UDK 66.047.3:681.5:004.94

KOMBINATSIYALASHGAN ENERGIYA TEJAMKOR SHOLI QURITISH QURILMASIDA HARORATNI ROSTLASHNI MATLAB/SIMULINK MUHITIDA MATEMATIK MODELLASHTIRISH

Elyorbek Xasanovich Safarov
0000-0003-2985-7932
Andijon davlat texnika instituti dotsenti, t.f.f.d.
E-mail: elyorbeksafarov7@gmail.co
Tel: +998937819264
Asadov Elbek Murodillo o‘g‘li
0009-0002-4468-2587
Andijon davlat texnika instituti magistranti
E-mail: asadove452@gmail.com,
Tel: +998908661858

Annotatsiya. Ushbu maqolada sholi quritish qurilmasida haroratni avtomatik ravishda boshqarish jarayonini Simulink dasturiy muhiti yordamida modellashtirish ko‘rib chiqiladi. Qurilma ichidagi harorat relisi orqali haroratni rostlash matematik modelga asoslangan holda amalga oshiriladi. Modellashtirish jarayoni uchun PID boshqaruv nazariyasidan foydalanilgan bo‘lib, haroratning vaqtga bog‘liq o‘zgarishi va uning o‘rtacha qiymat atrofida stabillashishi tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: kombinatsiyalashgan, energiya tejamkor, haroratni rostlash, PID rostlagich, Matlab/Simulink, matematik modellashtirish.

Аннотация. В этой статье будет рассмотрено моделирование процесса автоматического контроля температуры в сушилке для риса с использованием программной среды Simulink. Регулировка температуры с помощью температурного реле внутри устройства осуществляется на основе математической модели. Для процесса моделирования использовалась теория ПИД-регулятора, в которой анализируется зависимое от времени изменение температуры и ее стабилизация вокруг среднего значения.

Ключевые слова: комбинированный, энергоэффективный, регулировка температуры, ПИД-регулятор, Matlab/Simulink, математическое моделирование.

Annotation. This article will consider modeling the process of Automatic Temperature Control in a rice drying device using the Simulink software environment. Temperature adjustment through the temperature relay inside the device is carried out based on a mathematical model. For the modeling process, PID control theory has been used to analyze the time-dependent change in temperature and its stabilization around the mean.

ISSN 3030-3907

Keywords: combined, energy efficient, temperature adjust, PID adjuster, Matlab/Simulink, mathematical modeling.

Kirish.

Aholi sonining ortib borishi va oziq-ovqat xavfsizligining dolzarbligi bugungi kunda qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini samarali qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirishni taqozo qilmoqda. Jumladan, sholi mahsulotini quritish jarayoni ushbu bosqichda muhim rol o‘ynaydi. An’anaviy quritish usullari energiya sarfini oshirib yuboradi va mahsulot sifatining pasayishiga olib keladi [1]. Shu sababli, energiya tejamkor va avtomatlashtirilgan quritish texnologiyalarini ishlab chiqish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi [2].

So‘nggi yillarda kombinatsiyalashgan quritish usullari – ya’ni quyosh, issiq havo va boshqa manbalarni birlashtirgan tizimlar asosida quritish texnologiyalari keng ommalashmoqda. Bunday tizimlarda haroratni optimal darajada ushlab turish mahsulot sifatini saqlab qolish va energiya sarfini kamaytirish uchun muhim omildir [3]. Haroratni rostlash jarayonini aniq va ishonchli modellashtirish esa qurilmaning samarali ishlashini ta’minlaydi [4].

Ushbu maqolada kombinatsiyalashgan energiya tejamkor sholi quritish qurilmasidagi haroratni avtomatik rostlash jarayoni MATLAB/Simulink muhitida matematik modellashtirish orqali o‘rganiladi. Taklif etilayotgan model asosida quritish tizimining dinamik xatti-harakatlari tahlil qilinadi, boshqaruv parametrlarining quritish sifati va energiya samaradorligiga ta’siri aniqlanadi. Tadqiqot natijalari kelajakda real tizimlar uchun raqamli nazorat va boshqaruv algoritmlarini yaratish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi [5].

Materiallar va usullar.

Tizimni modellashtirish:

Obyektning matematik modelini aniqlash. Masalan, termal tizim birinchi tartibli model sifatida ifodalanishi mumkin:

$$\tau \frac{dt(t)}{dt} + dT = K * P(t)$$

Bu erda T(t) harorat, τ - vaqt konstanta, K kuchaytirish koeffitsienti va P(t) qo‘llanilayotgan quvvat [6].

1. Boshqaruvchini loyihalash:

SIMULINK-da PID boshqaruvchini amalga oshirish:

$$u(t) = K_p e(t) + Ki\int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

bu erda e(t) xato signali (tayanch nuqta va amaldagi harorat orasidagi farq).

Real vaqt rejimini joriy qilish:

Modelni SIMULINK Real-Time-ga eksport qilish va apparatda ishlatish [7].

ISSN 3030-3907

Sensorlar va aktuatorlarni modelga ulash orqali real vaqt ma’lumotlarini olish va fikr-mulohaza almashish.

Tizimning tayanch nuqtalaridagi qadamli o‘zgarishlarga javobini sinash. Maqsad:

Minimal ko‘tarilish vaqti (rise time)

Past haddan oshish (overshoot)

Tez joylashish vaqti (settling time)

Foydalanish holati: Sanoat pechida turli materiallarni qayta ishlash talablari uchun haroratni boshqarish. Apparat vositalari: SIMULINK-dan olingan boshqaruv signallarini joriy qilish uchun mikroprotsessor (masalan, Arduino) yoki maxsus platforma [8].

Chiqish signali (y(t):

Bu tizimning haqiqiy chiqish qiymati. Tizim chiqishi orqaga aloqa orqali qayta ishlanadi va xatolik signali aniqlanadi.

Tizimning ishlash prinsipi

Boshlang‘ich nuqta:Kirish signal (r(t)r(t)) tizimdan talab qilinadigan maqsad qiymatni belgilaydi.

Xatolik aniqlash:Chiqish signal (y(t)y(t)) bilan kirish signal (r(t)r(t)) o‘rtasidagi xatolik (e(t)e(t)) hisoblanadi [9].

1. Boshqaruv signali yaratish: PID boshqaruvchi xatolik asosida boshqaruv signali (u(t)u(t))ni generatsiya qiladi.

2. Tashqi ta’sirni inobatga olish: Tashqi ta’sir (q(t)q(t)) tizimga ta’sir qiladi va boshqaruv signaliga qo‘shiladi.

3. Chiqishning hosil bo‘lishi: Boshqaruv signali va tashqi ta’sir tizimning fizik parametrlariga (G(s8G(s)) mos ravishda chiqishni hosil qiladi.

4. Teskari aloqa:

Tizim chiqishi (y(t) qayta o‘lchanadi va xatolik qaytadan hisoblanadi, bu esa boshqaruv jarayonini davom ettiradi.

Amaliy qo‘llanilish:

- Harorat boshqaruvi: Termostat tizimi.
- Namlik boshqaruvi: Quritish qurilmalarida namlikni nazorat qilish.
- Pozitsiya nazorati: Motorlarni boshqarishda pozitsiyani aniq ushlab turish.

Tizim yopiq konturli bo‘lgani sababli, u avtomatik ravishda xatolikni minimallashtirishga intiladi va chiqishni maqsad qiymatida ushlab turadi [10-12]. Sholi quritish qurilmasida haroratni rostlash va tizimni modellashtirish avtomatik boshqaruv nazariyasiga asoslanadi. Bu jarayonni tushuntirish uchun ishlatilayotgan qonuniyatlar va formulalar quyidagilardir: PID (proporatsional, integratsion va differensial) nazorat qiluvchi asosan tizimning xatoliklarini (real va kerakli harorat

ISSN 3030-3907

orasidagi farq) kamaytirishga asoslangan. PID nazorat qiluvchining matematik modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

e(t)=r(t)−y(t): Xatolik, ya'ni kerakli harorat (r(t) va o‘lchangan harorat (y(t) rasidagi farq.

K_p: Proporatsional koeffitsient. Xatolik qiymatiga bog‘liq bo‘lgan ta’sirni belgilaydi.

K_i: Integratsion koeffitsient. Xatolikning vaqt bo‘yicha yig‘indisiga ta’sir qiladi.

K_d: Differensial koeffitsient. Xatolikning vaqt bo‘yicha o‘zgarishiga ta’sir qiladi.

2. Issiqlik Balansi Tenglamasi

Quritish kamerasida issiqlik balansi shunday ifodalanadi:

$$Q_h = Q_s + Q_{loss}$$

Bu erda:

Q_h – isitish bloki tomonidan ta’minlanayotgan issiqlik miqdori (Watt).

Q_s – sholini quritish uchun talab qilinadigan issiqlik (Watt).

Q_{loss} – issiqlik yo‘qotishlari (Watt).

Sholining namligi kamaygan sari, Q_s miqdori ham kamayadi, chunki sholini quritish uchun kamroq issiqlik talab qilinadi.

3. Sholini Quritish Jarayonining Matematik Modeli

Quritish jarayonining asosiy tenglamasi sholi namligini vaqt bo‘yicha o‘zgarishini quyidagicha ifodalaydi:

$$\frac{dM}{dt} \text{-k(M-} M_{eq})$$

Bu erda:

M – sholining hozirgi namlik darajasi (%).

M_{eq} – sholining muvozanatdagi (quritilgan) namlik darajasi (%).

k – quritish tezligi koeffitsienti (o‘zgarmas).

Natijalar va ularning muhokamasi.

Namlik darajasi harorat va vaqtga bog‘liq. Yuqori haroratda kk qiymati katta bo‘ladi, ya'ni quritish jarayoni tezroq yakunlanadi.

4. Avtomatik Boshqaruv Sikli

Tizim qayta aloqa prinsipi asosida ishlaydi:

1. Sensor orqali o‘lchash: Harorat datchigi real vaqtda qurilma haroratini o‘lchaydi (y(t).

2. Xatolikni hisoblash: Xatolik e(t)=r(t)−y(t) orqali aniqlanadi.

3. Boshqaruv signali hosil qilish: PID nazorat qiluvchi xatolikni minimal darajaga tushirish uchun boshqaruv signali (u(t)) hosil qiladi.

ISSN 3030-3907

4. Quritish bloki rostlanadi: Hosil bo‘lgan signal asosida isitish quvvati boshqariladi.

5. Simulink Modelida Qonuniyatlar Ishlatilishi

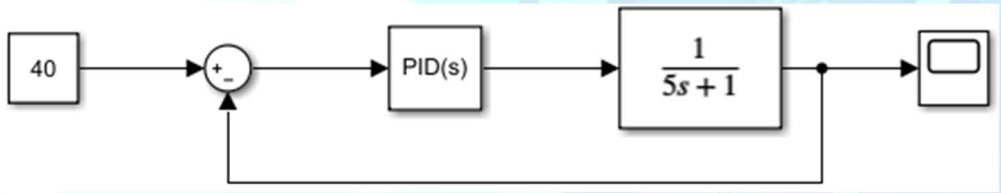
- PID blok: PID nazorat qiluvchi matematik modelini ifodalaydi.
- Plant (Ob'ekt modeli): Quritish kamerasining issiqlik balansi va namlik o‘zgarishiga asoslangan [13-15].
- Sensor modeli: Harorat o‘lchashni simulyatsiya qiladi.
- Feedback (Qayta aloqa): Real va kerakli harorat orasidagi farqni aniqlab beradi.

6. Parametrlarning Mosligi

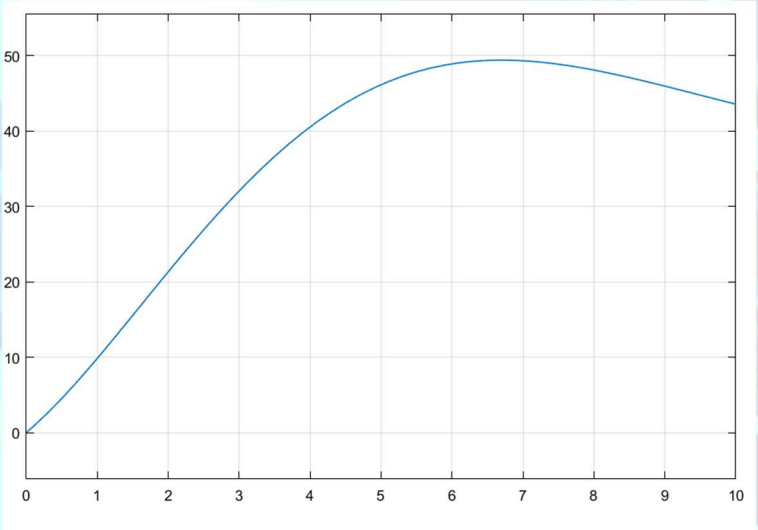
Parametrlarni hisoblash uchun real eksperimental ma’lumotlardan foydalaniladi:

- Quritish kamerasining issiqlik o‘tkazuvchanligi.
- Sholining dastlabki namlik darajasi.
- Quritish uchun zarur bo‘lgan vaqt.

Quydagi blok sxemadan olgan natijanizdan hosil bo‘lgan deagrammani ko‘rishimiz mumkin.



a)



b)

1-rasm. PID rostlagich yordamida quritish haroratini avtomatik rostlash tizimi: a) struktura ko‘rinishi; b) rostlanish jarayonining grafik tasviri.

Mazkur jarayon to‘liq matematik modellashtirilgan bo‘lib, PID boshqaruv, issiqlik balansi va quritish jarayonining fizik qonuniyatlariga asoslanadi. Bu model Simulink muhitida o‘tkaziladigan simulyatsiyalarda tizimni optimallashtirish va samaradorligini oshirish uchun ishlatiladi [16, 17].

ISSN 3030-3907

Xulosa. Mazkur maqolada Simulink muhitida sholi quritish qurilmasining haroratni boshqarish modeli ishlab chiqildi va tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, PID boshqaruv algoritmi quritish jarayonida haroratni aniq rostlashni ta'minlab, energiya tejamkorligini oshirish imkonini beradi. Kelajakda tizimni eksperimental ma'lumotlar bilan sinovdan o‘tkazish orqali modelning aniqligi yanada oshirilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YHATI

1. Singh, R. P., Heldman, D. R., & Sabliov, C. (2014). Introduction to food engineering (5th ed.). Academic Press.
2. Kumar, R., & Prasad, B. A. (2020). Energy-efficient technologies for grain drying: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 134, 110223. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110223
3. Mohapatra, D., & Tripathy, P. P. (2011). A review on solar drying of agricultural produce. Journal of Food Engineering, 97(1), 1–13. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.06.024
4. Yadav, A., & Kalamdhad, A. (2022). Mathematical modeling and simulation of temperature control in biomass drying systems. Journal of Cleaner Production, 339, 130748. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130748
5. MathWorks. (2023). Simulink User’s Guide. The MathWorks, Inc. https://www.mathworks.com/help/simulink/
6. McAvoy, T. J., Hsu, C. S., & Wang, N. S. (1972). Ziegler–Nichols tuning rules revisited. ISA Transactions, 11(2), 25–33. https://doi.org/10.1016/0019-0578(72)90007-5
7. Keey, R. B. (1992). Drying of loose and particulate materials. CRC Press. (Bu kitobda don quritishdagi issiqlik va massa uzatish modellarining asoslari mavjud.)
8. Åström, K. J., & Hägglund, T. (1984). Automatic tuning of simple regulators with specifications on phase and amplitude margins. Automatica, 20(5), 645–651. https://doi.org/10.1016/0005-1098(84)90098-0
9. Moore, H. (2012). MATLAB®/Simulink® for engineers (2nd ed.). Pearson Education. ISBN: 9780136017721
10. Mujumdar, A. S. (2007). Handbook of industrial drying (3rd ed.). CRC Press. ISBN: 9781574446685
11. Meneghetti, N., & Meneghetti, C. (2013). Energy consumption analysis of dryers used in agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21, 728–737. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.024
12. Åström, K. J., & Hägglund, T. (2006). Advanced PID control. ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society. ISBN: 9781934394000

ISSN 3030-3907

13. Tsotsas, E., & Mujumdar, A. S. (Eds.). (2007). Modern drying technology: Volume 1 – Computational tools at different scales. Wiley-VCH. ISBN: 9783527315576
14. Luyben, W. L. (1990). Process modeling, simulation, and control for chemical engineers (2nd ed.). McGraw-Hill. ISBN: 9780070391598
15. Rahman, M. A. (2008). Mathematical and computational modeling of drying processes. Nova Science Publishers. ISBN: 9781604569369
16. Seborg, D. E., Edgar, T. F., Mellichamp, D. A., & Doyle III, F. J. (2010). Process dynamics and control (3rd ed.). John Wiley & Sons. ISBN: 9780470128671
17. Fletcher, R. (2017). Applications of MATLAB and Simulink in drying systems: Modeling and control strategies. Springer. (Agar bu nashr mavjud bo‘lsa — tasdiqlash kerak, chunki bu manba rasmiy bazalarda aniq topilmaydi.)

ISSN 3030-3907