

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2021.01.023

ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗІ СПОСТЕРІГАЧАМИ СТАНУ

Стьопкін В.В. доц., к.т.н., Юдін О.В., Котляр М.В., Паламарчук О.О.

Національна металургійна академія України, м. Дніпро, Україна

Вступ. Автоматизований електропривод (АЕП) у теперішній час має практично необмежені можливості для автоматизації більшості виробничих механізмів. Це обумовлено розвитком напівпровідникової та мікропроцесорної техніки, яка використовується в складі систем керування АЕП. Сучасні мікроконтролери дозволяють забезпечувати високі показники якості роботи цифрового асинхронного електропривода у статиці та у динаміці за рахунок двоканального векторного керування асинхронним двигуном (АД). Для деяких промислових механізмів (вентилятори, насоси, компресори), діапазон регулювання швидкості яких не перевищує 1:100, не маючих вимог до швидкодії, при роботі в агресивному середовищі (атомні та хімічні виробництва), нестандартних кліматичних умовах (низькі та високі температури, висока вологість), при ударних та механічних впливах застосування датчиків поза шафами керування АЕП є недоцільним. Для виключення датчиків вихідних координат двигуна в систему керування АЕП вводяться спостерігачі стану – спеціальні математичні алгоритми, реалізовані у вигляді підпрограм контролера керування.

Основний матеріал. До основних проблем, які виникають при побудові бездатчикового векторного електропривода відносять наступні.

Спостерігач стану, який побудований на основі розв'язання повної системи рівнянь електричної рівноваги для статора і ротора за доступною інформацією про напруги та струми статора, здатний забезпечити прийнятну точність обчислення потокозчеплення та швидкості лише в обмеженому діапазоні частот. Проблемою є чутливість електропривода до зміни його параметрів в процесі роботи. Перш за все це відноситься до температурних змін активних опорів статора та ротора, а також до зміни взаємної індуктивності в залежності від струму кола намагнічування. Також проблемою

є отримання необхідної точності оцінки еквівалентних значень струмів та напруг статора.

Недосконалість методології проектування спостерігачів як елементів цифрової системи керування електропривода також є проблемою. В теперішній час розповсюджений підхід на основі аналогових прототипів.

Одним з самих розповсюджених та ефективних способів керування АД є векторний з орієнтацією за полем ротора. Структурна схема векторної системи керування асинхронним двигуном зі спостерігачем стану наведена на рис.1.

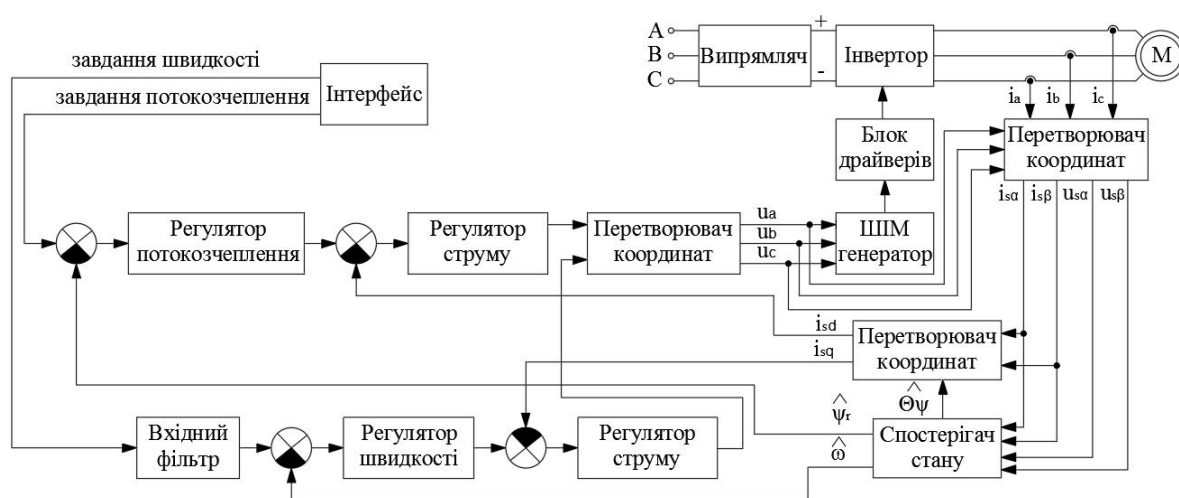


Рисунок 1 – Структурна схема векторної системи керування асинхронним двигуном зі спостерігачем стану

Керування АД здійснюється за допомогою перетворювача частоти, до складу якого входить випрямляч та інвертор на базі повністю керованих силових ключів – транзисторів (рис.1). Регулювання відкриття та закриття ключів здійснюється через блок драйверів чотири контурної векторної системи керування. У якості зворотних зв'язків для зовнішніх контурів використовуються вихідні сигнали $\hat{\omega}$ та $\hat{\psi}_r$, спостерігача стану, який розраховує кут повороту вектора потокозчеплення ротора $\hat{\Theta}_{\psi_r}$, необхідних для роботи перетворювачів координат. В даній векторній системі керування використовуються: перетворювач координат з переходом з природньої системи координат А-В-С в двофазну нерухому $\alpha-\beta$ та перетворювач координат у двофазну обертову d-q у якій функціонують регулятори; перетворювач координат з обертової у природну систему координат.

Бездатчикова система координат передбачає вимірювання статорних струмів i_a, i_b, i_c двигуна та розрахунок напруг u_a, u_b, u_c за інформацією вихідних сигналів u_{sd} та u_{sq} регуляторів проекцій струму статора. Для розрахунку змінних стану двигуна спостерігач використовує математичну модель двигуна в двофазній нерухомій системі координат, тому вихідними змінними для ідентифікатора є напруги статора $u_{s\alpha}, u_{s\beta}$ та струми $i_{s\alpha}, i_{s\beta}$ двигуна.

Дослідженню систем бездатчикових асинхронних електроприводів присвячені роботи закордонних вчених [1-5]. Для асинхронного електропривода використовуються спостерігачі стану на базі повного порядку, зниженого порядку, ковзаючого режиму, нейронної мережі, фільтра Калмана [1]. Питання бездатчикового прогнозування моменту АД з використанням спостерігача повного порядку оцінки потоку та швидкості в ковзаючому режимі розглянуті в роботі [2] з експериментальними результатами. Цікавим є алгоритм визначення початкового положення ротора АД на основі порівняння магніто-рушійних сил (МРС) обмоток ротора та статора [3]. Система бездатчикового векторного керування АД на основі фільтра Калмана зниженого порядку зі зменшенням розмірності керуючої матриці спостерігача стану описана в роботі [4]. В роботі [5] запропонований спосіб запобігання низької частоти статора АД для покращення характеристик бездатчикових асинхронних електроприводів.

Висновки. Встановлено, що модифікації асинхронних електроприводів зі спостерігачами стану випускаються ведучими світовими виробниками та затребувані в умовах сучасного ринку. Теоретичні та практичні питання по розробці електроприводів залишаються не повністю вирішеними та є актуальними. Розглянуті основні проблеми побудови асинхронних електроприводів зі спостерігачами стану та підходи до побудови спостерігачів потоку та швидкості АД.

Література / Reference

1. D. Xu, B. Wang, G. Zhang, G. Wang and Y. Yu, "A review of sensorless control methods for AC motor drives," in CES Transactions on Electrical Machines and Systems, vol. 2, no. 1, pp. 104-115, March 2018, doi: 10.23919/TEMS.2018.8326456.

2. F. Wang, S. A. Davari, D. A. Khaburi and R. Kennel, "Sensorless model predictive torque control for induction machine by using the sliding mode full-order observer," 2011 Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives, Birmingham, UK, 2011, pp. 114-117, doi: 10.1109/SLED.2011.6051554.
3. T. A. Funk, A. I. Grebnev and A. A. Sabel'nikov, "Mathematical description of sensorless pulse-vector control system of asynchronous motor at constant voltage supply," 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), St. Petersburg, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICIEAM.2017.8076312.
4. E. M. Solodkiy, D. A. Dadenkov and A. M. Kostygov, "Sensorless vector control of asynchronous machine based on reduced order Kalman filter," 2018 17th International Ural Conference on AC Electric Drives (ACED), Ekaterinburg, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/ACED.2018.8341710.
5. G. Lefebvre, V. Le Digarcher, J. Gauthier, A. Hijazi and L. Xuefang, "Optimal low-stator-frequency avoidance strategy to improve the performances of induction machine sensorless drives," 2015 IEEE Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED), Sydney, NSW, Australia, 2015, pp. 1-6, doi: 10.1109/SLED.2015.7339256.

PROBLEMS OF CONSTRUCTION OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVES WITH STATE OBSERVERS

Stopkin Vasyl, Yudin Oleksandr, Kotliar Mykhailo, Palamarchuk Olha

Abstract. This paper considers the problems of constructing asynchronous electric drives with state observers and the latest advances in the field of sensorless alternating current drives. The main areas of application of asynchronous electric drives with state observers are determined. A vector sensorless control system using coordinate converters from a natural coordinate system to a stationary and rotating one and a state observer based on a mathematical model of a motor in a two-phase stationary coordinate system was used as a basic one when considering the structures of modern asynchronous electric drives. The main types of flow and speed observers of asynchronous electric drives are considered for the tasks of constructing a high-quality asynchronous electric drive with vector control without using sensors. The problem was formulated for further modernization of control systems based on an electric drive with a flow and speed observer.

Keywords: frequency converter, asynchronous motor, state observer, mathematical model, coordinate converter, controller, sensor.