



UO‘K 621.313.333

[https://doi.org/10.70769/2181-2284.ME.3\(24\).2026.15](https://doi.org/10.70769/2181-2284.ME.3(24).2026.15)

**SUV TA‘MINOTI SEXI NASOS AGREGATI ASINRON MOTORI REAKTIV
QUVVATINI KOMPENSATSIYALASHNING ENERGIYA TEJAMKORLIGI
XUSUSIYATIGA TA‘SIRI**

Sa‘dullayev Alaviddin Bobakulovich - f-m.f.n., prof.,

<https://orcid.org/0009-0007-9517-3877> e-mail: sadullayevalaviddin@gmail.com

Umirov Asror Pardayevich - PhD, dotsent,

<https://orcid.org/0009-0007-5051-6012> e-mail: asror30.03.1989@mail.ru

Sattarova Maxbuba Kuchar qizi - magistr

<https://orcid.org/0009-0005-9055-0288> e-mail: mahbubasattorova1992@gmail.com

Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston

Annotatsiya: Kirish. Maqolada “Shurtan NGQChB” AJ suv ta‘minoti sexi nasos agregatida o‘rnatilgan uch fazali asinxron motorni elektr ta‘minoti tarmog‘ida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash natijasida energiya tejamkorligi va samaradorligini ortishi eksperimental olingan natijalar va nazariy hisob ishlariga muvofiq ilmiy jihatidan asoslab berilgan.

Usul va materiallar. Ushbu ilmiy - tadqiqot ishida mualliflar tomonidan elektrotexnik hisob, tajribaviy o‘lchovlar va qiyosiy tahlil usullari qo‘llanildi. Elektr ta‘minoti tarmog‘ida sodir etilgan ΔW - energiya isroflari, ΔU - kuchlanish isrofi koeffitsiyenti usulida amalga oshirildi.

Natijalar. Maqolada “Shurtan NGQChB” suv ta‘minoti sexi nasos agregatida o‘rnatilgan, nominal quvvati $P_n = 75$ kW bo‘lgan uch fazali asinxron motorni elektr ta‘minoti tarmog‘ida reaktiv quvvatni kompensatsiyalashni tarmoqda sodir etiladigan ΔU - kuchlanish va ΔW - energiya isroflariga ta‘sirlari tadqiq qilingan. Tadqiqot obyekti sifatida elektr ta‘minotini quvvati 400 kVA bo‘lgan transformatoridan oluvchi nominal kuchlanishi $U_n = 380$ V, tok kuchi $I_n = 143$ A bo‘lgan asinxron motori tanlanib, hisob ishlari ABBГ (A)-LS4x120 mm² rusumli kabel liniyasining uzunligi $l = 50$ m, solishtirma $R_{s,a}$ - aktiv va $R_{s,r}$ - induktiv qarshiliklari $R_{s,a} = 0,258$ Ω/km, $R_{s,r} = 0,0075$ Ω/km bo‘lgan son qiymatlarida bajarilib, asinxron motorning $Q_d = 40$ kVAr reaktiv quvvatini, dastlabki hamda kompensatsiyalashdan keyingi ish rejimlarining parametrlari qiyosiy taqqoslandi. Olingan eksperimental tadqiqot va nazariy hisob ishlarining natijalari asosida quvvat koeffitsiyentini $\cos \varphi_1 = 0,797$ dan $\cos \varphi_2 \approx 0,976$ gacha ortishi, liniya tokining $I_{L_1} = 143$ A dan $I_{L_2} \approx 117$ A gacha kamayishi hisobiga elektr ta‘minoti tarmog‘ining energiya tejamkorligi va samaradorligini orttirish ilmiy jihatdan asoslab berildi.

Xulosa. Mualliflar tomonidan tajribaviy tadqiqot va nazariy hisob ishlarining natijalari asosida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash hisobiga elektr tarmoqlarining energiya tejamkorlik va samaradorlik ko‘rsatkichlarini oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: asinxron motor, reaktiv quvvat, kondensator qurilmasi, quvvat koeffitsiyenti, elektr tarmoq, kuchlanish isrofi, nasos agregati, energiya tejamkorlik, samaradorlik ko‘rsatkichi.

Дата поступления: 13.08.2026. После обработки: 15.08.2026 Принято печать: 23.09.2026

For citation: Sa‘dullaev A.B., Umirov A.P., Umirov A.K. The Impact of Reactive Power Compensation of an Induction Motor in a Water Supply Pump Unit on Energy Efficiency. Muqobil energetika. 2026. 3(24). pp. 116-122.

УДК 621.313.333

**ВЛИЯНИЕ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ
АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА ЦЕХА
ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ**

Саъдуллаев Алавиiddин Бобакулович - к.ф-м.н., проф.,

<https://orcid.org/0009-0007-9517-3877> e-mail: sadullayevalaviddin@gmail.com

Умиров Асрор Пардаевич - PhD, доцент,



<https://orcid.org/0009-0007-5051-6012> e-mail: asror30.03.1989@mail.ru

Саггарова Махбуба Кучар кизи - магистрант

<https://orcid.org/0009-0005-9055-0288> e-mail: mahbubasattorova1992@gmail.com

Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Аннотация: Введение. В статье научно обосновано повышение энергосбережения и энергоэффективности за счет компенсации реактивной мощности в сети электроснабжения трехфазного асинхронного двигателя, установленного на насосном агрегате цеха водоснабжения АО «Шуртанское НГДУ», на основе результатов экспериментальных исследований и теоретических расчетов.

Методы и материалы. В данной научно-исследовательской работе авторами применены методы электротехнического расчета, экспериментальных измерений и сравнительного анализа. Определение потерь электроэнергии ΔW и потерь напряжения ΔU в сети электроснабжения осуществлялось расчётным методом с учётом соответствующих коэффициентов потерь.

Результаты. В статье исследуется влияние компенсации реактивной мощности в сети электропитания на ΔU - потери напряжения и потери ΔW - энергии на примере трехфазного асинхронного двигателя номинальной мощностью $P_n = 75 \text{ kW}$, установленного в насосном цехе «Шуртанское НГДО». В качестве объекта исследования выбран асинхронный двигатель с номинальным напряжением $U_n = 380 \text{ V}$ и силой тока $I_n = 143 \text{ A}$, получающий питание от трансформатора мощностью 400 кВА. Расчеты выполнены для кабельной линии марки АБВГ (А)-LS4x120 мм² длиной $l = 50 \text{ м}$ с удельными активным $R_{s,a} = 0,258 \text{ }\Omega/\text{км}$ и индуктивным $R_{s,r} = 0,0075 \text{ }\Omega/\text{км}$ сопротивлениями. Проведено сравнительное сопоставление параметров режимов работы двигателя до и после компенсации реактивной мощности $Q_d = 40 \text{ кВА}$. На основе результатов экспериментальных исследований и теоретических расчетов научно обосновано повышение энергоэффективности и производительности сети электропитания за счет увеличения коэффициента мощности с $\cos \varphi_1 = 0,797$ до $\cos \varphi_2 \approx 0,976$ и снижения тока в линии с $I_{L_1} = 143 \text{ A}$ до $I_{L_2} \approx 117 \text{ A}$.

Заключение. На основании результатов экспериментальных исследований и теоретических расчётов авторами разработаны рекомендации по повышению показателей энергосбережения и энергоэффективности электрических сетей за счет компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, реактивная мощность, конденсаторная установка, коэффициент мощности, электрическая сеть, потери напряжения, насосный агрегат, энергосбережение, показатель эффективности.

UDC: 621.313.333

THE IMPACT OF REACTIVE POWER COMPENSATION OF AN INDUCTION MOTOR IN A WATER SUPPLY PUMP UNIT ON ENERGY EFFICIENCY

Sa'dullaev Alaviddin Bobakulovich – PhD, Prof.,

ORCID: 0009-0007-9517-3877. e-mail: sadullayevalaviddin@gmail.com.

Umirov Asror Pardaeovich – PhD, Associate Professor,

<https://orcid.org/0009-0007-9517-3877> e-mail: sadullayevalaviddin@gmail.com

Sattarova Makhbuba Kuchar qizi - Master's student.

<https://orcid.org/0009-0005-9055-0288> e-mail: mahbubasattorova1992@gmail.com

Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Abstract: Introduction. The article scientifically substantiates the improvement of energy saving and energy efficiency resulting from reactive power compensation in the power supply



network of a three-phase induction motor installed in the pumping unit of the water supply workshop of Shurtan Oil and Gas Production Department JSC, based on experimental results and theoretical calculations.

Methods and Materials. In this research, the authors employed electrical engineering calculations, experimental measurements, and comparative analysis methods. The determination of electrical energy losses ΔW and voltage losses ΔU in the power supply network was carried out using calculation methods based on the corresponding loss coefficients.

Results. This article investigates the impact of reactive power compensation in a power supply network on ΔU - voltage losses and ΔW - energy losses, using the example of a three-phase induction motor with a rated power of $P_n = 75$ kW installed at the "Shurtan Oil and Gas Production Department" pump station. The object of the study is an induction motor with a rated voltage of $U_n = 380$ V and a rated current of $I_n = 143$ A, powered by a 400 kVA transformer. Calculations were performed for an AVVG (A)-LS 4x120 mm² cable line with a length of $l = 50$ m, having specific resistance values of $R_{s,a} = 0,258 \Omega/\text{km}$ (active) and $R_{s,r} = 0,0075 \Omega/\text{km}$ (inductive). A comparative analysis of the motor's operating parameters was conducted before and after reactive power compensation of $Q_d = 40$ kVar. Based on experimental results and theoretical calculations, the study scientifically substantiates the improvement in energy efficiency and power supply network performance through an increase in the power factor from $\cos \varphi_1 = 0,797$ to $\cos \varphi_2 \approx 0,976$ and a reduction in line current from $I_{L_1} = 143$ A to $I_{L_2} \approx 117$ A.

Conclusion. Based on the results of experimental investigations and theoretical calculations, the authors developed recommendations for improving the energy-saving and energy-efficiency indicators of electrical networks through reactive power compensation.

Keywords: asynchronous motor, reactive power, capacitor bank, power factor, electrical network, voltage drop, pump unit, energy saving, efficiency indicator.

Kirish

Bugungi kunda dunyo miqyosida energetika tizimida energiya tejamkor innovatsion texnologiyalarni samarali qo'llanilishi dolzarb masalalardan hisoblanadi [1-6]. Ma'lumki, ishlab chiqarish sanoat korxonalari elektr energiyasining katta qismi asinxron motorlar tomonidan iste'mol qilinadi. Asinxron motorlarni aktiv quvvat bilan bir vaqtda elektr tarmoqdan reaktiv quvvat ham iste'mol qilishi natijasida elektr tarmog'ida tok ortadi, o'tkazgich simlar hamda transformatorlarda energiya yo'qotish va kuchlanish tushuvi darajasi belgilangan meyorlarga nisbatan ortib ketishi holatlari kuzatiladi [7-10]. Bunday vaziyatlarda reaktiv quvvatni kompensatsiyalash maqsadida kondensatorlarni qo'llanilishi elektr tarmog'ida energiya isrofini sezilarli darajada kamaytirish bilan bir vaqtda tarmoq sig'imidan samarali foydalanishga katta imkoniyat yaratadi [11-15]. Shu sababli tadqiqot ishida katta quvvatli asinxron elektr motorlarida ishlash jarayonida hosil bo'ladigan reaktiv quvvatni kompensatsiyalash va uni tizimning energiya tejamkorligi va samaradorligi ko'rsatkichlariga bevosita ta'sirilari tadqiq qilindi. Agarda zamonaviy energetika tizimida iste'mol qilingan elektr energiyasi miqdori va qurilmalarning energiya tejamkorligi xususiyatlariga hozirgi vaqtda qo'yilayotgan talablarga nisbatan baholansa, ushbu tadqiqot ishi o'ziga xos bo'lgan muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot ishining maqsadi, vazifalari va uslubiyoti.

Ilmiy-tadqiqot ishida "Shurtan NGQChB" suv ta'minoti sexi nasos agregatida o'rnatilgan nominal aktiv quvvati 75 kVt bo'lgan uch fazali asinxron motorni elektr ta'minoti tarmog'ida hosil qilingan reaktiv quvvatni kompensatsiyalash natijasida tizimning energiya tejamkorligi hamda samaradorligini eksperimental tadqiqot natijalariga muvofiq holda ilmiy asoslash maqsad qilib olindi.

Iste'molchilarni elektr ta'minoti tarmog'ida dastlabki va reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan keyingi holatlarda yillik energiya sarfi, tarmoqda kuchlanish va energiya isroflarini aniqlash hamda har ikki holatda olingan natijalarni qiyosiy taqqoslash asosida tizimni energiya tejamkorligi va samaradorligi ko'rsatkichlarining ortishini ilmiy asoslash tadqiqot ishining asosiy vazifasi sifatida belgilab olindi.



Tadqiqot ishida elektrotexnik hisob, tajribaviy o'lovlar va qiyosiy tahlil usullari qo'llanildi. Elektr ta'minoti tarmog'ida sodir etilgan ΔW - energiya isroflarining hisob ishlari ΔU - kuchlanish isrofi koeffitsiyenti usulida amalga oshirildi. Nazariy hisob ishlarini amalda qo'llaniladigan usullarda bajarishga qulaylik yaratish maqsadida tadqiqot obyektiga tegishli boshlang'ich ma'lumotlar quyidagi 1-jadvalda keltirildi.

1-jadval.

Iste'molchilarning tavsiflovchi parametrlari va ularning son qiymatlari.

№	Parametrlari	Son qiymatlari	№	Parametrlari	Son qiymatlari
1.	Elektr motorning aktiv quvvati	75 kW	7.	Kabelning aktiv qarshiligi	0,258 Ω /km
2.	Nominal kuchlanish	380 V	8.	Kabel uzunligi	50 m
3.	Nominal tok	143 A	9.	Kompensator quvvati	40 kVAr
4.	Tarmoq chastotasi	50 Hz	10.	Yillik ishlash vaqti	5310 soat
5.	Transformator quvvati	400 kVA	11.	Kabelning induktiv qarshiligi	0,075 Ω /km
6.	O'tkazgich kabel rusumi	ABB(A) LS4x120 mm ²	12.	Sutkalik o'rtacha ishlash vaqti	14 soat

Natijalar

Ishlab chiqarish sanoat korxonasining suv ta'minoti sexida o'rnatilgan asinxron motorning bir sutka davomida t_s - o'rtacha ishlash vaqti 14 soatligini e'tiborga olib, bir yil davomida t_y - ishlash vaqti (1) tenglamadan aniqlandi:

$$t_y = 365 \cdot t_s \quad (1) \rightarrow t_y = 365 \cdot 14 \text{ soat} = 5110 \text{ soat}.$$

Ma'lumki, o'zgaruvchan tok iste'molchilarning energiya samaradorligi ko'rsatkichlari qurilmaning $\cos\varphi$ - quvvat koeffitsiyenti bilan aniqlanadi. Shu sababli elektr motorning dastlabki va kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan keyingi holatlardagi quvvat koeffitsiyenti amalda qo'llaniladigan (2) tenglamadan quyidagi tartibda aniqlandi.

Dastlabki holat:

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{S_1} \quad (2); \quad S_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 380 \text{ V} \cdot 143 \text{ A} \approx 94,2 \text{ kVA}.$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{S_1} = \frac{75 \text{ kW}}{94,2 \text{ kVA}} \approx 0,796.$$

Ushbu holatda elektr motorining reaktiv quvvati (3) tenglamadan quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_1 = P \cdot \sin\varphi_1 \quad (3); \quad \sin\varphi_1 = \sqrt{1 - \cos^2\varphi_1} = \sqrt{1 - (0,796)^2} \approx 0,604.$$

$$Q_1 = P \cdot \sin\varphi_1 = 75 \text{ kW} \cdot 0,604 \approx 56,9 \text{ kVAr}.$$

Hisob ishlarining natijalari shuni ko'rsatadiki, dastlabki holatda suv nasos agregatiga o'rnatilgan asinxron motor tarmoqdan taxminiyl hisobda $\approx 56,9 \text{ kVAr}$ reaktiv quvvat oladi.

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan keyingi holat:

Elektr tarmoqqa ulangan kompensatsiyalovchi qurilmaning Q_k - reaktiv quvvati $Q_k = 40 \text{ kVAr}$ bo'lganligi sababli reaktiv quvvatni kompensatsiyasidan keyin tarmoqdan olinadigan Q_2 - reaktiv quvvati (4) tenglamadan quyidagi tartibda aniqlandi:

$$Q_2 = Q_1 - Q_k \quad (4) \rightarrow Q_2 = Q_1 - Q_k = 56,9 \text{ kVAr} - 40 \text{ kVAr} \approx 16,9 \text{ kVAr}.$$

Ushbu holatda S_2 - to'la quvvat va yangi $\cos\varphi_2$ - quvvat koeffitsiyentlari (5) va (6) tenglamalardan quyidagicha aniqlandi:

$$S_2 = \sqrt{P^2 + Q_2^2} \quad (5) \rightarrow S_2 = \sqrt{P^2 + Q_2^2} = \sqrt{75^2 + 16,9^2} \approx 76,9 \text{ kVA}.$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{P}{S_2} \quad (6) \rightarrow \cos\varphi_2 = \frac{P}{S_2} = \frac{75 \text{ kW}}{76,9 \text{ kVA}} \approx 0,976.$$

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash bo'yicha amalga oshirilgan hisob ishlarining natijalari shuni ko'rsatdiki, elektr tarmog'ida kompensatsiyalovchi qurilmani qo'llanilishi natijasida quvvat



koeffitsiyenti $\cos\varphi_1 \approx 0,797$ dan $\cos\varphi_2 \approx 0,976$ kattalikka o'zgarishi hisobiga sezilarli darajada yaxshilandi. Ushbu natija elektr tarmoqlarida kondensatorli kompensatsiyalovchi qurilma yordamida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash hisobiga reaktiv tokni yuklamaga yaqin manba orqali amalga oshirilishini va tarmoqda sodir etiladigan energiya isroflarini sezilarli darajada kamayishini ta'minlaydi.

Ma'lumki, reaktiv quvvatni kompensatsiyalash natijasida liniya toki o'zgaradi. Amalda elektr tarmoqlarida dastlabki va kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan keyingi holatlarda I_1 va I_2 - liniya toklarini hisoblash va olingan natijalarni qiyosiy taqqoslash asosida tarmoqda sodir etiladigan energiya isrofi to'g'risida aniq ma'lumotlarni olish mumkinligi sababli, liniya toklarini o'zgarishini hisoblash quyidagi tartibda amalga oshirildi.

$$I_1 = 143 \text{ A}; \quad I_2 = \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{76,9 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 380 \text{ V}} \approx 116,7 \text{ A}.$$

$$\Delta I = I_1 - I_2 = 143 \text{ A} - 116,7 \text{ A} \approx 26,3 \text{ A}.$$

$$\delta I = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \cdot 100 \% = \frac{143 \text{ A} - 116,7 \text{ A}}{143 \text{ A}} \approx 18,4 \ %.$$

Demak, tarmoqda kondensatorli reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmani qo'llanilishi natijasida liniya tokining o'zgarishi $\Delta I \approx 26,3 \text{ A}$, nisbiy o'zgarishi esa $\delta I \approx 18,4 \ %$ tashkil etadi. Ushbu natija o'tkazgich kabeldagi hisobiy tok dastlabki holatiga nisbatan 18,4% ga kamayishini va tarmoqda sodir etiladigan energiya isrofi ham unga to'g'ri proporsional ravishda kamayishini tasdiqlaydi.

Iste'molchilarning o'rnatilgan quvvatini hisobga olgan holda tanlangan ABB(A) LS4x120 mm² rusumli alyuminiy o'tkazgichli kabelda ΔU_1 va ΔU_2 - kuchlanish isroflari dastlabki va reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmalar ulangandan keyingi holatlarda 1-jadvalda berilgan boshlang'ich ma'lumotlar va (7), (8) tenglamalardagi kattaliklarning hisoblab topilgan son qiymatlari asosida quyidagicha aniqlandi.

Dastlabki holatda:

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot I_1 \cdot l \cdot (R \cos\varphi_1 + X_L \cdot \sin\varphi_1) \quad (7),$$

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} \cdot 143 \cdot 0,05 \cdot (0,258 \cdot 0,797 + 0,075 \cdot 0,604) \approx 3,11 \text{ V}.$$

Ushbu holatda tarmoqda kuchlanish isrofi $\Delta U_1 \approx 3,11 \text{ V}$, foiz hisobida esa $\Delta U_{1\%} \approx 0,82 \ %$ bo'lib, asinxron motorning klemmalaridagi U_{1k} - kuchlanishning son qiymati taxminan $U_{1k} = 380 \text{ V} - 3,11 \text{ V} \approx 376,9 \text{ V}$ bo'ladi.

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan keyingi holat:

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot I_2 \cdot l \cdot (R \cos\varphi_2 + X_L \cdot \sin\varphi_2) \quad (8),$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} \cdot 116,7 \cdot 0,05 \cdot (0,258 \cdot 0,976 + 0,075 \cdot 0,220) \approx 2,71 \text{ V}.$$

Ushbu holatda tarmoqda kuchlanish isrofi $\Delta U_2 \approx 2,71 \text{ V}$, foiz hisobida esa $\Delta U_{2\%} \approx 0,71 \ %$ bo'lib, asinxron motorning klemmalaridagi U_{2k} - kuchlanishning son qiymati taxminan $U_{2k} = 380 \text{ V} - 2,71 \text{ V} \approx 377,3 \text{ V}$ bo'ladi. Hisob ishlarining natijalari shuni ko'rsatadiki, tarmoqda reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi kondensatorli qurilmaning qo'llanilishi hisobiga 50 metr uzunlikdagi kabel o'tkazgichli liniyada tok kuchi 18,4% kamaysada, ammo ΔU - kuchlanish isrofi sezilarli darajada katta bo'lmagan $\Delta U = \Delta U_1 - \Delta U_2 = 3,11 \text{ V} - 2,71 \text{ V} = 0,4 \text{ V}$, foiz hisobida esa $\Delta U_{\%} \approx 13 \ %$ miqdorga kamayishining sababini ΔU - kuchlanish isrofning matematik ifodasida X_L - reaktiv qarshilikni qatnashishi va (8) tenglamadagi $R \cos\varphi_2 + X_L \cdot \sin\varphi_2$ komponentlarni bir vaqtda o'zgarishi bilan tushuntirish mumkin.

Ma'lumki, tarmoqda elektr toki mavjudmi, albatta Joule-Lens qonuniga asosan ΔP - aktiv quvvat isrofi sodir etiladi. Tadqiqot ishida liniya tokining kattaligiga bog'liq holatda tanlangan ABB(A) LS4x120 mm² rusumli alyuminiy o'tkazgichli kabelda birlik vaqtda sodir etiladigan ΔP_1 va ΔP_2 - aktiv quvvat isroflari, dastlabki va reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan keyingi holatlarda quyidagicha aniqlandi.

Dastlabki holatda:

$$\Delta P_1 = 3 \cdot I_1^2 \cdot R \cdot t \quad (9) \rightarrow \Delta P_1 = 3 \cdot 143^2 \cdot 0,258 \cdot 0,05 \approx 0,793 \text{ kW}.$$

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan keyingi holat:



$$\Delta P_2 = 3 \cdot I_2^2 \cdot R \cdot t \text{ (10)} \rightarrow \Delta P_2 = 3 \cdot 116,7^2 \cdot 0,258 \cdot 0,05 \approx 0,526 \text{ kW.}$$

Ushbu holatda reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmaning qo'llanilishi natijasida liniya tokining kamayishi hisobiga ΔP - aktiv quvvat isrofining kamayishini kattalik jihatidan $\Delta P \approx 0,267 \text{ kW}$, nisbiy $\Delta P_{\%}$ - foiz birlikda $\Delta P_{\%} \approx 33,7 \%$ bo'lishi, juda yaxshi ko'rsatkich hisoblanadi.

Yuqoridagi 1-jadvalda keltirilgan boshlang'ich ma'lumotlar, kattaliklarning eksperimental olingan va hisoblab topilgan son qiymatlari asosida suv ta'minoti sexi iste'molchilariga sarflangan yillik W_Y - elektr energiyasi, uning dastlabki va reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan keyingi holatlardagi ΔW_{Y1} va ΔW_{Y2} - isroflari quyidagi tartibda aniqlandi.

Dastlabki holatda:

$$W_Y = P \cdot t_Y \text{ (11)} \rightarrow W_Y = P \cdot t_Y = 75 \text{ kW} \cdot 5110 \text{ soat} \approx 383,2 \text{ MW} \cdot \text{soat.}$$

$$\Delta W_{Y1} = \Delta P_1 \cdot t_Y \text{ (12)} \rightarrow \Delta W_{Y1} = 0,793 \text{ kW} \cdot 5110 \text{ soat} \approx 4052 \text{ kW} \cdot \text{soat.}$$

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilma ulangandan keyingi holat:

$$\Delta W_{Y2} = \Delta P_2 \cdot t_Y \text{ (12)} \rightarrow \Delta W_{Y2} = 0,526 \text{ kW} \cdot 5110 \text{ soat} \approx 2688 \text{ kW} \cdot \text{soat.}$$

Ushbu holatda reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmaning qo'llanilishi hisobiga erishilgan yillik energiya isrofining dastlabki holatiga nisbatan ΔW_Y - farqi, ya'ni iste'molchilarni bir yil davomida o'rtacha ishlash vaqtida tejalgan elektr energiyasi miqdori kattaligi jihatidan $\Delta W_Y \approx 1364 \text{ } 0,267 \text{ kW} \cdot \text{soat}$, nisbiy $\Delta W_{Y\%}$ - foiz birlikda $\Delta W_{Y\%} \approx 33,7 \%$ ni tashkil etadi.

Xulosalar

Tadqiqot ishida eksperimental olingan va nazariy hisob ishlarining natijalari shuni ko'rsatadiki, reaktiv quvvati 40 kVAr bo'lgan kondensatorli reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmani elektr tarmoqqa qo'llanilishi hisobiga quyidagi samarali natijalarga erishildi:

➤ suv ta'minoti sexida o'rnatilgan uch fazali asinxron motorning quvvat koeffitsiyenti $\cos \varphi_1 \approx 0,797$ dan $\cos \varphi_2 \approx 0,976$ gacha oshirilib, tarmoqdagi tok kuchini 18,4% kamaytirilishi natijasida energiya isrofini $\Delta W_{Y\%} \approx 33,7 \%$ ga kamayishi ta'minlandi;

➤ tarmoqdagi reaktiv quvvat, kompensatsiyalovchi qurilmani ulanishi hisobiga dastlabki 56,9 kVAr holatiga nisbatan $\approx 16,9 \text{ kVAr}$ gacha kamaytirildi;

➤ kabel o'tkazgichda tok kuchi dastlabki 143 A holatiga nisbatan 116,7 A gacha kamaytirilishi hisobiga kabledagi aktiv quvvat isrofi $\Delta P_1 \approx 0,793 \text{ kW}$ dan $\Delta P_2 \approx 0,526 \text{ kW}$ gacha, ya'ni $\Delta P_{\%} \approx 33,7 \%$ foizga kamaytirildi;

➤ suv ta'minoti sexi nasos agregatida o'rnatilgan uch fazali asinxron motorning bir yil davomida har sutkada o'rtacha 14 soat ishlash vaqtida tarmoqdagi yillik energiya isrofi $\Delta W_{Y1} \approx 4052 \text{ kW} \cdot \text{soat}$ dan $\Delta W_{Y2} \approx 2688 \text{ kW} \cdot \text{soat}$ gacha kamaytirilishi hisobiga kattaligi bo'yicha $\Delta W_Y \approx 1364 \text{ } 0,267 \text{ kW} \cdot \text{soat}$, nisbiy $\Delta W_{Y\%}$ - foiz birlikda $\Delta W_{Y\%} \approx 33,7 \%$ elektr energiyasi tejalishi ilmiy jihatdan asoslab berildi.

Adabiyotlar ro'yxati

- [1]. Wang Q., Li Y., Li R. Integrating artificial intelligence in energy transition: A comprehensive review // *Energy Strategy Reviews*. – 2025. – DOI: 10.1016/j.esr.2024.101600.
- [2]. Mbasso W. F. Digital twins in renewable energy systems: A comprehensive review of concepts, applications, and future directions // *Energy Strategy Reviews*. – 2025. – Vol. 61. – Art. 101814. – DOI: 10.1016/j.esr.2025.101814.
- [3]. Eltohamy M. S. Enhancing Electric Grid Flexibility for the Integration of Variable Renewable Energy: Challenges, Innovations, and Future Directions // *IEEE Access*. – 2026. – Vol. 14. – P. 23080–23109. – DOI: 10.1109/ACCESS.2026.3660837.
- [4]. Ba L., Tangour F., El Abbassi I., Absi R. Analysis of Digital Twin Applications in Energy Efficiency: A Systematic Review // *Sustainability*. – 2025. – Vol. 17, No. 8. – Art. 3560. – DOI: 10.3390/su17083560.
- [5]. Khan W. A. Digital twin role for sustainable and resilient renewable power plants: A systematic literature review // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. – 2025. – Vol. 75. – Art. 104197. – DOI: 10.1016/j.seta.2025.104197.



- [6]. Черникова Т. М., Дабаров В. В., Каченков А. К. Повышение энергоэффективности асинхронных двигателей // *Техника и технология горного дела*. – 2024. – № 1 (24). – С. 77–86. – DOI: 10.26730/2618-7434-2024-1-77-86.
- [7]. Бабенко П. А. Исследование влияния конструктивных вариаций асинхронных электродвигателей на энергоэффективность их работы // *Вестник науки*. – 2024. – № 1 (70). – Т. 3. – С. 1051–1055.
- [8]. Бурков А. Ф., Юрин В. Н., Аветисян В. Р. Исследование возможностей повышения энергоэффективности асинхронных двигателей // *Проблемы энергетики*. – 2018. – Т. 20, № 9–10. – С. 92–100. – DOI: 10.30724/1998-9903-2018-20-9-10-92-100.
- [9]. Мугалимов Р. Г., Закирова Р. А., Мугалимова А. Р. Энергоэффективные асинхронные двигатели: технико-экономические преимущества и оптимизация себестоимости их создания // *Электротехнические системы и комплексы*. – 2016. – № 2 (31). – С. 30–34. – DOI: 10.18503/2311-8318-2016-2(31)-30-34.
- [10]. Панов А. Т., Бобомуродова М. Б., Зоиров Ж. М., Шарипов А. Ш. Энергосбережение на асинхронных моторах на примере текстильного предприятия «Ark Eko Tekstil» // *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*. – 2021. – Vol. 10, Issue 5. – DOI: 10.15680/IJIRSET.2021.1005140.
- [11]. Фрозинов Н. А., Чернова Т. Ю. Компенсация реактивной мощности в асинхронном электроприводе // *Известия ТулГУ*. – 2010. – Вып. 3. – С. 214–216.
- [12]. Герасименко А. А. Оптимальная компенсация реактивной мощности в системах распределения электрической энергии : монография. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. – 218 с.
- [13]. Дабаров В. В. Компенсация реактивной мощности в динамических режимах работы электродвигательной нагрузки : монография. – Кемерово : КузГТУ, 2014. – 100 с.
- [15]. Ахмадалиев У. А., Абдуллаев М. Повышение коэффициента мощности электроприводов переменного тока // *Universum: технические науки : электронный научный журнал*. – 2019. – № 11 (68).
- [16]. Паули В. К. Реактивная мощность: состояние, проблемы, задачи // *Новое в российской энергетике*. – 2006. – Т. 1. – С. 25–34.