

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Вінницький Національний Технічний Університет

### *Анотація*

*Діагностування систем водопостачання і вчасне вирішення проблем має велике значення з багатьох причин, таких як забезпечення безпеки, надійності, якості води, ефективності використання ресурсів, економічних переваг тощо. Тому розробка нових методів та засобів діагностування технічного стану електротехнічних комплексів розподілених систем водопостачання є перспективним напрямком.*

*У статті виконано огляд методів та засобів діагностування технічного стану електротехнічних комплексів розподілених систем водопостачання.*

**Ключові слова:** електротехнічні комплекси, розподілені системи водопостачання, діагностування, експертні системи, нечітка логіка, нейронні мережі.

### *Abstract*

*Diagnosing distributed water supply systems and timely problem resolution are of great importance for various reasons, such as ensuring safety, reliability, water quality, resource efficiency, economic advantages, and more. Therefore, the development of new methods and tools for diagnosing the technical condition of electrical complexes in distributed water supply systems is a promising direction.*

*The article provides an overview of methods and tools for diagnosing the technical condition of electrical complexes in distributed water supply systems.*

**Key words:** electrical complexes, distributed water supply systems, diagnostics, expert systems, fuzzy logic, neural networks.

### **Вступ**

Водопостачання є важливою частиною життя суспільства і грає ключову роль у забезпеченні життєвих потреб людей, розвитку економіки та збереженні навколишнього середовища. Діагностування технічного стану розподілених систем водопостачання допомагає вчасно виявляти та вирішувати різні проблеми, такі як неполадки електротехнічних комплексів систем водопостачання, неефективність або втрати води в системі, збільшення терміну служби обладнання, мінімізація втрат для споживачів та підприємств тощо.

**Метою статті** є аналіз методів та засобів діагностування електротехнічних комплексів розподілених систем водопостачання.

**Об'єктом дослідження** є електротехнічні системи розподілених систем водопостачання.

**Предметом дослідження** є інформаційні ресурси з методів та засобів діагностування технічного стану електротехнічних комплексів розподілених систем водопостачання.

### **Основна частина**

Діагностування технічного стану електротехнічних комплексів розподілених систем водопостачання може включати в себе використання різних методів та засобів. Основна мета діагностики полягає в виявленні можливих несправностей, визначенні рівня їх тяжкості та розробці відповідних заходів для виправлення проблем.

Діагностування таких систем вимагає аналізу цілого комплексу компонентів та їх взаємодії. Для діагностування електротехнічних комплексів розподілених систем водопостачання важливо проводити постійний моніторинг режимів їх роботи. Це включає вимірювання електричних параметрів, таких як струм, напруга, потужність, а також параметрів водопостачання, наприклад, тиск, пропускну здатність, рівень резервуарів [1].

Так, наприклад, моніторинг тиску передбачає встановлення приладів для постійного моніторингу тиску в системі водопостачання. Це можуть бути сенсори тиску, розташовані в різних точках системи. Інформація, зібрана цими приладами, допомагає виявити зміни в тиску, які можуть вказувати на проблеми. Відсутність тиску на виході насосної станції або на виході магістрального трубопроводу, значне зниження тиску між точками магістрального трубопроводу, постійне зростання тиску в трубопроводі при постійному значенні продуктивності насосної станції і т. д. вказують на відповідні несправності [2].

Розподілені системи водопостачання можуть містити багато різних компонентів, таких як насосні станції, водопровідні мережі, резервуари, контрольно-вимірювальні пристрої та інше [3].

Розподілену систему водопостачання можна представити за допомогою графа, де вершини представляють важливі елементи системи водопостачання, такі як резервуари, насоси, вентиляції тощо. Ребра графа відображають зв'язки та залежності між цими елементами. Наприклад, ребра можуть представляти трубопроводи, які з'єднують резервуари та насоси. До ребер графа додаються потокові характеристики, такі як максимальна місткість труби, тиск та інші важливі параметри. Це допоможе визначити, як вода рухається в системі і які обмеження існують. Далі необхідно створити модель нормального стану системи на основі історичних даних та параметрів системи. При порівнянні поточного стану системи з нормальним станом можна виявляти аномалії, які можуть вказувати на проблеми у системі [4].

У технічній діагностиці вже певний час чітко проявляється намагання використати елементи і компоненти штучного інтелекту. Основним переліком компонентів штучного інтелекту є такі: подання знань, розв'язування задач, експертні системи, засоби взаємодії з ЕОМ природною мовою, навчання, когнітивне моделювання, стратегічні ігри, обробка візуальної інформації, робототехніка та інші. Для діагностування складних технічних систем найбільший інтерес становлять експертні системи, штучні нейронні мережі та теорія нечітких множин і логік [5].

Під експертними системами розуміється напрямок досліджень в області штучного інтелекту по створенню обчислювальних систем, які вміють приймати рішення, схожі з рішеннями експертів в заданій предметній області. Правильно обраний експерт і вдала формалізація його знань дозволяє наділити експертну систему унікальними та цінними знаннями. Основним недоліком таких систем є те, що передача експертним системам знань про предметну область є доволі складною. Це є наслідком складності формалізації знань експертів. Окрім цього, експертні системи не здатні до самонавчання. Для того, щоб підтримувати експертні системи в актуальному стані, необхідно постійне втручання в базу знань інженерів по знаннях [6]. Експертні системи, позбавлені підтримки з боку розробників, швидко втрачають свою значимість.

Теорія нечітких множин і логік є зручним засобом формалізації експертної інформації у разі моделювання причинно-наслідкових зв'язків у задачах діагностики. Експертні знання можуть бути зображені у вигляді нечітких правил і нечітких відношень. Технічна діагностика зазвичай пов'язана з обробкою невизначених та нечітких даних. Теорія нечітких множин надає зручні інструменти для моделювання та роботи з нечіткою інформацією. Існує можливість враховувати різні рівні нечіткості та неоднозначності в діагностичних процесах. Теорія нечітких множин дозволяє враховувати не тільки точкові значення параметрів, а й їх розподіли імовірностей. Таким чином враховується невизначеність в оцінці стану системи та робити більш гнучкі рішення на основі нечітких даних. Використання теорії нечітких множин вимагає значного обсягу обчислень, особливо у складних системах з великою кількістю параметрів. Обчислювальна складність може бути перешкодою при реалізації методів нечіткої діагностики в реальному часі [7].

Штучні нейронні мережі – математичні моделі, а також їх програмні або апаратні реалізації, побудовані за принципами подання й обробки інформації у біологічних нейронних мережах – мережах нервових клітин живого організму [5].

Переваги використання нейронних мереж у технічній діагностиці [7]:

1. Висока адаптивність: Нейронні мережі здатні вчитися на основі вхідних даних і адаптуватися до змінних умов. Вони можуть пристосовуватися до нових проблем або змін в технічних системах, що дозволяє їм виявляти нові типи несправностей.

2. Здатність до виявлення складних залежностей: Нейронні мережі можуть розпізнавати складні залежності між вхідними даними і результатами діагностики. Вони можуть виявляти нелінійні зв'язки, які можуть бути складними для інших методів діагностики.

3. Можливість обробки великого обсягу даних: Нейронні мережі можуть ефективно обробляти великі обсяги даних, що дозволяє їм працювати з великою кількістю сенсорів та вимірювальних пристроїв. Вони можуть аналізувати багатовимірні дані та виявляти навіть незначні аномалії.

4. Автоматизований процес діагностики: Застосування нейронних мереж у технічній діагностиці дозволяє автоматизувати процес виявлення несправностей. Вони можуть працювати в режимі реального часу та безперервно спостерігати за станом технічних систем.

Недоліки використання нейронних мереж у технічній діагностиці [7]:

1. Потреба у великій кількості навчальних даних.
2. Складність налаштування та оптимізації: Нейронні мережі мають багато налаштовуваних параметрів, які потребують оптимізації для досягнення найкращої продуктивності.
3. Вразливість до шуму та збурень: Нейронні мережі можуть бути вразливі до шуму та випадкових збурень у вхідних даних.

З врахуванням всіх переваг та недоліків розглянутих методів, найбільш ефективним методом діагностування технічного стану електротехнічних комплексів розподілених систем водопостачання є метод використання штучних нейронних мереж, оскільки саме цей метод передбачає адаптивність та самонавчання системи діагностування, дозволяє швидко обробляти великий обсяг даних в режимі реального часу, автоматизувати процес діагностики та виконувати діагностику без прямого втручання експерта.

### Висновки

Проаналізовано основні методи та засоби діагностування технічного стану електротехнічних комплексів розподілених систем водопостачання. Розглянуто переваги та недоліки використання експертних систем, теорії нечітких множин та нейронних мереж для діагностування технічного стану даних систем.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання. – К.: Знання, 2009. – 735 с.
2. Almeida, A.V. and Ramos, H.M. (2010), "Watersupply operation diagnosis and reliability analysis in a Lisbon pumping system", Journal of Water Supply: Research and Tehnology – AQUA, no. 59.1
3. Хоружий П. Д., Ткачук О. А. Водопровідні системи і споруди. – К.: Вища школа, 1991. – 262 с.
4. Ротштейн О. П. Моделювання та оптимізація надійності багатовимірних алгоритмічних процесів: монографія/ О. П. Ротштейн, С. Д. Штовба, О. М. Козачко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2007. – 211 с.
5. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 1999. – 320 с.
6. Тоценко В.Г. Экспертні системи діагностики і підтримки рішення. К: Наукова думка, 2004. – 124с.
7. Субботін, С. О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей. Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. 375 с

**Ткачук Андрій Федорович** – інженер-програміст, приватний підприємець, аспірант 1-го року навчання, факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, ел. пошта: [aftvin@gmail.com](mailto:aftvin@gmail.com).

**Мошнорізі Микола Миколайович** – канд. техн. наук, доцент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, Вінницький національний технічний університет, ел. пошта: [moshnoriz@vntu.edu.ua](mailto:moshnoriz@vntu.edu.ua).

**Tkachuk Andrii Fedorovich** - software engineer, individual entrepreneur, first-year Ph.D. student, Faculty of Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, email: [aftvin@gmail.com](mailto:aftvin@gmail.com).

**Moshnoriz Mykola Mykolayovich** - Cand. tech Sciences, Associate professor of the department of electromechanical systems of automation in industry and transport, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [moshnoriz@vntu.edu.ua](mailto:moshnoriz@vntu.edu.ua).

**Scientific supervisor: Moshnoriz Mykola Mykolayovich** - Cand. tech Sciences, Associate Professor of the Department of Electromechanical Automation Systems in Industry and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia