarini ushbu guruhlar egri chiziqlarini tegishli o'rtacha ordinatalarini aniqlangan bir egri chiziqniki deb qarash mumkin. Ko'p miqdorli egri chiziqlar o'rniga ikki xususiyatni ishlatish mumkin: $R_f=R_N$ va $R_f \neq R_N$.

ADABIYOT

1. Левин М.С. и др. Качество электроэнергии в сетях сельских районов. –М.: Энергия, 1975, -224 с.
2. Александров И.В. Особенности эксплуатации сельских электрических сетей. //Символ науки. 2016. № 12-2 (24). -С. 25-29.
3. Расулов А.Н., Хусанов Б.М., Анализ напряжения и тока несинусоидального режима сети // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. Спецвыпуск – 2023. Ташкент. –С.94-98.
4. И.В. Сукмаков. Исследование способов и средств обнаружения замыканий на землю в сельских распределительных сетях 6-10 и 0,38 кв: авторефер. дисс. к.т.н., -Москва, 2021. - 34 с.
5. Усманов Э.Г., Хусанов Б.М. Улучшение качества электроэнергии в сельских сетях 0,4 кВ // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. Спецвыпуск – 2021. Ташкент. 219-223 с.
6. A.N. Rasulov, B.M Husanov, D.M. Esnazarova. Statistical analysis of voltage deviation in village electrical networks //Science and Education in Karakalpakstan. №4/1 (44), Nukus. 2024. -102-107 b.

REFERENCES

1. Levin M.S. et al. Power Quality in Rural Area Electrical Networks. Moscow: "Energiya", 1975, 224 p.
2. Alexandrov I.V. Features of the Operation of Rural Electric Networks. //Symbol of Science, 2016, No. 12-2 (24), pp. 25–29.
3. Rasulov A.N., Khusanov B.M. Analysis of Voltage and Current in a Nonsinusoidal Network Mode. In: "Problems of Energy and Source Saving", Special Issue – 2023, Tashkent, pp. 94–98.
4. Sukmakov I.V. Research of Methods and Means for Detecting Earth Faults in Rural Distribution Networks of 6–10 kV and 0.38 kV. Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow, 2021, 34 p.
5. E.G. Usmanov, B.M. Khusanov. Improvement of Power Quality in 0.4 kV Rural Networks // "Problems of Energy and Source Saving" Special Issue – 2021. Tashkent. pp. 219–223.
6. A.N. Rasulov, B.M Husanov, D.M. Esnazarova. Statistical analysis of voltage deviation in village electrical networks // «Science and Education in Karakalpakstan». №4/1 (44) Nukus 2024. 102-107 b.