

АКТУАЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ В УКРАЇНСЬКІЙ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

Впровадження цифрових підстанцій в Україні є важливим кроком до модернізації енергетичних мереж, підвищення їх ефективності та надійності. З розвитком приватних джерел енергії та новим законодавством зростає потреба в інтеграції «розумних» технологій. Оператори системи розподілу відіграють ключову роль у реалізації цієї концепції, зокрема через пілотні проекти та вдосконалення телемеханізації.

Ключові слова: цифрова підстанція, електроенергетика, Smart Grid, розумні мережі.

Abstract

The implementation of digital substitutions in Ukraine is an important step towards modernizing energy networks, increasing their efficiency and reliability. With the development of private energy sources and new legislation, the need for the integration of "smart" technologies is growing. Distribution system operators play a key role in implementing this concept, in particular through pilot projects and improving telemechanization.

Keywords: digital substation, electric power industry, Smart Grid, smart networks.

Вступ

Цифрові підстанції є важливим етапом у розвитку сучасних енергетичних мереж, підвищуючи їх ефективність, надійність та гнучкість. Вони відіграють ключову роль у переході до розумних електричних мереж, що використовують інноваційні технології для поліпшення управління енергоспоживанням і його розподілом. Завдяки інтеграції інтелектуальних компонентів та програмних рішень, цифрові підстанції забезпечують вищий рівень автоматизації, точності та оперативності при реагуванні на зміни навантаження та несправності [1].

Метою роботи є проаналізувати актуальність впровадження цифрових підстанцій в Україні та визначити перспективи його розвитку для забезпечення стабільного енергопостачання в умовах змінної енергетичної ситуації.

Результати дослідження

Впровадження «розумних мереж» стало актуальним нещодавно, зокрема через війну, що прискорила трансформацію енергетичних систем. В Україні елементи «Smart Grid» почали впроваджувати ще з 2000-х років, зокрема через установку «розумних» лічильників, але темпи

заміни залишаються низькими. Актуальність теми зросла після ухвалення нового Закону «Про ринок електричної енергії» у 2017 році, а також через появу нових приватних джерел енергії (сонячних, вітрових та біогазових електростанцій), що приєднуються до мереж.

У межах концепції Smart Grid для досягнення максимального ефекту від її впровадження виділяють такі ключові функціональні можливості:

- **Автоматичне відновлення в аварійних ситуаціях.** Для забезпечення стабільного та якісного енергопостачання необхідно підтримувати високий рівень технічного стану всіх компонентів енергосистеми, приділяючи особливу увагу превентивним заходам аварійного відновлення [3].
- **Моделювання активної поведінки споживачів.** Технології Smart Grid дають кінцевим користувачам змогу регулювати обсяги споживання електроенергії залежно від її вартості та доступності у певний період. Це сприяє зменшенню пікових навантажень і скороченню експлуатаційних витрат енергетичних компаній [4; 5].
- **Стійкість до негативних впливів.** Ця характеристика передбачає використання методів для забезпечення стабільності та адаптивності енергосистеми, запобігання аваріям і швидкого їх усунення відповідно до вимог енергетичної безпеки. Інтелектуальні системи моніторингу обладнання, автоматичні вимикачі та адаптивні технології допомагають своєчасно виявляти й нейтралізувати загрози для енергомережі [6].
- **Розширення ринкових можливостей для споживачів.** Забезпечення доступу до ринків електроенергії для споживачів із власними джерелами генерації та розвиток розподіленої енергетики сприяють посиленню конкуренції та підвищенню ефективності роботи електроенергетичних компаній [4].
- **Оптимізація управління активами.** Використання даних з обладнання, датчиків та інформаційних баз дозволяє удосконалити роботу енергосистеми, підвищити ефективність обладнання та зменшити технологічні, організаційні та економічні витрати [4; 7].

Основний розвиток «розумних мереж» в Україні планується до 2035 року. Важливу роль у цьому відіграють оператори системи розподілу (ОСР), які мають створити майстер-плани для реалізації концепції. На сьогодні в державних ОСР досягнуто значного прогресу у телемеханізації підстанцій, а також в розробці автоматизованих систем моніторингу й управління електромережами.

Особливістю є «пілотний проект» у Миколаївській області, де відновлюють мережі з новими стандартами 20/0,4 кВ. Проект частково фінансується урядом Литви і є важливим кроком до модернізації енергетичної інфраструктури. Окрім того, важливим завданням є зниження індексу SAIDI (тривалість перерв в електропостачанні) до європейських стандартів, що є ключовим для покращення якості постачання електроенергії [2].

Команда відновлення та підтримки реформ при Міненерго вважає, що Smart Grid, мікромережі, розподілена генерація та системи зберігання енергії сприятимуть стійкості української енергосистеми. Це допоможе компенсувати зруйновані маневрові потужності та зменшити залежність критичної інфраструктури від зовнішнього електропостачання.

За словами експертів, країна має шанс стати лідером у практичному застосуванні мікромереж і розумних технологій для енергетичної безпеки. Наразі один із державних операторів системи розподілу (ОСР) спільно з міжнародними донорами реалізує пілотний проект зі створення концепції мікромереж. У разі позитивного рішення його можуть затвердити як Державний стандарт України.

Для ефективного розвитку цієї концепції рекомендується системним операторам впроваджувати зміни у два етапи. На першому етапі необхідно впровадити програмне забезпечення для моделювання та аналізу електромереж, що дозволить оптимізувати

планування розвитку та проектну діяльність, актуалізувати дані про фізичний стан мережі та створити її цифровий двійник (digital twin), що дасть змогу заощадити час і пришвидшити розробку проектної документації. На другому етапі слід запровадити систему керування мережею в реальному часі (Advanced Distribution Management System) для підвищення ефективності роботи диспетчерів та автоматизації процесів, а також поступово підвищувати рівень автоматизації до оптимального балансу між фінансовими можливостями та вимогами регулятора. Реалізація цих кроків сприятиме швидкому відновленню та модернізації енергетичної системи України, підвищенню її надійності та гнучкості [8].

У контексті модернізації енергетичної інфраструктури України важливу роль відіграють цифрові підстанції від провідних технологічних компаній, таких як Siemens і Hitachi Energy. Siemens пропонує рішення на базі Spectrum Power — цифрові підстанції, що інтегрують передові технології автоматизації та моніторингу. Вони дозволяють значно підвищити ефективність управління енергетичними мережами, забезпечуючи реальний час моніторингу, автоматичне виявлення та усунення неполадок, що мінімізує простої та покращує надійність постачання електроенергії. Завдяки цифровим підстанціям від Siemens, енергетичні компанії можуть швидко адаптувати свої мережі до змінних умов, оптимізувати ресурси та знижувати витрати на обслуговування [9].

Hitachi Energy, в свою чергу, пропонує інноваційні рішення для цифровізації енергетичних підстанцій, спрямовані на підвищення стійкості та безпеки енергосистем. Їхня технологія інтегрує новітні автоматизовані системи моніторингу та управління, що дозволяють забезпечити високий рівень надійності мереж, знижуючи ризики від аварій та збоїв. Рішення Hitachi Energy підтримують енергетичну трансформацію, сприяючи ефективному використанню відновлюваних джерел енергії та розподіленої генерації [10].

Впровадження таких технологій стане важливим етапом у процесі цифровізації енергосистеми України, що забезпечить зростання її стійкості та надійності, а також підтримку розвитку мікромереж та «розумних» технологій.

Висновки

Впровадження «розумних мереж» в Україні сприяє модернізації енергетичних систем, підвищуючи їх ефективність і надійність. Хоча досягнуто певного прогресу, розвиток цифрових підстанцій потребує значних зусиль, зокрема на рівні операторів системи розподілу. Пілотні проекти, як відновлення мереж у Миколаївській області, є важливим кроком до поліпшення якості енергопостачання та зменшення перерв у постачанні. Україна має шанс стати лідером у впровадженні цифрових підстанцій, а їх реалізація дозволить підвищити енергетичну безпеку та знизити перебої в електропостачанні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Development and Application of Digital Substations. China Power New Energy Group.
2. Голіздра О. Розбудова Smart Grid - шлях до підвищення стійкості енергосистеми України. *АТ Хмельницькобленерго*. URL: <https://hoe.com.ua/post/rozbudova-smart-grid-shljah-do-pidvischennja-stijkosti-energosissemi-ukrajini.html>.
3. Hassan, R. and Radman, Gh. (2010), "Survey on smart grid", Proceedings of the IEEE SoutheastCon 2010 (SoutheastCon), pp. 210-213.
4. Momoh, J. (2012), Smart grid: fundamentals of design and analysis. John Wiley & Sons, USA, 233 p.
5. Blumsack, S. and Fernandez, A. (2012), "Ready or not, here comesthe smart grid!", Energy, no. 37.1, pp. 61-68.

6. Metke, A. and Ekl, R. (2010), “Security technology for smart gridnetworks”, IEEE Transactions on Smart Grid, no. 1.1, pp. 99-107.
7. Kabalci, Y. (2016), “A survey on smart metering and smart gridcommunication”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, no. 57, pp. 302-318.
8. WHITE PAPER «Концепція Smart Grid та її поточний стан впровадження в Україні». *Expro Consulting*. URL: <https://expro.com.ua/statti/white-paper-koncepcya-smart-grid-ta--potochniy-stand-vprovadjennya-v-ukran>.
9. Цифрові підстанції майбутнього. *Siemens*. URL: <https://www.siemens.com/ua/uk/produkty/enerhetyka/topics/tsyfrovi-pidstantsiyi.html>.
10. Hitachi Energy in Ukrain. *Hitachi Energy*. URL: <https://www.hitachienergy.com/about-us/company-profile/country-and-regional-information/ukraine>.

Пасіхов Валерій Олександрович — студент групи ІЕСМ-216, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: pasihovvalera@gmail.com

Науковий керівник: **Сікорська Олена Вікторівна** — К.т.н., доцент кафедри ЕСС, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Valerii O. Pasikhov — Department of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pasihovvalera@gmail.com

Supervisor: **Olena V. Sikorska** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.