WORLD CONFERENCE ON STUDENT - CENTERED LEARNING APPROACHES

SUG‘ORISH NASOS STANSIYALARIDA CHASTOTALI ELEKTR YURITMALARDAN FOYDALANISH ORQALI ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH IMKONIYATLARI

Yusupova Nargiza Eshpulatovna- Mustaqil tadqiqotchi

Annotatsiya: Maqolada sug‘orish nasos stansiyalarida elektr energiyasi iste’molining asosiy xususiyatlari, nasosning suv sarfi, bosimi va elektr quvvati o‘rtasidagi bog‘liqlik hamda nasos agregatlarining foydali ish koeffitsiyentini baholash masalalari ko‘rib chiqiladi. Chastotali elektr yuritma yordamida nasos aylanish tezligini talab etiladigan suv sarfiga moslashtirishning nazariy asoslari bayon etiladi. Solishtirma elektr energiyasi sarfini hisoblash ko‘rsatkichlari va energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqiladi. Grafik va hisobiy misollar tushuntirish maqsadida keltirilgan bo‘lib, ular muayyan nasos stansiyasida o‘tkazilgan dala o‘lchovlari natijasi hisoblanmaydi.

Kalit so‘zlar: sug‘orish nasos stansiyasi, chastotali elektr yuritma, energiya samaradorligi, nasos agregati, foydali ish koeffitsiyenti, solishtirma elektr energiyasi sarfi, suv sarfi, bosim.

Аннотация: В статье рассматриваются особенности потребления электроэнергии оросительными насосными станциями, взаимосвязь подачи, напора и электрической мощности насоса, а также оценка коэффициента полезного действия насосного агрегата. Изложены теоретические основы регулирования частоты вращения насоса с помощью частотно-регулируемого электропривода в соответствии с требуемой подачей воды. Приведены показатели расчёта удельного расхода электроэнергии и практические рекомендации по повышению энергоэффективности. Графики и расчётные примеры носят иллюстративный характер и не являются результатами натурных измерений конкретной насосной станции.

Ключевые слова: оросительная насосная станция, частотно-регулируемый электропривод, энергоэффективность, насосный агрегат, коэффициент полезного действия, удельный расход электроэнергии, подача, напор.

Abstract: The article examines electricity consumption characteristics of irrigation pumping stations, the relationship between pump flow rate, head and electrical power, and the assessment of pump-unit efficiency. It outlines the theoretical basis for matching pump speed to required water demand using a variable-frequency drive (VFD). Indicators for calculating specific electricity consumption and practical recommendations for improving energy efficiency are presented. The graphs and calculation examples are illustrative and do not represent field measurements from a specific pumping station.

Keywords: irrigation pumping station, variable-frequency drive, energy efficiency, pump unit, efficiency, specific electricity consumption, flow rate, head.

Sug‘oriladigan dehqonchilikda suvni manbadan talab etilgan balandlik va masofaga yetkazish uchun nasos stansiyalari katta miqdorda elektr energiyasi sarflaydi. Ayniqsa, suv sathi, sug‘orish grafigi va tarmoqdagi gidravlik qarshiliklar o‘zgarib turadigan sharoitda nasos agregatlarini doimiy aylanish tezligida ishlatish energiyaning ortiqcha sarflanishiga olib kelishi mumkin. Nasoslarni talabga mos boshqarish, agregatlarni maqbul ish nuqtasida ishlatish va elektr-mexanik uskunalarning holatini muntazam nazorat qilish energiya tejamkorligining muhim yo‘nalishlaridir.

Chastotali elektr yuritma (CHY) elektr dvigatelga beriladigan tok chastotasini o‘zgartirish orqali uning aylanish tezligini boshqaradi. Natijada nasosning suv uzatishi va hosil qiladigan bosimi talabga moslashtirilishi mumkin. Biroq CHY har qanday vaziyatda avtomatik ravishda tejamkorlik bermaydi: natija tizim xarakteristikasi, statik bosim ulushi, nasosning samaradorlik xaritasi, dvigatel va konvertor yo‘qotishlari hamda boshqaruv algoritmiga bog‘liq.

Suvga uzatiladigan foydali gidravlik quvvat quyidagicha aniqlanadi:

$$P_г = \rho\ g\ Q\ H$$

Bu yerda $P_г$ — gidravlik quvvat, W; Q — suv sarfi, m^3/s; H — nasos hosil qiladigan to‘liq napor, m. Nasos validagi mexanik quvvat taxminan $P_{вал} = P_г/\eta_n$, elektr tarmog‘idan olinadigan quvvat esa $P_{эл} = P_г/(\eta_n \cdot \eta_д \cdot \eta_ч)$ ko‘rinishida baholanadi. Amaliy hisobda ishlab chiqaruvchi bergan xarakteristikalar va o‘lchangan elektr quvvati ustuvor hisoblanadi.

Nasos agregatining umumiy foydali ish koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

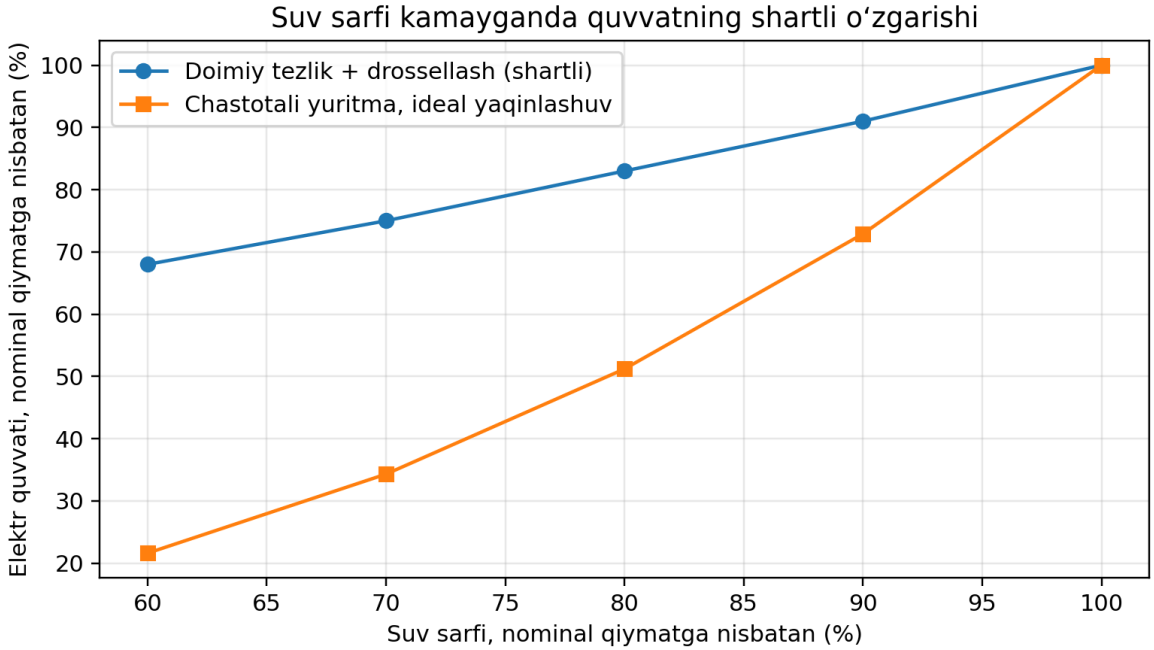
$$\eta_{ум} = (\rho\ g\ Q\ H) / P_{эл}$$

Nasos stansiyasining elektr sarfi faqat suv miqdoriga emas, balki talab etilgan napor, quvurlar va kanallardagi yo‘qotishlar, suv sathlarining farqi, nasosning ish nuqtasi va uskunalarning texnik holatiga ham bog‘liq. Panjara va filtrlarning ifloslanishi, quvur yoki bosimli quvurdagi qarshilikning ortishi, ish g‘ildiragining yeyilishi, noto‘g‘ri tanlangan nasos va parallel agregatlarni samarasiz boshqarish elektr sarfini oshirishi mumkin.

Omil	Energiya sarfiga ta’siri	Baholash uchun zarur ma’lumot
Suv sarfi Q	Talab oshishi bilan quvvat talabi odatda ortadi	Sarf o‘lchagich yoki kalibrlangan gidravlik o‘lchov
To‘liq napor H	Napor oshishi gidravlik quvvatni oshiradi	So‘rish va haydash bosimi, sath belgisi
Nasos FIKi η_n	FIK pasayishi bir xil suv ishiga ko‘proq elektr sarfini talab qiladi	Nasos xarakteristikasi va ish nuqtasi
Dvigatel va CHY FIKi	Elektr-mexanik yo‘qotishlarni belgilaydi	Pasport ko‘rsatkichlari va elektr analizatori
Tarmoq yo‘qotishlari	Gidravlik qarshilik ortishi talab etiladigan naporni oshiradi	Bosim yo‘qotishi, quvur diametri, armatura holati

Ish rejimi	Qisman yuklama va tez-tez ishga tushirish samaradorlikka ta’sir qiladi	Ish vaqti, sarf-bosim grafigi, avtomatika jurnali

Nasosning ish nuqtasi nasos xarakteristikasi bilan tizim xarakteristikasi kesishgan joyda shakllanadi. Markazdan qochma nasoslar uchun aylanish tezligi o‘zgarganda o‘xshashlik qonunlari taxminan quyidagi bog‘lanishlarni beradi: $Q_2/Q_1 \approx n_2/n_1$; $H_2/H_1 \approx (n_2/n_1)^2$; $P_2/P_1 \approx (n_2/n_1)^3$. Bu munosabatlar o‘xshash ish rejimlarida va nasosning samaradorligi keskin o‘zgarmagan holatlarda qo‘llanadi. Tizimda statik napor katta bo‘lsa yoki minimal oqim cheklovi mavjud bo‘lsa, kub qonuni bo‘yicha tejamkorlikni to‘g‘ridan-to‘g‘ri kutish mumkin emas.



1-rasm. Suv sarfi kamayganda elektr quvvatining shartli o‘zgarishi. Grafikdagi qiymatlar tushuntirish uchun tanlangan; ular o‘lchov natijasi emas.

Grafikdan ko‘rinadiki, ideal o‘xshashlik qonuni bo‘yicha aylanish tezligini pasaytirish quvvatni keskin kamaytirishi mumkin. Biroq doimiy tezlikda ishlayotgan nasosda suv sarfini drossel klapan bilan cheklash energiyani bosim yo‘qotishiga

sarflaydi. Shu sababli sarfning katta qismi vaqt davomida nominal qiymatdan past bo‘ladigan tizimlarda CHY texnik-iqtisodiy jihatdan istiqbolli bo‘lishi mumkin.

Solishtirma elektr energiyasi sarfi nasos stansiyasining energiya samaradorligini taqqoslashda qulay ko‘rsatkichdir. U ma’lum vaqt oralig‘ida sarflangan elektr energiyasining shu vaqt ichida uzatilgan suv hajmiga nisbatidan aniqlanadi:

$$e = W_{эл} / V$$

Bu yerda e — solishtirma elektr sarfi, kWh/m³; $W_{эл}$ — hisoblagich bo‘yicha sarflangan elektr energiyasi, kWh; V — uzatilgan suv hajmi, m³.

Energiya samaradorligini to‘g‘ri taqqoslash uchun bir xil chegaraviy shartlar — uzatilgan suv hajmi, talab etilgan napor, suv sathi va ish rejimi — imkon qadar teng bo‘lishi lozim. Faqat kWh ko‘rsatkichini taqqoslash yetarli emas, chunki ikki rejimda uzatilgan suv miqdori yoki bajarilgan gidravlik ish turlicha bo‘lishi mumkin.

Ko‘rsatkich	Hisoblash ifodasi	Birlik	Izoh
Gidravlik quvvat	$P_г = \rho g Q H$	W	Suvga uzatilayotgan foydali quvvat
Umumiy FIK	$\eta_{ум} = P_г / P_{эл}$	— yoki %	Elektrdan gidravlik energiyaga umumiy samaradorlik
Solishtirma elektr sarfi	$e = W_{эл} / V$	kWh/m³	Bir kub metr suv uchun elektr sarfi
Davriy elektr sarfi	$W_{эл} = P_{ўр} \cdot t$	kWh	Quvvat o‘zgarmas bo‘lgandagi yaqinlashuv
Nisbiy tejamkorlik	$S = (e_0 - e_1)/e_0 \cdot 100\%$	%	Bir xil sharoitlarda bazaviy va yangi rejimni taqqoslash

Agar yillik uzatiladigan suv hajmi V_y ma’lum bo‘lsa, shartli yillik energiya tejalishi $\Delta W = (e_0 - e_1) \cdot V_{йил}$ formula bilan aniqlanadi. Pul ko‘rinishidagi samara

uchun tejalgan kWh amaldagi elektr energiyasi tarifiga ko‘paytiriladi; CHY xaridi, montaj, himoya apparatlari, sovitish va texnik xizmat xarajatlari esa investitsion hisobga kiritiladi.

Chastotali elektr yuritmani joriy etish bo‘yicha tavsiyalar:

1. Avvalo kamida bir necha ish sikli davomida suv sarfi, so‘rish va haydash bosimi, elektr quvvati, energiya hisoblagichi hamda ishlash vaqtini bir vaqtda qayd etish lozim. O‘lchovlar turli suv sathi va sug‘orish talabi davrlarini qamrab olishi kerak.

2. Nasosning zavod xarakteristikasidan Q–H, Q–η va Q–P egri chiziqlarini olib, mavjud tizim xarakteristikasi bilan solishtirish zarur. Nasosni eng yuqori FIK zonasiga yaqin ishlatish, haddan tashqari katta tanlangan agregatlarni qayta baholash va parallel nasoslarni oqilona navbatlashtirish tavsiya etiladi.

3. CHY joriy etishdan oldin minimal ruxsat etilgan aylanish tezligi, motorning sovishi, nasosning minimal uzatish sarfi, kavitatsiya zaxirasi (NPSH), mexanik tebranish va gidravlik zarba talablari tekshiriladi. Tezlikni juda pasaytirish motor sovishining yomonlashishiga yoki nasosning xavfsiz ish diapazonidan chiqishiga olib kelishi mumkin.

4. Boshqaruvni faqat chastota bo‘yicha emas, balki talab etilgan bosim yoki suv sarfi bo‘yicha yopiq konturda tashkil etish maqsadga muvofiq. Bosim datchigi, sarf o‘lchagich, elektr parametrlarini qayd etish va avariya blokirovkalari avtomatika tizimiga kiritilishi kerak.

5. Elektr ta’minoti sifati, garmonik buzilishlar, elektromagnit moslashuv, yerga ulash va motor izolyatsiyasi ishlab chiqaruvchi ko‘rsatmalariga muvofiq tekshiriladi. Zarur holatlarda kirish reaktori yoki garmonik filtrlar ko‘rib chiqiladi.

6. Joriy etishdan keyingi samaradorlikni baholashda bir xil hajmdagi suv va taqqoslanadigan napor sharoitlari asosida kWh/m³, umumiy FIK, ishga tushirishlar soni, nosozliklar va texnik xizmat xarajatlari kuzatib boriladi. Natijalar avtomatlashtirilgan monitoring yoki muntazam energiya auditi orqali hujjatlashtiriladi.

Xulosa: Sug‘orish nasos stansiyalarida energiya samaradorligi nasos agregatining FIKi, talab etiladigan suv sarfi va napor, gidravlik tarmoq yo‘qotishlari, elektr dvigatel hamda boshqaruv uskunalarining holati bilan belgilanadi. Chastotali elektr yuritma suvga bo‘lgan talab vaqt davomida o‘zgarib turadigan va nasos tezligini pasaytirish orqali talab etilgan ish rejimini saqlash mumkin bo‘lgan tizimlarda energiya sarfini kamaytirish imkonini beradi.

Energiya tejamkorligini faqat nazariy kub qonuni asosida baholash to‘g‘ri emas: statik napor, nasosning FIK xarakteristikasi, konvertor va dvigatel yo‘qotishlari hamda tizim cheklovlari hisobga olinishi zarur. Amaliy baholashning asosiy ko‘rsatkichi — bir xil gidravlik sharoitlarda hisoblangan solishtirma elektr energiyasi sarfi (kWh/m^3). Ishonchli xulosa chiqarish uchun CHY joriy etilishidan oldin va keyin suv hajmi, napor, quvvat va energiya sarfini sinxron o‘lchash tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Hydraulic Institute. Rotodynamic Pumps: Guideline for Operating Regions. ANSI/HI 9.6.3. Hydraulic Institute, latest applicable edition.
2. U.S. Department of Energy. Improving Pumping System Performance: A Sourcebook for Industry. 2nd ed. Washington, DC: DOE, 2006.
3. Europump and Hydraulic Institute. Variable Speed Pumping: A Guide to Successful Applications. Elsevier Advanced Technology, 2004.
4. European Commission. Commission Regulation (EU) No 547/2012 implementing Directive 2009/125/EC with regard to ecodesign requirements for water pumps. Official Journal of the European Union, 2012.
5. IEC 61800-9-2: Adjustable speed electrical power drive systems — Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications. International Electrotechnical Commission.
6. ISO 9906:2012. Rotodynamic pumps — Hydraulic performance acceptance tests

— Grades 1, 2 and 3. International Organization for Standardization, 2012.

Ilmiy maqolani yakunlash uchun zarur ma’lumotlar