UDK 621.311.2

SANOAT KORXONALARIDA REAKTIV QUVVATNI AVTOMATIK ROSTLASHNING NAZARIY ASOSLARI

Nimatov Kamoliddin Baxriddinovich
Qarshi davlat texnika universiteti katta o‘qituvchi
Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: k.b.nimatov@gmail.com

Annotatsiya: Maqolada sanoat korxonalarida reaktiv quvvat iste’molining ortishi va uni avtomatik rostlash zaruriyati asoslab berilgan. «Shurtan gaz kimyo majmuasi» misolida aktiv va reaktiv quvvatning sutkalik yuklama grafiklari tahlil qilingan, 1 kV gacha ishlovchi asinxron dvigatellar reaktiv quvvatga asosiy ta’sir etuvchi omil ekanligi ko‘rsatilgan. Pearson korrelyatsiyasi asosida reaktiv quvvatning aktiv quvvat yo‘qotishlari va kuchlanish yo‘qolishlariga r≈0,95–1 darajada kuchli bog‘liqligi isbotlangan. Tadqiqot reaktiv quvvatni optimallashtirish va avtomatik kompensatsiya qilishning ahamiyatini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: reaktiv quvvat, aktiv quvvat, yuklama grafigi, asinxron dvigatel, energiya yo‘qotishlari, korrelyatsiya, kuchlanish yo‘qolishi, avtomatik kompensatsiya.

Аннотация: В статье обоснована необходимость автоматического регулирования реактивной мощности на промышленных предприятиях. На примере «Шуртанского газохимического комплекса» проведён анализ суточных графиков активной и реактивной мощности и установлено, что асинхронные двигатели до 1 кВ являются основными потребителями реактивной нагрузки. Корреляционный анализ показал высокую зависимость потерь активной мощности и падения напряжения от величины реактивной мощности (r≈0,95–1). Исследование подтверждает значимость оптимизации и автоматической компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: реактивная мощность, активная мощность, график нагрузки, асинхронный двигатель, потери энергии, корреляция, падение напряжения, автоматическая компенсация.

Abstract: The article substantiates the need for automatic reactive power control in industrial enterprises. Based on the example of the Shurtan Gas Chemical Complex, daily active and reactive power load curves were analyzed, showing that low-voltage (up to 1 kV) asynchronous motors are the main sources of reactive power demand. Pearson correlation analysis revealed a strong dependence of active power losses and voltage drops on reactive power (r≈0.95–1). The results confirm the importance of optimizing and automatically compensating reactive power in industrial power supply systems.

ISSN 3030-3907

Keywords: reactive power, active power, load curve, asynchronous motor, energy losses, correlation, voltage drop, automatic compensation.

Kirish

Ma'lumki, sanoat korxonalarida texnologik jarayon uzluksizligini ta'minlashda aktiv quvvat bilan birga reaktiv quvvat ham muhim rol o'ynaydi. Sanoat korxonalarining texnologik jarayoni tahlili shuni ko'rsatadiki, ularda kuch iste'molchilarining asosiy qismini asinxron dvigatellar tashkil etib, umumiy ishlab chiqarilgan reaktiv quvvatning 60÷65% ini iste'mol qiladi. Bundan tashqari sanoat korxonalarida stabillovchi va o'zgartiruvchi uskunalardan foydalanishning kengayishi va yarim o'tkazgichli o'zgartirgichlarning qo'llanilishi reaktiv quvvat iste'molining ortishiga olib keladi.

Bugungi kunda, elektr energiyasining yo'qotilishi, sanoat korxonalarining elektr ta'minotidagi muammmolar va elektr energiya sifatiga ta'sir etuvchi omillar energetika sohasidagi yechilishi kerak bo'lgan dolzarb masalalardan biri bo'lib, bunday muammolarni samarali hal qilish uchun yangi usullar va zamonaviy texnologiyalarning joriy etilishini talab etadi. Shuningdek, elektr ta'minotining samaradorligi, ishonchliligi va elektr energiya sifati bo'yicha hamda energiya yo'qotishlarining oldini olishga qaratilgan ilmiy yechimlar ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Sanoat korxonalarining elektr yuklamalarini va energiya iste'moli dinamikasini tahlil qilish ularning elektr yuklamalar grafiklarini o'rganishdan boshlanadi. Barcha sanoat korxonalari, jumladan, uzluksiz ish rejimida faoliyat yurituvchi korxonalar ham, texnologik jarayonlarning xususiyatlari bilan belgilanadigan sutkalik elektr yuklama grafiklari qator xususiyatlarga ega.

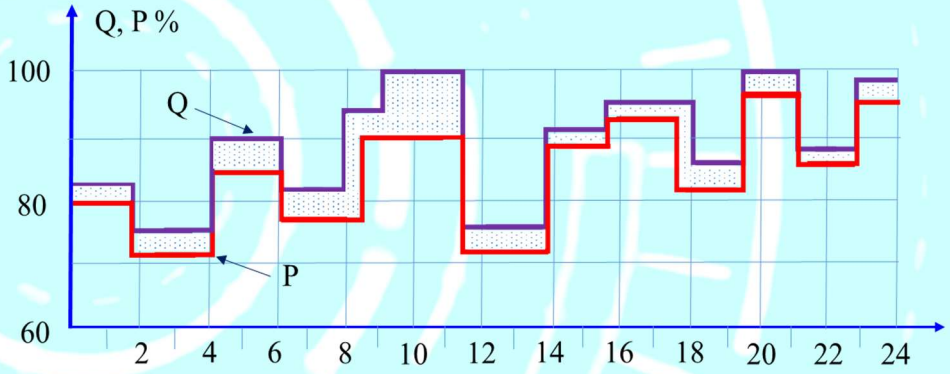
Gazni qayta ishlash sanoati korxonalarida elektr energiyasi iste'moli balansi tahlili shuni ko'rsatadiki, korxonalarda sarflanadigan elektr energiyaning asosiy qismi elektrokimyoviy, elektrotermik va elektromagnit jarayonlarni amalga oshirishga yo'naltirilgan. Bu jarayonlar separator agregatlari, kompressor va nasos stansiyalari, ventilyatorlar hamda isitish va sovitish tizimlari kabi elektr uskunalarining elektr motorlari ishga tushishi va ularning uzluksiz ish rejimi bilan tavsiflanadi. Shuningdek, energiya sarfining katta ulushi ishlab chiqarish sikllarini uzluksiz ta'minlashga yo'naltirilgan yordamchi qurilmalar va avtomatika tizimlari hissasiga to'g'ri keladi.

Sanoat korxonalarining elektr yuklama grafiklarini, aktiv va reaktiv quvvat iste'molini tahlil qilishda, bir necha turdagi yirik (energiya sig'imdorligi yuqori) korxonalar o'rganib chiqildi. Jumladan, gazni qayta ishlash sanoati korxonalari uchun namunaviy elektr yuklama grafiklari tanlanib, korxonaning texnologik xususiyatidan kelib chiqib shakllantirildi. Bunda korxona bo'yicha sutkalik yuklama tahlil qilinganda, tasodifiy yoki ehtimolli xarakterga ega bo'lgan eng

ISSN 3030-3907

keskin o‘zgaruvchi aktiv va reaktiv quvvat oraliqlari istisno tariqasida chiqarib tashlanib, ma’lum bir qonuniyatga ega qiymatlar asosida xulosa qilindi.

Quyida tadqiqot obyekti sifatida tanlab olingan «O‘zbekneftgaz» AJ tarkibidagi «Shurtan gaz kimyo majmuasi» MCHJ korxonasining aktiv va reaktiv quvvat asosida sutkalik namunaviy elektr yuklama grafigi keltirilgan. (1-rasm)



1-Rasm. «Shurtan gaz kimyo majmuasi» MCHJ sanoati korxonasida aktiv va reaktiv yuklama bo‘yicha namunaviy sutkalik elektr yuklama grafigi

Keltirilgan sutkalik elektr yuklamasi grafigidan ko‘rinib turibdiki, zavod uch smenada ishlaydi, sutkalik yuklama tahlili natijalarida reaktiv quvvatning tebranishi, ya’ni reaktiv quvvatga bo‘lgan talabning maksimum va minimumlar orasidagi o‘zgarishi 30% gacha yetishi tasdiqlaydi. Xususan, tungi vaqtlarda va tushlik soatlarida quvvat iste’moli 70–90% atrofida o‘zgargan bo‘lsa, sutkaning boshqa vaqt oraliqlarida 90–100% gacha ko‘tarilishi kuzatiladi. Bu holat korxonadagi texnologik jarayonlar intensivligi ya’ni katta quvvatli kompressorlarni va nasoslarni ishga tushish sikli vaqtida yuklama o‘zgarishlarini ifoda etadi. hamda reaktiv quvvat yuklamasining tebranishi keskin o‘zgaruvchan. 1-jadvalda korxonaning xududida joylashgan asosiy sexlardagi texnologik jarayonlari bilan bog‘liq bo‘lgan 1 kV gacha kuchlanishga mo‘ljallangan elektr dvigatellarni soni va quvvatlari keltirilgan.

1-jadval.

Shurtan gaz kimyo majmuasining 1kV gacha kuchlanishga mo‘ljallangan elektr dvigatellarining soni va quvvati

№	Sexlar	Dvigatelning o‘rnatilgan quvvati, kW	Elektr dvigatel-lari soni
1	Etilen ishlab chikarish sexi	15÷110	166
2	Polietilen ishlab chikarish sexi	13,5÷270	253
10	BGXT ishlab chikarish sexi	4,1÷90	110
11	ETS Demin podstansiya	4,1÷90	8
17	ISR-1-2-3 Sovitish tizimi	4,1÷270	14
19	ICT sexi Nasos stansiya -1	4,1÷373	36

ISSN 3030-3907

34	ICT sexi Nasos stansiya -2	5,5÷270	36
	Jami:		**623**

1-jadval ma’lumotlari tahlil qilinsa, gazni qayta ishlash zavodida 1kV gacha kuchlanishda ishlaydigan asinxron dvigatellarning quvvatlari 4,1÷270 kW oraliqda ekanligi aniqlandi. Shu bilan birgalikda eng ko‘p dvigatellar joylashgan sex polietilen va etilen ajratish sexlari hisoblanib, polietilen ishlab chiqarish sexida har xil quvvatga ega 253 ta dvigatellar turli xil qurilmalarda texnologik jarayonga oid vazifalarni bajarib kelayotgan bo‘lsa, etilen ishlab chiqarish sexida esa har xil quvvatga ega 166 ta asinxron dvigatellar turli xil qurilmalarda texnologik jarayonga oid vazifalarni bajarib kelmoqda. Bundan tashqari gazni quvurlarga siqib haydash, etilen va polietilen sexlarini yuqori bosimli bug‘ bilan ta’minlash hamda katta hajmdagi suv bilan ta’minlash uchun kompressor va nasoslarda 2 ta 90 kW, 1 ta 100 kW, 9 ta 110 kW, 2 ta 125 kW, 8 ta 132 kW, 3 ta 160 kW, 5 ta 186,5 kW, 7 ta 270 kWli 1 kV gacha kuchlanishga mo‘ljallangan katta quvvatli asinxron elektr dvigatellar mavjud, bu dvigatellar ham reaktiv quvvat yuklama grafigiga sezilarli ta’sir qiladi. Shu bois reaktiv quvvat iste’molini korxonaning o‘zida optimallashtirish, kompensatsiya vositalarini zarur darajada tanlash va ularni avtomatik boshqarish orqali elektr tarmog‘ida barqaror kuchlanishni ta’minlash mumkin va muhim ahamiyatga ega.

Shurtan gaz kimyo majmuasining elektr energiya uzatish tarmoqlari va transformatorlarida reaktiv quvvatning ortiqcha oqib o‘tishi natijasida qo‘shimcha aktiv quvvat hamda energiya yo‘qotishlari yuzaga keladi, bu esa o‘z navbatida elektr energiyasining asosiy sifat ko‘rsatkichi kuchlanishning nominal qiymatidan og‘ishini keltirib chiqaradi. Agar elektr uzatish liniyalari ma’lum aktiv qarshilikka R ega bo‘lib, ular orqali aktiv P va reaktiv Q quvvatlar uzatilayotgan bo‘lsa, bunday holda aktiv quvvatning yo‘qotish miqdori mazkur qarshilik va uzatilayotgan quvvatlar kattaliklariga bog‘liq holda aniqlanadi. Demak, reaktiv quvvatni elektr uzatish tarmoqlaridan uzatilishi natijasida qo‘shimcha aktiv quvvat nobudgarchiligi ($\Delta P_p = \frac{Q^2}{U^2} R_l$) sodir bo‘lib, uning qiymati Q ning kvadratiga to‘g‘ri proporsionaldir.

2-jadval.

Reaktiv quvvatning ortishi natijasida faollashayotgan yo‘qotishlar dinamikasi

Bog‘lanish formulasi	Reaktiv quvvat talabining o‘zgarishi	Aktiv quvvat isroflarining o‘zgarishi
$\Delta P_p = \frac{Q^2}{U^2} R_l$	+10 %	+21 %
	+20 %	+44 %
	+50 %	+125 %

ISSN 3030-3907

	+2 marta	+4 marta

Tarmoq parametrlari o‘zgarmas bo‘lganda reaktiv quvvat Q va aktiv quvvat isrofi ΔP o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholash uchun Pearson korrelyatsiya koeffitsiyenti qo‘llanildi.

$$r_{Q,\Delta P_p} \frac{\sum(Q_i - \bar{Q})(\Delta P_{p,i} - \overline{\Delta P_p})}{\sqrt{\sum(Q_i - \bar{Q})^2(\Delta P_{p,i} - \overline{\Delta P_p})^2}}$$

Tenglama natijalari Shurtan gaz kimyo majmuasining real o‘lchov ma’lumotlarida quyidagicha baholandi: Q bilan ΔP o‘rtasidagi korrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagiga teng.

$$r \approx (0{,}95 \div 0{,}99)$$

Bu natijalar tarmoq yo‘qotishlarining 95÷100% darajada aynan reaktiv quvvat miqdoriga bog‘liqligini isbotlaydi.

Aktiv va reaktiv qarshiliklari R va X bo‘lgan energetik tizimi tarmoqlaridan R va Q quvvatli energiya uzatilganda kuchlanishning nominaldan og‘ishi R va Q bog‘liq holda aniqlanadi. Demak, reaktiv quvvat uzatilishi natijasida elektr ta’minoti tizimi elementida qo‘shimcha reaktiv kuchlanish yo‘qolishi ($\Delta U_p = QX/U$) sodir bo‘lib, uning miqdori Q va X larga to‘g‘ri proporsionaldir.

Tarmoq parametrlari o‘zgarmas bo‘lganda yuklama reaktiv quvvati Q va tarmoqdagi kuchlanish yo‘qotilishi ΔU orasidagi bog‘liqlikni baholash uchun Pearson korrelyatsiya koeffitsiyenti ishlatildi.

$$r_{Q,\Delta U} \frac{\sum(Q_i - \bar{Q})(\Delta U_i - \overline{\Delta U})}{\sqrt{\sum(Q_i - \bar{Q})^2(\Delta U_{,i} - \overline{\Delta U})^2}}$$

Demak nazariy jihatdan “Shurtan gaz kimyo majmuasi”ning real o‘lchov ma’lumotlarida quyidagicha baholandi. $\Delta U = kQ$ bilan $k = X/U$ o‘zgarmas bo‘lsa korrelyatsiya koeffitsiyenti quyidagiga teng.

$$r_{Q,\Delta U} \approx 1$$

Bu natijalar tarmoqdagi kuchlanish yo‘qotishlari aynan reaktiv quvvat talabining miqdoriga bog‘liqligini isbotlaydi. Bu esa iste’molchilarni sifatli elektr energiya bilan ta’minlanmasligi bilan birga tizimda katta yo‘qotishlarga ham olib keladi. Bu esa o‘z navbatida shu nuqtada mazkur manbalarni rostlash iste’molchilarning iste’mol quvvatiga mos bo‘lgan reaktiv quvvatni ta’minlashni dolzarb masala qilib qo‘yadi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, sanoat korxonalarida reaktiv quvvatning belgilangan ko‘rsatkichdan ortiqcha iste’moli elektr energiyasi ta’minoti tizimining asosiy ko‘rsatkichlariga bevosita salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Reaktiv quvvatning ortishi aktiv quvvat yo‘qotishlarini $r \approx 0{,}95 \div 0{,}99$ darajada yuqori

ISSN 3030-3907

bog‘liqlik bilan oshiradi, shuningdek, tarmoqdagi kuchlanish yo‘qolishlari $\Delta U = QX/U$ tenglamasiga asosan deyarli ideal tarzda $r \approx 1$ reaktiv quvvat talabining miqdoriga bog‘liq bo‘ladi. Natijada tarmoqda kuchlanishning nominal qiymatdan og‘ishi, qurilmalar va elektr dvigatellarining ish rejimlarida nonormal holatlar, issiqlik yuklamalarining ortishi va umumiy energiya samaradorligining pasayishi yuzaga keladi. Shu bois reaktiv quvvat iste’molini optimallashtirish, kompensatsiya vositalarini to‘g‘ri tanlash va ularni avtomatik boshqarish sanoat korxonalarini barqaror, sifatli va kam yo‘qotishli elektr energiyasi bilan ta’minlashda strategik ahamiyatga ega hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Nimatov, K., Raxmonov, I., Korjobova, M., & Kholikhmatov, B. (2025, November). The role of digitalization in improving energy efficiency in steel smelting in Uzbekistan. IV International Scientific and Technical Conference “Actual Issues of Power Supply Systems”.
2. Nasyrov, T., Safarov, K. S., Mamatkulov, A., Nimatov, K., & Matchonov, O. (2025, November). Inter-subject relations of physics and energy disciplines, as a didactic condition for increasing the quality of students’ knowledge. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3331, No. 1, p. 020008). AIP Publishing LLC.
3. Nimatov, K. (2025). РЕАКТИВ ҚУВВАТНИ АВТОМАТИК РОСТЛАШДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН КУЧЛАНИШ РЕЛЕЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШНИНГ ДОЛЗАРБЛИЛИГИ.
4. Baxriddinovich, N. K., & Mahammadievna, B. M. (2025). MODELING AUTOMATIC REACTIVE POWER CONTROL IN INDUSTRIAL ENTERPRISES USING THE FUZZY LOGIC METHOD. *JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN*, *8*(5), 12-18.
5. Nimatov, K., Raxmonov, I., & Najimova, A. (2025). DELAY-TIME CONTROLLED CONTACTLESS VOLTAGE REGULATOR DEVICE.
6. Beitullaeva, R., Tukhtaev, B., Norboev, A., Nimatov, K., & Djuraev, S. (2023). Analysis of pump operation in common pressure pipelines using the example of the “Chirchik” pumping station. In E3S Web of Conferences (Vol. 460, p. 08015). EDP Sciences.
7. Ibragimov, M., Akbarov, D., Fayziyev, M., Beytullaeva, R., Nimatov, K., & Safarov, K. S. (2023, March). Analysis of the methods of diagnosing asynchronous motors according to vibration indicators. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1142, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
8. Fayziyev, M., Ochilov, Y., Nimatov, K., & Mustayev, R. (2023). Analysis of payment priority for electricity consumed in industrial enterprises on the base of classified tariffs. In E3S Web of Conferences (Vol. 384, p. 01039). EDP Sciences.

ISSN 3030-3907

9. Usmanov, E., Kholikhmatov, B., Rikhsitillaev, B., & Nimatov, K. (2023). Device for reducing asymmetry. In E3S Web of Conferences (Vol. 461, p. 01052). EDP Sciences.
10. Markaev, N., Akbarov, D., Radjapov, Z., Beytullaeva, R., & Nimatov, K. (2024, November). Effects of electrical treatment on the tissues of grape cuttings and characteristics of the equivalent replacement scheme. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3244, No. 1, p. 060006). AIP Publishing LLC.
11. Рахмонов, И. У., Ниёзов, Н. Н., Ниматов, К. Б., Ушаков, В. Я., угли Омонов, Ф. Б., Реймов, К. М., & Нажимова, А. М. (2025). Mathematical model for reducing active power losses by regulating reactive power at enterprises with continuous production mode. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University Geo Assets Engineering, 336(2), 159-171.
12. Baxriddinovich, N. K., & Malik o‘g‘li, M. X. (2024, Aprel). MASHINASOZLIK KORXONALARI ENERGIYA SAMARADORLIGINING HOZIRGI KUNDAGI HOLATI. In INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH CONFERENCE (Vol. 2, No. 23, pp. 182-189).
13. Kamoliddin B. Nimatov Ikromjon U. Raxmonov. (2025/1) PROBLEMS OF ENERGY AND SOURCES SAVING. Kontaktsiz kuchlanish relelari asosida reaktiv quvvatni boshqarishni modellashtirish usullari.
14. K.B. Nimatov I.U.Rakhmonov. (2023/10) International Journal of AdvancedResearch in Science, Engineering and Technology. Application of Contactless Voltage Regulators in Automatic Reactive Power Consumption Control

ISSN 3030-3907