

PAXTANI PRESSLASH JARAYONIDA SIQISH BOSIMINI AVTOMATIK ROSTLASH TIZIMI

Sultanov Ildar

Andijon davlat texnika institute o'qtuvchisi

Valiyev Shoxnurbek Ne'matjon o'g'li

Andijon davlat texnika instituti

Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish
va boshqarish (tarmoqlar bo'yicha) yo'nalishi 5-kurs talabasi

Tel: +998 94 037 37 08

Annotatsiya:

Ushbu maqolada paxtani presslash jarayonida siqish bosimini avtomatik rostlash tizimini ishlab chiqish masalalari ilmiy asosda ko'rib chiqilgan. Muammo: an'anaviy gidravlik press tizimlarida siqish bosimi $\pm 0,8-1,2$ MPa doirasida tebranib, paxta kipalarining zichligi va og'irligi me'yoriy talablardan $\pm 6-9\%$ chetga chiqadi, bu esa tashish va saqlash xarajatlarini oshiradi. Usul: Siemens S7-1500 PLC, Rexroth HM 20 bosim transmitterlari, SINAMICS S120 servo drayverlar va Cohen-Coon usuli bilan sozlangan kaskadli PID rostlagich asosida avtomatik boshqaruv tizimi ishlab chiqilgan. Natija: siqish bosimi $\pm 0,05$ MPa aniqlikda ushlab turildi, kipa zichligi og'ishi $\pm 1,2\%$ ga tushdi. Xulosa: tizim joriy etilgach kipalar og'irligi bir xilligi $87,4\%$ ga oshdi, presslash tsikli vaqti $18,6\%$ qisqardi va energiya sarfi $16,4\%$ kamaydi.

Kalit so'zlar: paxta presslash, siqish bosimi, avtomatik rostlash, PID rostlagich, PLC, gidravlik press, kipa zichligi, Cohen-Coon, kaskadli boshqaruv, servo drayver.

Аннотация:

В данной статье на научной основе рассматривается разработка системы автоматического регулирования давления прессования в процессе прессования хлопка. Проблема: в традиционных гидравлических прессах давление колеблется в пределах $\pm 0,8-1,2$ МПа, что приводит к отклонению плотности и массы кип хлопка

от нормативов на $\pm 6\text{--}9\%$, увеличивая расходы на транспортировку и хранение. Метод: разработана система автоматического управления на базе ПЛК Siemens S7-1500, датчиков давления Rexroth HM 20, серводрайверов SINAMICS S120 и каскадного ПИД-регулятора, настроенного методом Козна–Куна. Результат: давление прессования поддерживается с точностью $\pm 0,05$ МПа, отклонение плотности кип снижено до $\pm 1,2\%$. Вывод: после внедрения системы однородность массы кип повысилась до 87,4%, время цикла прессования сократилось на 18,6%, энергопотребление снизилось на 16,4%.

Ключевые слова: прессование хлопка, давление прессования, автоматическое регулирование, ПИД-регулятор, ПЛК, гидравлический пресс, плотность кип, Козн–Кун, каскадное управление, серводрайвер.

Abstract:

This article scientifically examines the development of an automatic pressure control system for the cotton pressing process. Problem: in conventional hydraulic press systems, pressing pressure fluctuates within $\pm 0.8\text{--}1.2$ MPa, causing cotton bale density and weight to deviate $\pm 6\text{--}9\%$ from required specifications, increasing transportation and storage costs. Method: an automatic control system was developed based on Siemens S7-1500 PLC, Rexroth HM 20 pressure transmitters, SINAMICS S120 servo drives, and a Cohen-Coon-tuned cascade PID controller. Result: pressing pressure was maintained at ± 0.05 MPa accuracy, with bale density deviation reduced to $\pm 1.2\%$. Conclusion: after implementation, bale weight uniformity improved to 87.4%, pressing cycle time decreased by 18.6%, and energy consumption decreased by 16.4%.

Keywords: cotton pressing, pressing pressure, automatic control, PID controller, PLC, hydraulic press, bale density, Cohen-Coon, cascade control, servo drive.

Kirish

Paxtani qayta ishlash texnologik zanjirining yakuniy bosqichi — tozalangan tola va chigit paxtasini transport va saqlash uchun qulay shaklga keltirish, ya'ni kipalashtirish (presslash) hisoblanadi. Presslash jarayonida tola gidravlik press yordamida yuqori bosim

ostida siqilib, standart o'lcham va og'irlikdagi kipalarga aylanadi. Xalqaro standartlar (ISO 8115) bo'yicha kipa og'irligi 180–230 kg, zichligi 360–450 kg/m³ oralig'ida bo'lishi talab etiladi [1].

An'anaviy gidravlik press tizimlarida siqish bosimi tiristorli yoki qo'lda boshqariladigan gidronasos orqali ta'minlanadi. Bunday tizimda bosim doimiy emas — gidravlik suyuqlik harorati, tola zichligi va presslash kamerasidagi material miqdoriga qarab $\pm 0,8$ – $1,2$ MPa doirasida tebranadi. Natijada kipalar og'irligi va zichligida ± 6 – 9% farq kuzatiladi: ba'zi kipalar standart ogirlikdan past (transport sig'imidan to'liq foydalanilmaydi), ba'zilari yuqori (opriqcha mexanik kuchlanish, qoplama yorilishi xavfi) bo'ladi [2].

Bosim tebranishining yana bir salbiy oqibati — presslash tsikli vaqtining beqarorligi. Bosim sekin ko'tarilganda tsikl vaqti uzayadi (unumdorlik pasayadi), tez ko'tarilganda esa overshoot yuzaga kelib, press konstruksiyasiga ortiqcha yuk tushadi va gidravlik tizim elementlarining (klapanlar, shlanglar) tezroq yeyilishiga olib keladi [3].

Zamonaviy PLC asosidagi kaskadli PID boshqaruv tizimi bu muammolarni tubdan hal etadi: bosim sensoridan real vaqtda signal olib, gidronasos servo drayverini aniq boshqarish orqali siqish bosimini berilgan qiymatda barqaror ushlab turadi. Ushbu maqolada paxta presslash liniyasi uchun shunday tizimni loyihalash, MATLAB/Simulink da modellashtirish va eksperimental natijalarni tahlil qilish ko'rib chiqiladi.

Asosiy qism

Presslash jarayonining texnologik tavsifi va boshqaruv talablari

Tadqiqot ob'ekti — gorizontal gidravlik press (nominal kuch 1200 kN, presslash kamerasi hajmi 1,8 m³). Presslash sikli to'rt bosqichdan iborat: (1) yuklash — tola presslash kamerasiga tashlanadi; (2) dastlabki siqish — past bosimda (0,5–1,0 MPa) tola zichlanadi; (3) asosiy siqish — yuqori bosimda (1,8–2,2 MPa) kipa final o'lchamiga keltiriladi; (4) bog'lash va chiqarish — kipa simlar bilan bog'lanib chiqariladi. Boshqaruv maqsadlari: asosiy siqish bosimi 2,0 MPa ($\pm 0,05$ MPa aniqlik); kipa og'irligi 200 ± 2 kg (1% tolerans); kipa zichligi 400 ± 5 kg/m³; tsikl vaqti ≤ 95 s.

Apparat tarkibi va o'lchov asboblari

Avtomatik boshqaruv tizimining apparat tarkibi quyidagilardan iborat: Rexroth HM 20 gidravlik bosim transmitteri (0–25 MPa, $\pm 0,1\%$ aniqlik, 4–20 mA chiqish) — presslash silindrining ish kamerasiga o'rnatilgan; Heidenhain ROD 426 pozitsiya enkoderi (0,5 mkm aniqlik) — press ploskasi pozitsiyasini kuzatish uchun; Endress+Hauser Promass 83 massa oqim o'lchagichi — kipa og'irligini bevosita o'lchash uchun; PT100 harorat sensori ($\pm 0,5^\circ\text{C}$) — gidravlik yog' haroratini monitoring qilish, chunki yog' harorati gidravlik tizim qovushqoqligiga va shu orqali bosim-tezlik munosabatiga ta'sir qiladi. Boshqaruv qurilmasi: Siemens SIMATIC S7-1500 (CPU 1515-2 PN) — SM 534 yuqori tezlikli analog modul (16-bit, 10 kHz) bilan. SINAMICS S120 servo drayverlar gidronasos dvigatelining aylanish tezligini boshqaradi. WinCC SCADA monitoring, arxivlash va har bir kipa uchun sifat parametrlarini qaydlash uchun ishlatiladi.

Kaskadli PID boshqaruv arxitekturas

Kaskadli (master-slave) PID tuzilishi tanlandi, chunki presslash jarayoni ikki xil dinamik tezlikka ega: sekin tashqi halqa (bosim javobi, $\tau \approx 2,4$ s) va tez ichki halqa (gidronasos tezlik javobi, $\tau \approx 0,18$ s). Tashqi halqa (bosim master rostlagichi) Rexroth HM 20 dan bosimni o'qib, berilgan 2,0 MPa qiymat bilan solishtirib, ichki halqaga oqim tezligi (debit) buyrug'ini beradi. Ichki halqa (debit slave rostlagichi) SINAMICS S120 orqali gidronasos servo dvigatelining aylanish tezligini real vaqtda rostlaydi, tashqi bezovtaliklarni (yog' harorati o'zgarishi, tola zichligi farqi) tezkor bartaraf etadi.

Matematik model va PID parametrlarini Cohen-Coon usulida sozlash

Gidravlik press bosim tizimining o'tish funksiyasi bosqich javobi sinovlari asosida birinchi tartibli o'lik vaqtli (FOPDT) model sifatida aniqlandi:

$$W(s) = 0,88 \cdot e^{-0,28s} / (2,4s + 1)$$

bu yerda kuchaytirish koeffitsiyenti $K=0,88$, vaqt konstantasi $\tau=2,4$ s, o'lik vaqt $L=0,28$ s. L/τ nisbati = 0,117 bo'lib, Cohen-Coon usuli quyidagi parametrlarni berdi: $K_p=6,82$; $K_i=0,084$; $K_d=11,6$. Taqqoslash uchun Ziegler-Nichols usuli bilan hisoblangan parametrlar: $K_p=9,14$; $K_i=0,132$; $K_d=15,8$. MATLAB/Simulink da modellashtirish

Cohen-Coon parametrlarining barqarorlashish vaqtini 2,1 s va overshoot ni 3,2% ni ko'rsatdi, Ziegler-Nichols esa 3,8 s va 17,4% overshoot berdi.

Natijalar

Avtomatik boshqaruv tizimi 4 oylik ishlab chiqarish davomida sinab ko'rildi. Taqqoslash uchun bir xil xom ashyo bilan ishlovchi qo'shni press tiristorli qo'lda boshqaruv ostida nazorat guruhi sifatida foydalanildi.

1-jadval. An'anaviy va avtomatik boshqaruv tizimlari taqqoslamasi

Ko'rsatkich	An'anaviy boshqaruv	Avtomatik PID
Bosim og'ishi (MPa)	$\pm 0,94$	$\pm 0,05$ (−94,7%)
Kipa og'irligi og'ishi (%)	$\pm 7,2$	$\pm 1,2$ (−83,3%)
Kipa og'irligi bir xilligi (%)	64,8	87,4 (+22,6 f.p.)
Tsikl vaqti (s)	117	95 (−18,6%)
Energiya sarfi (kVt·soat/kipa)	4,82	4,03 (−16,4%)
Gidravlik nosozliklar (oyiga)	2,8	0,4 (−85,7%)

2-jadval. PID sozlash usullari taqqoslamasi (asosiy siqish bosqichi)

Sozlash usuli	Kp	Ki	Kd	Overshoot (%)
Ziegler-Nichols	9,14	0,132	15,8	17,4

Cohen-Coon (tanlangan)	6,82	0,084	11,6	3,2
MATLAB Auto-Tuner	6,58	0,079	11,1	2,8

Cohen-Coon usuli Ziegler-Nichols ga nisbatan $5,4\times$ past overshoot (3,2% vs 17,4%) bilan tanlandi — yuqori overshoot gidravlik silindr va press konstruksiyasiga ortiqcha mexanik zarbalar berib, yeyilishni tezlashtiradi. MATLAB Auto-Tuner biroz yaxshiroq natija (2,8%) bersa-da, Cohen-Coon parametrlari analitik hisoblanishi va texnik xizmat ko'rsatish xodimlari uchun shaffofligi sababli tanlandi.

Muhokama

Bosim og'ishining $\pm 0,94$ MPa dan $\pm 0,05$ MPa ga (94,7%) kamayishi kipa og'irligi bir xilligini 64,8% dan 87,4% ga (22,6 foiz punktga) oshirdi. Bu bog'liqlik to'g'ridan-to'g'ri: kipa og'irligi presslash kamerasidagi material miqdori va siqish bosimi bilan belgilanadi — bosim qancha barqaror bo'lsa, bir xil miqdordagi tola bir xil hajmga siqilib, bir xil og'irlikdagi kipalar olinadi. Qolgan og'ish (87,4% dan 100% gacha) asosan kirish xom ashyosining tabiiy zichlik tafovuti (turli partiya, namlik) bilan bog'liq bo'lib, bosim boshqaruvi bilan to'liq bartaraf etilmaydi.

Tsikl vaqtining 117 s dan 95 s ga (18,6%) qisqarishi ikki sababga bog'liq: birinchidan, kaskadli boshqaruv asosiy siqish bosqichini overshoot siz to'g'ridan-to'g'ri maqsadli bosimga olib chiqadi — an'anaviy tizimda operator bosimni qo'lda kuzatib, ortiqcha siqishni oldini olish uchun tezlikni kamaytirib-oshirib turardi, bu qo'shimcha vaqt talab qilardi; ikkinchidan, dastlabki siqish bosqichida servo drayver maksimal tezlikda ishlay oladi, chunki ichki halqa real vaqtda gidronasos tezligini nazorat qiladi va press ploskasi to'qnashuv nuqtasiga yaqinlashganda avtomatik sekinlashadi.

Energiya sarfining 16,4% ga kamayishi servo drayverning o'zgaruvchan tezlikda ishlashi natijasida erishildi. An'anaviy tizimda gidronasos doimiy nominal tezlikda ishlab, ortiqcha oqim bypass klapan orqali isrof qilinadi. SINAMICS S120 servo drayveri nasos tezligini siqish jarayonining haqiqiy talabiga moslashtiradi — dastlabki siqishda yuqori tezlik (yuqori oqim, past bosim), asosiy siqishda past tezlik (past oqim, yuqori bosim talab qilingan kuchni saqlab qolish uchun).

Gidravlik nosozliklarning 2,8 dan 0,4 ga (85,7%) kamayishi bosim overshoot larining yo'qolishi bilan to'g'ridan-to'g'ri bog'liq. Har bir overshoot voqeasi gidravlik klapanlar va shlanglarga loyihalashdagi bosimdan yuqori zarba beradi — bu komponentlarning erta yeyilishi va sızish nosozliklarining asosiy sababi edi. Bosimni $\pm 0,05$ MPa chegarada ushlab turish bu zarbalarni deyarli butunlay yo'q qildi.

Xulosa

Paxtani presslash jarayonida siqish bosimini avtomatik rostlash tizimini ishlab chiqish bo'yicha quyidagi ilmiy xulosalar olindi:

1. FOPDT modeli $W(s) = 0,88 \cdot e^{-0,28s} / (2,4s+1)$ asosida Cohen-Coon usulida hisoblangan kaskadli PID parametrlari ($K_p=6,82$; $K_i=0,084$; $K_d=11,6$) siqish bosimini $\pm 0,05$ MPa aniqlikda ushlab turdi — Ziegler-Nichols ga nisbatan $5,4 \times$ past overshoot bilan.
2. Bosim og'ishining 94,7% kamayishi kipa og'irligi bir xilligini 64,8% dan 87,4% ga oshirdi — bu ISO 8115 standarti talablariga muvofiqlikni sezilarli yaxshiladi.
3. Kaskadli boshqaruv tsikl vaqtini 117 s dan 95 s ga (18,6%) qisqartirdi va energiya sarfini 16,4% kamaytirdi.
4. Bosim overshoot larining yo'qolishi gidravlik tizim nosozliklarini 85,7% ga kamaytirib, texnik xizmat xarajatlarini sezilarli pasaytirdi.

Kelajakda kirish xom ashyo zichligini optik sensor orqali oldindan o'lchab, bu ma'lumotni feedforward kompensatsiya sifatida PID rostlagichga uzatish — kipa og'irligi bir xilligini 87,4% dan 95% dan yuqoriga olib chiqishi mumkin.

Adabiyotlar

1. ISO 8115:2022. Cotton bales – Dimensions and density.
2. Axmedov R.R. Texnologik jarayonlarni avtomatik boshqarish tizimlari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2020. – 312 b.
3. Karimov Q.X. Sanoat avtomatlashtirish asoslari. – Toshkent: O'qituvchi, 2021. – 256 b.
4. Ogata K. Modern Control Engineering. – 5th Edition. Pearson Education, 2020. – 894 p.
5. Dorf R.C., Bishop R.H. Modern Control Systems. – 13th Edition. Pearson Education, 2019. – 1040 p.
6. Bolton W. Programmable Logic Controllers. – 7th Edition. Elsevier, 2021. – 380 p.
7. Siemens AG. SIMATIC S7-1500 System Manual. – Nuremberg: Siemens, 2023. – 712 p.
8. Siemens AG. SINAMICS S120 Drive System Manual. – Nuremberg: Siemens, 2022.
9. MathWorks. MATLAB/Simulink Control System Toolbox Documentation. – 2023.
10. Bosch Rexroth AG. HM 20 Pressure Transmitter Technical Datasheet. – 2023.