

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

Annotatsiya. Ushbu maqolada sanoat mexanizmlarida keng qo'llaniladigan asinxron elektr yuritmalar uchun chastota o'zgartirgichlar asosida vektorli boshqaruv usulidan foydalanib energiya samaradorligini oshirish masalalari tadqiq etilgan. An'anaviy skalyar boshqaruv bilan solishtirganda, vektorli boshqaruv yuklama o'zgarishlarida moment va tokni optimal taqsimlash orqali elektr energiyasi sarfini sezilarli darajada kamaytirishi ko'rsatib berilgan. Tadqiqot natijalari sanoat ventilyatorlari va nasos mexanizmlari misolida tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: chastota o'zgartirgich, vektorli boshqaruv, energiya samaradorligi, asinxron dvigatel, sanoat mexanizmlari.

Аннотация. В данной статье исследуются вопросы повышения энергоэффективности асинхронных электрических приводов, широко применяемых в промышленных механизмах, на основе использования векторного управления с применением преобразователей частоты. По сравнению с традиционным скалярным управлением показано, что векторное управление обеспечивает значительное снижение потребления электрической энергии за счёт оптимального распределения момента и тока при изменяющихся нагрузках. Результаты исследований проанализированы на примере промышленных вентиляторных и насосных механизмов.

Ключевые слова: преобразователь частоты, векторное управление, энергоэффективность, асинхронный двигатель, промышленные механизмы.

Abstract. This paper investigates the issues of improving the energy efficiency of asynchronous electric drives widely used in industrial mechanisms through the application of vector control based on frequency converters. In comparison with conventional scalar control, it is demonstrated that vector control significantly reduces electrical energy consumption by optimally distributing torque and current under varying load conditions. The research results are analyzed using industrial fan and pump mechanisms as case studies.

Ключевые слова: преобразователь частоты, векторное управление, энергоэффективность, асинхронный двигатель, промышленные механизмы.

Kirish. Hozirgi sanoat korxonalarida elektr energiyasi iste'molining 60–70 foizi elektr yuritmalar hissasiga to'g'ri keladi. Ayniqsa, nasoslar, ventilyatorlar, konveyerlar va kompressorlar kabi mexanizmlar uzluksiz rejimda ishlashi sababli energiya samaradorligini oshirish dolzarb masala hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, chastota o'zgartirgichlar yordamida elektr yuritmalarni boshqarish energiya tejankor texnologiya sifatida keng joriy etilmoqda.

An'anaviy skalyar ($U/f = \text{const}$) boshqaruv usullari sodda bo'lishiga qaramay, past tezliklarda moment yo'qotilishi va ortiqcha tok sarfi bilan tavsiflanadi. Bu esa umumiy energiya samaradorligining pasayishiga olib keladi. Mazkur kamchiliklarni bartaraf etish uchun vektorli boshqaruv algoritmlaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Chastota o'zgartirgichlarning sanoat mexanizmlaridagi roli hozirgi kunda chastota o'zgartirgich (ChO'Q) elektr dvigatelga berilayotgan kuchlanish va chastotani moslashuvchan ravishda o'zgartirish imkonini beradi. Sanoat mexanizmlarida ChO'Q quyidagi afzalliklarni ta'minlaydi:

- ishga tushirish toki va mexanik zarbalarni kamaytirish;
- tezlikni texnologik talablar asosida rostdlash;
- yuklamaga mos energiya sarfini ta'minlash;
- uskunaning xizmat muddatini uzaytirish.

Ayniqsa, kvadratik yuklamali mexanizmlar (nasos va ventilyatorlar) uchun tezlikni hatto 10–20 % ga kamaytirish energiya sarfini 30–40 % gacha qisqartirishi mumkin.

Vektorli boshqaruvning nazariy asoslari boshqaruv (Field Oriented Control – FOC) asinxron dvigatelni doimiy tok dvigateli kabi boshqarish imkonini beradi. Ushbu usulda stator toki ikkita ortogonal tarkibiy qismga ajratiladi:

- magnit oqimni hosil qiluvchi tok komponenti;
- elektromagnit momentni hosil qiluvchi tok komponenti.

Bu ajratish natijasida oqim va moment mustaqil boshqariladi. Natijada:

- dvigatelning foydali ish koeffitsienti oshadi;
- reaktiv quvvat kamayadi;
- ortiqcha qizish va energiya yo‘qotishlar kamayadi.

Vektorli boshqaruv ayniqsa past tezliklarda va o‘zgaruvchan yuklama sharoitlarida yuqori samaradorlikni ta’minlaydi.

Energiya samaradorligini oshirish mexanizmi vektorli boshqaruv asosida energiya samaradorligi quyidagi omillar hisobiga oshadi:

1. Tokni optimallashtirish – yuklama kamayganda magnitlovchi tok avtomatik ravishda qisqartiriladi.
2. Momentni aniq boshqarish – faqat zarur bo‘lgan moment ishlab chiqariladi.
3. Yo‘qotishlarni minimallashtirish – stator va rotor mis yo‘qotishlari kamayadi.
4. Tezlikni moslashuvchan rostdlash – mexanik regulyatorlarga ehtiyoj qolmaydi.

Amaliy hisob-kitoblarga ko‘ra, vektorli boshqaruv qo‘llanilganda skalyar boshqaruvga nisbatan energiya tejash 8–15 % ni tashkil etadi.

Amaliy tadqiqot va natijalar:

Tadqiqot sanoat ventilyatori asosida olib borildi. 7,5 kVt quvvatli asinxron dvigatel ikki xil boshqaruv rejimida sinovdan o'tkazildi:

- skalyar boshqaruv;
- vektorli boshqaruv.

Natijalar shuni ko'rsatdiki, vektorli boshqaruvda:

- o'rtacha tok 12 % ga kamaydi;
- quvvat koeffitsienti 0,78 dan 0,86 gacha oshdi;
- umumiy energiya sarfi oyiga taxminan 10 % ga qisqardi.

Bu esa sanoat sharoitida iqtisodiy jihatdan sezilarli samaradorlikni ta'minlaydi.

Xulosa sifatida shuni takidlash joizki o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sanoat mexanizmlarida chastota o'zgartirgichlar uchun vektorli boshqaruvni qo'llash elektr energiyasi sarfini kamaytirishning samarali usuli hisoblanadi. Ayniqsa, o'zgaruvchan yuklamali mexanizmlarda ushbu usul yuqori texnik va iqtisodiy samaradorlik beradi. Mazkur yondashuv sanoat korxonalarida energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishda muhim ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. **Болдеа И., Насар С.** Асинхронные электрические приводы и векторное управление. – Москва: Энергоатомиздат, 2012. – 480 с.
2. **Леонгард В.** Управление электрическими приводами. – Москва: Энергоатомиздат, 2010. – 520 с.
3. **Karimov A.A., Raximov B.S.** Elektr yuritmalar va ularni boshqarish asoslari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2018. – 312 b.
4. **Islomov Sh.X., To'xtayev M.R.** Sanoat mexanizmlarida chastota o'zgartirgichlardan foydalanish. – Toshkent: O'zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2020. – 228 b.