



NASOS QURILMALARI ISH REJIMLARIGA TASHQI TA'SIRLAR VA ENERGIYA SAMARADORLIGI TAHLILI

**Ishnazarov Oybek
Xayrilayevich
Xaydarov Xumoyun
Muxtor o'g'li**

Annotatsiya

Mazkur maqolada nasos qurilmalarining ishlash samaradorligiga ta'sir qiluvchi tashqi omillar va ularning energiya samaradorligini oshirish usullari tahlil qilinadi. Asosiy tashqi omillar sifatida gidravlik sharoitlar, harorat, elektr ta'minoti va suv sifati ko'rib chiqilgan. Nasos tizimlarini optimallashtirish uchun o'zgaruvchan chastota o'zgartgichli yuritmalar (VFD) texnologiyasini qo'llash, gidravlik yo'qotishlarni kamaytirish va nasos ish rejimlarini doimiy ravishda monitoring qilish taklif etiladi. Tadqiqot natijalari energiya tejoychi texnologiyalarni keng joriy etish orqali nasos tizimlarining samaradorligini oshirishga qaratilgan.

Kalit so'z

elektr energiya, aylanish tezligi, quvvat, energiya samaradoqlik, harorat, bosim, suv sarfi, foyda ish koeffitsiyenti

Kirish (Introduction): Nasos qurilmalari sanoat va kommunal xizmat ko'rsatish sohalarida muhim texnologik element hisoblanadi. Suv ta'minoti, kanalizatsiya, issiqlik tizimlari va ko'plab ishlab chiqarish jarayonlarida nasoslar asosiy rol o'ynaydi. Ularning ishonchli va samarali ishlashi ko'plab texnologik jarayonlar uchun hal qiluvchi omildir. Biroq, nasoslarning ish samaradorligi nafaqat ularning texnik tavsiflariga, balki tashqi ta'sirlarga ham bog'liqdir.

Tashqi ta'sirlar deganda gidravlik sharoitlar, atrof-muhit harorati, elektr energiyasining barqarorligi va suvning sifati kabi omillar tushuniladi. Bu omillar nasosning ish rejimiga bevosita ta'sir qiladi. Masalan, bosim yoki oqimdagi o'zgarishlar nasosning samaradorligini pasaytirishi yoki energiya sarfini oshirishi mumkin. Shuningdek, elektr ta'minotidagi o'zgarishlar nasosning o'zgaruvchan ishlash rejimlariga olib keladi, bu esa energiya yo'qotishlariga sabab bo'ladi. Ushbu tashqi omillarni e'tiborga olmaslik natijasida nasoslar haddan tashqari energiya sarflab, uzoq muddatda tejamkorlik va samaradorlikka ta'sir qiladi.

Bugungi kunda energiya samaradorligini oshirish dolzarb masalalardan biri bo'lib, nasos qurilmalarini optimallashtirish muhim yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

Dunyo bo‘ylab energiya resurslari tanqisligi va narxlarning oshishi energiya tejaydigan texnologiyalarga bo‘lgan talabni orttirmoqda. Shu sababli, nasoslarning ishlashiga ta'sir qiluvchi tashqi omillarni tahlil qilish va ularning samaradorligini oshirishning innovatsion usullarini topish muhimdir.

Mazkur maqola nasos qurilmalari ish rejimlariga ta'sir qiluvchi tashqi omillarni va ularning energiya samaradorligi bilan bog'liqligini tahlil qilishga qaratilgan. Tashqi omillarni hisobga olgan holda nasoslar ishini optimallashtirish orqali katta miqdordagi energiya tejash va samaradorlikni oshirish mumkin.

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi – nasos qurilmalari ish rejimlariga ta'sir qiluvchi tashqi omillarni tahlil qilish va ularning energiya samaradorligiga bo‘lgan ta'sirini o‘rganishdir. Tashqi omillar nasoslarning ishlash samaradorligini pasaytiradi va energiya sarfini oshiradi, shu sababli ularni chuqur tahlil qilish va ularning ta'sirini kamaytirish strategiyalarini ishlab chiqish muhimdir.

Maqolaning vazifalari quyidagilardan iborat:

1. Nasos qurilmalari ishlashiga ta'sir qiluvchi asosiy tashqi omillarni aniqlash.
2. Harorat, gidravlik sharoitlar va elektr ta'minotidagi o‘zgarishlarning nasos samaradorligiga ta'sirini o‘rganish.
3. Tashqi omillarni hisobga olgan holda nasoslarning energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha boshqaruv usullarini ishlab chiqish.
4. Nasos ish rejimlarining optimallashtirilgan boshqaruv tizimlari yordamida energiya tejamkorligini oshirish bo‘yicha takliflar berish.

Bu tadqiqot natijalari sanoat va infratuzilma sohalarida nasoslar ish samaradorligini oshirishda qo‘llanilishi mumkin.

Adabiyotlar tahlili (Literature Review): Nasos qurilmalarining energiya samaradorligini oshirish va ularning ish rejimlariga tashqi ta'sirlarni tadqiq etish borasida ko‘plab ilmiy izlanishlar o‘tkazilgan. Bunda asosan nasos tizimlarining texnologik va mexanik jihatlari, energetik samaradorligi, hamda ularni boshqarishning ilg‘or usullari o‘rganilgan.

Ilmiy adabiyotlarda nasos qurilmalarining energiya samaradorligini oshirish masalalari keng ko‘lamda tadqiq qilingan. Xususan, Yevropa mamlakatlari olimlari orasida bu borada bir qator ilmiy ishlar mavjud. Masalan, Gülich. J.F, Rayner J. M., Forsthoffer W. E. va Parker R. larning tadqiqotlari nasos qurilmalarining energetik samaradorligini oshirish va ularning boshqaruv tizimlarini takomillashtirish masalalariga bag‘ishlangan. Bu olimlar nasoslarning energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va suyuqlik oqimini optimallashtirish orqali nasoslarning samaradorligini oshirishga qaratilgan bir qancha yondashuvlarni taklif qilishgan [1, 2, 3, 4].

Xalqaro miqyosda o‘zgaruvchan chastota o‘zgartgichli yuritmalar (VFD) bilan jihozlangan nasoslarning energiya tejashdagi ahamiyati ham keng o‘rganilgan. Shu bilan birga, VFD texnologiyalarini qo‘llash orqali nasoslarning yuklama va bosim sharoitlariga moslashishi natijasida energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirish mumkinligi ko‘plab tadqiqotlarda tasdiqlangan. Ayniqsa, 20-40% yuklama o‘zgarishida VFD dan foydalanish nasosning samaradorligini oshirishi va energiya tejash imkonini beradi [5].

Adabiyotlarda nasoslarning ishlashiga tashqi omillarning ta'siri ham chuqur o‘rganilgan. Bu omillar orasida gidravlik sharoitlar, suv qovushqoqligi, harorat va

bosim o'zgarishlari alohida o'rin tutadi. Gidravlik sharoitlarning o'zgarishi nasosning maksimal samaradorlikda ishlashini cheklaydi va energiya yo'qotishlariga olib keladi. Shu sababli gidravlik parametrlarni boshqarish va optimallashtirish bo'yicha qator ilmiy ishlanmalar mavjud. Masalan, Garbus J., Ross R., Weiss S. va Nolan D. P. kabi olimlar gidravlik yo'qotishlarning oldini olish va ularni minimallashtirish bo'yicha o'z yechimlarini taklif qilishgan [5, 6].

Metodlar (Methodology): Energiya samaradorligi – bu tizimning kerakli ishni bajarish uchun qancha energiya sarflashi ko'rsatkichi bo'lib, foydali quvvatning umumiy quvvatga nisbati sifatida ifodalanadi. Nasos qurilmalari uchun bu ko'rsatkich ishlab chiqarilayotgan suyuqlik oqimiga nisbatan sarflanayotgan elektr energiyasi miqdorini ifodalaydi. Samaradorlikning yuqori bo'lishi nasosning kamroq energiya sarf etib ko'proq ish bajarishini anglatadi. Bu esa energiya tejash va tizimning iqtisodiy samaradorligini oshirishga olib keladi [7, 8].

Matematik jihatdan nasos samaradorligini quyidagi ifoda orqali tasvirlash mumkin:

$$\eta = \frac{P_{ish}}{P_e}$$

bu yerda:

- η – nasosning umumiy samaradorligi,
- P_{ish} – nasosning foydali (gidravlik) quvvati,
- P_e – nasosga yetkazib beriladigan elektr quvvati.

Nasoslarning samaradorligi odatda 60-80% oralig'ida bo'ladi. Optimal energiya samaradorligini ta'minlash orqali elektr energiyasini tejamkor ishlatish, texnologik jarayonlar uchun qulay sharoit yaratish va nasos tizimlarining xizmat muddatini uzaytirish mumkin. Ayniqsa, bugungi kunda energiya resurslarining qimmatlashuvi va global resurslar cheklanganligi sababli nasos qurilmalarida samaradorlikni oshirish dolzarb masala hisoblanadi [9, 10].

Nasoslarning energiya samaradorligiga ko'plab omillar ta'sir ko'rsatadi. Ular orasida quyidagilar eng muhim hisoblanadi:

- Nasosning yuklamasi: Nasoslar maksimal samaradorlikka faqat ma'lum bir ish rejimida erishadi. Yuklama oshishi yoki kamayishi samaradorlikni pasaytirishi mumkin.

- Oqim va bosimning gidravlik o'zgarishlari: Suv oqimining tezligi va gidravlik bosim nasosning samaradorligiga bevosita ta'sir qiladi. Oqimning o'zgarishi nasosning optimal ish rejimidan chiqishiga olib kelishi mumkin.

- Ish harorati: Nasoslar yuqori haroratli sharoitlarda ishlaganda, ichki qismlarining isishi natijasida energiya samaradorligi pasayadi.

- Elektromexanik yo'qotishlar: Nasosning elektr motorida va mexanik qismlarida hosil bo'ladigan yo'qotishlar ham umumiy samaradorlikka ta'sir qiladi. Bu yo'qotishlar elektr motorining samaradorligiga va mexanik qismlarning ish holatiga bog'liq [11, 12].

Yuqoridagi omillarni hisobga olgan holda nasoslarni samarali boshqarish orqali energiya yo'qotishlarining oldini olish mumkin.

Nasos tizimlarida energiya yo‘qotishlari asosan gidravlik, mexanik va elektr komponentlardan kelib chiqadi. Gidravlik yo‘qotishlar suyuqlik oqimi bilan bog‘liq bo‘lib, quvurlardagi qarshilik, turbulentslik va oqimning tez o‘zgarishlari tufayli yuzaga keladi. Mexanik yo‘qotishlar esa nasosning ichki qismlari, masalan, podshipniklar, muhrlar va boshqa mexanik qismlarning ishqalanishidan kelib chiqadi. Elektr yo‘qotishlar nasosning elektr motorida energiyaning issiqlik shaklida yo‘qotilishi natijasida yuzaga keladi [13].

Energiya yo‘qotishlarini kamaytirish uchun quyidagi usullar qo‘llaniladi:

- Optimal gidravlik sharoitlarni ta‘minlash: Nasos tizimidagi quvurlarni to‘g‘ri loyihalash va ularni to‘g‘ri o‘lchamlash orqali gidravlik yo‘qotishlarni minimallashtirish mumkin.

- Texnik xizmat ko‘rsatish: Nasosning mexanik qismlariga muntazam texnik xizmat ko‘rsatish orqali ishqalanishni kamaytirish va mexanik yo‘qotishlarning oldini olish mumkin.

- Elektr motorlarini samarali ishlatish: Yuqori samarali elektr motorlardan foydalanish va ularga kerakli texnik xizmat ko‘rsatish elektr yo‘qotishlarini kamaytirishga yordam beradi.

Energiya samaradorligini oshirish uchun nasos tizimlarida bir qator boshqaruv va texnik yechimlar qo‘llaniladi. Ular orasida eng samarali usullardan biri o‘zgaruvchan chastota o‘zgartirgichli yuritmalar (VFD) dan foydalanishdir. VFD nasosning elektr motoriga yetkazib beriladigan quvvatni o‘zgaruvchan tezlikda boshqarish imkonini beradi. VFD qo‘llanilishi orqali nasosning yuklamasi va ish sharoitiga qarab optimal tezlikda ishlashiga erishiladi. Bu esa nasosning ortiqcha quvvat sarflashining oldini oladi va energiya tejatlashini ta‘minlaydi [14].

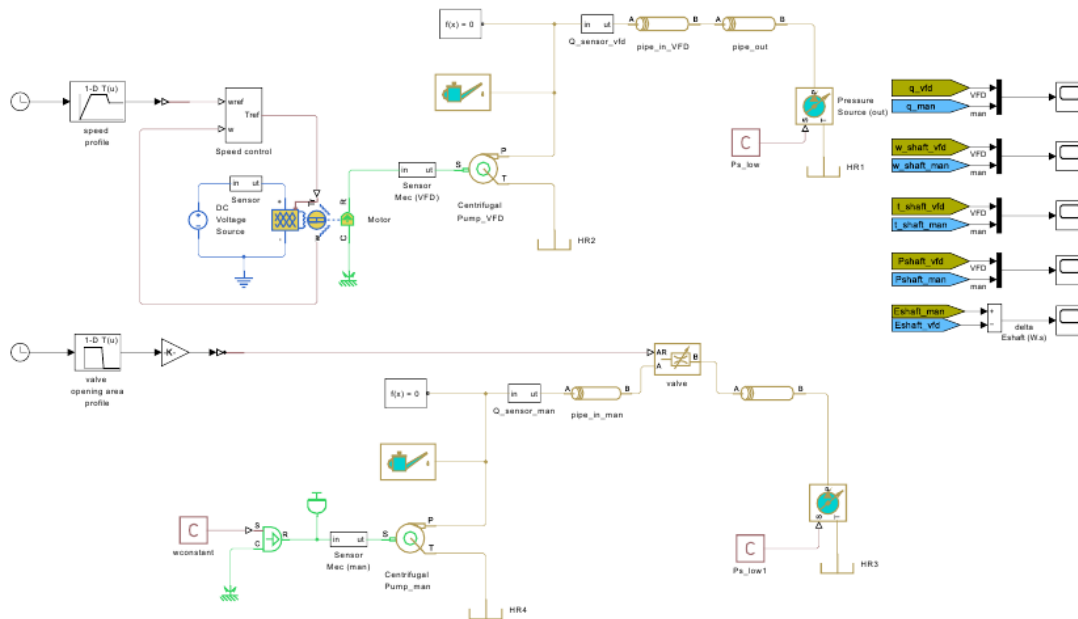
VFD yordamida nasos tezligini boshqarishning asosiy formulasi:

$$\frac{N_i}{N_0} = \left(\frac{n_i}{n_0}\right)^3$$

bu yerda:

- N_i – nasos tomonidan sarflanayotgan quvvat;
- N_0 – nasosning nominal energiyasi;
- n_i – nasosning o‘zgartirilgan aylanish tezligi, aylana/minute;
- n_0 – nasosning nominal aylanish tezligi, aylana/minute.

Bu formula ko‘rsatadiki, nasos tezligini kamaytirish orqali sarflanayotgan energiya miqdorini sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Misol uchun, nasos tezligi 20% kamaytirilsa, energiya sarfi taxminan 50% ga kamayadi.



1-rasm. Chastota o‘zgartgichli (VFD) va oddiy usulda boshqariluvchi nasos qurilmalarida olib borilgan tajribalar.

Shuningdek, nasoslarni optimal rejimlarda ishlash orqali ham energiya samaradorligini oshirish mumkin. Nasoslar maksimal samaradorlik darajasida ishlash uchun ularning yuklama, bosim va oqim sharoitlarini doimiy ravishda monitoring qilish va moslashtirish talab etiladi. Optimal rejimlarni ta’minlash uchun avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va datchiklar o’rnatiladi, bu tizimlar nasoslarning yuklamasiga qarab ularning ishlash tezligini va quvvatini boshqarib turadi.

Energiya samaradorligini oshirish, birinchi navbatda, texnologik jarayonlarni optimallashtirishga, resurslarni tejamkor ishlatishga va umumiy ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

Tahlil va natijalar (Research and Results): Amaliy tajribalar nasos qurilmalarining ish rejimlari va ularning energiya samaradorligini o’rganishda muhim rol o’ynaydi. Ushbu bo’limda tajriba va tahlillar orqali nasos tizimlarining samaradorligini oshirish, tashqi omillarning ta’sirini o’lchash va boshqarish masalalariga e’tibor qaratiladi. Olingan natijalar yordamida nasoslarning ishlash samaradorligi va energiya tejamkorligi uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi.

Tajribaviy o’lchovlarda asosiy maqsad – nasos qurilmalarining ishlash rejimlariga turli tashqi ta’sirlar (bosim, gidravlik yuklamalar, harorat) ta’sirini o’rganish va ularning energiya samaradorligiga qanday o’zgarishlar olib kelishini aniqlashdir. Bunday tajribalar o’tkazish uchun nasos tizimlariga o’zgaruvchan chastota o’zgartgichli yuritmalar (VFD), harorat va bosim datchiklari kabi zamonaviy texnologiyalar o’rnatiladi.

Tajriba davomida nasos tizimining samaradorligini ifodalash uchun quyidagi formulalar qo’llaniladi:

$$P_{ish} = Q \cdot H \cdot \rho \cdot g$$

bu yerda:

- Q – suyuqlik oqimi (m^3/s),

- H – bosim (m),
- ρ – suyuqlikning zichligi (kg/m^3),
- g – erkin tushish tezlanishi (9.81 m/s^2).

Nasosning umumiy energiya samaradorligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\eta = \frac{P_{ish}}{P_e} \times 100\%$$

Eksperimental tahlillar davomida olingan natijalar nasosning yuklamasi va bosimga nisbatan samaradorlikning qanday o'zgarishini ko'rsatadi. Natijalar grafigi orqali nasosning samaradorlik darajasi, bosim va oqim o'zgarishlari orasidagi bog'liqlikni ko'rsatish mumkin.

O'tgan tajribalar natijasida nasos tizimlarining yuklama va tashqi omillar ostida qanday ishlashi tahlil qilindi. Turli yuklama darajalarida nasosning samaradorligi va energiya sarfini ko'rsatuvchi grafiklar olingan. Ushbu grafiklar yordamida nasosning o'zgaruvchan rejimlarda ishlashi samaradorlik darajasiga qanday ta'sir qilishini tushunish mumkin.

Bu grafikning umumiy tendensiyasi nasos samaradorligi yuklama oshishi bilan sezilarli darajada kamayishini ko'rsatadi. Bosim va oqim o'rtasida ham o'zaro bog'liqlik mavjud bo'lib, bosimning pasayishi oqim tezligini oshiradi, bu esa energiya samaradorligiga ijobiy ta'sir qiladi. Shuningdek, gidravlik sharoitlar va harorat kabi tashqi omillar ham nasosning ishlash samaradorligini bevosita o'zgartiradi.

Tajribalar davomida olingan yana bir muhim ko'rsatkich – VFD qo'llanilganda nasos tizimlarining samaradorligi sezilarli darajada oshishi. Tajribalardan kelib chiqqan holda, nasos tezligi 20% ga kamaytirilganda, energiya sarfi taxminan 50% ga kamaygani kuzatildi. Bu VFD texnologiyasining samaradorlikni oshirishdagi asosiy omillardan biri ekanligini ko'rsatadi.

Olingan natijalar va tahlillardan kelib chiqib, nasos qurilmalarining energiya samaradorligini oshirish bo'yicha bir qator amaliy tavsiyalar va takliflar ishlab chiqildi:

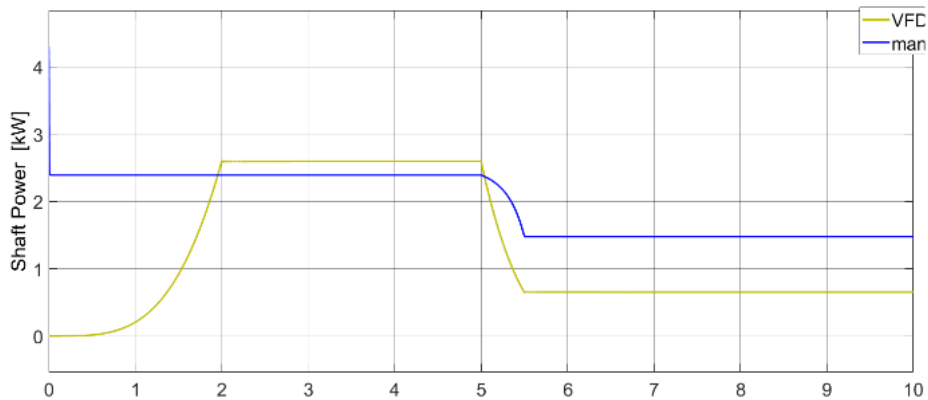
1. O'zgaruvchan chastota o'zgartgichli yuritmalar (VFD) qo'llash: Tajriba natijalariga ko'ra, nasos tizimlariga VFD o'rnatish orqali ularning yuklama va bosim sharoitlariga moslashish imkoniyati yaratiladi, bu esa energiya tejashga sezilarli ta'sir qiladi. VFD dan foydalanish yordamida nasosning ishlash tezligini moslashtirish orqali energiya sarfini kamaytirish va samaradorlikni oshirish mumkin.

2. Optimal yuklama sharoitlarini ta'minlash: Nasosning yuklamasi va bosimga doimiy monitoring qilish va ularni optimal darajada ushlab turish samaradorlikni oshirish uchun muhimdir. Optimal yuklama sharoitlarini ta'minlash uchun zamonaviy monitoring tizimlari va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari joriy etilishi kerak.

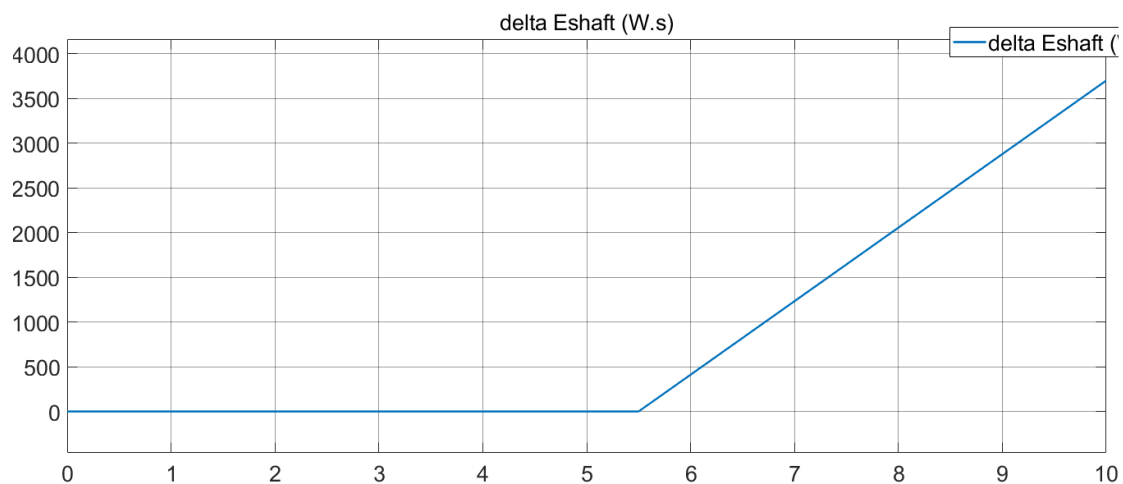
3. Gidravlik sharoitlarni yaxshilash: Quvurlar va nasos tizimlari gidravlik jihatdan samarali loyihalaniishi kerak. Gidravlik yo'qotishlarni kamaytirish uchun quvurlar to'g'ri o'lchamlarga ega bo'lishi va oqimdagi turbulentslik minimal darajada saqlanishi lozim.

4. Harorat va bosim monitoringi: Nasosning ish samaradorligini boshqarish uchun uning harorat va bosimini doimiy nazorat qilish talab etiladi. Bu parametrlarning o'zgarishiga mos ravishda nasos tezligi va yuklamasi boshqarilishi kerak.

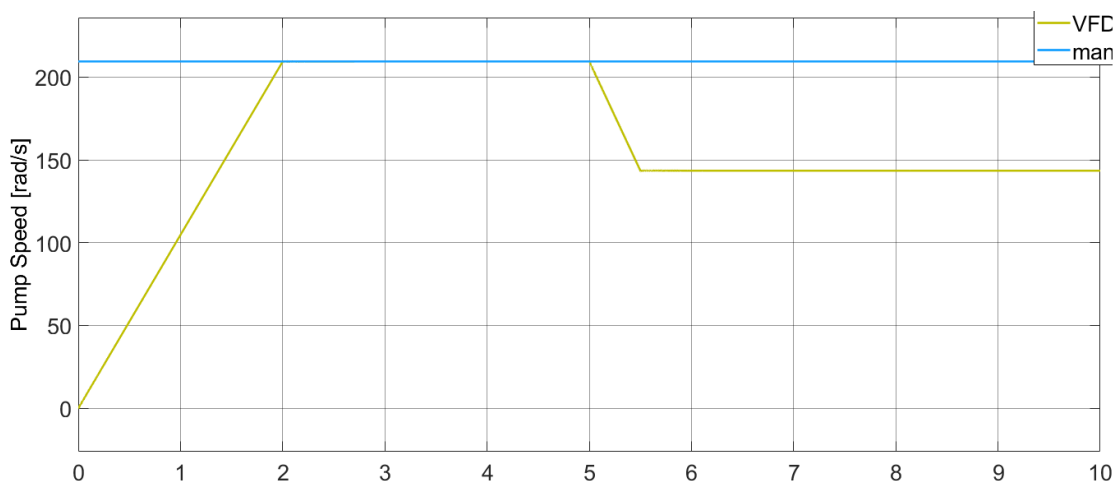
Yuqoridagi tavsiyalar asosida nasos tizimlarining energiya samaradorligini oshirish va ularning ishlash muddatini uzaytirish orqali iqtisodiy jihatdan foydali bo'lgan tizimlarni yaratish mumkin. Tajriba natijalari nasos tizimlarining texnik va texnologik rivoji uchun yangi yo'nalishlarni belgilab beradi.



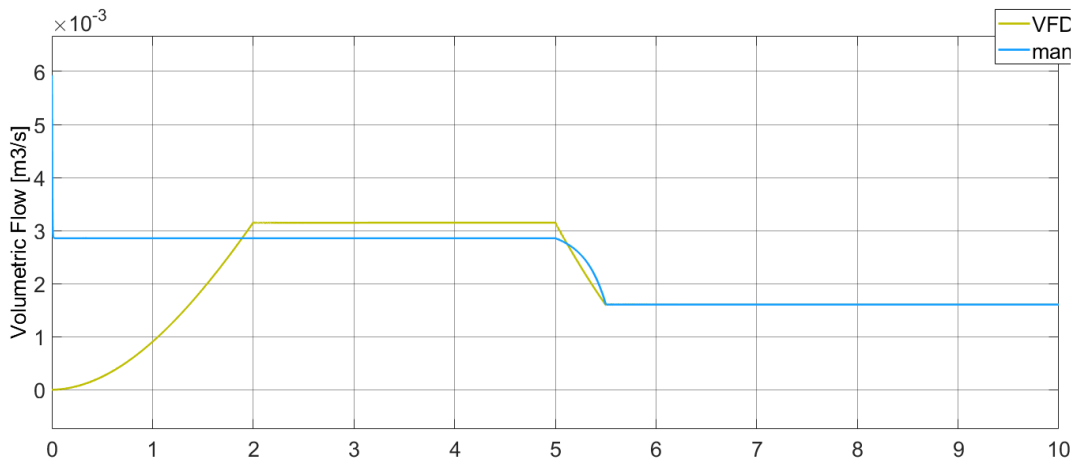
2-rasm. Chastota o'zgartgichli (VFD) va oddiy usulda boshqariluvchi nasos qurilmalarida iste'mol qilingan elektr quvvat grafiki



3-rasm. Chastota o'zgartgichli (VFD) va oddiy usulda boshqariluvchi nasos qurilmalarida iste'mol qilingan elektr quvvat farqi grafiki.



4-rasm. Chastota o'zgartgichli (VFD) va oddiy usulda boshqariluvchi nasos qurilmalarida ishchi g'ildirak tezliklari grafiki.



5-rasm. Chastota o'zgartgichli (VFD) va oddiy usulda boshqariluvchi nasos qurilmalarida suv oqim sarfilari grafiki.

Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, nasos tizimlarining samaradorligini oshirishda tashqi omillarning monitoringi va optimallashtirilgan boshqaruv tizimlarining qo'llanilishi muhim ahamiyatga ega. Olingan ma'lumotlar asosida nasos qurilmalarini o'zgaruvchan rejimlarda samarali ishlatish energiya sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Bu tadqiqot natijalari sanoat va infratuzilma sohalarida energiya tejoychi texnologiyalarni keng joriy etish uchun mustahkam asos yaratadi.

Xulosa va takliflar (Conclusion). Maqolaning umumiy mazmuni nasos qurilmalarining ishlashiga ta'sir qiluvchi tashqi omillar va ularning energiya samaradorligini oshirish masalalariga qaratilgan. Mualliflar nasos tizimlari sanoat va infratuzilmada muhim rol o'ynashini ta'kidlab, tashqi omillar (gidravlik sharoitlar, harorat, elektr ta'minoti va suv sifati) samaradorlikka qanday ta'sir qilishini tahlil qilganlar. Ular optimal sharoitlarda ishlamaydigan nasoslar ko'proq energiya sarflashi va samaradorlikni pasaytirishi mumkinligini ko'rsatganlar.

Maqolaning asosiy takliflari quyidagilardan iborat:

O'zgaruvchan chastota o'zgartgichli yuritmalar (VFD) texnologiyasidan foydalanish orqali energiya tejallishi sezilarli darajada oshishi mumkin. VFD nasos yuklamasi va bosim sharoitlariga moslashish imkonini beradi.

Nasos ish rejimlarini doimiy monitoring qilish, yuklama va bosimni optimal sharoitda ushlab turish orqali samaradorlikni oshirish taklif etiladi. Zamonaviy monitoring va boshqaruv tizimlari bu jarayonda muhim ahamiyat kasb etadi.

Gidravlik sharoitlarni yaxshilash va gidravlik yo'qotishlarni minimallashtirish uchun quvurlarni to'g'ri loyihalash va o'lchash zarur.

Nasos harorati va bosimining monitoringini joriy etish, bu parametrlarning o'zgarishlariga mos ravishda nasos ish tezligini boshqarish lozim.

Bu tavsiyalar asosida nasos qurilmalarining energiya samaradorligini oshirish va ishlab chiqarish jarayonlarining tejamkorligini ta'minlash mumkin bo'ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar (Reference).

1. Gülich. J.F., "Centrifugal Pumps", 3rd ed, Springer Berlin, Heidelberg, 2019, pp 1-1116.
2. Rayner J. M., "Pumps and Pumping", CRC Press, 1995, pp 1-450.
3. Forsthoffer W. E., "Forsthoffer's Rotating Equipment Handbooks: Reliability Optimization through Component Condition Monitoring and Root Cause Analysis", Elsevier, 2005, pp 278-320.
4. Parker R., "The Diaphragm Pump Manual", Elsevier, 1994, pp 1-362.
5. Garbus J., Ross R., Weiss S., "Water Supply Systems and Evaluation Methods", Federal Emergency Management Agency, 2008, pp 1-135.
6. Nolan D. P., "Fire Pump Arrangements at Industrial Facilities", Gulf Professional Publishing, 1998, pp 1-510.
7. Baratov, R., Pirmatov, N., Panoev, A., Chulliyev, Y., Ruziyev, S., Mustafuqulov, A., "Achievement of electric energy savings through controlling frequency convertor in the operation process of asynchronous motors in textile enterprises", In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1030, No. 1, p. 012161), (2021) IOP Publishing. DOI 10.1088/1757-899X/1030/1/012161
8. Pirmatov, N., & Panoev, A. "Frequency control of asynchronous motors of looms of textile enterprises", In E3S Web of Conferences (Vol. 216, p. 01120), (2020), EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601120>
9. Pirmatov, N., Xaydarov, X., Abduraxmonov, S., Sayitov, S. "Energy saving using a frequency converter in asynchronous motor operating modes", In E3S Web of Conferences (2024, November) (Vol. 508, p. 08011). EDP Sciences. DOI 10.1051/e3sconf/202450808011
10. Xaydarov X., Qarshiyev K., Berdiyev U., "Energy saving using a frequency converter in asynchronous motor operating modes", In AIP Conference Proceedings (Vol. 3152, No. 1). (2024, June). AIP Publishing. <https://pubs.aip.org/aip/acp/issue/3152/1>
11. Pirmatov N.B., Berdiyev U. T., Usmonov K. K., Nazirkhanov T. M., Berdiyev U. N., "Device for measuring the magnetic scattering field of the frontal part of the stator winding of a traction asynchronous electric motor of an electric rolling stock", E3S Web of Conf., 401 (2023) 03021. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103021>
12. Pirmatov N.B., Matqosimov M., Mahamadjonov S., Xaydarov X., "Characteristics of the static and dynamic operating modes of the asynchronous generator in renewable energy sources and the production of electric energy control through a frequency converter", E3S Web Conf., 480 (2024) 01007. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448001007>
13. Pirmatov N.B., Panoev A., Samatova G., Berdiyev U., "Determination of methods of achieving the energy savings through mathematical modeling of static and dynamic modes of electromagnetic energy conversion in asynchronous motors used in feed crushers", E3S Web Conf., 383 (2023) 04046. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304046>
14. Pirmatov N.B., Xaydarov X.M., "Investigating the issues of energy saving by means of a mathematical model of transient processes of asynchronous engines in pump units" "Science and innovative development" International scientific-technical

journal, vol (3), no. 1, pp. 63-71, 2023. DOI [https://dx.doi.org/ 10.36522/2181-9637-2023-5-7](https://dx.doi.org/10.36522/2181-9637-2023-5-7)