

АЛГОРИТМ БЕЗДАВАЧЕВОГО КЕРУВАННЯ КУТОВОЮ ШВИДКІСТЮ СИНХРОННОГО ДВИГУНА З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

Ковбаса С.М., к.т.н., доц. ; Онанко А.Ю., асп.; Поляков Г.В., магістрант кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Системи керування електроприводом на основі синхронних двигунів (СД) знайшли широке застосування завдяки високій стабільності регулювання кутової швидкості. Не дивлячись на те, що всі комерційні синхронні ЕП випускаються із вбудованими давачами швидкості/положення, створення бездавачевих синхронних ЕП є актуальною задачею, оскільки давачі знижують надійність системи, погіршують масогабаритні показники, крім того при визначенні швидкості шляхом диференціювання кута повороту, завади можуть впливати на процес керування.[1]

Метою роботи є порівняльний аналіз показників якості регулювання кутової швидкості СД з постійними магнітами (СДПМ) при використанні алгоритмів векторного керування з вимірюванням кутової швидкості та без нього.

Матеріали досліджень. Бездавачевий алгоритм керування кутовою швидкістю, синтез якого, за умови відомого початкового положення ротора, представлено в [2], записується у вигляді регулятора швидкості (1), струму (2) та спостерігача кутової швидкості (3):

$$\begin{cases} \dot{i}_{1q}^* = J\mu^{-1} \left[-k_\omega \cdot \tilde{\omega} + \hat{M}_c + \dot{\omega}^* \right], \mu = 1.5L_m i_f, \\ \dot{\hat{M}}_c = -k_{\omega i} \cdot \tilde{\omega} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} u_{1d} = L_1(R_1 L_1^{-1} i_{1d}^* - \hat{\omega} i_{1q} + \dot{i}_{1d}^* - k_{id1} \tilde{i}_{1d} - x_d) \\ u_{1q} = L_1(R_1 L_1^{-1} i_{1q}^* + \hat{\omega} i_{1d} + \hat{\omega} L_m L_1^{-1} i_f + J\mu^{-1} \left[-k_\omega \cdot \tilde{\omega} + \dot{\hat{M}}_c + \dot{\omega}^* \right] - k_{iq1} \tilde{i}_{1q} - x_q) \\ \dot{x}_d = k_{id1} \tilde{i}_{1d} \\ \dot{x}_q = k_{iq1} \tilde{i}_{1q} \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \dot{\hat{\omega}} = J^{-1} \mu \hat{i}_{1q} - \hat{M}_c - k_1 e_{i1q} \\ \dot{\hat{i}}_{1d} = L_1^{-1} (-R_1 \hat{i}_{1d} + \hat{\omega} L_1 \hat{i}_{1q} + u_{1d}) \\ \dot{\hat{i}}_{1q} = L_1^{-1} (-R_1 \hat{i}_{1q} - \hat{\omega} L_1 \hat{i}_{1d} - \hat{\omega} L_m i_f + u_{1q}) + k_2 e_{i1q}, \end{cases} \quad (3)$$

де $i_{1d}, i_{1q}, u_{1d}, u_{1q}$ – компоненти векторів струму та напруги статора СД в системі координат (d-q); i_{1d}^*, i_{1q}^* – задані значення i_{1d}, i_{1q} ; $\tilde{i}_{1d} = i_{1d} - i_{1d}^*, \tilde{i}_{1q} = i_{1q} - i_{1q}^*$ – похибки відпрацювання i_{1d}, i_{1q} ; \hat{i}_{1q} – оцінене значення i_{1q} ; $e_{i1q} = i_{1q} - \hat{i}_{1q}$ – похибка оцінювання i_{1q} ; i_f – струм фіктивної обмотки СД; $\omega^*, \hat{\omega}$ – задана та оцінена кутова швидкість; $\tilde{\omega} = \omega^* - \hat{\omega}$; \hat{M}_c – оцінене значення M_c/J (M_c – статичний момент, J – момент інерції); R_1, L_1 – активний опір та індуктивність статора;

L_m – взаємна індуктивність, $(k_\omega, k_{\omega i}, k_{id1}, k_{iq1}, k_{iid1}, k_{iiq1}, k_1, k_2) > 0$ – коефіцієнти налаштування.

При моделюванні використовувались наступні параметри для СДПМ: $M_H=8$ Нм, $\omega_H=150$ рад/с, $U_H=220$ В, $i_{Iqmax}=7$ А, $R_I=1$ Ом, $L_I=0.078$ Гн, $L_m=0.068$ Гн, $J=0.06$ кгм²; та наступні значення коефіцієнтів налаштування: $k_\omega = 100$, $k_{\omega i} = 2500$, $k_{id1} = 500$, $k_{iid1} = 125000$, $k_{iq1} = 500$, $k_{iiq1} = 125000$, $k_1 = 1000$, $k_2 = 250000$.

Послідовність операцій керування включає в себе розгін двигуна до значення $\omega^*=100$ за проміжок часу $0 \div 1$ с, та прикладання/зняття до валу статичного моменту $M_c=8$ Нм на проміжку часу $2 \div 3$ с. Результати моделювання перехідних процесів для бездавачевого та замкненого керування кутовою швидкістю СДПМ представлені відповідно на Рис 1(а), (б).

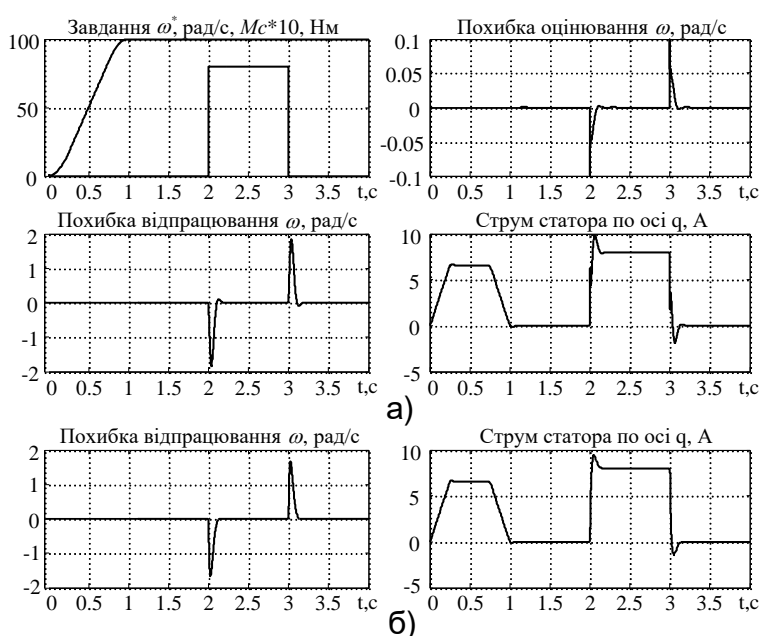


Рисунок 1

З представлених графіків слідує, що в обох випадках керування, задана траєкторія кутової швидкості відпрацьовується без похибок. Динамічні похибки відпрацювання кутової швидкості з'являються лише в момент прикладання та зняття статичного моменту і становлять 1.85 рад/с для бездавачевого керування швидкістю і 1.68 рад/с – для замкненого алгоритму керування. Похибка оцінювання кутової швидкості становить 0.045 рад/с.

Висновки. Використання алгоритму векторного бездавачевого керування СДПМ забезпечує асимптотичне відпрацювання заданих траєкторій швидкості при умові відомого початкового положення ротора. Отримані при цьому показники якості керування, співвимірні з показниками, що досягаються у замкнутих по швидкості системах векторного керування СДПМ. Похибки оцінювання кутової швидкості, які виникають при дії постійного невідомого моменту навантаження, не здійснюють суттєвого впливу на процеси керування СДПМ.

Перелік посилань

1. Попович Н. Г., Пересада С. М., Коломиец Д. Н. Управление следящим электроприводом постоянного тока на основе косвенной оценки угловой скорости // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. –1999. –Вып. 61. –С. 43–48.
2. Ковбаса С. М., Онанко А. Ю. Бездавачеве керування кутовою швидкістю електродвигуна постійного струму// Сучасні проблеми електроенерготики та автоматики, Київ, КП, 2009, т.2, С. 108-112.