

SUV TAMINOT TIZIMIDA ELEKTR YURITMANING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRUVCHI USULLARI

Qurvonboyev Botirjon Isroiljon o'g'li

Namangan Muhandislik Texnologiyalari Instituti

E-mail: k.botirjon1995@mail.ru

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13622086>

Annotatsiya: Suv taminoti tizimida elektr energiya menejmentini optimal reja asosida shakllantirish va ishlashini tizimlashtirish muhim masaladir. Ushbu maqolada suv taminoti tizimlarining elektr energiya istemolini kamaytirish muammosi choralari tahlil etilgan. Bu quyidagi muhim jihatlarni nazarda tutadi: Suv taminoti tizimlarining energiya samaradorligini oshirish va energiya tejankor tizimlar algaritmini shakllantirish. Ushbu loyihalar orqali suv taqsimotidagi elektr energiya istemolini oldindan hisoblashga qaratilgan bo'lib, bundagi natijalar suv taminoti tizimida energiya samaradorligini oshirishda faol ishlatilishi uchun tizimlarni qo'llashni va energetik samarador usullar algaritmlarini qo'llashga misollar keltirilgan.

Kalit so'zlar: Elektr energiya istemoli, elektr yuritma, avtomatlashtirish, suv taqsimlash tizimlari, chastota o'zgartirgich, energetik samaradorlik, o'zgaruvchan tezlikli nasos.

REVIEW OF METHODS OF INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRICAL DRIVES IN WATER SUPPLY SYSTEMS

Abstract: It is an important issue to form and operate electricity management in the water supply system based on an optimal plan. This article describes the measures to reduce the electricity consumption of water supply systems. This implies the following important aspects: Improving the energy efficiency of water supply systems and forming an algorithm for energy-efficient systems. Through these projects, it is aimed at pre-calculation of electricity consumption in water distribution, the results of which are examples of the use of information technology systems and algorithms of energy-efficient methods for the effective use of energy efficiency in the water supply system.

Keywords: Electrical energy consumption, automation of electrical drives, water distribution systems, frequency converter, energy efficiency, variable speed pumps

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация: Важным вопросом является систематизация формирования и работы управления электроэнергией в системе водоснабжения на основе оптимального плана. В данной статье анализируются мероприятия по снижению потребления электроэнергии системами водоснабжения. Это подразумевает следующие важные аспекты: Повышение энергоэффективности систем водоснабжения и формирование алгоритма энергоэффективных систем. Целью этих проектов является заблаговременный расчет потребления электроэнергии при водораспределении, а результаты этого являются примерами использования систем и алгоритмов энергоэффективных методов для активного использования в системе водоснабжения для повышения энергоэффективности.

Ключевые слова: Потребление электроэнергии, электропривод, автоматизация, водораспределительные системы, преобразователь частоты, энергоэффективность, регулируемый насос.

KIRISH

Bugungi kunda dunyoning deyarli barcha nuqtalarida suv taminoti tizimlari shakllangan. Bunga ko'ra ushbu tizimlar kerakli hududlarga suvni yetkazib berishi uchun elektr energiyasidan foydalanadi. Buning zahirida esa energiyadan maqsadli va samarali foydalanish zaruriyati turadi. Chunki elektr energiyaga mavjud talab kun sayin oshib bormoqda. Suv taqsimlash tizimlarini ham to'g'ri tizimlash va energetik samarador usullardan foydalanish bugungi kundagi dolzarb masalalardan biridir. Ushbu ishda samaradorlikni oshirish va bugungi kundagi axborot texnikalaridagi mavjud yangiliklardan foydalanish mumkin bo'lgan usullar ko'rib chiqilgan

Suv taminoti tizimlarining energiya samaradorligi

Suv va energetika bir-biriga chambarchas bog'langan bo'lib, yani suvdan foydalanib elektr energiyasini olish mumkinligi va elektr energiyasi yordamida suv tortib chiqarish, suvni tozalash va kerakli manzillarga yetkazib berish mumkin. Shu jumladan suv va energetika bir biriga bog'liq ekanligi G.Grigoras [1] tomonidan suv taminotidagi sarflanadigan energiyani oldindan hisoblash orqali to'g'ri taqsimlash va energetik samaradorlikni oshirish imkoniyati haqida tushuntiriladi. Buning uchun esa asosiy energiya istemolchisi bo'lgan asinxron elektr motorlarini to'g'ri va mukammal energiya tejamkor usulda faoliyatini yo'lga qo'yish muhim o'rinni egallaydi.

Suv taminoti tizimlari ishlash jarayonida yoki ishga tushirishdan avval rejalashtirishda odatda elektr energiya istemoli etibordan chetda qolgan yoki unchalik ahamiyat berilmaganligi keltirib o'tilgan, qolaversa ushbu bog'liqlikni global isish kuchayishi ko'plab mintaqalarda qurg'oqchilik va suv cheklovlarini olib kelishi imkonligini aytib o'tilgan va hozirda markaziy Osiyoning ko'plab hududlarida ushbu holatlar kuzatilayotganligi jamiyatimiz oldida turgan muhim masalalardan biri bo'lib, ushbu holatga yaqqol misol qilib Orol dengizi va shu kabi ko'plab misollar keltirishimiz mumkin. Davlatlar misolida oqava suvlarni tozalash va yetkazib berishda umumiy energiyaning necha ulushiga to'g'ri kelishi va uni qariyb 20% kamaytirishni chora tadbirlarini ko'rish maqsad qilib qo'yishgani va milliy dasturlar ishlab chiqish yo'lga qo'yilgani keltirilgan.

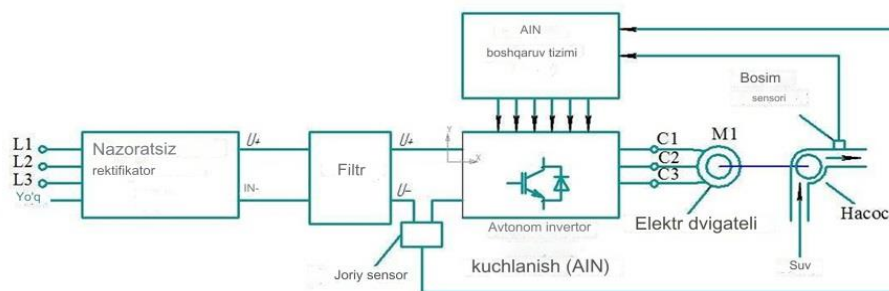
Shu jumladan Cartina.G [2] tomonidan o'zining izlanishlari aksida elektr energiyasi istemolini oldindan taxminiy hisob chiqarish uchun ko'plab usullar keltirilgan. Bularni hisoblash texnikasi va uslublari axborot texnologiyasi-sun'iy intellekt omillariga bog'lagan. Ushbu turdagi tizimni ishga tushirish uchun muhim ma'lumotlar bazasi kerak bo'ladi va o'z navbatida bazi xatoliklar katta muammolarni keltirib chiqarishini oldini olish maqsadida sun'iy intellekt texnikasi orqali ishga tushuvchi usullardan biri bo'lgan qaror asoslari va klasterlash texnikasi asosida suv taqsimlash tizimlarida energiya sarfini prognozlashni tizimlashtirish ishlab chiqilgan. Buning tarkibiga: kompyuterlarni insonlarga o'xshab fikrlashga harakat qilish uchun ishlatiladigan usullar, suniy neyron tarmoqlari, Klasterlash, evalyutsion dasturlash, qaror daraxtlari kabi hisoblash texnikasi usullari keltirib o'tilgan.

Suv taminotida energiya tejamkor tizimlarning algaritimi

So'nggi yillarda suv taminoti va ichimlik suvlarini aholiga yetkazib berishda energiya samaradorligi jihatidan "Watergy" kontseptsiyasi paydo bo'ldi. "Suv energiyasi" atamasi energiyani tejash ittifoqi tomonidan shaharlarda suv taqsimlash tizimlarida suv va energiya o'rtasidagi mustahkam aloqani tasvirlash uchun kiritilgan. Energiyani tejash bo'yicha jahon elektr energiyasining umumiy iste'molining 2 dan 3 foizigacha turar-joy va sanoat iste'molchilari tomonidan ishlatiladigan suvni tozalash va nasos uchun ishlatilishi haqida ma'lumotlarni keltirgan D.Martin [3] o'z izlanishlari davomida.

Shu maqsadda energiya tejamkor qurilmalarni amalda qo'llash zaruriyati J.Farley [4] tomonidan aytib o'tilgan. Unda ta'kidlanishicha zamonaviy asinxron elektr boshqaruvchi-bu mikroprotessorlar, quvvatli yarimo'tkazgichli qurilmalar, shovqinlardan himoya qilish, boshqaruv va interfeyslardagi dasturiy ta'minot ishlanmalari va ishonchli, yuqori samaradorlikka ega bo'lgan elektr motorlarini yaratish nazariyasi va amaliyotidagi so'nggi yutuqlarni o'zida mujassam etgan murakkab elektr qurilmasidir. Biroq, haqiqiy chastota konvertorlari uchun boshqaruv algoritmlari elektr motorlarda hozircha optimal emas, shuning uchun suv ta'minoti tizimida barqaror bosimni saqlab turish uchun chastota konvertorlariga moslashuvchan boshqaruv algoritmlarini yaratish zaruriyati bugungi kundagi dolzarb masalalardan biridir.

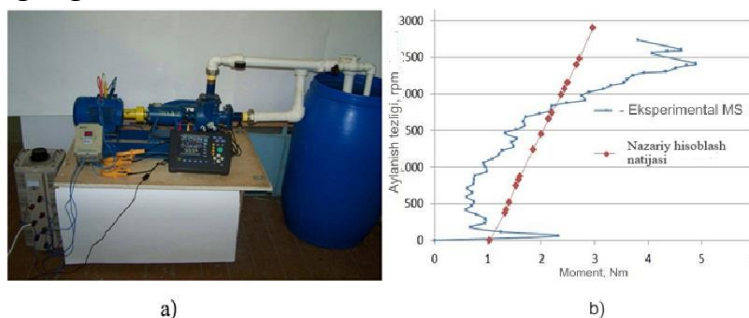
Quyidagi adabiyotda muammoga yechimni hisoblashlar orqali yechim topilganligi aks ettirilgan va tadqiqodlar natijasidan olingan xulosalarda startyorda oqim pasayganda elektr motor milidagi foydali quvvat ortadi va shunga asoslanib asinxron motorning samaradorligini sezilarli darjada oshirishimiz mumkin bo'lishi Mihailov va D.Taranovlar tomonidan [5] keltirilgan. Muammoni hal qilish uchun nasos elektr yuritmasini avtomatik boshqarishda barqaror bosim hosil qilish uchun zarur bo'lgan bosim va oqim bilan suv taminoti tizimida va quvvat sarfini nazorat qilishda blok diagrammasi ishlab chiqilgan (1-rasmda ko'rsatilgan).



1-rasm. Nasos uskunasi boshqarish tizimi

Maqolada hozirgi vaqtda ishlab chiqarilgan chastota konvertorlarini qator afzalliklari bo'lishi bilan bir qatorda, ma'lum kamchiliklarga ham ega ekanligi qayd etilgan; cheklangan miqdordagi standartlashtirilgan nazorat qonunlari; nazoratni qo'lda bajarish imkoniyati maksimal darajada cheklangani keltirilgan; minimal energiya sarfi va tizim ulangandagi barqaror bosimni ta'minlaydigan parametrlarni yetishmasligi tadqiqodlar natijasida olingan xulosalarda bayon qilingan.

Maqolada ko'rsatilgan (2-rasm) tadqiqod natijasida nasos agregatining haqiqiy mexanik xususiyatlari amaliyotda nazariy jihatidan farq qiladi. Bu moslashuvchan algaritm degan xususiyatni tasdiqlaydi deya olamiz, chunki har bir nasos agregati o'ziga hos mexanik xususiyatlarga ega.



2-rasm. Nasos agregatining amaliy sinalish jarayoni

Maqolada ko'rsatib o'tilgan nazariy va eksperimental bog'liqliklarning tahlili shuni ko'rsatadiki, hisoblangan moment va eksperimental moment o'rtasidagi keskin farq 50 foizgacha. Bu muayyan ish rejimlarida mavjud energiya isrofiga olib kelishini aytilishi mumkin. Ushbu adabiyotda keltirilishicha, moslashuvchan algaritmi yaratish birmuncha oson bo'lib, unda minimal oqimni qidirish funktsiyasi mavjud kuchlanishni tartibga solish va taminot tarmog'idagi doimiy chastotasiga bog'lanadi. Tadqiqod natijalari tasvirga tushirilgan rasmlarda ko'rsatilib, aktiv va reaktiv bog'liqliklarni o'rganish, aktiv va umumiy quvvat, faza qiymatidan quvvat koefitsientlarini berilgan. Quvvat omilini fazaga bog'liqligini tahlil qilishdan shunday xulosa kelib chiqadiki, minimal to'k oqimida quvvat deyarli maksimal, koefitsientni oshishi bu to'k oqimining yanada oshishiga olib keladi, bu esa iqtisodiy samaradorlikni tushib ketishligini belgilaydi.

Boshqaruv qonunini grafigi keltirilib, bunda turli chastota qiymatlaridan foydalanilganini ko'rish mumkin. Grafikdan ko'rinadiki standart boshqaruv qonunlari optimal emas, shuning uchun mustaqil ravishda sozlanadigan algaritm yaratish muayyan rejimda ishlaydigan mator uchun muvofiq bo'ladi va uni ishlab chiqish zarur ekanligi takidlashimiz mumkin.

Shu jumladan B.Taune [6] va boshqalar tomonidan suv taminoti tizimlarida izlanish olib borib, tizimda umumiy energiya sarfini uning ishlashini samaraliroq bo'lganiga almashtirish orqali kamaytirish mumkin ekanligi aytib o'tilgan. Unga ko'ra suv rezurvarlari va suv nasos tizimlarini faol ishlashini eng optimal tizimlash va energiyani kam sarf qiluvchi algaritmlardan foydalanish elektr energiya sarf-harajatini kamaytirishi mumkin ekanligi aytib o'tilgan

Nasos stansiyalarida energiya tejamlorlikni oshirish

Respublikamizda mavjud suv taminoti tizimlarini o'rganib chiqish natijasida ma'lum bir yaxlit tizim mavjud emasligini F.Shozizov [7] o'zining olib borgan tadqiqodlarida aytib o'tgan. Tadqiqotning maqsadi O'zbekiston Respublikasida yirik nasos stansiyalarining samarali ishlashini monitoring qilish tizimida "Nasos uskunalari ekspluatatsiyasining energiya samaradorligini hisobga olish" modulini ishlab chiqish va dasturiy ta'minotini shakllantirish va ushbu tizimlarni yanada takomillashtirishdan iborat bo'lgan. Ayni maqsadda K.J.Abidov [8] va boshqalar tomonidan Respublikamizdagi ko'plab nasos stansiyalarini energiya tejash obyekt sifatida o'rganilib, ushbu tizimlarning samadorligini va ishlash tizimlari turlarini harakteristikalari ko'rib chiqilgan.

Suv taminoti tizimi va boshqa ko'plab sohalarning deyarli har bir qismida foydalaniluvchi uch fazali asinxron matorlarning ham energetik samaradorlikni oshirishdagi o'zni salmoqli hisoblanadi. Shu maqsadda S.Jasvant [9] va boshqalar tomonidan uch fazali matorlarni vektorli boshqaruv orqali parametrlarini yaxshilash imkoniyatini oshirish usullarini taqdim etilgan. Ushbu ishda uch fazali asenkron matorlarning turli ishlash parametrlari haqida to'liq ma'lumot berilgan. Vektorli boshqarish usullaridan foydalangan holda tartibga solish va samaradorlikni oshirish usullari keltirilgan.

Bugungi kundagi ko'plab sohalarda muvaffaqiyatli foydalanib kelinayotgan matematik modellashirish usullaridan foydalanib G.Palkin [10] va boshqalar suv taminoti tizimining texnik va iqtisodiy samaradorligini oshirish maqsadida simulyatsion modelini ishlab chiqishgan. Ushbu ishda suv taminoti tizimini muhim bir muammosi ko'rib chiqilgan bo'lib, ish rejimlari va nasoslarning yuqori darajada yuklama bilan ishlashi va shu bilan birga sovuq havodan himoyaviy tizimlarni ishlab chiqilgani ko'zda tutilgan. Simulyatsiya modeli nasosning ishlashini boshqarish bilan jihozlangan birinchi ko'tarilish qismi uchun ishlab chiqilgan

Nasoslar tanlash va ularning samadorligini oshirish

Suv taqsimlash tizimlaridagi energetik qurilmalar ustida Cartin.G va boshqalar [11] tomonidan ish olib borilib, ushbu tadqiqotda 15 ta suv miqdori ko'p bo'lgan taqsimlash tizimini simulyatsiya qilish orqali o'zgaruvchan tezlikli nasoslarning iqtisodiy ko'rsatgichlari taxlil qilinadi. Ushbu ishda Birlashgan Millatlar Tashkilotining Barqarorlik Maqsadlari atrof-muhit ifloslanishini kamaytirish choralari ko'rishi maqsadi olingan.

Ushbu tadqiqot muammoga yechim beruvchi 15 xil real suv taqsimlash tizimlarda o'zgaruvchan tezlikli nasoslarni (VSP) modellash orqali simulyatsiya qiladi va harajatni oqlash muddatini tahlil qiladi. Har doim va barcha joylarda yetarli bosim cheklovini qondirgan holda, eng ko'p energiya tejash uchun nasos tezligining optimal sxemasini tanlash uchun algoritm kiritilgan. Aniqlanishicha, 15 ta tizimdan beshtasi VSP yordamida muvaffaqiyatsiz ishlagan, chunki VSP past tezlikda ishlaydi, bu esa odatdagidan pastroq bosimga olib keladi va shu bilan bosimning manfiy bo'lishiga olib keladi. Bundan tashqari, loyiha muddati va energiya xarajatlarini taqqoslaydigan yangi diagramma ishlab chiqilib, turli hududlarda turli loyiha mezonlarini aks ettirishi keltirilgan simulyatsiya jarayonida qo'llaniladigan nasos tezligini aniqlash algoritmi nasos tezligi talabga mutanosib bo'lishi kerak degan mantiqqa asoslangan edi. Chunki EPANET talabga asoslangan modellash yondashuvidan foydalanadi.

Suv taminoti tizimlarida ishlatiladigan nasoslarni parallel ishlatib suv tortish va ichimlik suvi taminotini taminlash jarayonini optimallashtirish X.Zhang va boshqalar [12] ishlab chiqishgan. Ushbu ishda ular suvni o'zgaruvchan tezlikli nasoslarga ma'lum bir o'rnatilgan chastotaga asoslangan parallel holda optimal rostlanuvchi nasoslardan foydalanishni ishlab chiqishadi. Ushbu ishda ular suvni zahiralovchi manba tuzilishini ishlab chiqib, so'ngra unga keluvchi suvning oqimini hisoblab chiqishgan. barcha parallel suv tortuvchi nasoslar guruhini umumiy optimallashtirish elektr energiyasi istemolini kamaytirish maqsad qilib olingan. Dinamik dasturlash algoritmi va optimallashtirish muammosini cheklovlar bilan hal qilish uchun algoritm qo'llaniladi. Eksperimental tadqiqotlar o'tkazilganda tartibga solish usulidagi natijalar 4.20% elektr-tejashga erishish mumkin deb ko'rsatadi.

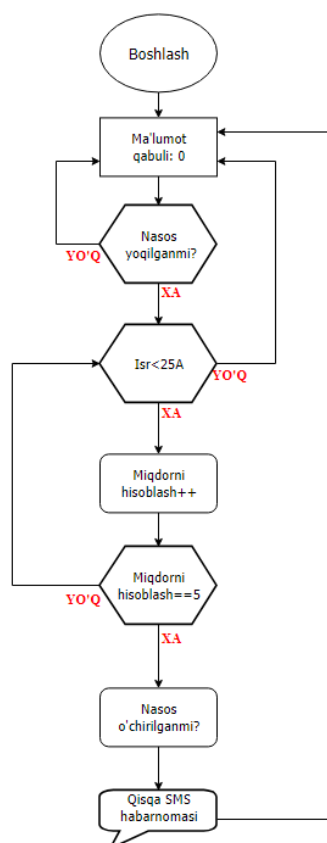
Muammolarni hisobga olgan holda, Qiang Gao [13] tomonidan parallel nasosli guruhlarining joriy yagona uslubli boshqaruv modeli faqat ish sharoitlari va operatsion xarajatlarning energiya samaradorligini optimallashtirishga qaratilgan va nasos guruhining real vaqt rejimida ish sharoitlarini keng qamrovli energiyaga muvofiq moslashtira olmasligini inobatga olib izlanishlar olib boradi. Natijada, nasos guruhining butun ish siklidagi samaradorlik holati va nasos guruhining ishlash strategiyasini shunga mos ravishda sozlash, nasos agregatining energiya samaradorligini ko'p maqsadli optimal boshqarish modeli taklif etiladi.

Ta'kidlash joizki, bu kabi nasos tizimlari va suv taminotini tizimlashtirishda asosiy elektr energiyasi istemolchisi bu elektr matorlaridir. Shunga asoslanib, energiya istemolini kamaytirish va tizimni optimallashtirishda matorlarning samaradorligi va to'g'ri ishlashini taminlash zaruriyatiga olib boradi. B.Paolo [14] o'zining izlanishlari davomida aynan hozirgi kundagi zamonaviy asinxron matorlarni samadorligini oshirishga yo'naltirilgan tadqiqotlar olib boradi. Unda barcha energiyani tejash usullari va tartiblari berib o'tilgan. Qolaversa, matorlarni uzoq muddat samarali ishlashi uchun sovutish tizimlari va ulanish usullarida ham o'zining izlanishlari natijalarini berib o'tgan.

Bugungi kundagi suv taminotining samadorligini oshirish uchun tizimda foydalaniluvchi matorlarni o'lchami va turini to'g'ri tanlash muhim ahamiyatga ega ekanligini K.Durmush va boshqalar [15] tomonidan yaratilgan energiya menejmenti va sanoatda energiya samaradorligini oshirish borasida olib borilgan ishlarida takidlab o'tishgan. Ushbu manbada nasoslarning turlari,

ularning ishlash jarayoni, energiya istemolini hisoblash bosqichlari, bugungi kundagi mavjud ishlatilib kelinayotgan katta va kichik turdagi nasoslarni energiya samadorligini oshirish uchun usul va hisoblashlar texnikalari, qonun-qoidalari atroflicha va tushunishga oson tartibda bayon etilgan.

Shuningdek M.Milasevich [16] va boshqalar tomonidan suv taminotida nasos stansiyalari boshqaruvi va diagnostikalarini Gibril modellarini ishlatilishini ishlab chiqishgan. Ushbu maqolada gibril modellarni qo'llashning ahamiyati va afzalliklari ko'rsatilgan. Suv ta'minoti tizimlarini nazorat qilishda ushbu ilmiy yondashuvda taqdim etilgan imkoniyatlar qatorida nosozlik diagnostikasi va nosozliklarga chidamli nazoratga oid amaliy misollarda keltirilgan nasos stantsiyasini boshqarish tizimlarini uzluksiz monitoring va qayd etish taqdim etiladi nasos stantsiyalarining ishlash jarayonlari ma'lumotlari (elektr quvvati kabi elektr parametrlari, quvurlardagi bosim yoki oqim, tanklardagi suv sathi, turli xil diskret holatlardagi o'zgarishlar va boshqalar) yordamida turli gibril modellarni ishlab chiqish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan muhim resurs bo'lishi mumkin bo'lgan tegishli "ma'lumotlarga asoslangan" texnikalar bilan ishlangan. Ushbu jarayon davomida ma'lumotlar almashinadi keyin esa axborot bilimga aylanadi. Ushbu bilimlarga asoslanib, nasos stansiyasi ishini boshqarish sezilarli darajada yaxshilanishi va foydalanuvchi qoniqishining sezilarli o'sishiga, texnik xizmat ko'rsatish va foydalanish xarajatlarini kamaytirish mumkin bo'ladi. Bularga 3-rasmdagi algaritmni misol tariqasida ko'rishimiz mumkin.



3-rasm. Nasos stansiyalari boshqaruvidagi nazorat algaritmi

Ushbu keltirilgan misoldagi kabi algaritmlardan foydalangan holda boshqaruv nazoratni takomillashtirish birmuncha osonlashadi deya olamiz. Bu kabi algaritmlarni tuzish orqali nasos stantsiyalarning ishga tushirilishi va ishlashdan to'xtatib qo'yilishini boshqarish birmuncha osonlik keltirishi bilan bir qatorda barcha tizimning silliq ishga tushishi va doimiy barqaror ishlab turishini

taminlaydi va bu ko'plab elektr energiya yo'qotilishini oldini oladi va tejaydi. Shu bilan bir qatorda stansiyalarda faoliyat yurituvchi nazorat hodimlari uchun ham birmuncha qulaylik va havfsizlik jihatidan yaxshi himolangan tizimda ishlash imkoniyatini yaratib beradi.

XULOSA

Ko'rib chiqilgan manbalarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, elektr energiyasi suv taminoti tizimida salmoqli quvvat istemoli va sarf-harajat talab qiladi. Bularni inobatga olgan holda energetik samarador tizimlarni tashkil qilishda bugungi kundagi axborot texnologiyalaridan foydalanish butun jamiyat uchun foydali bo'ladi. Shuningdek, suv taminotida energiya tejamkor tizimlar algaritmini qo'llash ham samarador usullardan biri bo'lishi mumkin. Buni tasdig'ini bugungi kundagi ko'plab rivojlangan davlatlarning suv taminoti tizimida ham ko'rishimiz mumkin. Aynan ularning taminot tizimlari yuqori darajadagi sifatli va iqtisodiy tejamkor tizimlardan foydalanishlari zahirida bugungi kundagi boshqaruv tizimini raqamalashtirish orqali ish jarayonidagi yuqori samadorlikka erishib kelinayotganini ko'rishimiz mumkin. Bundan xulosa qilib raqamli texnologilardan foydalanish orqali boshqa soxalar kabi suv taminotida ham salmoqli natijalarga erishishni o'z oldimizga maqsad qilib olsak bo'ladi. Xulosa qilib aytganda, boshqaruv tizimlarini inobatga olgan holda hudud joylashuvini moslashtirilib tizimlashtirish kearkli boshqaruv tizimini shakllantirish bilan birga nasoslarning ishlatilish usullarining maqbulini tanlash narcha nasos stansiyalarining energetik samaradorlikka erishishligi uchun maqbul yechim bo'lishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. G.Grigoras. Electrical Energy Consumption Forecasting to Improve Energy Efficiency of Water Distribution Systems. chapter 20. Springer International Publishing AG 2017 N. Bizon et al. (eds.), Energy Harvesting and Energy Efficiency, Lecture Notes in Energy 37, DOI 10.1007/978-3-319-49875-1_2
2. Cartina G (2000) Artificial intelligence modelling techniques in power system control. Model Optim Mach Build Field 254–257
3. Martin Delgad A (2012) Water footprint of electric power generation: modeling its use and analyzing options for a water-scarce future. Master of Science in Technology and Policy Thesis, Massachusetts Institute of Technology
4. Farley J, Gaddis E (2007) An ecological economic assessment. In: Restoring natural capital: science, business and practice. Island Press, Washington D.C.
5. Адаптивный энергосберегающий алгоритм управления для прибора зователей частоты привода насосов системы водоснабженияТаранов Дмитрий Михайлович. Научный журнал КубГАУ, №96(02), 2014 года УДК 621.873.01
6. Optimization of the operation of pumping systems and reservoirs of water distribution systems with emphasis in energy efficiency. Tuane Batista <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.3.81282> Vol. 15, No.3, 1337-1353
7. F.Shoazizov. Accounting for the energy efficiency of the operation of pumping equipment in the monitoring system of large pumping stations of the Republic of Uzbekistan
8. G. Abidov. Characteristics and Parameters of Pumping Stations Determining Energy-Saving Modes. Tashkent State Technical University.2023
9. S.Jasvant. Enhancement of Performance Parameters of Three Phase Induction Motor by Vector Control Methods. Department of Electrical Engineering, Kamla Nehru Institute of Technology, Sultanpur, U.P., India

10. G.Palkin. Simulation Modeling of First Rise Section of Water Supply System with Installed Complex of Automatic Pump Performance Control Transbaikal State University, 672039 Chita
11. Cartina G, Grigoras G, Bobric EC (2005) Clustering techniques in fuzzy modelling, Application in power systems. Venus Publishing House, Iasi
12. X.Zhang. An Optimal Regulation Method for Parallel Water-Intake Pump Group of Drinking Water Treatment Process. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China.
13. Qiang Gao. Optimal operation models and comparison of their energy-saving effects for large pumping station system”. Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering
14. Energy Efficiency in Motor Systems. P.Bertoldi. Proceedings of the 11th international Conference EEMODS'19
15. Energy Management and Energy Efficiency in Industry. Durmuş Kaya Fatma Çanka Kılıç Hasan Hüseyin Öztürk. Green Energy and Technology.AG 2021
16. M.Milasevich.Diagnostics and Control of Pumping Stations in Water Supply Systems: Hybrid Model for Fault Operating Modes. July 2022