

UO'K 621.313

ELEKTR YURITMALARNI CHASTOTA O'ZGARTIRGICHLAR YORDAMIDA ISHGA TUSHIRISH ORQALI ENERGIYA SAMARADORLIGI VA ISHONCHLILIGINI OSHIRISH

Norboyev Anvar Eshmo'minovich - texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD),
ORCID: 0009-0000-3474-3118 E-mail: a_norboyev@list.ru

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O'zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektr yuritmalarning energiya samaradorligi va ishonchliligini oshirish bo'yicha eksperiment tadqiqotlari va ularning natijalari tahlili keltirilgan.

Eksperiment tadqiqotlarda elektr yuritmani to'g'ridan-to'g'ri ishga tushirish hamda chastota o'zgartirgich orqali ishga tushirishda olingan natijalar qiyosiy tahlil etilgan.

Tadqiqot 22 kVt quvvatli elektr dvigatelida amalga oshirilgan. Olingan natijalar grafik asosida keltirilgan. Natijalar tahlili grafoanalitik usul asosida tadqiq etilgan. Elektr yuritmalar chastota o'zgartirgich orqali ishga tushirilganda uning energiya samaradorligi hamda ishonchliligiga ta'siri eksperiment natijalari asosida baholangan.

Elektr yuritmani chastota o'zgartirgich yordamida ishga tushirish bo'yicha olib borilgan eksperiment natijalari asosida energiya samaradorligi 23% ga hamda uning ishonchliligi 26% gacha oshishi ilmiy asoslangan.

Kalit so'zlar: elektr yuritma, elektr energiya, enegiya samaradorlik, ishonchlilik, elektr dvigatel, tok, kuchlanish, faza, chastota o'zgartirgich, quvvat, garmonika, faza siljish burchagi.

УДК 621.313

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ЗА СЧЕТ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ЧЕРЕЗ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ

Норбоев Анвар Эшмуминович - доктор философии по техническим наукам (PhD)

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

Аннотация. В статье анализируются экспериментальные исследования и их результаты по повышению энергоэффективности и надежности электроприводов.

В экспериментальных исследованиях был проведен сравнительный анализ результатов прямого пуска электропривода и пуска через преобразователь частоты.

Исследования проводились на электродвигателе мощностью 22 кВт. Полученные результаты представлены на основе графика. Анализ результатов проведен на основе графоаналитического метода. По результатам эксперимента оценено влияние электроприводов на энергоэффективность и надежность преобразователя частоты.

По результатам эксперимента по запуску электропривода с помощью преобразователя частоты научно обосновано повышение энергоэффективности на 23 % и его надежности на 26 %.

Ключевые слова: электричество, электроэнергия, энергоэффективность, надежность, электродвигатель, ток, напряжение, фаза, преобразователь частоты, мощность, гармоники, угол сдвига фаз.

UDC 621.313

INCREASING ENERGY EFFICIENCY AND RELIABILITY BY OPERATION OF ELECTRIC DRIVES THROUGH FREQUENCY CONVERTERS

Norboev, Anvar Eshmuminovich - Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD)

Karshi engineering-economics institute, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *This article analyzes experimental studies and their results on increasing the energy efficiency and reliability of electric vehicles.*

Experimental studies of direct start-up of the electric drive and start-up through a frequency converter, the obtained results have been comparatively analyzed.

The research was carried out on a 22 kW electric motor. The obtained results are presented based on a graph. The analysis of the results was researched because of the graphoanalytical method. The impact of the electric drives on the energy efficiency and reliability of the frequency converter was evaluated based on the results of the experiment.

According to the results of an experiment on starting an electric drive using a frequency converter, an increase in energy efficiency by 23% and its reliability by 26% was scientifically substantiated.

Keywords: *electricity, electric power, energy efficiency, reliability, electric motor, current, voltage, phase, frequency converter, power, harmonics, phase shift angle.*

Kirish

Hozirgi kunda jahon miqyosida ishlab chiqarilayotgan elektr energiyaning 20 foizidan ortig'ini sug'orish tizimidagi elektr yuritmalar iste'mol qiladi, 2030-yilga borib esa, elektr yuritmalarining elektr energiyasini iste'moli o'rtacha 1,8 foizga ortishi kutilmoqda. Shu bilan birga mashinali sug'orish tizimida nasos agregatlarini chastotaviy o'zgartirgichlar orqali boshqarishga, nasos agregatining ish rejimlarini optimallashtirishga hamda energiya sarfini aniqlashga katta e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda iste'molchilarni elektr energiyasi bilan sifatli ta'minlashda yangi texnika va texnologiyalarni ishlab chiqish va ularni iqtisodiyot tarmoqlariga tatbiq etish ishlari bajarilmoqda. 2022-2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida¹ "Iqtisodiyotni elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlash hamda "Yashil iqtisodiyot" texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy etish, iqtisodiyotning energiya samaradorligini 20 foizga oshirish" maqsadida sanoat tarmoqlarida yo'qotishlarni kamaytirish va resurslarni ishlatish samaradorligini oshirish kabi bir qator vazifalar belgilab berilgan.

Sug'orish tizimida chastotaviy rostlanuvchi elektr yuritmalari suv nasoslarining ishonchligi va energiya samaradorligiga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar jahonning yetakchi ilmiy markazlari va ko'pgina oliy ta'lim muassasalari jumladan, "Moskva energetika instituti" milliy tadqiqot universiteti (Rossiya), Dresden University of Technology (Germaniya), University of Michigan (AQSH), University of Waterloo (Kanada), Tokyo institute of technology (Yaponiya), Polytechnic University of Milan (Italiya), O'zR FA Energetika muammolari instituti, Toshkent davlat texnika universitetida keng qamrovli ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Rostlanuvchi elektr yuritmalar yordamida energiya samaradorlikka erishish masalalariga Saidur R., Hussein Sarhan, Xabarov A.I., Ivanova V.R., Xramshin R. va boshqa olimlarning ishlari bag'ishlangan [4-8].

¹"2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni.

Sugʻorish tizimida chastotaviy boshqariluvchi elektr yuritmalar asosida nasos agregatlarining ishonchliligi va energiya samaradorligini oshirishga M.Z.Xamudxanov, T.S. Kamalov, A.A. Xoshimov, O.X. Ishnazarov, A.A.Shavazov, S.M.Xushiyev kabi mahalliy olimlar katta hissa qoʻshib kelmoqdalar [9-14]. Ushbu tadqiqotlar chastotaviy rostlanuvchi elektr yuritmalar asosida nasos agregatlarini ishga tushirishni takomillashtirish bilan bogʻliq. Biroq, sezilarli muvaffaqiyatlarga qaramay, elektr yuritmalarning ishonchliligi va energiya samaradorligi hamda suv nasoslarining chastotaviy rostlanuvchi asinxron elektr yuritmalari asosida sugʻorish jarayonlarini boshqarish tizimlari masalalari boʻyicha bajarilgan ishlar yetarli darajada oʻrganilmagan. Bu esa oʻz navbatida energiya zahiralari taqchilligi sharoitida energiya va resurs samaradorligini oshirishga qaratilgan qator amaliy ishlar olib borishni taqozo etadi. Bunda elektr yuritmalarning energiya samaradorligi va ishonchliligi muhim oʻrin tutadi. Bugungi qishloq xoʻjaligi ekinlarini sugʻorishda elektr yuritmalarning toʻgʻridan-toʻgʻri ishga tushirilishi, koʻplab muammolarni keltirib chiqarmoqda. Xususan energiya samaradorligi past tizimda ishlashi, elektr yuritmalarning ishlash muddatlari yuqori ishga tushirish toki hisobiga stator chulgʻamlari izolyatsiyasi oʻz xususiyatini talab qilgan muddatda bajara olmasligi, natijada ularga texnik xizmat koʻrsatish davrlarining qisqarishiga, iqtisodiy xarajatlarning oshishiga olib keladi. Bunday muammolarning yechimlaridan biri sifatida elektr yuritmalarni chastota oʻzgartirgichlar orqali ishga tushirishni tadqiq etamiz.

Usul va materiallar

Elektr yuritmalarni ishga tushirishda 22 kVt quvvatga ega ETSV 10-160-35 rusumli elektr dvigatelida eksperiment tadqiqotlari oʻtkazildi. 1-jadvalda elektr dvigateling texnik parametrlari keltirilgan [1].

1-jadval

Elektr dvigateling texnik parametrlari

T/r	Koʻrsatkichlar nomi	Oʻlchov birligi	Miqdori
1	Unumdorlik	m ³ /s	160
2	Bosim	m	35
3	Motor quvvati	kVt	22
4	Kuchlanish	V	380
5	Tok kuchi	A	47±4,0
6	Tarmoq chastotasi	Gs	50
7	FIK	%	85

Eksperiment tadqiqotlari uch bosqichda amalga oshirildi: a) elektr dvigatelni toʻgʻridan-toʻgʻri ishga tushirishda kuchlanish va tokning fazalar boʻyicha oʻzgarishi; b) elektr dvigatelni chastota oʻzgartirgich orqali ishga tushirishda ishga tushirish tokining, nominal kuchlanish va tokning oʻzgarishi natijalarini olish; s) olingan eksperiment natijalarining oʻzaro tahlili.

Eksperiment tadqiqotlarini olib borishda AR5 analizatoridan foydalanilgan. Ushbu qurilma bugungi kunda keng qoʻllanilmoqda. Chunki ishlashda ishonchli, aniqlik sinfi boshqa oʻlchash qurilmalaridan nisbatan yuqori, shuningdek oʻlchash diapozoni keng. Quyida ushbu qurilmaning texnik xarakteristikasi 2-jadvalda keltirilgan.

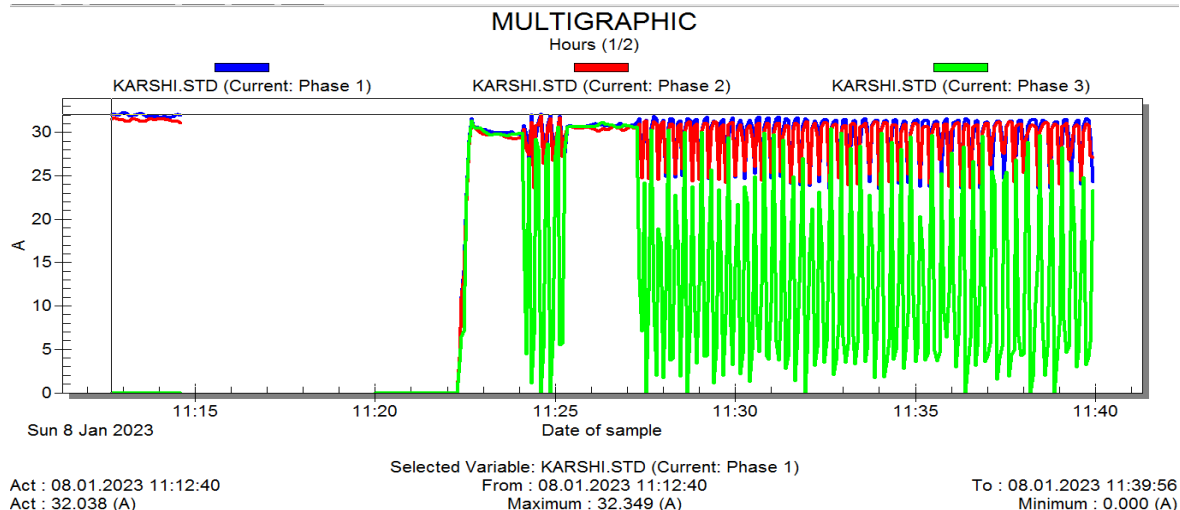
2-jadval

AR5 analizatorining texnik xarakteristikasi

T/r	Koʻrsatkichlar nomi	Oʻlchov birligi	Miqdori
1	Fazalar soni		3
2	Maksimal kuchlanish	V	500
3	Maksimal tok	A	2000
4	Tok va kuchlanish aniqlik sinfi		0,5
5	Quvvat boʻyicha aniqlik sinfi		1,0

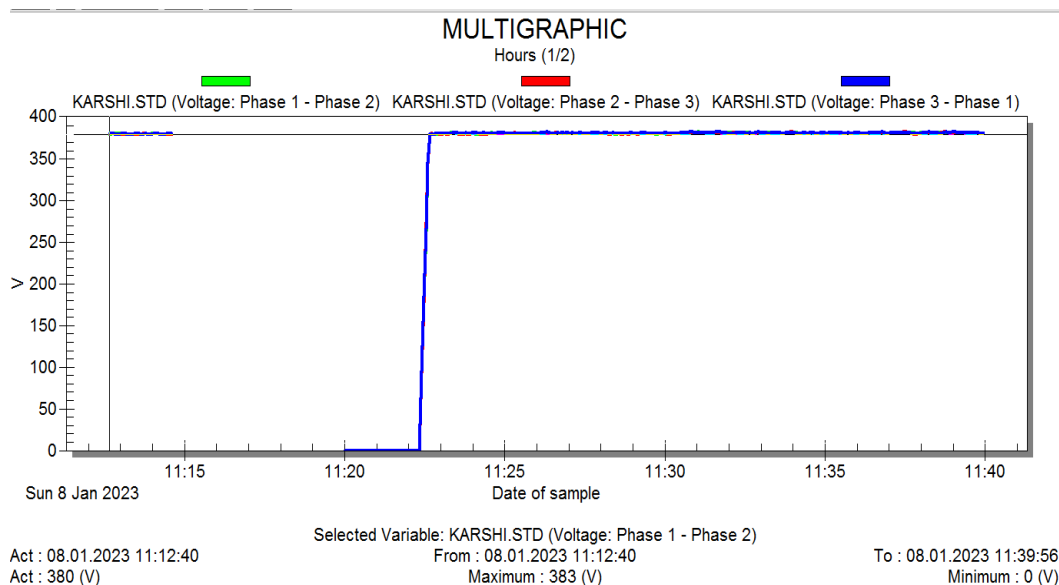
Natijalar

Elektr yuritmani to'g'ridan-to'g'ri ishga tushirish. Dastlab elektr yuritma to'g'ridan-to'g'ri ishga tushirilganda uning ishga tushirish toki, nominal toki va kuchlanishi natijalari olindi. Kunning 11:20 dan 11:40 gacha bo'lgan vaqtda eksperiment tadqiqotlar natijalariga asosan elektr dvigatelining har bir fazasidagi tokning o'zgarishi keltirilgan (1-rasm). Bunda elektr dvigatel ishga tushirilganda tokning keskin ortishi, uchala faza toklari maksimal 33 A gacha hamda uchinchi faza tokining qiymati nominal qiymatdan sezilarli o'zgarishi aniqlandi. Bu esa elektr dvigatelining ishonchli ishlashini ta'minlashda salbiy ta'sir ko'rsatadi [1].



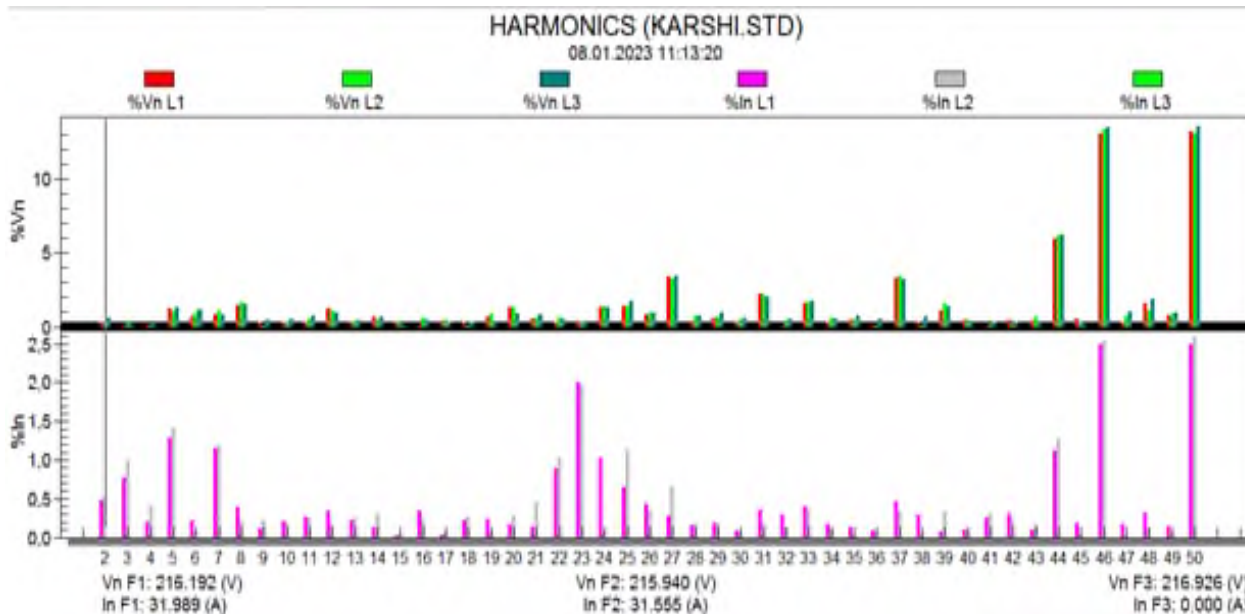
1-rasm. Asinxron dvigatel faza toklarining vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi

Soat 11:20 dan 11:40 gacha bo'lgan vaqtda eksperiment tadqiqotlar natijalariga asosan elektr dvigatelining kuchlanishning o'zgarishi keltirilgan (2-rasm). Bunda elektr dvigatel ishga tushirilganda tokning keskin ortishi, uchala faza toklari maksimal 373 dan 380 V gacha o'zgarishi aniqlandi.



2-rasm. Elektr yuritma faza kuchlanishlarining vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi

Elektr dvigatelini chastota o'zgartirgichsiz ishga tushirgan holatda kuchlanish va tok garmonikalarining nominal qiymatga nisbatan o'zgarishi 3-rasmda keltirilgan. Bunda har bir faza kuchlanish va tok garmonikalarining o'zgarishi (foizda) aniqlangan [1].

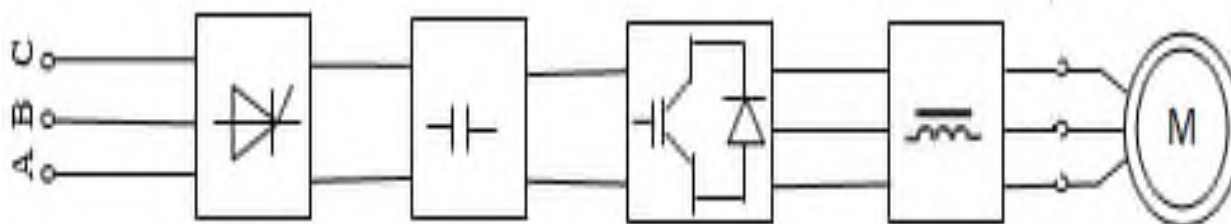


3-rasm. Elektr dvigateli kuchlanishi va tok garmonikalarining o'zgarish grafigi

Elektr yuritmalarni to'g'ridan-to'g'ri ishga tushirish eksperiment natijalaridan ko'rinib turibdiki, nominal tok va kuchlanish qiymatlari fazalar bo'yicha nobarqaror ish rejimi xarakteriga egadir.

Elektr yuritmani chastota o'zgartirgich orqali ishga tushirish - Bunday ishga tushirishni amalga oshirishda kerakli o'lchamdagi chastota o'zgartirgichini tanlash va hisoblash uchun yuklanishning xususiyatlarini bilish kerak. Keyin esa mos chiqish quvvatiga ega chastota o'zgartirgichni tanlash zarur. Kerakli chiqish quvvati to'rtta usulda hisoblanishi mumkin. Hisoblash usuli dvigatellarning pasport ma'lumotlari bilan bog'liq bo'ladi.

Chastota o'zgartirgichni tanlashda elektr dvigatel quvvatiga asosanib DELIXI firmasining DELIXI CDI-E100G022/P030T4 30 kVA chastota o'zgartirgichi tanlab olindi, uning elektr dvigateliga ulanish sxemasi 4-rasmda keltirildi.

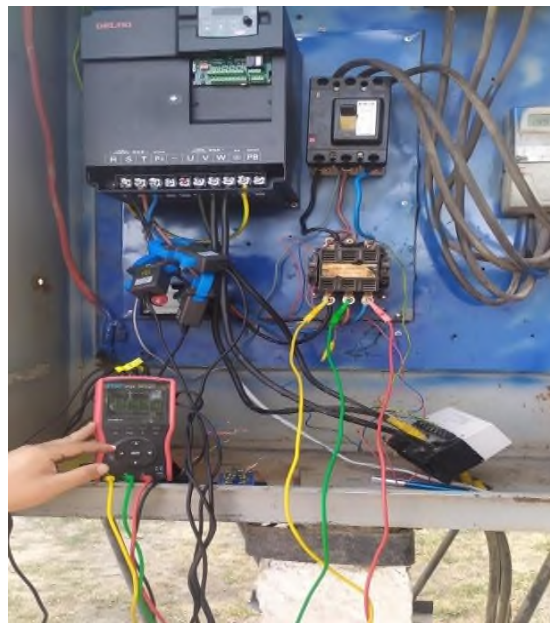


4-rasm. Chastota o'zgartirgichning elektr dvigateliga ulanish sxemasi.

5, 6-rasmlarda ulanish sxemasi asosida 22 kVt quvvatga ega suv nasosi tanlab olingan Delixi E100G022 rusumli chastota o'zgartirgichiga ulandi.

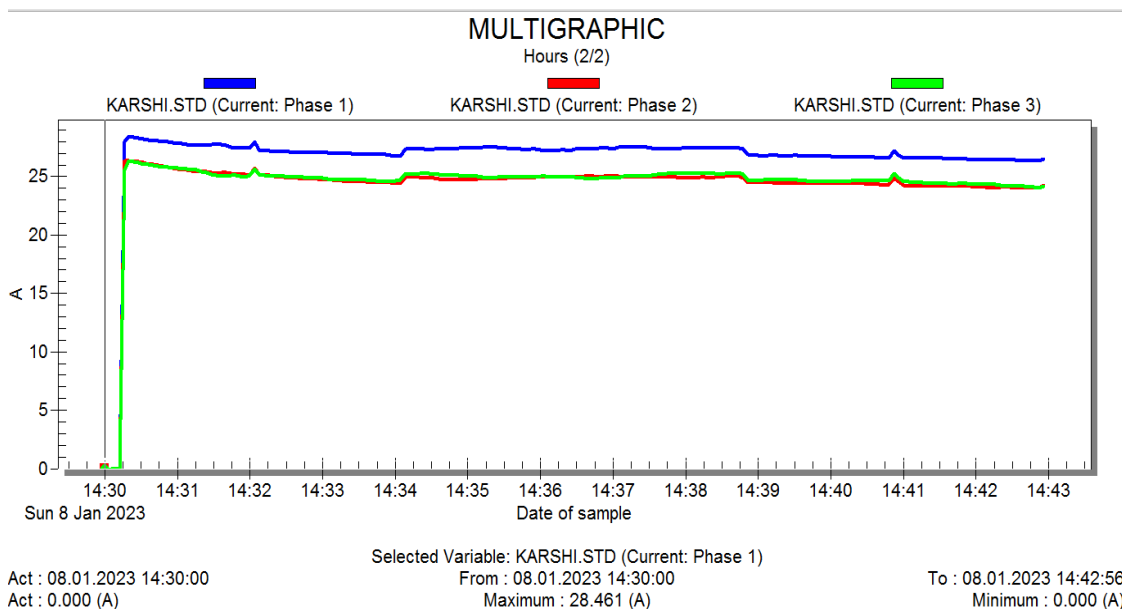


5-rasm. O'rnatilgan chastota o'zgartirgichning umumiy ko'rinishi



6-rasm. O'rnatilgan chastota o'zgartirgich yordamida tajribalar o'tkazilishi jarayoni

Chastota o'zgartirgichi o'rnatilgandan keyingi ETCR4700 elektr analizatori yordamida o'lchov natijalari olindi [1]. 7-rasmda chastota o'zgartirgich o'rnatilgan holat uchun tadqiqot natijalari asosida A faza kuchlanish va toklari orasidagi faza siljish burchagining o'zgarishi grafigi keltirilgan. 9, 10-rasmlardan elektr dvigatelning barcha chulg'amlaridagi elektr kattaliklarining simmetriyasi normal holatdan o'zgarganiga, natijada elektr dvigatelning benuqson ishlashiga ta'sir etishini aniqlash mumkin.

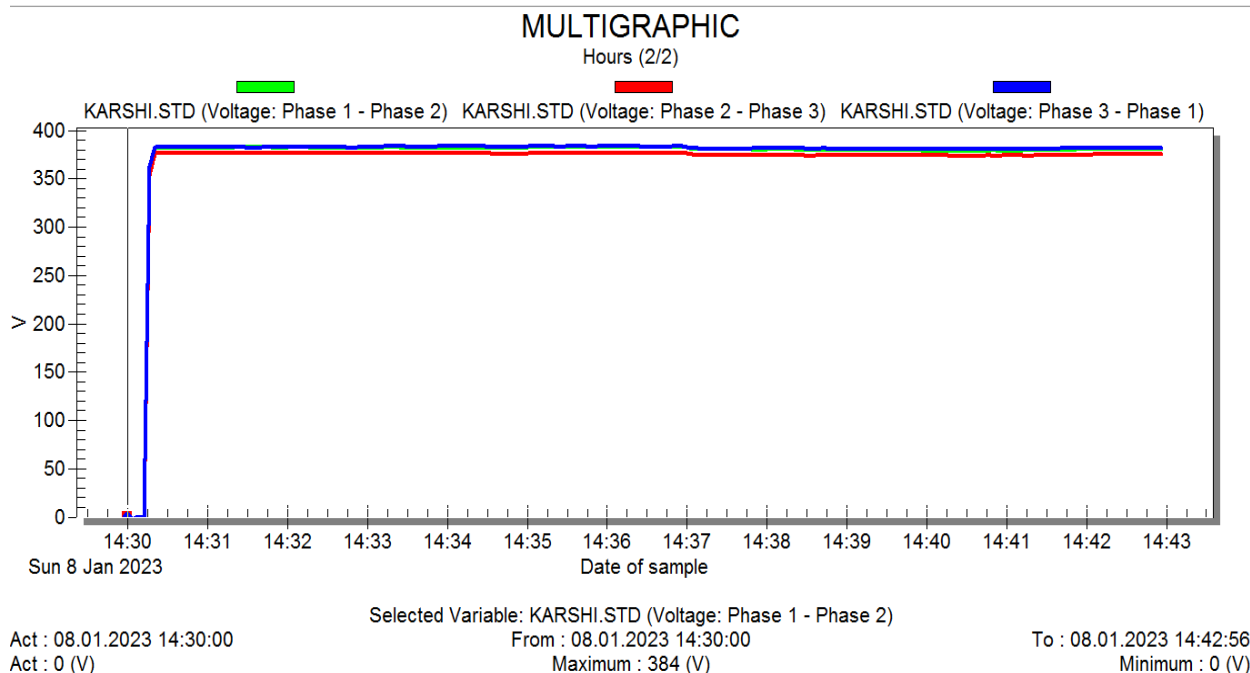


7-rasm. Elektr dvigateli faza toklarining vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi [1]

Chastotaviy boshqariluvchi elektr yuritmaning faza toklarining o'zgarish grafigi 7-rasmda keltirilgan. Bunda soat 14:30 dan 14:31 gacha bo'lgan davrda, ya'ni yuritmani ishga tushirishda tok o'z qiymati 0 dan 28 A gacha (barqaror ish rejimgacha) oshirilganligi, soat 14:31 dan 14:43 gacha tekis o'zgarishi aniqlandi.

Elektr yuritmaning faza kuchlanishlarining vaqt bo'yicha o'zgarishi grafigi 8-rasmda keltirilgan. Olingan natijalarga asosan soat 14:30 dan soat 14:31 oralig'ida kuchlanish 380 V

qiymatiga erishishi aniqlandi. Soat 14:31 dan 14:43 gacha o'tkazilgan eksperiment natijalari faza kuchlanishlarining bir xil qiymatlarni qabul qilganligini ko'rsatdi.



8-rasm. Elektr yuritma faza kuchlanishlarining vaqt bo'yicha o'zgarishi grafigi

Umuman olganda elektr yuritmalarni chastota o'zgartirish yordamida ishga tushirishda energiya samaradorligi olingan natijalar asosida quyidagicha qiyosiy tahlil olib borilgan:

chastota o'zgartirgich qo'llanilmagan elektr yuritmaning sutkalik energiya iste'moli 494,1 kVt·soat ni tashkil etgan (22 kVt quvvatli elektr yuritma misolida). Bu esa soatiga 20,6 kVt ga to'g'ri keladi. Elektr yuritmaning oylik energiya iste'moli 14824,1 kVt·soat, yillik 177889,3 kVt·soat ni tashkil etdi.

Chastota o'zgartirgich qo'llanilgan hol uchun elektr energiya iste'moli:

sutkalik iste'mol: 377,1 kVt·soat;

soatiga: 15,7 kVt ga to'g'ri keladi;

oylik energiya iste'moli 11313,9 kVt·soat;

yillik energiya iste'moli esa 135767,2 kVt·soat ni tashkil etadi.

Natijada ushbu elektr yuritma elektr energiyasi iste'molining kamayishi hisobiga sug'orish tizimining bir mavsumi uchun (75 sutka) 8775 kVt·soat elektr energiyasi tejashiga va 7,9 mln so'm iqtisodiy samaradorlikka bu esa yiliga 38 mln so'm iqtisodiy samaradorlikka erishilishini ko'rsatadi.

Xulosa

Olingan natijadan ko'rishimiz mumkinki, 22 kVt quvvatga ega elektr yuritmani chastota o'zgartirgich yordamida ishga tushirish natijasida yiliga 42120 kVt·soat elektr energiyasi tejashiga, unda faza tok va kuchlanishlarining simmetriyasining yaxshilanishi evaziga elektr dvigatelini tekis ishlashiga erishildi. Bu esa o'z navbatida elektr yuritmasining energiya samaradorligi hamda texnik xizmat ko'rsatish davrini oshirilishi natijasida uning ishonchli ishlashi bilan baholanadi.

Adabiyotlar

- [1] Norboyev Anvar Eshmo'minovich. Kichik quvvatli elektr yuritmalarning ishonchliligi va energiya samaradorligini oshirish. Monografiya. "Intellekt" nashriyoti, 2024 y. -110 bet.

- [2] Beytullaeva, R., Tukhtaev, B., Norboev A., Nimatov, K., & Djuraev, S. (2023). Analysis of pump operation in common pressure pipelines using the example of the “Chirchik” pumping station. In E3S Web of Conferences (Vol. 460, p. 08015). EDP Sciences.
- [3] Berdiev, U., Norboev A., & Mamarajabova, Z. (2023). Investigation of asymmetry in asynchronous motor used in a borehole pump. In E3S Web of Conferences (Vol. 383, p. 04057). EDP Sciences.
- [4] Saidur R. Energy Savings and Emission Reductions in Industrial Boilers thermal science, Year 2011, Vol. 15, No. 3, pp. 705-719.
- [5] Hussein Sarhan. Energy Efficient Control of Three-Phase Induction Motor Drive // Energy and Power Engineering, 2011 y, #3, pp.107-112.
- [6] Хабаров А.И. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод с системой управления переменной структуры. Автореферат диссертации. г.Екатеринбург. 2020 г. 25 с.
- [7] Иванова В.Р., Киселев И.Н. Частотно-регулируемый электропривод для энергосбережения и оптимизации технологических процессов в электротехнических комплексах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. г.Казань, Россия. 2019 г. Т. 21. №5. С. 59-70.
- [8] Храмшин Р., Храмшин Т., Храмшина Э., Корнилов Г. Исследование частотно-регулируемых асинхронных электроприводов в лабораторных условиях. г.Магнитогорск, Россия, 2007 г. Учеб.пос. 120 с.
- [9] Хамудханов М.З., Хашимов А.А. Динамика регулируемого асинхронного электропривода Т.: АН УзССР, Фан, 1971. – 204 с.
- [10] Kamalov T.S., Shavazov A.A., Sayfullayeva L.I. Chastotaviy rostlanuvchi elektr yuritmalı sug‘orish nasos stansiyasining energetik va iqtisodiy samaradorligi // Informatika va energetika muammolari.2017 y. 3-son, 63-69 b.
- [11] Камалов Т.С., Шавазов А.А., Сайфуллаева Л.И. Вопросы пуска и регулирование производительности насосного агрегата насосных станций систем машинного орошения // Энергосбережение и Водоподготовка. – Москва, 2019. №3 (119), С. 51-54. (05.00.00; №97).
- [12] Ишназаров О.Х. К вопросу рационального закона частотнорегулируемого электропривода турбомеханизмов. Кузбасский государственный технический университет.
- [13] Хашимов А.А., Мирисаев А.У, Кан Л.Т. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – Ташкент.: Фан ва технология, 2011. – 98 с.
- [14] Хушиев С.М. Обзор методов повышения энергоэффективности электрических приводов // Научно-технический журнал “Энергосбережение и водоподготовка”, 2018 г. №5. С.37-47.