

SANOAT MEXANIZMLARIDA CHASTOTA O'ZGARTIRGICH QURILMALARI UCHUN VEKTORLI BOSHQARUV ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

TDTU Elektrotexnik majmualar va tizimlar magistranti

1- kurs talabalari

Xodiyev Erkabek Xasan o'g'li

Elektron pochta: erkatoy200202@gmail.com

Tel; +998910096339

Ilmiy rahbar:

Elektr mashinalari va yuritmalari muhandisligi dotsenti:

Abdullabekov.I

Annotatsiya. Ushbu ilmiy ishda sanoat texnologik jarayonlarida keng qo'llaniladigan qisqa tutashgan rotorli asinxron elektr yuritmalarni chastota o'zgartirgichlar yordamida vektorli boshqaruv orqali energiya samaradorligini oshirishning nazariy va amaliy jihatlari kompleks tarzda tadqiq etilgan. Tadqiqot doirasida elektromexanik energiya aylanish jarayonlarining matematik modellari, stator va rotor zanjirlarida quvvat oqimining fazoviy taqsimlanishi, shuningdek, magnit oqim va elektromagnit momentni mustaqil boshqarish algoritmlarining energiya yo'qotishlariga ta'siri tahlil qilingan. Skalyar boshqaruv bilan qiyosiy tahlil natijalariga ko'ra, vektorli boshqaruv algoritmlarining adaptiv va optimal xususiyatlari hisobiga tok spektrining optimallashtirilishi, reaktiv quvvat ulushining kamayishi hamda mis va temir yo'qotishlarning minimallashtirilishi asoslab berilgan. Eksperimental tadqiqotlar kvadratik yuklama xarakteristikasi bo'lgan sanoat ventilyatorlari va nasos mexanizmlarida o'tkazilgan va natijalar yuqori energiya samaradorligini ko'rsatgan.

Kalit so'zlar: chastota o'zgartirgich, vektorli boshqaruv, elektromexanik tizim, energiya samaradorligi, asinxron elektr yuritma, adaptiv boshqaruv.

Аннотация. В данной работе выполнен комплексный анализ повышения энергоэффективности асинхронных электроприводов с короткозамкнутым ротором, применяемых в промышленных механизмах, на основе векторного управления с использованием преобразователей частоты. Рассмотрены процессы электромеханического преобразования энергии, математическое моделирование динамики токов в статорных и роторных цепях, а также влияние алгоритмов независимого управления магнитным потоком и электромагнитным моментом на энергетические показатели привода. Сравнительный анализ со скалярным управлением демонстрирует, что адаптивные свойства векторного управления обеспечивают оптимизацию спектра токов, снижение реактивной мощности и минимизацию медно-железных потерь. Экспериментальные исследования на промышленных вентиляторных и насосных установках подтвердили высокую эффективность предложенного подхода.

Ключевые слова: преобразователь частоты, векторное управление, электромеханическая система, энергоэффективность, асинхронный электропривод, адаптивное управление.

Abstract. This study presents a comprehensive investigation of energy efficiency enhancement for squirrel-cage induction motor drives widely utilized in industrial mechanisms through vector control based on frequency converters. The research encompasses mathematical modeling of electromechanical energy conversion processes, spatial power flow distribution in stator and rotor circuits, and the impact of independent control algorithms of magnetic flux and electromagnetic torque on overall energy performance. Comparative analysis with conventional scalar control demonstrates that the adaptive characteristics of vector control enable optimal current spectrum management, reduction of reactive power, and minimization of copper and iron losses. Experimental validation conducted on industrial fan and pump drive systems confirms the high energy efficiency achieved through the proposed methodology.

Keywords: frequency converter, vector control, electromechanical system, energy efficiency, induction motor drive, adaptive control.

Kirish. Sanoat energetikasida elektr energiyasi resurslaridan oqilona foydalanish masalasi bugungi kunda ustuvor ilmiy-texnik muammolardan biri hisoblanadi. Zamonaviy sanoat korxonalarida ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksizligi elektr yuritmalarning doimiy va barqaror ishlashini talab etadi. Statistik tahlillarga ko‘ra, sanoat korxonalarida umumiy iste‘mol qilinayotgan elektr energiyasining 60–70 foizi elektr yuritmalar hissasiga to‘g‘ri keladi.

Nasos agregatlari, ventilyatsiya tizimlari, kompressor qurilmalari va transport mexanizmlarining energetik samaradorligi, asosan, ularni boshqarish usullarining mukammalligi bilan belgilanadi. An‘anaviy skalyar boshqaruv algoritmlarining soddaligiga qaramay, ular past tezlikli rejimlarda magnitlanish darajasining ortishi, reaktiv quvvat ulushining ko‘payishi va issiqlik yo‘qotishlarining oshishi bilan tavsiflanadi. Shu sababli energiya tejoychi adaptiv boshqaruv tizimlarini joriy etish zarurati yuzaga kelmoqda.

Chastota o‘zgartirgichlarning energetik jarayonlardagi funksional ahamiyati

Chastota o‘zgartirgichlar elektr yuritma tizimining asosiy funksional elementi bo‘lib, ular elektr energiyasining chastota va amplituda parametrlarini texnologik jarayon talablariga mos ravishda modulyatsiyalash imkonini beradi. Ushbu qurilmalar yordamida dvigatelning elektromexanik xarakteristikalarini real vaqt rejimida boshqariladi.

Sanoat mexanizmlarida chastota o‘zgartirgichlardan foydalanish quyidagi energetik va texnik ustunliklarni ta‘minlaydi:

- ishga tushirish jarayonida o‘tkinchi toklarning keskin oshishini cheklash;
- elektromexanik tizimlarda dinamik yuklamalarni kamaytirish;
- mexanik energiyaning ishlab chiqarish jarayoniga optimal uzatilishini ta‘minlash;

- elektr energiyasi iste'molini yuklama darajasiga adaptiv moslashtirish.

Kvadratik yuklama xarakteristikasiga ega mexanizmlar uchun tezlikni nisbatan kichik diapazonda kamaytirish orqali energiya iste'molining nelinear kamayishi kuzatiladi, bu esa energetik samaradorlikni sezilarli oshiradi.

Vektorli boshqaruv (Field Oriented Control – FOC) asinxron dvigatelning elektromagnit holatini fazoviy vektorlar yordamida tavsiflashga asoslangan ilg'or boshqaruv usulidir. Ushbu yondashuvda stator toki Park va Klark transformatsiyalari orqali d–q koordinatalar tizimiga o'tkaziladi. Natijada tokning magnit oqim hosil qiluvchi va elektromagnit momentni shakllantiruvchi komponentlari o'zaro mustaqil boshqariladi.

Mazkur boshqaruv printsipli dvigatelning elektromexanik xatti-harakatini doimiy tok dvigateliga yaqinlashtiradi. Bu esa momentning yuqori aniqlikda rostlanishini, tezlikning barqarorligini va o'tkinchi jarayonlarning qisqarishini ta'minlaydi.

Energiya samaradorligini oshirishning asosiy mexanizmlari

Vektorli boshqaruv asosida energiya samaradorligini oshirish quyidagi ilmiy-texnik omillar bilan izohlanadi:

1. **Magnit oqimni optimallashtirish** – yuklama kamayganda magnitlanish darajasi avtomatik pasaytiriladi.
2. **Moment hosil bo'lish jarayonining aniqligi** – ortiqcha elektromagnit energiya ishlab chiqarilishi oldi olinadi.
3. **Mis va temir yo'qotishlarini kamaytirish** – tok spektrining optimallashtirilishi hisobiga issiqlik yo'qotishlari qisqaradi.
4. **Energiya konversiyasi samaradorligini oshirish** – reaktiv quvvat ulushi minimallashtiriladi.

Ilmiy-amaliy tadqiqotlar natijasida vektorli boshqaruv qo'llanilganda umumiy energiya tejash darajasi **12–20 %** gacha yetishi mumkinligi aniqlangan.

Amaliy tadqiqotlar va eksperimental natijalar

Eksperimental tadqiqotlar sanoat ventilyatori asosida amalga oshirildi. 7,5 kVt quvvatli qisqa tutashgan rotorli asinxron dvigatel skalyar va vektorli boshqaruv rejimlarida sinovdan o‘tkazildi. O‘lchov natijalari shuni ko‘rsatdiki, vektorli boshqaruv rejimida:

- stator toki o‘rtacha 11–14 % ga kamaydi;
- quvvat koeffitsienti 0,79 dan 0,88 gacha oshdi;
- elektr energiyasi iste‘moli oyiga 10–13 % ga qisqardi.

Ushbu natijalar sanoat sharoitida energiya tejash va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish imkonini tasdiqlaydi.

Xulosa

O‘tkazilgan ilmiy-tadqiqot ishlari natijalariga asoslanib xulosa qilish mumkinki, sanoat mexanizmlarida chastota o‘zgartirgichlar asosida vektorli boshqaruvni joriy etish elektr yuritmalar energiya samaradorligini oshirishning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Ushbu yondashuv elektromexanik energiya aylanish jarayonlarini optimal boshqarish, elektr yo‘qotishlarni kamaytirish va texnologik jarayonlarning barqarorligini ta‘minlash imkonini beradi. Vektorli boshqaruvning keng joriy etilishi sanoat energetikasida resurs tejankor texnologiyalarni rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Boldea I., Nasar S. *Induction Motor Drives and Vector Control*. – CRC Press, 2012.
2. Leonhard W. *Control of Electrical Drives*. – Springer, 2011.
3. Karimov A.A., Rahimov B.S. *Elektr yuritmalar va ularni boshqarish asoslari*. – Toshkent, 2019.
4. Islomov Sh.X., To‘xtayev M.R. *Chastota o‘zgartirgichli elektr yuritmalar*. – Toshkent, 2021.