

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДИСКРЕТНИХ СПОСТЕРІГАЧІВ СТАТИЧНОГО МОМЕНТУ У СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Грандафілов В.М., студент; Божко В.В., аспірант
 (ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк, Україна)

Сучасний розвиток елементної бази та програмних засобів дозволяє реалізовувати складні системи автоматичного керування, якими є системи зі спостерігачами стану (СС). СС використовують для оцінювання значень координат, які неможливо або важко виміряти відповідними датчиками [1]. До таких координат можна віднести момент статичного опору M_c , інформація про який може бути використана, наприклад, для мінімізації помилки регулювання швидкості, формування енергозберігаючих тахограм, запобігання пробуксовки та ін.

Оскільки момент статичного опору є невимірним збуренням, то для його відновлення зазвичай використовують розширені СС (з додатковим інтегратором в каналі навантаження моделі об'єкта регулювання). Однак, існують варіанти ідентифікації M_c за допомогою еквівалентних СС з корекцією за швидкістю двигуна або за його положенням.

Зараз найбільш перспективною електричною машиною є синхронний двигун з постійними магнітами (СДПМ), який у зв'язку з його перевагами поступово витісняє двигуни постійного струму та асинхронні. Саме тому в даній роботі був проведений синтез спостерігачів (еквівалентних та розширених) для системи векторного керування СДПМ і виконано порівняльний аналіз їх динамічних властивостей за допомогою математичного моделювання. Відновлена інформація про M_c не використовувалась в системі керування (наприклад, для комбінованого керування), а тільки аналізувалась.

Математичний опис дискретних СС зведений у табл. 1. В моделях спостерігачів були використані інтегратори, що виконують чисельне інтегрування методом трапецій, тобто дискретизація аналогового СС виконана методом Тастіна.

Таблиця 1 – Математичний опис дискретних СС

		СС, замкнений за кутовою швидкістю	СС, замкнений за кутовим положенням
еквівалентний	(1)	$z\hat{\omega} = 1 \cdot \hat{\omega} + \frac{T_s}{J} \cdot M + K(\omega - \hat{\omega})$	(3)
			$\begin{vmatrix} z\hat{\phi} \\ z\hat{\omega} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & T_s \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \hat{\phi} \\ \hat{\omega} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \frac{T_s^2}{2 \cdot J} \\ \frac{T_s}{J} \end{vmatrix} \cdot M + K(\phi - \hat{\phi})$
розширений	(2)	$\begin{vmatrix} z\hat{\omega} \\ z\hat{M}_c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & -\frac{T_s}{J} \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \hat{\omega} \\ \hat{M}_c \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \frac{T_s}{J} \\ 0 \end{vmatrix} \cdot M + K(\omega - \hat{\omega})$	(4)
			$\begin{vmatrix} z\hat{\phi} \\ z\hat{\omega} \\ z\hat{M}_c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & T_s & -\frac{T_s^2}{2 \cdot J} \\ 0 & 1 & -\frac{T_s}{J} \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \hat{\phi} \\ \hat{\omega} \\ \hat{M}_c \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \frac{T_s^2}{2 \cdot J} \\ \frac{T_s}{J} \\ 0 \end{vmatrix} \cdot M + K(\phi - \hat{\phi})$

В табл. 1 прийняті наступні позначення: M – електромагнітний момент двигуна; T_s – період дискретності СС; $\hat{\phi}, \phi$ – відновлене і виміряне кутове положення вала двигуна відповідно; $\hat{\omega}, \omega$ – відновлена і виміряна кутова швидкість двигуна відповідно; J – сумарний момент інерції, приведений до вала двигуна, $z = e^{T_s p}$, де p – оператор

Лапласа, K – вектор коректувальних коефіцієнтів СС (для забезпечення бажаного характеристичного полінома (ХП) системи). В нашому випадку коефіцієнти вектора K забезпечують ХП, який відповідає аналоговому прототипу з біноміальними коефіцієнтами відповідного порядку.

На рис. 1а представлено перехідні процеси реального моменту статичного опору та відновлених за допомогою СС (в момент часу 0,02 с відбувся накид навантаження $M_c/M_H=0,5$). Період дискретності СС складає 125 мкс.

Якщо двигун оснащений датчиком положення ротора (ДПР), що має місце для електроприводів на базі СДПМ, то СС, замкнений за положенням, може відновити не тільки момент статичного навантаження, але і кутову швидкість ротора. В такому випадку відпадає необхідність у диференціюванні сигналу від ДПР [2].

На рис. 1б представлено перехідні процеси реальної кутової швидкості та відновленої за допомогою спостерігачів, замкнених за кутовим положенням.

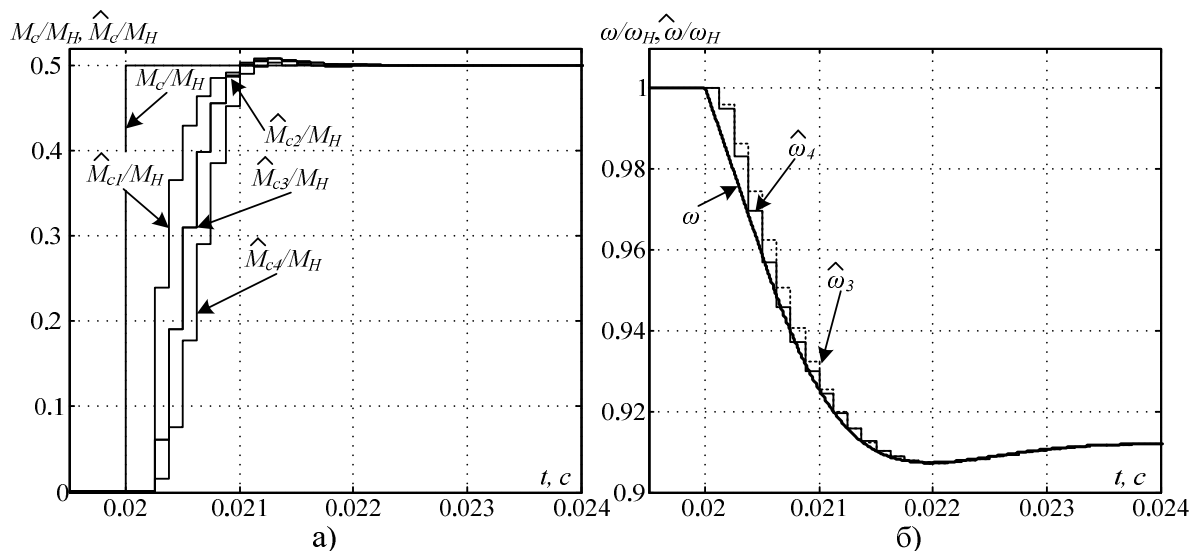


Рисунок 1 – Перехідні процеси при накиданні навантаження $M_c/M_H=0,5$: а) реальний та відновлений момент опору; б) реальна та відновлена кутова швидкість ротора

Моделювання показало, що найшвидше M_c відновлює СС, замкнений за кутовою швидкістю (еквівалентний), а довше всіх – СС, замкнений за кутовим положенням (розширений). Це пов'язано з наявністю більшої кількості інтеграторів у останнього. Спостерігач, замкнений за кутовою швидкістю (розширений) та замкнений за кутовим положенням (еквівалентний) працюють приблизно однаково.

Також, було виявлено що серед СС, замкнених за кутовим положенням, дещо швидше відновлює кутову швидкість розширений СС.

До подальших задач дослідження можна віднести: урахування впливу на роботу СС широтно-імпульсної модуляції, варіації параметрів об'єкта регулювання, періоду дискретності спостерігача; аналіз системи комбінованого керування з СС.

Перелік посилань

1. Толочко О. І. Аналіз та синтез електромеханічних систем зі спостерігачами стану: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О. І. Толочко – Донецьк: Норд-Прес, 2004. – 298 с.

2. Толочко О. И. Особенности идентификации электромеханической постоянной времени и момента статического сопротивления в системах позиционного электропривода / О. И. Толочко, П. И. Розкаряка, Г. С. Чекавский // Тематический выпуск «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика» научно-технического журнала «ЭЛЕКТРОИНФОРМ» – Львов: ЕКОинформ, 2009. – С. 74–75.