

ЗАСТОСУВАННЯ ЗГЛАДЖУВАННЯ ДАНИХ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЬНИМ РЕАКТИВНИМ ДВИГУНОМ

Бобечко Ю. О.

Рассмотрена проблематика выбора структуры искусственной нейронной сети для использования в системах управления вентильным реактивным двигателем. Предложено применять сглаживание исходных данных нейронной сети для упрощения ее структуры. Методом компьютерного моделирования проведен сравнительный анализ работы системы управления вентильным реактивным двигателем без и с применением сглаживания данных нейронной сети. Показано, что применение сглаживания уменьшает пульсации определяемых величин, и этим в значительной степени способствует стабильной и плавной работе вентильного реактивного двигателя.

Розглянуто проблематику вибору структури штучної нейронної мережі для використання в системах керування вентильним реактивним двигуном. Запропоновано застосовувати згладжування вихідних даних нейронної мережі для спрощення її структури. Методом комп'ютерного моделювання проведено порівняльний аналіз роботи системи керування вентильним реактивним двигуном без і з застосуванням згладжування даних нейронної мережі. Показано, що застосування згладжування зменшує пульсації величин, що визначаються, і цим в значній мірі сприяє стабільній і плавній роботі вентильного реактивного двигуна.

The article describes the problems of selecting the structure of artificial neural network for using in control systems for switched reluctance motors. It is proposed to apply the smoothing of the neural network's output data to simplify its structure. By computer simulations a comparative analysis of control systems for switched reluctance motors with and without smoothing of the neural network's data is carried out. It is shown that using of smoothing reduces the pulsation of the determined values, and this contributes greatly to the stability and smooth running of switched reluctance motors.

Бобечко Ю. О.

аспирант НУ ЛП
yurijbobechko@ukr.net

УДК 681.518.22, 519.254

Бобечко Ю. О.

ЗАСТОСУВАННЯ ЗГЛАДЖУВАННЯ ДАНИХ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЬНИМ РЕАКТИВНИМ ДВИГУНОМ

Синтез оптимальної структури штучної нейронної мережі (ШНМ) – доволі складна і трудомістка задача. Це пов’язано зі значною різноманітністю існуючих типів мереж, активаційних функцій нейронів, способів навчання, можливістю вибору різної кількості шарів і нейронів у кожному шарі. Окрім цього, на даний момент немає математичних формул, які би дозволяли обчислити кількість прихованих шарів мережі і нейронів у кожному шарі [1–3]. З іншого боку, слід пам’ятати про збереження розумного балансу між точністю отриманих результатів і кількістю обчислювальних затрат, тому що можуть виникнути процесорні обмеження при реалізації надто громіздких ШНМ. Окрім означених факторів, дуже важливе значення має вибір вектора вхідних величин і формування навчальної бази даних.

У роботі [4] показано, що через вимірювання фазних струмів і поточкозчеплень ШНМ може оцінити положення ротора вентильного реактивного двигуна (ВРД) і тим самим дає можливість уникнути використання давача положення ротора, який підвищує експлуатаційні вимоги, ускладнює конструкцію, вимагає додаткових фінансових затрат тощо. Однак, якщо вимірювання фазних струмів не є проблематичним, то визначення поточкозчеплень потребує використання додаткових вимірювальних пристроїв і обчислень, які використовують інтегрування, що призводить до накопичення похибки. Окрім того, додаткові вхідні дані роблять структуру нейронної мережі більш громіздкою.

Мета даної роботи – спростити структуру нейронної мережі та уникнути визначення поточкозчеплень, застосовуючи згладжування до вихідних даних мережі. Для цього запропоновано використовувати нейронну мережу, вхідними величинами якої будуть лише фазні струми, а вихідними – кути положення ротора, вмикання і комутації (див. рис. 1). Регулювання величин кутів вмикання та комутації використовується для отримання жорстких механічних характеристик. Зменшення вектора вхідних величин дозволяє уникнути додаткових вимірювань і обчислень поточкозчеплень, але призводить до більшого розкиду результатів ШНМ. Тому, щоб виключити шуми і покращити точність результатів, запропоновано використовувати згладжування вихідних даних мережі.

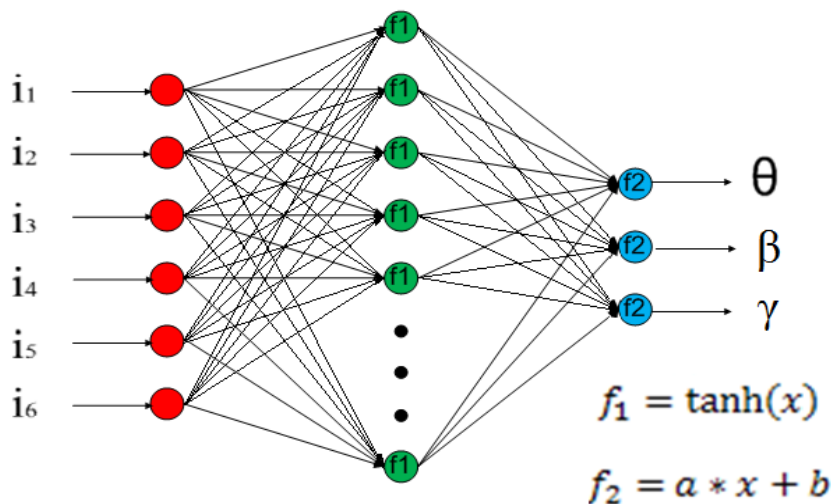


Рис. 1. Архітектура навченої нейронної мережі

На рис. 2 наведено схему ВРД для формування жорстких механічних характеристик. Вентильний реактивний двигун являє собою електромеханотронний перетворювач, який складається з електромеханічного перетворювача (ЕМП), електронного інвертора (комутатора) (ЕК) та бездавачевої системи керування (СК). Система керування в свою чергу складається із навченої ШНМ, значення вихідних величин якої згладжуються (ЗГ) і подаються на логічний блок (ЛБ), де формуються сигнали ключів керування.

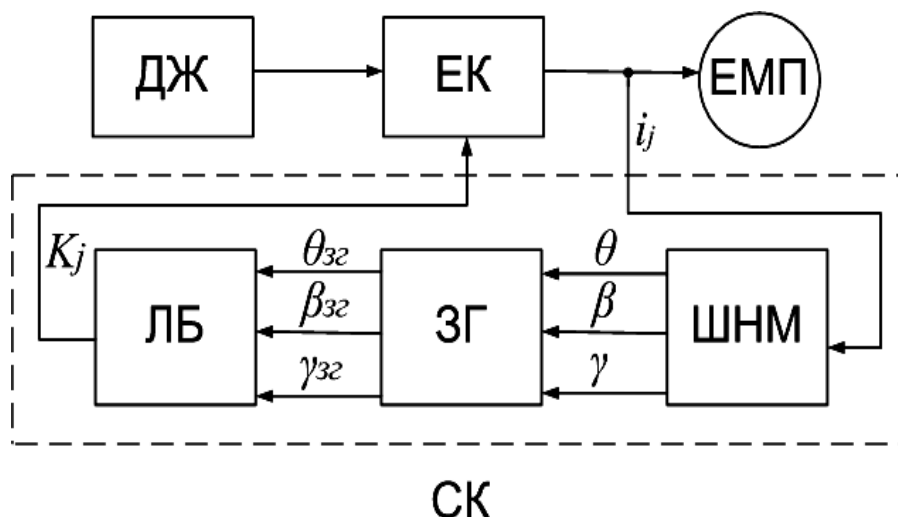


Рис. 2. Структурна схема ВРД, в якому система керування базується на використанні штучної нейронної мережі

Попереднє задавання параметричної моделі може виявитися надто обмеженим або занадто малою розмірністю для апроксимації непередбачуваних характеристик, в той час як непараметричне згладжування дає гнучкі способи аналізу невідомих залежностей, що і потрібно для використання з результатами ШНМ. Існує ряд розповсюджених непараметричних методів згладжування: ядерне згладжування, kNN оцінки, ортогонального розкладу, згладжування сплайнами, рекурентні методи, медіанне згладжування і т. д. [5]. Один з найпростіших, але ефективних і легко реалізованих методів є ядерне згладжування [6]. Головна роль функції ядра полягає в забезпеченні диференційованості і гладкості оцінки [7]. Вибір необхідної ширини вікна для конкретної задачі – ключовий фактор у проведенні якісного непараметричного оцінювання.

Для проведення досліджень обрано ядерне згладжування з ядром Гауса і підібрано оптимальну ширину вікна для кута положення ротора, кута вмикання та комутації ВРД. Оскільки оцінювання відбувається в режимі реального часу, то для забезпечення достатньої точності і одночасно зменшення обчислювальних затрат згладжування ведеться по 101 точці, при чому обчислюється нове значення для кожної 50-ї точки із цієї групи. Затримка в часі на 101 ітерацію при кроці інтегрування за часом 10^{-5} с практично не впливає на ефективність роботи системи.

Дослідження були проведені на моделі шестисекційного ВРД при таких даних: напруга живлення, $U = 60$ В; корисна потужність – 271 Вт; частота обертання – 330 об/хв.; коефіцієнт корисної дії – 74 %; момент навантаження, $M = 4,32$ Нм.

На рис. 3 і рис. 4 показано як застосоване згладжування впливає на кути комутації та вмикання визначені ШНМ при різкому зменшенні моменту навантаження від 4,32 до 3 Нм. А на рис. 5 видно вплив цих кутів на швидкість обертання ротора ВРД. Очевидно, що згладжування вихідних величин ШНМ дозволяє швидко погасити коливання величин кутів вмикання та комутації секції, які виникають при деяких моментах навантаження, і таким чином стабілізувати швидкість обертання.

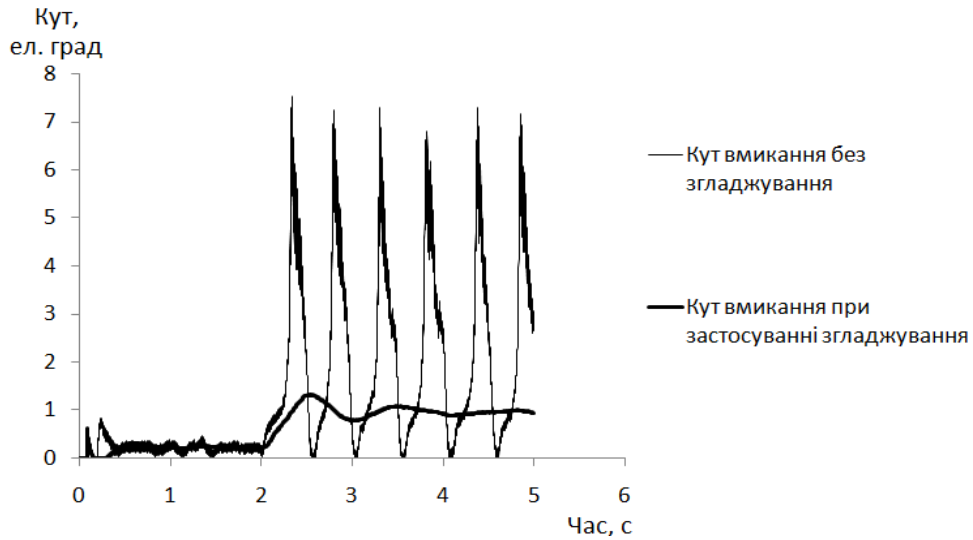


Рис. 3. Кут вмикання без і при застосуванні згладжування результату ШНМ

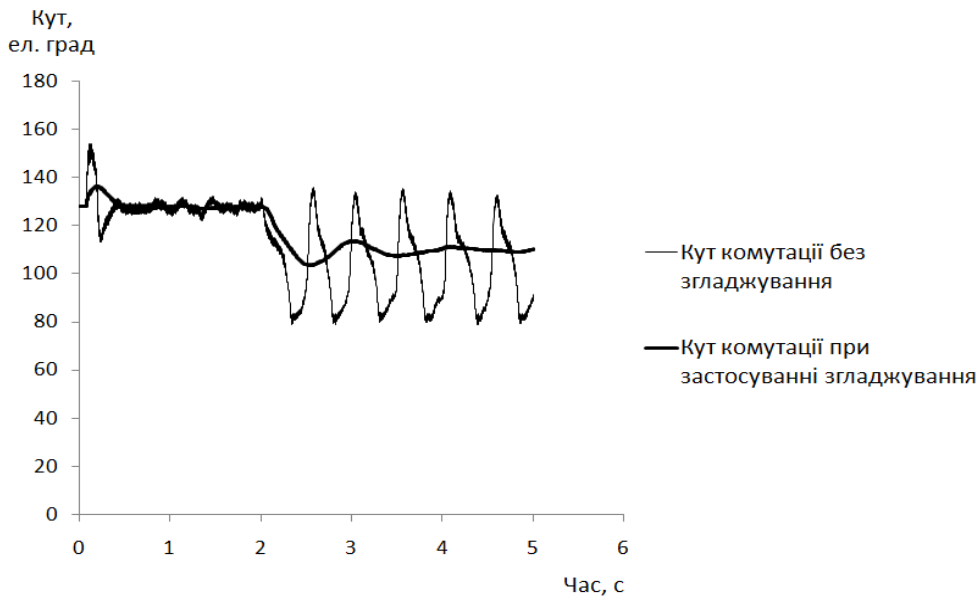


Рис. 4. Кут комутації без і при застосуванні згладжування результату ШНМ

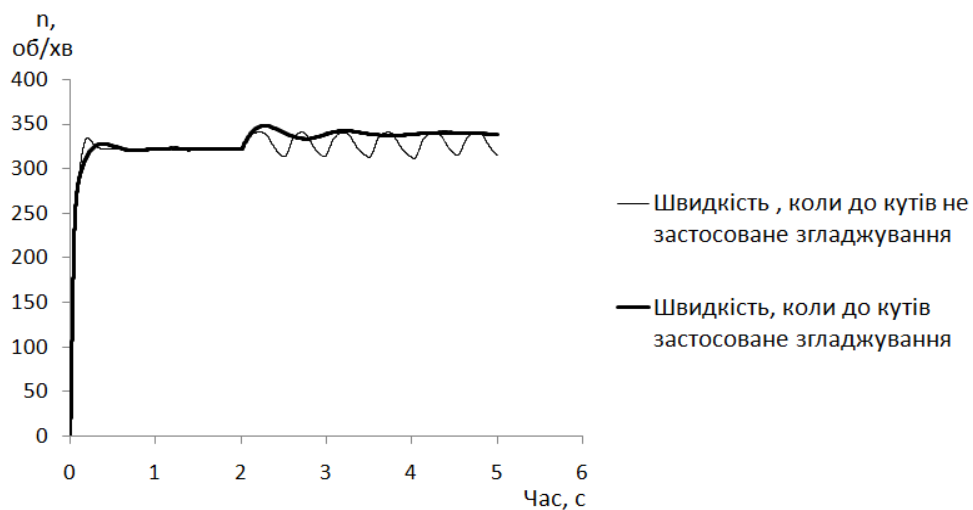


Рис. 5. Швидкість обертання ротора без і при застосуванні згладжування до результатів нейронної мережі при визначенні кутів комутації та вмикання

Щоб оцінити ефективність регулювання швидкості обертання запропонованої системи керування на базі нейронної мережі зі згладжуванням кривих вихідних величин, було проведено вимірювання швидкості обертання при різних моментах навантаження і напругах та побудовано штучні і природні механічні характеристики ВРД для порівняння (див. рис. 6).

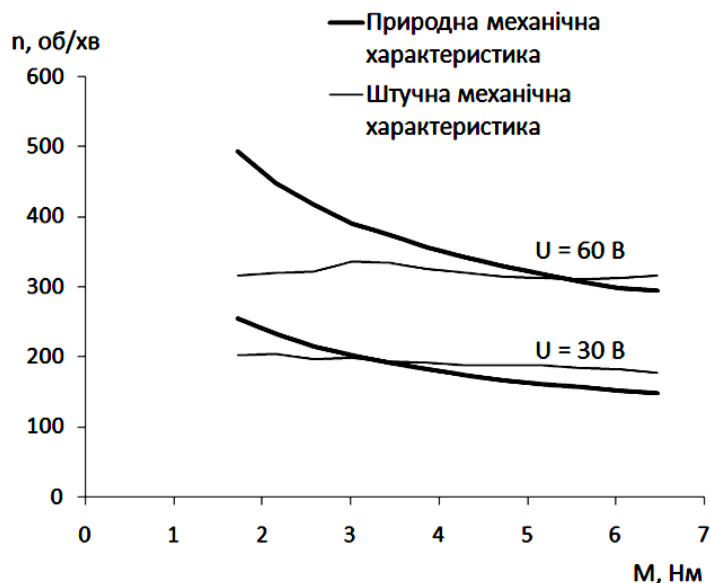


Рис. 6. Механічні характеристики ВРД при напругах живлення 60 і 30 В: природні і штучні жорсткі характеристики, які забезпечує нейронна мережа

Як видно, система керування, яка базується на описаній вище нейронній мережі і згладжуванні, дозволяє стабілізувати швидкість обертання ВРД.

ВИСНОВКИ

Розглянуто проблематику вибору структури штучної нейронної мережі для використання в системах керування вентильним реактивним двигуном. Згладжування вихідних даних нейронної мережі через зменшення пульсацій величин, що визначаються, в значній мірі сприяє стабільній і плавній роботі вентильного реактивного двигуна. Синтезована структура нейронної мережі, яка від існуючих відрізняється меншою кількістю вхідних величин і простішою структурою, забезпечує визначення положення ротора, кутів вмикання та комутації секції для квазіусталених та перехідних режимів роботи вентильного реактивного двигуна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нейронні мережі в системах автоматизації / В. І. Архангельський, І. М. Богаєнко, Г. Г. Грабовський, М. О. Рюмишин. – К. : Техніка, 1999. – 364 с.
2. Хайкин Саймон. Нейронные сети. Полный курс: пер. с англ / Хайкин Саймон. – 2-е изд., испр. – М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2006. – 1104 с.
3. Барский А. Б. Прикладные информационные технологии / А. Б. Барский. – Изд.-во «ФиС», 2004. – 76 с.
4. Position sensorless control of a SRM drive using ANN-Techniques / A. Bellini, F. Flipetti, G. Franceschini, C. Tassoni, P. Vas // In Proc. IEEE IAS Annu. Meeting, 1998. – Pp. 533–539.
5. Хардле В. Прикладная непараметрическая регрессия / Хардле В. – М.: Мир, 1993. – 349 с.
6. Воронцов К. В. Лекции по алгоритмам восстановления регрессии / К. В. Воронцов. – 2009. – 250 с.
7. Murat Kayri. Kernel Smoothing Function and Choosing Bandwidth for Non-Parametric Regression Methods / Murat Kayri, Gurog Zirhlioglu // Ocean Journal of Applied Sciences. – 2009. – № 2(1). – Pp. 49–54.