

УДК 621.313.13

**СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЬНИМ РЕАКТИВНИМ ДВИГУНОМ
З ФАЗЗИ-ЕСТИМАТОРОМ КУТА ПОЛОЖЕННЯ РОТОРА**

А. О. Лозинський, Т. І. Михайлович

Національний університет «Львівська політехніка»

вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна. E-mail: tarasmykhailovych@gmail.com

У випадку побудови замкненої системи керування швидкістю обертання двигуна зазвичай використовують ті чи інші додаткові елементи для організації зворотнього зв'язку. При використанні вентильних реактивних двигунів без сенсора положення ротора інформацію про швидкість обертання можна отримати опосередковано, залежно від алгоритму визначення кута положення ротора. У роботі представлено синтез фаззи-регулятора такої системи, побудованої на основі вентильного реактивного двигуна з фаззи-естиматором кута положення ротора, та результати досліджень, проведених на математичній моделі.

Ключові слова: вентильний реактивний двигун, фаззи-логіка, безсенсорна система, фаззи-естиматор.

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЬНЫМ РЕАКТИВНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ
С ФАЗЗИ-ЭСТИМАТОРОМ УГЛА ПОЛОЖЕНИЯ РОТОРА**

А. О. Лозинський, Т. И. Михайлович

Национальный университет «Львовская политехника»

ул. Степана Бандеры, 12, г. Львов, 79013, Украина. E-mail: tarasmykhailovych@gmail.com

В случае построения замкнутой системы управления скоростью вращения двигателя обычно используют те или другие дополнительные элементы для организации обратной связи. При использовании вентильных реактивных двигателей без датчика положения ротора информацию о скорости вращения можно получить косвенно, в зависимости от алгоритма определения угла положения ротора. В работе представлен синтез фаззи-регулятора такой системы, построенной на основе вентильного реактивного двигателя с фаззи-эстиматором угла положения ротора, и результаты исследований, проведенных на математической модели.

Ключевые слова: вентильный реактивный двигатель, фаззи-логіка, бездатчиковая система, фаззи-эстиматор.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В сучасному електроприводі, зокрема в системах транспортних засобів, робототехнічних комплексах, медичному обладнанні, побутовій техніці широке застосування знаходять вентильні та вентильні реактивні двигуни (ВРД).

Одним з головних недоліків, який обмежував області використання та ускладнював систему в цілому, є давач положення ротора (ДПР), що використовується для організації комутаційного процесу. На сьогодні розроблено низку безсенсорних систем, кращими серед яких є системи, побудовані на основі інтелектуальних підходів [1], що дають можливість поєднувати переваги різних методів непрямого визначення положення ротора та покращити параметри системи.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. У замкненій системі регулювання швидкості обертання необхідно формувати зворотній зв'язок за швидкістю. Зазвичай для цього використовують додаткові елементи: сенсори швидкості чи положення ротора з подальшим опрацюванням сигналів.

Класичний ВРД містить у своєму складі ДПР, сигнал якого після диференціювання може бути використаний для формування зворотнього зв'язку за швидкістю. Складність виникає й при синтезі класичного ПІ-регулятора для такої системи, оскільки вона є істотно нелінійною і працює в різних точках характеристики намагнічення. Окрім того, необхідно враховувати вплив параметричних збурень. Як відомо, саме в таких ситуаціях доцільним є використання нечітких регуляторів.

У випадку використання безсенсорного ВРД з фаззи-естиматором кута положення ротора, запропонованим у [2], необхідну інформацію про швидкість двигуна можна отримати безпосередньо як вихідну величину фаззи-естиматора (ФЕ) (рис. 1), тим самим спротививши схему та не використовуючи сенсорів.

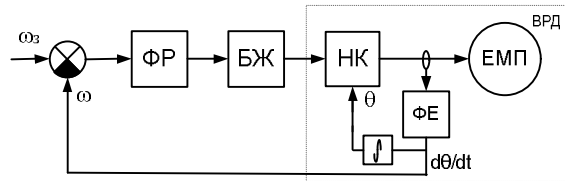


Рисунок 1 – Структурна схема системи керування швидкістю ВРД з ФЕ кута положення ротора

У системі використано класичний фаззи-ПІ-регулятор (ФР). Вхідні змінні – похибка регулювання (e) та похідна похибки регулювання (\dot{e}), вихідна величина – приріст напруги живлення (ΔU). Діапазон зміни кожної з вхідних величин розбито на сім частин (рис. 2).

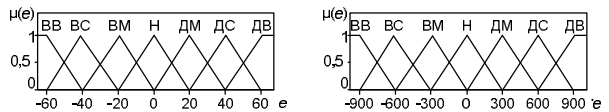


Рисунок 2 – Функції належності вхідних величин

Для перевірки працездатності системи керування ВРД з ФЕ кута положення ротора проведено порівняння результатів математичного моделювання процесів у ВРД з ФЕ і синтезованим фаззи-ПІ регулятором та класичним ВРД і ФР з використанням математичної моделі [3]. Для дослідження вибрано ВРД У-подібної конструкції 24/22 з наступними параметрами: $U_n=60V$, $M_n=5Nm$, $n_n=600$ об/хв.

На першому етапі проводились дослідження процесів у системах при різкій зміні навантаження. Спочатку фіксувалась швидкість завдання $n_1=240$ об/хв. і двигун розганявся до виходу на квазіусталений режим роботи. В момент часу, що дорівнює 1 та 2 с, навантаження стрибкоподібно змінювалось з $0,8M_n$ до $0,4M_n$ і з $0,4M_n$ до M_n відповідно.

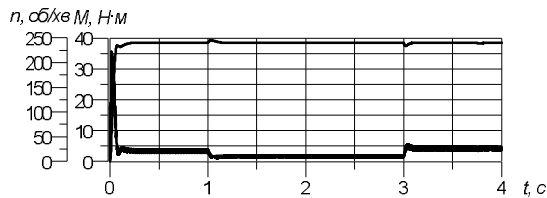


Рисунок 3 – Частота обертання та електромагнітний момент ВРД з ФЕ кута положення ротора при різкій зміні моменту навантаження

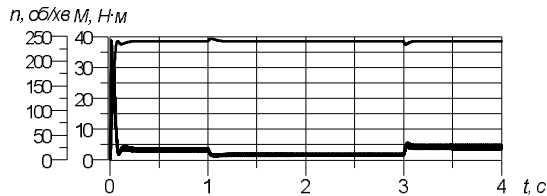


Рисунок 4 – Частота обертання та електромагнітний момент ВРД з ДПР при різкій зміні моменту навантаження

Як бачимо, отримані результати практично співпадають. Перехідний процес триває 0,1–0,2 с. При дії збурення фаззи-регулятор швидкості допускає незначне перерегулювання (5–10 %), що може бути усунуто налаштуванням останнього.

На другому етапі проводились дослідження процесів у системах при зміні швидкості завдання. Навантаження фіксувалось на рівні $0,8 M_n$ та $n_f = 300$ об/хв. У моменти часу 1 та 2 с швидкість завдання змінювалась до 240 об/хв. та 320 об/хв.

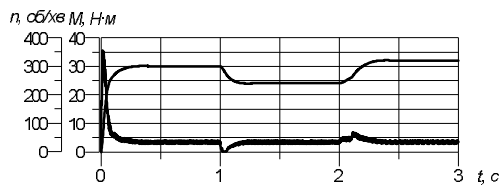


Рисунок 5 – Частота обертання та електромагнітний момент ВРД з ФЕ кута положення ротора при різкій зміні швидкості завдання

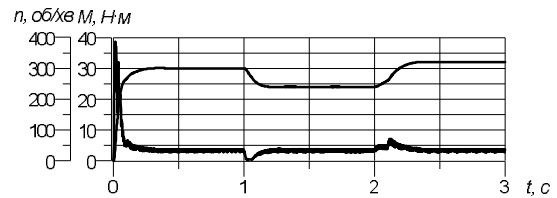


Рисунок 6 – Частота обертання та електромагнітний момент ВРД з ДПР при різкій зміні швидкості завдання

Аналізуючи отримані результати (рис. 5, 6), бачимо, що криві зміни частоти обертання практично співпадають. ВРД з фаззи-естиматором кута положення ротора не погіршує роботу замкненої системи проти класичного двигуна та у поєднанні з ФР дають можливість отримати необхідні характеристики як у квазіусталених, так і перехідних режимах роботи при дії різноманітних збурень.

ВИСНОВКИ. Використання ФЕ кута положення ротора ВРД у замкненій системі регулювання швидкістю обертання дозволяє створити електропривід, який за своїми характеристиками не поступається електроприводам на базі ВРД з ДПР. Окрім того, для синтезу замкненої системи не потрібно використовувати додаткові елементи для формування зворотнього зв'язку за швидкістю, оскільки інформацію про швидкість обертання ротора двигуна можна отримати безпосередньо як вихідну величину ФЕ кута положення ротора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nesimi Ertugrul, Adrian D. Cheok. Indirect angle estimation in switched reluctance motor drives using fuzzy logic based motor model // *IEEE Transactions on Power Electronics*. – 2000. – Iss. 15. – № 6. – PP. 1029–1044.
2. Лозинський А.О., Михайлович Т.І. Фаззи-керування ВРД без давача положення ротора // *Науково-техн. журнал «Електроінформ»*. «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика». – Львів, 2009. – С. 432–434.
3. Збірник матеріалів МНТК молодих учених і спеціалістів «Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації», 07–08 квітня 2011 р., Кременчук, 2011. – С. 207–208.

CONTROL SYSTEM OF SWITCHED RELUCTANCE MOTOR WITH FUZZY-ESTIMATOR OF THE ROTOR POSITION ANGLE

A. Lozynskyi, T. Mykhailovych

In the case of construction of closed-loop control systems, one uses usually certain additional elements to organize a feedback. Information of rotor's speed can be obtained indirectly, by using the sensorless switched reluctance motor (SRM) without position sensor, depending on the method of rotor position estimating. This paper presents the synthesis of the system's fuzzy controller, based on SRM with fuzzy-estimator of the rotor position angle, and a results of research, conducted on the mathematical model.

Key words: switched reluctance motor, fuzzy logic, sensorless control, fuzzy-estimator.

REFERENCES

1. Nesimi Ertugrul, Adrian D. Cheok. Indirect angle estimation in switched reluctance motor drives using fuzzy logic based motor model // *IEEE Transactions on Power Electronics*. – 2000. – Iss. 15. – № 6. – PP. 1029–1044.
2. Lozynsky A., Mykhailovych T. Fuzzy-control of switched reluctance motor without position sensor // *Science and Engineering magazine "Elektroinform", special iss.* – Lviv, 2009. – PP. 432–434. [in Ukrainian]
3. *Proc. of int. conference "Electromechanical and Energy Systems, Modeling and Optimization Methods"*, 07–08 April 2011p. – Kremenchuk, 2011. – PP. 207–208. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 10.07.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Клепиковим В.Б.