ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 1

# DEVELOPMENT OF SCIENCE

## ILMIY JURNAL



# Development of science

## Ilmiy jurnal

*2026/4 VOLUME 1*

*ISSN 3030 -3907*

***Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.***

**BOSH MUHARRIR:**
***Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.***
**TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:**
***Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor***
***TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI***

**TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Bozorov G‘ayrat Rashidovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Abdurahmonov Olim Rustamovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Adizov Bobur Zamirovich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor*
***Hayitov Ruslan Rustamjonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Jumayev Qayum Karimovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Berdiyev Dorob Murodovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Maxmudov Rafiq Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Tilloyev Lochin Ismatilloyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Raxmonov Qahramon Sanakulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Barakayev Nusratullo Rajabovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Panoyev Erali Rajabboyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Ataullayev Sherzod Nabiullyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Malik Negmurodovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Axmedova Ozoda Bahronovna***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.*
***Safarov Bahri Jumayevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Xaydarov Axtam Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Safarov Jasur Alijon o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Асадова Раъно Дилмуратовна***
*Тошкент Давлат техника университети доценти*

**KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Axmedov Voxid Nizomovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Umarov Baqo Bafoyevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Kodirov Abduaxad Abduraximovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Qurbonov Mingniqul Jumagulovich***
*Qarshi davlat Universiteti, dotsent*
***Turemuratov Sharibay Naurizbaevich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor*
***Tursunov Kaxor Shonazarovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Do‘stov Hamro***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Panoyev Nodir Shavkatovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Kasimov Sherzod Abduazimovich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor.*
***Aliqulov Rustam Valiyevich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor*
***Tropov Xamza Tursunovich***
*Samarqand Davlat Universiteti, professor*

**IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Nizamov Aslitdin Badreddinovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Boboyev Akmal Choriyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Saidaxmedova Nodira Ilxomovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Muxsinov Bekzod Toxirovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shakarov Qulmat Ashirovich***
*Renessans ta'lim universiteti,dotsent.*
***Jumaeva Zulfiya Qayumovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Norova Salomat Yusupovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Jalilov Jamshid G‘anijonovich***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent*
***Xasanova Gulruh Djumanazarovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Siddiqova Sadoqat G‘afforovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Zoyirov Erkin Xalilovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor*
***Gaffarov Feruz Hasanovich***
Puchon Universiteti, *professor*
***Ruziyev Davron Yuldashevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Muradova Firuza Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Yunusova Gulandon Samiyevna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***To‘xtayeva Zebo Sharifovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Uzoqova Laylo Polvonovna***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*
***To‘raqulova Marjona Qiyom qizi***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Muradova Zarina Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Sanjar Aslonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent*
***Gaffarov Laziz Hasanovich***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.



ISSN 3030-3907

**Development of science** ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.



ISSN 3030-3907

# VEKTOR BOSHQARUVLI MATRITSALI CHASTOTA O‘ZGARTIRGICHLARNI TADQIQ ETISH

**Arziyev Eldor Izam o‘g‘li**
*Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti*
*E-mail: eldor.orzu@gmail.com*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada vektorli boshqaruvli moldulyatsiyaning yangi usuli yordamida matritsali o‘zgartirgichni loyihalash va sinovdan o‘tkazish tavsiflangan. O‘zgartirgichning asosiy qismi sifatida ikki tomonlama kommutatorlarni tanlash muhokama qilingan va ruxsat etilgan kommutatsiya kommutatsiya ketma-ketliklari haqida umumiy ma’lumot berilgan. Sinusoidal rejimda kirish kuchlanishining 86,6% ni tashkil etuvchi chiqish kuchlanishining nazariy chegarasini 105% gacha oshirish mumkin. Kuchlanish uzatish koeffitsiyenti yuqori bo‘lishi uchun tarmoqni va yuklamani nosinusoidal toklar bilan zo‘riqtirish uchun o‘ta modulyatsiyadan foydalanish.

**Kalit so‘zlar:** matritsali chastota o‘zgartirgich, elektryurtima, kommutator, vektorli boshqarish, modulyatsiya strategiyasi.

**Аннотация.** В данной статье описывается проектирование и апробация матричного преобразователя с использованием нового метода модуляции с векторным управлением. Обсуждается выбор двусторонних коммутаторов в качестве основной части преобразователя и дается обзор разрешенных последовательностей коммутации. В синусоидальном режиме теоретический предел выходного напряжения, составляющий 86,6% входного напряжения, можно увеличить до 105%. Использование сверхмодуляции для нагружения сети и нагрузки несинусоидальными токами для обеспечения высокого коэффициента передачи напряжения.

**Ключевые слова:** матричный преобразователь частоты, электропривод, коммутатор, векторное управление, стратегия модуляции.

**Abstract.** This article describes the design and testing of a matrix converter using a new method of vector-controlled modulation. The choice of two-way switches as the main part of the converter is discussed, and an overview of the permissible switching sequences is given. In sinusoidal mode, the theoretical limit of the output voltage, which is 86.6% of the input voltage, can be increased up to 105%. Use of overmodulation to overload the network and load with non-sinusoidal currents to ensure a high voltage transfer coefficient.

**Keywords:** matrix frequency converter, electric drive, switch, vector control, modulation strategy.

**KIRISH.**



*ISSN 3030-3907*

Zamonaviy sanoat va texnologik jarayonlarda elektr yuritmalarni samarali boshqarish muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, o‘zgaruvchan tok elektr yuritmalarining energiya tejamkorligi, ishonchliligi va yuqori dinamik ko‘rsatkichlarini ta’minlash dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, vektor boshqaruv usullari asosida ishlovchi elektr yuritmalar keng qo‘llanilmoqda.

Matritsali chastota o‘zgartirgichlar (MChO‘) an’anaviy invertor va to‘g‘rilagichlardan farqli ravishda oraliq doimiy tok zanjirisiz ishlaydi. Bu esa qurilmaning kompaktligi, energiya yo‘qotishlarining kamayishi hamda tarmoq bilan o‘zaro moslashuvchanligini oshiradi. Bundan tashqari, matritsali o‘zgartirgichlar ikki yo‘nalishli energiya almashinuvini ta’minlashi bilan ham ajralib turadi.

Vektor boshqaruv usuli esa asinxron va sinxron elektr dvigatellarning momenti va tezligini mustaqil boshqarish imkonini beradi. Ushbu usul orqali tizimning dinamik xususiyatlari yaxshilanadi, boshqaruv aniqligi ortadi hamda energiya samaradorligi yuqori darajaga ko‘tariladi.

Mazkur ishning asosiy maqsadi — vektor boshqaruvli matritsali chastota o‘zgartirgichlarning ishlash prinsiplari, matematik modellari va boshqaruv algoritmlarini tadqiq etish, shuningdek ularning elektr yuritma tizimlaridagi samaradorligini tahlil qilishdan iboratdir.

**ADABIYOTLAR TAHLILI.**

Birinchilardan bo‘lib P. W. Wheeler, J. Rodriguez, J. C. Clare, L. Empringham, A. Weinstein – “Matrix Converters: A Technology Review” ushbu ilmiy maqolada matritsali chastota o‘zgartirgichlarning umumiy tuzilishi, ishlash prinsipi va afzalliklari batafsil yoritilgan. Mualliflar matritsali o‘zgartirgichlarning asosiy ustunliklari sifatida quyidagilarni ko‘rsatadi:

oraliq doimiy tok (DC) bo‘g‘inining mavjud emasligi;

ikki yo‘nalishli energiya almashinuvi imkoniyati;

yuqori quvvat zichligi va kompaktlik;

Maqolada, shuningdek, ushbu o‘zgartirgichlarning kamchiliklari ham tahlil qilingan bo‘lib, ular qatoriga boshqaruv algoritmlarining murakkabligi va kommutatsiya jarayonidagi qiyinchiliklar kiradi. Mualliflar fazoviy vektor modulyatsiyasi usulini qo‘llash orqali chiqish kuchlanishini samarali shakllantirish mumkinligini asoslab bergan.

Ikkinchilardan, I. Takahashi, T. Noguchi – “A New Quick-Response and High-Efficiency Control Strategy of an Induction Motor” ushbu ish vektor boshqaruv (FOC) usulining nazariy asoslarini ishlab chiqishga bag‘ishlangan bo‘lib, asinxron dvigatellarni yuqori aniqlikda boshqarish masalalarini qamrab



ISSN 3030-3907

oladi. Mualliflar dvigatel momenti va magnit oqimini mustaqil boshqarish g‘oyasini taklif etib, bu orqali tizimning dinamik javob tezligini sezilarli oshirishga erishgan.

Mazkur tadqiqotda quyidagi jihatlar alohida ta’kidlangan:

tezkor va aniq boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish;

energiya samaradorligini oshirish;

Bu usul keyinchalik zamonaviy elektr yuritmalar, jumladan matritsali chastota o‘zgartirgichlar bilan ishlaydigan tizimlarda keng qo‘llanila boshladi.

## TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur ishda vektor boshqaruvli matritsali chastota o‘zgartirgichlarni tadqiq etish uchun kompleks yondashuv qo‘llaniladi. Tadqiqot metodologiyasi nazariy tahlil, matematik modellashtirish va kompyuter simulyatsiyasiga asoslanadi.

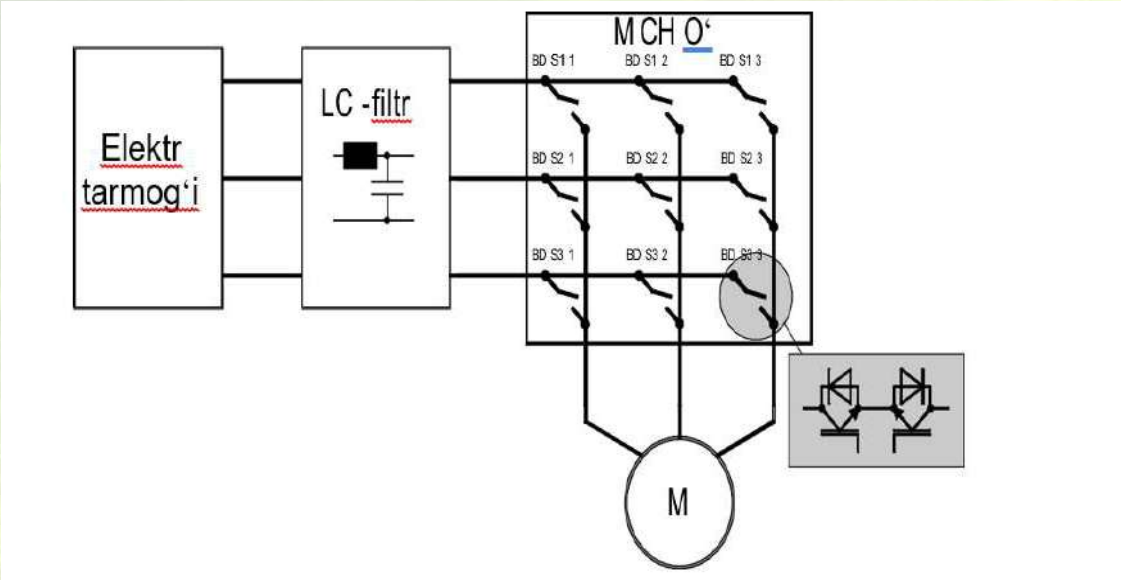
## MUHOKAMA VA NATIJALAR

Matritsali o‘zgartirgich 1-rasmda ko‘rsatilganidek, 3 dan 3 gacha bo‘lgan oddiy fazali o‘zgartirgichdir. Matritsali o‘zgartirgich 9 ta ikki yo‘nalishli kalitlardan foydalangan holda kerakli chastota va kattalikdagi o‘zgaruvchan chiqish kuchlanishi tizimini yaratishi mumkin [1] [2]. Agar oddiy LC-filtr qo‘shilsa, tarmoq deyarli sinusoidal tok bilan yuklanadi. Buni faqat kerakli maksimal chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishining 86,6% bilan cheklangan bo‘lsagina amalga oshirish mumkin, bu esa ushbu maxsus turdagi o‘zgartirgichning kamchiligi sifatida qaraladi.

Matritsali o‘zgartirgich ko‘pincha o‘zgarmas kuchlanish bo‘g‘ini o‘zgartirgichi bilan taqqoslanadi. Agar kuchlanish bo‘g‘ini o‘zgartirgichining liniya tomoni oddiy 3 fazali diodli to‘g‘rilagich bilan amalga oshirilsa, o‘zgarmas tok bo‘g‘inining maksimal kuchlanishi fazaning kirish kuchlanishiga nisbatan 100% ni tashkil etadi. O‘zgartirgich yuklama bilan zo‘riqtirilganda o‘zgarmas tok bo‘g‘inining kuchlanishi bo‘g‘in kondensatorining o‘lchamiga, to‘r va filtr g‘altaklarining induktivligiga bog‘liq holda faza kuchlanishiga nisbatan kamida 86,6% gacha kamayadi. Chiqishdagi mavjud sinusoidal kuchlanish nisbati 100% oralig‘ida bo‘ladi.



ISSN 3030-3907




**1-rasm: Matritsali o‘zgartirgich sxemasi**

Barcha diodli to‘g‘rilagichlar sinusoidal yuklamani yoki quvvatni tarmoqqa tiklashni ta’minlamaganligi sababli, matritsali o‘zgartirgich kabi o‘zgaruvchan quvvat koeffitsiyenti ham ta’minlamaydi. Tarmoqqa ulangan o‘zgartirgichlarga qo‘yiladigan talablar quvvat sifati bo‘yicha ortib borishini hisobga olsak, matritsali o‘zgartirgich o‘z-o‘zidan kommutatsiyalanadigan liniya yon kuchlanish o‘zgartirgichi bilan raqobatlashishiga to‘g‘ri keladi. Bu turdagi o‘zgartirgichlar o‘zgarmas tok bo‘g‘inini zaryadlash hisobiga chiqish kuchlanishini liniya kuchlanishiga nisbatan katta bo‘lishini ta’minlaydi. Unga 12 ta tranzistor va katta o‘zgarmas tok kondensatori kerak. Matritsali o‘zgartirgich 9 ta ikki tomonlama kommutator (BDS), 18 ta tranzistordan iborat bo‘lib, agar izolyatsiyalangan zatvorli bipolyar tranzistorlar (IGBT) va to‘g‘ri kommutatsiya ketma-ketligi tanlangan bo‘lsa. Ikkala turdagi o‘zgartirgichlarda ham filtr elementlari va signalni to‘g‘ri o‘tkazish zarurati mavjud. Ushbu faktlarni taqqoslash matritsaviy o‘zgartirgich bir nechta elektr yuritma ilovalarida uchraydigan topologiyadir.

**Ikki tomonlama kommutator konfiguratsiyalari.**

Matritsali o‘zgartirgichni qurish uchun tokni o‘tkazish va kuchlanishni uning ikkala yo‘nalishida blokirovka qilish imkoniyatiga ega bo‘lgan kalit bo‘lishi kerak. Kichik filtr konstruksiyasi va kichik tok pulsatsiyasi uchun o‘zgartirgichning yuqori kommutatsiya chastotasini tanlash maqsadga muvofiq. IGBTlar kichik quvvatdan tortib yuqori darajagacha bo‘lgan bu talablarni qondiradi, bu esa ularni ushbu ilova uchun mukammal qurilma qiladi. Afsuski, hozirgi vaqtda ikki tomonlama o‘tkazuvchan IGBT mavjud emas va to‘g‘ri kommutatsiya uchun ikkala oqim yo‘nalishida ham boshqarilishi mumkin bo‘lgan ikki tomonlama qurilmaga ega bo‘lish kerak bo‘ladi. Ushbu BDS qurilmasi diskret

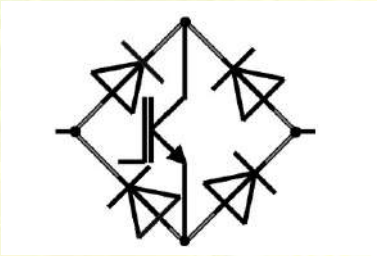


ISSN 3030-3907

komponentlardan tuzilishi kerak. BDSni qurish uchun uchta mumkin bo‘lgan konfiguratsiya mavjud.

**IGBTli to‘g‘rilagich ko‘prigi**

2-rasmdagi konfiguratsiyaning afzalligi shundaki, BDSni yaratish uchun faqat bitta tranzistor kerak bo‘ladi, ammo 3 ta yarimo‘tkazgich tok o‘tkazadigan butun kommutatorni yaratish uchun kamida 5 ta yarimo‘tkazgich kerak bo‘ladi. Bu BDSning o‘tkazuvchanlik yo‘qotishlarini oshiradi. Ushbu konfiguratsiya ham joriy yo‘nalishni boshqara olmaydi, bu esa uni keyinroq tavsiflangan to‘g‘ri kommutatsiya uchun foydasiz qiladi.



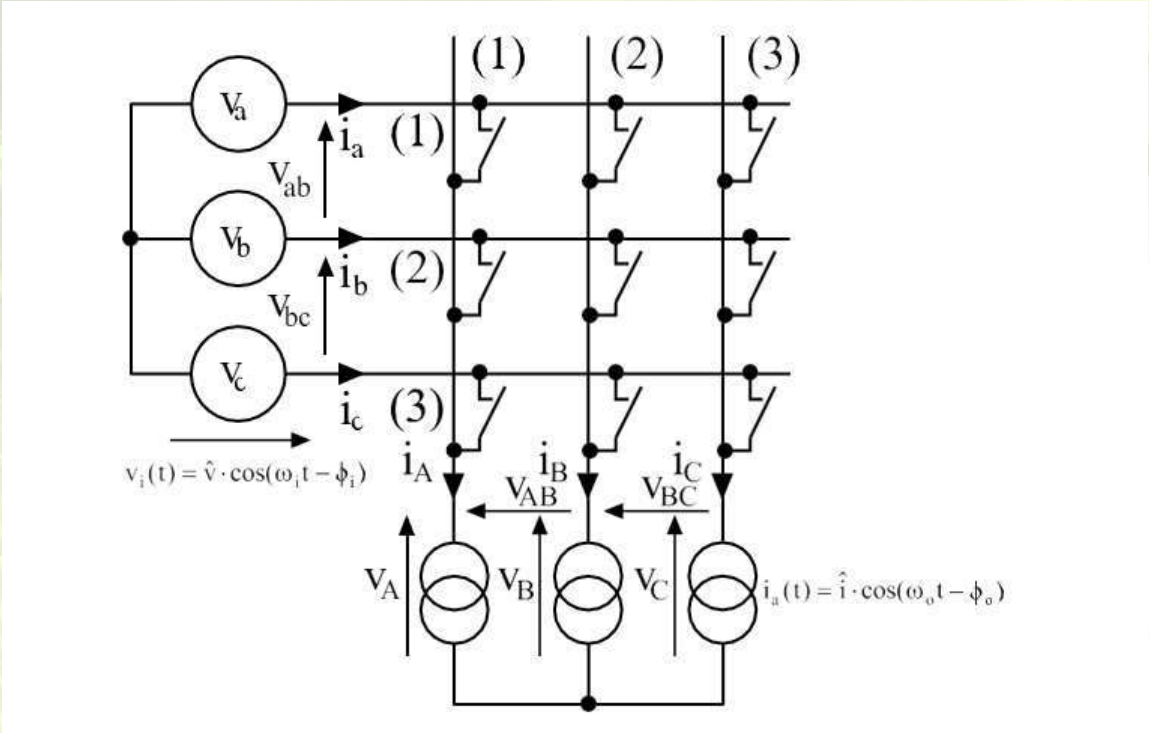
**2-rasm: IGBTli to‘g‘rilagich ko‘prigi**

**Vektorli modulyatsiya nazariyasi**

Matritsaviy o‘zgartirgich ko‘pincha [3] yoki [5] kabi matritsaviy tenglamalarda tavsiflanadi. Tavsiflangan usullar o‘zgartirgichning har bir fazasi uchun uzatish tenglamalaridan foydalanadi. Chiqish kuchlanishini maksimalgacha oshirish uchun uzatish funksiyalariga kirish tizimi uchun ham, chiqish tizimi uchun ham uchinchi garmonika tizimini qo‘shish kerak. Ushbu uchinchi garmonik tizimlar mos ravishda o‘lchanishi, hisoblanishi va sinxronlashtirilishi kerak, bu esa modulyatsiyani amalga oshirishni murakkablashtiradi. Fazoviy vektor nazariyasi 9 BDSning butun to‘plamini tavsiflash uchun ixcham usulni taklif qiladi, bu esa matritsa o‘zgartirgichi nazariyasini oddiy DC-link o‘zgartirgichi kabi tushunarli qiladi. Sinusoidal kirish va chiqish toklari uchun matritsali o‘zgartirgichlar uchun fazoviy vektor nazariyasi [6], [7] da tavsiflangan. Agar maksimal quvvat kerak bo‘lsa, masalan, yuqori kuchlanishli ishda yuqori momentning o‘zgarishi, fazoviy vektor nazariyasidan foydalanish mumkin.



ISSN 3030-3907




**3-rasm: Nazariy matritsa o‘zgartirgichi**

3-rasmga ko‘ra, nazariy matritsali o‘zgartirgichning chiqish kuchlanishlarini T matritsada yozish mumkin:

$$\begin{pmatrix} v_A \\ v_B \\ v_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{21} & s_{31} \\ s_{12} & s_{22} & s_{32} \\ s_{13} & s_{23} & s_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{pmatrix} = T_{PhPh} \cdot \begin{pmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{pmatrix} \qquad (1)$$

Kommutatsiya matritsasi T, agar BDS yoniq bo‘lsa, 1 yoki BDS o‘chiq bo‘lsa, 0 bo‘lgan elementlardan iborat. Matritsaviy o‘zgartirgichning asosiy qoidasiga rioya qilish uchun chiqishlardagi toklarni uzmaslik yoki kirish kuchlanish manbalarini qisqa tutashtirmaslik uchun matritsaning har bir ustunida bitta va faqat bitta 1 bo‘lishi kerak. Kirish toklarining tenglamasi:

$$\begin{pmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{21} & s_{31} \\ s_{12} & s_{22} & s_{32} \\ s_{13} & s_{23} & s_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{pmatrix} = T_{PhPh}^{T} \cdot \begin{pmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{pmatrix} \qquad (2)$$

[6] da keltirilgan kabi fazoviy vektor nazariyasidan foydalanib, mahalliy o‘rtacha chiqish liniya kuchlanishlarini quyidagicha yozish mumkinligini ko‘rsatish mumkin:

$$\begin{pmatrix} \bar{v}_{AB} \\ \bar{v}_{BC} \\ \bar{v}_{CA} \end{pmatrix} = \bar{T}_{VSI} \cdot V_{dc} \qquad (3)$$

Bu haddagi o‘zgarmas kuchlanishni quyidagicha ifodalash mumkin:



ISSN 3030-3907

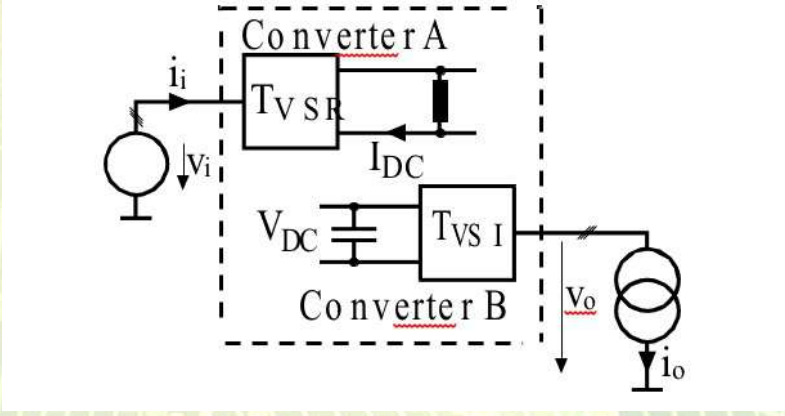
$$V_{dc} = \frac{3}{2} \cdot \hat{v} \cdot \cos(\phi_i) = \bar{T}_{VSR}^{T} \cdot \hat{v} \cdot \begin{pmatrix} \cos(\omega_i t) \\ \cos(\omega_i t - \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\omega_i t - \frac{4\pi}{3}) \end{pmatrix} \quad (4)$$

Bunda TVSR quyidagilarga o‘rnatiladi:

$$\bar{T}_{VSR} = \begin{pmatrix} \cos(\omega_i t - \phi_i) \\ \cos(\omega_i - \phi_i - \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\omega_i t - \phi_i - \frac{4\pi}{3}) \end{pmatrix} \quad (5)$$

(3) va (4) larda ifodalanganidek, matritsali o‘zgartirgichning chiqish kuchlanishi ikkita uzatishning ko‘paytmasidan iborat.

T funksiyalari. T VSI va T VSR uzatish vektorlarini tushuntirish kerak. 8-rasmga nisbatan matritsa o‘zgartirgichni ikkita soxta o‘zgartirgich funksiyasiga bo‘lish mumkin. Kirishdagi A o‘zgartirgichni umumiy o‘z-o‘zini kommutatsiyalovchi tok manbai o‘zgartirgichi sifatida ko‘rib chiqish mumkin. Ushbu turdagi operatsiyani amalga oshirishga imkon beradigan matritsali o‘zgartirgichning modulyatsiya strategiyasini topish mumkin.




**4-rasm: Kirish va chiqish chastotasini ajratish**

Matritsa o‘zgartirgichi 3 ta oilaga birlashtirish mumkin bo‘lgan 27 ta kalit kombinatsiyasini taklif qiladi:

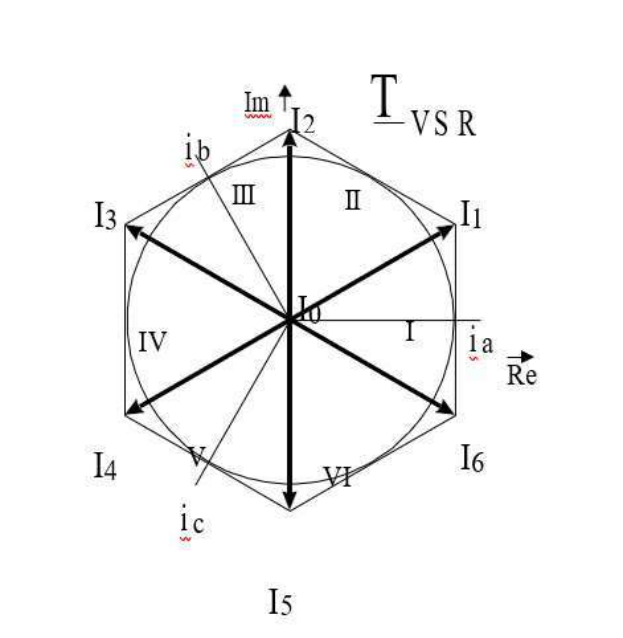
1. Barcha chiqish fazalari bitta kirish fazasiga o‘tkaziladi (3 ta kombinatsiya)
2. Har bir chiqish fazasi boshqa kirish fazasiga o‘tkaziladi (6 ta kombinatsiya)
3. Ikkita chiqish fazasi bitta kirish fazasiga, bitta chiqish fazasi boshqa kirish fazasiga o‘tkaziladi (18 ta kombinatsiya)

3-oila kombinatsiyalarini olib, ularni [6] da bajarilganidek, 6 ta kombinatsiyadan iborat 3 ta to‘plamga guruhlab, bu to‘plamlardan o‘zgartirgich A ning kerakli xatti-harakatini beradigan to‘g‘rilovchi hadlar sifatida foydalanish


ISSN 3030-3907

mumkinligini ko‘rsatish mumkin. 5-rasmda TVSR ni hisoblash mumkin bo‘lgan oltiburchak ko‘rsatilgan.

1-oila to‘plamlari oltiburchak uchun nol vektorga olib keladi. Kirish tokining fazoviy vektorini shunday modulyatsiya qilish kerakki, uning geometrik o‘rni diagrammasi oltiburchakda to‘r bilan bir xil chastotaga ega ichki aylanani tasvirlasin, kirish liniyasi toki quvvat koeffitsiyenti birga teng bo‘lgan sinusoidal bo‘ladi. Ko‘chirish bu ishni bajaruvchi vektor $T_{VSR}$ deb ataladi.




**5-rasm: $T_{VSR}$ oltiburchak**

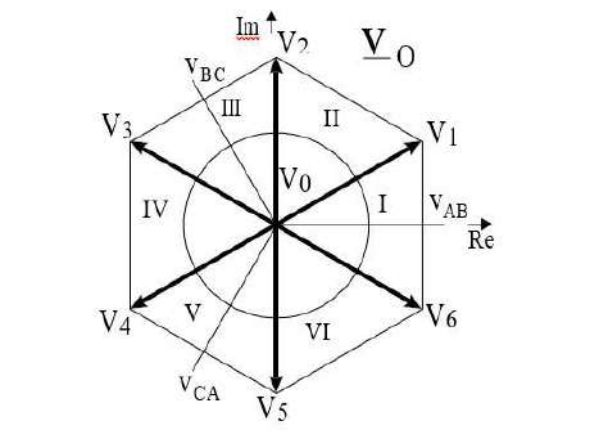
$$\underline{T}_{VSR} = \frac{2}{3}(1 \quad \underline{a} \quad \underline{a}^2)\bar{T}_{VSR} \qquad ,with\ \underline{a} = e^{j\frac{2\pi}{3}} \qquad (6)$$

Mavjud o‘zgarmas kuchlanishning soxta mavjudligini hisobga olgan holda, B o‘zgartirgich 7-rasmda ko‘rsatilgan oltiburchak chegaralarida aylana chizadigan chiqish kuchlanishi vektorini modulyatsiya qilish orqali sinusoidal chiqish kuchlanishini yaratishga qodir. Bu oltiburchak VSI oltiburchak deb ataladi.

VSI oltiburchagi bilan chiqish kuchlanishini va VSR oltiburchagi bilan kirish tokini modulyatsiyalash orqali kirish chastotasi chiqish chastotasidan ajratiladi.



ISSN 3030-3907

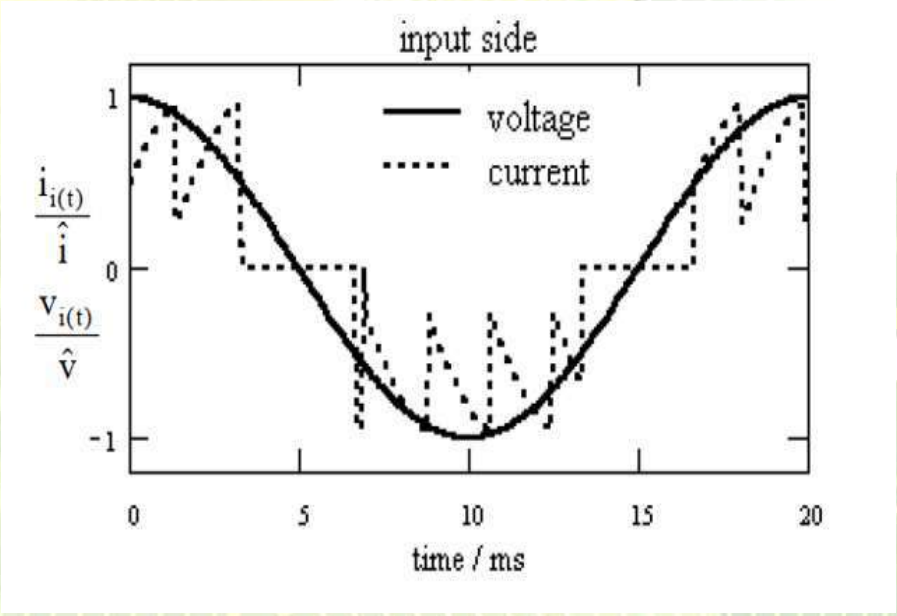



**6-rasm: VSI oltiburchagi**

Kirish va chiqishning bog‘lanishi ikkita uzatish vektorining ko‘paytmasi bilan tavsiflanadi. Agar ikkala diagramma ham o‘z oltiburchaklariga maksimal ichki aylanani tasvirlasa, kuchlanish uzatish koeffitsiyenti 0,86 ga tengligini ko‘rsatish mumkin.

**Simulyatsiya natijalari**

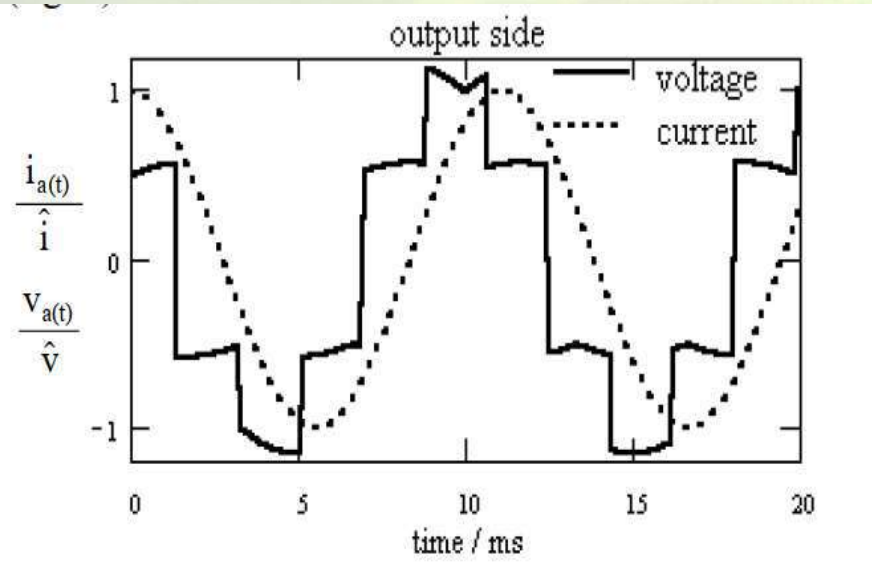
Yuqorida keltirilgan mulohazalar simulyatsiyada tekshirib ko‘rilgan. Natija matritsali o‘zgartirgichning kirish tomoni uchun 7 va 8-rasmlarda ko‘rsatilgan.




**7-rasm O‘ta modulyatsiyadagi kirish liniyasi toki va kuchlanishi**



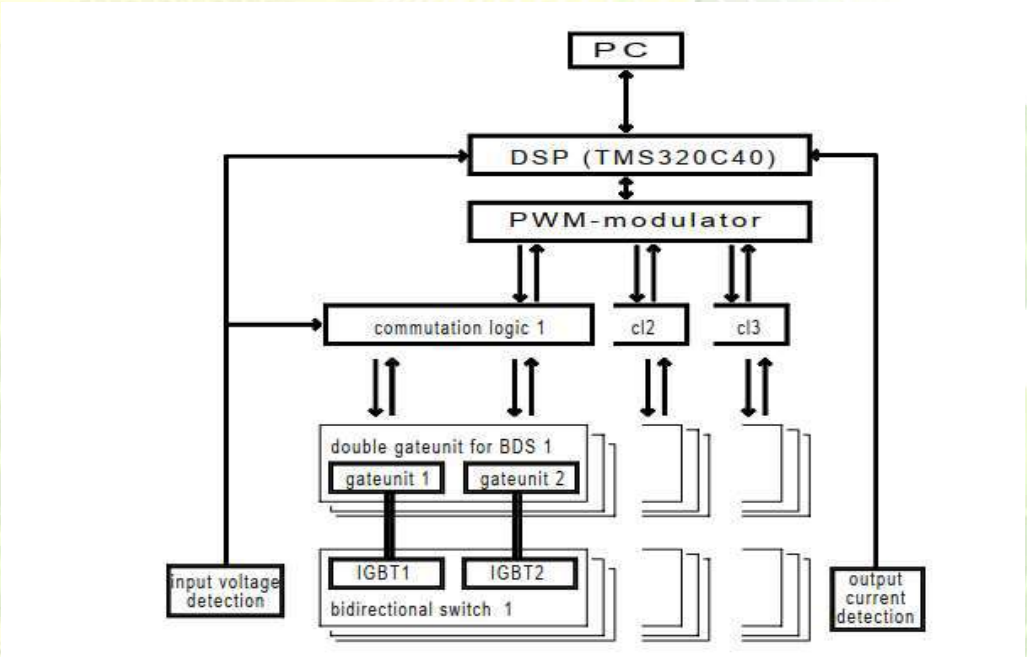
ISSN 3030-3907




**8-rasmda RL-yuklamada berilgan chiqish kuchlanishi ko‘rsatilgan. Barcha kattaliklar manba kattaliklariga standartlashtiriladi.**

**Tajriba qurilmasi**

Fazoviy vektorlar nazariyasi natijalarini tekshirish uchun Texas Instruments TMS320C40 raqamli signal protsessorli tizimli matritsali o‘zgartirgich qurildi (9-rasm).




**9-rasm: Matritsali o‘zgartirgichning signal tuzilishi**

Har bir BDSning kommutatsiya vaqtlari protsessor tomonidan fazoviy vektorlar nazariyasi asosida hisoblanadi va PWM-modulyatorga beriladi. Modulyator FPGA ALTERA FLEX 8636 qurilmasi bilan amalga oshirilgan va 9,9 kGs kommutatsiya chastotasi bilan ishlaydi. BDS uchun buyruqlar kommutatsiya uchun kommutatsiya ketma-ketligini hal qiluvchi kommutatsiya mantig‘iga beriladi. Tanlangan kommutatsiya ketma-ketligi, avval ko‘rib chiqilganidek,



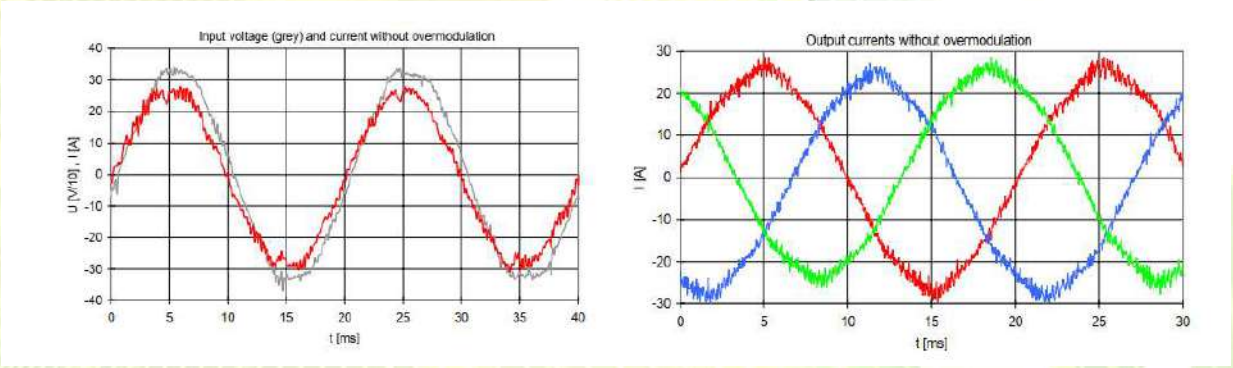
ISSN 3030-3907

kuchlanish bo‘yicha shartli kommutatsiya hisoblanadi. BDS ikkita 1200V/100A IGBT dan iborat bo‘lib, ular o‘zaro emitterlari bilan bog‘langan. Sinusoidal rejimda o‘zgartirgichning chiqish quvvati taxminan 25 kVt ni tashkil qiladi. Qurilmada ishlatiladigan LC-filtr uchburchak konfiguratsiyasida ulangan uchta 30 mkF MKP kondensatorlaridan iborat bo‘lib, chiziqli induktivligi 100 mkGn. Matritsali o‘zgartirgich yuklama sifatida o‘zgarmas tok generatoriga ulangan 330 V/30 kVt kuchlanishli asinxron mashinaga ulangan.

**TAJRIBA NATIJALARI.**

Sinusoidal rejim Odatda o‘zgartirgich sinusoidal chiqish kuchlanishlarini hosil qiluvchi modulyatsiya rejimida ishlaydi. Chiziqli yuklamalarda kirish toklari ham sinusoidal bo‘ladi. 10-rasmda o‘zgartkichning kirish to‘lqin shakllari ko‘rsatilgan. Kirish quvvat koeffitsiyenti deyarli birga teng.

Kichik faza siljishi LC-filtrning kondensatorlari tufayli yuzaga keladi va kuchlanishni uzatish koeffitsiyentidagi kichik yo‘qotishlar bilan o‘zgartirgich tomonidan tuzatilishi mumkin. Dvigatelda chiqish chastotasi taxminan 50 Gs. Chiqish toklari aslida simmetrik uch fazali tizimdir.




**10-rasm: Garmonik rejimda kirish va chiqish to‘lqin shakllari**

**XULOSA.**

Ushbu maqolada IGBT qurilmalari yordamida ikki yo‘nalishli kommutatorni yaratish sxemalarining tuzilishi haqida umumiy ma’lumot berilgan. Barcha mumkin bo‘lgan kommutatsiya ketma-ketliklarining qisqacha mazmuni keltirilgan. Fazoviy vektorli modulyatsiya nazariyasiga kirish, garmonikalarni hisobga olmagan holda kuchlanish uzatish koeffitsiyentini oshiruvchi matritsaviy o‘zgartirgichning o‘ta modulyatsiyasiga erishish tartibini tushuntirish amalga oshirilgan. Vektorli modulyatsiya rejimida o‘lchashlar amalga oshirilgan eksperimental qurilma taqdim etilgan. Modellashtirish natijalari va o‘ta modulyatsiya rejimidagi o‘lchashlar taqqoslanadi.

**FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI**

1. Späth H.; Söhner W.; Der selbstgeführte Direktumrichter als Stellglied für Drehstrommaschinen, Archiv für Elektrotechnik, Vol. 71, pp. 441-450, Springer 1988



ISSN 3030-3907

2. Braun M.; Ein dreiphasiger Direktumrichter mit Pulsweitenmodulation zur getrennten Steuerung der Ausgangsspannung und der Eingangsblindleistung, Dissertation Technische Hochschule Darmstadt, 1983
3. Alesina A.; Venturini M; Analysis of optimum-amplitude nine-switch direct AC-AC converters, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol 4, No 1., 1989, pp. 101-112
4. Wheeler P.W.; Grant D. A.; A low loss matrix converter for AC variable-speed drives; EPE Brighton 1993; pp. 27-32
5. Roy G., April G.-E.; Cycloconverter operation under a new scalar control algorhythm; IEEE Transactions on Power Electronics, Vol 6, No 1., 1991, pp. 100-107
6. Huber L., Borojevic D.; Space vector modulated three-phase to three-phase matrix converter with input power factor correction; IEEE Transactions on industry Applications, Vol. 31, No. 6, 1995; pp. 1234-1245
7. Christensson Å; Switch effective modulation strategy for matrix converters; EPE Trondheim 1997; pp. 4.193-4.198
8. Jumaev O. A. et al. Digital control systems for asynchronous electrical drives with vector control principle //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – T. 862. – №. 3. – C. 032054.
9. Jumaev O. A. et al. Digital control systems for asynchronous electrical drives with vector control principle //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – T. 862. – №. 3. – C. 032054.
10. Jumaev O., Arziev E., Turaev S. Intelligent vector-frequency control system for asynchronous electric motors //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 541. – C. 02009.



ISSN 3030-3907