

І.А. КОЗАКЕВИЧ, канд. техн. наук, доц., К.В. БУДНІКОВ, аспірант  
Криворізький національний університет

## БАЗОВІ ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ПРЕДИКТИВНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ ЗМІННОГО СТРУМУ

За останній час у якості основних систем керування електроприводами змінного струму добре зарекомендували себе система векторного керування та система прямого керування моментом [1]. До переваг останньої відноситься здатність працювати без датчика кутової швидкості на валу, проста структура та високі динамічні показники якості керування. В той же час, основними недоліками даної системи є високий рівень пульсацій крутного моменту, що стає особливо чутливим при роботі з низькою кутовою швидкістю, а також наявність змінної частоти комутації силових ключів. Вирішенню цих проблем присвячена низка робіт дослідників у сфері автоматизованого електроприводу.

З використанням методу Ейлера прогнозування величини струму статора можна здійснювати у відповідності з наступними залежностями

$$i_{s\alpha}[n+1] = \left(1 - \frac{\Delta t(R_s L_r^2 + R_r L_m^2)}{L_r(L_s L_r - L_m^2)}\right) \cdot i_{s\alpha}[n] + \frac{\Delta t(R_s L_r^2 + R_r L_m^2)}{\Delta t(R_s L_r^2 + R_r L_m^2) + L_r(L_s L_r - L_m^2)} u_{s\alpha}[n] + \frac{\Delta t L_m R_r}{\Delta t(R_s L_r^2 + R_r L_m^2) + L_r(L_s L_r - L_m^2)} \psi_{s\alpha}[n] + \frac{\Delta t L_m L_r \omega}{\Delta t(R_s L_r^2 + R_r L_m^2) + L_r(L_s L_r - L_m^2)} \psi_{s\beta}[n];$$

$$i_{s\beta}[n+1] = \left(1 - \frac{\Delta t(R_s L_r^2 + R_r L_m^2)}{L_r(L_s L_r - L_m^2)}\right) \cdot i_{s\beta}[n] + \frac{\Delta t(R_s L_r^2 + R_r L_m^2)}{\Delta t(R_s L_r^2 + R_r L_m^2) + L_r(L_s L_r - L_m^2)} u_{s\beta}[n] + \frac{\Delta t L_m R_r}{\Delta t(R_s L_r^2 + R_r L_m^2) + L_r(L_s L_r - L_m^2)} \psi_{s\beta}[n] - \frac{\Delta t L_m L_r \omega}{\Delta t(R_s L_r^2 + R_r L_m^2) + L_r(L_s L_r - L_m^2)} \psi_{s\alpha}[n].$$

Прогнозування величини електромагнітного моменту можна отримати з використанням прогнозних значень потокозчеплення статора та струму статора:

$$T_s[n+1] = \frac{3}{2} p (\psi_{s\alpha}[n+1] i_{s\beta}[n+1] - \psi_{s\beta}[n+1] i_{s\alpha}[n+1]),$$

де  $p$  – кількість пар полюсів.

Функцію втрат складемо з використанням відхилень величини крутного моменту від заданого значення та відхилення модуля вектору потокозчеплення від відповідного номінального рівня:

$$c = |T_s[n+1] - T_s^*| + w_\psi \left| \sqrt{\psi_{s\alpha}^2[n+1] + \psi_{s\beta}^2[n+1]} - |\psi_s|^* \right|,$$

де  $w_\psi$  – ваговий коефіцієнт, що відображає відносну важливість керування потокозчеплення відносно керування моментом. В якості первинного налаштування даного параметру доцільно використати наступну величину:

$$w_\psi = \frac{T_{rated}}{\psi_{srated}},$$

де  $T_{rated}$  – величина номінального моменту двигуна;  $\psi_{srated}$  – номінальне значення потокозчеплення статора.

Для порівняння двох систем виконано математичне моделювання у середовищі Matlab/Simulink, яке показало, що використання предиктивного керування знижує рівень пульсацій моменту та покращує динамічні показники керування електричного приводу.

### Список літератури

1. Wang F. An experimental assessment of finite-state predictive torque control for electrical drives by considering different online-optimization methods / F. Wang, Z. Zhang, A. Davari, J. Rodriguez, R. Kennel // Control Engineering Practice, 31. – 2014. – Pp. 1-8.