



## GIBRID ENERGIYA MANBALI ELEKTR TA'MINOTI TIZIMI TARMOQLARINING REAKTIV QUVVATI KATTALIKLARI TAHLILI

A.B.Abubakirov

U.O.Muxammeddinova

Nukus davlat texnika universiteti,

Nukus, Uzbekistan, aziz1306@mail.ru

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15632174>

### ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 01-June 2025 yil

Ma'qullandi: 07- June 2025 yil

Nashr qilindi: 10- June 2025 yil

### KEYWORDS

*Reaktiv quvvat, uch fazali tok, o'lchash, masofali nazorat, o'zgartkich, gibrid energiya.*

### ABSTRACT

*Ushbu maqolada gibrid energiya manbali elektr ta'minoti tizimi tarmoqlarida reaktiv energiya hamda quvvatning uch fazali toklarini o'lchash va masofadan nazorat qilish uchun yuqori aniqlikni ta'minlovchi birlamchi elektromagnit o'zgartirgichlarning tuzilmalarini ishlab chiqishda reaktiv quvvat kattaliklarini tahlili amalga oshirilgan.*

Gibrid energiya manbali elektr ta'minoti tizimi tarmoqlarida reaktiv energiya hamda quvvatning uch fazali toklarini qat'iy o'rnatilgan sifatlarini belgilovchi, me'yoriga keltirilishini ta'minlovchi elektromagnit o'zgartkich qurilmalari, elementlar va vositalar hamda tuzilmalarini takomillashtirishga katta e'tibor qaratilmoqda. Ushbu yo'nalishda rivojlangan mamlakatlarning gibrid energiya manbali elektr tarmoqlarida uch fazali reaktiv quvvat toklarini o'lchash va masofadan nazorat qilish uchun yuqori aniqlikni ta'minlovchi birlamchi elektromagnit o'zgartirgichlarning tuzilmalarini ishlab chiqishda reaktiv quvvat kattaliklari dolzarb hisoblanib, ularning talili va amaliyotga joriy qilish muhim ahamiyat kasb etadi.

**Asosiy qisim.** Gibrid energiya manbalariga (GEM) asoslangan elektr ta'minoti tizimi tarmoqlari (ETTT) uchun reaktiv quvvat kattaliklari determinativ omil sifatida namoyon bo'lib, ular elektr tarmoqlarining foydali ish koeffitsiyentini oshirish orqali elektr energiyasining sifati, uzatish jarayonining barqarorligi va tizimning umumiy iqtisodiy samaradorligini optimallashtirishga xizmat qiladi. Buningda kunda reaktiv quvvat iste'molining o'sishi aktiv quvvat iste'molining o'sishidan ancha yuqori bo'lib, ayrim korxonalarda reaktiv yuklama aktiv yuklamaga nisbatan 130% ni tashkil etadi [1]. Reaktiv quvvatning uzoq masofalarga uzatilishi elektr ta'minoti tizimining texnik-iqtisodiy samaradorligini pasaytirib, qo'shimcha energiya yo'qotishlari va ortiqcha yuklanishlarga olib keladi [2].

ETTTlarida aktiv quvvat asosan markazlashgan elektr ta'minoti (MET) generatorlari va gibrid energiya manbalari (GEM) tarafidan hosil qilinib, reaktiv quvvat manbalaridan bo'lgan kondensator batareyalari, stansiya generatorlari, sinxron kompensatorlar, sinxron yuritgichlardan reaktiv quvvat ishlab chiqiladi va elektr uzatish liniyalari orqali uzatiladi [3, 4].

ETTTni loyihalashda reaktiv quvvat koeffitsientini oshirish va uning ko'rsatkichlarini yaxshilash muhim ahamiyatga ega. Elektr energiya iste'molining reaktiv quvvat koeffitsientini elektr tarmoqlarning texnik – iqtisodiy ko'rsatkichlari aniqlaydi, sababi reaktiv quvvatni kompensatsiyalash masalasi to'g'ri echish asosida iste'molchilar, elektr energiya uzatish

tarmoqlari, elektr energiyani tarqatuvchi qurilmalar, transformatorlar, generatorlar va o'lchov va nazorat qurilmalarini o'z ichiga olgan ETTT ishining samaradorligi ta'minlanadi [5].

GEMli ETTTlarida reaktiv quvvatni elektr uzatish tarmoqlari va transformatorlar yordamida uzatish elektr energiyaning yanada isrof bo'lishiga, kuchlanish yo'qotuvining ortishiga va tizimga ketadigan mablag'larning ortib ketishiga olib keladi.

1. Elektr energiya uzatish linyalari va transformatorlarning reaktiv quvvat iste'moli natijasida qo'shimcha aktiv quvvat va energiya isroflari yuz beradi. Agar  $R$  qarshilikli liniya bo'ylab  $R$  - aktiv va  $Q$  - reaktiv quvvatlar oqib o'tsa, aktiv quvvatning yo'qolishi quyidagicha hisoblanadi [4]:

$$\Delta P = I^2 R = \left( \frac{S}{U} \right)^2 R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_a + P_p. \quad (1)$$

Elektr energiyasining reaktiv quvvatini ETTT elektr energiya uzatish tarmoqlarining, transformatori bilan uzatishi orqali qo'shimcha aktiv quvvat isrofi ( $\Delta P_p = \frac{Q^2}{U^2} R$ ) sodir bo'lib, uning qiymati  $Q$  - reaktiv quvvatning kvadratiga to'g'ri proporsionaldir. Bundan quyidagicha xulosa chiqarish mumkin, elektr stantsiyalar generatorlaridan iste'molchilargacha reaktiv quvvat uzatish maqsadga muvofiq emas [5].

2.  $R$  - aktiv va  $X$  - reaktiv qarshiliklari bo'lgan ETTT elementlaridan (transformator, liniya va x.k)  $R$  va  $Q$  quvvatli elektr energiya uzatilganda, kuchlanishning yo'qolishi quyidagicha aniqlanadi [4-8]:

$$\begin{aligned} \Delta U &= IR \cos \varphi + IX \sin \varphi = \frac{UI \cos \varphi}{U} R + \frac{UI \sin \varphi}{U} X = \\ &= \frac{P}{U} R + \frac{Q}{U} X = \Delta U_a + \Delta U_p, \end{aligned} \quad (2)$$

bu yerda  $\Delta U_a$  - aktiv quvvatning uzatilishiga bog'liq kuchlanishning yo'qotilishi;  $\Delta U_p$  - reaktiv quvvatning uzatilishiga bog'liq kuchlanishning yo'qotilishi [10].

Reaktiv quvvatning elektr energiya uzatish liniyalaridan uzatilishi sabab ETTT elementlarida qo'shimcha kuchlanish isrofi ( $\Delta U_p = QX/U$ ) sodir bo'lib, uning hisobi reaktiv quvvat  $Q$  va qarshilik  $X$  ga to'g'ri proporsionaldir [8,10].

3.GEMli ETTTning katta miqdorda reaktiv quvvat bilan yuklanishi havo va kabel elektr energiya uzatish tarmoqlarining ko'ndalang kesim yuzalarini katta bo'lishiga va transformatorlarning quvvatlarini katta qilib tanlanishiga olib keladi. Ma'lumki, elektr energiya uzatish tarmoqlarining simlari ko'ndalang kesim yuzalari va transformatorlarning quvvatlari  $I_x$  - hisobiy tok va  $S_x$  - to'la quvvat bo'yicha qabul qilinadi [5, 8, 10]:

$$S_x^2 = P_x^2 + Q_x^2, \quad (3)$$

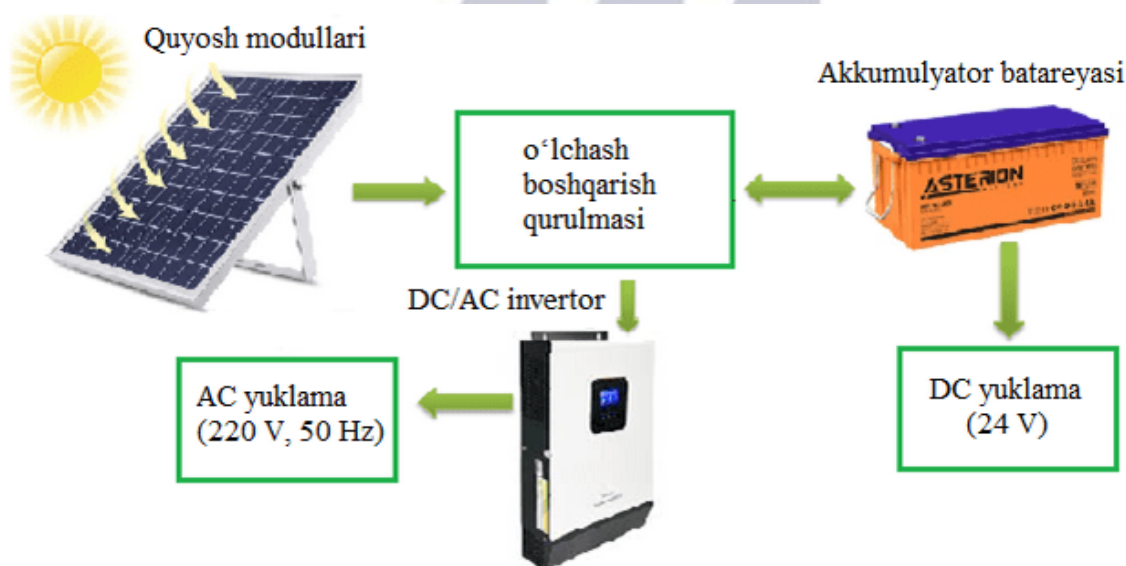
$$I_x^2 = \frac{P_x^2}{U_x^2} + \frac{Q_x^2}{U_x^2}. \quad (4)$$

Bunda ko'rish mumkinki,  $S_x$  va  $I_x$  qiymatlari  $Q$  ning hisobiga qo'shimcha ravishda o'sadi va buning natijasida elektr ta'minoti elementidan oqib o'tayotgan reaktiv quvvat ET elementlarining o'tkazish qobiliyatini kamaytiradi [11].

Keltirilgan xulosalardan ko'rinadiki, reaktiv quvvatni GEMli ETTT elementlaridan oqib o'tishini monitoringi bo'yicha chora - tadbirlar ishlab chiqish va ularni amalga oshirish shart. Buning uchun GEMlarning ETTTlaridagi xususiyatlarini to'la taxlil etish talab qilinadi.

**Quyosh energiya manbali ETTT.** Malumki, quyosh energiya ta'minoti manbai yarim o'tkazgichli materiallar yordamida quyosh nurlarining yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantiradi. Quyosh energiya ta'minot manbai tomonidan ishlab chiqarilayotgan energiya nafaqat elektr ta'minot qurilmalarini energiya bilan ta'minlash, balki akkumulyator batareyalarini zaryadlash uchun ham foydalaniladi. Masofadan o'lchash va nazorati qurilmasi orqali manba akkumulyatorning zaryad va razryad jarayonlari ham nazorat qilinadi. O'zgaruvchan tok iste'mol qiladigan elektr ta'minoti qurilmalari inverter orqali va o'zgarmas tok iste'mol qiladigan qurilmalar to'g'ridan-to'g'ri akkumulyator batareyalariga ulanadi [3, 8].

Quyosh energiya ta'minoti tizimlari uchta asosiy On-grid, Off-grid va Hybrid turlariga bo'linadi. Shundan Off-grid turidagi energiya ta'minoti manbalarining tuzilish sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



**1-rasm. Quyosh energiya ta'minoti manbasining Off-grid turidagi tuzilish sxemasi**

Bu yerda DC yuklama (24 V) - iste'molchilarning o'zgarmas tok yuklamasi; AC yuklama (220 V, 50 Gs) - iste'molchilarning o'zgaruvchan tok yuklamasi hisoblanadi [11].

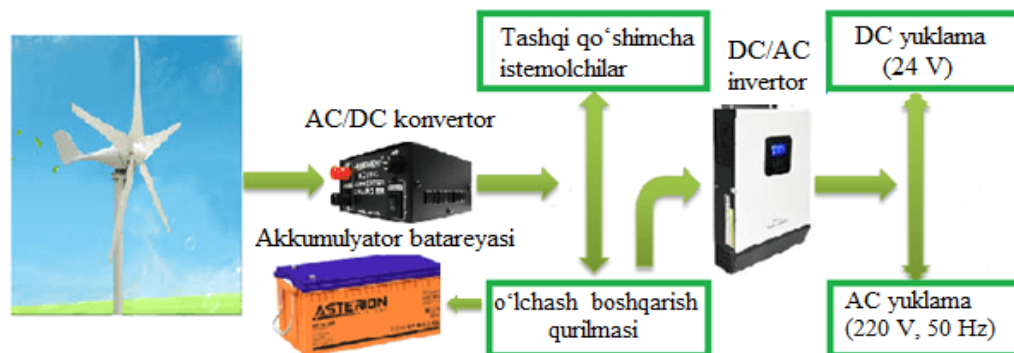
Tadqiqotlarga ko'ra, aprel-sentyabr oylarida quyosh energiyasi manbalaridan foydalanish yilning boshqa oylariga nisbatan samaraliroq bo'lib, qolgan davrlarda esa iste'molchilarni uzluksiz energiya bilan ta'minlash uchun quyosh energiyasi manbalaridan 2-3 baravar ko'proq foydalanishni talab qiladi. Bu esa o'z navbatida texnik sarf xarajatlarning ortishi hamda qurilmalarni uzluksiz ishlashini ta'minlay olmasligiga olib keladi [5, 7].

**Shamol energiya manbali ETTT.** Geografik joylashish va atmosferaning er usti qatlamida bo'lib o'tadigan murakkab iqlim jarayonlari tufayli Shamol energiyasi mavsumiy xarakterga ega hisoblanadi. Shamol oqimining o'rtacha solishtirma quvvati  $84,0 \text{ Vt/m}^2$  ga

teng, bo'lib ushbu ko'rsatkich Qoraqalpog'iston Respublikasida  $97,0 \text{ Vt/m}^2$  ni tashkil etadi [3,9,10].

Shamol energiya ta'minoti manbalaridan aralash hamda avtonom shaklda ETTTda foydalanilishi mumkin.

Shamol energiya ta'minoti tizimida ekspluatatsiya qilinadigan manbalarining tarkibiy tuzilish sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



**2-rasm. Shamol energiya ta'minoti manbasining tuzilish sxemasi**

Tadqiqot natijalari ko'rsatdiki, yilning qish fasli, bahorning mart, aprel hamda kuzning oktyabr, noyabr oylarida shamol energiyasi manbalaridan foydalanish yilning boshqa oylariga nisbatan samaraliroq bo'lib, qolgan davrlarda esa uzluksiz energiya ta'minoti uchun shamol energiyasi manbalaridan 2-3 baravar ko'proq foydalanish talab etiladi [10].

Shunday qilib, respublikamizning geografik iqlimidan kelib chiqqan holda, quyosh va Shamol energiya ta'minot manbalari orqali elektr ta'minot tizimlarini uzluksiz energiya bilan ta'minlashda asosiy masalalardan biri bu quyosh va Shamol energiya ta'minoti manbalari tizimini kompleks tadqiq qilish, yilning fasllari va oylari bo'yicha energiyaga ehtiyojini rejalashtirish va parametrlarini optimallashtirish masalasi hisoblanadi.

Bundan tashqari, elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmining dinamik o'zgarishlarini tahlil qilish, markazlashgan energiya tarmog'iga ulanilgan yoki mustaqil ishlash rejimlarida gibrid energiya manbalaridan optimal foydalanish strategiyalarini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega. Shuningdek, energetik qurilmalarining texnik parametrlarini takomillashtirish, ularning foydali ish koeffitsiyentini (F.I.K.) oshirish va ekspluatatsiya jarayonida ish samaradorligini doimiy monitoring qilish tizimini shakllantirish zarur hisoblanadi. Chiqish ikkilamchi kattaliklari va parametrlarining qiymatlari o'zgarishi yuz berganda, ularni avtomatik rostdash uchun raqamli texnika va texnologiyalari majmualari asosida energiya tejamkorligiga erishish talab etiladi.

**Xulosa.** Gibrid energiya manbali elektr ta'minoti tizimi tarmoqlaridan ta'minlangandagi uch fazali reaktiv nosimmetrik va nosinusoidal toklarning kattaliklari va ularni o'lchash hamda mosafadan nazorat qilish muammolari tahlil qilindi. Bunda gibrid energiya manbalari asosida energiya ta'minoti tizimining fizik-kattaliklari va parametrlarining o'zaro bog'liqligini kompleks tahlil qilish, uning funksional imkoniyatlarini kengaytirish maqsadida ilg'or dasturiy ta'minot vositalarini ishlab chiqish hamda tizimning ishlash xususiyatlarini real sharoitlarda modellashtirish imkonini beruvchi simulyatsion stendning tajribaviy prototipini yaratish zarurligi o'rganildi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Siddikov I.X., Abubakirov A.B., Kurbaniyazov T.U., Bekimbetov M.N., Uch fazali tokning nosimmetrikligini kuchlanishga o'tkazuvchi elektromagnitli o'zgartirgich // Patent RUz (UZ) № FAP 02157 U.S. 27.05. 2022 y.
2. Abubakirov A.B. Analysis of cloud computing of digital monitoring of nonlinear values and parameters of electric networks // Journal of Engineering and Technology (JET), ISSN(P):2250-2394; ISSN(E): Applied Vol. 12, Issue 2, Dec 2022, 35–44.
3. Azizjan Abubakirov, Timur Kurbaniyazov and Muratbay Bekimbetov. Analysis of three-phase asymmetrical currents in the secondary voltage of signal change sensors in the power supply system using graph models // E3S Web of Conferences 525, 03013 (2024), GEOTECH-2024, -T. №1.
4. Azizjan Abubakirov, Naurizbek Eshmuratov, Gulayim Esemuratova, and Muzaffar Nazarov. Electromagnetic converter of reactive power and monitoring of high-voltage induction motors // E3S Web of Conferences 525, 03016 (2024), GEOTECH-2024, -T. №1.
5. I.Kh.Siddikov, P.D.Chelyshkov, A.B.Abubakirov, N.M.Nazhimatdinov, R.Zh.Tanatarov. Structure of control sensors of multi-phase reactive power currents in power supply systems // Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies» IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 839 (5), 052045. pp. 1-9. doi:10.1088/1755-1315/839/5/052045. (AGRITECH-V - 2021). Publication Year: 2021. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/839/5/052045/pdf>
6. A. Djalilov, O. Matchonov, A. Abubakirov, J. Abdunabiev, A. Saidov. System for measuring and analysis of vibration in electric motors of irrigation facilities // Agricultural Engineering and Green Infrastructure Solutions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 868, International Conference on Agricultural Engineering and Green Infrastructure Solutions (AEGIS 2021) 12th-14th May 2021, Tashkent, Uzbekistan. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/868/1/012032>
7. I.Siddikov, A.B.Abubakirov, R.Seytimbetov, Sh.Kuatova, Yu.Lezhnina. Analysis of current conversion primary sensors dynamic characteristics of a reactive power source with renewable energy sources into secondary voltage // Part 1. E3S Web of Conferences 281, 09028. CATPID-2021. Publication Year: 2021.
8. I.Kh.Siddikov, M.A.Anarbaev, A.A.Abdumalikov, A.B.Abubakirov, M.T.Maxsudov, I.M.Xonturaev. «Modelling of transducers of nonsymmetrical signals of electrical nets» // International Conference On Information Science And
9. Communications Technologies Applications, Trends And Opportunities
10. // Publication Year: 2019, Page(s): 1–6. <http://WWW.ICISCT2019.Org>
11. I.X.Siddikov, A.B.Abubakirov, A.J.Allanazarova, R.M.Tanatarov, Sh.B.Kuatova // Modeling the secondary strengthening process and the sensor of multiphase primary currents of reactive power of renewable electro energy supply // Solid State Technology, Volume: 63 Issue: 6, Publication Year: 2020, pp: 13143-13148.
12. I.Siddikov, Kh.Sattarov, A.B.Abubakirov, M.Anarbaev, I.Khonturaev, M.Maxsudov. «Research of transforming circuits of electromagnets sensor with distributed parameters» // 10 th International Symposium on intelegent Manufacturing and Service Systems. 9-11 September 2019. Sakarya. Turkey. c.831-837.

13. Abubakirov A.B. «Research of the electromagnetic transducers for control of current of three phases nets» // European science review, Scientific journal № 5–6 Vienna, Austria. 2018.- pp. 269-273.



**INNOVATIVE  
ACADEMY**