

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI**

**MASHINASOZLIK
ILMIY-TEXNIKA JURNALI**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE AND INNOVATIONS REPUBLIC
OF UZBEKISTAN
ANDIJAN MACHINE-BUILDING INSTITUTE
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL
MACHINE BUILDING**

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi (OAK) Rayosatining 2021-yil 30-dekabrda 310/10-son qarori bilan Andijon mashinasozlik institutining “Mashinasozlik” ilmiy-texnika jurnali “TEXNIKA” va “IQTISODIYOT” fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to‘liq yoki qisman chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim mos tushmasligi mumkin. Ilmiy-texnika jurnalida yozilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolaning mualliflari mas‘uldirlar.

MASHINASOZLIK
ILMIY-TEXNIKA JURNALI

Bosh muharrir:

U.M.Turdialiyev – texnika fanlari doktori, k.i.x.

Mas’ul muharrir:

U.A.Madrahimov – iqtisodiyot fanlari doktori, professor.

T A H R I R H A Y ’ A T I

Negmatov Soyibjon Sodiqovich – texnika fanlari doktori, professor O‘ZRFA akademigi (TDTU);
Abralov Maxmud Abralovich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);
Dunyashin Nikolay Sergeevich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);
Norxudjayev Fayzulla Ramazanovich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);
Pirmatov Nurali Berdiyrovich – texnika fanlari doktori, professor (TDTU);
Salixanova Dilnoza Saidakbarovna – texnika fanlari doktori, professor (O‘ZRFA UNKI);
Siddikov Ilxomjon Xakimovich – texnika fanlari doktori, professor (TIQXMMI);
Fayzimatov Shuhrat Numanovich – texnika fanlari doktori, professor (FarPI);
Xakimov Ortiqali Sharipovich – texnika fanlari doktori, professor (Standartlashtirish, sertifikatlashtirish va texnik jihatdan tartibga solish ilmiy-tadqiqot instituti);
Xo‘jayev Ismatillo Qo‘shiyevich – texnika fanlari doktori, professor (Mexanika instituti);
Ipatov Oleg Sergeevich – professor (Sankt-Peterburg politexnika universiteti, Rossiya);
Naumkin Nikolay Ivanovich - p.f.d., t.f.n., professor. (Mordov milliy tadqiqot davlat universiteti, Rossiya);
Aliyev Suxrob Rayimjonovich – fizika-matematika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent (AndMI);
Shen Zhili – professor (Shimoliy Xitoy texnologiyalar universiteti, Xitoy);
Hu Fuwen – professor (Shimoliy Xitoy texnologiyalar universiteti, Xitoy);
Won Cholyeon – professor (Janubiy Koreya Milliy tadqiqotlar fondi, Janubiy Koreya);
Celio Pina – professor (Setubal politexnika universiteti, Portugaliya);
Ricardo Baptista – professor (Setubal politexnika universiteti, Portugaliya);
Rui Vilela – professor (Setubal politexnika universiteti, Portugaliya);
Dmitriy Albertovich Konovalov - t.f.n., professor (Voronej davlat texnika universiteti);
Мухаметшин Вячеслав Шарифуллович – директор Института нефти и газа федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (филиал в г.Октябрьском), доктор геологоминералогических наук, профессор.
Nimchik Aleksey Grigorevich – kimyo fanlari doktori, professor (TDTU Olmaliq filiali)
Muftaydinov Qiyomiddin – iqtisodiyot fanlari doktori, professor (AndMI);
Zokirov Saidfozil – i.f.d., (Prognozlashtirish va makroiqtisodiy tadqiqotlar instituti);
Orazimbetova Gulistan Jaksilikovna - t.f.d., dotsent (AndMI)
Jo‘raxonov Muzaffar Eskanderovich – iqtisodiyot fanlari bo‘yicha falsafa doktori (AndMI);
Ermatov Akmaljon – iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent (AndMI);
Qosimov Karimjon – texnika fanlari doktori, professor (AndMI);
Yusupova Malikaxon – iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent (AndMI);
Akbarov Xatamjon Ulmasaliyevich – texnika fanlari nomzodi, dotsent (AndMI);
Mirzayev Otabek – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (AndMI);
Raxmonov O‘ktam Kamolovich – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (TDTU, Olmaliq filiali);
Xoshimov Xalimjon Xamidjanovich – texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (AndMI).
Kuluyev Ruslan Raisovich - texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), (TDTU).

Texnik muharrir:

B.Iminov – Andijon mashinasozlik instituti nashriyoti.

Tahririyat manzili: Andijon shahar, Bobur shox ko‘cha, 56-uy. **Tel:** +998 74-224-70-88 (1016)

Veb sayt: www.andmiedu.uz

e-mail: andmi.jurnal@mail.ru

“Mashinasozlik” ilmiy-texnika jurnali O‘zbekiston Respublikasi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligining 2020 yil 28- fevraldagi 04-53-raqamli guvohnomasiga binoan chop etiladi.

MUNDARIJA	
MASHINASOZLIK VA MASHINASHUNOSLIK. MASHINASOZLIKDA MATERIALLARGA ISHLOV BERISH. METALLURGIYA. AVIASIYA TEXNIKASI	
Усовершенствованное устройство управления процесса ректификации <i>Мухитдинов Д.П., Султанов И.Р.</i>	5
Необходимость правильного подбора цвета специальной одежды работников машиностроительной отрасли <i>Араббаева Ф.У.</i>	15
Tabiiy tUSDagi favqulodda vaziyatlarda texnik tizimlar faoliyatini takomillashtirish <i>Jalilov A. I.</i>	20
Asinxron motor validagi yuklama o'zgarishi asosida quvvatini avtomatik rostlash <i>Olimov J.S.</i>	25
Analysis of structural changes as a result of modifiers introduced in the process of liquefaction of gray cast iron <i>Xasanov J.N.</i>	34
Barmoqsimon frezalarda konturli ishlov berishning uzlukli rejimlarida kesilayotgan qatlam ko'ndalang kesim yuzasining va kesish kuchining o'zgarish xarakterlari <i>Umarov T.U., Baydullayev A.A.</i>	40
ENERGETIKA VA ELEKTROTEXNIKA. QISHLOQ XO'JALIGI ISHLAB CHIQRISHINI ELEKTRLASHTIRISH TEXNOLOGIYASI. ELEKTRONIKA	
Boshqaruv tizimining barqarorlik mezonlari va ko'rsatkichlari <i>Sabirov U.K.</i>	46
Вопросы управление массообменными процессами <i>Султанов И.Р.</i>	58
QISHLOQ XO'JALIGI ISHLAB CHIQRISHINI MEXANIZATSIYALASH TEXNOLOGIYASI	
Mahalliy xomashyolar asosida mineral kukunlarni olish texnologiyasini ishlab chiqish va tadqiq qilish <i>Ахмаджонов М.А., Ubaydullayev M.M.</i>	68
Fermalarda sog'ilgan sut mahsulotini umumiy miqdorini monitoring qilish algoritmi <i>Safarov E.X.</i>	74
Qishloq xo'jalik texnikalarini atmosfera muhiti ta'sirida korroziyaga uchrab yemirilish jarayonining tahlili <i>Qosimov K.Z., To'raqulov A.X.</i>	80
Ikki qatlamli trikotaj to'qimalarida qatlamlarning birlashtirish usulini trikotajni fizik-mexnik xususiyatlariga ta'sirini tadqiqoti <i>Karimov N.M.</i>	85
Kartoshka tuganaklarni elevatorlarda saralash bo'yicha nazariy tadqiqotlar tahlili <i>Bayboboev N.G., Do'smatov T.G', Qambarov E.A., Haydarov A.Q.</i>	91

Olimov Jasur Sadriddin o'g'li,
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
«Energetika» kafedrasasi assistenti
olimovjasur2328@gmail.com
(93) 3732328

**ASINXRON MOTOR VALIDAGI YUKLAMA O'ZGARISHI ASOSIDA
QUVVATINI AVTOMATIK ROSTLASH.**

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ РЕГУЛИРОВКА МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ
ИЗМЕНЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ВАЛЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.**

**AUTOMATIC POWER ADJUSTMENT BASED ON CHANGE OF LOAD ON
ASYNCHRONOUS MOTOR SHAFT.**

Аннотация. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor o'zining ishonchlilik, chidamlilik va iqtisodiy samaradorlik nuqtai nazaridan afzalliklari tufayli sanoat korxonalarida keng qo'llaniladi. Shu bilan birga, uning kamchiliklaridan biri shundaki, aktiv va reaktiv quvvat sarfini muvozanatlashtira olmasligi sababli quvvatni yo'qotish omillari o'zini namoyon qiladi. Ayniqsa, qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor yuklanmagan (salt) ish holatda yoki dastlabki ishga tushirish vaqtida, quvvat koeffitsiyenti yoki foydali ish va unumdorlik keskin kamayadi. Shuning uchun, qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorning quvvat koeffitsiyentini yaxshilash keyingi maqolar uchun dolzarb mavzu bo'lib, bir necha yillardan beri qiziqarli echimlarni o'z ichiga olib kelmoqda. Ushbu maqolada ikki turdagi boshqarish tizimini umumlashgan (chastota konvertori va bashoratli momentni boshqarish) sistemasi keltirib o'tilgan. Ushbu maqolaning asosiy yo'nalishi yuqorida aytib o'tilgan ikkita tizimdan foydalangan holda qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorni boshqarish tizimini loyihalash, turli nazorat usullarining ishlashini tahlil qilish va simulyatsiya va eksperimental natijalarni taqqoslash orqali ushbu usullarni nazariy tahlilini yoritgan.

Калит so'zlar: qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motor, moment, sirpanish koeffitsiyenti, samaradorlik, boshqarish algoritmlari, chastota o'zgartirgich, o'zgaruvchan tok, kuchlanish manbasi invertori, pulsatsiyalanuvchi kuchlanish, bashoratli regulyator.

Аннотация. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором широко применяется на промышленных предприятиях благодаря своим преимуществам по надежности, долговечности и экономичности. При этом одним из его недостатков является то, что коэффициенты потерь мощности проявляются из-за невозможности сбалансировать потребление активной и реактивной мощности. Особенно в асинхронном двигателе с короткозамкнутым ротором в ненагруженном (солевом) рабочем состоянии или во время первоначального запуска коэффициент мощности или полезная работа и КПД резко снижаются. Поэтому улучшение коэффициента мощности асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором является актуальной темой для следующих статей, уже несколько лет содержащих интересные решения. В данной статье представлена система, объединяющая два типа систем управления (преобразователь частоты и прогнозирующее управление крутящим моментом). Основное внимание в этой статье уделяется разработке системы управления короткозамкнутым асинхронным двигателем с использованием двух упомянутых выше систем, анализу эффективности различных методов управления и сравнению результатов моделирования и экспериментов с теоретическим анализом этих методов.

Ключевые слова: асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, крутящий момент, коэффициент скольжения, КПД, алгоритмы управления,

преобразователь частоты, переменный ток, инвертор напряжения, пульсирующее напряжение, прогнозирующий регулятор.

Abstract. The short-circuited rotor asynchronous motor is widely used in industrial enterprises due to its advantages in terms of reliability, durability and cost-effectiveness. At the same time, one of its disadvantages is that power loss factors manifest themselves due to the inability to balance active and reactive power consumption. Especially in short-circuited rotor asynchronous motor at unloaded (salt) operating condition or during the initial start-up, the power coefficient or useful work and efficiency are drastically reduced. Therefore, improving the power coefficient of the asynchronous motor with a short-circuited rotor is a relevant topic for the next articles, and has been containing interesting solutions for several years. This article presents a system that summarizes two types of control systems (frequency converter and predictive torque control). The main focus of this paper is to design a short-circuited induction motor control system using the two systems mentioned above, to analyze the performance of different control methods, and to compare the simulation and experimental results with the theoretical analysis of these methods.

Key words: asynchronous motor with short-circuited rotor, torque, slip coefficient, efficiency, control algorithms, frequency converter, alternating current, voltage source inverter, pulsating voltage, predictive regulator.

Kirish. Elektr motorlar zamonaviy va rivojlanayotgan jamiyatimizning asosiy ishlab chiqarishdagi vositasi sanaladi. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, sanoati rivojlangan mamlakatlarda ishlab chiqarilgan umumiy elektr energiyasining yarmidan ortig'i elektr motorlari tomonidan iste'mol qilinadi (1-jadval). Shu sababli, sanoatda asosiy yuritma sifatida qo'llaniluvchi o'zgaruvchan quvvatli qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motoriga talab yuqoridir va u yuklama doimiy bo'lmagan (turg'unmas) jarayon uchun juda mos keladi. Zamonaviy detektorlar va sensorlar yordamida biz rejalashtirilgan loyihamizni bajarish imkoni mavjuddir. Avvalo, dastlab elektr motorning ish holatini bir necha sabablarga ko'ra o'rganish zarurdir. Masalan: ba'zi ishlab chiqarishlarda elektr motorning tezligi muhim ahamiyatga ega, boshqa sohalarda esa valdagi yuklama juda o'zgaruvchan, shuning uchun bu masala muayyan hisob-kitoblarni talab qiladi [1].

Jadval 1.

Elektr energiyasi iste'mol ko'rsatgichi.

Energiyadan foydalanish	Iste'mol qilingan umumiy elektr energiyasining %	Ilovadagi elektr motorlar tomonidan iste'mol %
Mustaqil ish rejimli motorlar	22.6	22.6
Sovutish va havo bilan ishlash	12	11.4
Maishiy qurilmalar	12	7.5
Kichik jihozlar	11.5	2.3
Kommunal xizmatlarning shaxsiy foydalanishi, temir yo'llar, energetika organlari	8	6.9
Havo isitish	7	1.8
Yoritish	15.5	-
Elektroliz va issiqlik jarayoni	6	-
Suvni isitish	5	-
Jami	~100%	52.5%

2. Materiallar va metodlar

2.1. Asinxron motorlarning matematik xarakteristikalarini

Induksion yuhud asinxron motorlarning ish holatini boshqaradigan asosiy matematik munosabatlarni tushunish muhimdir. Tushuntirish uchun ishlatiladigan ba'zi asosiy munosabatlar quyida keltirilgan: [2]

2.1.1. Yuklama

Asinxron motor tomonidan ishlab chiqarilgan moment quyidagi formula (1) bilan ifodalanadi:

$$T = \frac{5250 \times HP}{N_{rpm}} \quad (1)$$

Bu yerda: HP = ot kuchi, hp, N_{rpm} = boshqaruv tezligi, rpm.

2.1.2. Sirpanish koeffitsiyenti

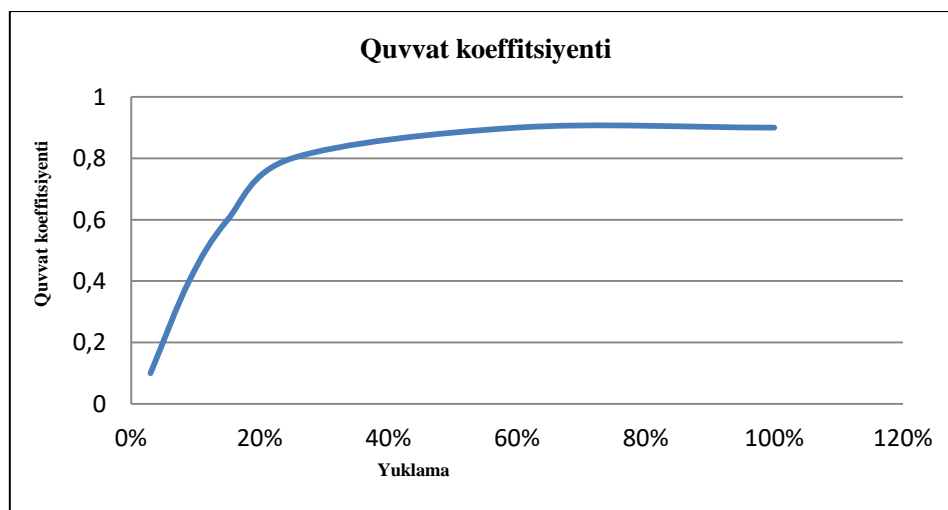
O'zgaruvchan tokning chastotasi bilan stator ichidagi magnit maydonning aylanish tezligini ifodalaydi. Rotor bu maydon orasida statoridagi magnit maydonga nisbatan sekinroq aylanish bilan harakat qiladi. Tezlikdagi bu farq sirpanish deb ataladi [2].

$$\%Slip = \frac{N_s - N}{N_s} \quad (2)$$

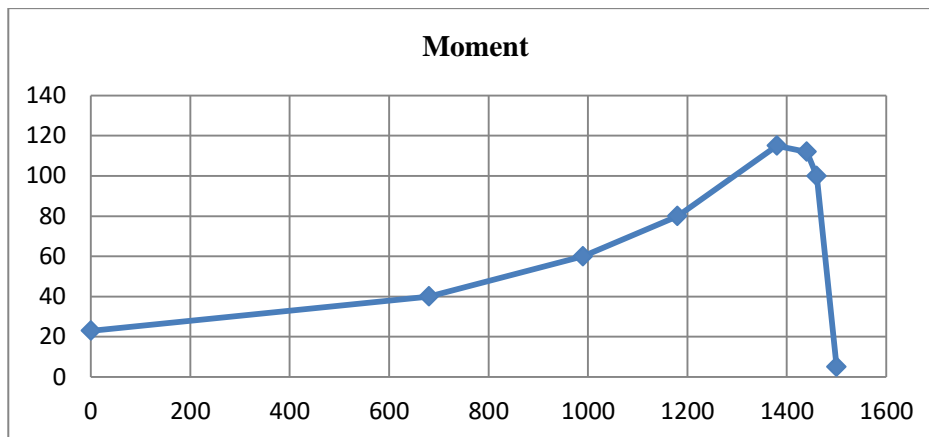
Bu yerda: N_s = sinxron tezlik, N = hisoblangan rotordagi tezlik.

2.2. Sanoatdagi elektr motor yuklamasining ifodasi

Hozirgi vaqtda ishlab chiqarish sanoatida qo'llaniladigan ko'plab asinxron motorli yuritmalar katta hajmga ega. Motorni o'rnatish bo'yicha qaror qabul qilishda zavod muhandislari tomonidan amalga oshiriladigan hisob-kitoblar, odatda, sirpanish koeffitsiyenti va yuklamani aniqlash texnikasiga asoslanadi. Yuklanish koeffitsiyenti 60-80% da optimal yuklama darajasidan pastga tushganda, asinxron motorlarning samaradorligi pasayishni boshlaydi. Ko'rinib turibdiki, agar asinxron motorlarning validagi yuklama 70% gacha bo'lsa, vosita samaradorligi yuqori bo'ladi. Yuklama va asinxron vosita moment-tezligi xarakteristikasi bilan quvvat koeffitsiyentining o'zgarishi (1,2-rasm) da tushuntirilgan.



1-rasm. Quvvat faktorining yuklama bilan bog'liqlik grafigi.



2-rasm. Asinxron motorda moment-tezligining xarakteristikasi.

2.3. Asinxron motor samaradorligini oshirish uchun qo'llaniladigan usullar.

Asinxron motor harakatini boshqarish va tezlikni sozlash ko'plab jarayonlarda, xoh maishiy yoki sanoat jarayonlarida talab qilinadigan asosiy parametrdir. Ushbu maqsadlar uchun ishlatiladigan tizimlar drayverlar deb ataladi. Elektron drayverlar tegishli tezlikni kuzatish usullaridan foydalangan holda asinxron motorining tezligini nazorat qilish uchun turli xil detektorlar va boshqaruv algoritmlaridan foydalanadi. Umuman olganda, elektr motorining quvvatini sozlashning turli usullari mavjud bo'lib, ularning afzalliklari va kamchiliklari bilan bugungi kunda ham keng qo'llaniladi. Asosiy va keng tarqalgan usullardan biri chastota konvertori orqali quvvatni boshqarish bo'lib, u tezlikni o'zgartirish zarur bo'lgan ko'p hollarda qo'llaniladi [3, 4].

3. Natijalar va muhokama

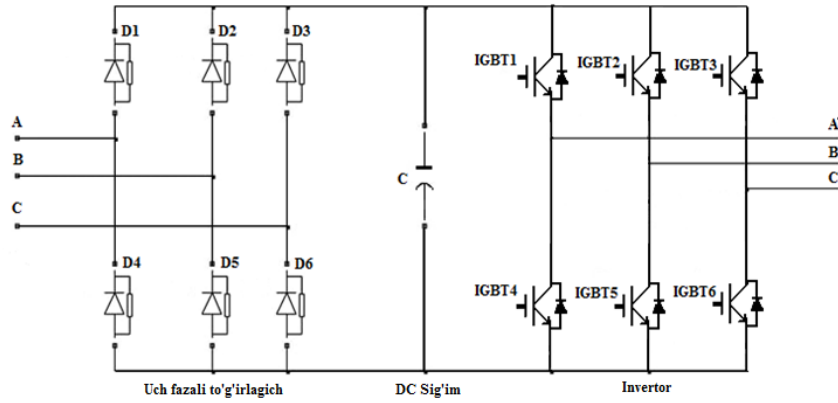
3.1. Chastotani o'zgartiruvchi asinxron motorli boshqaruv tizimi.

Asinxron motorning tezligini nazorat qilish o'zgaruvchan kuchlanish va chastotali manbalardan foydalanishni talab qiladi. 50 yoki 60 Hz chastotali quvvat bilan ta'minlanadigan chastotali konvertorlar bunga misoldir. O'zgaruvchan chastotali kuchlanish manbasini olish uchun biz boshqariladigan kuchlanish manbasi invertori bilan birlashtirilgan kuchlanish rektifikatorini (o'zgaruvchan tokni o'zgarmasga aylantirish) amalga oshirishimiz kerak. AC (50 Hz) kuchlanishni doimiy kuchlanishga aylantirish uchun rektifikator ishlatiladi, inverter esa doimiy kuchlanishni o'zgaruvchan chastotali kuchlanishga aylantira oladigan boshqariladigan qurilma vazifasini bajaradi. Diodlarni ish shartlari uchun fazali kuchlanish egri chizig'idan chiqish pulsatsiyalanadigan kuchlanishini beradi. Amaldagi tizimning sxemasi (3-rasm) da ko'rsatilgan.

$$V_{out} = \frac{3}{\pi} \left(\int_{\pi/6}^{\pi/2} (V_1 - V_2) dt + \int_{\pi/2}^{5\pi/6} (V_1 - V_2) dt \right) \quad (3)$$

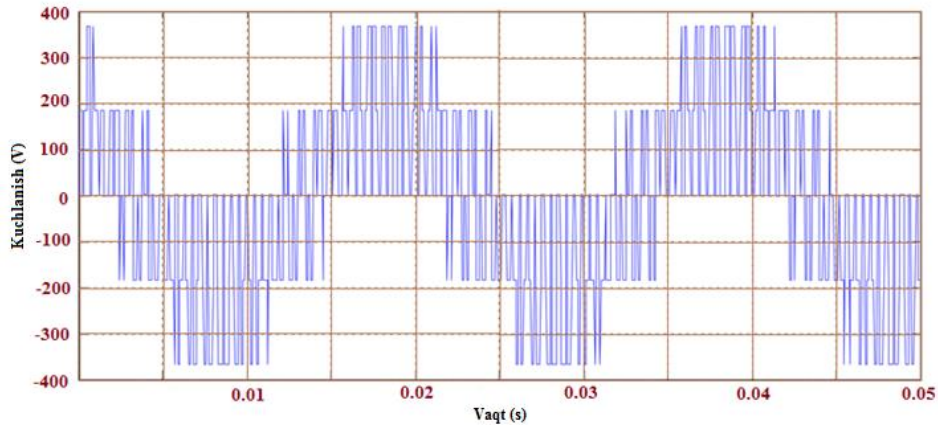
$$V_{out} = -\frac{3V_m}{\pi} [-1.73 - 0.86 + 0.86] \quad (4)$$

$$V_{out} = 1.65V_m = 1.65 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{rms} \quad (5)$$

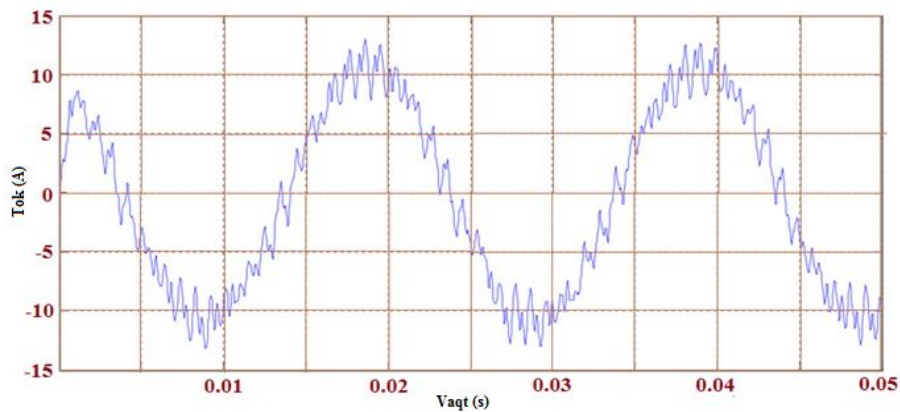


3-rasm. Chastota o'zgartiruvchi qurilma sxemasi.

Kuchlanish rektifikatori – yarim o'tkazgichli diodlar to'plamidan foydalangan holda o'zgaruvchan tokni to'g'ridan-to'g'ri o'zgarimas tok oqimi manbaiga aylantirish uchun ishlatiladigan statik quvvatli elektron qurilma. Uch fazali tizimda to'liq 2,5 sikl (davr)li to'lqin (pulsatsiya)li rektifikatorni qurish uchun oltita diod ishlatiladi. Ko'rsatilgandek, yuqoridagi sxemada rektifikator diodlar bilan antiparallel ulangan to'liq boshqariladigan tranzistorlar (IGBT / MOSFET) to'plami (invertor) ishlatiladi. Invertorning ishlash printsipi o'zgaruvchan tok hosil qilish uchun o'zgarimas tok oqimi manbaining musbat va manfiy qutblari o'rtasida juda tez o'tishga asoslanadi va bu o'tish tezligi bazaga etkazib beriladigan signal tezligiga bog'liq. Quvvat manbai invertorning chiqish kuchlanishi va tok oqim shakllari (4, 5- rasm) da ko'rsatilgan.



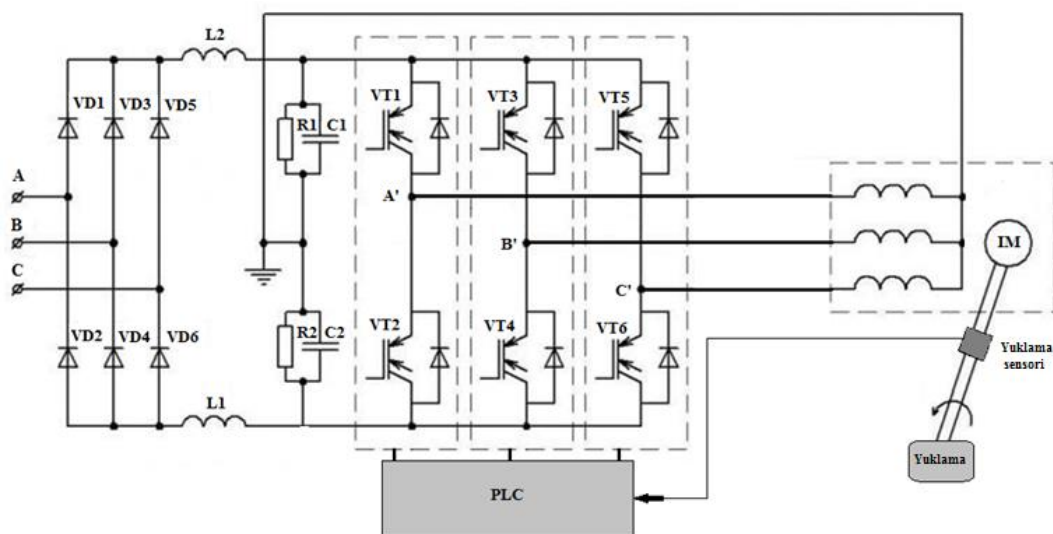
4-rasm. Quvvat manbai invertorning chiqish kuchlanishi.



5-rasm. Quvvat manbai invertorning chiqish tok oqimi.

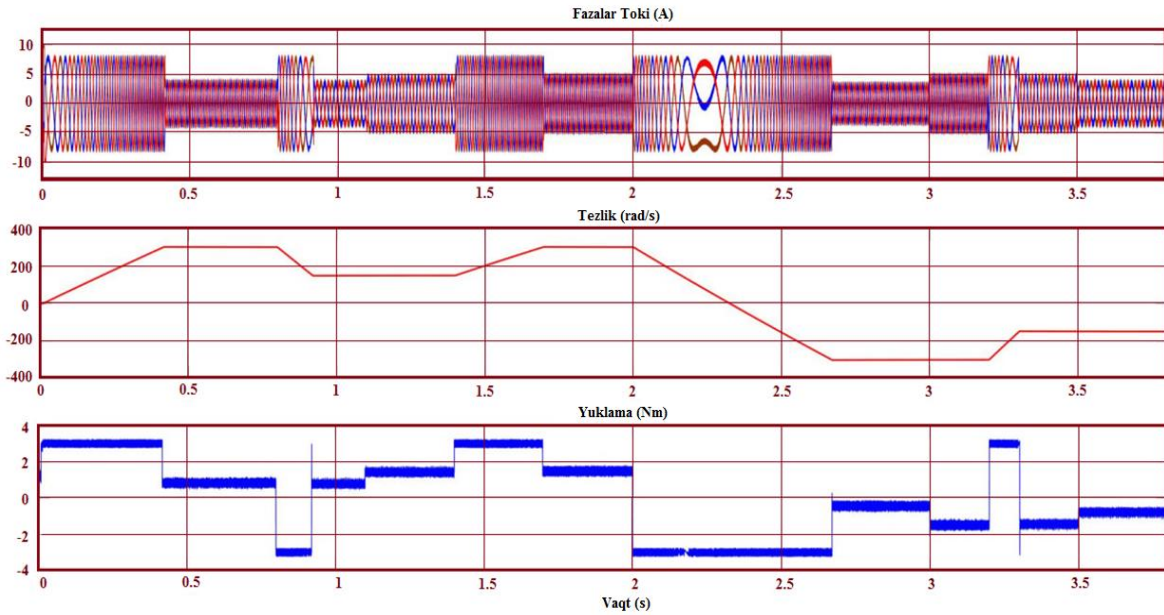
3.2. Yuklamaga tayyangan holda motor quvvatini avtomatik rostlash.

Yuklama asosida boshqarish sxemasi orqali bilvosita asinxron motor drayverining tezlikni boshqarish tizimi (6-rasm) ko'rsatilgan. Quyidagi sxemada asinxron motorning rotoriga yuk tushishi natijasida rotorning tezligi o'zgarishini ko'rish mumkin. Tezlik o'zgarishining tahlili regulyatorga uzatiladi va tahlil qilinadi. Natijada, joriy boshqaruvchida hosil bo'lgan tok oqimi i_{qs} mos ravishda qanday chastota hosil qilish kerakligi haqida invertorga mantiqiy signal uzatadi. Shuni esdan chiqarmaslik kerakki, valdagi momentning haddan tashqari ko'tarilishi uzatiladigan chastotaning keskin o'sishiga olib keladi va statoridagi tok oqimining oshishiga hamda shikastlanishga olib kelishi mumkin. Shuning uchun, albatta, himoya choralarini ko'rish kerak [5].



6-rasm. Yuklamaga tayyangan holda motor quvvatini avtomatik rostlash sxemasi.

FCS-MPC orqali motor boshqaruvining kompyuter simulyatsiyalari MATLAB/Simulink dasturi asosida amalga oshiriladi. Simulyatsiyalar tajriba holatida amalga oshirish bosqichidan oldin tayyorgarlik bosqichi sifatida yuqoridagi dastur asosida sinovdan o'tkaziladi. Turli ish sharoitlarida asinxron motor uchun fazalar aro tok oqimlari, val tezligi va elektromagnit moment quyidagi (7-rasm)da tasvirlangan. Simulyatsiya bosqichi uchun umumiy yondashuv tizimni va bashorat qiluvchi boshqaruvchini iloji boricha yaqinroq modellashtirish va aniq qiymatlarga asoslangan bo'lishi kerak. Simulyatsiyada eksperimental amalga oshirishda ishlatiladigan motorning aniq parametrlari asinxron vosita modeli uchun o'rnatiladi. Haqiqiy kalitlarga ega bo'lgan 2L-VSI modeli qo'llaniladi, chunki asosiy e'tibor inverter samaradorligiga emas, balki boshqaruv sifatiga qaratilgan [1]. Boshqarish harakati "MPC-modelli bashoratli boshqaruv" deb nomlangan quyi tizim ostida amalga oshiriladi. MPC bloki oldindan belgilangan yoki dasturlashtirilgan boshqaruv sikli asosida jarayonni boshqaradigan ishga tushirilgan quyi tizim sifatida modellashtirilgan. Shunday qilib, tezlik va yuklama bir-biriga mutanosib ravishda baholanadi va tok oqimi bilan quvvat iste'moli doimiy nazorat ostida bo'ladi. Qoniqarli raqamli aniqlik uchun simulyatsiya qadamining o'lchami yoki tezligi 1 ms ga o'rnatiladi. Chunki jarayon haqidagi ma'lumotlarning sekin holatda boshqaruvchiga uzatilishi ish jarayonida ba'zi muammolarni keltirib chiqaradi, masalan, valdagi yukning keskin o'zgarishi tufayli dvigatel tezligiga ta'sir qiladi [6, 7].



7-rasm. Turg'unmas yuklama sharoitlarida asinxron motor uchun fazalar aro tok kuchi, val tezligi va elektromagnit moment.

Yuqoridagi grafikda ko'rsatilganidek, dvigateldagi tok kuchi qiymati doimiy nazorat ostida bo'lishi kerak. Buning sababi shundaki, yuklama o'zgarishi tufayli iste'mol toki qiymatining keskin o'sishi stator cho'lg'amlariga zarar yetkazadi. Shunday qilib, bizning loyihamiz uchun quyidagi tenglamalar foydali bo'lib, tenglamada stator (6) va rotordagi (7) magnit oqim asosiy parametrlar bilan tavsiflanadi. Tenglama (8) rotor va stator o'rtasidagi magnit oqimning munosabatini ko'rsatadi [8, 9].

$$\frac{d\Phi_s}{dt} = V_s - R_s I_s \quad (6)$$

$$\frac{d\Phi_s}{dt} = R_r \frac{L_m}{L_r} I_s - \left(\frac{R_r}{L_r} - j\omega_e \right) \Phi_r \quad (7)$$

$$\Phi_r = \frac{L_m}{L_r} \Phi_s + \sigma L_s I_s \quad (8)$$

Bu yerda $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_s L_r}$ magnit oqim omili sifatida aniqlanadi.

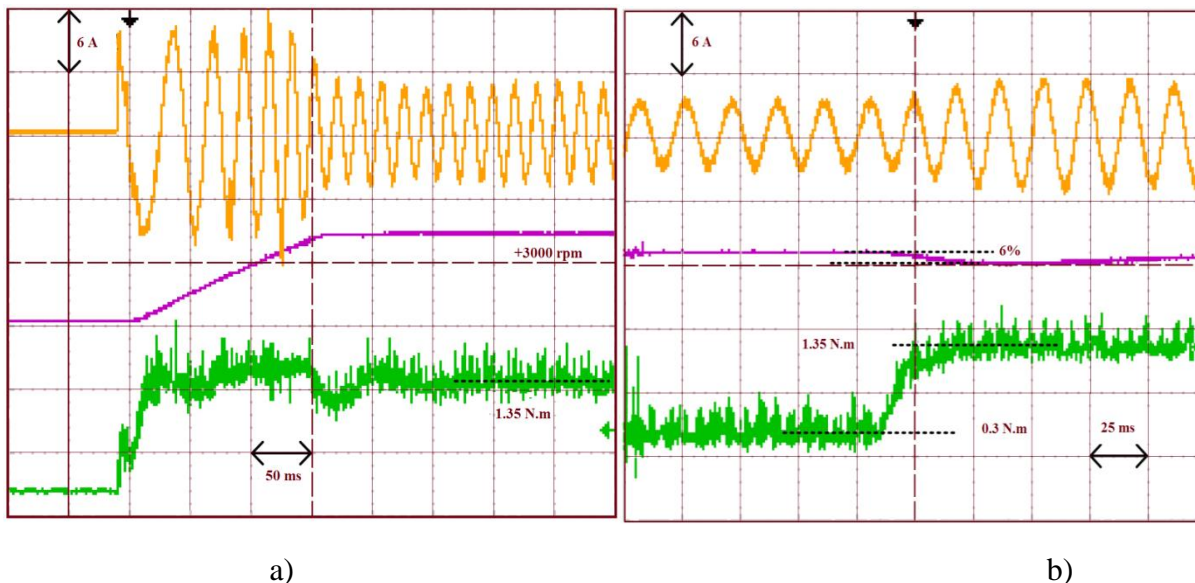
Quyidagi tartibni qo'llash uchun motor tok kuchining qiymatini va yuklamani bir-biriga bog'lash muhimdir. Buning sababi shundaki, biz shuni bilamizki, yuklamaning ortishi tok oqimi qiymatining oshishiga olib keladi. Shuning uchun joriy qiymatni doimiy ravishda kuzatib borish kerak. Quyidagi tenglama orqali biz ikkita asosiy parametr, stator tok oqimi I_s va valdagi yuklama T_{sh} o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rishimiz mumkin [10, 11].

$$I_s(k+1) = \left(1 + \frac{T_{sh}}{\tau_\sigma} \right) \cdot I_s(k) + \frac{T_{sh}}{\tau_\sigma + T_{sh}} \cdot \frac{1}{R_\sigma} \left(\left(\frac{k_r}{\tau_r} - k_r \cdot j \cdot \omega(k) \right) \cdot \Phi_r(k) + v_s(n) \right) \quad (9)$$

Bu yerda: τ_σ = vaqt, R_σ = qarshilik, k_r = induktivlik koeffitsiyenti, τ_r = rotor vaqti, $\omega(k)$ = rotor tezligi, $v_s(n)$ = kuchlanish vektori.

Tajriba natijasida yuqori aniqlikda dvigateldagi tezlik va yuklama o'zgarishlarini aniqlash va tahlil qilish va shu orqali motorimizning optimal ishlashini ta'minlash orqali ijobiy natijaga erishishimiz mumkin. Ya'ni, odatdagi ish rejimining grafiklari va yangi tajriba o'rtasidagi

taqqoslashni ko‘rib chiqsak, biz dvigatelimizdagi tok kuchi va valning tezligi odatdagidan kichikroq diapazonda o‘zgarishini ko‘rishimiz mumkin (8-rasm). Bu shuni anglatadiki, motor optimal ish rejimida ijobiy iqtisodiy ko‘rsatkichlarni namoyish etadi.



8-rasm. Oddiy ish rejimi (a) asosida joriy (to‘q sariq), tezlik (binafsha) va yuklama (yashil) natijalari. Yangi tajriba (b) asosida joriy (to‘q sariq), tezlik (binafsha) va yuklama (yashil) natijalari.

Asinxron motor validagi yuklamaning o‘zgarishi haqidagi ma’lumot nazorat moslamasi ya’ni moment o‘zgarishi to‘g‘risidagi signal o‘z vaqtida uzatilmasa, statoridagi tok qiymati keskin o‘zgarishi sodir bo‘ladi. Shuning uchun bu tajribada tok, kuchlanish va quvvat koeffitsiyenti o‘zgarishlarini tahlil qiluvchi kodlovchi detektor, moment sensori va datchiklarning aniqligi hamda ularning signallarni boshqaruvchiga uzatish tezligi nihoyatda muhim [12].

4. Xulosa

Xulosa qilib aytish kerakki, chastotani o‘zgartiruvchi va prognozli yuklama regulyatori orqali asinxron motorlarni boshqarish usullari keng tarqalgan bo‘lib, ikkala usul orqali ham yuqori samaradorlikka erishish mumkin. Albatta, bu usullardan foydalanish motorning ishlash sharoitiga bog‘liq. Ammo ba’zi jarayonlarda vosita validagi yuklamaning qiymati doimiy ravishda o‘zgaradi. Natijada, vosita uch xil yuksiz (salt), nominal va yuklama rejimida ishlaydi. Dvigatelning ushbu ish rejimida bashoratli momentni boshqarish moslamasining umumlashirilgan ko‘rinishi samarali natijalarga erishishga imkon beradi. Bu shuni anglatadiki, agar bizning asinxron motorimiz valiga yuklama ortib ketsa, aniq tahlil natijasi sensorlar orqali uzatiladi va ma’lumotlar boshqaruvchi kontroller orqali tahlil qilinadi va keyin buyruq chiqish signali orqali invertorga uzatiladi. Natijada, biz bir qator afzalliklarga ega bo‘lamiz, masalan, qo‘zg‘alish tok oqimini kamaytirish, ortiqcha aktiv va reaktiv quvvat sarfini qisman cheklash, quvvat koeffitsiyentini biroz oshirish, tezlikni nazorat qilish va bir qator himoya funksiyalarini amalga oshirish imkoni tug‘iladi.

Adabiyotlar ro‘yxati.

1. Ilker Sahin, “Model Predictive Torque Control Of An Induction Motor Enhanced With An Inter-Turn Short Circuit Fault Detection Feature”, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, (2021)

2. Subodh Chaudhari, “Load-based energy savings in three-phase squirrel cage induction”, West Virginia University, (2004)
3. Jasurjon S. Olimov, Sherzod Sh. Fayziyev, Feruz M. Raximov, Ahror U. Majidov, and Bobur Q. Muxammadov, “Controlling power of short circuited induction motor via modern sensors without speed change”, Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan, GEOTECH-2023.
4. Khaled Abdalla Almezghwi, “Direct Torque Control Of Induction Motor Using Fuzzy Logic”. Nicosia, 2015.
5. Fuzi Lftisi, B.Sc, M.Sc. “Intelligent Control of Induction Motors”. Faculty of Engineering & Applied Science Memorial University of Newfoundland. May (2019)
6. Ihor Kozakevych, And Kyrylo Budnikov, “Induction Motor Drive Direct Torque Control And Predictive Torque Control Comparison Based On Switching Pattern Analysis”. Automatic Electromechanical Systems In Industry And Vehicles Department, 11 Vitalii Matusevych Str., Kryvyi Rih, 50027, Ukraine. ICSF (2021)
7. Olimov J.S., Raximov F.M. “Design and development of short circuited induction motor”: Proceedings of the 4-international conference on integrated innovative development of zarafshan region: achievements, challenges and prospects dedicated to the 65- Anniversary of Navoi Mining and Metallurgical Company, Volume II, November 16-17, 2023. Navoi, Uzbekistan.
8. Olimov J.S., Eshmirzayev M.A. “Controlling power of induction motor via modern sensors without speed change”: Proceedings of the 6-international conference on integrated innovative development of zarafshan region: achievements, challenges and prospects dedicated to the 65- Anniversary of Navoi Mining and Metallurgical Company, Volume II, November 16-17, 2023. Navoi, Uzbekistan.
9. Yanmei Yao, “Study of Induction Machines with Rotating Power Electronic Converter”, Doctoral Thesis Stockholm, Sweden (2016)
10. Zhi SHANG, “Simulation and Experiment for Induction Motor Control Strategies Simulation and Experiment for Induction Motor Control Strategies”, Windsor, Ontario, Canada (2011)
11. Ibadullaev, M., Tovbaev, A.N. “Research of Ferr-Resonance Oscillations at the Frequency of Subharmonics in Three-Phase Non-Linear Electric Circuits and Systems”, //E3S Web of Conferences, 2020, 216, 01113 https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/76/e3sconf_rses2020_01113.pdf
12. Tovbaev A., Boynazarov G., Togaev I. “Improving the quality of electricity using the application of reactive power sources”, E3S Web of Conferences 390(4):06032
DOI: [10.1051/e3sconf/202339006032](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339006032)
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339006032>