



## YUQORI KUCHLANISHLI ASINXRON MOTOR UCH FAZALI REAKTIV TOKINING ASOSIY KATTALIK VA PARAMETRLARI

A.B.Abubakirov

N.q.Eshmuratov

M.F.Atoboev

Nukus davlat texnika universiteti, O'zbekiston, Nukus,  
aziz1306@mail.ru

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18711319>

### ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 15-fevral 2026 yil  
Ma'qullandi: 18-fevral 2026 yil  
Nashr qilindi: 20-fevral 2026 yil

### KEYWORDS

*Aktiv quvvat, reaktiv quvvat, to'la quvvat, reaktiv quvvat balansi, asinxron motor, yuqori kuchlanish, kattaliklar, parametrlar, aktiv va reaktiv qarshiliklar..*

### ABSTRACT

*Ushbu maqolada yuqori kuchlanishli asinxron motor uch fazali reaktiv tokining asosiy kattalik va parametrlari o'rganiladi. Bunda aktiv va reaktiv quvvat istemoli ularning energetika tizimidagi o'rni va ularning balansi haqqida taqliliy ma'lumotlar keltirilgan. Aktiv quvvat va uning balansi, energetika tizimidagi ahamiyati haqqida so'z etiladi. Reaktiv quvvat va reaktiv quvvat balansi, uning buzilishi, uning energetika tizimiga ta'siri, boshqa energetik parametrlarga ta'siri haqqida ma'lumotlar beriladi. Bu maqolada aktiv va reaktiv qarshiliklar, reaktiv quvvat parametrlari, reaktiv tok, reaktiv quvvatning tok va kuchlanishga ta'siri, reaktiv quvvat balansining sanoat korxonalaridagi boshqa qurilmalar yoki ish jarayonlariga ta'siri haqqida ma'lumotlar keltirilgan.*

Mamlakatimizda ishlab chiqarish va sanoatning boshqa yo'nalishlari rivojlanib borar ekan sanoatning asosiy elektr yurutvchi mexanizimlari elektr dvigatellari o'z navbatida asinxron motorlar hisoblanadi. Respublikamizda asosiy istemolchilar hisoblangan yuqori kuchlanishli asinxron motorlar elektr energetika tizimda hal qiluvchi rol o'ynaydi. Asinxron elektr motorlar elektr tarmog'idan bir vaqtning o'zida ham aktiv ham reaktiv quvvat istemol qiladi. Tarmoqda aktiv quvvatning ham reaktiv quvvatning ham balansi bo'lishi zarur hisoblanadi, aks holda energetika tizimining barqaror ishlashiga ta'sir etishi mumkun.

Aktiv quvvat elektr stansiyalarida ishlab chiqarilsa, reaktiv quvvat ham elektr stansiyalarida ham reaktiv quvvatni kompensatsiya qiluvchi uskunalarda yordamida ishlab chiqariladi.

Energetika tizimida reaktiv quvvat istemolchilarining tarkibini taxlil qilish shuni ko'rsatadiki, asosiy reaktiv quvvat istemolchilari besh xil ko'rinishdagi qurilmalarni tashkil etadi [16,20]:

- asinxron dvigatellar 40%,
- elektr isitgichlar 8%,
- ventil o'zgartgichlari 10%,
- transformatorlar 35%,

- elektr uzatish tarmoqlari (ular da isroflar) 7% tashkil qiladi.

Yuqoridagi taxlildan ham ko'rinadiki reaktiv quvvatning asosiy istemolchilari hisoblangan asinxron elektr dvigatellari ishlashi uchun zarur bo'lgan umumiy quvvat (S) ikki qismdan iborat [1].

S – to'la quvvat quyidagicha aniqlanadi

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (1)$$

bu yerda P – aktiv quvvat (Vt, kVt, MVt), Q – reaktiv quvvat (VAR, kVAR, MVAR).

Aktiv quvvat va reaktiv quvvat. Aktiv quvvat (P), elektr energiyasining bir shakli bo'lib, u elektr energiyasini foydali ishga aylantirish jarayonida ishlatiladi. Elektr zanjirida aktiv quvvat, yuk tomonidan qabul qilinadigan va ishlatiladigan haqiqiy quvvatni bildiradi. Uning asosiy vazifalari quyidagilar:

1. Elektr energiyasini ishga aylantirish: Aktiv quvvat elektr energiyasini mexanik ish, issiqlik, yorug'lik yoki boshqa energiya turlariga aylantirish uchun ishlatiladi.
2. Foydali ish bajarish: Elektr jihozlari yoki mashinalari aktiv quvvat orqali o'z funksiyalarini bajaradi. Masalan, elektr dvigatellarida bu quvvat mexanik harakat hosil qiladi.
3. Energiya sarfini o'lchash: Aktiv quvvat umumiy energiya sarfi va unumdorlikni baholashda ishlatiladi.

Reaktiv quvvat (Q) elektr tizimlarida o'yinchi sifatida ishtirok etib, yuklarga (masalan, induktiv yoki sig'imlilarga) kerakli magnit va elektr maydonlarini hosil qilish uchun ishlatiladi, ammo foydali ish bajarishda qatnashmaydi. Reaktiv quvvatning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat.

1. Magnit va elektr maydonlarini hosil qilish: Elektr dvigatellari, transformatorlar va boshqa induktiv yuklarda magnit maydonlar hosil qilish uchun reaktiv quvvat kerak. Ushbu maydonlar qurilmalar ishlashi uchun zarur, ammo ular haqiqiy (foydali) ishni bajarmaydi.
2. Energiya almashinuvi: Reaktiv quvvat elektr zanjirida yuk va manba o'rtasida uzluksiz ravishda qayta almashadi. U energiya saqlanadigan va yana manbaga qaytadigan shaklda bo'ladi, ammo real quvvat kabi energiya iste'mol qilmaydi.
3. Elektr zanjirida tokning fazasi bilan ishlash: Reaktiv quvvat zanjirdagi tok va kuchlanishning fazaviy farqini hosil qiladi. Bu fazaviy farq o'z navbatida umumiy zanjirdagi tokning o'zgarishiga ta'sir qiladi.

Asosiy reaktiv quvvat istemolchisi hisoblangan yuqori kuchlanishli asinxron motorlar ishlab chiqarish korxonalarida elektr energiyasining 55–60% ini istemol qiladi. Asinxron motorlarning asosiy kamchiligi  $\cos\varphi$  – quvvat koeffitsientining katta emasli, yani  $\cos\varphi=0,8-0,92$  ga tengligi hisoblanadi. Asinxron motorlar istemol qiladigan elektr energiyasining 25-40% qismi reaktiv, 60-75% qismi esa aktiv tashkil etuvchidan iborat [2,3]. Asinxron motorlarda magnit maydonini va magnit oqimini hosil qiluvchi reaktiv quvvatning bir qismi elektr stantsiya generatorlardan, qolgan qismini asinxron motorli elektr yuritmalar mavjud ishlab chiqarish va xizmat ko'rsatish korxonalariga o'rnatilgan boshqa reaktiv quvvat manbalardan hosil qilinishi mumkin. Elektr taminoti tizimida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash uning iqtisodiy va texnik ko'rsatkichlarini yaxshilaydi hamda transformator va elektr uzatish tarmoqlari ish samaradorligini oshiradi, aktiv quvvat isrofi va kuchlanish yo'qolishini kamaytiradi. Elektr taminoti tizimida aktiv elektr energiyasi va quvvat foydali ish bajarish uchun, reaktiv energiyasi

va quvvat esa magnit maydonini hosil qilish uchun sarflanadi. Ishlab chiqarilayotgan reaktiv quvvatning asosiy (60-65 %) qismi asinxron motorlarda sarf bo'ladi [4,5].

Yuqori kuchlanishli asinxron motorlarda reaktiv quvvat yetishmasligi - bu motorning ishlashi uchun zarur bo'lgan induktiv yoki sig'im quvvat yetarli emasligini bildiradi. Bu holat motorning ishlashiga bir qator noqulay ta'sirlar ko'rsatadi:

1. Magnit maydon hosil bo'lmasligi: Elektr dvigatellarida reaktiv quvvat rotor va stator o'rtasida magnit maydon hosil qilish uchun kerak. Agar reaktiv quvvat yetishmasa, magnit maydon yetarli darajada hosil bo'lmaydi, bu esa dvigatelning samarali ishlashiga to'sqinlik qiladi. Yuqori reaktiv quvvat dvigatelning foydali ish quvvatini pasaytirishi mumkin, chunki dvigatelning bir qismi reaktiv quvvatni qoplashga sarflanadi.

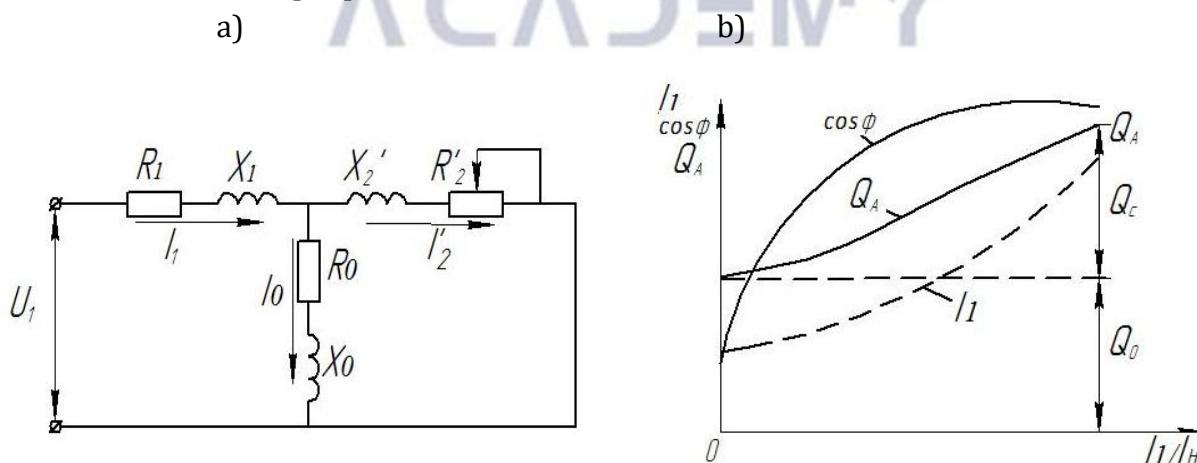
2. Dvigatelning quvvat omili yomonlashishi: Reaktiv quvvat yuqori bo'lsa, umumiy quvvat (aktiv va reaktiv quvvatlar yig'indisi) ortadi, lekin foydali aktiv quvvat pasayadi. Bu esa dvigatel samaradorligini kamaytiradi, chunki dvigatel faqat aktiv quvvat bilan ishlashga majbur bo'ladi. Bu esa tarmoqdan ko'proq oqim olishni talab qiladi, oqibatda tarmoqdagi yo'qotishlar oshadi.

3. Dvigatel isishiga olib kelishi: Reaktiv quvvat yetishmaganda, dvigatel qizishi mumkin, chunki u kerakli aylanish momentini hosil qilish uchun ortiqcha oqimni talab qiladi. Bu issiqlik ortiqcha bo'lib, dvigatelning xizmat muddatini kamaytirishi mumkin. Reaktiv quvvat ortganida elektr tarmog'idan o'tayotgan oqim hajmi ortadi. Bu elektr simlarida va dvigatelda qo'shimcha issiqlik hosil qiladi, natijada issiqlik tufayli dvigatel qizib ketishi mumkin.

4. Dvigatel quvvati kamayishi: Agar reaktiv quvvat yetarli bo'lmasa, dvigatelning aylanish momenti pasayishi mumkin, bu esa yuklarni samarali aylantirishga to'sqinlik qiladi. To'liq yuklamaga yetmaslik: Reaktiv quvvat yuqori bo'lsa, dvigatel o'zining to'liq quvvatini foydali ishga sarflay olmaydi, bu esa tizimning umumiy samaradorligini pasaytiradi.

Yuqorida ko'rsatilgan muammolarni yechish uchun biz yuqori kuchlanishli asinxron motorning reaktiv quvvat istemolini o'rganishimiz zarur.

Uch fazali asinxron motorlarda reaktiv quvvat istemolini 1.1-rasm yordamida tushuntirish mumkin [1,3].



1.1-rasm. Asinxron motorning almashtirish sxemasi (a) va ishchi tavsifi (b)

Uch fazali asinxron motor istemol qilayotgan reaktiv quvvat quyidagicha shakllantiriladi [1]:

$$Q_A = 3I_1^2 X_1 + 3I_0^2 X_0 + 3(I_2')^2 X_2 \approx 3I_0^2 (X_1 + X_0) + 3(I_2')^2 (X_1 + X_2) = Q_0 + Q_C, \quad (2)$$

bu yerda  $I_0$  – salt ishlash toki, bunda yuklama induktiv tabiatli deb hisoblanadi ( $\cos\varphi=0$ );  $Q_0$  va  $Q_C$  – salt ishlash va qisqa tutashish rejimlaridagi reaktiv quvvatlar bo'lib,  $Q_C$  ning qiymati motorning yuklama tokiga bog'liq.

Asinxron motor reaktiv quvvati yuklamaga bog'liq bo'lmagan salt ishlashdagi  $Q_0$  reaktiv quvvati motor nominal yuklamasidagi nominal  $Q_{nom}$  reaktiv quvvatga bog'liq holda o'zgarib turadi (1.1,b-rasm). Ishchi tavsifdan ko'rinadiki, asinxron motor salt ishlash rejimida  $\cos\varphi$  qiymati eng kichik qiymatga ega bo'ladi.

Asinxron motorning nominal kuchlanishda istemol qilayotgan reaktiv quvvati quyidagi ifodadan aniqlanadi [5]:

$$Q_A = Q_0 + \beta^2 Q_C, \quad (3)$$

bu yerda  $\beta=R/R_{nom}$  – asinxron motorning yuklanish koeffitsienti.

Pasport malumotlari asosida asinxron motorning nominal reaktiv quvvati quyidagicha topiladi [1]:

$$Q_{HOM} = \frac{P_{HOM}}{\eta_{HOM}} \operatorname{tg}\varphi_{HOM}, \quad (4)$$

bu yerda  $\eta_{nom}$  – motorning nominal FIK;  $\operatorname{tg}\varphi_{nom}$  –  $\cos\varphi_{nom}$  ga mos kiyamat;  $R_{nom}$  – nominal kuchlanishda motorning nominal aktiv quvvati.

Asinxron motorlarning salt yurish rejimida  $\cos\varphi_0=0,1-0,2$  va unga mos  $\sin\varphi_0=0,99-0,97$ . Salt yurishda po'lat o'zakdagi va mexanik isroflarni kichikligini hisobga olib,  $\sin\varphi_0=1$  deb olsak bo'ladi [60]. Bunda uch fazali reaktiv quvvatni aniqlash quyidagicha [6]:

$$Q_0 \approx \sqrt{3} I_0 U_{HOM} \quad (5)$$

yoki (4) ga mos ravishda

$$Q_0 \approx \sqrt{3} I_0 U_{HOM} = \sqrt{3} I_{HOM} U_{HOM} \cos\varphi_{HOM} \frac{I_0}{I_{HOM} \cos\varphi_{HOM}} = \frac{P_{HOM}}{\eta_{HOM}} \cdot \frac{I_0}{I_{HOM} \cos\varphi_{HOM}}. \quad (6)$$

Asinxron motorning sochilish reaktiv quvvati yuklamaga bog'liq holda quyidagi ifodadan aniqlanadi [60]:

$$Q_C = (Q_{HOM} - Q_0) \cdot \beta^2 = \beta^2 \frac{P_{HOM}}{\eta_{HOM}} \left( \operatorname{tg}\varphi_{HOM} - \frac{I_0}{I_{HOM} \cdot \cos\varphi_{HOM}} \right). \quad (7)$$

Topilgan  $Q_0$  va  $Q_C$  kattaliklarni (3) ga qo'yib, asinxron motorning reaktiv kuvvatining quyidagi ifodasi hosil qilinadi:

$$Q_A = \frac{P \operatorname{tg}\varphi}{\eta} = \frac{P_{HOM}}{\eta_{HOM}} \left( \frac{I_0}{I_{HOM} \cos\varphi_{HOM}} + \beta^2 \cdot \left( \operatorname{tg}\varphi_{HOM} - \frac{I_0}{I_{HOM} \cos\varphi_{HOM}} \right) \right), \quad (8)$$

bu erda  $P$ ,  $\operatorname{tg}\varphi$  va  $\eta$  – asinxron motorning malum yuklamasiga mos kattaliklari.

(8) ifodadan ko‘rinadiki, asinxron motorlarning reaktiv quvvat istemoli ish holatida uning yuklanishiga bog‘liq ekan. YUklanish koeffitsentini.

$$\beta = \frac{P}{P_{HOM}} \approx \frac{I_1}{I_{HOM}}, \quad (9)$$

ekanligini hisobga olsak, asinxron motorlarning reaktiv quvvati istemolini o‘zgarishi stator toki (yuklama toki) o‘zgarishiga bog‘liqligini ko‘rishimiz mumkin.

Reaktiv quvvat manbaini kompensatsiyalash qurilmalaridan foydalanish asinxron motor elektr taminoti uchun katta ahamiyatga ega bo‘lib, elektr taminoti tizimining foydali ish koeffitsientini oshirish, uning iqtisodiy va sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilashda asosiy omillardan biri hisoblanadi [2]. Reaktiv quvvatni elektr stantsiyasi generatorlaridan elektr uzatish tarmoqlari bo‘ylab uzoq masofaga uzatish elektr taminoti tizimining texnik–iqtisodiy va sifat ko‘rsatkichlarini yomonlashuviga olib keladi [6].

Elektr energetikasi tizimining elektr uzatish tarmoqlari va transformatorlari orqali reaktiv quvvatni o‘tishi qo‘shimcha aktiv quvvat va energiya nobudgarchiligi sodir bo‘lishi bilan birga elektr energiyasining asosiy sifat ko‘rsatkichi bo‘lgan kuchlanish qiymatini nominaldan og‘ishiga olib keladi. Agar R aktiv qarshilikka ega bo‘lgan elektr uzatish tarmoqlari orqali P va Q quvvatlari uzatilsa, aktiv quvvat nobudgarchiligi quyidagicha aniqlanadi [1]:

$$\Delta P = I^2 R = \left( \frac{S}{U} \right)^2 R = \frac{P^2 + R^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_a + P_p, \quad (10)$$

Demak, reaktiv quvvatni elektr uzatish tarmoqlaridan uzatilishi natijasida qo‘shimcha aktiv quvvat nobudgarchiligi ( $\Delta P_p = \frac{Q^2}{U^2} R$ ) sodir bo‘lib, uning qiymati Q ning kvadratiga to‘g‘ri proporsionaldir.

Aktiv va reaktiv qarshiliklari R va X bo‘lgan energetik tizimi tarmoqlaridan P va Q quvvatli energiya uzatilganda kuchlanishning nominaldan og‘ishi quyidagicha topiladi.

$$\Delta U = IR \cos \varphi + IX \sin \varphi = \frac{UI \cos \varphi}{U} R + \frac{UI \sin \varphi}{U} X = \frac{P}{U} R + \frac{Q}{U} X = \Delta U_a + \Delta U_p, \quad (11)$$

bu erda  $\Delta U_a$  – aktiv quvvatni uzatish bilan bog‘liq bo‘lgan kuchlanish yo‘qolishi;  $\Delta U_r$  – reaktiv quvvatni uzatish bilan bog‘liq bo‘lgan kuchlanish yo‘qolishi.

Demak, reaktiv quvvat uzatilishi natijasida elektr taminoti tizimi elementida qo‘shimcha reaktiv kuchlanish yo‘qolishi ( $\Delta U_r = QX/U$ ) sodir bo‘lib, uning miqdori Q va X larga to‘g‘ri proporsionaldir.

Shuning uchun ham elektr stantsiyalari generatorlaridan istemolchilarga reaktiv quvvat uzatish maqsadga muvofiq emas. Reaktiv quvvatni korxonada elektr istemolchilari yaqinida ishlab chiqarish eng samarali tadbir bo‘lib, bu natijaga reaktiv quvvatni kompensatsiyalash orqali erishish mumkin [8].

Kompensatsiyalash qurilmalari orqali reaktiv quvvatni ishlab chiqarishni avtomatik boshqarish elektr energiyasi isrofini kamaytirish, qo‘shimcha iqtisodiy samaraga erishish va kuchlanishni nominal qiymatidan og‘ishini meyorlashtirish imkonini beradi.

Asinxron motorlar reaktiv quvvatini kompensatsiyalash quyidagi 2 usul bilan bajarilishi mumkin.

1) tabiiy usul – asinxron motor stator chulg'amlari ulanishini, elektr energiyasi kattaliklarini o'zgartirib yoki ish rejimlarini optimallashtirish bilan;

2) suniy usul – maxsus reaktiv quvvat manbaini qo'llash bilan.

Asinxron motorlarda kompensatsiyalash qurilmalari sifatida kondensator batareyalari, sinxron motorlar, sinxron kompensatorlar va reaktiv quvvatning ventilli manbalarini qo'llash maqsadga muvofiq [7].

Asinxron motorlar uchun kondensator batareyalaridan foydalanish tavsiya etiladi. Kondensatorlar 660 V gacha bir fazali va uch fazali, 1000 V dan yuqorilari faqat bir fazali qilib ishlab chiqariladi.

Ularning asosiy afzalliklaridan biri solishtirma quvvat isroflarining kichikligi (0,5-4 Vt/kVAr). Kondensator batareyalarini asinxron motorlar yaqinida o'rnatish ichki elektr tarmoqlarda bo'ladigan quvvat va kuchlanish isroflarini kamaytiradi.

**Xulosa.** Reaktiv quvvat manbaini kompensatsiyalash qurilmalaridan foydalanish asinxron motor elektr ta'minoti uchun katta ahamiyatga ega bo'lib, elektr ta'minoti tizimining foydali ish ko'effisientini oshirish, uning iqtisodiy va sifat ko'rsatkichlarini yaxshilashda asosiy omillardan biri hisoblanadi. Reaktiv quvvatni elektr stansiyasi generatorlaridan elektr uzatish tarmoqlari bo'ylab uzoq masofaga uzatish elektr ta'minoti tizimining texnik-iqtisodiy va sifat ko'rsatkichlarini yomonlashuviga olib keladi. Kompensatsiyalash qurilmalari orqali reaktiv quvvatni ishlab chiqarishni avtomatik boshqarish elektr energiyasi isrofini kamaytirish, qo'shimcha iqtisodiy samaraga erishish va kuchlanishni nominal qiymatidan og'ishini meyorlashtirish imkonini beradi.

#### Foydalanilgan adabiyotlar:

[1] Maxsudov M. T "Asinxron motor reaktiv quvvatining nazorat va boshqaruvini uch fazali tok o'zgartirishlari" mavzusida texnika fanlar bo'yicha falsafa doktori (phd) dissertatsiyasi.

[2] Yeshmurotov N., Ktaybekov M. Relay protection and automation of compensation devices //Educational Research in Universal Sciences. – 2024. – T. 3. – №. 4 SPECIAL. – C. 109-112.

[3] Eshmurotov, N., Esemurotova, G., & Mauelevna, Z. (2024, May). Tog'-kon sanoatida qo'llaniladigan elektr dvigatellar: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11256885>. In International scientific and practical conference (Vol. 1, No. 2, pp. 206-208).

[4] Abubakirov, A., Eshmurotov, N., Esemurotova, G., & Nazarov, M. (2024). Electromagnetic converter of reactive power and monitoring of high-voltage induction motors. In E3S Web of Conferences (Vol. 525, p. 03016). EDP Sciences.

[5] Saidxodjayev, A., Khojayorov, F., Otepbergenov, S., & Yeshmurotov, N. (2024, June). "Smart grid" in complex closed systems city electric supply. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3152, No. 1). AIP Publishing.

[6] Abubakirov, A., Eshmurotov, N., Esemurotova, G., & Nazarov, M. (2024). Electromagnetic converter of reactive power and monitoring of high-voltage induction motors. In E3S Web of Conferences (Vol. 525, p. 03016). EDP Sciences.

[7] Абубакиров, А. Б., Курбаниязов, Т. У., Гаипов, И., & Эшмуратов, Н. (2023). Модель многофазного датчика преобразования первичного тока во вторичное напряжение в системах электроснабжения.

[6] Yeshmurotov, N., & Ktaybekov, M. (2024). Relay protection and automation of compensation devices. Educational Research in Universal Sciences, 3(4), 109-112.

[8] Siddikov, I., Abubakirov, A., Yeshmuratov, N., Jumabayev, R., & Yesemuratova, G. (2025, November). Research of three phases electromagnetic current transducers for control of reactive power consumption of induction motors powered by solar panels. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3331, No. 1, p. 060030). AIP Publishing LLC.

