

ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ З ПРЯМОЮ І ІНВЕРСНОЮ МОДЕЛЯМИ ОБ'ЄКТУ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Розглядаються методи побудови схеми управління з прямою і інверсною моделями об'єкту систем автоматичної стабілізації напруги на основі нечіткої логіки.

The methods of construction management scheme with direct and inverse object model of automatic voltage regulation based on fuzzy logic. 1.

1. ВСТУП

Аналіз науково-технічної літератури показує, що для успішного вирішення завдання підвищення якості управління енергогенеруючими системами в стаціонарних і перехідних режимах при зміні навантаження в широких межах і значній невизначеності її миттєвих значень перспективним є створення адаптивних регуляторів на основі теорії штучного інтелекту – нейронечітких регуляторів і регуляторів на основі інверсних нейромережевих моделей об'єктів управління [1-5]. Такі регулятори дозволять удосконалити багаторівневу САУ на рівнях локального і агрегатного управління, що додасть системі управління енергогенеруючими системами властивості адаптивності до характеристик змінного навантаження.

2. АНАЛІЗ І МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ СИНТЕЗУ САУ

Сучасні системи автоматичного управління нелінійними динамічними об'єктами будуються як адаптивні із зворотним зв'язком і із застосуванням математичних моделей об'єкту управління. Відомою моделлю системи управління є модель із зворотним зв'язком з регульованими в реальному масштабі часу коефіцієнтами, наприклад, самоналагоджувальний регулятор Астрома [2]. Недоліком такої системи є складність розрахунків коефіцієнтів регулятора.

Широко відомою моделлю системи адаптивного управління є модель Ляпунова [2]. Вихідний сигнал такої моделі відповідає вихідному сигналу заздалегідь певної (еталонної) моделі, яка має бажані характеристики. Така система є асимптотично стійкою, тобто керована систе-

¹ Українська академія друкарства

ма в результаті відстежує еталонну модель з нульовою похибкою. Блок-схема системи адаптивного управління з еталонною моделлю представлена на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема системи адаптивного управління з еталонною моделлю

До недоліків такої системи відносять чутливість до завад і складність заходів щодо їх придушення [1,2].

Перспективнішою є система управління із застосуванням прямої і інверсної моделі об'єкту управління (система з внутрішньою моделлю [3]), структурна схема якої показана на рис. 2.

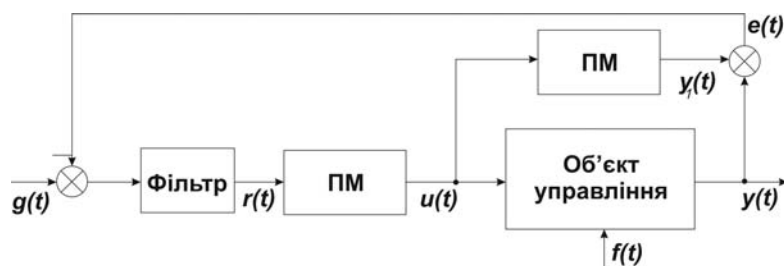


Рис. 2. Схема управління з прямою і інверсною моделями об'єкту управління зі збуренням $f(t)$

Фільтр застосовується для придушення коливань, які виникають при порівнянні реального значення керованої величини і відновленого прямою моделлю значення цієї величини, яка відіграє роль спостерегаєча стану.

За принципом прямого інверсного управління інверсна модель (ІМ) системи включається в прямий канал управління. В процесі роботи на реальну систему діє збурення $f(t)$ і при порівнянні сигналів прямої моделі (ПМ) $y_1(t)$ і реального значення керованої координати $y(t)$ отримують сигнал розузгодження $e(t)$, пропорційний похибці управління. Розглянемо особливості застосування прямої і інверсної моделей до побудови системи автоматичного управління (САУ) системи автоматичної стабілізації напруги збудженням автономного синхронного гене-

ратора, модель якого створена в [6], що реалізуються за допомогою штучних нейронних мереж (НМ).

У управлінні динамічними об'єктами багатозарова НМ прямої дії інтерпретується як інструмент для формування функцій управління [2], відповідних цільовим умовам, моделям об'єктів і діям зовнішнього середовища. Апроксимуючі здібності НМ з динамічними алгоритмами навчання дозволяють моделювати складні нелінійні динамічні управління у вигляді прямих і інверсних моделей по вимірюваннях "вхід-вихід" об'єкту управління. Обидві моделі використовуються для обчислення векторів стану об'єкту і формування функції управління об'єктом.

Пряма модель – це НМ, яка повторює перехідний процес ОУ, будучи свого роду спостерігачем системи.

Для отримання прямої моделі в заданому класі функцій $u(t)$ не вимагається повної апріорної інформації про структуру зв'язків і їх операторів для ОУ, окрім інформації про стійкість і обмеженість всіх траєкторій $y(t)$ для $t > 0$. Слід звернути увагу на те, що навчена мережа "враховує" вплив на реальний об'єкт управління зовнішніх обурень $f(t)$ [2].

Інверсна модель – це НМ, яка відновлює вхідний сигнал об'єкту управління при відомому вихідному сигналі. Схема узагальненого інверсного навчання зображена на рис. 3,а. У схемі узагальненого (generalized) інверсного навчання використовується тестовий сигнал $u^*(t)$. Це може бути, наприклад, розрахункова функція бажаного оптимального управління об'єктом. Вихід реального об'єкту управління $y(t)$ є входом НМ. У неї є очевидний недолік – необхідність в "цільовому" тестовому сигналі $u^*(t)$, що задовольняє вимозі повного збудження, не завжди здійснимий в тих випадках, коли об'єкт управління – нелінійний, а його модель в якому-небудь сенсі недовизначена [4]. Другий підхід до інверсного моделювання об'єкту управління реалізується схемою спеціалізованого інверсного навчання, зображеною на рис. 3,б.

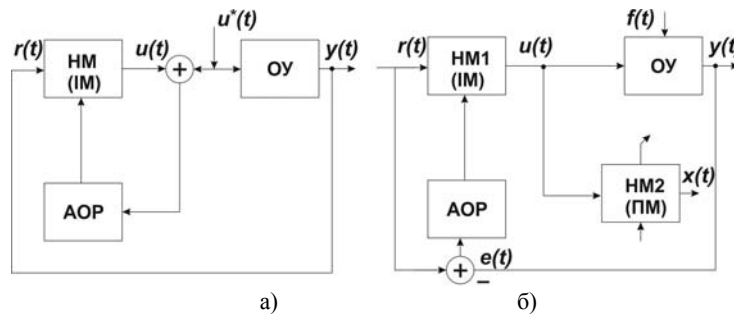


Рис. 3. Схема узагальненого (а) і спеціалізованого (б) навчання нейронечіткої інверсної моделі

Таким чином, на основі аналізу сучасних підходів до побудови високоєфективних адаптивних регуляторів показана перспективність застосування нейронечітких регуляторів і регуляторів на базі інверсних і прямих нейромережових моделей об'єкту управління для удосконалення систем автоматичного управління системою збудження автономного синхронного генератора.

Синтез і дослідження нечіткої системи збудження синхронного генератора (СГ) на основі алгоритму Мамдані.

Один з методів застосування нечіткої логіки в регулюванні напруги – використання нечітких регуляторів, що змінюють коефіцієнти посилення ПД-регулятора напруги СГ в режимі великих обурень, особливо в режимі недозбудження при паралельній роботі генераторів для забезпечення стабільності і підвищення якості перехідних процесів систем. Такий метод застосування нечіткої логіки дає можливість об'єднати переваги традиційних ПД-регуляторів і достоїнствами НМ, розширюючи діапазон ефективної роботи ПД-регуляторів на ширший спектр робочих режимів об'єкту управління.

Загальна структурна схема ПД-регулятора із змінними коефіцієнтами зображена на рис. 4.

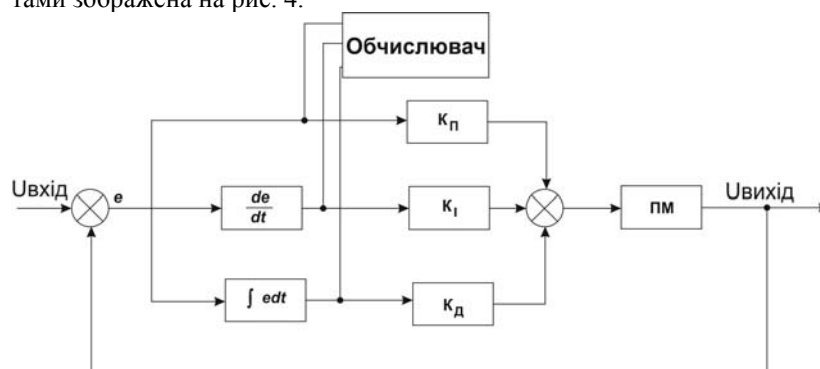


Рис. 4. Структурна схема ПД-регулятора зі змінними коефіцієнтами

Використовуємо нечіткий регулятор (НР) для коректування коефіцієнтів АРВ. Розробка нечіткого регулятора зводиться до вирішення наступних завдань:

- вибору вхідних лінгвістичних змінних системи;
- призначенню для кожної з лінгвістичних змінних набору лінгвістичних значень (термів);
- вибору для кожного з термів апроксимуючої нечіткої множини;
- створенню бази правил регулятора на основі аналізу сукупності значень "вхідні змінні – управління", отриманої для оптимального режиму;

– ухваленню адекватного проблеми механізму нечіткого виводу і вибору ефективного методу перетворення отриманого нечіткого управління в "чіткий" вихідний сигнал.

Як вхідні змінні нечіткого регулятора прийнята похибка управління e і дві її похідних за часом.

Процедура обробки вхідної (чіткою) інформації в регуляторі може бути описана таким чином:

- поточні значення вхідних змінних перетворюються в лінгвістичні (фазифікація);
- на підставі набутих лінгвістичних значень і з використанням бази правил регулятора проводиться нечіткий логічний вивід, в результаті якого обчислюються лінгвістичні значення вихідних змінних;
- завершальним етапом обробки є обчислення "чітких" значень параметрів управління (дефазифікація).

Пряма модель – це модель, яка повторює перехідний процес об'єкту регулювання, будучи свого роду спостерігачем системи. У роботі використовується структурна схема динамічної нейронечіткої прямої моделі (ННПМ), що навчається по гібридному алгоритму [5], рис. 5.

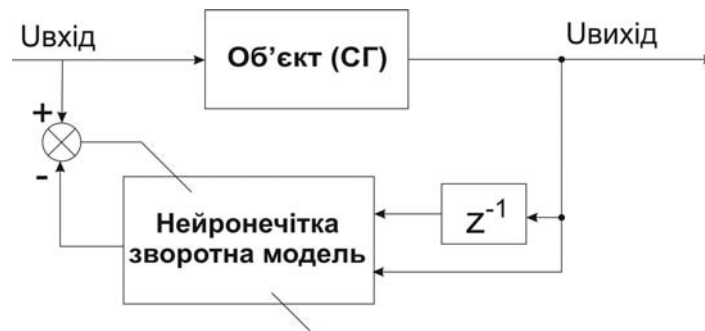


Рис. 5. Схема навчання нейронечіткої прямої моделі

Структурна схема автоматичної системи регулювання збудження з ННПМ об'єкту управління і схема функціонування ННПМ показана на рис. 7 [5].

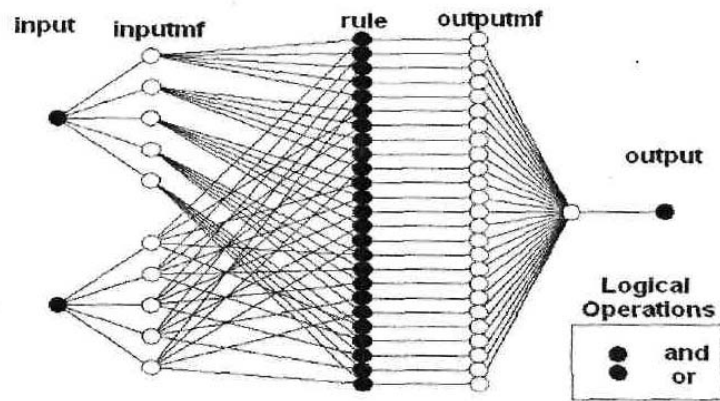


Рис. 6. Схема функціонування ННПМ

Інверсна модель – це модель, яка відновлює вхідний сигнал об'єкту управління при відомому вихідному сигналі. Використовуємо структурну схему динамічної нейронечіткої інверсної моделі (ННІМ), що навчається по гібридному алгоритму.

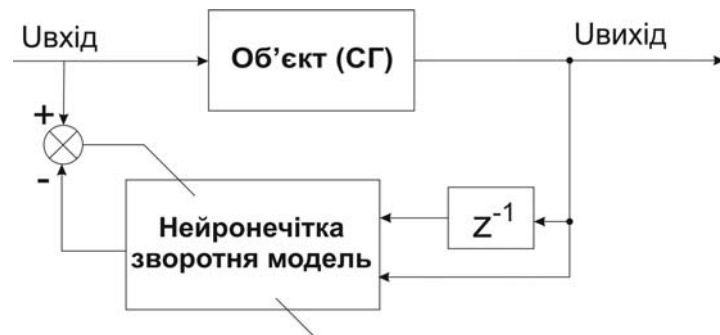


Рис. 7. Схема навчання нейронечіткої інверсної моделі

Результат дослідження перехідного процесу регулювання збудження з ПІД-регулятором і із застосуванням ННПМ об'єкту управління показаний на рис. 8 [6].

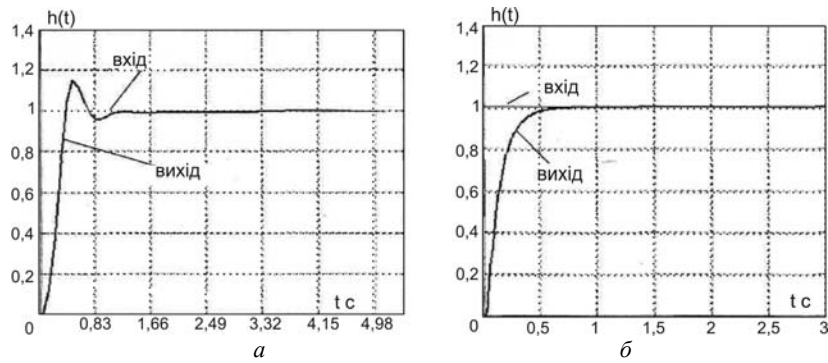


Рис. 8. Перехідні процеси регулювання збудження з ПІД-регулятором (а) із застосуванням ННПІМ об'єкта управління (б)

3. ВИСНОВКИ

З рис. 2 видно, що використання ННПІМ у системі регулювання напруги підвищує якість регулювання в перехідному режимі (табл. 1).

Таблиця 1

Кількісний аналіз показників перехідних процесів регуляторів

Метод регулювання	Час наростання, с.	Перехідний час, с.	Стала помилка, від. од.
ПІД-регулятор	0.269	0.9	0.0032
ННПІМ	0.261	0.261	0.001

З табл. 1 видно, що якість перехідного процесу з використанням ННПІМ підвищується в порівнянні з використанням ПІД-регулятором. Особливо слід зазначити значне збільшення швидкодії.

1. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г., Рюмишин Н.А // Системы фuzzi-управления. – Киев: Техника, 1997. – 208 с. 2. В.А.Терехов, Д.В.Ефимов, И.Ю.Тюкин, В.Н.Антонов. Нейросетевые системы управления. – СПб: Издательство С.-Петербургского университета, 1999. – 265 с. 3. Дьяконов В.П.. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с. 4. Черных И. Simulink: среда создания инженерных приложений. Диалог-МИФИ. 2003.-496 с. 5. Данилов А. Компьютерный практикум по курсу "Теория управления". Simulink-моделирование в среде Matlab. МГУИЭ. 2002. – 128 с. 6. I.Кам'янчин. Синтез систем автоматичної стабілізації напруги на основі нечіткої логіки. 7. Комп'ютерні технології друкарства, Зб. наук. праць №27 – Львів: УАД, 2012. – С.59-66.