

# ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ З ЧАСТОТНО РЕГУЛЬОВАНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ТА НЕЙРОННОЮ МЕРЕЖЕЮ

Теряєв В.І., к.т.н., доцент, Бур'ян С.О., асистент, Брус М.І., студент  
кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

**Вступ.** Однією з актуальних проблем промисловості, а також різноманітних галузей народного господарства є транспортування рідини з максимальною ефективністю. Тому побудова САР продуктивності має важливе значення. Зазвичай такі системи здійснюють автоматичне регулювання напору або продуктивності [1,2]. Для реалізації цих систем використовують різноманітні датчики, які мають значну вартість, тому досить широке застосування знайшли непрямі методи вимірювання необхідних величин – наприклад за допомогою нейронних мереж, які дозволяють робити необхідні вимірювання досить точно [3].

**Схема водопостачання.** Функціональна схема системи водопостачання складається з частотно регульованого асинхронного привода, насосу, вихідними величинами якого є продуктивність  $Q$  та напір  $H$ . Будемо вважати, що на насос у якості зовнішнього збурення діє постійний у часі гідравлічний опір мережі  $a(t) = \text{const}$  (розглядається ідеальний випадок, який можливий в години низького використання води – пізно вночі, або в обідні години).

Статичні характеристики гідравлічної мережі апроксимуються параболою  $H = H_{\text{нб}} + aQ^2$ , де  $H_{\text{нб}}$  - напір при нульовій подачі насосу (геодезичний або статичний напір).

В цьому випадку рівняння характеристик насосу матиме вид:

$$H = H_{0f} \left( \frac{\omega}{\omega_f} \right)^2 - a_0 Q^2,$$

де  $\omega$  - швидкість обертання насосу;  $\omega_f$  - номінальне значення швидкості;  $H_{0f}$  - напір при нульовій подачі та номінальній швидкості;  $a_0$  - гідравлічний опір насосу.

Якщо припустити, що площі перерізу  $S$  напорного та всмоктуючого трубопроводів однакові, то складні перехідні процеси в насосі та трубопроводах можна апроксимувати аперіодичною ланкою, а диференціальне рівняння, яке описує насос при керуванні швидкістю матиме вигляд [2]:

$$\frac{m}{\rho g} \dot{Q} + s^2 (a + a_0) Q^2 = s^2 \frac{H_{0f}}{\omega_f^2} \omega^2 + s^2 H_{\text{нб}},$$

де  $m$  - маса води в насосі та трубопроводах;  $g$  - прискорення вільного падіння;  $\rho$  - густина води.

Момент на валу насоса визначається за співвідношенням  $M = \frac{\rho g Q H}{\eta \omega}$ ,

де  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії насоса.

На основі отриманих рівнянь побудована структурна схема насосної установки, що представлена на рис. 1

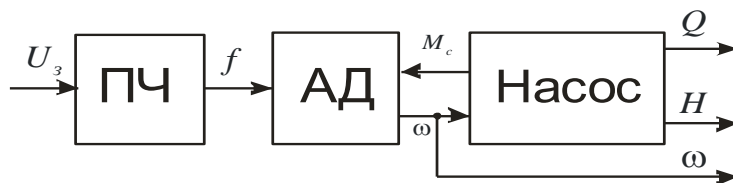


Рисунок 1 – Структурна схема системи водопостачання

Датчик продуктивності побудований за допомогою нейронної мережі [4]. Ця мережа має п'ять входів, два захованих шари нейронів з активаційними функціями типу гіперболічного тангенсу та один вихідний нейрон з лінійною функцією активації. Для тренування нейронної мережі було створено 5 тренувальних масивів  $H, H(k-1), \omega, \omega(k-1), Q(k-1)$ , та один цільовий  $Q$ .

Структурна схема системи водопостачання з нейронною мережею представлена на рис 2.

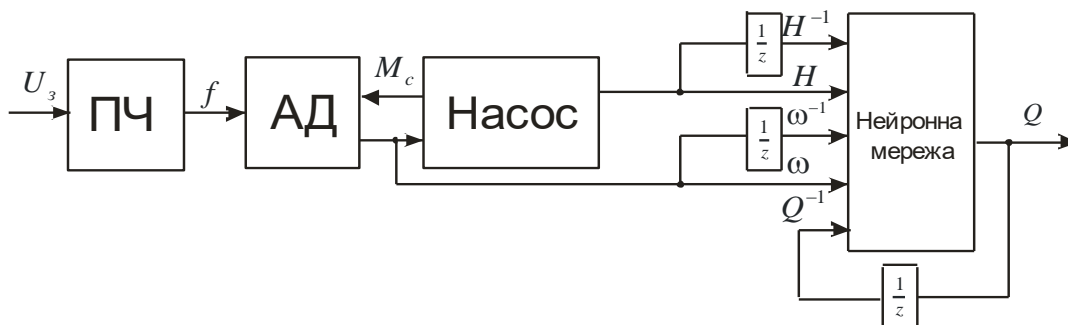


Рисунок 2 – Структурна схема системи з нейронною мережею

На вхід системи подається напруга завдання, що змінюється за законом, представленим на рис. 3.

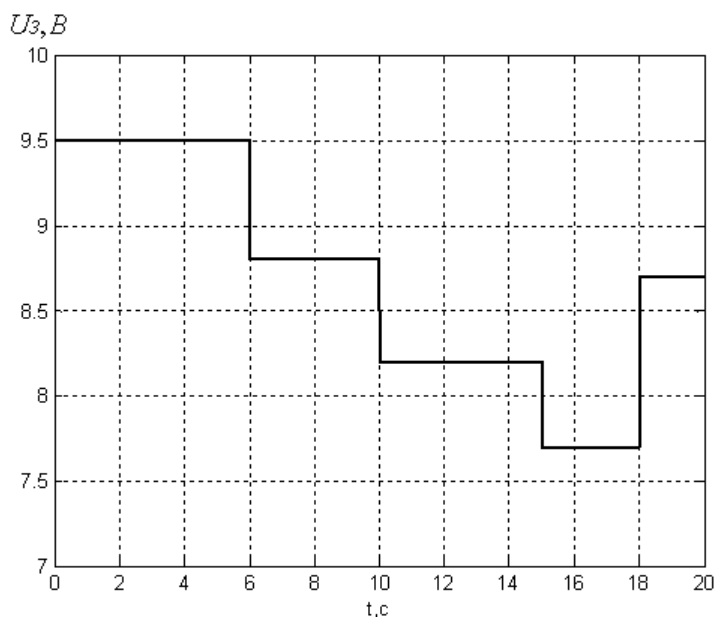


Рисунок 3 – Графік зміни напруги завдання

Моделювання проводилося у середовищі MatLab/Simulink. Було проведено два дослідження.

**Перше дослідження.** Перевірка відпрацювання системою з нейронною мережею заданої продуктивності. Для цього на вхід системи подаємо напругу завдання таку ж, як і для тренування системи. Отримані графіки відпрацювання продуктивності, що виміряна датчиком та нейронною системою представлені на рис. 4 (відповідно, криві 1 та 2). Для візуальної оцінки похибки на рис. 4, виділено область, яка у збільшеному масштабі представлена на рис. 5.

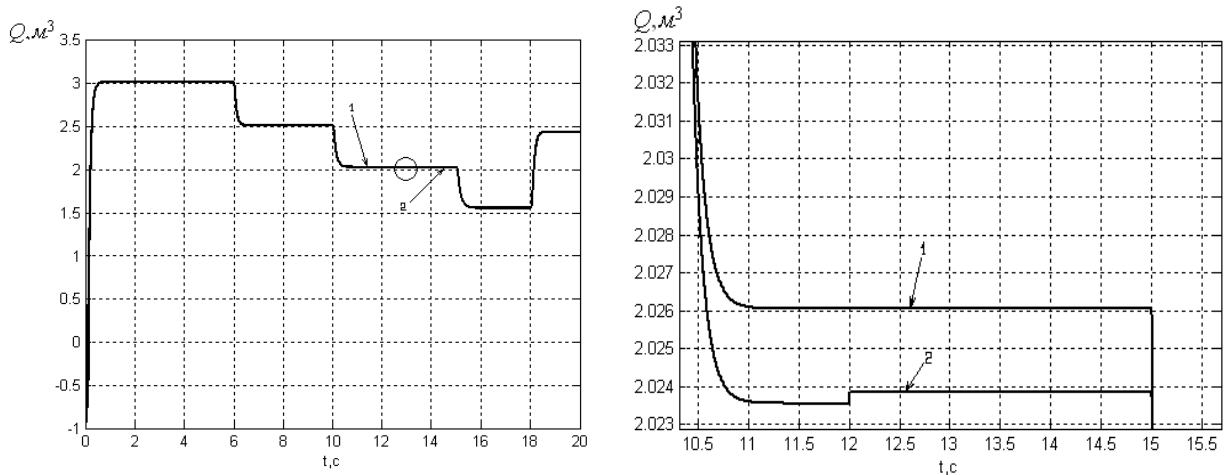


Рисунок 4 – Графіки зміни продуктивності

**Друге дослідження.** Перевірка якості відпрацювання системою з нейронною мережею довільно змінюваного завдання. Для цього використаємо зміну завдання за законом, який має вигляд, представлений на рис. 5.

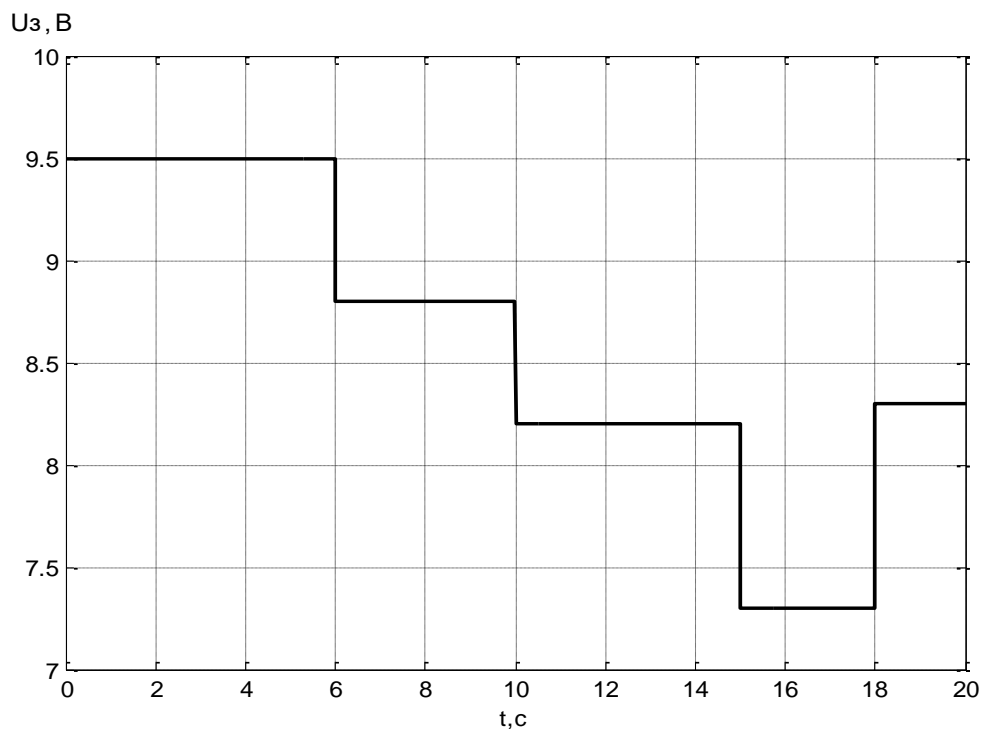


Рисунок 5 – Графік зміни напруги завдання

Графіки вимірювання продуктивності після зміни завдання представлені на рис. 7, на якому графік 1 – продуктивність, виміряна системою керування із звичайним датчиком, графік 2 – продуктивність, виміряна нейронною мережею.

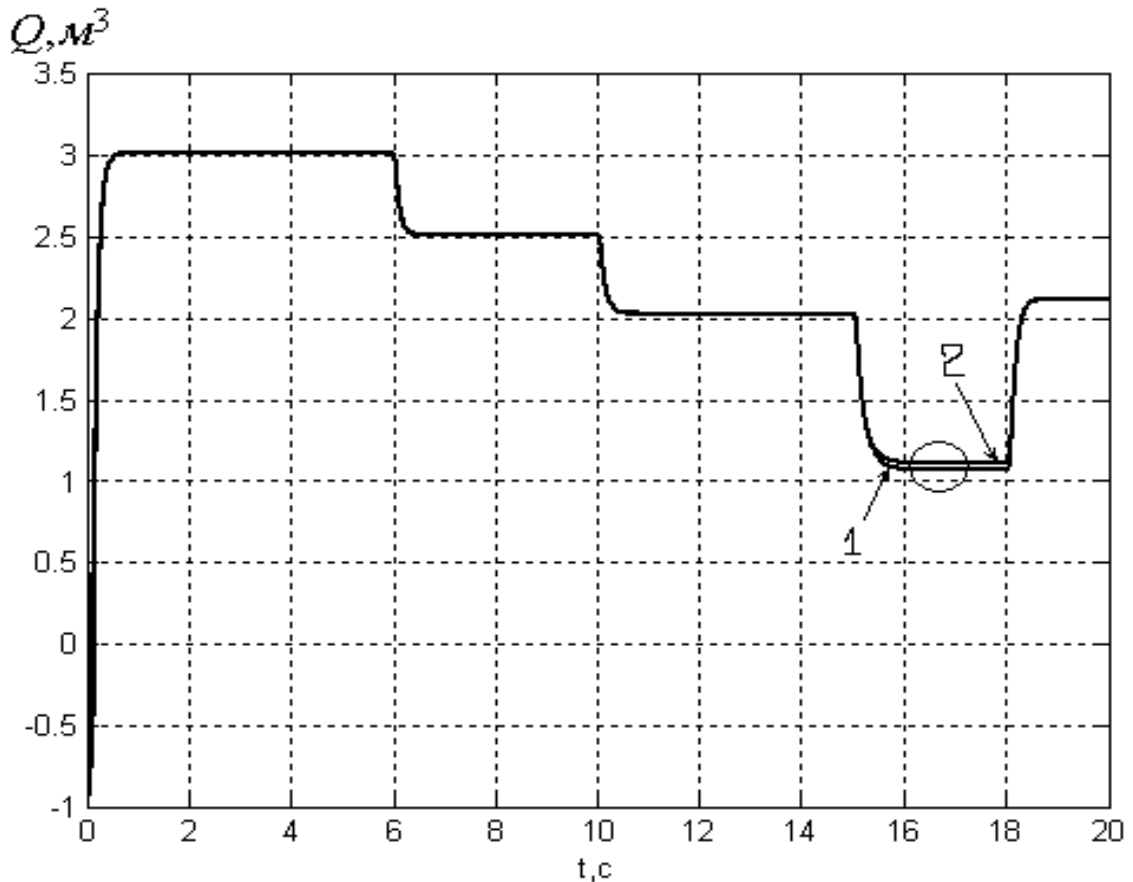


Рисунок 6 – Графіки зміни продуктивності

**Висновок.** Як показують досліди, нейронна мережа досить точно вимірює продуктивність при тому завданні, на яке вона була тренована. Якщо ж завдання обрано довільно, то величина похибки значно збільшується, що свідчить про необхідність індивідуального налаштування системи на конкретний режим роботи.

#### Перелік посилань

1. Попович М.Г., Костицький В.В. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод (Теорія і практика), – К.: КНУТД. -2008. -408 с.
2. Попович М.Г., Теряев В.І., Кіселичник О.І., Бур'ян С.О. Особливості синтезу та дослідження електромеханічних систем з послідовною корекцією та частотно регульованими асинхронними двигунами // Вісн. Кременчуцького держ. політех. ун-ту ім. М. Остроградського. Вип. 3/2007 (44). Ч. 2. С.12-16.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 452 с.
4. Приймак Б.І., Бур'ян С.О., Халімовський О.М., Оцінювач продуктивності відцентрової насосної установки на основі нейронної мережі Україна, Київ.