

АЛГОРИТМ ВЕКТОРНОГО КЕРУВАННЯ ЗБУДЖЕННЯМ ТА СИНХРОНІЗАЦІЮ З МЕРЕЖЕЮ АСИНХРОННОЇ МАШИНИ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ

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

Вступ. Наявність двох незалежних ліній живлення в машині подвійного живлення (МПЖ) вимагає спеціальної процедури ініціалізації при підключенні, яка б дозволила запобігти порушенню фізичних обмежень електричної машини.

Включення МПЖ в режимі генератора здійснюється в наступній послідовності. При відключеній МПЖ запускається первинний двигун. Коли швидкість обертання досягає швидкості близької до синхронної, обмотки ротора підключаються до керованого джерела напруги. На цьому етапі алгоритм управління формує напруги, що подаються в ротор таким чином, що б вектор ЕРС розімкнутих обмоток статора збігався по фазі і амплітуді з вектором напруги мережі. Коли синхронізація виконана, статор підключається до мережі живлення з гарантованим м'яким підключенням без виникнення перехідного процесу. Алгоритм управління моментом і реактивною потужністю статора МПЖ активується з нульовим моментом ("підключення" машини). Після цього МПЖ готова до відпрацювання заданого моменту [1].

Мета дослідження. Розглянути алгоритм векторного керування збудженням та синхронізації з мережею МПЖ.

Матеріал дослідження. Модель МПЖ з розімкнутим статорним колом і однією парою полюсів в системі координат, орієнтованій за вектором напруги мережі, може бути отримана на підставі [1]:

$$\begin{aligned} \dot{i}_{2d} &= -\frac{R_2}{L_2}i_{2d} + (\omega_1 - \omega)i_{2q} + \frac{1}{L_2}u_{2d} \\ \dot{i}_{2q} &= -\frac{R_2}{L_2}i_{2q} - (\omega_1 - \omega)i_{2d} + \frac{1}{L_2}u_{2q}, \end{aligned} \quad (1)$$

де $(u_{2d}, u_{2q})^T$, $(i_{2d}, i_{2q})^T$, – компоненти векторів напруг і струмів ротора;

ω_1 – кутова частота напруги мережі; ω – швидкість ротора МПЖ; $(\omega_1 - \omega)$ – кутова частота ковзання; R_2 , L_2 – активний опір та індуктивність ротора; Компоненти вектора ЕРС, що наводяться в статорі, запишуться у вигляді

$$\begin{aligned} E_d &= \frac{L_m}{L_2}(u_{2d} - R_2i_{2d} - \omega L_2i_{2q}) \\ E_q &= \frac{L_m}{L_2}(u_{2q} - R_2i_{2q} + \omega L_2i_{2d}) \end{aligned} \quad (2)$$

де ω – кутова швидкість обертання вектора напруги мережі; L_m – індуктивність намагнічуючого контуру.

Алгоритм керування струмами ротора формується в наступному вигляді:

$$\begin{aligned}
u_{2d} &= L_2 \left(\alpha i_{2d}^* - (\omega_1 - \omega) i_{2q}^* - k_i \tilde{i}_{2d} + x_d \right) \\
u_{2q} &= L_2 \left(\alpha i_{2q}^* + (\omega_1 - \omega) i_{2d}^* - k_i \tilde{i}_{2q} + x_q \right) \\
\dot{x}_d &= -k_{ii} \tilde{i}_{2d} \\
\dot{x}_q &= -k_{ii} \tilde{i}_{2q},
\end{aligned} \tag{3}$$

де x_d, x_q - інтегральні складові регулятора струму; $(k_i, k_{ii}) > 0$ - коефіцієнти пропорційної та інтегральної складової ПІ регулятора струму алгоритму синхронізації; $(\tilde{i}_{2d}, \tilde{i}_{2q})^T$ - похибки відпрацювання заданого струму ротора $(i_{2d}^*, i_{2q}^*)^T$, визначені як $\tilde{i}_{2d} = i_{2d} - i_{2d}^*$ та $\tilde{i}_{2q} = i_{2q} - i_{2q}^*$; $\alpha = R_2/L_2$ - постійний параметр, що зв'язаний з електричними параметрами МПЖ.

При постійних заданих значеннях струмів ротора, рівняння ЕРС і динаміка похибок струмів ротора на етапі збудження мають вигляд

$$E_d = L_m \left[-(\alpha + k_i) \tilde{i}_{2d} - \omega \tilde{i}_{2q} - \omega_1 i_{2q}^* + x_d \right] \tag{4}$$

$$E_q = L_m \left[-(\alpha + k_i) \tilde{i}_{2q} - \omega \tilde{i}_{2d} - \omega_1 i_{2d}^* + x_q \right],$$

$$\dot{\tilde{i}}_{2d} = -(\alpha + k_i) \tilde{i}_{2d} + \omega \tilde{i}_{2q} + x_d \tag{5}$$

$$\dot{\tilde{i}}_{2q} = -(\alpha + k_i) \tilde{i}_{2q} + \omega \tilde{i}_{2d} + x_q.$$

Отримана підсистема струмів ротора (5) лінійна та глобально асимптотично стійка при всіх $(k_i, k_{ii}) > 0$, тобто $\lim_{t \rightarrow \infty} (\tilde{i}_{2d}, \tilde{i}_{2q}) = 0$.

Вектор напруги мережі живлення розташовується на осі d та співпадає з її додатнім напрямком, тому для забезпечення рівності векторів напруги статора і мережі завдання для компонент вектора ЕРС буде

$$\begin{aligned}
E_d^* &= U_m \\
E_q^* &= 0,
\end{aligned} \tag{6}$$

де U_m - амплітуда напруги мережі.

Із (4) та (6), задані значення струмів ротора будуть мати вигляд

$$i_{2d}^* = 0; \quad i_{2q}^* = -\frac{U_m}{\omega_1 L_m}.$$

З (4) і (5) можна зробити висновок, що швидкість перехідних процесів при збудженні МПЖ визначається динамікою підсистеми струмів ротора (5), тобто вибором коефіцієнтів регулятора струму k_i, k_{ii} .

Функціональна схема алгоритму векторного керування збудженням та синхронізації з мережею МПЖ зображена на рис.1.

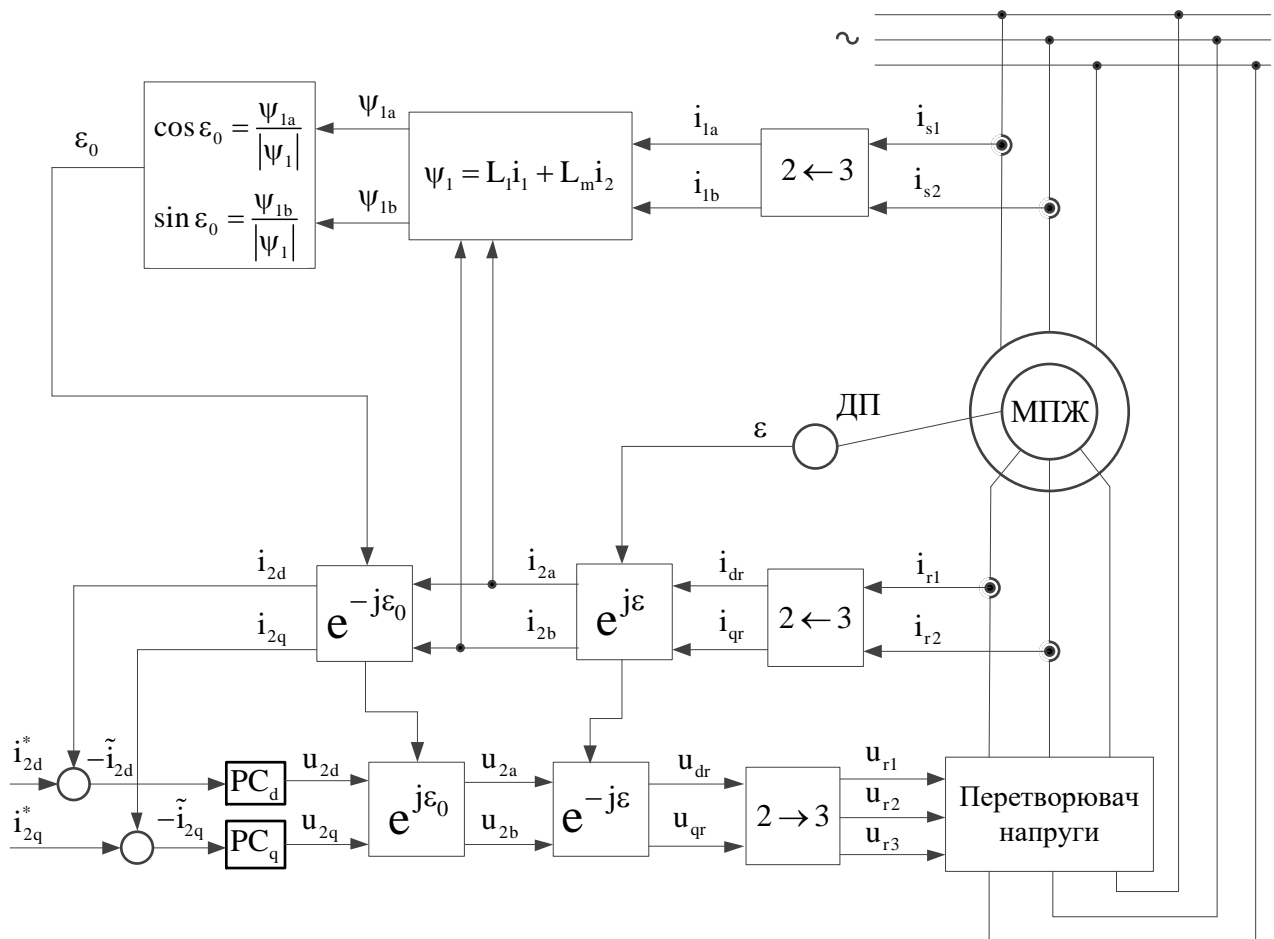


Рисунок 1 - Функціональна схема алгоритму векторного керування збудженням та синхронізації з мережею МПЖ

Висновок. Розглянутий алгоритм векторного керування збудженням та синхронізації з мережею МПЖ забезпечує глобальну асимптотичну стійкість, що дозволяє виконувати підключення до мережі живлення без виникнення перехідного процесу.

Перелік посилань

1. Пересада С. М., Ковбаса С. Н., Болотников А. Ю., Крижановский В. П. Разработка алгоритмов векторного управления пуском, возбуждением и синхронизацией машины двойного питания и их экспериментальное тестирование. //Сборник научных трудов Днепродзержинского государственного технического университета. Тем. вып. «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика». – Днепродзержинск: ДДТУ. – 2007. –С. 397 – 402.