



Chigitli paxtani quritish jarayonining harorat-namlik rejimini fuzzy-PID rostlagich asosida boshqarish

Maxamadaminov Muzaffar Muxtor o'g'li

Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti, mustaqil izlanuvchi

Maxkamova Shoira Faxritdinovna

<https://orcid.org/0000-0001-6688-5065>

shoira-0218@mail.ru

Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti, PhD, dotsent

ANNOTATSIYA

Maqolada chigitli paxta xomashyosini quritish jarayonining harorat-namlik rejimini boshqarish uchun fuzzy-PID rostlagichga asoslangan adaptiv boshqarish tizimini shakllantirish masalalari ko'rib chiqilgan. Quritish obyekti boshlang'ich namlik, quritish agentining harorati va sarfi, xomashyo sarfi, tashqi muhit parametrlari hamda texnologik kechikishlar ta'sir qiladigan ko'p omilli, nochiziqli va inersion obyekti sifatida qaralgan. Klassik PID-rostlagichning o'zgaras sozlamalari obyekti parametrlari o'zgarganda boshqarish sifatini pasaytirishi mumkinligi asoslangan. Rostlash xatoligi e va uning o'zgarishi Δe asosida K_p , K_i va K_d koeffitsientlarini real vaqt rejimida tuzatadigan noaniq mantiqiy supervizor taklif etilgan. Kirish va chiqish lingvistik o'zgaruvchilari, tegishlilik funksiyalari, 49 ta qoidali baza va Mamdani xulosalash algoritmini shakllantirish tamoyillari berilgan. Taklif etilgan struktura paxta namligi va texnologik yuklama o'zgarganda rostlagich parametrlarini moslashtirish, chiqish namligini berilgan qiymat atrofida barqarorlashtirish va an'anaviy PID tizimiga nisbatan boshqarishning moslashuvchanligini oshirish uchun nazariy asos yaratadi.

Kalit so'zlar:

paxta xomashyosi, quritish, namlik, fuzzy-mantiq, PID-rostlagich, adaptiv boshqarish, harorat, avtomatik boshqarish.

Управление температурно-влажностным режимом процесса сушки хлопка-сырца на основе нечеткого ПИД-регулятора

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена структура адаптивной системы управления температурно-влажностным режимом сушки хлопка-сырца на основе fuzzy-PID-регулятора. Процесс сушки представлен как многопараметрический нелинейный и инерционный объект, подверженный изменению исходной влажности, расхода сырья, температуры и расхода сушильного агента. Предложен нечеткий супервизор, корректирующий коэффициенты K_p , K_i и K_d по ошибке регулирования и скорости ее изменения. Сформированы лингвистические переменные, функции принадлежности и принципы построения базы из 49 правил с использованием алгоритма Мамдани. Разработанная структура создает основу для адаптации регулятора к изменяющимся режимам сушки без необходимости фиксировать параметры PID для единственной рабочей точки.

Ключевые слова:

хлопковое сырьё, сушка, влажность, нечёткая логика, fuzzy-PID, адаптивное управление, температура.



Control of the temperature and humidity regime of the seed cotton drying process based on a fuzzy PID controller

ABSTRACT

An adaptive control structure for the temperature-moisture regime of raw cotton drying based on a fuzzy-PID controller is considered. The drying process is treated as a multivariable nonlinear inertial plant affected by changes in initial moisture, cotton flow rate, drying-agent temperature and flow rate. A fuzzy supervisor is proposed to update K_p , K_i and K_d online using the control error and its rate of change. Linguistic variables, membership functions and principles for a 49-rule Mamdani inference base are formulated. The proposed structure provides a theoretical basis for adapting the controller to varying drying conditions and stabilizing the outlet moisture content around its set point.

Key words:

raw cotton, drying, moisture content, fuzzy logic, PID controller, adaptive control, temperature.

KIRISH

Chigitli paxta xomashyosini dastlabki qayta ishlashda quritish keyingi tozalash va jinlash jarayonlarining barqarorligi bilan bevosita bog'liq bo'lgan muhim texnologik bosqichdir. Namlikning ortiqcha bo'lishi xomashyoning texnologik organlar bilan o'zaro ta'sirini murakkablashtiradi, juda past namlik esa tolaga mexanik ta'sirning salbiy oqibatlarini kuchaytirishi mumkin. Shu sababli quritish tizimining vazifasi maksimal issiqlik berish emas, balki chiqish namligini texnologik talab etilgan diapazonda barqaror ushlab turishdan iborat [1, 2].

Paxta quritish jarayoni uchun issiqlik va massa almashinuvi asosidagi modellar tolalar va chigitlarning harorat hamda namlik o'zgarishini alohida hisobga olish zarurligini ko'rsatadi [3]. Amaliy boshqarishda esa boshlang'ich namlik, xomashyo sarfi, quritish agenti parametrlari va transport kechikishlarining o'zgarishi sababli obyektning dinamik xususiyatlari doimiy bo'lib qolmaydi. Shu jihatdan klassik PID-rostlagichning bitta ish nuqtasida tanlangan parametrlaridan foydalanish barcha rejimlarda bir xil sifatni kafolatlamaydi.

Noaniq mantiq aniq matematik tavsifi qiyin bo'lgan, ammo operator yoki ekspert tajribasi mavjud obyektlarni boshqarish uchun qulay apparat hisoblanadi. Murakkab texnologik obyektlarda intellektual boshqarish usullari, jumladan noaniq mantiq va neyron tarmoqlardan foydalanish obyekt haqidagi axborot to'liq bo'lmagan sharoitlarda boshqarish masalalarini shakllantirish imkonini beradi [11, 12]. Zadeh tomonidan lingvistik o'zgaruvchi tushunchasining kiritilishi [4] va Mamdani tomonidan noaniq algoritmning dinamik obyektga qo'llanishi [5] fuzzy-boshqarishning nazariy asosini yaratdi. Quritish texnologiyalariga oid zamonaviy sharhlarda fuzzy-mantiq modellashtirish, klassifikatsiya, boshqarish va optimallashtirish masalalarida istiqbolli ekani qayd etilgan [6].

Chigitli paxta xomashyosini quritishda fuzzy-PID va neyron tarmoq yondashuvlarini qo'llash bo'yicha ishlar ham mavjud. Xususan, chigitli paxtani quritishda boshlang'ich va maqsad namlikdan kelib chiqib issiq havo haroratini aniqlash hamda fuzzy-PID yordamida issiqlik manbai klapanini boshqarish taklif etilgan [7]. O'zbekiston tadqiqotlarida esa paxta quritish jarayoni uchun noaniq-mantiqiy va neyron tarmoqli modellarni shakllantirish masalalari o'rganilgan [8, 9].

Tadqiqotning maqsadi – paxta xomashyosini quritish jarayonining o'zgaruvchan ish sharoitlarida chiqish namligini barqarorlashtirish uchun fuzzy-PID rostlagich asosidagi adaptiv boshqarish strukturasini ishlab chiqish va uning algoritmik elementlarini asoslash.

Boshqarish obyekti va masalaning qo'yilishi. Quritish obyekti kirishida paxtaning boshlang'ich namligi W_{in} va xomashyo sarfi G_c , energetik kanal bo'yicha quritish agentining harorati T_a hamda sarfi G_a shakllanadi. Chiqishdagi asosiy boshqariladigan kattalik W_{out} – quritilgan



paxtaning namligi. Boshqaruvchi ta'sir sifatida issiqlik manbai klapani yoki quritish agenti haroratini belgilovchi ijro mexanizmi signali u qabul qilinadi.

$$W_{out} = F(W_{in}, T_a, G_a, G_c, \tau, \xi),$$

bu yerda τ – quritish zonasidagi ekvivalent kechikish yoki bo'lish vaqti; ξ – nazorat qilinmaydigan g'alayonlar majmuasi. Bunday yozuv obyektning ko'p omilli va vaqt bo'yicha o'zgaruvchan xususiyatini aks ettiradi.

$$e(k) = W_{set} - W_{out}(k),$$

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k-1)$$

Boshqarish maqsadi $e(k) \rightarrow 0$ shartini ta'minlash, shu bilan birga o'tish jarayonidagi ortiqcha rostlanish va boshqaruvchi ta'sirning keskin o'zgarishini cheklashdan iborat.

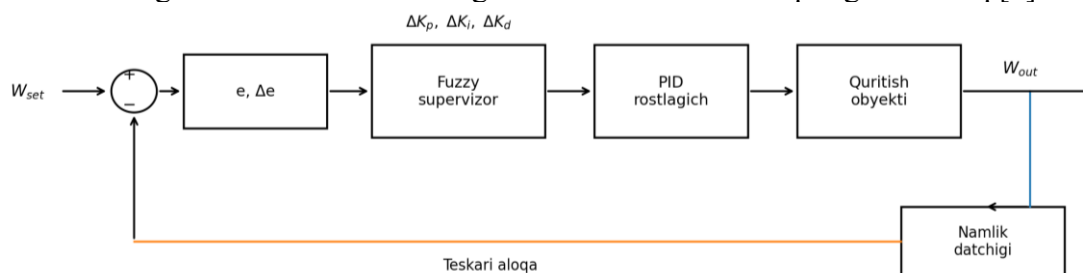
Fuzzy-PID rostlagichning tuzilishi. Klassik PID boshqarish qonuni proporsional, integral va differensial tashkil etuvchilardan tuziladi:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t)dt + K_d \cdot de(t)/dt$$

O'zgaras K_p , K_i va K_d koeffitsientlari ma'lum ish rejimida yaxshi natija berishi mumkin, biroq paxta namligi yoki xomashyo sarfi sezilarli o'zgarganda ularni qayta sozlash talab qilinadi. Taklif etilayotgan tizimda fuzzy-blok PID-rostlagichning o'rnini bosmaydi, balki uning parametrlarini onlayn ravishda tuzatadigan supervizor vazifasini bajaradi:

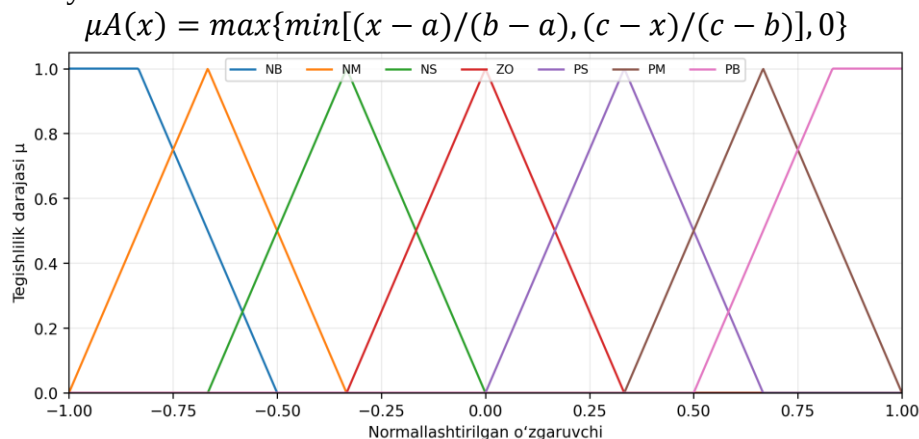
$$K_p = K_{p0} + \Delta K_p; K_i = K_{i0} + \Delta K_i; K_d = K_{d0} + \Delta K_d$$

Fuzzy-blokning kirishlari sifatida normallashtirilgan xatolik E va uning o'zgarishi EC , chiqishlari sifatida esa ΔK_p , ΔK_i va ΔK_d qabul qilinadi. Bunday arxitektura paxta quritishidagi katta kechikish va o'zgaruvchan ish sharoitlariga moslashish uchun maqsadga muvofiq [7].



1-rasm. Paxta xomashyosini quritish uchun taklif etilayotgan fuzzy-PID boshqarish tizimining funksional strukturasi

Lingvistik o'zgaruvchilar va tegishlilik funksiyalari. E va EC o'zgaruvchilari uchun yettita lingvistik qiymat qabul qilindi: NB – katta manfiy, NM – o'rta manfiy, NS – kichik manfiy, ZO – nolga yaqin, PS – kichik musbat, PM – o'rta musbat, PB – katta musbat. Normallashtirish intervali $[-1; 1]$ sifatida olinadi. Chekka sohalarda trapetsiyasimon, ichki sohalarda uchburchak tegishlilik funksiyalaridan foydalanish mumkin.



2-rasm. E va EC uchun yetti darajali tegishlilik funksiyalarining normallashtirilgan ko'rinishi



Noaniq qoidalar bazasini shakllantirish. Mamdani tipidagi xulosalash uchun E va EC ning 7×7 kombinatsiyasi bo'yicha 49 ta qoida shakllantiriladi. Qoidalar PID parametrlarining uchta asosiy vazifasini muvofiqlashtiradi: katta xatolikda tezkorlikni oshirish, maqsad qiymatiga yaqinlashganda ortiqcha rostlanishni cheklash va kichik statik xatolikda integral ta'sirni kuchaytirish.

1-jadval

ΔK_p ni shakllantirish uchun namunaviy 49 qoidali matritsa

E/EC	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PM	PS	ZO	ZO
NM	PB	PB	PM	PS	PS	ZO	NS
NS	PM	PM	PM	PS	ZO	NS	NS
ZO	PM	PM	PS	ZO	NS	NM	NM
PS	PS	PS	ZO	NS	NS	NM	NM
PM	PS	ZO	NS	NM	NM	NM	NB
PB	ZO	ZO	NM	NM	NM	NB	NB

Masalan, $E = PB$ va $EC = PS$ bo'lsa, chiqish namligi berilgan qiymatdan sezilarli og'gan va xatolikning yo'nalishi ham noqulay ekanini bildiradi; bunda proporsional ta'sirni kuchaytirish maqsadga muvofiq. E nolga yaqinlashganda esa K_p ning ortiqcha oshirilishi tebranishlarni kuchaytirishi mumkin, shu sababli qoidalar bazasi yumshoqroq boshqaruvga o'tadi. ΔK_i va ΔK_d uchun ham xuddi shu prinsipda alohida 49 tadan qoidalar bazasi tuziladi.

Fazzifikatsiyadan so'ng qoidalar faolligi min-operator yordamida aniqlanadi, qoidalar natijasi max-operator bilan birlashtiriladi. Defazzifikatsiya uchun og'irlik markazi usulidan foydalanish mumkin:

$$u^* = \int u \cdot \mu(u) du / \int \mu(u) du$$

Boshqarish algoritmi

- 1) namlik datchigidan $W_{out}(k)$ qiymatini olish va W_{set} bilan taqqoslash;
- 2) $e(k)$ va $\Delta e(k)$ ni hisoblash hamda ularni $[-1; 1]$ intervaliga normallashtirish;
- 3) E va EC ni tegishlilik funksiyalari bo'yicha fazzifikatsiyalash;
- 4) 49 qoidali bazada Mamdani noaniq xulosalashini bajarish;
- 5) ΔK_p , ΔK_i , ΔK_d qiymatlarini defazzifikatsiyalash;
- 6) PID koeffitsientlarini yangilash va $u(k)$ boshqaruvchi ta'sirini hisoblash;
- 7) ijro mexanizmi orqali quritish agenti haroratini yoki issiqlik quvvatini o'zgartirish;
- 8) yangi o'lchov siklida jarayonni takrorlash.

Tizim sifatini baholash mezonlari. Taklif etilgan algoritmning klassik PID bilan miqdoriy taqqoslanishi real tajriba ma'lumotlari yoki verifikatsiyalangan dinamik model asosida bajarilishi kerak. Ushbu maqolada mavjud bo'lmagan eksperimental natijalar sun'iy ravishda kiritilmadi. Keyingi modellashdirish bosqichida quyidagi mezonlardan foydalanish tavsiya etiladi:

$$IAE = \int_0^T |e(t)| dt; ISE = \int_0^T e^2(t) dt;$$

$$\sigma = (y_{max} - y_{set}) / y_{set} \cdot 100\%$$

Bundan tashqari, rostlanish vaqti t_s , maksimal harorat og'ishi, chiqish namligining barqaror holatdagi xatoligi va boshqaruvchi signalning o'zgarish intensivligi baholanadi. Ayniqsa, W_{in} ning pog'onali o'zgarishi va G_c ning texnologik yuklama sababli tebranishi alohida sinov ssenariylari sifatida ko'rilishi lozim.

Feng va hammualliflar urug'lik paxtani ikki bosqichli quritish tizimida boshlang'ich namlikdan kelib chiqib issiq havo harorati topshirig'ini aniqlash va fuzzy-PID orqali haroratni kuzatishni amalga oshirgan [7]. Hosseinpour va Martynenko esa adaptiv fuzzy boshqaruvni quritishning o'zgaruvchan holatlariga moslashtirish konsepsiyasini rivojlantirgan [10]. Ushbu ishlar



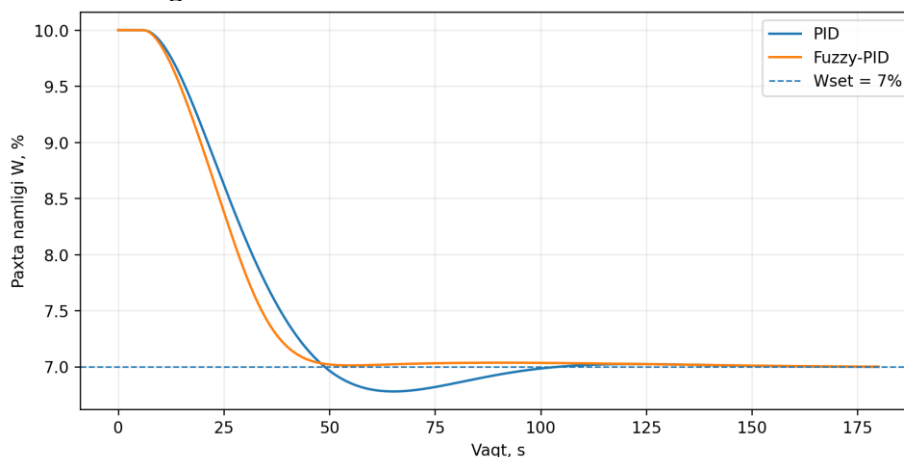
taklif etilayotgan strukturaning ilmiy asoslangan yo'nalishga mos kelishini ko'rsatadi, biroq aniq paxta quritgichi uchun parametrlar alohida identifikatsiya qilinishi shart.

Quritish jarayonining hisoblash modelini ishlab chiqish. Taklif etilgan boshqarish algoritmining dinamik xususiyatlarini tadqiq etish uchun MATLAB/Simulink muhitida hisoblash modeli ishlab chiqildi. Boshqarish kanalining strukturasi paxta xomashyosini quritishda issiqlik va massa almashinuvi jarayonlarining inersion xususiyatlari hamda quritish agentini uzatishdagi kechikishlarni hisobga olgan holda [3, 7] ikki ketma-ket aperiodik bo'g'in va transport kechikishi ko'rinishida approksimatsiya qilindi. $\tau_1=28$ s, $\tau_2=12$ s va $\theta=6$ s parametrlar boshqarish algoritmlarini bir xil dinamik sharoitlarda qiyosiy tahlil qilish uchun hisoblash modelining qabul qilingan parametrlaridir; ularni muayyan sanoat quritgichiga tatbiq etishda tajriba ma'lumotlari bo'yicha identifikatsiya qilish talab etiladi.

$$G(s) = \exp(-6s) / [(28s + 1)(12s + 1)]$$

MATLAB/Simulink muhitidagi birinchi hisoblash ssenariysida paxtaning boshlang'ich namligi $W_{in} = 10$ % va maqsad namligi $W_{set} = 7$ % deb qabul qilindi. Normallashtirilgan chiqish $y = (W_{in} - W) / (W_{in} - W_{set})$ ko'rinishida aniqlandi. Klassik PID uchun boshlang'ich parametrlar $K_{p0} = 1,5$; $K_{i0} = 0,04$ s⁻¹; $K_{d0} = 5$ s qabul qilindi. Fuzzy-PID variantida ayni bazaviy koeffitsientlar E va EC holatiga qarab noaniq supervizor tomonidan o'zgartirildi. Boshqaruvchi signal $0 \leq u \leq 2$ intervalida cheklangan, integrallash qadami 0,1 s, modellashtirish davomiyligi 180 s ni tashkil etdi.

Modellashtirish natijalari va ularning muhokamasi. 3-rasmda bir xil hisoblash obyektida klassik PID va fuzzy-PID rostlagichlarining namlik bo'yicha o'tish jarayonlari keltirilgan. Klassik PID tizimida namlik maqsad qiymatidan pastga o'tib ketishi kuzatiladi, fuzzy-PID tizimida esa dinamik jarayon maqsad qiymatiga deyarli ortiqcha rostlanishsiz yaqinlashadi. Bu holat xatolik katta bo'lganda proporsional ta'sirning kuchayishi, maqsad nuqtasiga yaqinlashganda esa differensial tormozlashning ortishi bilan izohlanadi.



3-rasm. PID va fuzzy-PID tizimlarida paxta namligining hisoblangan o'tish jarayoni

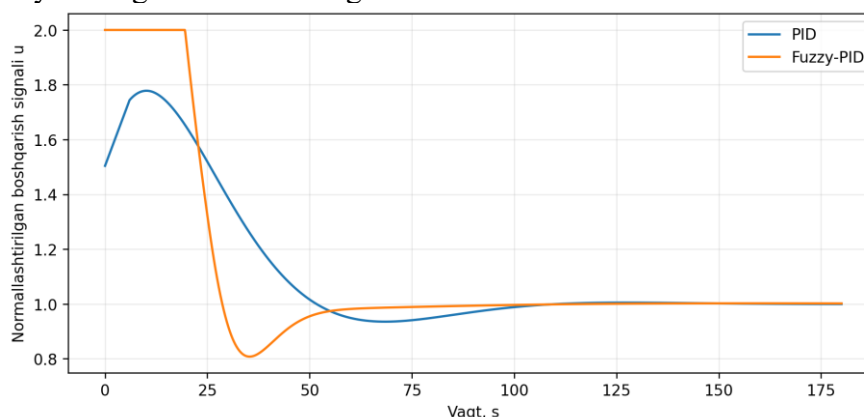
2-jadval

Hisoblash modelida PID va fuzzy-PID boshqarish sifat ko'rsatkichlarining qiyosiy natijalari

Ko'rsatkich	PID	Fuzzy-PID	O'zgarish
Rostlanish vaqti ts, s	91,8	45,1	50,9 % kamaydi
IAE	29,449	25,325	14,0 % kamaydi
ISE	21,048	19,158	9,0 % kamaydi
Ortiqcha rostlanish, %	7,365	0,021	99,7 % kamaydi

Hisoblash natijalariga ko'ra fuzzy-PID rostlagichda 2 % mezon bo'yicha rostlanish vaqti 91,8 s dan 45,1 s gacha qisqardi, ya'ni 50,9 % ga kamaydi. IAE mezoni 29,449 dan 25,325 gacha (14,0 %), ISE esa 21,048 dan 19,158 gacha (9,0 %) kamaydi. Klassik PID uchun ortiqcha rostlanish 7,37 % ni tashkil qilgan bo'lsa, fuzzy-PID variantida u 0,02 % gacha pasaydi. Shunday qilib, aynan qabul

qilingan hisoblash modeli va sozlash parametrlarida fuzzy-supervizor tezkorlikni oshirish bilan bir vaqtda o'tish jarayonining tebranuvchanligini chekladi.

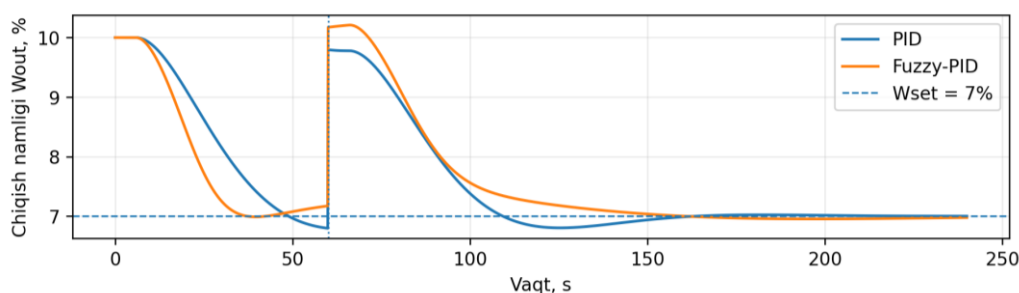


4-rasm. PID va fuzzy-PID rostlagichlarining normallashtirilgan boshqaruvchi signallari

4-rasmdan fuzzy-PID boshqarishning boshlang'ich bosqichda faolroq, maqsad nuqtasiga yaqinlashganda esa yumshoqroq boshqaruvchi ta'sir hosil qilishi ko'rinadi. Bunday xususiyat quritish agenti haroratini tez ko'tarish zarur bo'lgan boshlang'ich davrda jarayonning tezkorligini oshirish, keyinchalik esa paxtani ortiqcha quritish xavfini kamaytirish nuqtai nazaridan muhimdir.

Natijalarni miqdoriy baholash MATLAB/Simulink muhitida shakllantirilgan hisoblash modeli asosida amalga oshirildi. Modelda quritish kanalining inersion xususiyatlari, transport kechikishi va boshqaruvchi ta'sirning cheklanishi hisobga olindi. PID va fuzzy-PID algoritmlari bir xil boshlang'ich shartlar hamda bir xil dinamik obyekt uchun modellashirilib, ularning samaradorligi rostlanish vaqti t_s , IAE, ISE va ortiqcha rostlanish mezonlari bo'yicha qiyoslandi. Hisoblash modelining parametrlarini real quritgich uchun aniqlashtirish keyingi identifikatsiya bosqichining vazifasi hisoblanadi.

Boshlang'ich namlik o'zgarishida adaptiv xususiyatlarni baholash. Fuzzy-PID tizimining o'zgaruvchan texnologik sharoitlarga moslashuvchanligini baholash uchun ikkinchi hisoblash ssenariysi shakllantirildi. Modellashirishning 60-soniyasida kiruvchi paxta xomashyosining namligi $W_{in} = 10\%$ dan $W_{in} = 13\%$ gacha pog'onali ravishda oshirildi, chiqish namligining topshiriq qiymati esa $W_{set} = 7\%$ darajasida saqlandi. Bunday ssenariy quritish tizimiga kiruvchi xomashyo xususiyatlari o'zgarganda boshqarish algoritmining yangi ish rejimiga moslashish qobiliyatini tekshirishga xizmat qiladi.



5-rasm. Kiruvchi paxta namligi 10 % dan 13 % gacha o'zgarganda PID va fuzzy-PID tizimlarining hisoblangan javobi

3-jadval

$W_{in} = 10 \rightarrow 13\%$ o'zgarish ssenariysida boshqarish sifat ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	PID	Fuzzy-PID	Izoh
Yangi rejimga rostlanish vaqti t_s , s	81,5	73,6	9,7 % qisqardi
IAE	27,331	32,044	integral absolyut xatolik
ISE	18,153	23,338	integral kvadratik xatolik
Ortiqcha rostlanish, %	3,283	0,787	76,0 % kamaydi



Ikkinchi ssenariyda fuzzy-PID tizimining yangi rejimga 2 % mezon bo'yicha rostlanish vaqti 81,5 s dan 73,6 s gacha qisqardi. Ortiqcha rostlanish 3,28 % dan 0,79 % gacha kamaydi. Shu bilan birga, integral mezonlar bo'yicha natija bir xil yo'nalishda emas: IAE PID uchun 27,331, fuzzy-PID uchun 32,044; ISE esa mos ravishda 18,153 va 23,338 ni tashkil etdi. Bu holat fuzzy-supervizor sozlamalarining tezkorlik va ortiqcha rostlanishni kamaytirishga yo'naltirilganini, integral xatolik mezonlarini esa qo'shimcha optimallashtirish mumkinligini ko'rsatadi. Natijalarni faqat bitta ko'rsatkich bo'yicha emas, bir nechta sifat mezonlari majmuasi bo'yicha baholash boshqarish algoritmining xususiyatlarini to'laroq ochib beradi.

MUHOKAMA

Taklif etilgan fuzzy-PID arxitekturasining asosiy afzalligi – klassik PIDning sanoatda tushunarli va sodda tuzilishini saqlagan holda uning parametrlarini obyekt holatiga moslashtirish imkoniyatidir. Bu yondashuv to'liq noaniq rostlagichga o'tishdan ko'ra mavjud avtomatlashtirish tizimlariga integratsiya qilish nuqtai nazaridan qulay.

Shu bilan birga, fuzzy tizimning samaradorligi qoidalar bazasi va tegishlilik funksiyalarining sifatiga bog'liq. Ekspert qoidalari dastlabki ishga tushirish uchun yetarli bo'lishi mumkin, ammo sanoat sharoitida ularni tarixiy ma'lumotlar bo'yicha optimallashtirish maqsadga muvofiq. Adaptiv fuzzy boshqarish bo'yicha zamonaviy ishlar qoidalar va fuzzy to'plamlarni ma'lumotlar asosida qayta sozlash imkoniyatini ko'rsatmoqda [10].

Paxta quritish obyektida yana bir muhim masala — namlik datchigining kechikishi va o'lchash shovqinidir. Differensial kanal Δe shovqinga sezgir bo'lgani sababli signalni filtrlash yoki EC uchun alohida silliqlash koeffitsienti kiritilishi kerak. Bundan tashqari, xavfsizlik nuqtai nazaridan quritish agentining maksimal harorati fuzzy qaroridan qat'i nazar texnologik cheklov bilan chegaralanishi lozim.

ILMIY YANGILIK

Ishning ilmiy yangiligi paxta xomashyosini quritishda chiqish namligini asosiy boshqariladigan kattalik sifatida qabul qiluvchi, E va EC signallari bo'yicha PID koeffitsientlarini onlayn o'zgartiruvchi fuzzy-supervizor strukturasining ishlab chiqilganligi; 49 qoidali noaniq xulosalash bazasining boshqarish algoritmgiga integratsiya qilinganligi; hamda MATLAB/Simulink hisoblash modelida klassik PID va fuzzy-PID tizimlarining nominal va o'zgaruvchan boshlang'ich namlik ssenariylarida t_s , IAE , ISE va ortiqcha rostlanish mezonlari bo'yicha qiyoslanganligi bilan belgilanadi. Ikkinchi ssenariy fuzzy-PID tizimining kiruvchi xomashyo namligi o'zgarganda yangi rejimga tezroq moslashishi va ortiqcha rostlanishni kamaytirishini ko'rsatdi, integral mezonlar esa qoidalar bazasini keyingi ko'p mezonli optimallashtirish zarurligini aniqlash imkonini berdi.

XULOSA

Paxta xomashyosini quritish jarayoni uchun chiqish namligini boshqarishga mo'ljallangan fuzzy-PID tizimining funksional va algoritmik strukturasini ishlab chiqildi. Rostlash xatoligi E va uning o'zgarishi EC noaniq supervizorning kirishlari, PID koeffitsientlarining ΔK_p , ΔK_i va ΔK_d tuzatmalari esa chiqishlari sifatida qabul qilindi.

Yetti darajali lingvistik tasnif va 49 qoidali Mamdani bazasidan foydalanish PID parametrlarini joriy xatolik va uning o'zgarishiga mos ravishda tuzatish imkonini berdi. Nominal rejimdagi qiyosiy hisoblashda fuzzy-PID rostlanish vaqtini va integral sifat mezonlarini yaxshiladi hamda ortiqcha rostlanishni keskin kamaytirdi. $W_{in} = 10\%$ dan 13% gacha o'zgargan ikkinchi ssenariyda fuzzy-PID yangi rejimga tezroq o'tdi va ortiqcha rostlanishni kamaytirdi; IAE va ISE bo'yicha esa qo'shimcha sozlash zaxirasi mavjudligi aniqlandi. Bu natijalar adaptiv boshqarish qoidalarini keyinchalik ko'p mezonli optimallashtirish uchun asos yaratadi.

MATLAB/Simulink muhitida o'tkazilgan hisoblash tajribalari taklif etilgan fuzzy-PID algoritmining nominal rejimda ham, boshlang'ich namlik o'zgargan sharoitda ham boshqarish sifatini baholash imkonini berdi. Keyingi tadqiqotlarda model parametrlarini sanoat quritgichining tajriba ma'lumotlari bo'yicha identifikatsiya qilish va hisoblash natijalarini ishlab chiqarish sinovlari bilan verifikatsiyalash maqsadga muvofiq.



Foydalanilgan adabiyotlar

1. Byler R.K., Anthony W.S. Initial Experiences in Computer Control of Cotton Gin Drying // Applied Engineering in Agriculture. 1992. Vol. 8, No. 5. P. 703–709. DOI: 10.13031/2013.26142.
2. Baker K.D. Temperature Control for Seed Cotton Drying Systems // Applied Engineering in Agriculture. 2012. Vol. 28, No. 6. P. 885–890.
3. Yunusova S.T., Holmatov D.A., Atajonov M.O., Huzanazarov U. Formalization of the Cotton Drying Process Based on Heat and Mass Transfer Equations // IIUM Engineering Journal. 2020. Vol. 21, No. 2. P. 256–265. DOI: 10.31436/iiumej.v21i2.1456.
4. Zadeh L.A. The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning // Information Sciences. 1975. Vol. 8. P. 199–249.
5. Mamdani E.H. Application of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant // Proceedings of the Institution of Electrical Engineers. 1974. Vol. 121, No. 12. P. 1585–1588.
6. Hosseinpour S., Martynenko A. Application of Fuzzy Logic in Drying: A Review // Drying Technology. 2022. Vol. 40, No. 5. P. 797–826. DOI: 10.1080/07373937.2020.1846192.
7. Feng X., Guo C., Li P., Yang B., Li H., Gao H., Zhang C. A Study on Drying Control of Seed Cotton Based on BP Neural Network Model // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 697. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/697/1/012007.
8. Yunusova S.T. Simulation of a Trained Neural Network of a Fuzzy Logic Regulation System Based on the Cotton Drying Process // Technical Science and Innovation. 2020. DOI: 11.0008/A0120-0030.
9. Siddikov I.X., Yunusova S.T., Xujanazarov U.O. Nechetko-logicheskoye regulirovaniye protsessa sushki xlopka // Muhammad Al-Xorazmiy avlodlari. 2020. No. 2(12). P. 43–47.
10. Hosseinpour S., Martynenko A. An Adaptive Fuzzy Logic Controller for Intelligent Drying // Drying Technology. 2023. Vol. 41, No. 7. P. 1110–1132. DOI: 10.1080/07373937.2022.2119996.
11. Усков А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2004. – 143 с.
12. Yusupbekov N.R., Aliyev R.A., Aliyev R.R., Yusupbekov A.N. Boshqarishning intellektual tizimlari va qaror qabul qilish. Toshkent: O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi, 2015. 490 b.