

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ У РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ SCADA

¹Вінницький Національний Технічний Університет

Анотація

Виконано аналіз проблеми енергоспоживання насосних станцій у розподілених системах водопостачання та можливості його оптимізації за допомогою сучасних SCADA-систем. Проаналізовано принципи керування електроприводами, що дозволяють зменшити втрати енергії та підвищити ефективність роботи насосних агрегатів. Обґрунтовано доцільність впровадження автоматизованих систем моніторингу та управління для оптимізації витрат електроенергії.

Ключові слова: SCADA-системи, оптимізація енергоспоживання, електропривод, насосна станція, SCADA, водопостачання.

Abstract

The issue of energy consumption by pump stations in distributed water supply systems and the possibilities for its optimization using modern SCADA systems have been examined. The principles of electric drive control, which allow for reducing energy losses and improving the efficiency of pump units, have been analyzed. The feasibility of implementing automated monitoring and control systems to optimize electricity consumption has been substantiated.

Key words: SCADA-system, energy consumption optimization, electric drive, pumping station, SCADA, water supply.

Вступ

В умовах сучасного розвитку комунальних та промислових об'єктів значна увага приділяється питанням підвищення ефективності використання енергоресурсів. Насосні станції є одними з найбільш енергозатратних компонентів розподілених систем водопостачання. Впровадження сучасних технологій управління, зокрема SCADA-систем, дозволяє мінімізувати витрати електроенергії та підвищити надійність експлуатації насосного обладнання. Окрім цього, інтеграція SCADA забезпечує можливість автоматизованого аналізу та адаптивного коригування режимів роботи насосних станцій відповідно до змінних умов експлуатації [1].

Значний потенціал для зниження витрат електроенергії мають інтелектуальні алгоритми аналізу роботи насосних агрегатів. Це дає змогу не лише зменшити втрати енергії, а й продовжити термін експлуатації обладнання завдяки зменшенню зношення механізмів.

Метою статті є виконати аналіз проблеми керування розподіленими системами споживання з використанням технології SCADA.

Об'єктом дослідження є процеси керування енергоспоживанням насосних станцій у розподілених системах водопостачання.

Предметом дослідження є SCADA-системи.

Результати дослідження

Одним із головних чинників значних витрат електроенергії на насосних станціях є недостатня адаптивність керування електроприводами до реальних умов експлуатації. Традиційні системи керування працюють у статичних режимах, не враховуючи зміну споживання води та зміну гідродинамічних параметрів у системі [2]. Використання частотно-регульованих приводів (ЧРП) дає змогу змінювати швидкість обертання електродвигунів відповідно до фактичного споживання

води. Це значно зменшує втрати енергії, оскільки насосні агрегати працюють не на максимальній потужності, а лише в необхідних режимах [3]. Дослідження показують, що впровадження ЧРП дозволяє скоротити споживання електроенергії на 20-50%, залежно від особливостей насосної станції [2]. Автоматизовані SCADA-системи дозволяють визначати оптимальні режими роботи насосних станцій, враховуючи змінні потреби споживачів. Алгоритми прогнозування споживання води допомагають уникати пікових навантажень та знижувати втрати електроенергії. Наприклад, за рахунок розподілення роботи насосів у нічний час, коли тарифи на електроенергію нижчі, вдається значно зменшити витрати підприємств [3]. SCADA-системи інтегруються із сенсорними мережами та IoT-пристроями, що дає змогу у режимі реального часу отримувати інформацію про стан насосного обладнання. Використання штучного інтелекту для аналізу цих даних допомагає виявляти потенційні несправності ще до їхнього виникнення, що зменшує витрати на ремонт і обслуговування [4].

Сучасні SCADA-системи забезпечують детальну візуалізацію всіх параметрів насосної станції, що допомагає операторам швидко приймати рішення щодо коригування режимів роботи. Використання цифрових двійників насосного обладнання дає змогу моделювати різні сценарії роботи та прогнозувати витрати електроенергії в залежності від змінних параметрів системи [8].

Структуру SCADA-системи можна зобразити наступним чином:

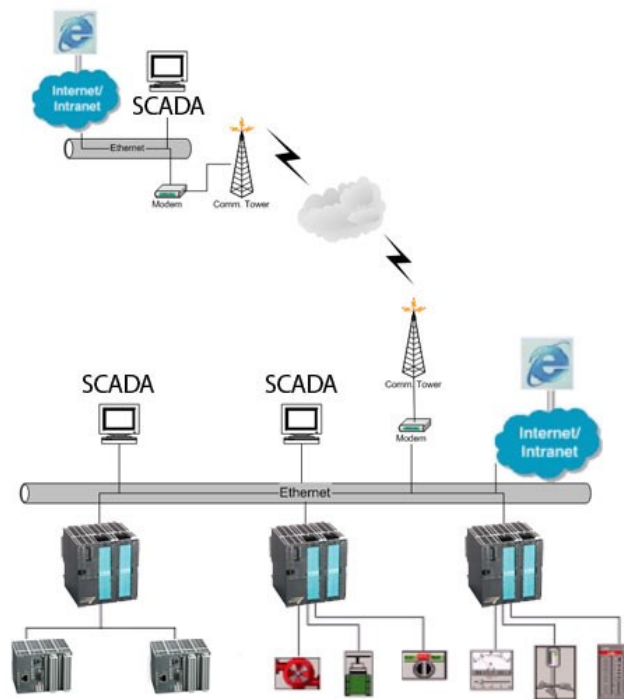


Рис. 1. Структуру SCADA-системи для управління розподіленими системами водопостачання

Використання автоматизованих систем моніторингу дозволяє не тільки підвищити енергоефективність насосних станцій, але й забезпечити їхню довговічність. Аналіз споживання води, виконаний за допомогою SCADA, дає можливість прогнозувати пікові навантаження та своєчасно змінювати режими роботи обладнання. Це запобігає зайвим витратам електроенергії та допомагає рівномірно розподіляти навантаження між насосними агрегатами [5].

Використання SCADA дозволяє підключати насосні станції до централізованої системи моніторингу, що дає змогу контролювати їхній стан та продуктивність із єдиного диспетчерського центру. Це особливо важливо для розподілених систем водопостачання, де насосні станції можуть розташовуватися на значній відстані одна від одної. Впровадження таких технологій дає змогу зменшити час на реагування у разі виникнення аварійних ситуацій та оптимізувати витрати ресурсів [6].

Крім того, SCADA-системи дають можливість автоматизувати роботу електроприводів насосних станцій, а саме [7]:

- керувати частотними перетворювачами електроприводів, змінюючи швидкість обертання насосів відповідно до поточного попиту на воду;

- адаптувати роботу насосів у режимі реального часу до змін у гідродинамічних параметрах системи, таких як тиск у трубопроводах;
- інтегруватися з прогнозними моделями споживання води, що дозволяє автоматично планувати роботу насосів наперед.

Все це допомагає забезпечити стабільне водопостачання, одночасно оптимізуючи енергоспоживання.

Висновки

Впровадження SCADA-систем у процес керування розподіленими системами водопостачання є ефективним підходом до оптимізації енергоспоживання. Використання адаптивного управління електроприводами дає змогу значно знизити витрати електроенергії, покращити продуктивність системи водопостачання та забезпечити стабільність її функціонування. Крім того, прогнозні алгоритми та автоматизовані методи аналізу даних сприяють не лише зниженню споживання електроенергії, а й подальшій оптимізації процесів водопостачання на основі прогнозних моделей. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку інтелектуальних алгоритмів прогнозування та адаптивного регулювання параметрів насосного обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волошин М. М., Кузьмич Л. В. Енергоефективна водоподача насосних станцій Каховської зрошувальної системи. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Технічні науки. 2021. №5. С. 45–52.
2. Кравчук О., Кострич Б. Сучасні підходи та методи підвищення енергоефективності насосних станцій систем водопостачання та водовідведення. *International Scientific-Practical Conference of young scientists "Build-Master-Class-2024"*. Київ, 2024. С. 237–238.
3. SCADA-системи: основа ефективного управління та моніторингу процесів. *Alectro* : веб-сайт. URL: <https://www.alectro.com.ua/blog/scada> (дата звернення: 14.01.2025).
4. Lee K., Park H. Energy Efficiency in Pumping Systems Using SCADA. Berlin: Elsevier, 2022. 198 p.
5. Іваненко В. П., Петренко С. О. Автоматизовані системи управління насосними станціями. Київ: Техніка, 2020. 280 с.

Ткачук Андрій Федорович – інженер-програміст, приватний підприємець, аспірант 2-го року навчання, факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, ел. пошта: 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.

Науковий керівник: **Мошнорізі Микола Миколайович** — к. техн. наук, доцент, завідувач кафедри Комп'ютеризовані електромеханічні системи і комплекси, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Tkachuk Andrii Fedorovich - software engineer, individual entrepreneur, second-year Ph.D. student, Faculty of Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, email: 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.

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.