

# КОРЕЛЯЦІЙНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ШТУЧНОЇ НЕЙРОПОДІБНОЇ МЕРЕЖІ В СИСТЕМАХ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРОАГРЕГАТІВ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У роботі запропоновано новий метод розрахунку вагових коефіцієнтів штучної нейроподібної мережі в системах технічної діагностики гідроагрегатів, у якості яких запропоновано використовувати коефіцієнти взаємкореляції між вібросигналами у просторово розподілених точках гідроагрегату.

**Ключові слова:** штучна нейроподібна мережа, амплітудно-частотно-часовий спектр, смуга частот, чинник вібрації, показник вірогідності, коефіцієнт кореляції, ваговий коефіцієнт.

## Abstract

The article proposes a new method of calculating the coefficients of artificial neural network in systems of technical diagnostics of hydraulic units, in which it is proposed to use the correlation coefficients between the vibration signals at spatially distributed points of the hydraulic unit.

**Keywords:** artificial neural network, amplitude-frequency-time spectrum, frequency band, factor of vibration, likelihood index, correlation coefficient, weight factor.

## Вступ

Система автоматизованого діагностування і прогнозування розвитку дефектів гідроагрегатів (САДП-РДГ) [1] базується на модифікованій частотній технології вібродіагностування і є апаратно-програмним комплексом, який складається з вимірювальних каналів вібрації, підсистеми поточного моніторингу вібрації та підсистеми діагностування і прогнозування...

Метою роботи є розвиток кореляційного методу визначення вагових коефіцієнтів  $w_{kij}$  як коефіцієнтів взаємкореляції та наведено аналіз їхньої залежності від навантаження гідрогенератора та напору води у водосховищі.

## Результати досліджень

Основою підсистеми діагностування є тришарова штучна нейроподібна мережа (ШНМ). Кожен з отриманих від підсистеми поточного моніторингу віброакустичний сигнал за допомогою дискретного вейвлет-перетворення (ДВП) розкладається в амплітудно-частотно-часовий спектр (АЧЧС)...

Інформативний показник вірогідності  $PV_{k\tau}$  чинника, який відповідає  $k$ -му нейрону, на момент часу  $\tau$  визначається як

$$\forall k = 1, 6 \forall i = 1, 4 \forall j \in \Psi_k \left( PV_{k\tau} = \sum_{i,j} w_{kij} d_{kij\tau}^{norm} \right), \quad (1)$$

де  $w_{kij}$  – вагові коефіцієнти, які визначають важливість урахування вейвлет-коефіцієнтів  $j$ -ї смуги частот АЧЧС  $i$ -го вібросигналу в рівні вірогідності  $k$ -го нейрона;  $d_{kij\tau}^{norm}$  – нормовані значення вейвлет-коефіцієнтів  $j$ -ї смуги частот АЧЧС  $i$ -го вібросигналу в рівні вірогідності  $k$ -го нейрона на момент часу  $\tau$ ;  $\Psi_k$  – множина номерів смуг частот, в яких існує вплив чинника вібрації, що відповідає  $k$ -му нейрону.

В свою чергу  $f(\psi_1, \psi_2, t_1, t_2) = \frac{\partial^2 F(\psi_1, \psi_2, t_1, t_2)}{\partial \psi_1 \partial \psi_2}$ , де  $F(\psi_1, \psi_2, t_1, t_2)$  – двовимірна функція розподілу

ймовірностей випадкового процесу  $\psi(t)$ , яка задає значення ймовірності того, що у момент часу  $t_1$  виконується нерівність  $\psi_A \leq \psi_1$ , а у момент часу  $t_2$  виконується нерівність  $\psi_B \leq \psi_2$ , тобто

$$F(\psi_1, \psi_2, t_1, t_2) = P(\psi_A(t_1) \leq \psi_1, \psi_B(t_2) \leq \psi_2). \quad (5)$$

Враховуючи особливість об'єкту контролю (ОК), коефіцієнт автокореляції між сигналами  $\psi_A(t)$  та  $\psi_B(t)$  доцільно визначати для одного і того ж самого моменту часу  $t_1 = t_2$ , тобто  $K_\psi(t_1, t_2) = K_\psi(t_1)$ .

При стаціонарних збурюючих зовнішніх впливах  $F_l(t) - F_k(t)$  сигнали  $\psi_A(t)$  та  $\psi_B(t)$  можна вважати ергодичними, тому після низки перетворень шуканий квазімиттевий коефіцієнт взаємкореляції отримують як  $K_\psi^*(t_1) = \frac{1}{T} \int_0^T (\psi_A^*(t_1))(\psi_B^*(t_1)) dt_1$ , а для дискретних часових реалізацій, з урахуванням відомого рівняння Пірсона, можна записати таке співвідношення

$$K_\psi^*(t_1) = \frac{\sum_{i=1}^n \psi_{Ai}^* \psi_{Bi}^*}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \psi_{Ai}^{*2} \cdot \sum_{i=1}^n \psi_{Bi}^{*2}}}, \quad (6)$$

де  $\psi_{Ai}^*$  та  $\psi_{Bi}^*$  –  $i$ -ті значення часових реалізацій функцій  $\psi_A(t)$  та  $\psi_B(t)$ .

### Метод розрахунку коефіцієнтів взаємкореляції

1. Вибір синхронізованих часових реалізацій вібросигналів опорного  $\psi_A$  та досліджуваного  $\psi_B$  вузлів довжиною  $n$  з початком у момент часу  $t$ .
2. Розрахунок амплітудно-частотно-часових спектрів вібросигналу опорного вузла.
3. Розрахунок амплітудно-частотно-часових спектрів вібросигналу досліджуваного вузла.
4. Присвоєння контрольному маркеру початкового значення ( $j=1$ ).
5. Розрахунок  $j$ -го вагового коефіцієнта нейрона, що відповідає за досліджуваний вузол за формулою (6).
6. Запис розрахованого  $j$ -го вагового коефіцієнта у ШНМ.
7. Збільшення контрольного маркеру на один ( $j=j+1$ ), та у випадку, якщо отримане значення не перевищує кількості досліджуваних гармонік, перехід до пункту 5, інакше – завершення розрахунку.

.....

### Висновки

Експериментально встановлено наявність сильних кореляційних зв'язків між часовими реалізаціями вібросигналу (віброприскорення) у просторово рознесених точках та у різних координатних осях гідроагрегата в стаціонарному режимі роботи.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. В. Кухарчук та ін., Моніторинг, діагностування та прогнозування вібраційного стану гідроагрегатів. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2014, 168 с.

2. О. К. Колесницький, Є. О. Гордишевська, С. І. Лукаш «Комп'ютерне моделювання методу розпізнавання сигналів мультисенсорів газів на основі імпульсної нейронної мережі», Інформаційно-вимірювальні системи і комплекси в технологічних процесах, № 1, с. 121-126, 2013.

**Граняк Валерій Федорович** — канд. техн. наук, асистент кафедри теоретичної електротехніки та електричних вимірювань, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

**Оніщук Микола Олександрович** — студент групи МНТ – 186, факультет інфокомунікацій радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [onisukmikola3@gmail.com](mailto:onisukmikola3@gmail.com).

**Granyak Valeriy F.** — Cand. Sc. Assistant Professor, Department of Theoretical Electrical Engineering and Electrical Measurements, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia;

**Onishchuk Mykola O.** — Department of Information Communications of Radio Electronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [onisukmikola3@gmail.com](mailto:onisukmikola3@gmail.com).