

**СПРОЩЕННЯ СТРУКТУРИ НЕЧІТКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВРД**

Вентильні реактивні двигуни (ВРД) можуть застосовуватись у різних електроприводах, де необхідно забезпечити надійне перетворення енергії з можливістю регулювання швидкості обертання, зокрема в електроприводах транспортних засобів[3]. Їхніми головними перевагами є проста та надійна конструкція, невеликі затрати на виготовлення і добрі механічні характеристики. Один з головних недоліків – необхідність використання датчика положення ротора для організації комутаційного процесу. На даний час розроблено ряд бездатчевих систем керування ВРД, котрі, вимірюючи декілька величин, дозволяють визначити положення ротора. На нашу думку одними з кращих серед них є системи побудовані на основі інтелектуальних підходів. Вони дозволяють не лише визначати положення ротора, а й мінімізувати коливання моменту та акустичні шуми.

Розглянемо синтез регулятора бездатчевої системи керування ВРД на основі теорії нечітких множин. Фаззи-регулятор повинен забезпечити надійну роботи системи в квазіусталених та перехідних режимах роботи. Першим етапом проектування нечіткого регулятора є дослідження об'єкту, встановлення залежностей та вибір вхідних і вихідних змінних. Як показано в [1] похідна положення ротора, а отже і положення ротора залежить від струму, похідної струму та напруги живлення. Тому ці змінні необхідно використати в якості вхідних величин для нечіткого регулятора. Якщо дотримуватись загальних рекомендацій щодо кількості лінгвістичних змінних  $7 \pm 2$ , то ми отримаємо дуже громіздку базу правил. Так в [4], де в якості вхідних величин використано струм та потокозчеплення, база правил має розмір  $37 \times 39$ .

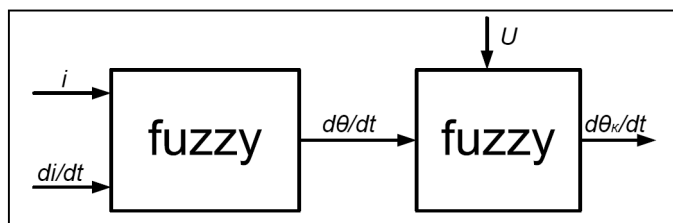


Рис.1 Структура нечіткого регулятора.

В даній роботі пропонується новий підхід до синтезу нечіткого регулятора, котрий полягає у поетапному синтезі окремих частин з невеликою кількістю правил. Для синтезу першої частини (рис. 1) розглянемо побудову нечіткого регулятора при номінальній напрузі живлення. В якості вхідних змінних вибираємо струм та похідну струму, а вихідною величиною – похідну кута положення ротора. Нечіткий регулятор будемо на основі алгоритму Такагі-Сугено з постійним виходом. Для того, щоб отримати базу даних для синтезу нечіткого регулятора використано математичну модель шестифазного ВРД з буфером енергії (БЕ) і широтно-фазовою модуляцією [2]. Дослідження проводились для різних навантажень від 0,6Мн, до 1,2Мн, при номінальній напрузі живлення 60 В. В результаті отримано базу правил розміру  $6 \times 6$ , котра представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

*База правил*

$di/dt \setminus I$	Н	ДМ	М	В	ВС	ДВ
ДМ	893	893	893	893	885	849
МС	813	813	813	769	714	698
М	800	800	755	689	676	676
В	792	750	679	664	664	664
ВС	728	679	657	657	657	657
ДВ	665	653	653	653	653	653

Діапазон зміни струму та похідної струму розбиваємо на 6 частин. Функції належності вибираємо трикутні, а першу і останню – трапецеподібні. Зведена база правил матиме 20 правил, які в загальному випадку виглядають так:

ПРАВИЛО n: якщо « $i \in M$ » і « $di/dt \in B$ » тоді  $d\theta/dt = 689$

Для дефазифікації використовуємо алгоритм центра ваги для однотипних елементів.

Другий блок нечіткого регулятора повинен коригувати отримане на попередньому етапі значення похідної положення ротора в залежності від напруги живлення. Дані для синтезу даної частини регулятора отримуємо з вище згаданої моделі [2] при різних напругах живлення, від  $0,3U_n$  до  $1,3U_n$ , та зміні навантаження, від 0,6Мн, до 1,2Мн. В результаті обробки даних було встановлено, що відношення похідної положення ротора при даній напрузі, до похідної положення ротора при номінальній напрузі не суттєво залежить від величини струму, тобто

навантаження. Тому, на вхід другого блоку фаззи-регулятора достатньо подати лише напругу живлення як вхідну змінну. Вихідна величина – коефіцієнт корекції похідної положення ротора, отриманої на попередньому кроці. Діапазон зміни вхідної величини розбиваємо на 5 частин. Тип функцій належності та алгоритм дефазифікації використовуємо ті ж, що і для синтезу першого блоку регулятора. В результаті отримаємо 5 фаззи-правил.

Дослідження роботи регулятора проводилось на математичній моделі шестифазного вентильного реактивного двигуна з номінальною напругою живлення  $U_n=60\text{В}$  та моментом навантаження  $M_n=5\text{ Нм}$ , в якій за основу взято вищезгадану модель, а нечіткий регулятор реалізований окремим блоком. На рис.2 представлені графіки зміни моменту навантаження та швидкості обертання при зміні напруги живлення з  $U_n$  до  $0,5 U_n$  традиційної та бездавачевої системи.

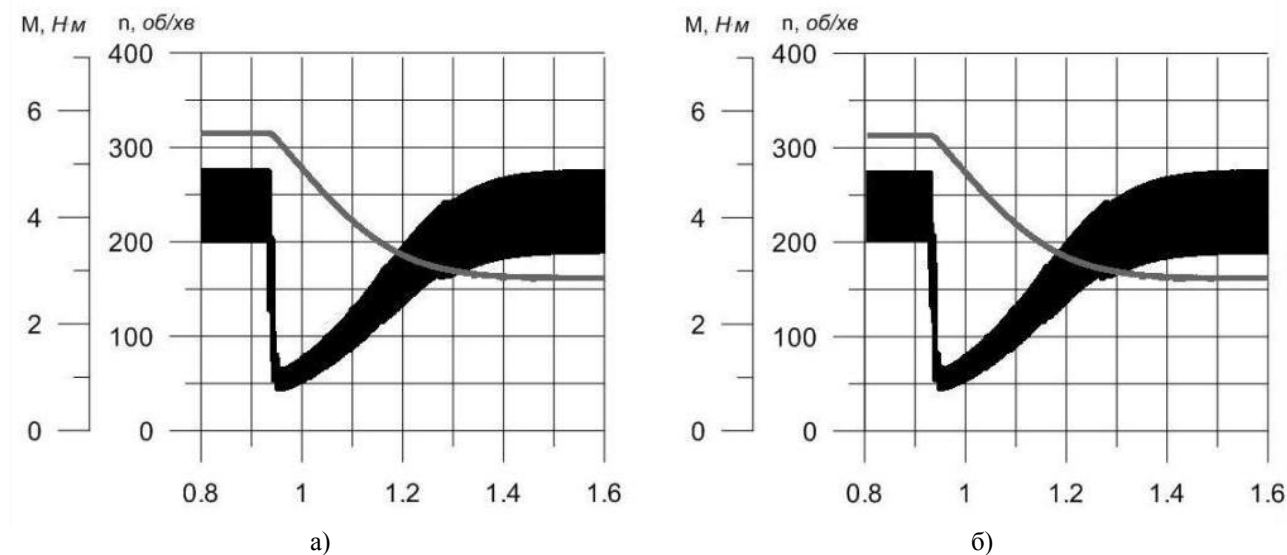


Рис.2. Швидкість обертання та електромагнітний момент при зміні напруги живлення з 60 В до 30 В, (а) – з давачем положення ротора, (б) – без явного давача положення ротора.

Аналізуючи отримані результати бачимо, що бездавачева система повністю відпрацьовує зміну напруги живлення, не вносячи запізень і спотворень в систему. Відносна похибка між швидкістю обертання та середнім значенням електромагнітного моменту традиційної та бездавачевої системи не перевищує 5%.

Синтезований фаззи-регулятор має 25 правил і забезпечує роботу двигуна в перехідному та квазіусталеному режимі. Запропонований поетапний підхід на основі теорії нечітких множин дозволяє досить просто синтезувати стійку і працездатну систему. Головною перевагою є невелика база правил та єдиний алгоритм для синтезу окремих частин фаззи-регулятора..

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Лозинський А. О., Михайлович Т. І. Фаззи-керування ВРД без давача положення ротора. Спеціалізований випуск журналу ЕЛЕКРОІНФОРМ–Л., 2009.
2. Ткачук В. І., „Електромеханотроніка“, підручник — Львів: Видавництво НУ „Львівська політехніка“, 2006.
3. Chau K. T., Chan C. C., Chunhua Liu. Overview of permanent-magnet brushless drives for electric and hybrid electric vehicles. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 55, NO. 6, JUNE 2008 –p 2246 – 2257.
4. Ertugrul Nesimi, Cheok Adrian. Use of fuzzy logic for modeling, estimation, and prediction in switched reluctance motor drives. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 15, NO. 6–NOVEMBER 2000 – p 1029–1044.