

# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

У роботі проведено аналіз сучасних інтелектуальних методів моніторингу та діагностики технічного стану силових трансформаторів. Розглянуто застосування новітніх алгоритмів для підвищення надійності роботи обладнання в умовах сучасних електромереж.

**Ключові слова:** силовий трансформатор, технічний стан, інтелектуальний моніторинг, штучний інтелект, Smart Grid, діагностика.

## *Abstract*

*In this work, an analysis of modern intelligent methods for monitoring and diagnosing the technical condition of power transformers is carried out. The application of advanced algorithms to improve equipment reliability in modern electrical networks is considered.*

*Keywords: power transformer, technical condition, intelligent monitoring, artificial intelligence, Smart Grid, diagnostics.*

## **Вступ**

Силові трансформатори є одними з найважливіших та найдорожчих елементів електроенергетичних систем. Забезпечення їх безперебійної роботи є критичним завданням, оскільки раптові аварії призводять до значних економічних збитків та зниження надійності електропостачання. Традиційні методи планово-попереджувального ремонту та періодичних випробувань поступово втрачають свою ефективність через високу трудомісткість та ризик пропуску дефектів на ранніх стадіях їх розвитку. [1]

## **Результати дослідження**

Сучасний етап розвитку електроенергетики вимагає переходу від традиційних методів планово-попереджувальних ремонтів до систем безперервного онлайн-моніторингу (Condition Monitoring Systems – CMS) з використанням інтелектуальних методів аналізу даних. Основу таких систем сьогодні складають алгоритми машинного навчання (ML), штучні нейронні мережі, апарат нечіткої логіки (Fuzzy Logic) та експертні системи. [2]

Одним із найбільш інформативних методів діагностики залишається хроматографічний аналіз розчинених у маслі газів (АРГ). Застосування нейромережових алгоритмів до результатів АРГ дозволяє значно підвищити точність розпізнавання типів внутрішніх дефектів (дугових розрядів, перегріву ізоляції, іскріння) порівняно з класичними підходами, такими як трикутник Дюваля або метод відношень газів. Навчання ШНМ на великих масивах історичних даних дозволяє системі виявляти приховані закономірності у зміні концентрації газів ще до того, як вони досягнуть критичних значень. [2]

Для моніторингу стану ізоляції та виявлення часткових розрядів все частіше застосовуються акустичні датчики та електромагнітні антени. Використання алгоритмів машинного навчання, зокрема методу опорних векторів (SVM), дозволяє ефективно фільтрувати зовнішні завади та з високою точністю локалізувати джерело розряду всередині бака трансформатора, аналізуючи час затримки розповсюдження сигналів. [3]

Особливу увагу слід приділити інтеграції систем моніторингу силових трансформаторів у концепцію Smart Grid. Використання гібридного підходу на основі штучного інтелекту

дозволяє не лише діагностувати поточний стан обладнання, але й використовувати ці дані для оптимального розподілу потужності в мережі. Знаючи точну динамічну теплову модель трансформатора та його поточний "індекс здоров'я" (Health Index), інтелектуальна система керування мережею може перерозподіляти навантаження таким чином, щоб уникнути перегріву найбільш зношених одиниць обладнання під час пікових режимів. [4]

Надзвичайно важливою складовою є програмна інтеграція систем діагностики з комплексами моделювання режимів електроенергетичних систем. Створення «цифрового двійника» (Digital Twin) трансформатора дозволяє актуалізувати дані про його технічний стан у віртуальному середовищі. Такий підхід суттєво покращує диспетчерське керування в режимі реального часу та автоматизує низку операцій з розподілу навантажень. [4]

Впровадження таких інтелектуальних систем створює надійне підґрунтя для переходу до предиктивного обслуговування. Це дозволяє автоматизувати процес прийняття рішень, прогнозувати залишковий ресурс трансформатора та мінімізувати вплив людського фактора на безпеку експлуатації енергооб'єктів. [4]

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. СОУ НЕК 20.261:2021 “Технічна політика НЕК «Укренерго» у сфері розвитку та експлуатації магістральних та міждержавних електричних мереж”. НЕК "Укренерго", – 2021. – 328 с. [СОУ НЕК 20.261:2021 | PDF](#)
2. «МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ ТИПУ ДЕФЕКТІВ ВИСОКОВОЛЬТНОГО МАСЛО-НАПОВНЕНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛІЗУ РОЗЧИНЕНИХ В МАСЛІ ГАЗІВ»–35с. <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/%D0%94%D1%96%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf>
3. Войцицький А.П. Новосилецький Ю.Л. Дослідження методів діагностики силових трансформаторів / Інституційний репозитарій ВНТУ (JetIQ). URL: [ЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ТРАНСФОРМАТОР, ДІАГНОСТИКА, ТЕХНІЧНИЙ СТАН, НОРМАТИВНИЙ ДОКУМЕНТ, ТРАНСФОРМАТОРНЕ МАСЛО, ТЕПЛОВІЗІЙНИЙ КОНТРОЛЬ](#)
4. Матвійчук В. А. Діагностування електрообладнання. Навч. посіб. / В. А. Матвійчук, О. Є. Рубаненко, І. О. Гунько. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 138 с. <https://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/25586.pdf>

**Шевчук Денис Сергійович** – студент, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Сікорська Олена Вікторівна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sikorskaov@vntu.edu.ua

**Shevchuk Denys S.** - student, Vinnitsa National Technical University, student of the department of electric power stations and systems; Vinnitsa, Ukraine.

**Sikorska Olena Viktorivna** — Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Power Plants and Systems, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: sikorskaov@vntu.edu.ua