ВЕКТОРНЕ КЕРУВАННЯ МОМЕНТОМ ТА РЕАКТИВНОЮ ПОТУЖНІСТЮ АСИНХРОННОЇ МАШИНИ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ

Пересада С. М., д.т.н., проф., Благодір В. О., магістр
кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Високу ефективність електромеханічного перетворення енергії в системах, де діапазон регулювання кутової швидкості складає $\pm(20 - 30)$ % відносно номінальної, дозволяє досягти керування по схемі машини подвійного живлення (МПЖ).

Все більшого поширення набувають векторно-керовані МПЖ, особливістю яких є можливість незалежного регулювання моменту і реактивної потужності статора. Існує тенденція побудови систем МПЖ без використання давачів механічних координат. Такі системи мають нижчу вартість та вищу надійність.

Мета дослідження. Для розробки систем на основі МПЖ, що забезпечують регулювання моменту при стабілізації реактивної потужності статора на нульовому рівні без використання давачів механічних координат необхідно визначити, які з існуючих алгоритмів забезпечують нелінійній системі найбільш сильні властивості стійкості.

Матеріал дослідження. Алгоритм векторного керування МПЖ повинен забезпечувати досягнення наступних цілей керування:

О.1. Глобальне асимптотичне відпрацювання заданого моменту:

$$\lim_{t\to\infty}\left(\tilde{M}\right)=0,$$

де $\tilde{M}$ – помилка відпрацювання моменту, визначена як $\tilde{M}=M-M^{*}$, де M – електромагнітний момент МПЖ; M^{*} – задана траєкторія зміни моменту, обмежена функція з відомими і обмеженими першими двома похідними.

О.2. Асимптотичну стабілізацію реактивної потужності статора на нульовому рівні незалежно від варіації кутової швидкості ротора, що досягається при виконанні умови

$$\lim_{t\to\infty}\left(\tilde{i}_{1q}\right)=0,$$

де $\tilde{i}_{1q}=i_{1q}$ – помилка відпрацювання реактивної компоненти струму статора.

Проаналізувавши існуючі алгоритми векторного керування МПЖ, які гарантують досягнення цілей керування О.1 та О.2, встановлено, що алгоритм в [1] забезпечує нелінійній системі сильні властивості експоненційної стійкості.

Алгоритм керування моментом та модулем вектора потокощеплення статора синтезовано в системі координат, що орієнтована за вектором напруги живлення. Алгоритм керування [1] вміщує:

регулятор вектора потокощеплення статора

$$i_{2q}^{*}=\left(\alpha_1\Psi_{1q}^{*}+\dot{\Psi}_{1q}^{*}\right)\Big/\left(\alpha_1 L_m\right)$$

$$\Psi_{1q}^{*}=\left(-U_m-\sqrt{U_m^2-4(2/3)\omega_1 R_1 M^{*}}\right)\Big/\left(2\omega_1\right) \qquad (1)$$

регулятор моменту

$$i_{2d}^{*} = M^{*} \big/ \left(\mu \Psi_{1q}^{*}\right) \tag{2}$$

регулятор струмів ротора

$$\begin{aligned} u_{2d} &= \sigma_2 \left(\gamma_2 i_{2d}^{*} - \omega_2 i_{2q}^{*} + \beta_1 \omega \Psi_{1q}^{*} + \beta_1 U_m + \dot{i}_{2d}^{*} - k_i \tilde{i}_{2d} - v_d\right) \\ u_{2q} &= \sigma_2 \left(\gamma_2 i_{2q}^{*} + \omega_2 i_{2d}^{*} - \alpha_1 \beta_1 \Psi_{1q}^{*} + \dot{i}_{2q}^{*} - k_i \tilde{i}_{2q} - v_q\right) \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned} \dot{v}_d &= k_{ii} \tilde{i}_{2d} \\ \dot{v}_q &= k_{ii} \tilde{i}_{2q}, \end{aligned} \tag{4}$$

де $\left(u_{2d}, u_{2q}\right)^T$, $\left(i_{2d}, i_{2q}\right)^T$, $\left(\Psi_{1d}, \Psi_{1q}\right)^T$ – компоненти векторів напруг і струмів ротора та потокощеплення статора; $\left(\tilde{i}_{2d}, \tilde{i}_{2q}\right)^T$ – помилки відпрацювання заданого струму ротора $\left(i_{2d}^{*}, i_{2q}^{*}\right)^T$, визначені як $\tilde{i}_{2d} = i_{2d} - i_{2d}^{*}$ та $\tilde{i}_{2q} = i_{2q} - i_{2q}^{*}$; ω_1, U_m – кутова частота та амплітуда напруги мережі; ω – швидкість ротора МПЖ; $\omega_2 = \omega_1 - \omega$ – кутова частота ковзання; $\alpha_1 = R_1 / L_1$; $\beta_1 = L_m \big/ \left(L_1 \sigma_2\right)$; $\gamma_2 = R_2 / \sigma_2 + \alpha_1 \beta_1 L_m$; $\sigma_2 = L_2 - L_m^2 / L_1$; $\mu = 3 L_m \big/ \left(2 L_1\right)$ – постійні параметри, що зв'язані з електричними параметрами МПЖ; R_1, R_2, L_1, L_2 – активні опори і індуктивності статора і ротора, L_m – індуктивність намагнічуючого контуру.

Динаміка помилок відпрацювання при використанні алгоритму (1)-(4) має вигляд

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{\psi}}_{1d} &= -\alpha_1 \tilde{\psi}_{1d} + \omega_1 \tilde{\psi}_{1q} + \alpha_1 L_m \tilde{i}_{2d} \\ \dot{\tilde{\psi}}_{1q} &= -\alpha_1 \tilde{\psi}_{1q} - \omega_1 \tilde{\psi}_{1d} + \alpha_1 L_m \tilde{i}_{2q} \\ \dot{\tilde{i}}_{2d} &= -\left(\gamma_2 + k_i\right) \tilde{i}_{2d} + \omega_2 \tilde{i}_{2q} + \alpha_1 \beta_1 \tilde{\psi}_{1d} - \beta_1 \omega \tilde{\psi}_{1q} - v_d \\ \dot{\tilde{i}}_{2q} &= -\left(\gamma_2 + k_i\right) \tilde{i}_{2q} - \omega_2 \tilde{i}_{2d} + \alpha_1 \beta_1 \tilde{\psi}_{1q} + \beta_1 \omega \tilde{\psi}_{1q} - v_q \\ \dot{v}_d &= k_{ii} \tilde{i}_{2d} \\ \dot{v}_q &= k_{ii} \tilde{i}_{2q} \\ \tilde{M} &= \mu \left(\psi_{1q1q}^{*} \tilde{i}_{2d} + \tilde{\psi}_{1q} \tilde{i}_{2d} + \tilde{\psi}_{1q} i_{2d}^{*} - \tilde{\psi}_{1d} \tilde{i}_{2q} - \tilde{\psi}_{1d} i_{2q}^{*}\right), \end{aligned} \tag{5}$$

де $\left(\tilde{\Psi}_{1d}, \tilde{\Psi}_{1q}\right)^T$ – помилки відпрацювання заданого потокощеплення статора Ψ_{1q}^{*}, визначені як $\tilde{\Psi}_{1d} = \Psi_{1d}$ та $\tilde{\Psi}_{1q} = \Psi_{1q} - \Psi_{1q}^{*}$.

Висновки. Розглянутий алгоритм гарантує відпрацювання заданих траєкторій зміни моменту при одночасній стабілізації реактивної потужності статора на нульовому рівні та забезпечує нелінійній системі експоненційну стійкість, що потенційно дозволяє будувати на його основі системи МПЖ без використання давачів.

Перелік посилань

1. Пересада С. М., Шаповал И. А. Управление моментом и реактивной мощностью асинхронной машины двойного питания на основе косвенной ориентации по вектору потокосцепления статора. // Технічна електродинаміка. – 2002. – №6. – С 13 – 19 .