

АПРОКСИМАЦІЯ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЯТОРНОЇ УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ У СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

Бур'ян С.О., к.т.н., доц., Печеник М.В., к.т.н., доц., Фомін Б.В., студент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем
та електроприводу

Вступ. Вентиляторні установки широко розповсюджені у всіх сферах промисловості та комунального господарства. Вони застосовуються у системах кондиціонування для подачі необхідної кількості повітря за одиницю часу. Зазвичай статичні характеристики вентилятора апроксимуються параболою, що значно спрощує їх математичний опис. Проте на практиці ці характеристики істотно відрізняються від параболічних функцій, і можуть апроксимуватися поліномами високого порядку, що ускладнює задачу побудови моделі.

Одним із шляхів отримання таких характеристик є застосування штучних нейронних мереж (НМ) зі здатністю самонавчання, що не потребують повного масиву даних всіх статичних характеристик [1].

Мета роботи. Розробка нелінійної моделі вентиляторної установки на базі каталожних характеристик та нейронної мережі.

Матеріали і результати досліджень. Технічна реалізація нейронних мереж потребує попередню інформацію про характер зміни оціненої величини від вимірюваних координат, яка буде використовуватися для тренування і визначення коефіцієнтів у рівняннях, що описують нейронну мережу [2].

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{H_{0H}}{\chi\omega_H^2} \omega^2 - \frac{1}{\chi} (a_H + a_{\text{пов}}) Q^2, \quad (1)$$

$$H = \frac{H_{0H}}{\chi\omega_H^2} \omega^2 - a_H Q^2, \quad (2)$$

$$M_c = QH / \eta_{\text{вен}} \omega, \quad (3)$$

де Q – продуктивність вентилятора; H_{0H} – номінальний тиск при нульовій подачі повітря вентилятора на номінальній швидкості; ω_H – номінальна швидкість обертання приводного двигуна; χ – стала інтегрування вентилятора; a_H – номінальний опір вентилятора; $a_{\text{пов}}$ – опір повітропроводу; $\eta_{\text{вен}}$ – ККД вентилятора; t – час.

Рівняння (1) – це класичне диференціальне рівняння, що описує перехідні процеси продуктивності в вентиляторній установці, рівняння (2) – це параболічна апроксимація статичних характеристик для визначення напору, рівняння (3) необхідне для обчислення моменту навантаження, що створює вентилятор.

Як видно з (1)-(3), якщо характеристики не параболічні, рівняння (2) втрачає сенс, напір та момент розраховуються невірно і математична модель

стає неточною. Таким чином постає задача побудови двох нейронних мереж: перша – для оцінювання напору, друга – для ККД.

Для оцінювання ККД (η) вентилятора та напору (H) в якості вхідних масивів використаємо продуктивність (Q) та швидкість (ω), так як залежність ККД та напору від цих величин можна отримати із каталожних характеристик виробника [3]. Для прикладу був виділений масив з 120 робочих точок, який вміщує 7 каталожних характеристик: Q-H, Q-P та Q-ККД характеристик на частотах від 20 Гц до 50 Гц з кроком 5 Гц для вентилятора потужністю 3,7 кВт, які показано на рис. 1-3.

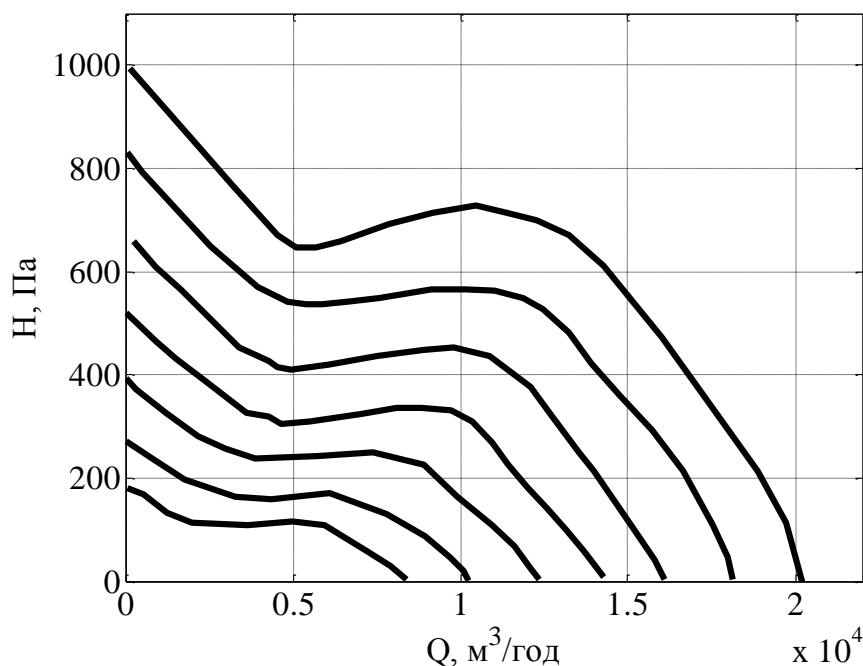


Рисунок 1 – Q-H-характеристики вентилятора потужністю 3,7 кВт

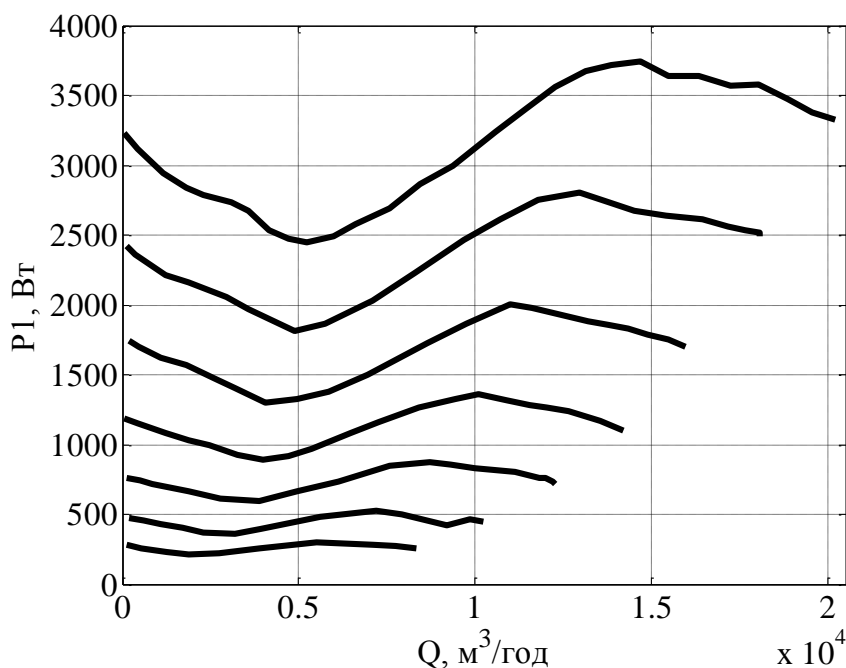


Рисунок 2 – Q-P-характеристики вентилятора потужністю 3,7 кВт

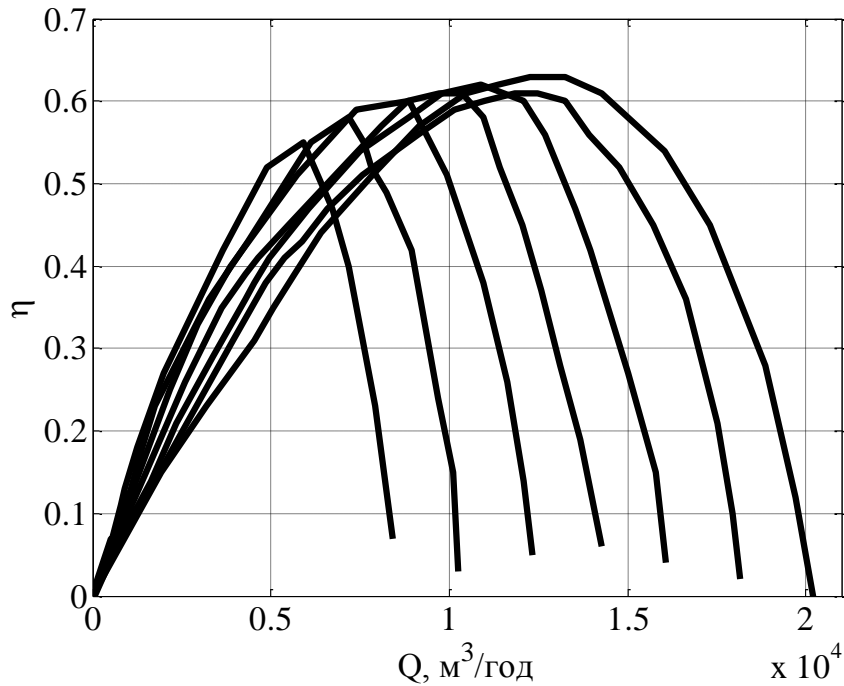


Рисунок 3 – Q-ККД характеристики вентилятора потужністю 3,7 кВт

Сформований масив застосовується для навчання двох окремих нейронних мереж. Масиви даних Q та ω є вхідними величинами, а ККД та H – цільовими функціями мереж відповідно. Кожна нейронна мережа складається з 2 шарів з 10 нейронами та функцією активації гіперболічного тангенсу (tansig) та 1 нейроном з лінійною функцією активації (purelin) відповідно. У якості функції тренування вибраний алгоритм Левенберга-Марквардта (trainlm), який застосовується для апроксимації функцій. Для створення НМ і оцінки ККД та напору було використано пакет прикладних програм MatLab з редактором нейронних мереж (Network/Data/Manager).

При такому підході рівняння (2) і (3) перетворюються до вигляду:

$$H = f_1(Q, \omega), \quad (4)$$

$$\eta_{\text{вен}} = f_2(Q, \omega), \quad (5)$$

$$M_c = QH / \eta_{\text{вен}} \omega, \quad (6)$$

де H , $\eta_{\text{вен}}$, M_c – оцінені значення напору, ККД та моменту навантаження відповідно.

Структурна схема одинарної вентиляторної установки, побудована на основі рівнянь (1), (4)-(6), показана на рис. 4.

На рисунку 4 представлено: НМ1 – нейронна мережа для оцінки напору та НМ2 – нейронна мережа для оцінки ККД вентилятора [4]. Також модель містить збурюючу дію у вигляді $a_{\text{пов}}$, що залежать від параметрів вентиляційної мережі, реакції споживачів, часу доби або року та ін.

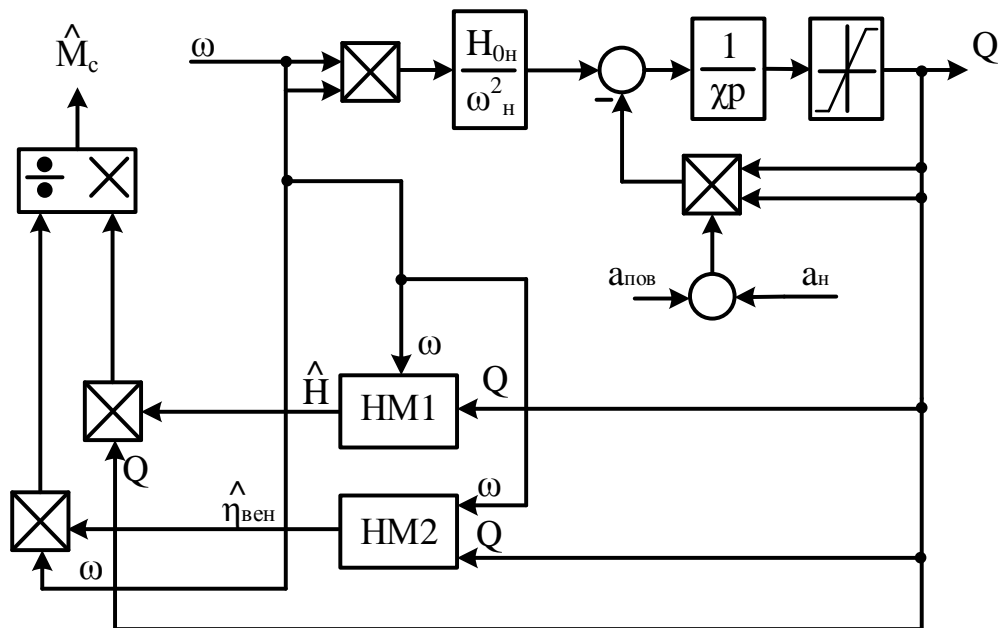


Рисунок 4 – Структурна схема вентиляторної установки з оцінювачами ККД та основі нейронної мережі

Висновки. В даній статті була вирішена актуальна задача розробки моделі вентиляторної установки на основі двох нейронних мереж, що враховує зміну ККД вентилятора та нелінійність статичних характеристик.

Отриманий математичний опис дозволить проводити дослідження режимів роботи електромеханічних систем автоматичного керування вентиляційними комплексами для виявлення рівнів підвищення економічної ефективності при використанні типової системи перетворювач частоти – асинхронний двигун.

Перелік посилань

1. Попович М.Г. Електромеханічна система автоматизації насосної установки з оцінюванням продуктивності за допомогою нейронної мережі / М.Г. Попович, Б.І. Приймак, С.О. Бур'ян // Вісн. Кременчуцького державного політехн. ун-ту ім. М.Остроградського. Вип. 3/2009 (56). – Ч. 2. – 2009. – С. 57-59.
2. Каталогні данні вентилятора EL 710 D4 01 [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу: <https://www.ruck.eu/ventilatoren/rohrventilatoren1/rohrventilatoren-ac-motor/eld?filterFrequency=50&filterErP=conform>
3. Шевчук С.П. Насосні, вентиляторні та пневматичні установки : підручник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямком підготовки «Електромеханіка» / С.П. Шевчук, О.М. Попович, В.М. Світлицький // Мін-во освіти і науки України ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ». – 2010. – 308 с.
4. Бур'ян С.О. Оцінювач коефіцієнта корисної дії насосу на основі нейронної мережі та каталожних характеристик / С.О. Бур'ян, Т.В. Грищук// Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 07-08 квітня 2011 р. – Кременчук, КНУ, 2011. – с. 97-98.