

Г.Г. Півняк¹, Ю.А. Папаїка¹, О.Г. Лисенко¹, М.М. Малишко¹

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АТ «НІКОПОЛЬСЬКИЙ ЗАВОД ФЕРОСПЛАВІВ»

Анотація. У роботі узагальнено практичний досвід АТ «Нікопольський завод феросплавів» щодо цифрової модернізації системи електропостачання, з особливим акцентом на розвиток та інтеграцію власної SCADA-мережі. Показано, як побудова багаторівневої системи диспетчерського контролю, оперативного збору даних та дистанційного керування дала можливість перейти від фрагментарного контролю обладнання до повноцінного цифрового управління енергосистемою.

Описано ключові технічні рішення: модернізацію каналів зв'язку, встановлення інтелектуальних пристроїв на живильних і розподільчих підстанціях, розширення системи комерційного та технічного обліку, а також впровадження алгоритмів аналізу навантажень та діагностики аварійних режимів у реальному часі. Наведено результати роботи оновленої інфраструктури, які засвідчують підвищення надійності електропостачання, скорочення часу реагування персоналу та покращення енергоефективності.

Представлений досвід демонструє практичну цінність цифрових рішень у складних умовах сучасного енергетичного середовища та підтверджує доцільність подальшого розвитку SCADA-мережі як основи для підвищення стійкості та керованості енергосистеми підприємства.

Ключові слова: цифровізація, SCADA-мережа, диспетчерський контроль, енергоменеджмент, система електропостачання, моніторинг навантажень, автоматизація, діагностика аварійних режимів, енергоефективність, АТ «НЗФ».

Вступ. Сучасні вимоги до надійності та керованості систем електропостачання в промисловості зумовлюють необхідність переходу від традиційних методів експлуатації до комплексних цифрових рішень. Для підприємств з енергоємним виробництвом, таких як АТ «Нікопольський завод феросплавів», стабільність електропостачання безпосередньо впливає на технологічні процеси, якість продукції та рівень енергетичної безпеки.

У цих умовах цифровізація енергосистеми перестає бути лише інструментом модернізації й перетворюється на ключовий елемент стратегічного розвитку. Центральне місце в цій трансформації займає побудова сучасної SCADA-мережі, що забезпечує оперативний контроль параметрів роботи обладнання, дистанційне керування та гнучку інтеграцію нових функцій автоматизації.

Перехід до цифрового середовища дає можливість підвищити деталізацію обліку, зменшити кількість позаштатних ситуацій та оптимізувати використання електричної енергії. Разом із тим впровадження таких технологій вимагає

адаптації існуючої інфраструктури, створення єдиних стандартів даних та переорієнтації підходів до організації технічного обслуговування.

У цій роботі представлено практичний досвід АТ НЗФ у розгортанні та розвитку цифрових систем управління електропостачанням, а також окреслено ті результати й переваги, які отримано внаслідок впровадження сучасної SCADA-інфраструктури.

Постановка задачі. Основною проблемою, з якою зіткнулось АТ «НЗФ», була фрагментарність контролю та низька оперативність отримання даних про стан електрообладнання в різних енергетичних підрозділах. Наявні системи не забезпечували повної інтеграції між підстанціями, щитами управління та комерційними вузлами обліку, що ускладнювало своєчасне реагування на аварійні режими та перешкоджало впровадженню сучасних методів енергоменеджменту. В умовах зростання навантажень, частих змін режимів роботи та зовнішніх ризиків виникла потреба у єдиному цифровому середовищі, здатному забезпечити повну прозорість і керованість системи електропостачання.

Завданням підприємства стало створення масштабованої SCADA-мережі, яка охоплювала б усі ключові елементи енергогосподарства та дозволяла здійснювати централізований збір, обробку й аналіз даних у реальному часі. Потрібно було забезпечити можливість дистанційного керування обладнанням, автоматизацію типових технологічних операцій, підвищення якості обліку та формування єдиного інформаційного простору для диспетчерів і енергетичних служб. Реалізація цих завдань мала створити фундамент для подальшого підвищення надійності, енергоефективності та стійкості електропостачання заводу.

Основний зміст роботи. У процесі цифрової модернізації системи електропостачання АТ «НЗФ» ключовим завданням стало створення єдиної SCADA-мережі, здатної забезпечити безперервний обмін даними між підстанціями, вимірювальними пристроями та диспетчерськими пунктами. Для цього була розгорнута програмно-апаратна платформа збору та логування даних, що дозволила стандартизувати параметри зв'язку, структуру сигналів і методи взаємодії з обладнанням. Центральним інструментом став модуль конфігурації, у якому налаштовувались порти зв'язку, протоколи Modbus RTU/TCP, адресація пристроїв та параметри логування. Кожен порт контролера отримав визначений перелік приєднаних вузлів, а підстанції були зведені в єдине інформаційне поле, що дало змогу дистанційно відстежувати параметри та стан комутаційного обладнання.

Особлива увага була приділена структуризації даних, зокрема формуванню аналогових та дискретних сигналів. Для кожного каналу задавались адреси реєстрів, коефіцієнти масштабування, функції Modbus та типи адрес. Такий підхід забезпечив однорідність даних для подальшої обробки та дозволив виключити розбіжності у вимірюваннях, що часто виникають при роботі з обладнанням різних виробників. Завдяки системі логування вдалося створити

повноцінні історичні записи навантажень, подій та аварійних ситуацій, що дозволяє проводити технічний аналіз і підвищувати якість управлінських рішень.

В основу SCADA-інфраструктури були покладені спеціалізовані польові пристрої типу **UMD (Universal Measurement Device)** та **UCD (Universal Control Device)**. UMD виконують функцію універсальних вимірювальних модулів, до складу яких входять канали підключення трансформаторів струму і напруги, високоточні АЦП, процесорний блок обробки сигналів та комунікаційний модуль. Пристрої забезпечують вимірювання ключових параметрів енергосистеми — напруги, струму, активної та реактивної потужності, частоти, перекосів фаз, а також формують телеметрію для SCADA. Архітектура UMD включає гальванічну розв'язку, FRAM/EEPROM для зберігання конфігурації та модуль логування, що дозволяє вести профіль навантаження безпосередньо на пристрої. UCD, у свою чергу, виконують роль логічних пристроїв керування. Вони оснащені окремим процесорним блоком з підтримкою алгоритмів пуску/останову, міжзахисних блокувань, формуванням команд на виконавчі механізми та фіксацією станів дискретних входів. Наявність ізольованих дискретних входів і виходів дозволяє інтегрувати UCD із вимикачами, контакторами, релейними схемами та іншими елементами підстанцій. Комунікаційний модуль UCD забезпечує обмін із SCADA по Modbus RTU/TCP, а модуль самодіагностики контролює напругу живлення, температуру та справність сигнальних ланцюгів.

Інтеграція UMD та UCD у єдину SCADA-мережу створила багаторівневу архітектуру, де вимірювання та логіка керування працюють узгоджено. UMD відповідають за точний збір телеметрії, а UCD – за формування керуючих команд та реалізацію технологічних алгоритмів. Диспетчерська служба отримала можливість контролювати всі ключові процеси в реальному часі, оцінювати навантаження, відслідковувати стан обладнання та оперативно реагувати на технологічні відхилення.

Таким чином, упроваджена система забезпечила якісно новий рівень автоматизації енергосистем АТ «НЗФ». Стандартизована архітектура, гнучка конфігурація пристроїв, детальне логування та централізоване управління створили фундамент для подальшого розвитку енергоефективності, підвищення надійності електропостачання та розширення цифрової інфраструктури підприємства.

У межах цифровізації енергетичної та ІТ-інфраструктури була впроваджена спеціалізована система моніторингу мережевого та серверного обладнання. Вона забезпечує автоматичний збір інформації про стан пристроїв, їхнє навантаження, параметри працездатності та доступність. Такий інструмент широко застосовується в корпоративних мережах, центрах обробки даних, на підприємствах із розгалуженою інфраструктурою та серед провайдерів, оскільки дозволяє створити повну картину технічного стану всіх ключових елементів.

Система підтримує роботу з маршрутизаторами, комутаторами, серверними платформами (Linux, Windows, BSD), системами зберігання, технологіями віртуалізації, а також енергетичними пристроями на кшталт ДБЖ та інтелектуальних модулів живлення. Завдяки використанню таких протоколів, як SNMP, IPMI, LLDP та різних API-інтерфейсів, забезпечується широке охоплення телеметрії.

Основними можливостями є моніторинг навантаження (процесор, оперативна пам'ять, пропускна спроможність інтерфейсів, температура, живлення), автоматичне виявлення обладнання за IP-адресою та побудова історичних графіків. У разі відхилень від нормальних режимів система надсилає сповіщення про недоступність пристроїв, аномальний ріст чи падіння трафіку, підвищену температуру або заповнення дискового простору. Наявність детальної історії роботи дає змогу планувати модернізацію, оцінювати пропускну здатність і прогнозувати розвиток навантажень.

Завдяки простому веб-інтерфейсу доступ до інформації та керування функціями може здійснюватись через будь-який браузер. Система добре підходить саме для мережевого моніторингу, забезпечуючи високу інформативність без складного налаштування, що робить її ефективним інструментом для оперативного контролю та підтримання працездатності критично важливої інфраструктури підприємства.

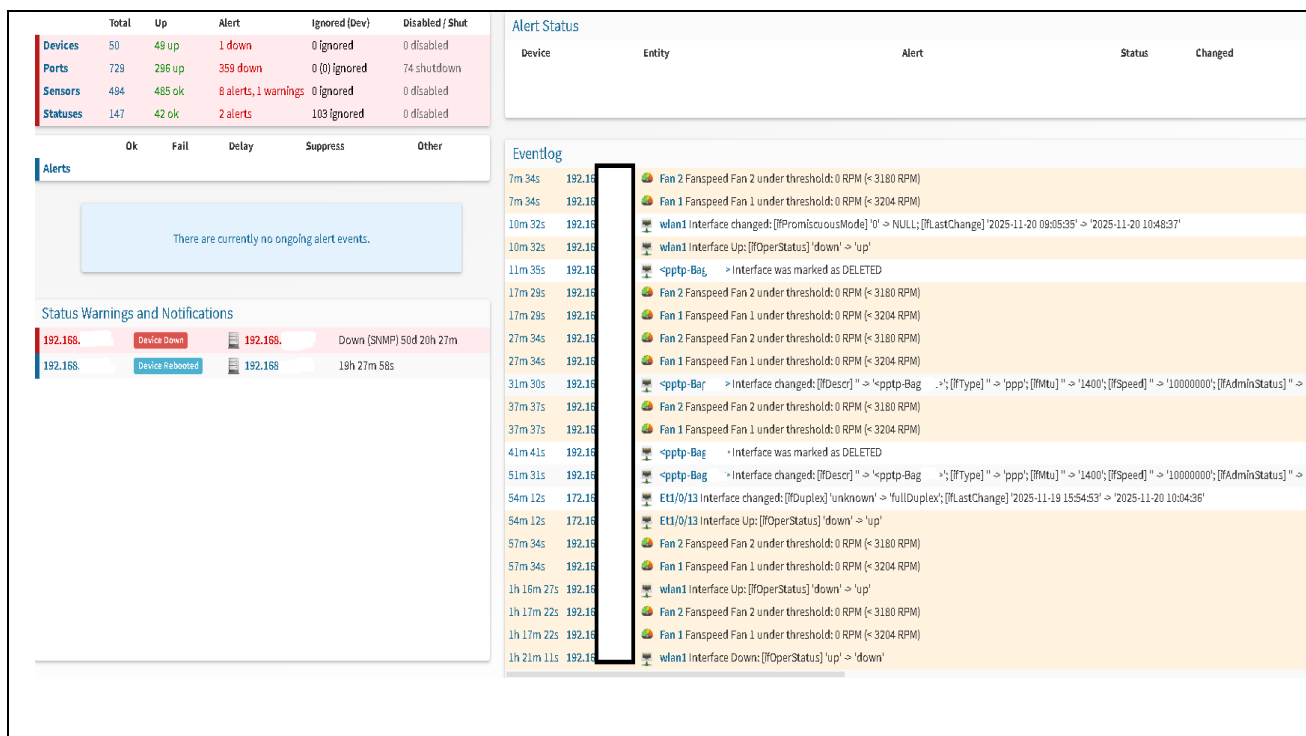


Рис. 1. Система моніторингу мережі

Практична новизна роботи полягає у впровадженні інтегрованої системи моніторингу мережевої та серверної інфраструктури, яка забезпечує оперативний контроль стану обладнання, підвищує рівень інформаційної

безпеки та дозволяє своєчасно реагувати на відхилення у роботі критично важливих елементів. Запропоновані технічні рішення дозволили автоматизувати збір телеметрії, створити єдине інформаційне середовище для аналізу продуктивності, оптимізувати навантаження та знизити ймовірність аварійних простоїв. Реалізована архітектура підвищує надійність функціонування виробничих та енергетичних систем підприємства, а також створює основу для подальшого розвитку цифрової інфраструктури.

Висновки. Впровадження цифрових технологій у систему електропостачання дозволяє в режимі реального часу контролювати стан мережевого та виробничого обладнання. Це забезпечує своєчасне виявлення перевантажень, збоїв та аномалій, підвищуючи надійність енергопостачання. Цифрові платформи автоматизують збір та аналіз даних, що оптимізує управління навантаженням і знижує втрати електроенергії. Впровадження дистанційного моніторингу і систем прогнозування дозволяє планувати технічне обслуговування і запобігати аварійним ситуаціям. Цифровізація сприяє підвищенню енергоефективності та економічної стійкості підприємства. Загалом, інтеграція сучасних інформаційних рішень у енергосистему створює фундамент для безпечного, ефективного та надійного електропостачання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Волошко А., Джеря Т. Дослідження інформаційних потоків в управлінні режимами інтелектуальних енергосистем // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2023. № 2. DOI: 10.20535/1813-5420.2.2023.279635. energy.kpi.ua
2. Руднев Є., Романченко Ю. Комплексний аналіз стану та перспективи розвитку енергетики України відповідно до концепції Smart Grid // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2024. № 1. DOI: 10.20535/1813-5420.1.2024.297587. energy.kpi.ua
3. Друбецька Т., Земський Д., Шмельова В., Артемчук В. Розвиток технологій будівництва цифрових підстанцій // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2024. № 1. DOI: 10.20535/1813-5420.1.2024.297585. energy.kpi.ua
4. Ярова І. Від класичної до цифрової підстанції: аналіз впровадження стандарту IEC 61850 // Вісник НТУ «ХП». Серія «Гідравлічні машини та гідроагрегати». 2025. — С. ... gm.khpi.edu.ua
5. Мазурок В. І., Дребіт А. М., Онисько Ю. Ю., Бабюк С. М. Цифровізація розподільних електричних мереж // Матеріали XIII МНПК «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, 11–12 грудня 2024. С. 258–260. elartu.tntu.edu.ua
6. Дергачова В. В., Хлебінська О. І., Дергачова Г. М. Цифрові трансформації бізнес-процесів енергетичних підприємств та особливості їх правового забезпечення // Економічний вісник НТУУ «КПІ». 2024. № 31. DOI: 10.20535/2307-5651.31.2024.319017. ev.fmm.kpi.ua
7. He X., Ai Q., Qiu R. C., Zhang D. Preliminary Exploration on Digital Twin for Power Systems: Challenges, Framework, and Applications. arXiv, 2019. [arXiv](https://arxiv.org/abs/1908.08111)
8. Saleem Y., Crespi N., Rehmani M. H., Copeland R. Internet of Things-aided Smart Grid: Technologies, Architectures, Applications, Prototypes, and Future Research Directions. arXiv, 2017. [arXiv](https://arxiv.org/abs/1708.08111)
9. Diamantoulakis P. D., Kapinas V. M., Karagiannidis G. K. Big Data Analytics for Dynamic Energy Management in Smart Grids. arXiv, 2015. [arXiv](https://arxiv.org/abs/1508.08111)