

МЕХАТРОНИКА

УДК 629.33:004.8

ПОБУДОВА НЕЧІТКИХ РЕГУЛЯТОРІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СЛІДКУВАЛЬНИХ ПРИВОДІВ АВТОМОБІЛІВ

О.Я. Ніконов, професор, д.т.н., В.М. Шуляков, аспірант, ХНАДУ

Анотація. Розглянуто проблему створення регуляторів для електрогідрравлічних слідкувальних приводів автомобілів із використанням нечіткої логіки, штучних нейронних мереж та методів еволюційного моделювання.

Ключові слова: автомобіль, нечітка логіка, регулятор, системи керування, електрогідрравлічний слідкувальний привід.

ПОСТРОЕНИЕ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ СЛЕДЯЩИХ ПРИВОДОВ АВТОМОБИЛЕЙ

О.Я. Никонов, профессор, д.т.н., В.Н. Шуляков, аспирант, ХНАДУ

Аннотация. Рассмотрена проблема создания регуляторов для электрогидравлических следящих приводов автомобилей с использованием нечеткой логики, искусственных нейронных сетей и методов эволюционного моделирования.

Ключевые слова: автомобиль, нечеткая логика, регулятор, системы управления, электрогидравлический следящий привод.

CONSTRUCTION OF FUZZY CONTROLLERS FOR ELECTROHYDRAULIC SERVO DRIVES OF AUTOMOBILES

O. Nikonov, Professor, Doctor of Technical Science,
V. Shulyakov, postgraduate, KhNAHU

Abstract. The creation problem of controllers for electrohydraulic servo drives of automobiles with the use of fuzzy logic, artificial neural networks and evolutionary simulation methods is considered.

Key words: automobile, fuzzy logic, controller, control systems, electrohydraulic servo drive.

Вступ

Гідравлічні приводи та пристрої широко застосовуються у складі автомобілів [1–3]. Це зумовлено рядом переваг гідроприводу порівняно з іншими типами приводів: високою питомою потужністю, відносною простотою здійснення поступального руху, здатністю робочого тіла гідроприводу – рідини демпфувати різні удари та вібрації тощо. Аналіз конструкцій автомобілів показує, що у міру їх історичного розвитку гідравлічні пристрої ставали широко застосовними в їх складі

(системи керування гальмами, гідравлічні підсилювачі системи керування поворотом, фрикційні амортизатори зі змінним моментом опору, об'ємні гідропередачі з пропорційним електрогідрравлічним керуванням витратою та тиском, механічні трансмісії з електрогідрокеруванням, а також різноманітні приводи допоміжних пристроїв та ін.). Разом з тим значний розвиток електроніки дозволив створити різні системи автоматичного керування, які класифікуються за характером внутрішніх динамічних процесів (аналогові та дискретні, лінійні та нелінійні), за струк-

турую (системи зі змінною структурою, системи із самоналаштуванням структури) та за іншими ознаками.

Інтеграція гідравлічних пристроїв та електронних систем керування дозволяє розв'язувати задачі підвищення якості процесів керування, адаптивного налаштування та підтримки параметрів або структури системи при дії на об'єкт керування випадкових збурень, діагностики відмов та несправностей за збереження відносно невеликих маси та габаритів комплексу «привід–система керування».

Таким чином, постає актуальна задача створення сучасних електрогідравлічних перетворювачів на основі сучасних систем керування, здатних надійно працювати в умовах підвищеної запиленості зовнішнього середовища, різкого перепаду температур, значних вібрацій та ударів і впливу інших несприятливих факторів, що виникають при експлуатації автомобілів.

Аналіз публікацій

Розглянемо більш детально сучасні методи і технології керування електрогідравлічними слідкувальними приводами автомобілів. Оскільки весь автомобіль і його окремі вузли та агрегати звичайно описуються нелінійними диференціальними рівняннями з невизначеними параметрами, застосування «класичних» методів теорії автоматичного керування (частотний синтез, модальне керування, оптимальне й робастне керування), що опираються на аналіз математичної моделі об'єкта керування з певних причин ускладнюється [4–6].

На сьогодні спостерігається інтенсивний розвиток та практичне застосування нечітких систем для керування й регулювання різноманітних технічних об'єктів [7–10]. Актуальність нової технології – нечіткого моделювання – обумовлена тенденцією до збільшення складності математичних моделей реальних систем. Отримати вичерпну інформацію для побудови математичної моделі складної реальної системи часто у принципі неможливо. У цих випадках доцільно використовувати методи, спеціально орієнтовані на побудову моделей, що враховують неповноту й неточність вхідних даних. Саме в таких ситуаціях технологія нечіткого моделю-

вання є однією із найбільш конструктивних [9–12].

Зараз закордонними компаніями пропонуються мікроконтролери, що реалізують апаратну підтримку нечіткої логіки. Використання такого рішення дозволяє значно підвищити швидкодію програми, що реалізує функції нечіткого регулятора. Відзначимо, що реалізація нечіткого регулятора у системах керування може бути як апаратною, так і програмною, причому контролери з підтримкою багатьох стандартизованих команд нечіткої логіки випускають Siemens, Fuji Electric, Motorola, Intel, Yokogawa, Klockner-Moeller, Rockwell Automation, Allen-Bradley та інші відомі фірми. Незважаючи на те, що нечіткий регулятор може бути успішно реалізовано й на базі універсальних, що мають достатній набір функцій, контролерів, дуже перспективною є реалізація таких регуляторів на базі спеціалізованих нечітких інтегральних мікросхем і нечітких процесорів: Adaptive Logic, OMRON FP-3000, MCS-96, TOGAI-Infra Logic F110, FUZZY-166 та ін. Такі мікросхеми легко інтегруються в існуючі системи керування й, маючи порівняно невисоку ціну, мають високу надійність.

Мета і постановка задачі

Метою роботи є створення регуляторів для електрогідравлічних слідкувальних приводів автомобілів із використанням нечіткої логіки, штучних нейронних мереж та методів еволюційного моделювання, що дозволить підвищити енергоефективність, надійність, безвідмовність, довговічність, безпеку використання вищезазначених вузлів та агрегатів автомобіля.

Побудова нечітких регуляторів для електрогідравлічних слідкувальних приводів автомобілів

Розглянемо електрогідравлічний слідкувальний привід, що описано в роботах [13–15].

На рис. 1 наведено структурну схему нечіткого регулятора, що розроблено для слідкувального приводу.

На рис. 2 показано блок керування вищезазначеного приводу в середовищі MATLAB (Simulink). Нечіткий регулятор встановлено у зворотний зв'язок по куту відхилення об'єкта керування.

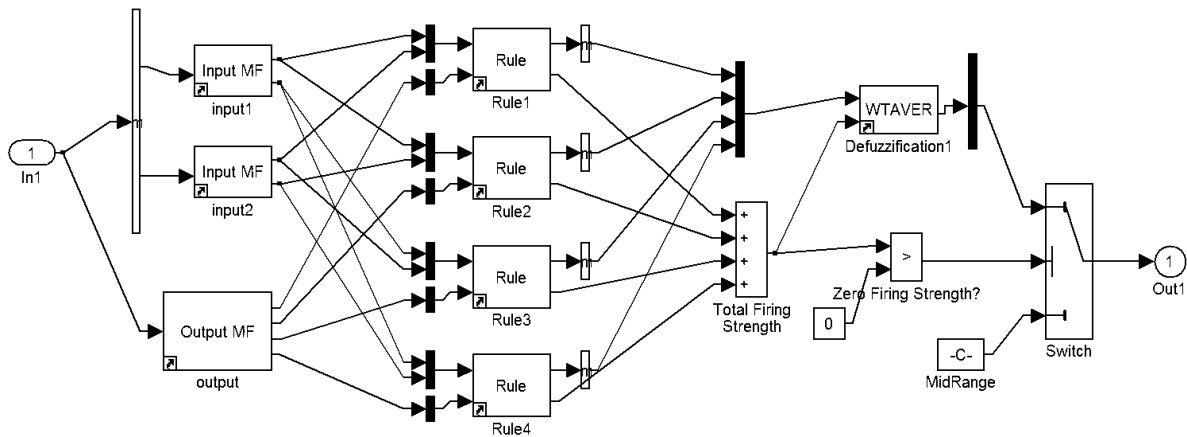


Рис. 1. Структурна схема нечіткого регулятора в середовищі MATLAB (Simulink)

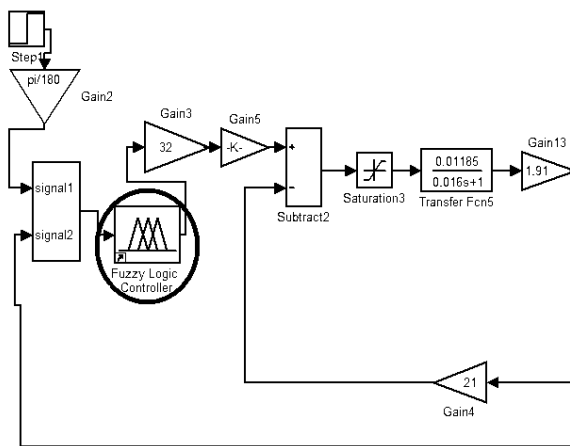


Рис. 2. Блок керування електрогідравлічним слідкувальним приводом у середовищі MATLAB (Simulink)

Загалом створення нечіткої моделі в середовищі Simulink можна розділити на 4 етапи. Перший етап: збір даних про роботу базової Simulink-моделі і створення файлу даних для навчання нечіткої структури. Другий етап: задання властивостей нечіткої системи (тип системи нечіткого виводу, кількість вхідних та вихідних змінних, метод дефазифікації). Третій етап: тренування (навчання) моделі. Четвертий етап: використання розробленої нечіткої моделі у блоці фаззі-контролера в середовищі Simulink.

На рис. 3 зображено налаштування нечіткого регулятора, що розроблено для слідкувальної системи у редакторі систем нечіткого виводу FIS (Fuzzy Inference System). В даному випадку в якості типу обрано модель Сугено.

Загальною особливістю задач нелінійного та ситуаційного керування є існування деякої залежності або відносин, що зв'язують вхідні

і вихідні змінні моделі системи, що представляється у формі так званого «чорного ящика». При цьому виявлення та визначення даної залежності в явному теоретико-множинному або аналітичному виді не є можливим або через недостатність інформації про проблемну область, що моделюється, або складності обліку різноманіття факторів, що впливають на характер даного взаємозв'язку.

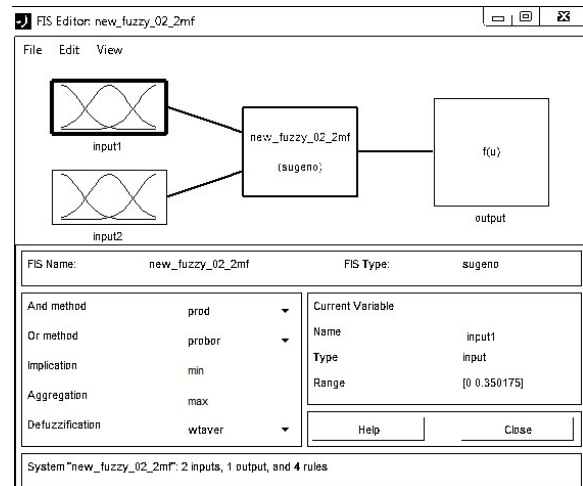


Рис. 3. Графічний інтерфейс редактора FIS нечіткого регулятора керування електрогідравлічним слідкувальним приводом

Для конструктивного розв'язання подібних задач доцільно використовувати апарат штучних нейронних мереж (ШНМ). Достоїнством моделей, побудованих на основі ШНМ, є можливість одержання нової інформації про проблемну область у формі деякого прогнозу. При цьому побудова їх налаштування ШНМ здійснюється за допомогою їх навчання на основі наявної і доступної інформації.

Нечіткі ШНМ або гібридні мережі покликані об'єднати в собі достоїнства ШНМ і систем нечіткої логіки. З одного боку, вони дозволяють розробляти і представляти моделі систем у формі нечітких правил, а з іншого, для побудови нечітких правил використовуються методи ШНМ.

За допомогою редактора ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) синтезовано нечіткий регулятор для електрогідрравлічного слідкувального приводу з використанням методів ШНМ (див. рис. 1). Проведено чисельні експерименти й отримано результати.

На рис. 4, 5 представлено перехідні процеси замкненої системи електрогідрравлічного слідкувального приводу за отриманих значень варійованих параметрів блока керування [16] для випадку зі штатним (рис. 4, а, 5, а) і нечітким (рис. 4, б, 5, б) регулятором.

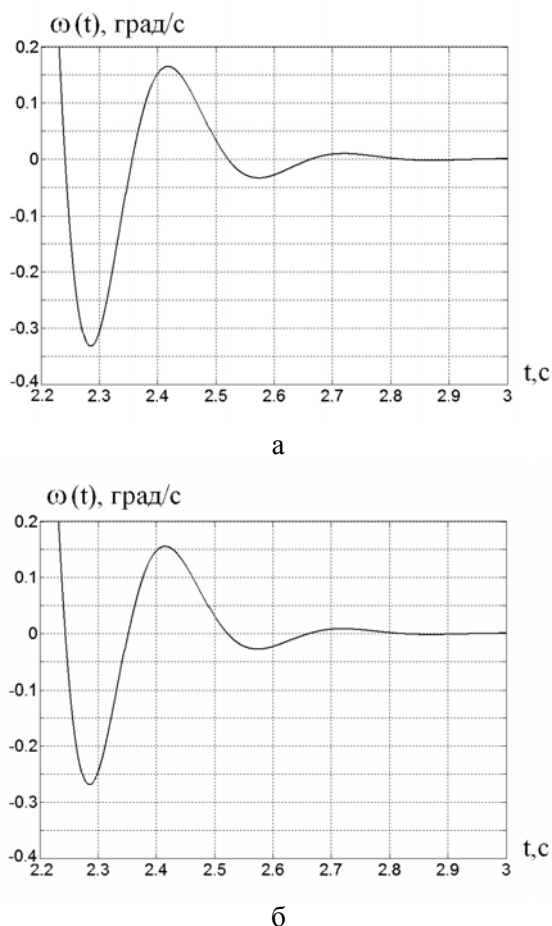


Рис. 4. Перехідні процеси кутової швидкості об'єкта керування замкненої системи електрогідрравлічного слідкувального приводу для випадку зі штатним (а) і нечітким (б) регулятором

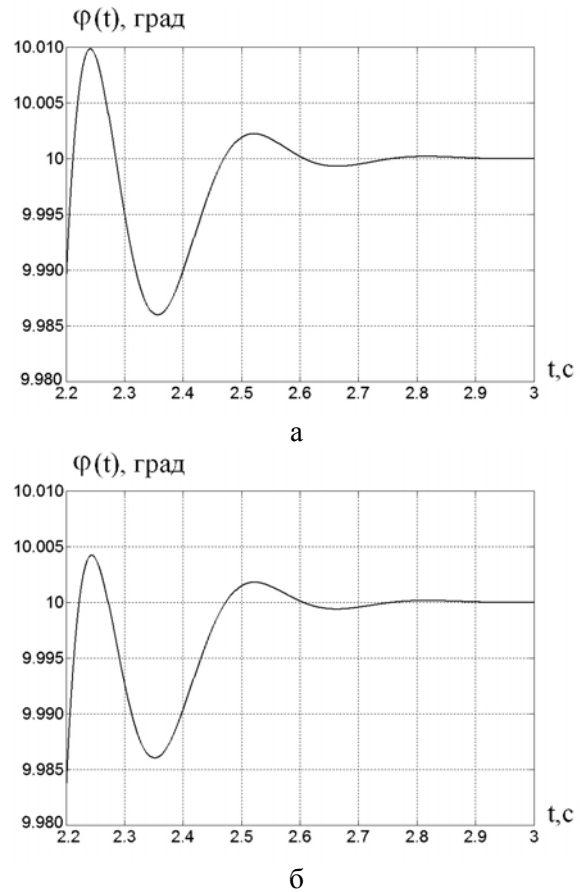


Рис. 5. Перехідні процеси кута повороту об'єкта керування замкненої системи електрогідрравлічного слідкувального приводу для випадку зі штатним (а) і нечітким (б) регулятором

Як видно з рис. 4, 5, а також багатьох чисельних експериментів, використання нечіткого регулятора в системах електрогідрравлічних слідкувальних приводів автомобіля дозволяє значно покращити якість перехідних процесів при регулюванні, а саме – зменшити перерегулювання до 2 разів за кутом і до 20 % – за кутовою швидкістю. Також введення до контуру системи нечіткого регулятора дозволило розширити область стійкості системи, що, у свою чергу, дозволить підвищити надійність системи. Можна припустити, що значення варійованих параметрів нечіткого регулятора, що надають мінімуму функціоналу якості $I = \int_{t_1}^T t |\Delta\varphi(t)| dt$ [16], будуть більшими. Це дозволить зменшити час регулювання, що надзвичайно важливо для автомобілів, а також швидкохідних транспортних засобів спеціального призначення. В подальших дослідженнях доцільно нечіткий регулятор встановити також у зворотний зв'язок за кутовою швидкістю об'єкта керування.

Висновки

В роботі створено регулятор для електрогідравлічних слідкувальних приводів автомобілів із використанням нечіткої логіки, штучних нейронних мереж та методів еволюційного моделювання, що дозволяє підвищити енергоефективність, швидкодію, надійність, безвідмовність, довговічність, безпеку використання вищезазначених вузлів та агрегатів автомобіля.

Використання нечітких (гібридних) регуляторів доцільно при проектуванні та дослідженні електронних систем керування агрегатами, механізмами та вузлами автомобілів, електромобілів, гібридних автомобілів, а також при розробці нових методів діагностування та прогнозування технічного стану засобів транспорту, що забезпечують високу ефективність їх використання та надійність роботи.

Література

1. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин / Е.Е. Александров, Д.О. Волонцевич, А.Н. Туренко и др.; под ред. А.Н. Туренко. – Х.: ХГАДТУ, 2001. – 642 с.
2. Повышение устойчивости и управляемости колесных машин в тормозных режимах / Е.Е. Александров, В.П. Волков, Д.О. Волонцевич и др.: под ред. Д.О. Волонцевича. – Х.: НТУ «ХПИ», 2007. – 320 с.
3. Никонов О.Я. Интегрированные информационно-управляющие телематические системы транспортных средств / О.Я. Никонов, В.Н. Шуляков // Автомобильный транспорт: сборник научных трудов. – 2010. – № 27. – С. 83–87.
4. Александров Е.Е. Многоканальные системы оптимального управления / Е.Е. Александров, И.Н. Богаенко, Б.И. Кузнецов. – К.: Техніка, 1995. – 312 с.
5. Александров С.С. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами / С.С. Александров, Е.П. Козлов, Б.І. Кузнецов. – Х.: НТУ «ХПИ», 2002. – 492 с.
6. Схиртладзе А.Г. Гидравлические и пневматические системы / А.Г. Схиртладзе, В.И. Иванов, В.Н. Кареев. – М.: МГТУ, 2003. – 544 с.
7. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления / В.И. Гостев. – С.Пб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.
8. Круглов В.В. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2001. – 221 с.
9. Ali H.K. Fuzzy Controller Design of Servo System / H.K. Ali // Asian Journal of Applied Science. – 2011. – P. 403–413.
10. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления / под ред. Н.Д. Егупова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.
11. Ross T.J. Fuzzy logic with engineering applications / T.J. Ross. – McGraw-Hill, 1995. – 600 p.
12. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковская. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 452 с.
13. Гамынин Н.С. Гидравлический привод систем управления / Н.С. Гамынин. – М.: Машиностроение, 1972. – 376 с.
14. Ніконов О.Я. Розроблення інформаційно-структурної схеми електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О.Я. Ніконов, В.Ю. Улько // Вестник НТУ «ХПИ». – 2010. – № 57. – С. 214–220.
15. Ніконов О.Я. Побудова нелінійної математичної моделі електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О.Я. Ніконов, В.Ю. Улько // Вестник НТУ «ХПИ». – 2011. – № 9. – С. 108–113.
16. Ніконов О.Я. Параметричний синтез інформаційно-керуючої підсистеми електрогідравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / О.Я. Ніконов // Вестник НТУ «ХПИ». – 2011. – № 23. – С. 49–54.

Рецензент: О.П. Алексієв, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 12 квітня 2012 р.