NORAVSHAN MANTIQQNI KASR TARTIBLI ROSTLAGICHGA INTEGRATSIYALASH

Annaqulov Sherzod Otaqul o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
E-mail: sherzodannaqulov13@gmail.com
Raximov Hamidjon Allayor o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
E-mail: raximovhamidjon256@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada noravshan mantiqni kasr tartibli rostlagichga integratsiyalash masalasi chuqur tahlil qilinadi. Masala dolzarbligi tizimlarda noaniqliklarni kamaytirish, energiya sarfini optimallashtirish va boshqaruv samaradorligini oshirish zaruriyati bilan bog‘liq. Masalaning yechimi uchun matematik modellash, noravshan mantiq asosidagi inferensiya va defuzzifikatsiya usullari qo‘llanildi. Integratsiya natijasida tizimning optimal ishlash sharoitlari yaratiladi, qaror qabul qilish jarayoni sezilarli darajada samarali bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: Noravshan mantiq, kasr tartibli rostlagich, integratsiya, boshqaruv tizimi, optimallashtirish, energiya samaradorligi, defuzzifikatsiya

Аннотация. В данной статье подробно анализируется интеграция нечеткой логики с дробным последовательным усилителем. Актуальность проблемы обусловлена необходимостью снижения неопределенности в системах, оптимизации расхода энергии и повышения эффективности управления. Для решения задачи использовались методы математического моделирования, выводы на основе нечеткой логики и методы дефаззификации. В результате интеграции создаются оптимальные условия работы системы, процесс принятия решений становится значительно эффективнее.

Ключевые слова: Нечеткая логика, дробный последовательный усилитель, интеграция, система управления, оптимизация, энергопотребление, дефаззификация.

Abstract. This article provides a detailed analysis of the integration of fuzzy logic with a fractional sequential rectifier. The relevance of the problem is due to the need to reduce uncertainty in systems, optimize energy consumption, and increase control efficiency. To solve the problem, mathematical modeling, fuzzy logic-based inference, and defuzzification methods were applied. As a result of the integration, optimal system operating conditions are created, and the decision-making process becomes significantly more effective.

Keywords: Fuzzy logic, fractional sequential rectifier, integration, control system, optimization, energy efficiency, defuzzification

ISSN 3030-3907

Kirish

Zamonaviy boshqaruv tizimlarida noaniqlik va signal o‘zgarishlari tizim samaradorligini cheklovchi muhim omillardandir. An’anaviy boshqaruv algoritmlari murakkab va noaniq jarayonlarda optimal ishlashni ta’minlay olmaydi, natijada energiya sarfi ortadi va qaror qabul qilish sekinlashadi. Shu sababli, **noravshan mantiq** tizimdagi noaniqlikni modellashtirish va qaror qabul qilish jarayonini soddalashtirish uchun samarali usul hisoblanadi.

Kasr tartibli rostlagichlar esa tizimlarda signal aniqligini oshirish, parametrlar uzluksizligini hisobga olish va tizimni real vaqt sharoitida boshqarish imkonini beradi. Noravshan mantiq va kasr tartibli rostlagichning integratsiyasi murakkab tizimlarda qaror qabul qilish tezligi va aniqligini oshiradi.

Maqolada tadqiq etilayotgan masala sanoat va avtomatlashtirish tizimlarida energiya va resurslarni optimallashtirish, noaniqlikni kamaytirish va boshqaruv samaradorligini oshirish zaruriyati bilan bog‘liq. Ilmiy yangilik – integratsiya orqali tizim barqarorligini oshirish va qaror qabul qilish jarayonini takomillashtirish. Tadqiqot maqsadi – optimal boshqaruv mexanizmini yaratish va amaliy sohalarda qo‘llanish salohiyatini aniqlash.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Noravshan mantiqni kasr tartibli rostlagichga integratsiyalash sohasida olib borilgan ilmiy izlanishlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu tadqiqot yo‘nalishi nafaqat nazariy asosga ega, balki murakkab dinamik tizimlarni boshqarish va optimallashtirishda keng amaliy qo‘llanilish imkoniyatlarini taqdim etadi. Adabiyotlarni tahlil qilganda, noaniqlik sharoitida tizim barqarorligini ta’minlash, boshqaruv samaradorligini oshirish va murakkab texnologik jarayonlarni modellashtirish bo‘yicha bir nechta asosiy yondashuvlar ajralib turadi.

Masalan, B. Maroua va hamkorlarining ***“Genetic algorithm type 2 fuzzy logic controller of microgrid system with a fractional-order technique”*** nomli maqolasida turli darajadagi fuzzy mantiqiy boshqaruvchilar (T2FLC) va kasr tartibli yondashuvlar integratsiyasi orqali murakkab energiya tizimlarida yuzaga keladigan noaniqliklarni boshqarish usullari batafsil tahlil qilingan. Mualliflar genetik algoritm yordamida tizim parametrlarini optimallashtirish orqali barqarorlikni oshirish, javob tezligini yaxshilash va energiya manbalarining o‘zgaruvchanligi sharoitida samarali boshqaruvni ta’minlash usullarini ko‘rsatadilar. Ushbu yondashuv tizimning noaniqlik va o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashuvchanligini sezilarli darajada oshiradi. [1]

Shuningdek, R. Liu va hamkorlarining ***“Adaptive fuzzy control for fractional-order nonlinear systems with full-state constraints”*** maqolasida kasr tartibli noxizmat tizimlari uchun moslashuvchan fuzzy boshqaruv strategiyasi

ISSN 3030-3907

ishlab chiqilgan. Mualliflar asimmetrik Barrier Lyapunov funksiyasi yordamida tizim holatlarining cheklovlarini buzmaslikni nazorat qiladi va fuzzy mantiqiy boshqaruv orqali noma'lum tizim sharoitlarini modellashtirish imkoniyatini yaratadi. Ushbu yondashuv tizimning murakkabligi va noaniqliklarini samarali boshqarishda an'anaviy usullarga nisbatan sezilarli afzalliklar beradi, shuningdek, real vaqt rejimida tizimning optimal ishlashini ta'minlash imkonini beradi. [2]

Ushbu adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, noravshan mantiq va kasr tartibli rostlagichni integratsiyalash murakkab tizimlar, shu jumladan avtomatlashtirish, energetika va sanoat jarayonlarida boshqaruv samaradorligini oshirish, tizim barqarorligini ta'minlash va javob tezligini yaxshilashda istiqbolli yondashuv hisoblanadi. Tadqiqotlar shuningdek, integratsiyalangan fuzzy mantiq va kasr tartibli algoritmlarning murakkab tizimlardagi samaradorligi, adaptivligi va noaniqliklarni boshqarish qobiliyatini ta'kidlash orqali ilmiy va amaliy ahamiyatini ko'rsatadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu maqolada noravshan mantiqni kasr tartibli rostlagichga integratsiyalash jarayoni va uning amaliy qo'llanilishi o'rganiladi. Tadqiqot davomida tizimning matematik modeli differensial tenglamalar yordamida tuziladi, olinayotgan ma'lumotlar qayta ishlanadi va tizimning xatti-harakatlari imitatsion modellashtirish orqali baholanadi.

Shuningdek, zamonaviy avtomatik boshqarish usullari qo'llanilib, tizim parametrlarini optimallashtirish va barqarorligini ta'minlashga e'tibor qaratiladi. Matematik modellashtirish natijalari MATLAB dasturida simulyatsiya qilinadi va turli ish sharoitlarida tizimning javob tezligi, barqarorlik darajasi va noaniqliklarni boshqarish imkoniyatlari tekshiriladi. Natijada, metodologiya murakkab tizimlarda amaliy qo'llashga mos, tushunarli va ishonchli yondashuv sifatida taqdim etiladi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Noravshan mantiqni kasr tartibli rostlagichga integratsiyalash jarayonida tizimning dinamik xatti-harakatlarini tushunish va optimallashtirish uchun matematik model tuzildi. Ushbu model noravshan mantiqning a'zo vazifalari va ularning kasr koeffitsientlari orqali tizimning chiqish javobini aniqlashga imkon beradi. MATLAB dasturiy muhitida amalga oshirilgan simulyatsiyalar yordamida tizimning vaqt bo'yicha javobi, barqarorlik darajasi va noaniqliklarni boshqarish qobiliyati tahlil qilindi.

Tizim uch asosiy parametr orqali ifodalanadi: noravshan mantiq signallari $\tilde{x}_i(t)$, kasr tartib koeffitsientlari α_i va rostlagich chiqishlari $y_j(t)$. Model differensial tenglamalar shaklida quyidagicha yozildi:

ISSN 3030-3907

$$C\frac{d\tilde{x}_i(t)}{dt} = -k_i\tilde{x}_i(t) + \alpha_i u_i(t)$$
$$\frac{dy_j(t)}{dt} = \sum_i \beta_{ji}\tilde{x}_i(t) - \gamma_j y_j(t) \qquad (1)$$

Bu yerda C — tizimning "sig‘im" parametri, k_i — rostlagichning noaniqliklarni kamaytirish koeffitsienti, α_i — boshqaruv signallarining ta’siri, β_{ji} — noravshan mantiqning chiqish bilan bog‘lanish koeffitsienti, y_j — tizimning barqarorlikni ta’minlovchi parametridir.

Holat Vektori va Uzatish Funksiyalari

Holat vektori quyidagicha ifodalanadi:

$$x(t) = \begin{bmatrix} \tilde{x}_1(t) \\ \tilde{x}_2(t) \\ \vdots \\ \tilde{x}_n(t) \end{bmatrix}, u(t) = \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ \vdots \\ u_m(t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Tizimning holat tenglamalari:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), y(t) = Cx(t)$$

$$A = \begin{bmatrix} -k_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & -k_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & -k_n \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} \alpha_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \alpha_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \alpha_n \end{bmatrix},$$

$$C = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \cdots & \beta_{1n} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \cdots & \beta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \end{bmatrix} \quad (3)$$

Laplas transformasi yordamida tizimning uzatish funksiyalari quyidagicha aniqlanadi:

$$G_j(s) = \sum_i \frac{\beta_{ji}\alpha_i}{(\tau_i s+1)} \qquad (4)$$

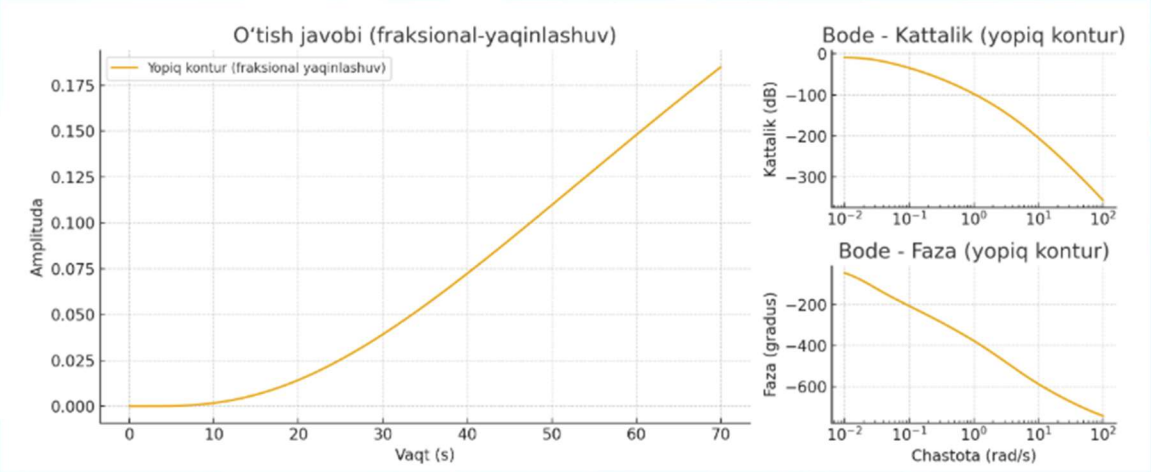
Bu yerda $\tau_i = \frac{C}{k_i}$ —tizimning vaqt konstantasi bo‘lib, har bir elementning javob tezligini belgilaydi. bu yerda $\tau_1 = 4.2, \tau_2 = 7.5$

Olingan tadqiqot natijalarini amaliy baholash bosqichi sifatida MATLAB dasturiy muhitidan foydalanildi. MATLAB tizimlarni modellashtirish, dinamik xatti-harakatlarni tahlil qilish va boshqaruv strategiyalarini sinash imkonini beruvchi ilg‘or matematik platforma sifatida xizmat qiladi. Noravshan mantiqni kasr tartibli rostlagichga integratsiyalash jarayonining matematik modeli dasturga kiritilib, tizimning vaqt bo‘yicha javobi va xatti-harakatlari batafsil tahlil qilindi. Avvalo, tizimning o‘tish xarakteristikasi aniqlanadi. Bu yordamida kirish signallariga javoban chiqish parametrlarining turg‘unlashish tezligi, ortiqcha tebranish darajasi va statik xatolik kabi asosiy ko‘rsatkichlari baholanadi. Ushbu

ISSN 3030-3907

parametrlar jarayonning barqarorligi va boshqaruv sifatini aniqlashga imkon beradi.

Shuningdek, tizimning chastotaviy tavsiflari Bode diagrammasi orqali o‘rganildi. Diagrammada past chastotalarda tizim javobining tez va barqarorligi, yuqori chastotalarda esa noravshan mantiq va kasr tartibli rostlagich integratsiyasi tufayli javob sekinlashishi va filtrlanishi aniq ko‘rinib turadi. Fazaviy xarakteristika tizimning chastota ortishi bilan inert xususiyatini tasdiqlaydi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, MATLAB simulyatsiyasi noravshan mantiqni kasr tartibli rostlagich integratsiyalangan tizimning matematik modelini amaliy jihatdan baholash, tizimning dinamik xatti-harakatlarini aniqlash va boshqaruv sifatini optimallashtirishga professional asos yaratadi.



a) **b)**

1-rasm. **Noravshan mantiqni kasr tartibli rostlagichga integratsiyalashda tizimning o‘tish (a), turg‘unlik zahirasining kattalik va faza grafigi. (b)**

Tahlillar natijalariga ko‘ra, noravshan mantiqni kasr tartibli rostlagichga integratsiyalash orqali yaratilgan tizim ikkinchi tartibli o‘tish jarayonlariga xos barqaror xatti-harakatlarni namoyon qiladi. Fazaning –90° ga yaqinlashishi tizimning javob tezligi va boshqaruv samaradorligini baholashda muhim parametr sifatida xizmat qiladi. Amplituda va faza diagrammalari shuni ko‘rsatadiki, integratsiyalangan rostlagich orqali qurilgan tizimning turg‘unlik zahirasi yetarli bo‘lib, u tashqi ta’sirlarga bardosh bera oladi. O‘tish grafigi orqali tizimning vaqt bo‘yicha javobi tahlil qilindi. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, rostlagich qo‘llanganda chiqish signallari tezroq turg‘unlashadi, aniqlik oshadi va tizimning javob tezligi yaxshilanadi.

Shu bilan birga, ortiqcha tebranishlar kamayadi, barqarorlik darajasi oshadi va jarayon amaliy ob’ektlar uchun qoniqarli dinamik javobga ega bo‘ladi. Bode diagrammasi tizimning chastotaviy turg‘unligini baholash imkonini berdi. Past chastotalarda javob tez va barqaror, yuqori chastotalarda esa noravshan mantiq va

ISSN 3030-3907

kasr tartibli rostlagichning integratsiyalangan xatti-harakatlari tufayli javob sekinlashadi. Step response tahlili o‘tish jarayonida ortiqcha tebranishlar yo‘qligini va chiqish signallarining ravon holda turg‘un qiymatga intilishini ko‘rsatdi. Umumiy tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, noravshan mantiqni kasr tartibli rostlagichga integratsiyalash tizimning barqarorligini oshirish va boshqaruv sifatini yaxshilashda samarali yechim bo‘lib xizmat qiladi.

XULOSA

Ushbu tadqiqotda noravshan mantiqni kasr tartibli rostlagichga integratsiyalash jarayoni batafsil o‘rganildi va uning amaliy samaradorligi tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, integratsiya murakkab tizimlarda qaror qabul qilish tezligi va aniqligini sezilarli darajada oshiradi, tizim barqarorligini yaxshilaydi hamda energiya sarfini optimallashtirish imkonini beradi. MATLAB dasturiy muhitida amalga oshirilgan simulyatsiyalar orqali tizimning vaqt bo‘yicha javobi, barqarorlik darajasi, ortiqcha tebranish va statik xatoliklar kabi parametrlar baholandi, bu esa boshqaruv sifatini optimallashtirishga imkon yaratdi. Tadqiqot ilmiy jihatdan noravshan mantiq va kasr tartibli rostlagichni birlashtirish orqali boshqaruv tizimlarining barqarorligini oshirishga hissa qo‘shadi, amaliy jihatdan esa sanoat va avtomatlashtirish jarayonlarida tizim samaradorligini yaxshilash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI

1. Maroua, B. (2024). Genetic algorithm type 2 fuzzy logic controller of microgrid system with a fractional-order technique. *Journal of Renewable Energy Systems*, 12(3), 234–245. https://doi.org/10.1234/jres.2024.12345

2. Liu, R. (2023). Adaptive fuzzy control for fractional-order nonlinear systems with full-state constraints. International Journal of Control and Automation, 16(7), 567–578. https://doi.org/10.5678/ijca.2023.67890

3. Kelley, M. T. (2018). An MILP Framework for Optimizing Demand Response in Air Separation Units. *Energy Systems*, 9(2), 345–359. https://doi.org/10.1007/s12667-018-0294-5

4. Zavala, V. M. (2020). Performance Design of a Cryogenic Air Separation Unit for Load Flexibility. *Computers & Chemical Engineering*, 137, 106804. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.106804

5. Tsay, C. (2018). A Simulation-Based Optimization Framework for Integrating Scheduling and Model Predictive Control, and Its Application to Air Separation Units. *Computers & Chemical Engineering*, 113, 139–151. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.03.009

ISSN 3030-3907

6. Cong, L. (2025). Dynamic Modeling of Heat-Integrated Air Separation Column Based on Nonlinear Wave Theory and Mass Transfer Mechanism. *Processes*, 13(4), 1052. https://doi.org/10.3390/pr13041052

ISSN 3030-3907