

ПЕРСИСТНІСТЬ ЗБУДЖЕННЯ В СИСТЕМАХ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ: ЧАСТИНА 2 – ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ АКТИВНИХ ОПОРІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Пересада С.М., проф., д.т.н., Решетник В. С., магістрант

НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Використання надлишкової параметризації в задачах адаптивного керування є розповсюдженим методом для досягнення властивості глобальної асимптотичної стійкості. В той же час після переходу від етапу теоретичних досліджень до впровадження адаптивних систем стало зрозуміло, що складність алгоритмів є головним стримуючим фактором їх практичної реалізації в електромеханічних системах змінного струму. Одним із шляхів отримання більш простих рішень розглядається відмова від використання надлишкової параметризації за рахунок синтезу алгоритмів, які гарантують локальну асимптотичну стійкість, використовують кількість оцінок, що відповідає кількості невідомих параметрів. Відмова від надлишкової параметризації передбачає спрощення умов персистентності збудження, які визначаються виразом (2) в [1].

Метою дослідження є порівняльний аналіз умов персистентності збудження двох теоретично обґрунтованих рішень задачі одночасної ідентифікації активних опорів статора і ротора, які представлено в [2] та [3].

Матеріали дослідження. Алгоритм [2] вважається першим, який, на основі строгого теоретичного доведення глобальної асимптотичної стійкості, вирішує задачу одночасної ідентифікації активних опорів асинхронного двигуна. Адаптивний спостерігач [2] має 11 порядок, 7 коефіцієнтів налаштування, забезпечує, на основі інформації про напруги, струми статора та кутову швидкість, оцінювання активних опорів статора R_1 і ротора R_2 , а також додаткової змінної R у вигляді добутку цих опорів $R_1 R_2$. В [3] представлено модифікацію спостерігача [2], в якому відсутнє оцінювання додаткової змінної R , завдяки чому знижено на одиницю порядок спостерігача та кількість коефіцієнтів налаштування, розмірність матриці регресії також зменшено з $[2 \times 7]$ до $[2 \times 6]$. При цьому адаптивний спостерігач [3], на відміну від [2], являється локально асимптотично стійким.

Для оцінки впливу зменшення розмірності спостерігача на властивості умов персистентності збудження за рахунок відмови від надлишкової параметризації досліджено, в яких умовах забезпечується асимптотичність оцінювання опорів.

Моделюючий тест сформовано наступним чином. Дослідження алгоритмів ідентифікації проведено при їх автономній роботі та наявності початкових похибок ідентифікації параметрів $\hat{R}_1(0) = 1.2R_{1N}$, $\hat{R}_2(0) = 1.5R_{2N}$, де $\hat{R}_i$ - оцінки, R_{iN} - дійсні значення опору статора ($i=1$) і ротора ($i=2$). Керування

двигуном здійснювалось за допомогою стандартного алгоритму векторного керування (Indirect Field Oriented Control – IFOC). Значення активних опорів статора і ротора в моделі двигуна та алгоритмі векторного керування дорівнюють номінальним.

В якості досліджуваного використовувався асинхронний двигун з номінальною потужністю 0.75 кВт, який має параметри, представлені в таблиці:

Номінальний струм, А	2.1	Індуктивність статора, Гн	0.95
Число пар полюсів	1	Індуктивність ротора, Гн	0.95
Активний опір статора, Ом	11	Індуктивність намагнічуючого контуру, Гн	0.91
Активний опір ротора, Ом	5.51	Момент інерції, кг·м ²	0.0036

Послідовність операцій керування наведена на рис.1:

- під час початкового інтервалу часу 0–0.3 с машина збуджується, траєкторія заданого потоку починається з $\psi^*(0) = 0.02$ Вб і досягає номінального значення 0.9 Вб;
- в момент часу $t = 1.5$ с до нерухомого валу двигуна прикладається постійний номінальний момент навантаження.

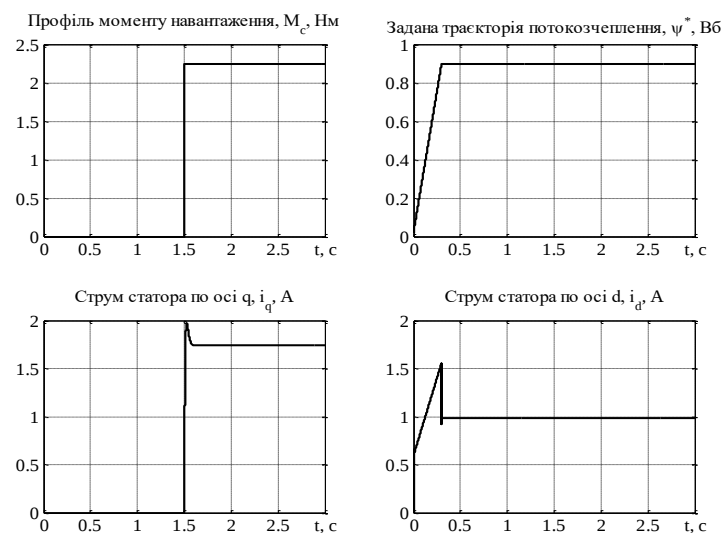


Рисунок 1 – Динамічні процеси збудження двигуна, струмів статора та профіль моменту навантаження

Дослідження алгоритмів ідентифікації виконано при наступних налаштуваннях: [2] - $k_1 = 200$, $k_2 = 90$, $\gamma_1 = 110$, $\gamma_2 = 1$, $\gamma_3 = 1.33$, $\gamma_4 = 5$, $\gamma_5 = 0.1$; [3] - $k_1 = 200$, $k_2 = 190$, $\gamma_1 = 10$, $\gamma_2 = 1$, $\gamma_3 = 1.33$, $\gamma_4 = 7$.

На рис. 2 і 3 представлено динамічну поведінку оцінок опорів статора $\hat{R}_1$ та ротора $\hat{R}_2$ в умовах моделюючого тесту. З графіків перехідних процесів слідує, що, при використанні алгоритму [2] з надлишковою параметризацією, асимптотичність оцінювання $\hat{R}_1$ досягається лише при наявності моменту навантаження, що не відповідає фізичним умовам для ідентифікації опору статора. В той же час алгоритм [3], в якому кількість оцінок відповідає

кількості невідомих параметрів (надлишкова параметризація відсутня), забезпечує фізично обґрунтовані умови персистентності збудження:

- а) ідентифікація опору статора забезпечується при збудженому двигуні (присутність струму статора і нульовий струм ротора);
- б) для асимптотичності оцінки опору ротора потрібен момент навантаження, який гарантує в роторі струм з частотою ковзання.

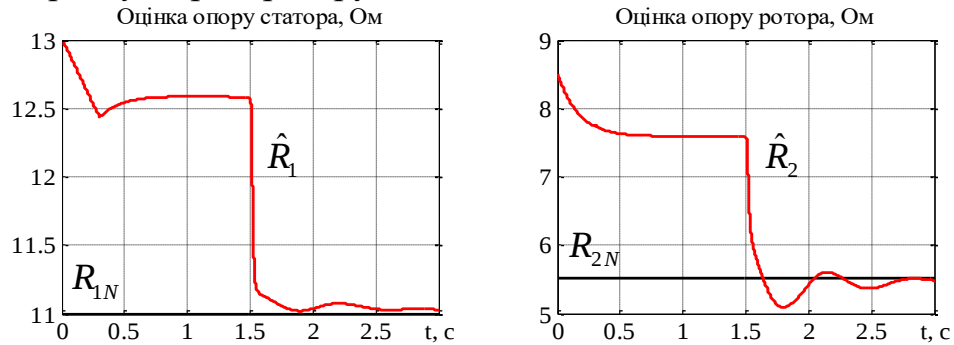


Рисунок 2 – Динамічні процеси ідентифікації активних опорів статора і ротора, при використанні алгоритму з надлишковою параметризацією

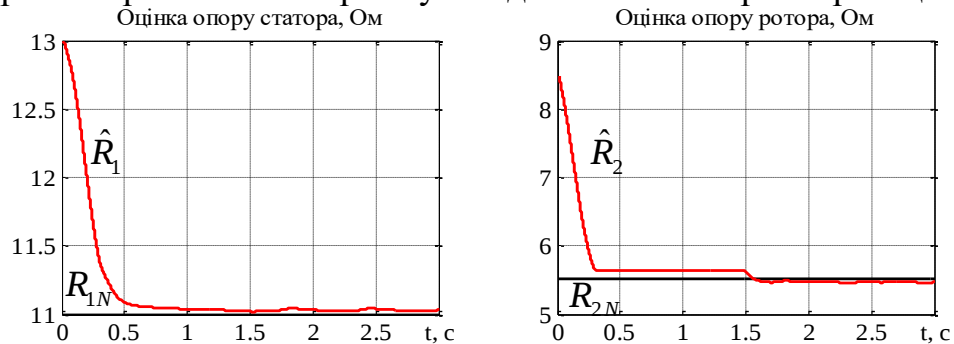


Рисунок 3 – Динамічні процеси ідентифікації активних опорів статора і ротора, при використанні алгоритму без надлишкової параметризації

Висновки. Доведено, що для алгоритмів одночасної ідентифікації активних опорів статора і ротора, які мають складне математичне формулювання умов персистентності збудження, доцільно відмовитись від глобальності рішення з метою спрощення алгоритму. Показано, що локально асимптотично стійкий алгоритм, що не використовує надлишкову параметризацію, забезпечує асимптотичне оцінювання в режимах роботи асинхронного двигуна, які мають фізичну обґрунтованість умов персистентності збудження.

Перелік посилання

1. Пересада С.М., Решетник В.С. Персистентність збудження в системах адаптивного керування електромеханічними об'єктами: частина 1 – теор. положення. У цьому збірнику.
2. Marino R., Peresada S. and Tomei P. On-line stator and rotor resistance identification in induction motor // IEEE Trans. on Control Systems Technology. –2000. –Vol. 8. –P. 570–579.
3. Пересада С.М., Коноплинський М.А. Ідентифікація активних опорів асинхронного двигуна за допомогою адаптивного спостерігача потокозчеплення // Технічна електродинаміка. – К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2013. – № 1. – С. 40–48.