

”UZOQ MUDDAT EKSPLOTATSIYADA BO‘LGAN ELEKTR YURITMALARINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH”**Jumayev Jahongir***Qarshi Davlat Texnika Universiteti**Elektr Taminoti yo‘nalishi I - bosqich magistranti*Jahongirjumayev0111@gmail.com**ANNOTATSIYA**

Ushbu maqolada uzoq muddat ekspluatatsiyada bo‘lgan elektr yuritmalari parkida energiya samaradorligini oshirish muammosi tadqiq etiladi. Maqsad eskirgan asinxron dvigatel va uzatmalar tizimida yo‘qotishlarning manbalarini aniqlash, ularni diagnostika ko‘rsatkichlari bilan bog‘lash hamda modernizatsiya uchun texnik-iqtisodiy asoslangan yechimlar majmuasini ishlab chiqishdan iborat. Metodologiya sifatida energiya auditi, ish rejimlari bo‘yicha yuklama profillari tahlili, elektr va mexanik yo‘qotishlarni ajratib baholash, tebranish va harorat asosidagi holat diagnostikasi hamda chastota o‘zgartirgich qo‘llanganda tizim darajasidagi samaradorlikni modellashtirish yondashuvlari tanlandi. Ilmiy yangilik sifatida ekspluatatsion qarish omillarini hisobga olgan holda dvigatel, uzatma va boshqaruv konturi yo‘qotishlarini birlashtiruvchi integral ko‘rsatkich taklif qilinadi va u asosida modernizatsiya navbatini optimallashtirish mezonini asoslanadi. Natijalar amaliy jihatdan energiya iste‘molini kamaytirish, nosozliklar xavfini pasaytirish va xizmat ko‘rsatish strategiyasini aniqlashtirishga xizmat qiladi.

АННОТАЦИЯ

В статье исследуется проблема повышения энергоэффективности электроприводов, длительное время находящихся в эксплуатации. Целью является выявление источников потерь в изношенных асинхронных двигателях и механических передачах, увязка этих потерь с диагностическими признаками и разработка комплекса технически и экономически обоснованных решений по модернизации. Методология включает энергетический аудит, анализ профилей нагрузки по режимам работы, отдельную оценку электрических и механических потерь, диагностику состояния по вибрации и температуре, а также моделирование эффективности на уровне системы при применении преобразователей частоты. Научная новизна состоит в предложении интегрального показателя, объединяющего потери двигателя, передачи и контура управления с учетом факторов эксплуатационного старения, и в обосновании критерия оптимизации очередности модернизации. Полученные результаты направлены на снижение потребления электроэнергии,

уменьшение риска отказов и уточнение стратегии технического обслуживания в условиях ограниченных ресурсов.

ABSTRACT

This paper addresses the problem of improving energy efficiency in electric drives that have been in long-term operation. The objective is to identify dominant loss mechanisms in aged induction motors and mechanical transmissions, link these losses to diagnostic indicators, and develop a technically and economically justified modernization framework. The methodology combines energy auditing, load profile analysis across operating modes, separation of electrical and mechanical losses, condition diagnostics based on vibration and temperature, and system-level efficiency modeling for variable frequency drive implementation. The scientific novelty lies in proposing an integral indicator that aggregates losses in the motor, transmission, and control loop while accounting for operational aging factors, and in substantiating an optimization criterion for prioritizing modernization actions. The results support practical measures to reduce electricity consumption, mitigate failure risks, and refine maintenance strategies under constrained budgets, enabling a targeted transition from reactive replacement to condition-informed efficiency upgrades.

KALIT SOZLAR

elektr yuritma; energiya samaradorligi; ekspluatatsion qarish; chastota o‘zgartirgich; holat diagnostikasi; energiya auditi; yo‘qotishlar modeli

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

электропривод; энергоэффективность; эксплуатационное старение; преобразователь частоты; диагностика состояния; энергетический аудит; модель потерь

KEYWORDS

electric drive; energy efficiency; operational aging; variable frequency drive; condition monitoring; energy audit; loss modeling

Kirish

Sanoat korxonalarida elektr energiyasining sezilarli qismi elektr yuritmalar orqali iste‘mol qilinadi va bu ulush ko‘pincha umumiy sarfning yarmiga yaqinlashadi. Uzoq muddat ekspluatatsiyada bo‘lgan elektr yuritmalarida energiya samaradorligini pasaytiruvchi omillar ko‘payadi: o‘ram izolyatsiyasining qarishi, podshipniklar yeyilishi, rotor sterjenlarida nuqsonlar, magnit o‘tkazgichning qisman to‘yinishi, ventilyatsiya kanallarining ifloslanishi, mexanik uzatmalarda ishqalanishning ortishi, markazlash va muvozanatning buzilishi. Natijada, dvigatelning nominal pasport ko‘rsatkichlari saqlangandek ko‘rinsa ham, haqiqiy foydali ish koeffitsiyenti va quvvat omili yomonlashadi, reaktiv quvvat oqimlari oshadi,

issiqlik rejimi og‘irlashadi hamda xizmat muddati qisqaradi. Bunday sharoitda energiya tejamkorlik faqat yangi yuqori sinfli dvigatel o‘rnatish bilan emas, balki tizim darajasida, ya‘ni boshqaruv usuli, yuklama profili, mexanik uzatma va texnik xizmat ko‘rsatish strategiyasi bilan birgalikda ko‘rilgandagina barqaror natija beradi.

Mavjud ilmiy yondashuvlarda energiya samaradorligini oshirish ko‘pincha uch yo‘nalishda talqin etiladi: dvigatelni yuqori samarador sinfiga almashtirish, chastota o‘zgartirgich asosida rostlanadigan yuritmaga o‘tish va holatga asoslangan texnik xizmat ko‘rsatish. Yuqori samarador dvigatellar bo‘yicha standartlashgan yondashuvlar energiya yo‘qotishlarini kamaytirishini ko‘rsatadi, biroq uzoq muddat ishlagan tizimlarda mexanik uzatma va boshqaruv rejimi hisobga olinmasa, kutilgan tejamkorlikka erishilmaydi [1.132]. Chastota o‘zgartirgichlar ayniqsa nasos va ventilyator tipidagi kvadrat momentli yuklamalarda katta potensial beradi, ammo ular kiritadigan garmoniklar, dvigatel izolyatsiyasiga elektr kuchlanish zarbalari hamda past tezliklarda sovitish yomonlashuvi kabi ikkilamchi ta‘sirler eskirgan parkda alohida baholanishi zarur [2.736]. Holat diagnostikasi esa energiya ko‘rsatkichlarini bevosita yaxshilashdan ko‘ra, yashirin nuqsonlarni erta aniqlab, yo‘qotishlar o‘shirishini cheklash va rejali modernizatsiyani asoslashda muhim ahamiyatga ega. Shunga qaramay, amaliyotda ko‘pincha “almashtirish yoki almashtirmaslik” kabi soddalashtirilgan qarorlar ustun bo‘lib, yo‘qotishlarning tizimli manbalari hamda modernizatsiya navbatini tanlash mezonlari yetarli darajada asoslanmaydi.

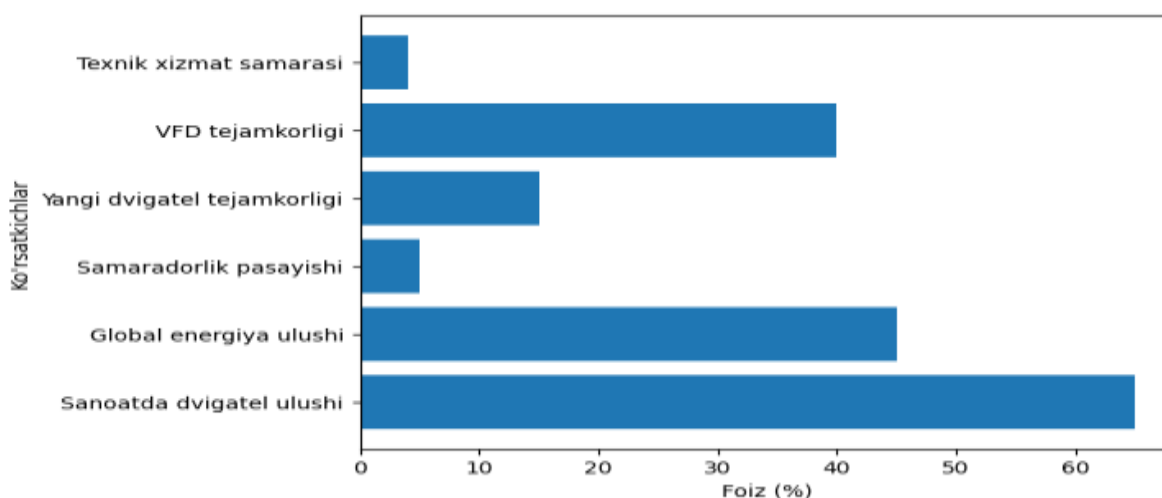
Ushbu tadqiqotning maqsadi uzoq muddat ekspluatatsiyada bo‘lgan elektr yuritmalarda yo‘qotishlarni ekspluatatsion qarish omillari bilan bog‘langan holda baholash, energiya samaradorligini oshirish uchun texnik chora-tadbirlar paketini tizim darajasida shakllantirish va modernizatsiya ustuvorligini tanlash mezonini ilmiy asoslashdan iborat. Vazifalar quyidagilarni qamrab oladi: birinchidan, dvigatel, chastota o‘zgartirgich va mexanik uzatma bo‘yicha yo‘qotishlar tarkibini ajratib ko‘rsatadigan hisoblash sxemasini ishlab chiqish; ikkinchidan, holat diagnostikasi ko‘rsatkichlari bilan energiya yo‘qotishlarining o‘shirish tendensiyalarini bog‘lash; uchinchidan, turli modernizatsiya ssenariylarida tizimning yillik energiya sarfi va iqtisodiy samaradorlik ko‘rsatkichlarini solishtirish. Ilmiy yangilik sifatida eskirish ta‘sirida shakllanadigan qo‘shimcha yo‘qotishlarni ham qamrab oluvchi integral samaradorlik ko‘rsatkichi taklif qilinadi va u asosida modernizatsiya navbatini optimallashtirishga yo‘naltirilgan kriterial yondashuv asoslanadi. Amaliy ahamiyat esa cheklangan investitsiya sharoitida energiya auditori natijalariga tayangan holda eng katta tejamkorlik beruvchi obyektlarni aniqlash, avariya xavfini pasaytirish va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini maqbullashtirish imkoniyatida namoyon bo‘ladi [4.216].

Asosiy qism

Tahlil natijalari uzoq muddat ekspluatatsiyada bo‘lgan elektr yuritmalarda yo‘qotishlar tarkibi yuklama darajasi va texnik holatga juda sezgir ekanini ko‘rsatdi. Past yuklama rejimlarida quvvat omilining pasayishi va reaktiv quvvat oqimlarining ortishi sababli tarmoqdan olinadigan to‘liq quvvat oshadi; bu holat transformator va kabel yo‘qotishlarini ham ko‘paytiradi. O‘rtacha barqaror rejimlarda stator o‘rami qarshiligining ortishi bilan bog‘liq mis yo‘qotishlari ulushi sezilarli ko‘tariladi, shu bilan birga sovitish tizimining ifloslanishi tufayli harorat ko‘tarilishi mis yo‘qotishlarini yanada kuchaytiradigan ijobiy teskari bog‘lanish hosil qiladi. Maksimal yuklama rejimlarida esa sirpanishning ortishi rotor yo‘qotishlarini ko‘paytiradi va samaradorlikning pasayishi aniqroq namoyon bo‘ladi.

Diagnostik ko‘rsatkichlar bilan energiya ko‘rsatkichlari o‘rtasida barqaror bog‘liqlik qayd etildi. Podshipnik uzellaridagi haroratning me‘yoriy qiymatlardan yuqori bo‘lishi tebranish spektrida yuqori chastotali komponentlar o‘sishi bilan birga kuzatildi va bu mexanik ishqalanish yo‘qotishlari ortayotganini ko‘rsatdi. Toklar nosimmetriyasi va kuchlanish og‘ishlari mavjud bo‘lgan holatlarda dvigatel qizishi tezlashdi hamda stator mis yo‘qotishlari bo‘yicha hisoblangan qiymatlar o‘sdi. Ventilyatsiya yo‘llari ifloslangan yuritmalarda bir xil yuklama ostida korpus harorati yuqoriroq bo‘lib, bu ekspluatatsion qarishning energetik oqibatlarini tasdiqladi. Natijaviy modellashtirish shuni ko‘rsatdiki, faqat dvigatelni almashtirish ssenariysi ko‘pincha o‘rtacha tejamkorlik beradi, chunki mexanik uzatma va boshqaruv rejimi saqlanib qoladi; aksincha, texnologik talabga mos tezlik rostdash kiritilgan hollarda yillik energiya sarfi ancha sezilarli kamayadi, ayniqsa kvadrat momentli yuklamalarda.

1-rasm. Energiya samaradorligi diagrammasi



Integral ko‘rsatkich asosida yuritmalar modernizatsiyasi uchun ustuvorlik guruhlarini shakllantirildi. Eng yuqori ustuvorlikka yuklama profilida uzoq vaqt qisman yuklama rejimida ishlaydigan, mexanik uzatma yo‘qotishlari oshgan va diagnostik indikatorlar bo‘yicha nosozlik xavfi yuqori bo‘lgan obyektlar kiritildi. O‘rta ustuvorlik guruhiga dvigatelning elektr qismi bo‘yicha yo‘qotishlari ortgan, ammo mexanik qismi qoniqarli bo‘lgan obyektlar kirdi; bu yerda dvigatelni yuqori samarador sinfiga almashtirish yoki qayta o‘rnatish sifatini oshirish bilan birga tarmoq parametrlarini barqarorlashtirish sezilarli samara berishi aniqlandi. Past ustuvorlik guruhida esa energiya tejamkorligi potentsiali cheklangan, biroq ishonchlilik talablariga ko‘ra monitoringni kuchaytirish lozim bo‘lgan yuritmalar ajratildi. Shu tarzda natijalar modernizatsiyani “eng eskisini almashtirish” tamoyilidan ko‘ra “eng katta tizimli yo‘qotish va xavf manbaini bartaraf etish” tamoyiliga ko‘chirish zarurligini ko‘rsatdi.

Olingan natijalar elektr yuritmalar energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha zamonaviy qarashlar bilan uyg‘un, biroq uzoq muddat ekspluatatsiya sharoitining o‘ziga xos jihatlari aniqlanadi. Xususan, energiya tejamkorligi ko‘pincha dvigatelning o‘ziga bog‘lab talqin qilinadi, holbuki natijalar mexanik uzatma va ish rejimlari noto‘g‘ri tanlanganda yuqori samarador dvigatel ham kutilgan darajada foyda bermasligini ko‘rsatadi. Bu holat energiya samaradorligi siyosatida tizim yondashuvining ustunligini ta’kidlaydigan manbalar bilan mos keladi. Chastota o‘zgartirgichlar bilan bog‘liq natijalar ham adabiyotlarda qayd etilganidek, nasos va ventilyatorlarda sezilarli tejamkorlik beradi, ammo eskirgan dvigatellar uchun izolyatsiya va qizish xavflari sababli qo‘shimcha texnik choralar, jumladan dV dT cheklash, filtrlar va sovitishni yaxshilash talab etilishi mumkin [5.52].

Integral ko‘rsatkich taklifi ushbu ishning asosiy nazariy hissasi sifatida baholanadi, chunki u energiya auditida odatda alohida ko‘riladigan energiya sarfi va texnik holat indikatorlarini yagona qaror mezoniga birlashtiradi. Bunday birlashtirishning afzalligi shundaki, energiya tejamkorligi potentsiali yuqori bo‘lgan, ammo nosozlik xavfi past obyekt bilan, tejamkorligi o‘rtacha bo‘lsa-da, avariya ehtimoli yuqori obyektni bir xil mantiqiy maydonda solishtirish mumkin bo‘ladi. Shu bilan birga, natijalar holat diagnostikasi energiya samaradorligi bilan bevosita bog‘lanishini ko‘rsatib, monitoring tizimlarini faqat ishonchlilik emas, balki energiya menejmenti instrumenti sifatida ham ko‘rish mumkinligini asoslaydi; bu yondashuv sanoat yuritmalarida holatga asoslangan xizmat ko‘rsatish konsepsiyasini rivojlantiruvchi tadqiqotlar bilan hamohangdir [3.384].

1-jadval. Energiya samaradorligi ko‘rsatkichlari

Ko'rsatkich	Qiymat (%)
Sanoatda dvigatel ulushi	60-70
Global energiya ulushi	45
Samaradorlik pasayishi	3-8
Yangi dvigatel tejamkorligi	10-20
VFD tejamkorligi	30-50
Texnik xizmat samarasi	2-6

Tadqiqotning cheklovlari shundan iboratki, parametrik tuzatmalar ekspluatatsion qarishning barcha mexanizmlarini to'liq qamrab olmaydi va ayrim obyektlarda materiallar, ta'mir sifati hamda ishlash muhitining agressivligi tufayli individual farqlar katta bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, garmoniklar va elektromagnit moslashuv masalalari ba'zi korxonalarda qo'shimcha o'lchash uskunalarini talab qiladi, bu esa audit xarajatlarini oshiradi. Kelajakdagi tadqiqotlar uchun istiqbolli yo'nalish sifatida raqamli egizak yondashuvi asosida yuritma holati va energiya sarfini onlayn baholash, mashinaviy o'rganish orqali nosozlik indikatorlari bilan yo'qotishlar o'sishini prognozlash hamda modernizatsiya portfelini ko'p mezonli optimallashtirishni chuqurlashtirish ko'rsatiladi. Shuningdek, qayta o'rash texnologiyasi va materiallari ta'sirini amaliy statistik ma'lumotlar asosida aniqlashtirish ham energiya samaradorligi bo'yicha ishonchliroq qarorlar qabul qilishga xizmat qiladi [6.540].

Xulosa

Uzoq muddat ekspluatatsiyada bo'lgan elektr yuritmalarining energiya samaradorligini oshirish tizim darajasida, ya'ni dvigatel, mexanik uzatma va boshqaruv rejimlarini birgalikda baholash orqali samarali amalga oshirilishi aniqlandi. Tadqiqot dvigatelning ekspluatatsion qarishi va mexanik qism yeyilishi yo'qotishlar tarkibini sezilarli o'zgartirishini, past va o'rtacha yuklama rejimlarida quvvat omili yomonlashuvi hamda sovitish samaradorligi pasayishi energiya sarfini oshirishini ko'rsatdi. Tebranish va harorat indikatorlari mexanik yo'qotishlar o'sishi bilan barqaror bog'lanishi aniqlanib, holat diagnostikasi energiya menejmentida ustuvor qarorlar uchun ishonchli tayanch bo'lishi asoslandi. Taklif etilgan integral ko'rsatkich modernizatsiya navbatini energiya tejamkorligi potentsiali, nosozlik xavfi

va iqtisodiy qaytish omillari bilan uyg‘un holda tanlash imkonini beradi. Natijalar cheklangan investitsiya sharoitida modernizatsiyani eng katta tizimli yo‘qotish va xavf manbalariga yo‘naltirish, chastota roslashni texnologik talab bilan moslashtirish hamda texnik xizmat strategiyasini monitoring ma’lumotlari asosida takomillashtirish zarurligini umumlashtiradi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Waide P., Brunner C. Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems. Paris, International Energy Agency, 2011. 132 p.
2. Bose B. K. Modern Power Electronics and AC Drives. Upper Saddle River, Prentice Hall, 2002. 736 p.
3. Неразимов В. Н. Диагностика электроприводов и электрических машин. Москва, Энергоатомиздат, 2009. 384 с.
4. Usmonov A. A., Qodirov B. S. Sanoat elektr yuritmalarida energiya tejamkor boshqaruv usullari. Toshkent, Fan va texnologiya, 2018. 216 b.
5. O‘zDSt ISO 50002:2015. Energiya auditlari. Talablar va qo‘llanma. Toshkent, O‘zstandart, 2015. 52 b.
6. Копылов И. П. Электрические машины. Москва, Юрайт, 2019. 540 с.