



Asinxron motorning qabul qilayotgan stator tokini kuchlanishga o'zgartirish asosida reaktiv quvvat manbalarini nazorat qilish tahlili

Ilhomjon H. Siddiqov¹, Kurbanbek M. Najmatdinov^{2a}, Ruslanbek K. Najmatdinov²

¹T.f.d, prof., Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti, Toshkent, 100000, O'zbekiston; <https://orcid.org/0009-0005-1949-2281>

^{2a}katta o'qituvchi., Qoraqalpoq davlat universiteti, Nukus, 230112, O'zbekiston; qurbanbekbekniyoz@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6759-5913>

² Qoraqalpoq davlat universiteti, Nukus, 230112, O'zbekiston; nazmatdinovruslan@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-6904-8201>

Dolzarbli: zamonaviy sanoat va energetika tizimlarida asinxron motorlar keng qo'llaniladigan elektr yuritma turi bo'lib, ularning konstruktiv soddaligi, yuqori ishonchiligi va iqtisodiy samaradorligi nasos, ventilyator, kompressor hamda turli texnologik qurilmalarda foydalanish imkonini beradi. Shu bilan birga, asinxron motorlarning muhim kamchiliklaridan biri reaktiv quvvatni katta miqdorda istemol qilishi bo'lib, bu elektr tarmoqlarida quvvat omilining pasayishiga, tok yuklamalarining o'tishiga va energiya yo'qotishlarining ko'payishiga sabab bo'ladi. Amaliy sharoitda motor yuklamasining dinamik o'zgarishi reaktiv quvvatni samarali kompensatsiya qilish jarayonini murakkablashtiradi. Ananaviy kondensator batareyalarini boshqarish usullarida kuchlanish, aktiv quvvat yoki cos ϕ parametrlaridan foydalaniladi, biroq ushbu usullar real vaqt rejimida yuklama o'zgarishlariga yetarli tezkorlik va aniqlik bilan javob bera olmaydi.

Shu sababli, asinxron motor stator zanjiridagi tokni kuchlanish signaliga o'zgartirish asosida reaktiv quvvat manbalarini nazorat qilish usullarini ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi.

Stator toki motorning elektromagnit holatini bevosita aks ettiruvchi va yuklama o'zgarishlariga sezgir parametr bo'lib, undan foydalanish reaktiv quvvatni avtomatik boshqarish tizimlarining aniqligi hamda tezkorligini oshirish imkonini beradi.

Maqsad: asinxron motor stator zanjiridagi tokni mos kuchlanish signaliga aylantirish asosida reaktiv quvvat manbalarini boshqarish usulini ishlab chiqish va uning samaradorligini baholashdan iborat. Shu bilan birga, stator toki bilan yuklama o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlab, hosil qilingan signal asosida reaktiv quvvatni avtomatik nazorat qilish imkoniyatlarini asoslash ko'zda tutiladi.

Usullari: motor yuklamasining turli ish rejimlarida stator toki, kuchlanish va reaktiv quvvat qiymatlari eksperimental yo'l bilan o'lchandi.

Natijalar: o'tkazilgan tadqiqotlar natijasida asinxron motor stator zanjiridagi tokni kuchlanish signaliga o'zgartirish asosida reaktiv quvvat manbalarini boshqarish imkoniyati mavjudligi aniqlandi. Tajriba natijalari stator toki qiymati motor yuklamasi o'zgarishiga to'g'ridan-to'g'ri bog'liq ekanini va hosil qilingan kuchlanish signali yuklama holatini aniq aks ettirishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: reaktiv quvvatni kompensatsiyalash, asinxron motorlar, elektromagnit tok o'zgartirgichlar.

Анализ управления источником реактивной мощности, основанного на преобразовании тока статора, получаемого асинхронным двигателем, в напряжение

Илхомжон Х. Сиддиқов¹, Курбанбек М. Нажматдинов^{2a}, Русланбек К. Нажматдинов²

¹ д.т.н., проф., Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, 100000, Узбекистан; <https://orcid.org/0009-0005-1949-2281>

^{2a} старший преподаватель., Каракалпакский государственный университет, Нукус, 230112, Узбекистан; qurbanbekbekniyoz@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6759-5913>

² Ассистент, Каракалпакский государственный университет, Нукус, 230112, Узбекистан; nazmatdinovruslan@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-6904-8201>

Актуальность: в современных промышленных и энергетических системах асинхронные двигатели являются широко используемым типом электропривода. Их конструктивная простота, высокая надежность и экономичность позволяют применять их в насосах, вентиляторах, компрессорах и различных технологических устройствах. В то же время одним из существенных недостатков асинхронных двигателей является их большое потребление реактивной мощности, что приводит к снижению коэффициента мощности, увеличению токовых нагрузок и увеличению потерь энергии в электрических сетях. В практических условиях динамические изменения нагрузки двигателя усложняют процесс эффективной компенсации реактивной мощности. Традиционные методы управления конденсаторными батареями используют параметры напряжения, активной мощности или cos ϕ , но эти методы не могут реагировать на изменения нагрузки в реальном времени с достаточной скоростью и точностью. Поэтому актуальной является разработка методов управления источниками реактивной мощности, основанных на преобразовании тока в цепи статора асинхронного двигателя в сигнал напряжения. Ток статора — это параметр, непосредствен-

For citation: Siddiqov I.H., Najmatdinov K.M., Najmatdinov R.K. Analysis of reactive power source control based on converting the stator current received by an asynchronous motor into voltage. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2026, no. 2, pp. 68-74. <https://doi.org/10.5281/zenodo.21185620>

Received: 14.12.2025
Revised: 17.04.2026
Accepted: 10.06.2026
Published: 26.06.2026

Copyright: © Ilhomjon H. Siddiqov, Kurbanbek M. Najmatdinov, Ruslanbek K. Najmatdinov, 2026. 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/>).

но отражающий электромагнитное состояние двигателя и чувствительный к изменениям нагрузки, а его использование позволяет повысить точность и скорость автоматических систем управления реактивной мощностью.

Цель: разработать метод управления источниками реактивной мощности, основанный на преобразовании тока в статорной цепи асинхронного двигателя в соответствующий сигнал напряжения, и оценить его эффективность. Одновременно предполагается определить зависимость тока статора от нагрузки и обосновать возможности автоматического управления реактивной мощностью на основе генерируемого сигнала.

Методы: экспериментально были измерены значения тока статора, напряжения и реактивной мощности при различных режимах работы нагрузки двигателя.

Результаты: проведенное исследование выявило возможность управления источниками реактивной мощности на основе преобразования тока в цепи статора асинхронного двигателя в сигнал напряжения. Экспериментальные результаты показали, что значение тока статора напрямую связано с изменением нагрузки двигателя, а генерируемый сигнал напряжения точно отражает состояние нагрузки.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, асинхронные двигатели, электромагнитные преобразователи тока.

Analysis of reactive power source control based on converting the stator current received by an asynchronous motor into voltage

Ilhomjon H. Siddiqov¹, Kurbanbek M. Najimatdinov^{2a}, Ruslanbek K. Najmatdinov²

¹ D.Sc., prof., Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, 100000, Uzbekistan;

<https://orcid.org/0009-0005-1949-2281>

^{2a} head teacher., Karakalpak State University, Nukus, 230112, Uzbekistan; qurbanbekbekniyoz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6759-5913>

² Assistant., Karakalpak State University, Nukus, 230112, Uzbekistan; najmatdinovruslan@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-6904-8201>

Relevance: in modern industrial and power systems, asynchronous motors are a widely used type of electric drive, their structural simplicity, high reliability and cost-effectiveness allow them to be used in pumps, fans, compressors and various technological devices. At the same time, one of the significant disadvantages of asynchronous motors is their large consumption of reactive power, which leads to a decrease in the power factor, an increase in current loads and an increase in energy losses in electrical networks. In practical conditions, dynamic changes in motor load complicate the process of effective compensation of reactive power. Traditional capacitor bank control methods use voltage, active power or $\cos\phi$ parameters, but these methods cannot respond to load changes in real time with sufficient speed and accuracy. Therefore, it is relevant to develop methods for controlling reactive power sources based on converting the current in the stator circuit of an asynchronous motor into a voltage signal. Stator current is a parameter that directly reflects the electromagnetic state of the motor and is sensitive to load changes, and its use allows for increasing the accuracy and speed of automatic reactive power control systems.

Aim: to develop a method for controlling reactive power sources based on converting the current in the stator circuit of an asynchronous motor into a suitable voltage signal and to evaluate its effectiveness. At the same time, it is intended to determine the relationship between the stator current and the load and to justify the possibilities of automatic control of reactive power based on the generated signal.

Methods: the values of stator current, voltage, and reactive power were measured experimentally at different operating modes of the motor load.

Results: as a result of the conducted research, it was found that it is possible to control reactive power sources based on converting the current in the stator circuit of an asynchronous motor into a voltage signal. The experimental results showed that the stator current value is directly related to the change in the motor load, and the generated voltage signal accurately reflects the load state.

Keywords: compensation of reactive power, asynchronous motors, electromagnetic current converters.

1. Kirish (Introduction)

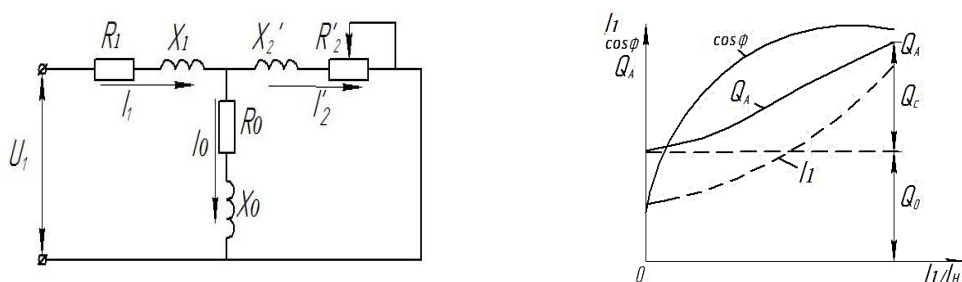
Hozirgi davrda elektr energiyasi bilan ta'minlash tizimlarida reaktiv quvvatni samarali nazorat qilish hamda uni boshqarish imkoniyatlarini kengaytirishga qaratilgan ilmiy-tadqiqot ishlari jadal olib borilmoqda. Reaktiv quvvat manbalarini nazorat va boshqarish tizimining muhim elementlari sifatida o'lchash chulg'amli o'zgartkichlardan foydalanilmoqda. Mazkur o'zgartkichlardan olinadigan chiqish signallari tok bo'yicha taxminan-25 mA, kuchlanish bo'yicha esa -5 V qiymatlar oralig'ida shakllantiriladi. Elektr energiyasi ishlab chiqarish korxonalarida hosil qilinadigan elektr energiyaning taxminan 65–70 foizi qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorlar asosidagi elektr yuritmalarda iste'mol qilinadi. Asinxron motorlarning asosiy kamchiliklaridan biri ularning quvvat koeffitsienti ($\cos\phi$) nisbatan past bo'lib, odatda 0,8-0,92 oralig'ida bo'lishidir. Bunday motorlar elektr tarmog'idan qabul qilinadigan energiyaning 25-40 foizini reaktiv energiya, qolgan 60-75 foizini esa aktiv energiya

ko'rinishida istemol qiladi. Asinxron motorlarda yuzaga keladigan reaktiv quvvatning bir qismi elektr stansiya generatorlari hisobidan ta'minlanishi mumkin bo'lsa, qolgan qismi ishlab chiqarish hamda xizmat ko'rsatish korxonalarida o'rnatilgan turli kompensatsion reaktiv quvvat manbalari orqali qoplanadi [1].

2. Usullar va materiallar (Methods and materials)

Elektr energiyasi bilan ta'minlash tizimida reaktiv quvvatni kompensatsiyalash texnik hamda iqtisodiy ko'rsatkichlarning yaxshilanishiga olib keladi, transformatorlar va elektr uzatish tarmoqlarining ish samaradorligini oshiradi, aktiv quvvat yo'qotilishini kamaytiradi hamda kuchlanishning belgilangan qiymatdan pasayish darajasini qisqartiradi. Elektr ta'minoti tizimida aktiv quvvat foydali ishni bajarish uchun xizmat qilsa, reaktiv quvvat bevosita foydali ish bajarmaydi. Ishlab chiqarilayotgan reaktiv quvvatning taxminan 60–65 foizi asosan asinxron motorlar tomonidan istemol qilinadi [2].

Uch fazali asinxron motorlarda reaktiv quvvat istemolini 1-rasm yordamida tushuntirish mumkin.



1-rasm. Asinxron motorning almashtirish sxemasi (a) va ishchi xarakteristikasi (b). Uch fazali asinxron motorning qabul qilayotgan reaktiv quvvati quyidagicha aniqlanadi

Fig.1. Asynchronous motor replacement circuit (a) and operating characteristic (b)

The reactive power received by a three-phase asynchronous motor is determined as follows:

$$Q_A = 3I_1^2 X_1 + 3I_0^2 X_0 + 3(I_2')^2 X_2' \approx 3I_0^2 (X_1 + X_0) + 3(I_2')^2 (X_1 + X_2') = Q_0 + Q_q; \quad (1)$$

bu yerda I_0 — asinxron motorning salt ishlash toki bo'lib, ushbu holatda yuklama induktiv xarakterga ega deb qabul qilinadi. Q_q mos ravishda salt ishlash hamda qisqa tutashuv rejimlaridagi reaktiv quvvatlarni ifodalaydi, bunda Q_q ning qiymati motorning yuklama tokiga bog'liq bo'ladi. Asinxron motorning reaktiv quvvati yuklamaga bog'liq bo'lmagan sharoitda salt ishlash rejimidagi Q_0 reaktiv quvvatning qiymati motorning nominal yuklamadagi Q_{nom} nominal reaktiv quvvatiga bog'liq holda o'zgarib boradi (1 b-rasm). Ishchi xarakterga muvofiq, asinxron motor salt ishlash rejimida reaktiv quvvat eng kichik qiymatga ega bo'ladi. Elektr tarmog'i kuchlanishi nominal qiymatda bo'lganda, asinxron motor tomonidan istemol qilinadigan reaktiv quvvat quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$Q_A = Q_0 + \beta^2 Q_q; \quad (2)$$

bu yerda $\beta = P/P_{nom}$ - asinxron motorning yuklanish koeffitsienti.

Pasport ma'lumotlari bo'yicha asinxron motorning nominal reaktiv quvvati quyidagi tenglama asosida topiladi:

$$Q_{nom} = \frac{P_{nom}}{\eta_{nom}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{nom}; \quad (3)$$

bu yerda η_{nom} - motorning nominal FIK; $\operatorname{tg} \varphi_{nom} - \cos \varphi_{nom}$ ga mos keluvchi kattalik; P_{nom} - tarmoqning nominal kuchlanishidagi motorning nominal aktiv quvvati.

Asinxron motorning salt ishlash rejimida quvvat koeffitsienti $\cos \varphi_0 = 0,1-0,2$ oralig'ida bo'lib, unga mos ravishda $\sin \varphi_0 = 0,99-0,97$ qiymatlarni tashkil etadi. Asinxron motor salt rejimda ishlaganda uning po'lat o'zagidagi mexanik isroflar juda kichik ekanligini inobatga olib, $\sin \varphi_0 \approx 1$ deb qabul qilish mumkin. Ushbu sharoitda uch fazali reaktiv quvvat quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q_0 \approx \sqrt{3} I_0 U_{nom} = \sqrt{3} I_{nom} U_{nom} \cos \varphi_{nom} \frac{I_0}{I_{nom} \cos \varphi_{nom}} = \frac{P_{nom}}{\eta_{nom}} \cdot \frac{I_0}{I_{nom} \cos \varphi_{nom}}. \quad (4)$$

Asinxron motor reaktiv quvvatining taqsimlanishi yuklamaga bog'liq bo'lgan holda quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$Q_c = (Q_{nom} - Q_0) \cdot \beta^2 = \beta^2 \cdot \frac{P_{nom}}{\eta_{nom}} \cdot \left(\operatorname{tg} \varphi_{nom} - \frac{I_0}{I_{nom} \cos \varphi_{nom}} \right). \quad (5)$$

Topilgan Q_0 va Q_{sh} kattaliklarni (1.2) ga qo'yib, asinxron motorning reaktiv quvvatini aniqlovchi quyidagi tenglama hosil qilinadi:

$$Q_A = \frac{P_{nom} \operatorname{tg} \varphi}{\eta_{nom}} = \frac{P_{nom}}{\eta_{nom}} \left(\frac{I_0}{I_{nom} \cos \varphi_{nom}} + \beta^2 \cdot \left(\operatorname{tg} \varphi_{nom} - \frac{I_0}{I_{nom} \cos \varphi_{nom}} \right) \right); \quad (6)$$



bu yerda P , $\lg \varphi$ va η – asinxron motorning ma'lum bir yuklanishiga mos keluvchi qiymatlari. (6) tenglamadan ko'rinib turibdiki, asinxron motorlarining reaktiv quvvatni qabul qiluvchanligi ish holatida uning yuklanishiga bog'liq ekan:

$$\beta = \frac{P}{P_{nom}} \approx \frac{I_1}{I_{nom}}. \quad (7)$$

Yuklanish koeffitsiyenti kengligini hisobga olgan holda, asinxron motorlarning elektr tarmog'idan reaktiv quvvatni qabul qilishining o'zgarishi, stator tokining (yuklama toki) o'zgarishiga bog'liq ekanligini ko'rishimiz mumkin.

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalash qurilmalaridan foydalanish asinxron motorlarni elektr energiyasi bilan barqaror ta'minlashda muhim ahamiyatga ega bo'lib, elektr ta'minoti tizimining foydali ish koeffitsientini oshirish, shuningdek uning iqtisodiy hamda sifat ko'rsatkichlarini yaxshilashda asosiy omillardan biri hisoblanadi. Reaktiv quvvatni elektr stansiyasi generatorlaridan elektr uzatish tarmoqlari orqali uzoq masofalarga uzatish elektr ta'minoti tizimining texnik-iqtisodiy va sifat ko'rsatkichlarining yomonlashuviga olib keladi.

Elektr energetika tizimida elektr uzatish tarmoqlari va transformatorlar orqali reaktiv quvvat miqdorining ortishi aktiv quvvat yo'qotishlarining va energiya isroflarining yuzaga kelishiga sabab bo'lishi bilan birga, elektr energiyasining asosiy sifat ko'rsatkichi bo'lgan kuchlanishning nominal qiymatidan pasayishiga olib keladi. Agar aktiv qarshiligi R ga teng bo'lgan elektr uzatish tarmoqlari orqali aktiv P va reaktiv Q quvvatlar uzatilsa, elektr tarmog'ida aktiv quvvatning pasayishi quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$\Delta P = I^2 \cdot R = \left(\frac{S}{U}\right)^2 \cdot R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R = \frac{P^2}{U^2} \cdot R + \frac{Q^2}{U^2} \cdot R = \Delta P_a + \Delta P_p. \quad (8)$$

Demak, reaktiv quvvatning elektr tarmoqlaridan uzatilishi natijasida qo'shimcha aktiv quvvat isrofi ($\Delta P_p = \frac{Q^2}{U^2} \cdot R$) paydo bo'lib, uning qiymati reaktiv Q quvvatning kvadratiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

Aktiv va reaktiv qarshiliklari R va X bo'lgan energetika tizimi tarmoqlaridan P va Q quvvatdagi energiya uzatilganda kuchlanishning nominaldan farqi quyidagi ifodadan topiladi:

$$\Delta U = I \cdot R \cdot \cos \varphi + I \cdot X \cdot \sin \varphi = \frac{UI \cos \varphi}{U} \cdot R + \frac{UI \sin \varphi}{U} \cdot X = \frac{P}{U} \cdot R + \frac{Q}{U} \cdot X = \Delta U_a + \Delta U_p; \quad (9)$$

bu yerda ΔU_a – aktiv quvvat uzatilishi bilan bog'liq bo'lgan kuchlanishning isrofi;

ΔU_p – reaktiv quvvat uzatilishi bilan bog'liq bo'lgan kuchlanishning isrofi.

Demak, reaktiv quvvatning uzatilishi natijasida elektr ta'minoti tizimi elementlarida qo'shimcha reaktiv kuchlanish isrofi $\Delta U_p = Q \cdot X / U$ yuzaga keladi va uning qiymati reaktiv quvvat Q hamda tarmoqning induktiv qarshiligi X ga to'g'ri proporsional bo'ladi. Shu sababli reaktiv quvvatni elektr stansiyasi generatorlaridan elektr istemolchilarigacha uzatish texnik va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas [3].

Reaktiv quvvatni bevosita korxona hududida yoki elektr istemolchilarga yaqin joyda ishlab chiqarish eng samarali yechim hisoblanadi. Bunday natijaga reaktiv quvvatni kompensatsiyalash orqali erishish mumkin. Kompensatsiyalash qurilmalaridan foydalanish reaktiv quvvat ishlab chiqarishni avtomatik boshqarish, elektr energiyasi isroflarini kamaytirish, qo'shimcha iqtisodiy samaradorlikka erishish hamda kuchlanishning nominal qiymatdan og'ishlarini meyorlashtirish imkonini beradi.

Asinxron motorlarning reaktiv quvvatini kompensatsiyalash quyidagi ikki usul yordamida amalga oshiriladi:

1) Tabiiy usul-asinxron motor stator chulg'amlarining ulanish sxemasini o'zgartirish, elektr energiyasi istemoli miqdorlarini boshqarish yoki ish rejimlarini optimallashtirish orqali kompensatsiyalash;

2) Suniy usul-maxsus reaktiv quvvat manbalaridan foydalanish asosida amalga oshiriladigan kompensatsiyalash.

Asinxron motorlarda kompensatsiyalash qurilmalari sifatida kondensator batareyalari, sinxron motorlar, sinxron kompensatorlar hamda reaktiv quvvatning ventilli manbalaridan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Amaliy jihatdan asinxron motorlar uchun kondensator batareyalaridan foydalanish eng samarali yechimlardan biridir. Kondensatorlar 660 V gacha bo'lgan kuchlanishlar uchun bir fazali va uch fazali, 1000 V dan yuqori kuchlanishlar uchun esa faqat bir fazali ko'rinishda ishlab chiqariladi.

Ushbu qurilmalarning asosiy afzalliklaridan biri nisbiy quvvat isroflarining juda kichik bo'lishi bo'lib, ular 0,5–4 Vt/kVAr oralig'ini tashkil etadi. Kondensator batareyalarini asinxron motorlarga yaqin joyda o'rnatish ichki elektr tarmoqlarida yuzaga keladigan quvvat va kuchlanish yo'qotishlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Asinxron motorlarni elektr energiyasi bilan ta'minlash jarayonida kondensator batareyalari tomonidan ishlab chiqarilayotgan reaktiv quvvatni doimiy nazorat qilish va boshqarib borish zarur bo'lib, bu qo'shimcha isroflarni qisqartirish hamda elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlarini yaxshilash imkonini beradi.

Amaliyotda tok datchigi sifatida keng qo'llaniladigan tok transformatorlaridan foydalaniladi. Biroq tok transformatorlarida birlamchi tokni ikkilamchi tokka o'zgartirish jarayonida magnit o'zagining to'yinish xususiyatlari sababli o'lchash xatoliklarining ortishi kuzatiladi.

Ushbu kamchiliklarni kamaytirish maqsadida tokni kuchlanishga o'zgartiruvchi qurilmalar bo'yicha bir qator ilmiy-tadqiqot ishlari amalga oshirilgan. Jumladan, birlamchi tokni ikkilamchi kuchlanish ko'rinishidagi signalga aylantiruvchi tekis o'lchov chulg'amli tok o'zgartirgichlar ishlab chiqilgan va so'nggi yillarda amaliyotda keng qo'llanilmoqda. Asinxron motorlarning reaktiv quvvatini nazorat qilish va boshqarish tizimlarida qo'llaniladigan tok o'zgartirgichlar ishlash rejimiga qarab statik yoki dinamik o'zgartirgichlar sifatida tasniflanadi. Ushbu tizimlarning elementlari va qurilmalari asinxron motor tomonidan elektr tarmog'idan qabul qilinayotgan yuklama tokini signal ko'rinishiga o'zgartirish vazifasini bajaradi [4].

Issiqlik va massa almashinuvi jarayonlari hamda elektromagnit va elektrodinamik hodisalar ta'siri ostida elektr tokining o'zgarishi yuz beradi. Boshlang'ich energiya o'zgartirgichlarida energiya qayta o'zgartirilishi natijasida nazorat va boshqaruv tizimlari uchun zarur bo'lgan tok yoki kuchlanish ko'rinishidagi signal shakllantiriladi. Tok o'zgartirgichlarni tahlil qilish jarayonida asinxron motorning elektr ta'minoti tizimi uchta asosiy ish rejimiga ajratiladi: normal doimiy (statsionar), avariya doimiy va o'tish (dinamik) rejimlar.

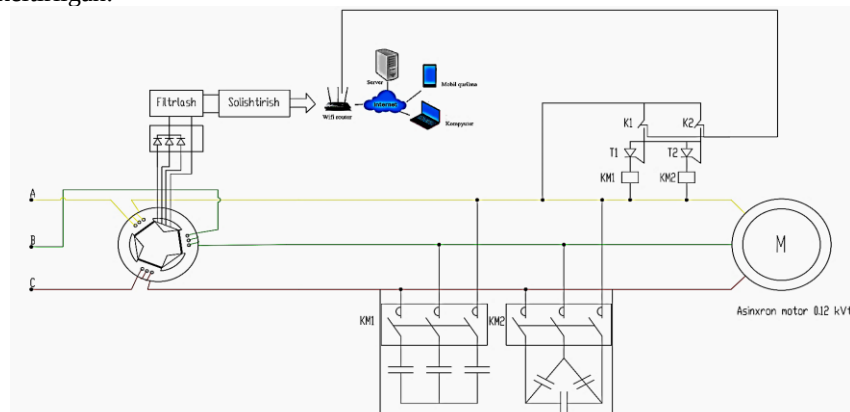
Asinxron motor elektr ta'minoti tizimi ish rejimlarining bunday tasnifi, avvalo, elektr qurilmalari, elektr tarmoqlari hamda boshlang'ich tok o'zgartirgichlariga qo'yiladigan talablarning xarakteridan kelib chiqqan holda amalga oshirilgan. Umuman olganda, tok o'zgartirgichlar asinxron motorni elektr energiyasi bilan ta'minlash tizimining normal va barqaror ish rejimi davrida faoliyat yuritadi. Ushbu holatda tok o'zgartirgichlarni tadqiq etishda kirish tokining minimal va maksimal qiymatlari ma'lum shartli chegaralar asosida qabul qilinadi va aniqlik sinfi $(0,1-1,2) \cdot I_{nom}$ oralig'ida chegaralanadi.

Elektr uskunalari va elektr tarmoqlarida yuzaga keladigan zarba va nosozliklar asinxron motorning elektr ta'minoti tizimini avariya ish rejimiga olib keladi, bunda tok o'zgartirgichlar dinamik rejimda ishlaydi. Asinxron motorni elektr energiyasi bilan ta'minlash tizimining normal hamda avariya barqaror ish rejimlari tok o'zgartirgichlarning statik ish rejimida faoliyat yuritishini belgilaydi. Asinxron motorlarda yuzaga keladigan qisqa tutashuvlar esa elektromagnit tok o'zgartirgichlarining dinamik rejimda ishlashiga sabab bo'ladigan asosiy omillardan biri hisoblanadi.

EMTO (elektromagnit tok o'zgartirgichi) ning turli ish rejimlaridagi ishlash shartlari boshqaruv tizimlari sxemalaridagi ish shartlaridan sezilarli darajada farq qiladi. Agar EMTO o'lchash maqsadida ishlatilsa, odatda boshlang'ich tok nominal qiymatdan oshmasligi talab etiladi. Biroq asinxron motorni nazorat qilish tizimida qo'llaniladigan EMTO nominal tokdan sezilarli darajada katta bo'lgan sharoitlarda, masalan, o'tish rejimi davomida yoki qisqa tutashuv va zarba olish holatlarida ham o'z funksiyasini bajarishi shart.

EMTO ning ishlashi o'tish jarayonlari vaqtida yuzaga keladigan o'zgartiruvchi tokning erkin, davriy bo'lmagan (aperiodik) komponentlarining ta'sirini alohida hisobga olishi lozim. Ushbu davriy bo'lmagan tashkil etuvchilar qanchalik sekinlik bilan so'nsa, tokni o'zgartirish xatoligi shunchalik ortadi.

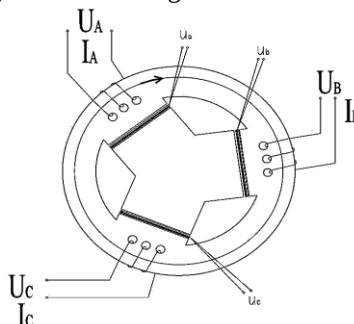
Yuqoridagi holatlardan kelib chiqib, dinamik rejimlardagi xatoliklar ruxsat etilgan qiymatlardan oshmasligi sharti bilan asinxron motorning EMTO larini loyihalash zarur. Asinxron motorning qabul qilayotgan stator tokini kuchlanishga o'zgartirish asosida reaktiv quvvat manbalarini nazorat qilish tizimining "Bulut texnologiyasi" asosidagi prinsipial sxemasi 2-rasmda va elektromagnit o'zgartirgich 3-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Asinxron motorning qabul qilayotgan stator tokini kuchlanishga o'zgartirish asosida reaktiv quvvat manbaini nazorat qilish tizimini qurish prinsipi

Fig.2. Principle of constructing a reactive power source control system based on converting the stator current received by an asynchronous motor into voltage

Ushbu sxemani tahlil qilishda sezgir element (SE) shaklida joylashtirilgan o'lash chulg'ami asosiy element sifatida xizmat qiladi, chunki u faza tokining chiqish signalini kuchlanishga o'zgartirib, reaktiv quvvat manbalarini boshqarish tizimida asosiy rol o'ynaydi. Elektr energiyasi bilan ta'minlash tizimida bu jarayon elektr qurilmalari va tarmoqlarning aniq ish rejimlarini avtomatik tarzda rostlovchi kommutatsiya apparatlari yordamida amalga oshiriladi.



3-rasm. Uch fazali elektr tarmoqlarida nosimmetriklikni kamaytiruvchi magnit o'zgartkich qurilmasi
Fig.3. A Magnetic Converter for Mitigating Unbalance in Three-Phase Power Systems

Bu erda U_A, U_B, U_C , -A,B va C fazalar kuchlanishi; I_A, I_B, I_C , - A,B va C liniyalardagi toki; u_a, u_b, u_c , -EMTO' hosil qilgan kuchlanishlar.

Elektr qurilmalari va tarmoqlarning xususiyatlari hamda istemolchilar talablariga qarab, kommutatsiya apparatlari asosida elektr energiyasi bilan ta'minlash tizimining quvvatini va energiyasini avtomatik boshqarish quyidagi usullarda amalga oshiriladi:

- 1) sutkalik vaqt bo'yicha,
- 2) kuchlanish miqdori bo'yicha,
- 3) yuklama toki bo'yicha;
- 4) quvvat koeffitsiyentining yuqoriligi bo'yicha;
- 5) quvvatning kattaligi va yo'nalishi bo'yicha;
- 6) turli kombinatsiyalangan sxemalar bo'yicha;
- 7) dispetcherlik va telemexanik boshqaruvi bo'yicha;
- 8) elektr yuklamalarining tez tebranishlarini va o'zgarishini bartaraf etish bo'yicha.

Asinxron motorlar uchun reaktiv quvvat manbalarining quvvatini tokning maksimal qiymati bo'yicha avtomatik boshqarish bir pog'onali yoki ko'p pog'onali usulda amalga oshirilishi mumkin. Bir pog'onali avtomatik boshqarishda sutkaning ma'lum vaqtidagi bir nechta reaktiv quvvat manbalari bir vaqtning o'zida ulanadi yoki ajratiladi.

Ko'p pog'onali boshqarishda esa reaktiv quvvat manbalari navbatma-navbat avtomatik tarzda boshqariladi, ya'ni bir pog'onali boshqarish rejimi yoki oldindan belgilangan dastur asosida aniq topshiriqlar bajariladi, manbalar ulanishi yoki ajratilishi mumkin [5].

3. Natijalar va muhokama (Results and discussion)

O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, asinxron motor statoriga ulanadigan liniya tokini kuchlanish signaliga aylantirish orqali reaktiv quvvat manbalarini samarali boshqarish imkoniyati mavjud. Tajriba natijalari liniya toki motor yuklamasidagi o'zgarishlarga yuqori sezgirlikka ega ekanini hamda shakllantirilgan kuchlanish signali ish rejimini aniq va ishonchli ifodalashini tasdiqladi. Ushbu qurilma bo'yicha olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Qurilma bo'yicha olingan natijalar

Table 1. Results obtained by device

120 vt (3-fazali)	Havo oralig'i δ_2 (mm)	Birlamchi o'ram soni W_1	u-chiqish kuchlanishni hosil qiluvchi o'ram soni W_2	Ixx (A)	Chiqish kuchlanish (V)
	2.5	3	100	0.44	0.05
	2.5	3	200	0.44	0.115
	2.5	3	250	0.44	0.270

Taklif etilgan yondashuv asosida reaktiv quvvat kompensatsiyasi real vaqt rejimida bajarildi va quvvat omilining barqaror holati ta'minlandi. Buning natijasida stator toklarining kamayishi, elektr tarmog'ida reaktiv quvvat oqimining qisqarishi hamda energiya yo'qotishlarining sezilarli darajada pasayishi kuzatildi [6].



4. Xulosa (Conclusion)

O'tkazilgan tadqiqotlar shuni aniqladiki, asinxron motor qabul qilayotgan stator tok ko'rsatkichlari reaktiv quvvatni boshqarish jarayonida ishonchli va samarali axborot manbai bo'lib xizmat qiladi. Tokni kuchlanish signaliga aylantirishga asoslangan yondashuv yuklama rejimlaridagi o'zgarishlarga tezkor javob berishni ta'minlab, boshqaruv tizimining barqaror ishlashini yaxshilaydi.

Mazkur usulni sanoat elektr yuritmalari joriy etish elektr tarmoqlarining ish holatini optimallashtirish, quvvat omilini belgilangan meyorlarda saqlab turish hamda reaktiv quvvat bilan bog'liq ortiqcha energiya yo'qotishlarini kamaytirish imkonini beradi. Olingan natijalar ushbu yondashuv energiya tejankor va avtomatlashtirilgan reaktiv quvvat kompensatsiya tizimlarini yaratishda amaliy jihatdan qo'llash mumkinligini ko'rsatadi.

ADABIYOT

1. Сиддиков И., Анарбоев М.А., Саттаров Х., Абубакиров А., Хонтурев И., Махсудов М. Research of transforming circuits of electromagnets sensor with distributed parameters // *10th International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems*. – Сакарья (Туркия), 9–11 сентябрь 2019. – Б. 831–837.
2. Сиддиков И.Х., Махсудов М.Т., Бойханов З.У., Узаков Р. Features productions reactive power on systems electrical supply with renewable sources energies // *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*. – Хиндистон, 2020. – Т.10, №6. – Б. 292–296.
3. Сиддиков И.Х., Абдулаев А.Х., Бобожанов М.К. Perfection and development of sensor controls and measuring converters on a basis of information–energetics model // *WCIS – 2002. II World Conference*. – Баку (Озарбайжон), 4–5 июнь 2002. – Б. 310–315.
4. Сиддиков И.Х., Назаров Ф.Д., Гафуров Ж.Ф., Ғозиев Б.А., Ҳакимов М.Х. Energy management and energy audit in energy sector of Republic Uzbekistan // *Control of Power System – 04: VI International Conference*. – Словакия, Юкори Татра, Штрбске Плесо, 16–18 июнь 2004. – Б. 230–235.
5. Шаумбург Х. Материаллар ва электротехника элементлари. Сенсорлар. – Штутгарт: B.G. Teubner, 1992. – 517 б.
6. Абубакиров А.Б. Қайта тикланувчан энергия манбали электр таъминоти тизимлари реактив қуввати бошқарувининг кўп фазали тоқлари датчикларининг моделлари ва тузилиш тамойиллари: PhD дисс. – Тошкент, 2020. – 117 б.

REFERENCES

1. Siddikov I., Anarboev M.A., Sattarov Kh., Abubakirov A., Khonturaev I., Maxsudov M. «Research of transforming circuits of electromagnets sensor with distributed parameters» 10 th International Symposium on intelligent Manufacturing and Service Systems. 9–11 September 2019. Sakarya. Turkey. c.831–837.
2. Siddikov I.Kh, Makhsudov M.T, Boikhanov Z.U, Uzaqov R. Features productions reactive power on systems electrical supply with renewable sources energies // *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*. India, Vol. 10, Issue 6, June 2020, p 292–296.
3. Siddikov I.Kh., Abdulaev A.Kh., Bobojanov M.K. Perfection and development of sensor controls and measuring converters on a basis of information–energetics model // *WCIS – 2002. II – World conf.* 4–5 June 2002 y. b–QuadratVerlag, Azerbaijan State Oil Academy, Azerbaijan, Baku, 2002.–P.310 –315.
4. Siddikov I.Kh., Nazarov F.D., Gafurov J.F., Gaziev B.A., Khakimov M.Kh. Energy management and energy audit in energy sector of Republic Uzbekistan // *Control of power system – 04: The-sis's VI – int. conf.* June 16–18 2004. – Slovak Rep., High Taras, Strbske Pleso, 2004. – P.230–235.
5. Schaumburg H. Werkstoffe und Bauelemente der Elektrotechnik. Sensoren. Stuttgart: B.G. Teubner, 1992. –517 p.
6. Абубакиров А.Б. Қайта тикланувчан энергия манбали электр таъминоти тизимлари реактив қуввати бошқарувининг кўп фазали тоқлари датчикларининг моделлари ва тузилиш тамойиллари: Дисс. PhD – Тошкент 2020. –117 с.