

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВАРІАЦІЇ АКТИВНОГО ОПОРУ РОТОРА НА РОБОТУ ДВОХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНОМУ ЖИВЛЕННІ ВІД ОДНОГО ІНВЕРТОРА

Дубровець Б.А., Березюк Є.Ю., Крикун Р.А., магістрант, Бовкунович В.С.,  
к.т.н., ст. викл.

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

**Вступ.** Останні роки в рейковому електротранспорті (РЕ) широкого розповсюдження почала набувати схема паралельного живлення двох тягових асинхронних двигунів (ТАД) від одного інвертора [1]. Це можна пояснити такими перевагами: менші масогабаритні показники, зниження вартості механізму за рахунок встановлення одного потужнішого інвертора замість двох. Яскравим прикладом застосування даної конструкції є візок вагону РЕ, в якому дві колісні пари приводяться до руху через редуктор окремим ТАД. В той же час застосування типового трифазного мостового інвертора при керуванні двома ТАД має ряд складностей. З недоліків слід виділити буксування колісних пар візка, спричинених нерівностями моментів, що формуються двигунами за рахунок параметричних збурень, таких як варіації активного опору ротора асинхронного двигуна.

**Мета роботи.** Дослідити вплив варіації активного опору ротора на роботу асинхронних двигунів при паралельному живленні від одного інвертора.

**Матеріали і результати досліджень.** Широко розповсюдженими є два методи керування двигунами від одного інвертора: Master/Slave Control (MSC) та Mean Control (MC) [1, 2]. Характерною особливістю MSC є те, що зворотній зв'язок за струмом та швидкістю відбувається виключно за головним двигуном, а поведінка підпорядкованого взагалі не береться до уваги. Таке керування може спричинити появу «буксування». В той же час метод MC передбачає формування зворотних зв'язків за струмом та швидкістю у вигляді середньоарифметичного значення відповідних сигналів двох двигунів. Тому для досліджень пропонується застосувати стандартний алгоритм векторного керування моментом та потоком [3] в поєднанні із запропонованими стратегіями керування з метою порівняльного аналізу.

Дослідження проводились методом математичного моделювання з використанням АД, з наступними параметрами:  $P_n=0.75$  кВт,  $I_n=2.1$  А,  $\omega_n=300$  рад/с,  $R_1=11$  Ом,  $R_2=5.6$  Ом,  $L_1=0.95$  Гн,  $L_2=0.95$  Гн,  $L_m=0.91$  Гн,  $J=0.0063$  кг·м<sup>2</sup>. Для досліджень застосовувалась наступна послідовність операцій (рис. 1): на інтервалі часу 0–0.25с асинхронні двигуни збуджуються за заданою траєкторією потоку; починаючи з 1 с від двигунів вимагається відпрацювати задану траєкторію зміни моменту з досягненням номінального значення 2.5 Нм. При дослідженні опір ротора одного з двигунів був номінальний, а в другого збільшений в два рази.

Графіки перехідних процесів для стратегій керування MSC та MC

представлені на рисунку 2 (а, б) та 2 (в) відповідно.

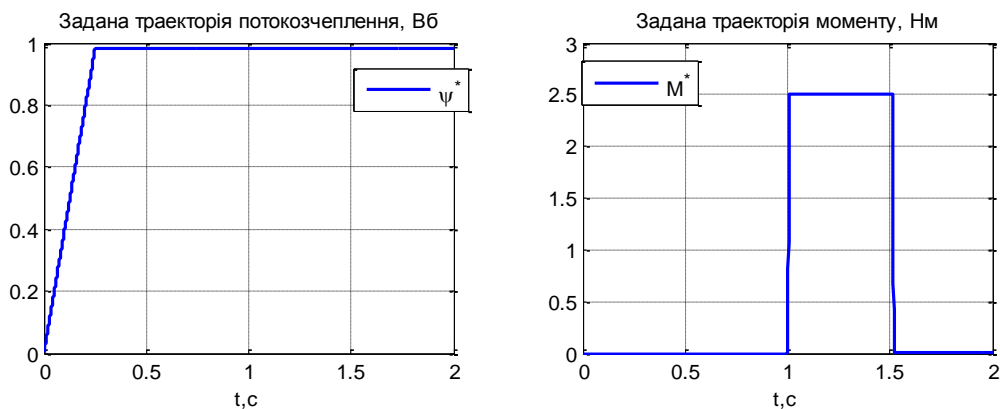


Рисунок 1 – Задані траєкторії потокозчеплення та моменту

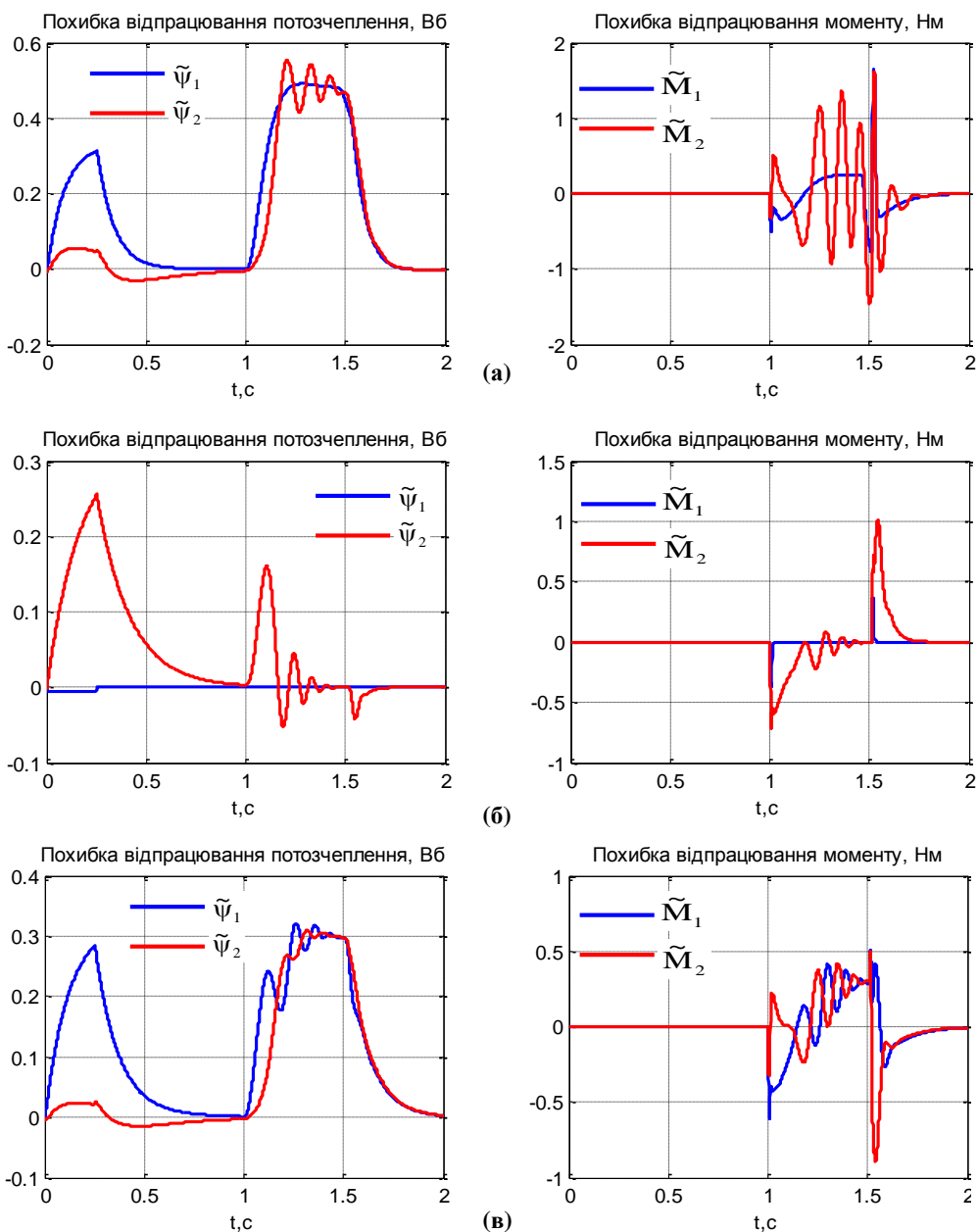


Рисунок 2 – Графіки перехідних процесів

При застосуванні стратегії керування MSC (рисунок 2 (а)) встановлено, що варіація активного опору ротора в головному двигуні, викликає порушення поле орієнтування. При цьому під час, коли вимагається відпрацювати завдання на момент, похибка потокозчеплення сягає 0.5 Вб. В результаті цього виникають суттєві коливання моменту в підпорядкованому двигуні, зворотні зв'язки якого не заведені в алгоритм векторного керування, і складають більше 1.5 Нм (60% від номінального значення). Це може спричинити виникнення «буксування» в колісній парі підпорядкованої машини, що є не прийнятним, а в певних випадках навіть втрату стійкості системи, що є недопустимим. В той же час при варіації активного опору в підпорядкованому двигуні (рисунок 2(б)), відпрацювання траєкторій заданого потоку та моменту, головним двигуном, відбувається без усталених похибок. При цьому в підпорядкованому двигуні з'являються незначні коливання потоку та моменту які швидко згасають. Застосування стратегії MSC ускладнено через те, що необхідно слідкувати яка машина повинна бути керованою, а яка підпорядкованою і вчасно, без порушення стійкості, робити переключення між двигунами.

Якщо ж застосовується стратегія керування MC (рисунок 2 (в)), не залежно в якому двигуні відбувається варіація, поведінка двигунів буде однаковою. При цьому похибка відпрацювання завдання по потокозчепленню складає 0.3 Вб, а похибка відпрацювання траєкторії завдання по моменту не перевищує 0.5Нм, що менше в порівнянні зі стратегією MSC.

**Висновки.** Проаналізувавши графіки перехідних процесів при застосуванні стратегій керування MSC та MC, а також алгоритму векторного керування моментом та потоком, встановлено, що при варіації активного опору ротора в двигунах, які паралельно живляться від одного інвертора, найбільш прийнятною є стратегія керування MC, яка забезпечує задовільну поведінку двигунів та менші похибки відпрацювання траєкторій завдання по потокозчепленню та моменту в порівнянні зі стратегією MSC.

#### Перелік посилань

1. Joshi B. M., Chandorkar M. C. Two-motor single-inverter field-oriented induction machine drive dynamic performance //Sadhana. – 2014. – Т. 39. – №. 2. – С. 391-407.
2. Yildirim D., Caglar B. A new control technique for improving dynamic performance of mono inverter dual parallel induction motors in railway traction systems //Electrical Machines & Power Electronics (ACEMP), 2015 Intl Conference on Optimization of Electrical & Electronic Equipment (OPTIM) & 2015 Intl Symposium on Advanced Electromechanical Motion Systems (ELECTROMOTION), 2015 Intl Aegean Conference on. – IEEE, 2015. – С. 756-761.
3. Peresada S., Tilli A., Tonielli A. Theoretical and experimental comparison of indirect field-oriented controllers for induction motors //IEEE Transactions on Power Electronics. – 2003. – Т. 18. – №. 1. – С. 151-163.