

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ
СПАЕ-2024**

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

25 квітня 2024 року

**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова**

**Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки
пр. Центральний, 3, м. Миколаїв**

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Миколаїв • НУК • 2024

УДК 681.5:621.3
С 89

Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами.

Претензії до організаторів не приймаються.

Відповідальний за випуск А.В. Обрубов

Сучасні проблеми автоматики та електротехніки: матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2024. – 68 с.

У збірці представлені матеріали доповідей на всеукраїнській НТК "Сучасні проблеми автоматики та електротехніки" СПАЕ-2024. Розглянуто питання теорії, практики та розвитку електроенергетичних систем, електричних та електронних пристроїв суднового та загальнопромислового обладнання. Збірник може бути корисним для наукових співробітників, викладачів, інженерів та студентів.

ОРГАНІЗАТОРИ:

Міністерство освіти і науки України

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2024

перевищує 46 дБ. Вихідний опір також вражає: посилення підсилювача сприяє як придушенню пульсацій, а й активно знижує вихідний опір. Для досягнення таких характеристик потрібний лише трансформатор середнього розміру.

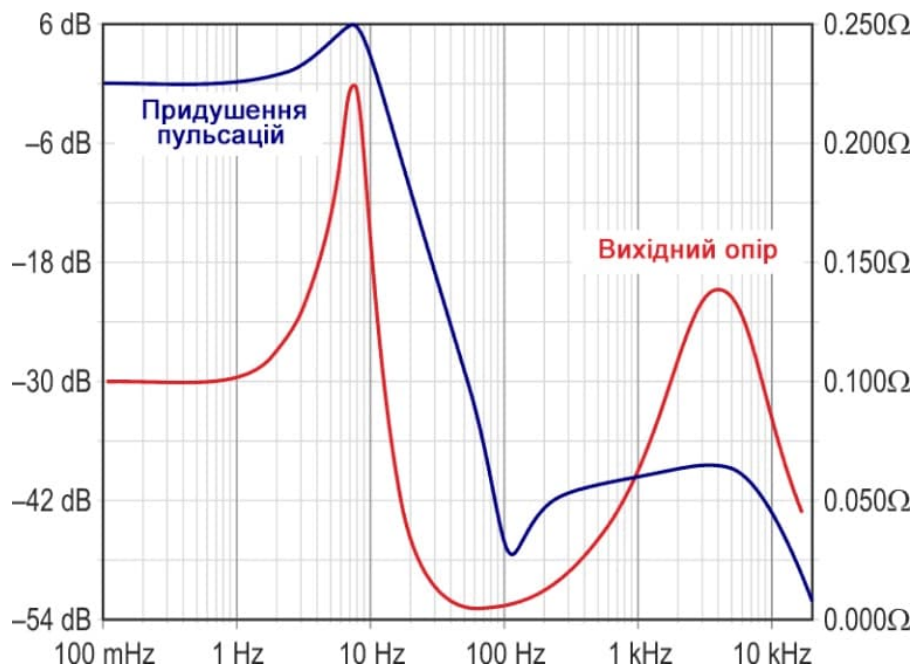


Рисунок 3 – Вихідний опір та придушення пульсацій

Єдині втрати обумовлені резистором R5 та опором вторинної обмотки трансформатора. Вони можуть бути не нульовими, але вони настільки малі, що майже у 50% випадків схема має негативне падіння напруги.

Список використаних джерел

1. Henry Ott. Noise Reduction Techniques in Electronic Systems, Second edition, New York, John Wiley and Son, 1998.
2. Ultralow Power, Rail-to-Rail Output Operational Amplifiers OP181/281/481 – Datasheet – Analog Device <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/obsolete-data-sheets/1792222op181.pdf>
3. MicroConverter®, Dual-Channel 16-Bit ADCs with Embedded Flash MCU ADuC816/810 – Datasheet – Analog Device <https://www.analog.com/en/products/aduc816.html>
4. Wide Temperature Three-Pin Adjustable Regulator LM317-N-MIL – Datasheet – Texas Instruments https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317-n-mil.pdf?ts=1713344929149&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.mouser.it%252F
5. P-Channel Logic Level Enhancement Mode Field Effect Transistor NDP6020P – Datasheet – Onsemi <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/ndp6020p-d.pdf>
6. Precision Voltage Regulator Controller ADP3310 – Datasheet – Analog Device <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/adp3310.pdf>

УДК 519.6

Верещаго Є. М., к.т.н., Стогнієнко Є. В., Зівенко О. В., к.т.н., Єременко А. П.
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

СТВОРЕННЯ НЕЙРО-НЕЧІТКОГО КОНТРОЛЕРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ДЖЕРЕЛОМ ЖИВЛЕННЯ

Система керування для джерела живлення, що працює на дугове навантаження має забезпечувати стійкість в умовах змінних параметрів об'єкта керування і дії перешкод [1]. З цієї метою застосовують, серед інших методів, нечітке керування на основі експертних знань. Воно дає змогу адаптувати системи без точних моделей, що робить його кращим для регулювання складних об'єктів, схильних до зовнішніх збурень [2].

Розроблення нечіткого регулятора вимагає значних зусиль для створення функцій приналежності й бази правил [2, 3]. Застосування адаптивної нейро-нечіткої системи висновків (ANFIS), представленої 1993 року Янггом [4], спрощує розроблення систем на основі нечіткого керування, оскільки її легко налаштувати на основі наявного набору даних [5].

Нейромережі можуть за допомогою машинного навчання розпізнавати складні шаблони та закономірності в даних [6, 7]. Це дає змогу ANFIS апроксимувати нелінійні функції [8] та вивчати взаємозв'язки у вхідних даних [9]. Як зазначено в [4] нечіткі нейронні мережі здатні з високою точністю апроксимувати будь-який об'єкт керування.

Окрім спрощення процесу налаштування, це може забезпечити більшу точність керування [10]. Мало того, на відміну від інших алгоритмів на основі машинного навчання, правила ANFIS можна легко зрозуміти [11, 12], а для роботи такого контролера потрібно значно менше обчислювальних потужностей [13].

Мета роботи полягає в базовому дослідженні процесу навчання нейро-нечіткого контролера, його особливостей та ефективності в порівнянні з традиційним ПІД регулятором із погляду забезпечення стабільності струму на виході.

Аналіз літератури, проведений вище, показав помітні переваги ANFIS, серед яких адаптивність, стійкість в умовах перешкод, гарне співвідношення якості керування до обчислювальних витрат, зрозумілість внутрішньої логіки прийняття рішень. Усе це вказує на потенційну перспективність застосування нейро-нечіткого керування для джерела живлення, що працює на дугове навантаження.

Навчання ANFIS виконують на основі набору даних, отриманого експериментально або в результаті симулювання [5]. ANFIS працює з нечіткою моделлю Sugeno, параметри якої налаштовуються типово використовуючи градієнтний спуск та оцінку найменших квадратів [4].

Для отримання набору даних для навчання нейромережі нейро-нечіткого контролера створено систему з ПІД регулятором. Після навчання нейро-нечіткого контролера модель доповнено аналогічною системою з нечітким контролером для порівняння. Отриману схему системи керування зі зворотним зв'язком показано на рис. 1.

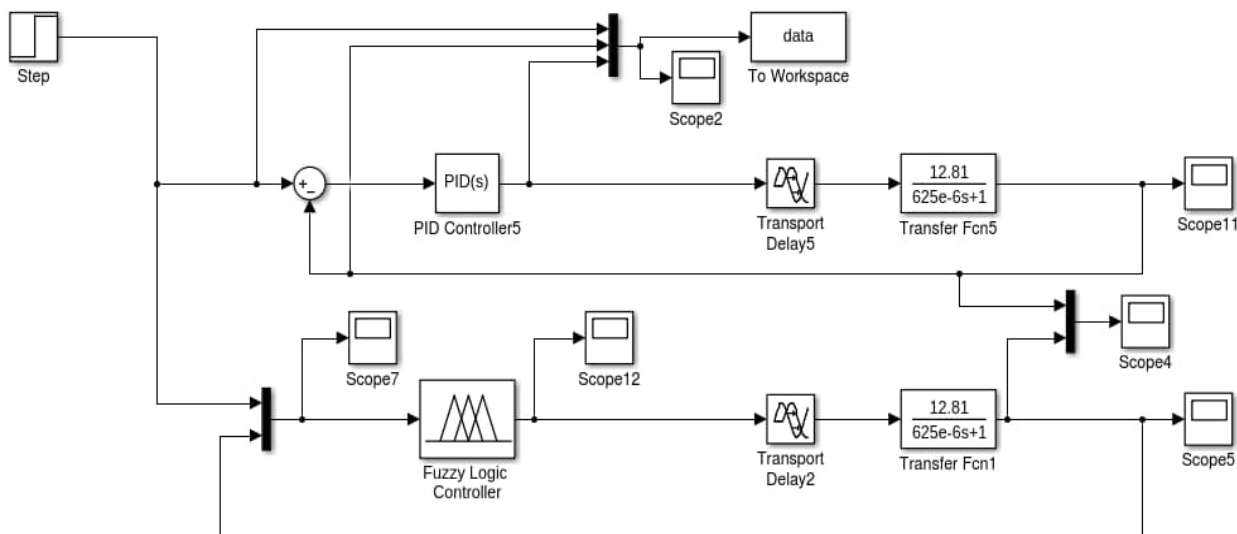


Рисунок 1 – Схема системи керування

Ключові елементи схеми на рис. 1:

- Блоки «Transport Delay» та «Transfer Fcn» реалізують модель поведінки джерела живлення.
- ПІД-контролер реалізує керування за допомогою пропорційно-інтегрально-диференціального контролера. Входом є різниця між заданим струмом і отриманим на виході системи.
- Експортна змінна «data» використовується для накопичення даних для навчання нейромережі.
- Блок «Fuzzy Logic Controller» реалізує керування за допомогою нечіткої логіки, створеної нейромережею. Входами є заданий і отриманий на виході системи струми.
- Далі буде розглянуто навчання нейромережі за допомогою інструмента Neuro-Fuzzy Designer для створення нечіткого регулятора.

На інтерфейсі Neuro-Fuzzy Designer (рис. 2) показано графік «Помилка навчання», який відображає зменшення помилки протягом заданої кількості епох (ітерацій навчання). Збільшення цього значення до певної межі (в нашому випадку приблизно до 75) призводить до зменшення помилки. Втім, надто велике значення може призвести до перенавчання, коли система стає більш чутливою до змін параметрів [5]. Праворуч відображається інформація ANFIS, де зазначено, що є 2 входи та 1 вихід.

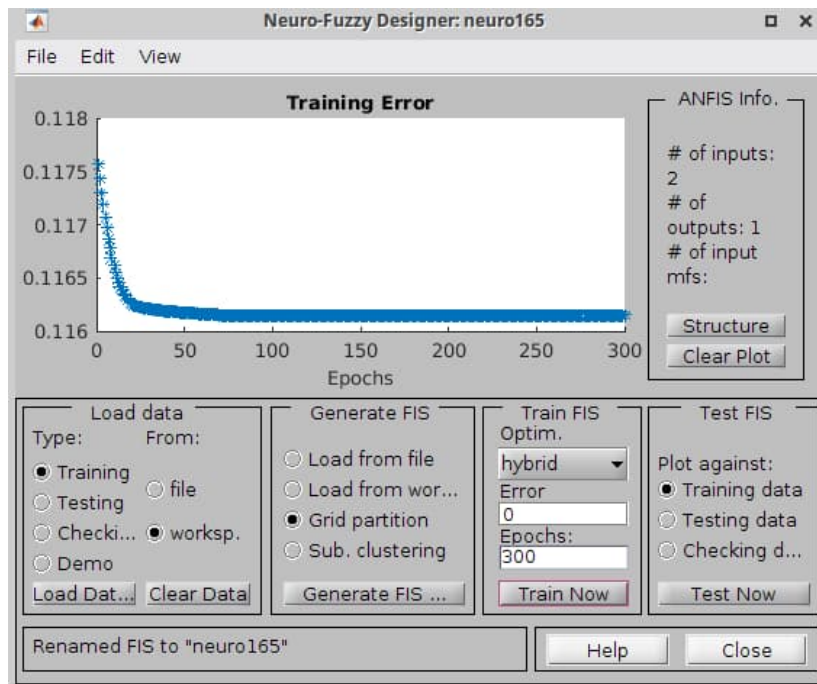


Рисунок 2 – Графік помилки навчання

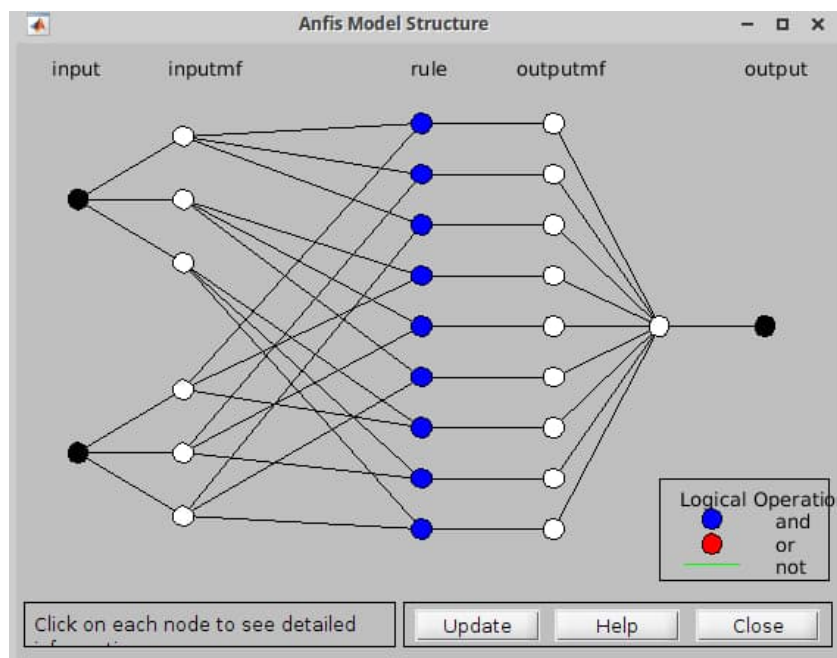


Рисунок 3 – Структура нейро-нечіткої мережі

Рис. 3 представляє структуру моделі ANFIS. Основні компоненти архітектури ANFIS такі [3, 4]:

1. **Вхід (input):** Тут вводяться дані, на основі яких відбувається керування.
2. **Функції приналежності входу, фазифікація (inputmf):** Визначають, наскільки вхідні дані відповідають кожному з нечітких правил.
3. **Правила (rule):** Це серце системи, де визначаються логічні правила для виведення. У нашому випадку всі правила поєднані логічним «так», на що вказує синій колір вузлів.
4. **Функції приналежності виходу (outputmf):** Вони використовуються для перетворення нечітких висновків у чіткі виходи.
5. **Дефазифікація:** Підсумовування виходів усіх правил.
6. **Вихід (output):** Кінцевий результат – сигнал керування.

Лініями показано відповідність функцій приналежності до правил. Для кожної комбінації функцій приналежності входу існує правило й кожне правило пов'язане з окремою функцією приналежності виходу.

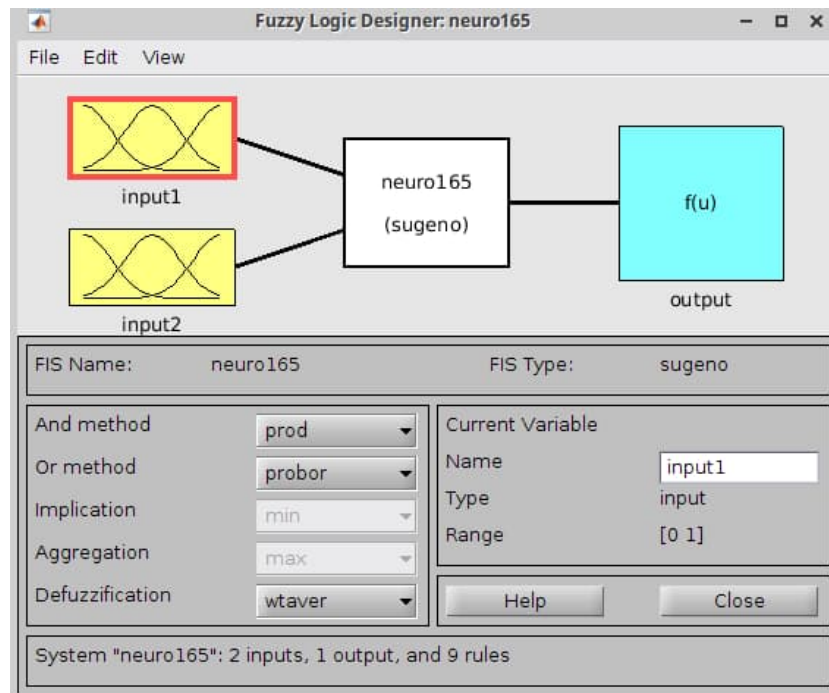


Рисунок 4 – Інтерфейс дизайнера нечіткої логіки

На інтерфейсі на рис. 4 представлено дизайнер нечіткої логіки. Можемо бачити загальну структуру нечіткого регулятора, використання методу Sugeno для нечіткого виведення. Також вказано, що система має 2 входи, 1 вихід, та 9 правил.

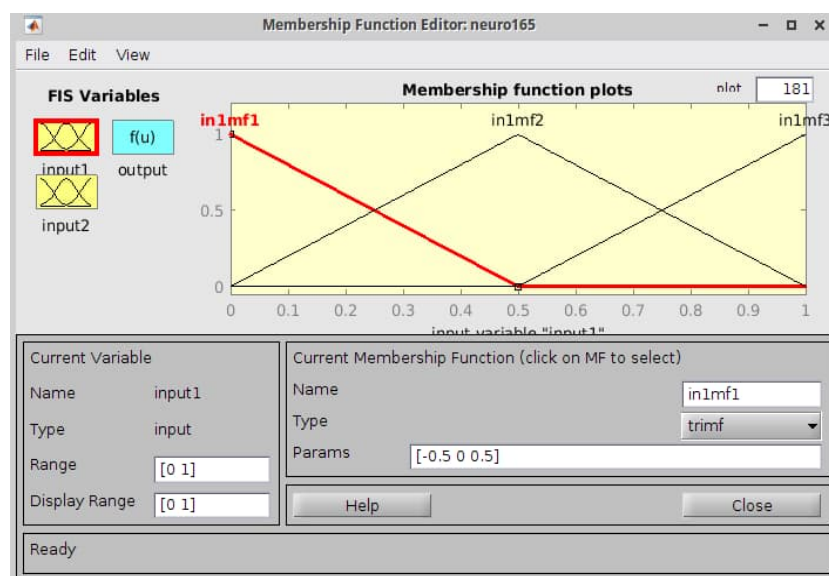


Рисунок 5 – Редактор функцій приналежності для input1

Она рис. 5 показано редактор функцій приналежності для input1. Трикутна функція приналежності, як правило, використовується для представлення лінгвістичних термінів, таких як «низький», «середній» або «високий». Вона характеризується трьома точками: лівою, центральною та правою, які визначають форму трикутника. Для «input1» використовується симетричний трикутник, тож значення рівномірно розподілені навколо центральної точки.

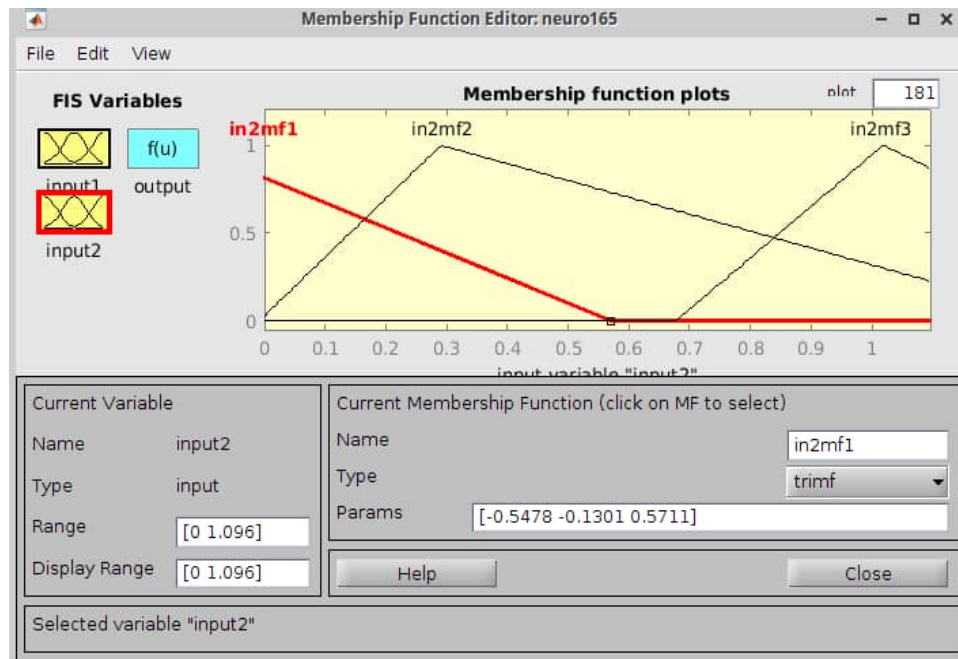


Рисунок 6 – Функції приналежності для «input2»

На рис. 6 показано функції приналежності для «input2» у редакторі. Форма функції приналежності для «input2» вказує на те, що лінгвістичні терміни, які вона представляє, мають нерівномірну відстань до меж відносно середнього значення.

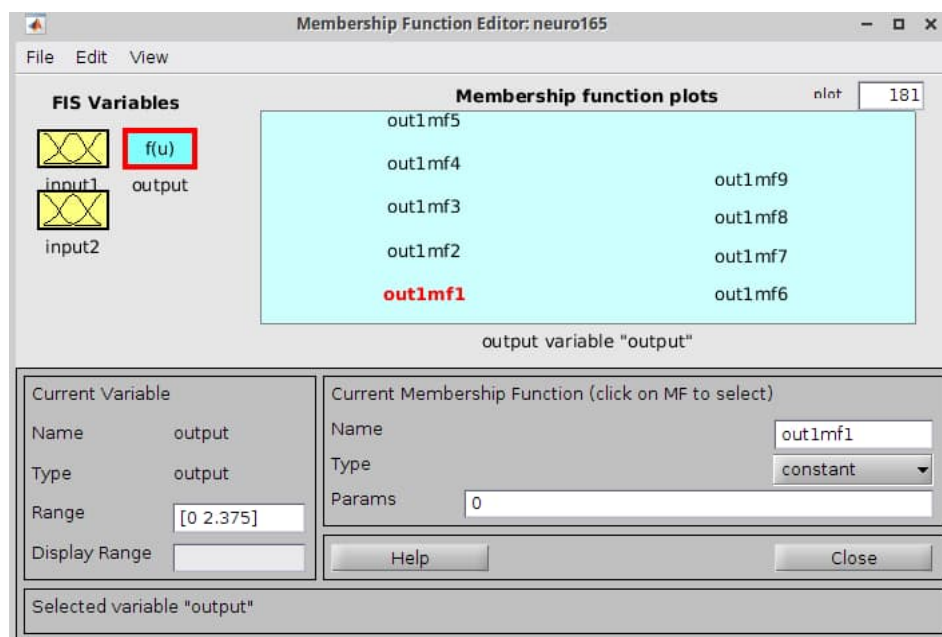


Рисунок 7 – Інтерфейс редактора функцій приналежності для виходу системи

На рис. 7 показано інтерфейс редактора функцій приналежності для виходу системи. Функції мають тип константи, тому подають на вихід фіксовані значення сигналу керування.

У таблиці 1 показано нечіткі правила. Вони використовуються для визначення логіки системи нечіткого керування. Кожне правило має формат «якщо (умова), то (висновок)», де умова включає функції приналежності для входних змінних, а висновок – функцію приналежності для вихідної змінної. У нашому випадку задано 9 правил: по одному для кожної комбінації функцій приналежності входу:

Таблиця 1. Нечіткі правила

input2 \ input1	in1mf1	in1mf2	in1mf3
in2mf1	out1mf1	out1mf4	out1mf7
in2mf2	out1mf2	out1mf5	out1mf8
in2mf3	out1mf3	out1mf6	out1mf9

Ці правила визначають, як входні дані перетворюються на вихідні, на основі лінгвістичних термінів, які представлені функціями приналежності. Наприклад, правило 1 є таким: «Якщо (input1 є in1mf1) та (input2 є

in2mf1), то (output є out1mf1)». Це означає, що якщо вхідні змінні input1 та input2 відповідають першим функціям приналежності своїх відповідних входів, то вихідна змінна output буде відповідати першій функції приналежності свого виходу.

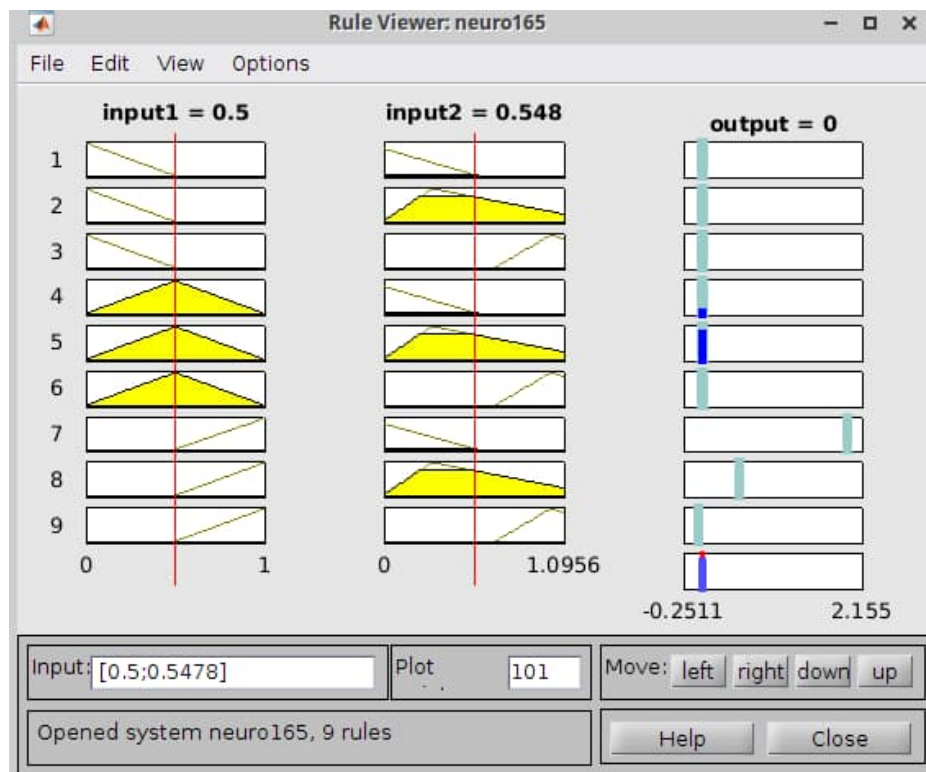


Рисунок 8 – Графічне подання переліку нечітких правил

На цьому зображенні (рис. 8) показано графічне подання переліку нечітких правил. Інтерфейс Rule Viewer візуалізує правила, які були визначені у Rule Editor. Він показує, як вхідні дані (input1 та input2) активують задані правила і впливають на вихідне значення (output). Візуалізація допомагає виявити та виправити будь-які помилки або несподівані поведінки в логіці системи.

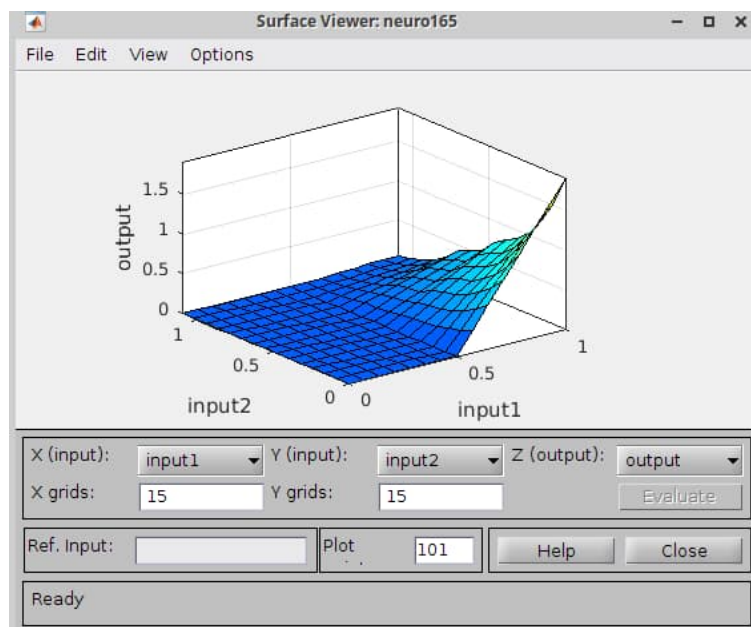


Рисунок 9 – Поверхнева діаграма нечіткої системи

На поверхневій діаграмі нечіткої системи (рис. 9) показано взаємозв'язок між двома вхідними змінними (input1 та input2) та однією вихідною змінною (output). Зміна кольору на діаграмі від темно-синього до зеленого вказує на зростання значення вихідної змінної. Темніші кольори відповідають нижчим значенням output, тоді як світліші кольори – вищим. Форма поверхні показує, як вихід змінюється відповідно до вхідних змінних. Гладка поверхня вказує на плавні переходи між правилами, а різкі зміни висоти означають різкі зміни в логіці виведення.

Ця діаграма є ключовим інструментом для аналізу та оптимізації систем нечіткої логіки, оскільки вона дозволяє візуалізувати та оцінити, як система реагує на різні вхідні дані, та визначити оптимальні налаштування для досягнення бажаних результатів.

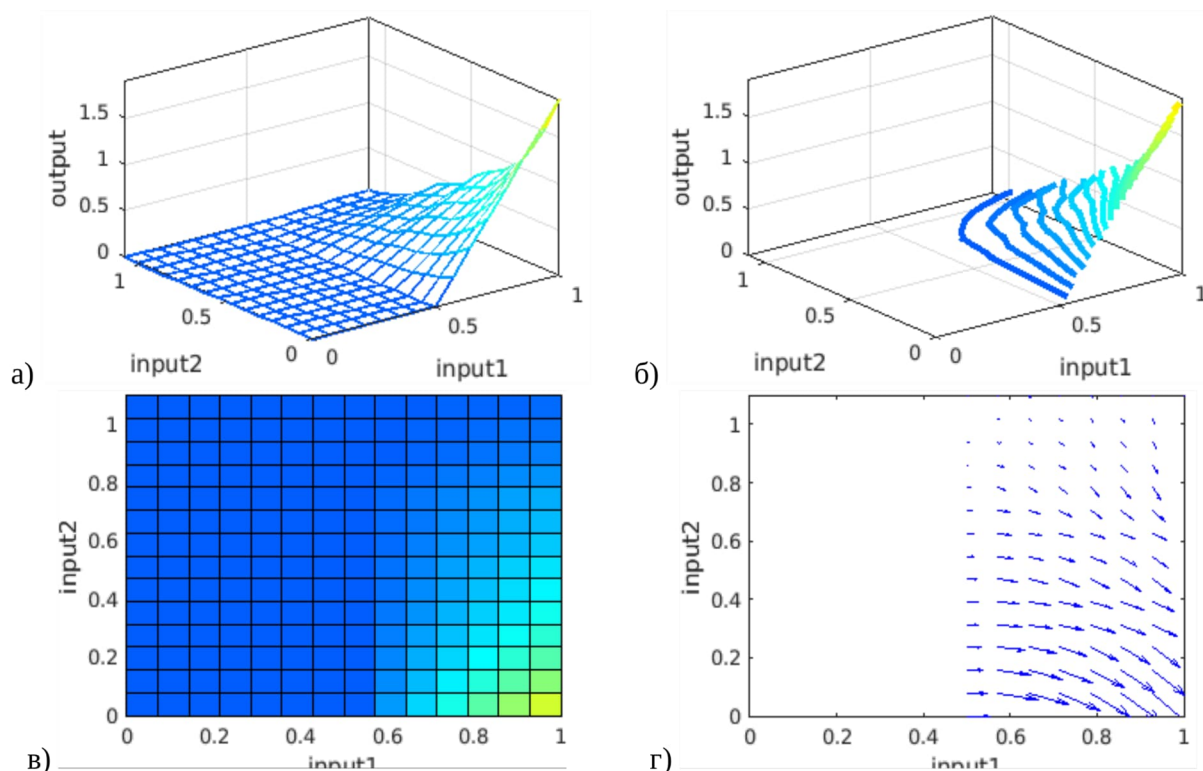


Рисунок 10 – Інші способи графічного подання нечіткої системи

На рис. 10 показано інші способи графічного подання взаємозв'язку між двома вхідними змінними (input1 та input2) та однією вихідною змінною (output) (а, б) та взаємозв'язку двох вхідних змінних (input1 та input2) між собою (в, г).

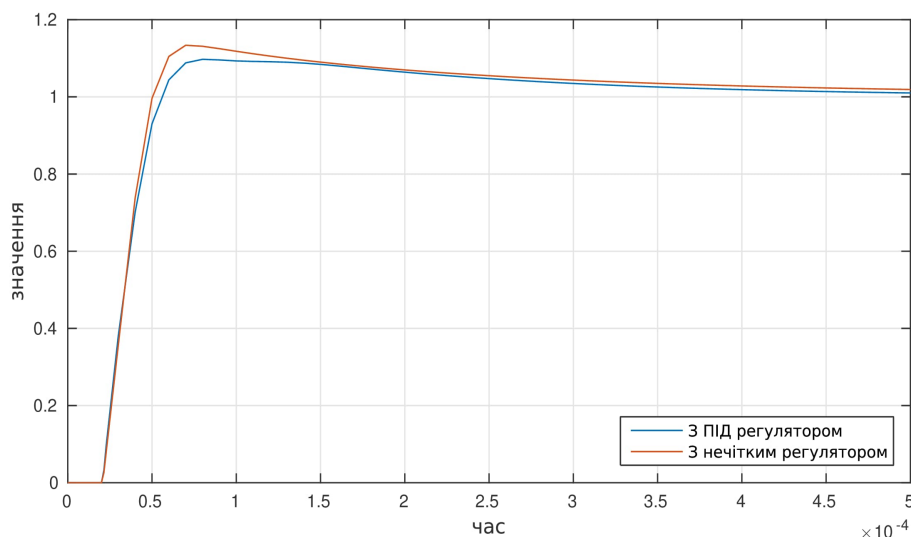


Рисунок 11 – Порівняння перехідного процесу

З рис. 11 видно, що перехідний процес із застосуванням нечіткого регулятора практично ідентичний перехідному процесу з еталонним ПІД регулятором. Певну різницю можна пояснити помилкою навчання.

Висновки. З аналізу результатів моделювання можна дійти висновку, що перехідні процеси з використанням обох регуляторів ідентичні за характеристиками. Це свідчить про успішне створення нечіткого регулятора за допомогою навчання ANFIS на наборі даних, отриманому в результаті симулювання роботи системи з ПІД регулятором. Відкритим питанням залишається порівняння регуляторів у різноманітних умовах і пошук можливостей покращення якості керування і, відповідно, перехідного процесу.

Список літератури

1. Схемотехника инверторных источников питания для дуговой сварки: Учеб. пособие для студ. / Е. Н. Верещаго [и др.]. – Николаев: Укр. гос. мор. техн. ун-т им. Адм. Макара., 2000. – 283 с.
2. Михайленко В. С. Анализ метода создания базы правил нечеткого регулятора по желаемой траектории переходного процесса ПИ - регулятора [Електронний ресурс] / В. С. Михайленко, А. Н. Харабет, Н. В. Даниченко // Технічні засоби і інформаційні технології у системах управління. – 2010. – Т. 1, № 1.
3. real knows engineering. Anfis Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Neuro Fuzzy Detail easiest Explanation – YouTube [Electronic resource], 2021 / real knows engineering. – Mode of access: <https://www.youtube.com/watch?v=POH1q9BKEps>. – Title from screen.
4. Salleh M. N. M. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System: Overview, Strengths, Limitations, and Solutions [Electronic resource] / M. N. M. Salleh, N. Talpur, K. Hussain // Lecture Notes in Computer Science. – [S. l.], 2017. – Pp. 527–535.
5. MathWorks. Neuro-Adaptive Learning and ANFIS – MATLAB & Simulink [Electronic resource] / MathWorks. – Mode of access: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/neuro-adaptive-learning-and-anfis.html>. – Title from screen.
6. Нейромережа: що це, як працює, найкращі приклади [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.gen.tech/post/sho-take-neiromerezhi>. – Назва з екрана.
7. Вікіпедія. Штучна нейронна мережа [Електронний ресурс] / Вікіпедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Штучна_нейронна_мережа. – Назва з екрана.
8. Wikipedia. Adaptive neuro fuzzy inference system [Electronic resource] / Wikipedia. – Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptive_neuro_fuzzy_inference_system. – Title from screen.
9. Полубехін А. А. Огляд нейро нечітких систем [Електронний ресурс] / А. А. Полубехін, А. Ю. Шафроненко // Період Трансформаційних Процесів В Світовій Науці: Задачі Та Виклики. – 2024. – С. 328–329.
10. Дранишников Л. В. Нечітке і нейромережеве моделювання в системах управління [Електронний ресурс] / Л. В. Дранишников // Грааль Науки. – 2021. – № 5. – С. 153–159.
11. Mosavi M.-R. Design of Efficient Adaptive Neuro-Fuzzy Controller Based on Supervisory Learning Capable for Speed and Torque Control of BLDC Motor / M.-R. Mosavi, A. Rahmati, A. Khoshsaadat // Przegląd Elektrotechniczny. – 2012. – Т. 88. – S. 238–246.
12. Akcayol M. A. Application of adaptive neuro-fuzzy controller for SRM [Electronic resource] / M. A. Akcayol // Advances in Engineering Software. – 2004. – Vol. 35, no. 3–4. – Pp. 129–137.
13. Nejad M. B. Adaptive neuro-fuzzy inference systems controller design on Buck converter [Electronic resource] / M. B. Nejad, S. M. Ghamari, H. Mollaei // The Journal of Engineering. – 2023. – Vol. 2023, no. 10. – Pp. e12316.

УДК 621.319.4

Гулько В. І., Танасова О. Д., Фещук Т. А.

Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, м. Миколаїв

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МІЦНОСТІ (РЕСУРСУ) ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ
ЗАНУРЮВАЛЬНИХ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ІМПУЛЬСНИХ КОНДЕНСАТОРІВ**

Забезпечення господарства України нафтою та газом завжди було актуальним завданням. У процесі експлуатації нафтових і газових свердловин кількість корисних копалин, що видобуваються з них, поступово зменшується. Це пояснюється зниженням проникності призабійної зони свердловини за рахунок накопичення різного роду відкладень.

Найбільш перспективним способом очищення призабійної зони та підвищення дебіту свердловин є навантаження призабійної зони імпульсним тиском, що виникає в результаті електричного розряду в рідині. Так, після обробки нафтових та газових свердловин занурювальними розрядно-імпульсними установками типу «Скиф», що створюються в ІПТ НАН України (ІПТ), видобуток нафти та газу зі свердловин відновлюється практично до проектної величини [1]. При цьому необхідно відзначити надзвичайно важкі умови експлуатації установок, особливо в частині робочої температури навколишнього середовища у свердловинах – до 80 °С для газових свердловин та до 100 °С для нафтових свердловин. Крім того, на відміну від розрядно-імпульсних установок загальнопромислового виконання, свердловинні пристрої мають виконання, що жорстко визначається специфічними функціональними особливостями, такими як транспортабельність, зовнішній діаметр установки, що визначається діаметром свердловини, мінімальні масогабаритні показники, при необхідності швидкого та зручного збирання та розбирання установки.

Одним із шляхів вирішення зазначених проблем є підвищення питомих енергетичних характеристик високовольтних імпульсних конденсаторів, що входять до складу занурювальних розрядно-імпульсних установок, (відношення енергії конденсатора, що запасається, до його об'єму) при збереженні величини сумарного напруження (ресурсу) конденсатора від початку його експлуатації до переходу в критичний стан.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНА СЕКЦІЯ.....	3
Обрубов А. В., Павлов Г. В., Вінниченко І. В. Особливості визначення передавальних функцій перетворювачів за обвідною	3
Козлов М. О., Жук Д. О., Жук, О. К., Лінченко В. В. Високочастотна модель системи загальносуднового асинхронного електропривода за схемою "АІН з ШІМ - АД".....	8
Дьяконов О. С., Воскобоєнко В. І. Крамаренко А. В. Перспективи впровадження САПР Еріан для розробки та виробництва судових головних розподільних щитів.....	14
Топалов А. М. Автономний робот для відбору та аналізу проб води	19
Костенко Д. В., Овсянников В. М. Використання сучасної судової сигналізації в навчальному процесі	20
Трешнюк А. І., Дьяконов О. С. Розробка системи дистанційного керування дроном.....	28
Прищепов Є. О. Удосконалення рефлектиметричного вимірювального перетворювача рівня.....	31
Демідов І. А. Побудова траєкторії руху МРО з урахуванням невизначеностей у вигляді перешкод.....	33
Горбов В. Ю. Робастно оптимальна система керування квадрокоптером в режимі руху програмованою траєкторією для задач моніторингу місцевості.....	34
Іхсанов Ш. М., к.т.н., доц., Пустовий А. О. Дослідження швидкості передачі та захист інформації в TCP/IP комунікаціях	37
СЕКЦІЯ 1. ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ.....	41
Бабкін Г. В., Овсянников В. М. Втілення перетворювачів постійного струму в потужнисулову енергетику	41
Чекунов В. К., Новограцький С. М. Особливості розрахунку перехідних процесів у гребній електричній установці змінного струму	45
Костюченко В. І., Меліхов Д. С., Новограцький С. М., Чекунов В. К. Втрати активної потужності в магнітопроводі при поперечному підмагнічуванні постійним струмом	47
Буряк В. С., Кудрявцев О. С. Компенсаційні стабілізатори з низькими втратами напруги	50
Верещаго Є. М., к.т.н., Стогнієнко Є. В., Зівенко О. В., Єременко А. П. Створення нейро-нечіткого контролера для керування джерелом живлення.....	52
Гулько В. І., Танасова О. Д., Фещук Т. А. Дослідження тривалої електричної міцності (ресурсу) діелектричної системи занурювальних високовольтних імпульсних конденсаторів	59
Гулько В. І., Танасова О. Д., Перекупка І. А. Створення енергоємних високовольтних імпульсних конденсаторів для занурювальних електророзрядних установок.....	62
Піряник А. Р., Солобута Л. В. Створення швидкодіючого радіомоста для передачі даних між комп'ютерами	65

Наукове видання

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ – 2024

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

25 квітня 2024 року

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
просп. Центральний, 3, м. Миколаїв

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

(українською мовою)

Відповідальний за випуск А.В. Обрубов
Комп'ютерна верстка А.В. Обрубов