

УДК 62-83:621.313.2

**Тишевич Б.Л.** канд.техн.наук, **Осика Р.П.** магістрант  
**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут»**,  
**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**  
**Київ, Україна**

## ЕЛЕКТРОПРИВОД ЗМІННОГО СТРУМУ ПІД КЕРУВАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

*У статті аналізується можливість управління електроприводом змінного струму за допомогою нейронної мережі NARMA - L2. В якості базової системи розглядається електропривод з векторним управлінням, який на цей час широко застосовується для технологічних установок різноманітного призначення.*

*В статье анализируется возможность управления электроприводом переменного тока с помощью нейронной сети NARMA - L2. В качестве базовой системы рассматривается электропривод с векторным управлением, который на сегодняшний день широко применяется для технологических установок разного назначения.*

*In this article analyzes the possibility of controlling the AC drive with neural network NARMA - L2. The base system is considered with the electric vector control, which is now widely used for process plants for different purposes.*

Перехід на електропривод змінного струму для технологічних установок на промислових підприємствах – це неминуча закономірність, яка обумовлена технологічним прогресом в області силової електроніки і мікропроцесорної техніки. Характерною тенденцією автоматизованого електроприводу є все більш широке застосування асинхронних двигунів(АД).

Повна керованість електроприводу змінного струму забезпечується, якщо забезпечується управління електромагнітним моментом двигуна [1]. У разі використання АД необхідно незалежно управляти координатами векторів, які входять в вибране рівняння електромагнітного моменту. Вибір рівняння для побудови системи управління відіграє велику роль тому, що багато величин, особливо в короткозамкнених АД, не можуть бути виміряні. Загальний принцип побудови системи управління АД полягає в тому, що використовується система координат, постійно орієнтована в напрямку якого-небудь вектора, який визначає електромагнітний момент. Тоді проекція цього вектора на іншу вісь координат і відповідний їй доданок у виразі для електромагнітного моменту будуть дорівнювати нулю. Наприклад, у разі орієнтації по потокозчеплення ротора ( $\psi_2 = \psi_{2d}$ ;  $\psi_{2d} = 0$ ) момент можна представити як:

$$m = \frac{3}{2} z_p (\psi_{2q} i_{2d} - \psi_{2d} i_{2q}) = -\frac{3}{2} z_p \psi_{2q} i_{2d}$$

$$m = \frac{3}{2} z_p \frac{L_m}{L_2} (\psi_{2d} i_{1q} - \psi_{2q} i_{1d}) = \frac{3}{2} z_p \frac{L_m}{L_2} \psi_{2d} i_{1q}$$

Другий вираз дозволяє, за умови постійного потокозчеплення ротора, управляти електромагнітним моментом зміною проекції струму статора на поперечну вісь  $i_{1q}$ . Таким чином, для побудови системи векторного управління АД потрібно вибрати вектор, стосовно

якого буде орієнтована система координат, і відповідний вираз для електромагнітного моменту. Якщо як опорного вектора вибрати потокозчеплення ротора і орієнтувати по ньому координатну систему так, щоб її дійсна вісь збігалася з напрямком  $\psi_2$ , то кутова частота обертання системи координат  $\omega^{(mn)} = \omega^{(dq)}$  буде дорівнювати кутовий частоті живлення статора тому, що вектори потокозчеплення статора і ротора обертаються з однаковою частотою. В це рівняння в якості змінної входить неконтрольований струм ротора

$$0 = r_2 i_2^{(dq)} + \frac{d\psi_2^{(dq)}}{dt} + j\omega_2 \psi_2^{(dq)}.$$

Після подальших перетворень визначаємо проекції вектора струму статора з урахуванням того, що  $\psi_{2q} = 0$ :

$$i_{1d} + j i_{1q} = \frac{\psi_{2d}}{L_m} (1 + pT_2 + j\omega_2 T_2) \rightarrow$$

$$i_{1d} = \frac{\psi_{2d}}{L_m} (1 + pT_2); \quad i_{1q} = \frac{\psi_{2d}}{L_m} \omega_2 T_2,$$

а також потокозчеплення та кутову частоту ротора

$$\psi_{2d} = i_{1d} \frac{L_m}{(1 + pT_2)}; \quad \omega_2 = i_{1q} \frac{L_m}{T_2 \psi_{2d}}.$$

Таким чином, за допомогою проекції струму статора можна управляти потокозчеплення ротора і передавальна функція цього каналу відповідає аперіодичній ланці з постійною часу яка дорівнює постійної часу ротора, а за допомогою проекції  $i_{1q}$  можна управляти частотою ротора  $\omega_2$ . Далі, можна визначити частоту струмів ротора при заданому потокозчепленні яка визначає електромагнітний момент АД:

$$m = \frac{3}{2} z_p \frac{L_m}{L_2} \psi_{2d} i_{1q} = \frac{3z_p \psi_{2d}^2}{2r_2} \omega_2,$$

На підставі наведених вище виразів, спільно з рівнянням руху електроприводу можна побудувати структурну схему АД (рис. 1). Вхідними величинами структурної схеми є проекції вектора струму статора  $i_{1d}$  і  $i_{1q}$  в координатній системі орієнтованій по потокозчепленню ротора, а також момент опору  $m_c$  на валу АД. Вихідними величинами є кутова частота струмів ротора  $\omega_2$  і обертання вала  $\omega$ , а також відповідна їм частота статора  $\omega_1 = \omega_2 + \omega$ .

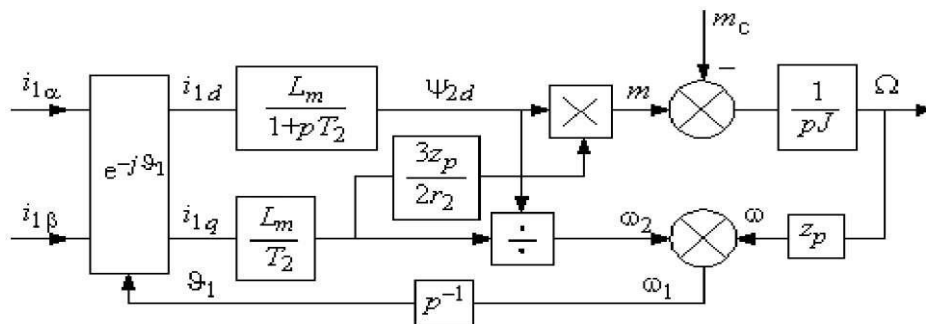


Рис.1 Структурна схема АД, яка управляється струмом статора.

Моделювання електроприводу змінного струму з АД в середовищі MATLAB (Рис.2), було виконано з використанням нейроконтролера, що став класичним NARMA - L2 в якості регулятора [2,3]. Графіки перехідних процесів, які була зняті при моделюванні електроприводу наведені на малюнку 3.

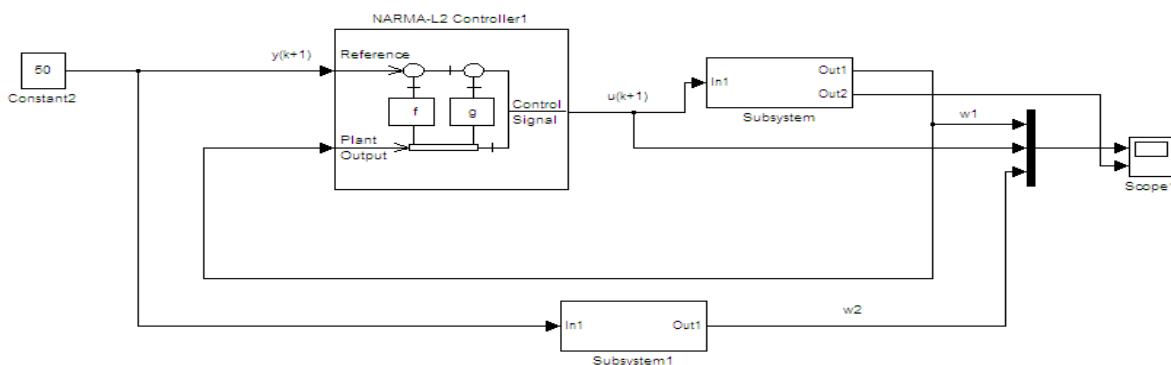
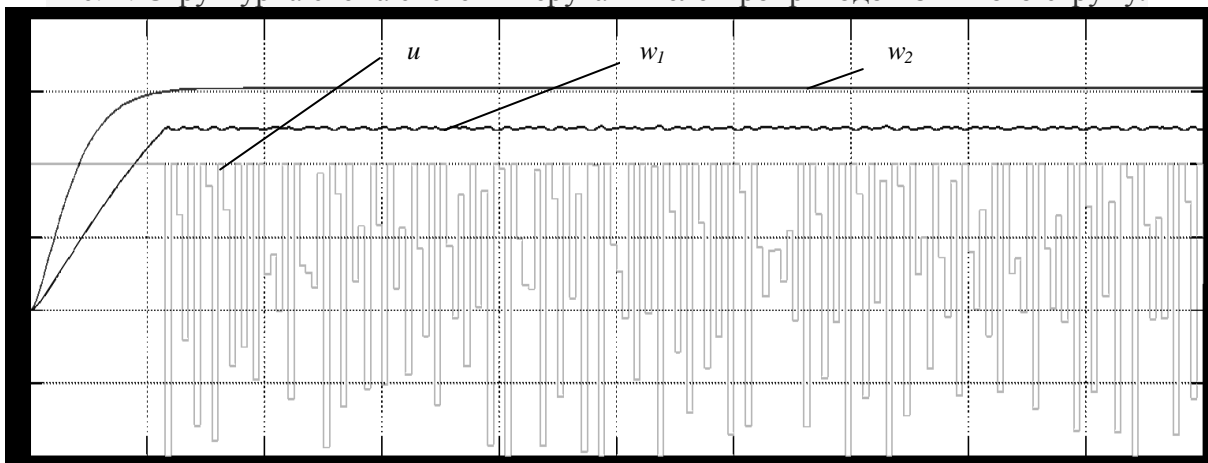


Рис. 2. Структурна схема системи керування електроприводом змінного струму.

Рис. 3 Графіки зміни швидкості ( $u$ -сигнал з виходу нейроконтролера,  $w_1$  -швидкість при використанні NARMA - L2,  $w_2$  - швидкість при використанні класичного регулятора).

Результативність розроблених методик продемонстрована на прикладі синтезу нейромережевої системи управління для електроприводів змінного струму з АД. Суттєвим є те, що ні структура нейроконтролера, ні час його навчання не збільшуються з ростом складності об'єкта управління.

Виходячи з отриманих результатів, можна зробити висновок, що вже сьогодні практично можливо створювати різноманітні промислові нейромережеві системи управління, придатні для використання в діючих технологічних комплексах для управління електроприводами змінного струму.

#### Література:

1. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / М.П.Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов – 2-е изд., стер – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.
2. Werbos P. J. Backpropagation and neurocontrol: A review and prospectus // Proc. of International Joint Conf. On Neural Networks. — Vol. 1. — Washington, DC. — 1989. — P. 209—216.
3. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0; Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.,ил.