ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКИ

Серія: Технічні науки

№ 6, 2026

Видавничий дім
«Гельветика»
2026

Засновник – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1875 від 30.05.2024 року. Ідентифікатор медіа – R30-05214

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», (вул. Південне шосе, буд. 80, м. Запоріжжя, 69008, mip@metinvestholding.com, тел. (067) 76-04-954).

Друкується за рішенням Вченої ради ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» (протокол № 5 від 26.02.2026)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Грибков Е. П. (головний редактор) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургії та інноваційних технологій, ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Кухар В. В. (заступник головного редактора) – доктор технічних наук, професор, проректор з науково-дослідної роботи, ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Малій Х. В. (відповідальний секретар) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри металургії та інноваційних технологій, керівник науково-дослідного департаменту, ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Члени редакційної колегії:

Бейгельзімер Я. Ю. – доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник, Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О.Галкіна НАН України

Бондаренко А. О. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Грудкіна Н. С. – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри матеріалознавства, механіки та природничих наук, ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Пашинська О. Г. – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри матеріалознавства, механіки та природничих наук, ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Савченко Ю. В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій, Університет митної справи та фінансів

Чупринов Є. В. – кандидат технічних наук, доцент, в.о. ректора з наукової роботи, Державний університет економіки і технологій

Шаповал О. О. – доктор технічних наук, професор, старший дослідник, професор кафедри машинобудування, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського

Kalisz Dorota – PhD, доцент, професор, Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця, Польща

Kostryzhev A. – PhD, Університет Квінсленду, Австралія

Lypchanskyi O. – PhD, Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця, Польща

Taran A. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри доріг і мостів, Жешувська Політехніка ім. Ігнація Лукасевича, Польща

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки. Одеса : Видавничий дім «Гельветика». 2026. № 6. 280 с.

ISSN 3041-2080 (print)
ISSN 3041-2099 (online)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026

ЗМІСТ

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Олейнікова Ірина Веніамінівна, Цвєркунова Анастасія Миколаївна, Хоперський Сергій Васильович, Заєць Максим Олексійович
ЗАСОБИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ЗАБРУДНЕНОГО ПОВІТРЯ В ЗАКРИТОМУ ПРИМІЩЕННІ ЗА ДОПОМОГОЮ ДОДАТКОВОГО КОМПОЗИТНОГО ФІЛЬТРА AIR GUARD.....9

АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РОБОТОТЕХНІКА

Абрамова Алла Олександрівна, Гутовський Дмитро Васильович
СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНИХ РЕГУЛЯТОРІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЄМНИМИ ПРОЦЕСАМИ.....14

Воскобойник Євген Костянтинович
МЕТОДИКА КЕРУВАННЯ ТЕПЛОВИМ КОМФОРТОМ У ПРИМІЩЕННІ НА БАЗІ ДВОПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЯТОРА.....22

Моторний Анатолій Павлович, Костішин Сергій Володимирович, Кабачій Владислав Володимирович
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ГЛИБИННОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ RESNET-50 ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....30

Новаковський Павло Олександрович
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ УХВАЛЕННЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОГО ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЮ В ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМАХ.....42

Разживін Олексій Валерійович, Ісаєв Андрій Борисович, Коваленко Андрій Юрійович
МЕТОДИКА СИНТЕЗУ КОВЗАЮЧОГО НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА В РЕЖИМІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ.....52

Суботін Олег Володимирович, Койфман Олексій Олександрович, Сімкін Олександр Ісакович, Антіпов Максим Михайлович
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ В МАГІСТРАЛЬНОМУ ТРУБОПРОВОДІ.....58

Khilov Victor Serhiiovytch, Melnichuk Alina Vasilivina, Tropanets Andriy Oleksandrovych
CONTROL SYSTEM FOR DRILLING RIG MACHINE ELECTROHYDRAULIC FEED DRIVE.....65

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Arustamian Artem Serhiiovych, Dan Leonid Oleksandrovych
EFFECT OF Y_2O_3 ON THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF POLYMER-METAL MM «STAHL 1018» COMPOSITE.....72

Пашинська Олена Генріхівна, Пашинський Володимир Володимирович
ВПЛИВ ПРОКАТКИ ЗІ ЗСУВОМ НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИСПЕРСНОТВЕРДІЮЧОГО АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ.....84

Томіна Анна-Марія Вадимівна
ВПЛИВ ШВИДКОЗАГАРТОВАНИХ СПЛАВІВ AL-CO ТА AL-NI НА ПОКАЗНИК АБРАЗИВНОГО СТИРАННЯ ПОЛІЕФІРЕФІРКЕТОНУ.....91

Yaros Yuriy Olexandrovich, Boiko Ihor Olexandrovich
STABILITY OF ARC PROCESS AND METAL TRANSFER AT MULTI-ELECTRODE MMA CLADDING.....96

УДК 681.5:629.3
DOI https://doi.org/10.32782/3041-2080/2026-6-6

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ КОВЗАЮЧОГО НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА В РЕЖИМІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Разживін Олексій Валерійович,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизації,
електро- та робототехнічних систем
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
ORCID ID: 0000-0002-1371-2651
Scopus-Author ID: 57672166200

Ісаєв Андрій Борисович,
старший викладач кафедри автоматизації,
електро- та робототехнічних систем
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
ORCID ID: 0000-0002-5966-4886

Коваленко Андрій Юрійович
аспірант
Донбаської державної машинобудівної академії
ORCID ID: 0009-0000-1826-1266

У статті розглядається методика синтезу ковзаючого нечіткого регулятора в режимі спостереження. Найбільшого поширення ця методика знайшла тоді, коли повний вектор стану системи недоступний для вимірювання, але потрібно оцінити його для реалізації повного зворотного зв'язку за станом або для цілей діагностики. Найпоширеніший і теоретично обґрунтований підхід для виконання цього завдання – це синтез паралельного ковзаючого нечіткого регулятора. Застосування регулятора цього типу є одним із найпоширеніших засобів для керування роботами, БпЛА, електроприводами та всіх завдань, де потрібна висока точність і робастність до значних невизначеностей та збурень. Тобто ковзаючий нечіткий регулятор застосовується для об'єктів промислових автоматизованих систем управління технологічними процесами (далі – АСУ ТП), які характеризуються значною нелінійністю, параметричними змінами та зовнішніми збуреннями.

При синтезі регулятору запропоновано гібридні схеми на базі нечіткої логіки Mamdani, які усувають основний недолік класичного ковзаючого режиму – шляхом заміни релейного складника на плавну нечітку апроксимацію.

Наведено достатні умови стійкості та досягнення ковзаючого режиму у вигляді лінійних матрично-нечітких обмежень, які адаптовані для типових моделей АСУ ТП (аперіодичні ланки вищих порядків, об'єкти з розподіленими параметрами). Розглянуто адаптивний ковзаючий нечіткий регулятор з автоматичним підлаштуванням коефіцієнтів масштабування λ, що забезпечує неперервне керування та поліпшення якісних характеристик перехідного процесу. За результатами теоретичних досліджень при математичному моделюванні встановлено, що в разі збільшення коефіцієнта масштабування λ до значення 0,5 перехідний процес за керованим параметром набуває експоненціальної форми, що дає змогу зменшити динамічну помилку.

Ключові слова: *нечіткий регулятор, спостереження, ковзання, помилка, похідна, закон управління.*

Razzhyvin Oleksii, Isaiev Andrii, Kovalenko Andriy. Method of synthesis of a sliding fuzzy controller in the observation mode

The article considers the method of synthesis of a sliding fuzzy controller in the observation mode. This method is most widely used when the full state vector of the system is not available for measurement, but it is necessary to estimate it for the implementation of full state feedback or for diagnostic purposes. The most common and theoretically justified approach to solving this problem is the synthesis of a parallel sliding fuzzy controller. The use of a controller of this type is one of the most common means for controlling robots, UAVs, electric drives and all tasks where high accuracy and robustness to significant uncertainties and disturbances are required. That is, the sliding fuzzy controller is used for objects of industrial automated process control systems (ACS TP), which are characterized by significant nonlinearity, parametric changes and external disturbances.

When synthesizing the controller, hybrid schemes based on Mamdani fuzzy logic are proposed, which eliminate the main drawback of the classical sliding mode – by replacing the relay component with a smooth fuzzy approximation.

Sufficient conditions for stability and achievement of the sliding mode are given in the form of linear matrix-fuzzy constraints, which are adapted for typical models of ACS TP (aperiodic links of higher orders, objects with distributed parameters). An adaptive sliding fuzzy controller with automatic adjustment of scaling factors λ is considered, which provides continuous control and improvement of the qualitative characteristics of the transient process. According to the results of theoretical studies in mathematical modeling, it was established that when the scaling factor λ increases to a value of 0.5, the transient process for the controlled parameter acquires an exponential form, which allows reducing the dynamic error.

***Key words**: fuzzy controller, observation, slip, error, derivative, control law.*

Вступ. Нечіткий регулятор (далі – НР) відрізняється від класичного тим, що може реалізувати нелінійний закон управління, який описуватиметься законом керування у двомірному або тривимірному просторі.

Метою проведення досліджень є створення методики синтезу ковзаючого нечіткого регулятора в режимі спостереження з використанням редактора системи нечіткого висновку, а також дослідження впливу відстані до лінії перемикання.

Матеріали та методи дослідження. Розглянемо цифрову реалізацію НР з пропорційно-диференціальним (далі – НР ПД) законом управління, ураховуючи те, що замість похідної помилки управління розглядається її збільшення $\Delta e(t)$, тоді поведінку НР можна описати виразом [2]:

$$u(t) = F_л\left(e(t), \Delta e(t)\right),$$

де $F_л$ – лінгвістичний закон управління, заданий набором правил.

За певних умов НР ПД може бути еквівалентний класичному ПД-регулятору. Для забезпечення вищої якості роботи НР ПД щодо класичного регулятора потрібно правильно описати основні правила та вибрати розташування термів лінгвістичних змінних. Основні правила можна вибрати на основі якісного аналізу перехідного процесу.

Помилка управління регулятора обчислюється за формулою

$$e(t) = g(t) - y(t).$$

Негативне значення помилки $e(t)$ означає, що вихідний сигнал $y(t)$ більше уставки $g(t)$, і його потрібно зменшувати, позитивне значення $e(t)$) означає, що вихідний сигнал менший за уставку, і його потрібно збільшувати. Нульове значення $e(t)$ відповідає, очевидно, рівності $g(t)$ та $y(t)$ [3; 4].

Розглянемо збільшення помилки управління:

$$\Delta e(t) = e(t) - e(t-1) = g(t) - y(t) - g(t) + y(t-1) = y(t-1) - y(t)$$

Позитивний знак $\Delta e(t)$ означає, що вихідний сигнал зменшується. Негативне значення $\Delta e(t)$ означає, що вихідний сигнал збільшується. Нульове значення $\Delta e(t)$ відповідає постійному вихідному сигналу [3; 4].

Описані принципи формування законів управління приведено на рис. 1, як відображення таблиці лінгвістичних змінних на фазову площину при 5 термах, що описують кожну змінну.

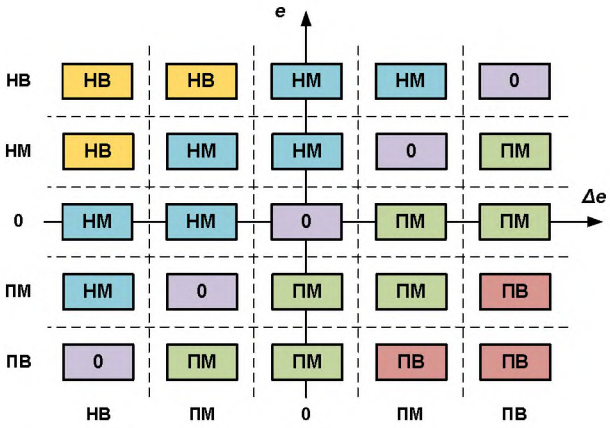


Рис. 1. Відображення закону управління фазову площину

Як свідчить рис. 2, величина модулі сигналу управління пропорційні відстані від прямої $e = \Delta e$. На використанні цієї особливості заснований ковзаючий режим нечіткого регулятора.

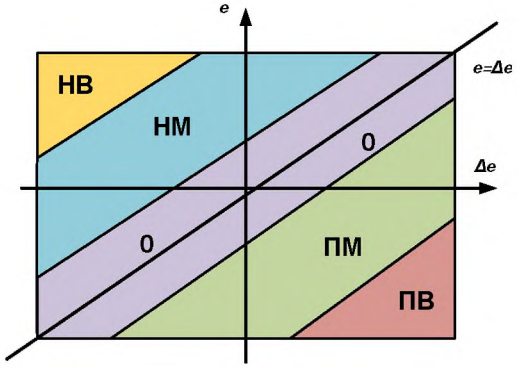


Рис. 2. Різні області сигналу керування на фазовій площині

Ковзаючий режим управління – робастний метод управління нелінійними системами в умовах невизначеності, який застосовують для об'єктів без істотного запізнення [1].

Виділимо на фазовій площині області, де управління однакове (рис. 2).

Розглянемо нелінійний об'єкт з одним входом та одним виходом [2]:

$$x^{(n)} = f(X) + u;$$

$$X = \left(x, \dot{x}, \ldots, x^{(n)}\right)^T,$$

де $u \in R$ – основний вхід; $x \in R$ – вихід, $X \in R^n$ – вектор стану.

Невизначеність моделі описується функцією:

$$f(X) = \hat{f}(X) + \Delta f(X);$$

$$\Delta f(X) \le F(X)$$

де оцінка $\hat{f}(X)$ та $F(X)$ – відомі; $\Delta f(X))$ – невідома величина.

Мета управління полягає у виробленні такого сигналу зворотного зв'язку $u = u(X)$, щоб стан системи X наближався до бажаного стану X_d, тобто.

$$e = X - X_d \to 0.$$

Визначимо скалярну функцію [2]

$$S(X,t) = \left(\frac{d}{dt} + \lambda\right)^{n-1} e = e^{(n-1)} + C_{n-1}^1 \lambda e^{(n-2)} + C_{n-1}^2 \lambda^2 e^{(n-3)} + \ldots + \lambda^{(n-1)} e$$

де λ – позитивна константа.

Рівняння при $s(X,t) = 0$ визначає залежну від часу перемикальну поверхню в просторі станів R^n. Для системи другого порядку ($n = 2$) поверхня ковзання $S(t)$ визначається виразом

$$S(X,t) = \dot{e} + \lambda e = \dot{x} + \lambda x - \dot{x}_d - \lambda x_d = 0$$

Рівняння має єдине рішення $e(t) = 0$ за нульових початкових умов $e(0) = 0$. Проблема керування траєкторією зводиться до завдання забезпечення умови ковзання:

$$\frac{1}{2}(s)^2 \le -\eta |s|$$

де η – позитивна константа.

Інакше кажучи, для того щоб у системі існував ковзний режим, необхідно сформувати управління так, щоб точка, що зображає, один раз потрапивши на поверхню ковзання, вже не могла зійти з неї і далі рухалася тільки вздовж цієї поверхні. Нехай у деякий момент часу $S > 0$, тоді похідна за часом dS/dt (швидкість зміни S) має бути негативною. У цьому разі S (відхилення від поверхні ковзання) буде зменшуватися до нуля, тобто зображувальна точка буде рухатися в напрямку до S. Нехай далі точка перетину поверхню дорівнює 0 і тепер $S < 0$. Відповідно, повинно змінитися значення похідної ($dS/dt > 0$). У цьому разі зображувальна точка буде рухатися назад у напрямку до поверхні ковзання [2].

Зазначимо, що режим ковзання вимагає опису фазової траєкторії бажаної системи (лінії ковзання). Якщо реальна фазова траєкторія перетинає бажану фазову траєкторію, сигнал управління перемикається. Перемикання можуть відбуватися з дуже великою (теоретично нескінченною) частотою, утримуючи при цьому перехідний процес на лінії ковзання. При зміні властивостей об'єкта змінюється лише частота перемикання сигналу управління, а траєкторія, вздовж якої проходить рух, залишається незмінною.

Так, можна вважати, що задана лінія перемикання проходить там, де значення сигналу управління дорівнює нулю. Вище та нижче цієї лінії сигнал керування має різні знаки, а його модуль пропорційний відстані від цієї лінії (рис. 3):

$$S : \Delta e + \lambda e = 0.$$

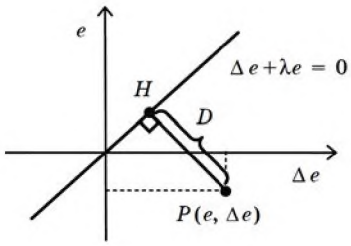


Рис. 3. Відстань до лінії перемикання

Розглянемо розрахунок дистанції від точки у фазовому просторі до лінії перемикання (рис. 3 де H – точка перетину лінії перемикання і перпендикуляра, проведеного до цієї лінії з точки P). Відстань розраховується за відомими формулами (замість похідної – використано збільшення) [2]:

$$d = \sqrt{(e - e_1)^2 + (\Delta e - \Delta e_1)^2} = \frac{|\Delta e_1 + \lambda \Delta e_1|}{\sqrt{1 + \lambda^2}}.$$

Ураховуючи знак, відстань можна описати формулою:

$$D = sgn(S)\frac{|\Delta e_1 + \lambda \Delta e_1|}{\sqrt{1 + \lambda^2}} = \frac{\Delta e_1 + \lambda \Delta e_1}{\sqrt{1 + \lambda^2}},$$

де

$$sgn(S) = \begin{cases} 1, якщо S > 0; \\ -1, якщо S < 0. \end{cases}$$

Так, завдяки використанню відстані до лінії перемикання зі знаком можна описати нечіткий закон управління таблицею (див. табл. 2).

Таблиця 2

Одномірний нечіткий закон управління

D	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
D^*	НВ	НМ	0	ПМ	ПВ
U^*	НВ	НМ	0	ПМ	ПВ

У табл. 2 величина D^* визначає лінгвістичне значення відстані, а U^* – лінгвістичне значення

сигналу управління. Число правил, що описують нечіткий закон управління, скорочується в п'ять разів (порівняно з таблицями нечітких правил синтезу нечітких ПД- та ПІ-регуляторів). У цьому полягає основна перевага використання ковзного режиму НР. Справді, величини x_i, зазначені в табл. 2, є центрами відповідних термів, і нечіткий закон управління вимагає завдання всього 5 параметрів, а не 25.

Лінію перемикання можна описати й у випадку, коли на вході регулятора подається більше двох вхідних змінних. У загальному випадку перемикальна поверхня задається рівнянням:

$$S = e^{(n-1)} + \lambda_{n-1}\lambda e^{(n-1)} + \ldots + \lambda_2 \dot{e} + \lambda_1 e = 0$$

Відповідно, відстань до лінії перемикання визначається [2]:

$$D = \frac{e^{(n-1)} + \lambda_{n-1}\lambda e^{(n-1)} + \ldots + \lambda_2 \dot{e} + \lambda_1 e}{\sqrt{1 + \lambda_{n-1}^2 + \ldots + \lambda_2^2 + \lambda_1^2}}. \quad (1)$$

Отже, змінюється лише формула обчислення відстані, а алгоритм нечіткого управління залишається тим самим, і завдання проєктування НР значно спрощується.

Результати. Розглянемо моделювання роботи НР у режимі спостереження. Нехай об'єкт управління заданий передавальною функцією

$$W = \frac{6{,}5}{0{,}02p^2 + 0{,}4p + 1}.$$

На рис. 4 представлена схема математичного моделювання в MatLab Simulink з ковзаючим НР у режимі спостереження.

Вхідний сигнал НР формується відповідно до (1). За нечіткий закон управління відповідає табл. 2. При рівномірному розташуванні термів вхідно-вихідних лінгвістичних змінних завдання конструювання НР зводиться до правильного вибору коефіцієнта λ.

Синтезуємо *Fuzzy Logic Controller* у режимі спостереження. У головному вікні редактора *FIS editor* налаштовується система нечіткого логічного висновку *Mamdani*: вид імплікації (*min*), спосіб агрегування висновків правил (*max*) та метод дефазифікації (*centroid*). Діапазон вхідної та вихідної змінної задається з розміром базової шкали (Range= [-1 1]). Для опису вхідних та вихідних логічних змінних для кожної змінної застосовано трикутну функцію належності (див. рис. 5).

Розміщення термів лінгвістичних змінних: вхідної *D** та вихідної *U** наведено на рис. 6.

Опис правил нечіткого закону управління реалізовано в *Rule Editor*, згідно з табл. 2:

1. if (input1 is NBD) then (output1 is NBu) (1)
2. if (input1 is NSD) then (output1 is NSu) (1)
3. if (input1 is ZD) then (output1 is Zu) (1)
4. if (input1 is PSD) then (output1 is PSD) (1)
5. if (input1 is PBD) then (output1 is PBU) (1)

На математичної моделі системи управління (див. рис. 4) із застосуванням функціонування НР у режимі спостереження (ковзаючого регулятора) отримано графік перехідного процесу при різних коефіцієнтах λ (див. рис. 7).

Висновки. Проведений порівняльний аналіз графіків перехідного процесу в системі управління з використанням нечіткого регулятору в режимі спостереження при різних коефіцієнтах λ довів, що

1) при збільшенні коефіцієнта λ до значення 0,5 перехідний процес за керованим параметром набуває експоненціальної форми, що дає змогу зменшити динамічну помилку;

2) при зменшенні коефіцієнта λ графік перехідного процесу набуває коливальної форми, що приводить до збільшення динамічної помилки, а також зменшення швидкодії системи управління при відпрацюванні збурень.

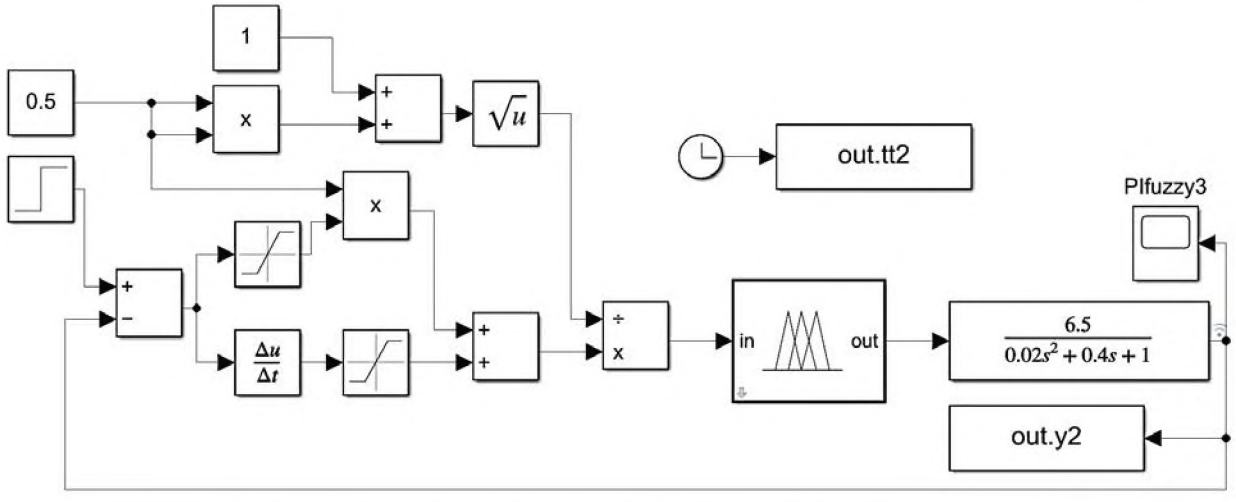


Рис. 4. Математична модель НР у режимі спостереження

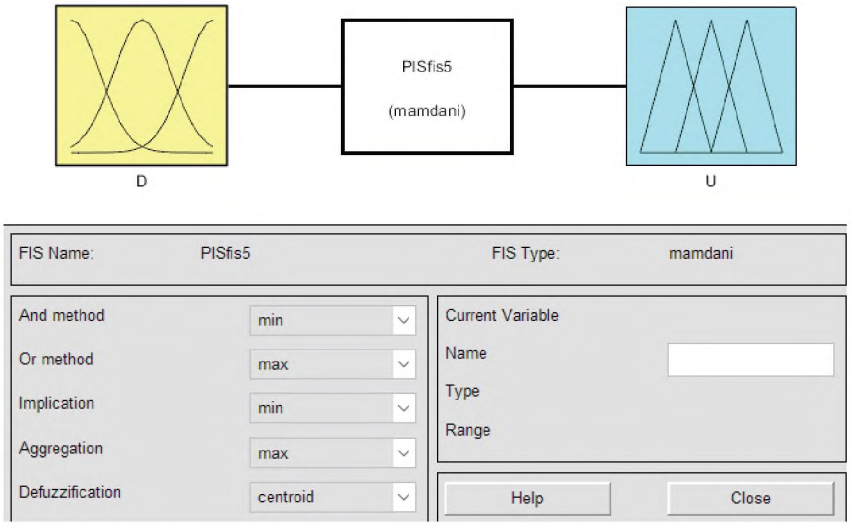
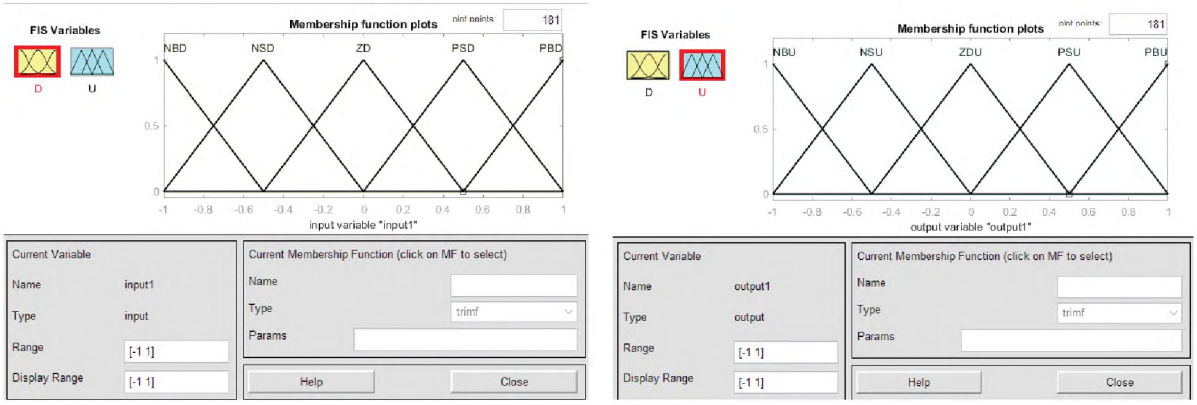


Рис. 5. Налаштування інтерфейсу FIS editor



а) б)

Рис. 6. Результат налаштування функцій належності лінгвістичних змінних: а) вхідної *D; б) вихідної *U****

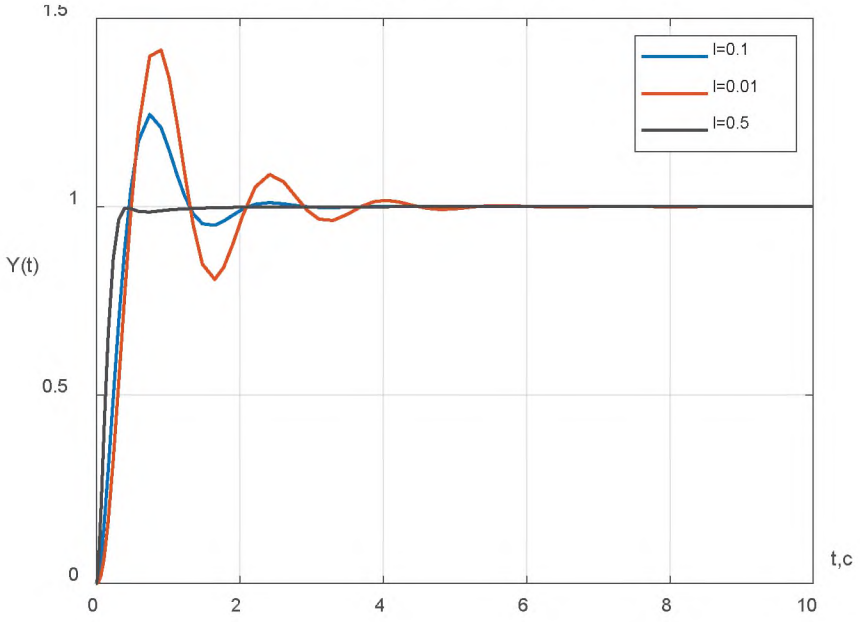


Рис. 7. Графік перехідного процесу для синтезованого НР при різних коефіцієнтах λ

ЛІТЕРАТУРА:

1. Новіков П. В., Бунке О. С. Інтелектуальна система керування інерційними технологічними параметрами на базі fuzzy-релятора. Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики: XV міжнар. наук.-прак. конф. асп., маг. і студ. : мат. конф. Київ, 2017. С. 31–32.

2. Нейронні мережи в системах автоматизації: курс лекцій / Уклад. О. В. Разживін. Запоріжжя : ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка», 2023. 296 с.

3. Разживін О. В., Ільїнський М. І. Синтез нечіткого супервізора, корекцій коефіцієнтів ПІД-регулятора на підставі інформації про помилку та її похідну. *Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки.* 2025. № 3. С. 74–82. DOI https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-3-9

4. Разживін О. В., Залятов А. Ф., Сердюк Т. В., Ільїнський М. І. Супервізорне управління з інкрементальною зміною коефіцієнтів регулятора. *Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки*. 2025. № 4. С. 119–125. DOI https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-4-15

REFERENCES:

1. Novikov, P. V., & Bunke, O. S. (2017). Intelektual'na systema keruvannya inertsiynymy tekhnolohichnymy parametramy na bazi fuzzy-relyatora [Intelligent control system for inertial technological parameters based on fuzzy relator]. Suchasni problemy naukovoho zabezpechennya enerhetyky: XV mizhnar. nauk.-prak. konf. asp., mah. i stud. : mat. konf., 31–32 [in Ukrainian].

2. Razzhyvin, O. V. (2023). Neyronni merezhy v systemakh avtomatyzatsiyi: kurs lektsiy [Neural Networks in Automation Systems: Course of Lectures]. Zaporizhzhya: TOV «Tekhnichnyy universytet «Metinvest politekhnika», 296 p. [in Ukrainian].

3. Razzhyvin, O. V., & Ilyinskyy, M. I. (2025). Syntez nechitkoho supervizora, korektsiy koefitsiyentiv PID-rehulyatora na pidstavi informatsiyi pro pomylku ta yiyi pokhidnu [Synthesis of a fuzzy supervisor for correction of PID controller coefficients based on error and its derivative]. *Naukovyi Zhurnal Metinvest Politekhniky. Seriia: Tekhnichni nauky*, 3, 74–82. DOI https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-3-9 [in Ukrainian].

4. Razzhyvin, O. V., Zalyatov, A. F., Serdyuk, T. V, & Ilyinskyy, M. I. (2025). Supervizorne upravlinnia z inkrementalnoiu zminoiu koefitsiientiv rehuliatora [Supervisory control with incremental change of controller coefficients]. *Naukovyi Zhurnal Metinvest Politekhniky. Seriia: Tekhnichni nauky*, 4, 119–125. DOI https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-4-15 [in Ukrainian].

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Дата першого надходження статті до видання: 10.12.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 29.12.2025
Дата публікації (оприлюднення) статті: 16.03.2026

Наукове видання

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКИ

Серія: Технічні науки

№ 6, 2026

Коректура • Ірина Чудеснова

Комп'ютерна верстка • Наталія Кузнєцова

Дата розміщення онлайн: 16.03.2026. Дата друку: 23.03.2026.
Формат 60x84/8. Гарнітура Arimo. Папір офсет. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 32,55. Замов. № 0226/144. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.