

## Дослідження особливостей функціонування цифрових підстанцій

Вінницький Національний Технічний Університет

### Анотація

Розповідається про цифрові підстанції, їх функції, переваги та недоліки, про перспективи розвитку цифрових підстанцій та їх роль у майбутньому електроенергетичного сектора.

**Ключові слова:** Цифрові підстанції, відновлювальна енергія.

### Abstract

This article describes about digital substations, their functions, advantages and disadvantages, the prospects for the development of digital substations and their role in the future of the electric power sector.

**Keywords:** Digital substations, renewable energy.

### Вступ

Цифрова підстанція (ЦПС) — підстанція, обладнана комплексом цифрових пристроїв (терміналів) для вирішення завдань релейного захисту та автоматики (РЗА) і АСК ТП — реєстрації аварійних подій (РАП), обліку та контролю якості електроенергії, телемеханіки [1]. Все обладнання комунікується між собою і центральним сервером об'єкта по послідовних каналах зв'язку на єдиних протоколах.

Цифрові підстанції виключають електричний зв'язок між високовольтним обладнанням і панелями релейного захисту та управління, що створює безпечніші умови праці, і в той же час знижує витрати на будівництво, на монтажні і пусконаладжувальні роботи, на обслуговування всієї системи, а також експлуатаційні витрати. Цифрові підстанції є ключовим компонентом інтелектуальної мережі, в якій з'являється все більша кількість непостійних поновлюваних джерел електроенергії, вони допомагають підвищити безпеку і надійність за рахунок покращеної якості даних та скорочення часу для прийняття рішень у випадку надзвичайних ситуацій (рис. 1).

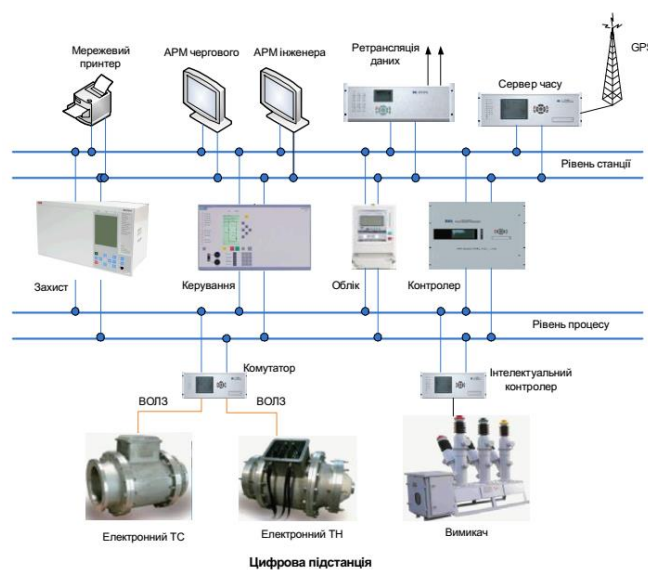


Рисунок 1 – Схема роботи цифрової підстанції

Ключовий елемент цифрової підстанції – це наявність шини процесу. Шина процесу MEK 61850 дозволяє замінити мідні зв'язки типу «точка-точка» між різними пристроями (ІЕП, вимірювальними трансформаторами, системами моніторингу, MotorDrive™, та ін.) і обладнанням РП на безпечну стандартизовану оптичну мережу зв'язку. Завдяки шині процесу інформація про вимірювання і стан обладнання може бути поширена по всій підстанції в режимі реального часу без потреби в комплексних кабельних зв'язках.

Основні функції цифрових підстанцій можна розділити на такі категорії:

1. Моніторинг і діагностика: Цифрові підстанції забезпечують постійний моніторинг параметрів електромережі, таких як напруга, струм, потужність, температура тощо. Це дозволяє операторам системи вчасно виявляти проблеми та здійснювати діагностику для запобігання аваріям.

2. Керування електромережею: Цифрові підстанції дозволяють операторам системи керувати різними аспектами електромережі, такими як розподіл навантаження, включення і відключення електрообладнання, регулювання напруги тощо.

3. Захист і керування струмом: Цифрові підстанції використовують програмне забезпечення для захисту від коротких замикань, перевантажень та інших аварійних ситуацій. Вони автоматично вмикають відповідні захисні пристрої і відключають уражені ділянки електромережі для запобігання пошкодженням.

4. Дистанційне керування і моніторинг: Оператори можуть керувати цифровими підстанціями віддалено через веб-інтерфейси або спеціальне програмне забезпечення. Це дозволяє ефективно керувати електромережею з великої відстані.

5. Інтеграція зі сховищами даних і аналітичними системами: Дані, зібрані цифровими підстанціями, можуть бути використані для аналізу та оптимізації роботи електромережі. Це дозволяє зменшити витрати на енергію, підвищити ефективність та забезпечити більшу надійність електропостачання.

В таблиці 1 представлені основні переваги та недоліки цифрових підстанцій.

Таблиця 1 – Переваги та недоліки цифрових підстанцій

<b>Переваги</b>	<b>Недоліки</b>
Ефективність та точність. Цифрові системи забезпечують більш точний та ефективний моніторинг і керування електричною мережею, що дозволяє операторам швидше реагувати на зміни у системі.	Висока вартість впровадження. Впровадження цифрових підстанцій може вимагати значних витрат на обладнання, програмне забезпечення та навчання персоналу.
Автоматизація. Цифрові підстанції дозволяють автоматизувати багато процесів управління електричною мережею, що зменшує ризик помилок та підвищує продуктивність.	Вразливість до кібератак. Цифрові системи можуть бути піддані кібератакам, які можуть спричинити серйозні проблеми з безпекою та стабільністю електричної мережі.
Збільшена надійність. Цифрові системи можуть виявляти проблеми та аварійні ситуації швидше і ефективніше, що дозволяє операторам оперативно реагувати і уникати великих відмов в електропостачанні.	Складність управління і обслуговування. Складність цифрових систем може становити виклик для операторів та технічного персоналу, які відповідають за їх управління та обслуговування.
Дистанційне керування і моніторинг. Оператори можуть керувати та моніторити цифрові підстанції з великої відстані, що дозволяє зменшити витрати на обслуговування та підвищити ефективність управління.	Необхідність надійного живлення. Цифрові підстанції потребують надійного живлення, і перерви у електропостачанні можуть призвести до серйозних проблем з їх функціонуванням.

Загалом, хоча цифрові підстанції мають багато переваг, їх впровадження та експлуатація потребують ретельного планування, а також уваги до проблем безпеки та надійності.

Роль цифрових підстанцій у майбутньому електроенергетичного сектора полягатиме в тому, щоб створити більш гнучкі, надійні та ефективні електромережі, які зможуть відповідати на зростаючі потреби споживачів та виклики сучасного енергетичного ринку. Ці технології допоможуть електромережам стати більш адаптивними до змін у попиті, інтегрувати велику кількість відновлювальних джерел енергії та забезпечити стабільне, ефективне та безпечне електропостачання для споживачів. Додатково, розвиток цифрових підстанцій також сприятиме зменшенню екологічного впливу електроенергетичного сектора шляхом підвищення ефективності виробництва, передачі та споживання електроенергії [2]. Крім того, цифрові підстанції можуть сприяти розвитку розумних міст та регіонів, де енергетична інфраструктура інтегрується з іншими аспектами міського життя, такими як транспорт, освітня система, медична інфраструктура.

## Висновок

Дослідження особливостей функціонування цифрових підстанцій надає важливий внесок у сучасне електроенергетичне управління та розвиток інфраструктури. Результати дослідження підтверджують, що цифрові підстанції є перспективними рішеннями для оптимізації енергетичних процесів, забезпечення надійності та зниження витрат на обслуговування та ремонт.

Аналіз функцій цифрових підстанцій дозволяє зрозуміти їхню значущість у покращенні керування та моніторингу електричною мережею. Переваги, такі як ефективність, автоматизація та зменшення витрат електроенергії, підкреслюють важливість їх впровадження в сучасних умовах.

Завдяки постійному розвитку технологій та інновацій у цифровому секторі, очікується, що цифрові підстанції продовжать вдосконалюватися, стаючи ще більш гнучкими, ефективними та інтегрованими в електроенергетичну інфраструктуру.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://library.e.abb.com/public/b91f8059abd642529d7fb3ebb6085950/Digital-Substation-4CAE000291-UKR.pdf?x-sign=p6cXH15Z5o11SLfhcCOVf0Y1Sq6hWIRaew1Z/dau/6LKjrKMr++Mn5izHK2iNE3R>
2. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0\\_%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F)

**Копач Богдан Олександрович** - студент групи 2EE-206, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: [bogdankopac6@gmail.com](mailto:bogdankopac6@gmail.com)

**Мартиненко Ірина Василівна** - студентка групи ЕСМ-22мз, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Сікорська Олена Вікторівна** — кандидат технічних наук, старший викладач, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

**Bogdan Oleksandrovich Kopach** - student of group 2EE-20b, faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: [bogdankopac6@gmail.com](mailto:bogdankopac6@gmail.com)

**Martynenko Iryna Vasylivna** - student of group ESM-22mz, faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Sikorska Olena** - Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Vinnitsa National Technical University, docent of power plants and systems department; Vinnitsa, Ukraine