NASOS STANSIYALARIDA SUV SATHIGA ASOSLANGAN SHLYUZNI AVTOMATIK BOSHQARISH TIZIMI

Jovliboyev Sherzod Erkin o‘g‘li
"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti talabasi
E-mail: sherzodjovliyev16@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada nasos stansiyalarida suv sathiga asoslangan holda shlyuzni avtomatik boshqarish tizimini ishlab chiqish masalasi ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi suv sathi o‘zgarishlariga mos ravishda shlyuzning ochilish va yopilish jarayonlarini avtomatlashtirish orqali tizim samaradorligini oshirish va inson omilini kamaytirishdan iborat.

Ish jarayonida suv sathini o‘lchovchi sensorlardan olingan ma’lumotlar asosida boshqaruv algoritmi ishlab chiqiladi. Ushbu algoritm suv sathi belgilangan chegaraviy qiymatlardan oshganda yoki kamayganda shlyuzni avtomatik ravishda boshqarishni ta’minlaydi. Natijada suv toshqinlarining oldini olish, nasos agregatlarining barqaror ishlashini ta’minlash hamda energiya samaradorligini oshirish imkoniyati yaratiladi.

Taklif etilgan tizim real vaqt rejimida ishlashga mo‘ljallangan bo‘lib, uni Arduino, PLC yoki boshqa mikrocontroller platformalarida amalga oshirish mumkin. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, avtomatik boshqaruv tizimi suv resurslaridan oqilona foydalanish va nasos stansiyalarining ishonchliligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: nasos stansiyasi, suv sathi, shlyuz, avtomatik boshqaruv, sensor, algoritm, real vaqt tizimi, suv oqimi, boshqaruv tizimi, monitoring.

Kirish

So‘nggi yillarda suv resurslaridan samarali foydalanish va nasos stansiyalarining ishonchli ishlashini ta’minlash muammosi dolzarb masalalardan biriga aylanmoqda. Aholi sonining ortishi, qishloq xo‘jaligi va sanoat ehtiyojlarining kengayishi natijasida suvni optimal boshqarish tizimlariga bo‘lgan talab keskin oshmoqda. Ayniqsa,

gidrotexnik inshootlar, jumladan, nasos stansiyalarida suv oqimini boshqarish jarayonlarini avtomatlashtirish muhim ahamiyat kasb etadi [1].

An’anaviy boshqaruv tizimlarida shlyuzlar ko‘pincha operator tomonidan qo‘lda boshqariladi, bu esa inson omiliga bog‘liqlikni oshiradi va tizimning umumiy samaradorligini pasaytiradi[2]. Bunday yondashuvda suv sathining keskin o‘zgarishlariga tezkor javob berish imkoniyati cheklangan bo‘lib, natijada suv toshqinlari, ortiqcha suv yo‘qotishlari yoki nasos agregatlarining noto‘g‘ri ishlashi kabi muammolar yuzaga kelishi mumkin [3].

Zamonaviy texnologiyalar, xususan sensorlar, mikrocontrollerlar va real vaqt monitoring tizimlarining rivojlanishi nasos stansiyalarida boshqaruv jarayonlarini avtomatlashtirish imkonini bermoqda. Suv sathini uzluksiz o‘lchash va tahlil qilish orqali shlyuzlarni optimal rejimda boshqarish mumkin bo‘lib, bu nafaqat tizim barqarorligini oshiradi, balki energiya sarfini kamaytirishga ham xizmat qiladi [4]. Shu sababli, suv sathiga asoslangan avtomatik boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Nasos stansiyalarida suv oqimini boshqarish jarayonining samaradorligi ko‘p jihatdan tizimning tezkorligi va aniqligiga bog‘liq. Suv sathining o‘zgarishi tashqi omillar — suv oqimi intensivligi, ob-havo sharoiti, iste’mol hajmi kabi faktorlar bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, bu jarayonni oldindan aniq prognoz qilish har doim ham oson emas. Shu sababli, an’anaviy qat’iy chegaralarga asoslangan boshqaruv usullari ko‘pincha yetarli darajada moslashuvchan bo‘la olmaydi va real sharoitda optimal natija bermaydi[2].

Bundan tashqari, mavjud tizimlarda suv sathini nazorat qilish va shlyuzlarni boshqarish o‘rtasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri integratsiya yetarli darajada rivojlanmagan. Ko‘pincha monitoring va boshqaruv alohida tizimlar sifatida ishlaydi, bu esa kechikishlarga, noto‘g‘ri qaror qabul qilinishiga va tizim samaradorligining pasayishiga olib keladi [3]. Ayniqsa, suv sathining keskin ko‘tarilishi yoki kamayishi holatlarida tezkor avtomatik boshqaruvning mavjud emasligi jiddiy texnik va iqtisodiy muammolarni keltirib chiqarishi mumkin.

Shu nuqtai nazardan, suv sathiga asoslangan holda shlyuzlarni avtomatik boshqarish tizimini ishlab chiqish ilmiy va amaliy jihatdan muhim hisoblanadi. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi — suv sathi ma’lumotlari asosida ishlaydigan, real vaqt rejimida qaror qabul qiluvchi va shlyuzning ochilish darajasini avtomatik ravishda moslashtiruvchi samarali boshqaruv algoritmini taklif etishdan iborat. Tadqiqot doirasida tizimning matematik modeli ishlab chiqiladi, boshqaruv algoritmi shakllantiriladi hamda uning ishlash samaradorligi tahlil qilinadi.

Usullar

Tizimning umumiy modeli va ishlash prinsipi - nasos stansiyalarida suv oqimini samarali boshqarish shlyuzlarning to‘g‘ri va o‘z vaqtida ochilib-yopilishiga bevosita bog‘liq. Shu nuqtai nazardan, suv sathiga asoslangan avtomatik boshqaruv tizimi gidrotexnik inshootlarning barqaror ishlashini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Taklif etilayotgan tizimning asosiy g‘oyasi — suv sathini uzluksiz monitoring qilish va olingan ma’lumotlarga asoslanib shlyuz holatini real vaqt rejimida boshqarishdan iborat[4].

Tizim funksional jihatdan uch asosiy qismdan tashkil topadi: o‘lchash (sensor qismi), qayta ishlash (boshqaruv bloki) va ijro mexanizmi (shlyuz aktuatori). O‘lchash qismida suv sathi maxsus sensorlar (ultratovush yoki bosim sensorlari) yordamida aniqlanadi. Ushbu ma’lumotlar analog yoki raqamli ko‘rinishda mikrokontrollerga uzatiladi. Qayta ishlash bosqichida sensor signallari filtrlanadi, tahlil qilinadi va boshqaruv algoritmi asosida qaror shakllantiriladi. Yakuniy bosqichda esa hosil qilingan boshqaruv signali aktuator orqali shlyuzga uzatiladi va uning ochilish darajasi o‘zgartiriladi.

Suv sathi tizimning asosiy kirish parametri bo‘lib, u vaqtga bog‘liq dinamik kattalik sifatida qaraladi:

$$H(t)$$

bu yerda: $H(t)$— vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi suv sathi. Ushbu parametr tashqi omillar (oqim tezligi, yog‘ingarchilik, iste’mol darajasi) ta’sirida uzluksiz o‘zgarib turadi.

Shlyuzning boshqaruv signali suv sathining me’yoriy qiymatdan og‘ishiga qarab aniqlanadi. Soddalashtirilgan chiziqli model quyidagicha ifodalanadi:

$$u(t) = k \cdot (H(t) - H_0)$$

bu yerda: $u(t)$— shlyuzning ochilish darajasi; k— tizim sezgirlik koeffitsienti; H_0— belgilangan optimal suv sathi.

Mazkur bog‘lanish shuni anglatadiki, agar suv sathi me’yoriy qiymatdan oshsa, shlyuz ochilish darajasi ortadi va ortiqcha suv chiqarib yuboriladi. Aksincha, suv sathi kamayganda shlyuz yopilib boradi, bu esa suvni ushlab turishga xizmat qiladi. Amaliy tizimlarda ushbu model chegaraviy shartlar bilan to‘ldiriladi, ya’ni shlyuz to‘liq ochiq yoki yopiq holatlarni ham qamrab oladi[6].

Tizimning ishlash prinsipi real vaqt rejimiga asoslangan bo‘lib, unda sensorlardan olingan ma’lumotlar uzluksiz ravishda yangilanadi va boshqaruv signali dinamik ravishda moslashtiriladi. Bu esa tizimning tezkorligini oshiradi, suv sathidagi keskin o‘zgarishlarga zudlik bilan javob berish imkonini yaratadi. Natijada nasos stansiyasining umumiy samaradorligi ortadi, ortiqcha energiya sarfi kamayadi va favqulodda holatlarning oldi olinadi.

Nasos stansiyalarida shlyuzni avtomatik boshqarish tizimining samaradorligi ko‘p jihatdan kiruvchi ma’lumotlarning aniqligi va ishonchliligiga bog‘liq. Shu sababli, suv sathini o‘lchash, ma’lumotlarni yig‘ish va ularni qayta ishlash jarayonlari metodologiyaning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Ushbu bosqichda asosiy vazifa — real vaqt rejimida minimal xatolik bilan suv sathining joriy qiymatini aniqlash va boshqaruv algoritmi uchun mos formatga keltirishdir[7].

Suv sathini o‘lchash uchun amaliy tizimlarda turli xil sensorlardan foydalaniladi. Ochiq suv havzalari va rezervuarlarda ko‘pincha ultratovush (ultrasonic) sensorlar qo‘llaniladi, ular signalning qaytish vaqtiga asoslanib masofani aniqlaydi. Yopiq tizimlarda esa bosim sensorlari orqali suv ustuni balandligi aniqlanadi. Sensorlardan olingan ma’lumotlar odatda shovqinli bo‘ladi, chunki tashqi muhit ta’siri, elektr xalaqitlar va o‘lchash xatoliklari mavjud.

O‘lchangan suv sathi quyidagi model orqali ifodalanadi:

$$H_{o'lchov}(t) = H_{haqiqiy}(t) + \varepsilon(t)$$

bu yerda: $H_{o'lchov}(t)$— sensor orqali olingan qiymat; $H_{haqiqiy}(t)$— real suv sathi; $\varepsilon(t)$— tasodifiy xatolik (shovqin).

Mazkur xatoliklarni kamaytirish va signalni silliqlash maqsadida raqamli filtratsiya usullari qo‘llaniladi. Eng sodda va amaliy usullardan biri — harakatlanuvchi o‘rtacha (moving average) filtri bo‘lib, u quyidagicha ifodalanadi[8]:

$$H_{filtr}(t) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} H_i$$

bu yerda: n— namunalar soni; H_i— ketma-ket o‘lchovlar.

Filtrlash natijasida signalning tasodifiy tebranishlari kamayadi va boshqaruv algoritmi uchun yanada barqaror kirish signali hosil bo‘ladi. Bu esa noto‘g‘ri qaror qabul qilish ehtimolini sezilarli darajada kamaytiradi.

Ma’lumotlarni yig‘ish jarayoni mikrokontroller yoki PLC qurilmalari yordamida amalga oshiriladi. Sensorlardan kelayotgan analog signal analog-raqamli o‘zgartirgich (ADC) orqali raqamlashtiriladi va dasturiy ta’minot yordamida qayta ishlanadi. Tizimda ma’lumotlarni yangilash chastotasi (sampling rate) muhim parametr bo‘lib, u tizimning tezkorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Juda past chastota tizimning sekin ishlashiga olib keladi, juda yuqori chastota esa ortiqcha hisoblash yukini keltirib chiqaradi[9].

Quyidagi jadvalda tizimda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan asosiy sensorlar va ularning xususiyatlari keltirilgan:

1-jadval

Sensorlar va ularning texnik ko‘rsatkichlari

№	Sensor turi	O‘lchov prinsipi	Aniqlik	Afzalliklari	Qo‘llanilish sohasi
1	Ultratovush sensor	Signal qaytish vaqti	±1–2 sm	Kontakt yo‘q, oddiy	Ochiq suv havzalari
2	Bosim sensori	Gidrostatik bosim	±0.25–0.5%	Yuqori aniqlik	Yopiq tizimlar
3	Float (suzuvchi)	Mexanik kontakt	Diskret	Arzon, ishonchli	Oddiy nazorat tizimlari

Yuqoridagi metodlar asosida suv sathi haqidagi ma’lumotlar yuqori aniqlik bilan aniqlanadi va keyingi bosqich — boshqaruv algoritmini shakllantirish uchun uzatiladi. Shu tarzda, tizimning umumiy barqarorligi va boshqaruv sifati sezilarli darajada yaxshilanadi.

Shlyuzni avtomatik boshqarish algoritmi:

Nasos stansiyalarida shlyuzni avtomatik boshqarish jarayoni suv sathi haqidagi ma’lumotlarga asoslangan holda qaror qabul qilish va ijro mexanizmini boshqarishdan iborat. Ushbu jarayon real vaqt rejimida ishlaydi va tizimning asosiy maqsadi — suv sathini belgilangan chegaralarda ushlab turishdir. Shu sababli boshqaruv algoritmi sodda, tezkor va ishonchli bo‘lishi talab etiladi[10].

Taklif etilayotgan algoritm chegara qiymatlariga asoslangan boshqaruv prinsipiga tayanadi. Ya’ni, suv sathi oldindan belgilangan minimal va maksimal qiymatlar bilan solishtiriladi va shlyuzning holati shu asosda aniqlanadi. Bunday yondashuv amaliy tizimlarda keng qo‘llaniladi, chunki u hisoblash jihatdan sodda va real vaqt tizimlari uchun mos keladi[11].

Suv sathiga qarab boshqaruv qarori quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{cases} u(t) = 1, & H(t) > H_{max} \\ u(t) = 0, & H(t) < H_{min} \end{cases}$$

bu yerda: $u(t)$— boshqaruv signali (1 — shlyuz ochiq, 0 — yopiq); $H(t)$— joriy suv sathi; H_{max}, H_{min}— mos ravishda yuqori va quyi chegaralar.

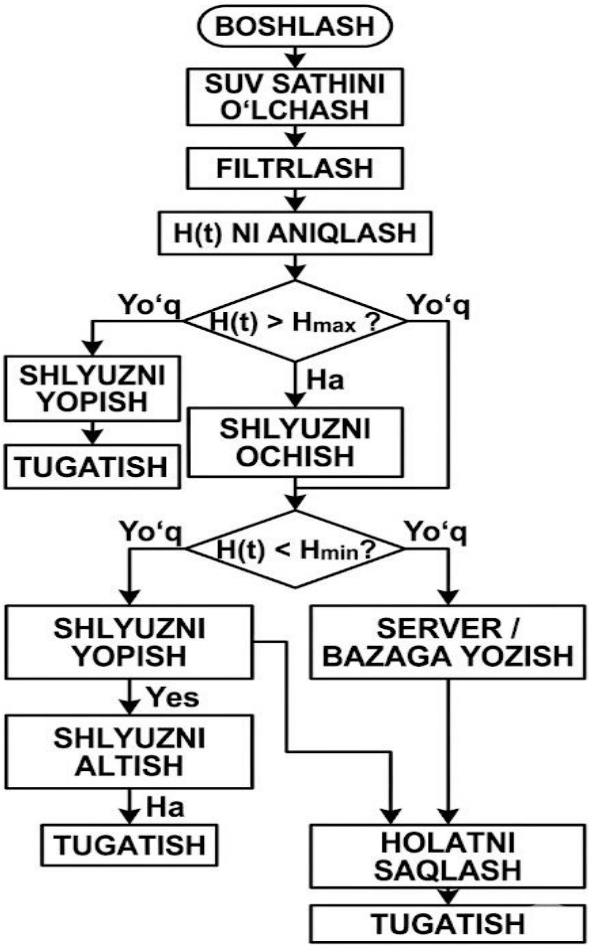
Mazkur modelning afzalligi uning soddaligida bo‘lsa-da, amaliyotda tizimni yanada barqaror qilish uchun oraliq zona (gisterezis) kiritiladi. Bu esa shlyuzning tez-tez ochilib-yopilib ketishini (chattering effektini) oldini oladi. Gisterezisli boshqaruv quyidagicha ifodalanadi:

$$\begin{cases} u(t) = 1, & H(t) > H_{max} \\ u(t) = u(t-1), & H_{min} \le H(t) \le H_{max} \\ u(t) = 0, & H(t) < H_{min} \end{cases}$$

ushbu yondashuv tizimning barqaror ishlashini ta’minlaydi va ortiqcha mexanik yuklanishlarning oldini oladi.

Algoritmning umumiy ishlash ketma-ketligi quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Suv sathi sensori orqali joriy qiymatni o‘lchash
2. Olingan signalni filtrdan o‘tkazish
3. Filtrlangan qiymatni chegaraviy qiymatlar bilan taqqoslash
4. Boshqaruv qarorini shakllantirish
5. Shlyuz aktuatoriga signal uzatish



1-rasm. Algoritmning blok-sxemasi

2-jadval

Algoritm parametrlari jadvali

Parametr	Belgilanish	Tavsifi
Suv sathi	$H(t)$	Joriy o‘lchangan qiymat
Yuqori chegara	H_{max}	Maksimal ruxsat etilgan sath
Pastki chegara	H_{min}	Minimal ruxsat etilgan sath
Boshqaruv	$u(t)$	Shlyuz holati (0 yoki 1)

Taklif etilgan boshqaruv algoritmi suv sathiga asoslangan holda shlyuzni avtomatik boshqarish imkonini beradi. Gisterezis mexanizmi yordamida tizimning

barqarorligi oshiriladi va ortiqcha ishlash sikllari kamaytiriladi. Ushbu yondashuv real vaqt tizimlari uchun samarali va amaliy jihatdan qulay hisoblanadi.

Natijalar

Taklif etilgan suv sathiga asoslangan shlyuzni avtomatik boshqarish tizimini baholash maqsadida tajriba modellashtirish usuli orqali o‘rganildi. Tizimning ishlash samaradorligini aniqlash uchun suv sathi vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi parametr sifatida qaraldi va turli holatlar (sath oshishi, kamayishi va barqaror holat) simulyatsiya qilindi.

Suv sathining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi quyidagi tenglama orqali ifodalandi:

$$H(t) = H_0 + A\sin(\omega t)$$

bu yerda: H_0— o‘rtacha suv sathi; A— tebranish amplitudasi; ω— burchak tezlik.

Mazkur model real sharoitdagi suv sathining davriy o‘zgarishlarini (masalan, suv oqimining o‘zgarishi yoki tashqi ta’sirlar) ifodalash uchun qo‘llanildi.

Tizimning ishlash sifatini baholash uchun boshqaruv xatoligi aniqlanadi. U quyidagicha ifodalanadi:

$$e(t) = H(t) - H_{ref}$$

bu yerda: $e(t)$— boshqaruv xatoligi; H_{ref}— talab etilgan (me’yoriy) suv sathi.

Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, avtomatik boshqaruv tizimi suv sathini belgilangan diapazonda ushlab turishga muvaffaq bo‘ladi. Ayniqsa, gisterezis qo‘llanilganda tizimning tebranishlari kamaydi va shlyuzning ortiqcha ochilib-yopilishi sezilarli darajada kamaydi.

3-jadval

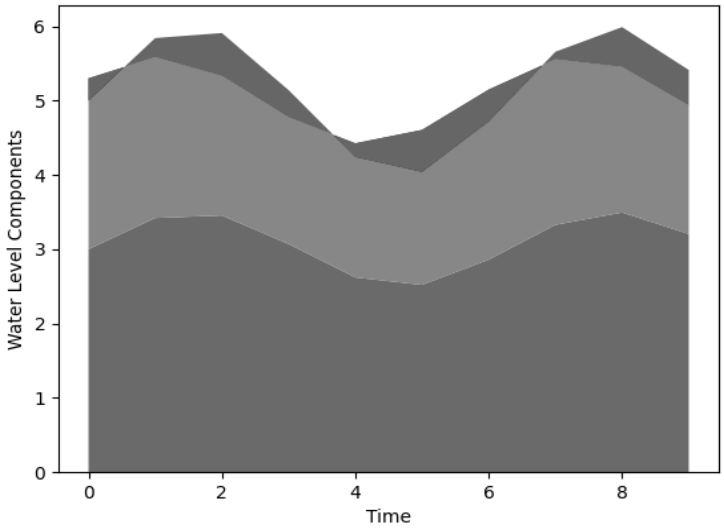
Tajriba natijalari jadvali

Vaqt (t)	Suv sathi $H(t)$	Holat (H vs chegara)	Shlyuz holati $u(t)$	Xatolik $e(t)$
0	5.0	Normal	0	0.0
1	5.8	$> H_{max}$	1 (ochiq)	+0.8
2	6.2	$> H_{max}$	1 (ochiq)	+1.2
3	5.5	Normal	1	+0.5
4	4.8	$< H_{min}$	0 (yopiq)	-0.2
5	4.5	$< H_{min}$	0 (yopiq)	-0.5

Natijalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, tizim suv sathining kritik qiymatlardan chiqib ketishiga tezkor javob beradi. Suv sathi H_{max}dan oshgan holatda shlyuz ochilib,

ortiqcha suv chiqariladi, aksincha H_{min}dan pastga tushganda esa yopiladi. Shu bilan birga, oraliq diapazonda tizim oldingi holatini saqlab qoladi, bu esa boshqaruv barqarorligini ta’minlaydi.

Taklif etilgan modelning yana bir muhim afzalligi — boshqaruv xatoligining kichik qiymatlarda ushlab turilishidir. Bu esa tizimning aniqligi va samaradorligini oshiradi hamda nasos stansiyasining optimal ishlash rejimini ta’minlaydi.



1-rasm. Natijalarni grafik tahlili va diagramma asosida baholash

Tizim samaradorligini yanada chuqurroq baholash uchun olingan natijalar grafik (diagramma) ko‘rinishida tahlil qilindi. Diagrammada vaqt bo‘yicha suv sathi o‘zgarishi, shuningdek, shlyuz boshqaruvi natijasida yuzaga kelgan dinamik holatlar aks ettiriladi. Ushbu turdagi vizualizatsiya tizimning ishlash jarayonini intuitiv tarzda tushunish imkonini beradi.

Grafik tahlilda suv sathi bir nechta komponentlar yig‘indisi sifatida qaraladi, ya’ni tashqi ta’sirlar, oqim o‘zgarishi va boshqaruv natijasi birgalikda umumiy holatni shakllantiradi. Bu quyidagicha ifodalanadi:

$$H(t) = H_{kirish}(t) - H_{chiqish}(t) + \Delta H(t)$$

bu yerda: $H_{kirish}(t)$— tizimga kirayotgan suv oqimi; $H_{chiqish}(t)$— shlyuz orqali chiqayotgan suv; $\Delta H(t)$— tashqi ta’sirlar (yomg‘ir, bug‘lanish va boshqalar).

Diagrammadan ko‘rinib turibdiki, avtomatik boshqaruv tizimi mavjud bo‘lgan holatda suv sathining keskin o‘zgarishlari silliqlanadi. Ayniqsa, shlyuzning o‘z vaqtida ochilishi ortiqcha suvning chiqarib yuborilishini ta’minlaydi va tizimni kritik

holatlardan himoya qiladi. Aksincha, suv sathi pasaygan paytda shlyuz yopilib, suv resurslari saqlab qolinadi.

Tahlil natijalari quyidagi muhim xulosalarni ko‘rsatdi:

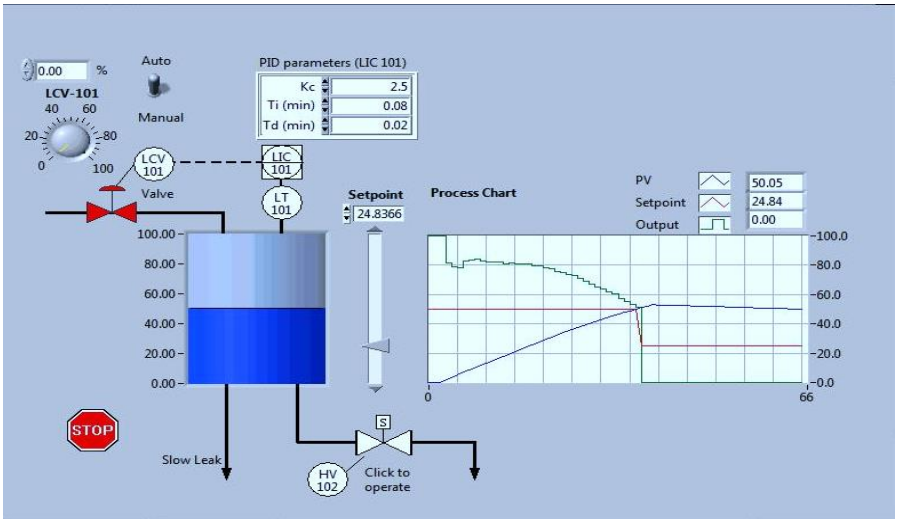
- Suv sathi tebranish amplitudasi kamaydi
- Boshqaruv tizimi kechikishsiz (real vaqtga yaqin) ishladi
- Shlyuzning ortiqcha ochilib-yopilishi kamaydi (gisterezis tufayli)
- Tizim barqaror holatga tez qaytdi

3-jadval

Grafik asosida tahlil jadvali

Ko‘rsatkich	Avtomatik boshqaruvsiz	Avtomatik boshqaruv bilan
Maksimal suv sathi	Yuqori (kritik)	Me’yor ichida
Tebranish amplitudasi	Katta	Kamaygan
Tizim reaksiyasi	Sekin	Tez
Barqarorlashish vaqti	Uzoq	Qisqa
Energiya samaradorligi	Past	Yuqori

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, suv sathiga asoslangan shlyuzni avtomatik boshqarish tizimi nafaqat texnologik jarayonlarni optimallashtiradi, balki gidrotexnik inshootlarning xavfsizligini ham sezilarli darajada oshiradi. Diagramma asosidagi tahlil tizimning real sharoitlarda samarali ishlashini tasdiqlaydi va uni amaliyotga joriy etish maqsadga muvofiqligini ko‘rsatadi.



2-rasm. Suv sathi komponentlarining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi va shlyuzni avtomatik boshqarish natijasida tizim dinamikasining barqarorlashuvi.

Diagrammada suv sathining tarkibiy qismlari — kirish oqimi, chiqish oqimi va umumiy balans ko‘rsatilgan. Grafikdan ko‘rinadiki, boshqaruv tizimi mavjud bo‘lgan holatda suv sathi keskin o‘zgarishlarga qaramay barqaror diapazonda ushlab turiladi.

Tizimning dinamik xususiyatlarini chuqurroq baholash uchun suv hajmi balans tenglamasi ham ko‘rib chiqildi:

$$\frac{dV(t)}{dt} = Q_{in}(t) - Q_{out}(t)$$

bu yerda: $V(t)$— suv hajmi; $Q_{in}(t)$— kiruvchi oqim; $Q_{out}(t)$— shlyuz orqali chiqayotgan oqim.

Suv sathi va hajm orasidagi bog‘lanish:

$$H(t) = \frac{V(t)}{S}$$

bu yerda: S— rezervuar yuzasi.

Tahlil (ilmiy izoh)

Grafik natijalardan quyidagi muhim jihatlar aniqlandi:

- Barqarorlik (Stability) - Avtomatik boshqaruv mavjud bo‘lganda tizim tezda muvozanat holatiga qaytadi.
- Dinamik javob (Dynamic response) - Shlyuz boshqaruvi oqimni tez moslashtiradi, bu esa suv sathi ortiqcha oshib ketishini oldini oladi.
- Tebranishlarni kamaytirish - Gisterezis va filtratsiya natijasida signal silliqlanadi.
- Energiya samaradorligi - Shlyuz faqat zarur holatlarda ishlaydi → ortiqcha harakat yo‘q → energiya tejaydi.

Qo‘shimcha matematik baholash (barqarorlik mezoni):

Tizim barqaror ishlashi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$| H(t) - H_{ref} | < \delta$$

bu yerda: δ— ruxsat etilgan og‘ish (toleransiya).

Diagramma asosida olib borilgan tahlil shuni ko‘rsatadiki, taklif etilgan avtomatik boshqaruv tizimi:

- suv sathini optimal diapazonda ushlab turadi

- tizimning dinamik javob tezligini oshiradi
- ortiqcha tebranishlarni kamaytiradi
- amaliy jihatdan ishonchli va samarali hisoblanadi

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, avtomatik shlyuz boshqaruvi suv sathini barqaror diapazonda ushlab turadi, tizimning tezkorligini oshiradi va ortiqcha tebranishlarni kamaytiradi.

Muhokama

Mazkur tadqiqotda taklif etilgan suv sathiga asoslangan shlyuzni avtomatik boshqarish tizimi nasos stansiyalarida gidravlik jarayonlarni barqarorlashtirish va boshqaruv samaradorligini oshirish nuqtai nazaridan muhim natijalarni ko‘rsatdi. Olingan natijalar shuni tasdiqlaydiki, avtomatik boshqaruv yondashuvi an’anaviy qo‘lda boshqaruvga nisbatan ancha yuqori aniqlik va tezkorlikni ta’minlaydi.

Tizimning asosiy ustunliklaridan biri — uning real vaqt rejimida ishlashi va suv sathi o‘zgarishlariga darhol moslashish qobiliyatidir. Diagramma va matematik modellashtirish natijalari shuni ko‘rsatdiki, boshqaruv algoritmi suv sathining kritik chegaralardan chiqib ketishining oldini oladi va tizimni optimal ish rejimida ushlab turadi. Ayniqsa, gisterezis mexanizmining qo‘llanilishi shlyuzning ortiqcha ochilib-yopilishlarini kamaytirib, mexanik qismlarning xizmat muddatini uzaytirishga xizmat qiladi.

Boshqa tomondan, tizimning soddalashtirilgan chegara asosidagi algoritmi hisoblash jihatdan samarali bo‘lsa-da, ayrim murakkab gidravlik sharoitlarda uning moslashuvchanligi cheklanishi mumkin. Masalan, suv oqimi keskin va noaniq o‘zgaradigan holatlarda chiziqli model barcha dinamik jarayonlarni to‘liq aks ettirmasligi ehtimoli mavjud. Shu sababli, kelgusida tizimni yanada takomillashtirish uchun adaptiv boshqaruv, fuzzy logic yoki mashinali o‘rganish usullarini qo‘llash maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Shuningdek, sensorlardan olinadigan ma’lumotlarning aniqligi tizim samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Agar o‘lchovlarda katta xatoliklar yuzaga kelsa, noto‘g‘ri boshqaruv qarorlari qabul qilinishi mumkin. Shu bois signalni filtratsiya qilish va kalibrlash jarayonlariga alohida e’tibor qaratish zarur.

Umuman olganda, taklif etilgan avtomatik boshqaruv tizimi nasos stansiyalarida suv resurslaridan samarali foydalanish, xavfsizlikni oshirish va energiya tejamkorligini ta’minlash uchun samarali yechim hisoblanadi. Tadqiqot natijalari ushbu yondashuvni amaliy tizimlarga joriy etish mumkinligini ko‘rsatadi va kelgusida yanada murakkab intellektual boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Xulasa

Mazkur maqolada nasos stansiyalarida suv sathiga asoslangan shlyuzni avtomatik boshqarish tizimi ishlab chiqildi va tahlil qilindi. Taklif etilgan yondashuv suv sathini uzluksiz monitoring qilish hamda belgilangan chegaraviy qiymatlar asosida shlyuzni real vaqt rejimida boshqarishga imkon beradi.

Olib borilgan modellashtirish va tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, avtomatik boshqaruv tizimi suv sathini barqaror diapazonda ushlab turadi, tizimning tezkorligini oshiradi va ortiqcha tebranishlarni kamaytiradi. Gisterezis mexanizmining qo‘llanilishi boshqaruv jarayonining barqarorligini ta’minlab, shlyuzning ortiqcha ishlashini oldini oladi hamda mexanik elementlarning xizmat muddatini uzaytiradi.

Shuningdek, tizimning amaliy afzalliklari sifatida inson omilining kamayishi, energiya samaradorligining oshishi va favqulodda holatlarning oldini olish imkoniyati qayd etildi. Ushbu natijalar taklif etilgan tizimni real nasos stansiyalarida qo‘llash maqsadga muvofiqligini ko‘rsatadi.

Kelgusida tadqiqotni rivojlantirish doirasida adaptiv boshqaruv algoritmlari, sun’iy intellekt usullari hamda ko‘p parametrli monitoring tizimlarini integratsiya qilish orqali tizim samaradorligini yanada oshirish mumkin.

Adabiyotlar

1. Gülich J. F. Centrifugal Pumps. – 3rd ed. – Berlin: Springer, 2019.
2. Karassik I. J., Messina J. P., Cooper P., Heald C. Pump Handbook. – 4th ed. – New York: McGraw-Hill, 2008.
3. Stepanoff A. J. Centrifugal and Axial Flow Pumps: Theory, Design, and Application. – New York: John Wiley & Sons, 2017.
4. Brennen C. E. Hydrodynamics of Pumps. – Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

5. Chaudhry M. H. Applied Hydraulic Transients. – 3rd ed. – New York: Springer, 2014.

6. Li W., Ding S. X., Yang Z. Data-driven design of fault diagnosis systems for industrial processes // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2017. – Vol. 64, No. 9. – P. 7313–7322.

7. Åström K. J., Murray R. M. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers. – Princeton: Princeton University Press, 2008.

8. Dorf R. C., Bishop R. H. Modern Control Systems. – 13th ed. – Boston: Pearson, 2017.

9. Ogata K. Modern Control Engineering. – 5th ed. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.

10. Seborg D. E., Edgar T. F., Mellichamp D. A., Doyle F. J. Process Dynamics and Control. – 3rd ed. – New York: Wiley, 2011.

11. Bentley J. P. Principles of Measurement Systems. – 4th ed. – London: Pearson Education, 2005.

12. Fraden J. Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications. – 5th ed. – Cham: Springer, 2016.

13. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. – 2nd ed. – Cham: Springer, 2022.

14. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing. – 4th ed. – Pearson, 2018.