

ПРОЄКТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ: КЛЮЧ ДО МАЙБУТНЬОГО ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Дмитренко О.О., к.т.н., доцент, Ткачук А.А., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. У сучасному світі енергетична система стає дедалі складнішою та вимагає більшої гнучкості та надійності. Це зумовлено постійним зростанням попиту на електроенергію, інтеграцією відновлюваних джерел енергії та необхідністю забезпечення стабільної роботи мережі. Цифрові підстанції є важливим елементом у цій системі, що забезпечує ефективне управління та моніторинг електричних мереж. Традиційні підстанції використовують аналогові методи передачі даних, що обмежує їхню можливість адаптуватися до змінних умов та потребує великої кількості фізичних з'єднань. У порівнянні з ними, цифрові підстанції використовують новітні технології, такі як стандарти IEC 61850 та IEC 60870-5-104, що дозволяють інтегрувати різноманітні пристрої та забезпечувати безперебійну роботу підстанцій [1-4]. Поява як стандарту IEC 61850, так і відповідної апаратури, забезпечили можливість створення "Цифрової підстанції" - підстанції нового покоління, в якій організація усіх потоків інформації під час вирішення задач моніторингу, аналізу і управління здійснюється в цифровому вигляді, а мікропроцесорні пристрої релейного захисту стають необхідною її складовою. Основною перевагою цифрових підстанцій є можливість зменшення кількості необхідних фізичних з'єднань, що знижує ризик механічних пошкоджень та помилок при підключенні. Крім того, використання цифрових протоколів дозволяє швидко виявляти та усувати несправності, що підвищує надійність та безпеку електричних мереж.

Мета. Метою цієї статті є дослідження та аналіз технологій улаштування цифрових підстанцій, визначення їх переваг та викликів, а також оцінка перспектив впровадження в сучасні енергетичні системи. Особлива увага приділяється використанню стандартів IEC 61850 та IEC 60870-5-104 для забезпечення ефективною інтеграції та автоматизації підстанцій. Стаття спрямована на вивчення способів підвищення надійності, безпеки та ефективності електричних мереж через впровадження цифрових технологій, а також надання рекомендацій щодо практичного застосування цих технологій у різних умовах.

Матеріали і результати досліджень. *Переваги цифрових підстанцій.* Цифрова підстанція (ЦПС) – підстанція, обладнана комплексом цифрових пристроїв (терміналів) для вирішення завдань релейного захисту та автоматики (РЗА) і АСКТП – реєстрації аварійних подій (РАП), обліку та контролю якості електроенергії, телемеханіки [5]. Все обладнання комунікується між собою і центральним сервером об'єкта по каналах зв'язку на єдиних протоколах.

Проектування цифрових підстанцій є важливим кроком у розвитку сучасних енергетичних систем, оскільки вони забезпечують надійність, гнучкість та ефективність управління електричними мережами. Сучасні енергетичні системи стикаються з безліччю викликів, які потребують інноваційних рішень для забезпечення стабільної роботи та інтеграції відновлюваних джерел енергії. Використання технологій, таких як стандарти IEC 61850 та IEC 60870-5-104, дозволяє створювати ефективні та надійні цифрові підстанції, здатні моніторити та керувати електричними мережами в режимі реального часу.

Цифрові підстанції мають безліч переваг перед традиційними аналоговими системами. По-перше, вони підвищують надійність та безпеку за рахунок зменшення кількості фізичних з'єднань, що знижує ризик механічних пошкоджень та помилок підключення. По-друге, цифрові протоколи дозволяють швидко виявляти та усувати несправності, що значно підвищує загальну ефективність системи. Крім того, можливість моніторингу підстанцій у режимі реального часу дозволяє оперативно реагувати на аварійні ситуації та запобігати їхньому виникненню.

Однією з ключових технологій, що лежить в основі цифрових підстанцій, є стандарт IEC 61850 [1-5]. Він забезпечує інтеграцію різноманітних пристроїв через стандартизовані комунікаційні протоколи, створюючи єдину інформаційну платформу для управління та моніторингу підстанції. Це дозволяє автоматизувати процеси управління та забезпечувати гнучкість та масштабованість системи. Інші важливі стандарти, такі як IEC 60870-5-104 та IEC 60870-5-101, використовуються для телемеханіки та дистанційного управління, забезпечуючи надійний обмін даними між підстанціями та центральними диспетчерськими пунктами.

Процес проектування цифрової підстанції включає кілька ключових етапів, таких як вибір відповідного обладнання, інтеграція систем та забезпечення кібербезпеки. Вибір сенсорів, приводів, реле та іншого обладнання, що підтримує цифрові протоколи, є важливим етапом, оскільки це забезпечує надійну передачу даних та ефективну роботу підстанції. Інтеграція всіх компонентів у єдину систему створює єдину інформаційну платформу, яка дозволяє здійснювати моніторинг та управління в реальному часі. Не менш важливим є забезпечення кібербезпеки, оскільки цифрові підстанції можуть стати мішенню для кібератак. Впровадження систем захисту та регулярне оновлення програмного забезпечення допомагають підтримувати високий рівень безпеки.

Однак, попри численні переваги, цифрові підстанції також стикаються з певними викликами. Одним з основних викликів є складність інтеграції різних пристроїв та протоколів. Це потребує узгодженої роботи всіх елементів системи та високої кваліфікації інженерів та технічного персоналу. Ще одним викликом є висока вартість впровадження цифрових технологій. Проте ці витрати швидко

окупаються завдяки зниженню витрат на обслуговування та підвищенню ефективності.

Давайте тепер розглянемо, недоліки цифрових підстанцій:

1) Складність інтеграції. Один із основних недоліків полягає у складності інтеграції різних пристроїв і систем. Застосування новітніх технологій вимагає узгодженої роботи всіх компонентів, що може бути викликом, особливо при модернізації старих підстанцій. Це потребує високої кваліфікації інженерів та технічного персоналу, які можуть працювати з новими стандартами та протоколами.

2) Вартість впровадження. Вартість впровадження цифрових підстанцій є значно вищою порівняно з традиційними аналоговими системами. Початкові витрати на закупівлю обладнання, його монтаж і налаштування можуть бути високими, що може стати перешкодою для деяких компаній та організацій. Хоча ці витрати з часом окупуються завдяки зниженню витрат на обслуговування та підвищенню ефективності, початкові інвестиції все ж можуть бути значними.

3) Кібербезпека. Цифрові підстанції відкривають нові можливості для зловмисників. Захист від кібератак стає надзвичайно важливим аспектом. Необхідно впроваджувати комплексні системи кібербезпеки, постійно оновлювати програмне забезпечення та проводити регулярні перевірки на вразливість. Недостатня увага до кібербезпеки може призвести до серйозних наслідків, включаючи втрату контролю над підстанціями та порушення роботи електричних мереж.

4) Залежність від програмного забезпечення. Цифрові підстанції сильно залежать від програмного забезпечення для управління та моніторингу. Помилки в програмному забезпеченні можуть призвести до збоїв у роботі підстанцій. Це вимагає ретельного тестування та забезпечення високої якості програмного забезпечення, а також наявності резервних систем на випадок збоїв.

5) Висока кваліфікація персоналу. Впровадження та обслуговування цифрових підстанцій вимагає високої кваліфікації та спеціалізованих знань. Навчання персоналу та підтримання їхньої кваліфікації можуть бути дорогі та тривалими процесами. Це може стати ще однією перешкодою для швидкого впровадження цифрових підстанцій.

Таким чином, хоч цифрові підстанції й мають багато переваг, важливо враховувати й недоліки, які можуть виникнути при їхньому впровадженні та експлуатації. Робота над мінімізацією цих недоліків та підвищенням надійності цифрових технологій є ключовим завданням для майбутнього розвитку енергетичних систем.

Висновок. Цифрові підстанції стають важливим елементом сучасних енергетичних систем, забезпечуючи підвищену надійність, ефективність та гнучкість у управлінні електричними мережами. Використання передових технологій, таких як стандарти IEC 61850 та IEC 60870-5-104, дозволяє

інтегрувати різні пристрої, що сприяє створенню єдиної інформаційної платформи для моніторингу та управління підстанцією в режимі реального часу. Завдяки автоматизації процесів, цифрові підстанції знижують ризик механічних пошкоджень, швидко виявляють та усувають несправності, забезпечуючи безперебійну роботу системи.

Незважаючи на численні переваги, цифрові підстанції також стикаються з певними викликами. Складність інтеграції різних пристроїв і систем потребує високої кваліфікації технічного персоналу, що може стати перешкодою для швидкого впровадження. Початкові витрати на закупівлю та налаштування обладнання можуть бути високими, але вони окупаються завдяки зниженню витрат на обслуговування та підвищенню ефективності. Кібербезпека є ще одним важливим аспектом, що потребує впровадження комплексних заходів захисту.

Попри ці виклики, цифрові підстанції відіграють ключову роль у розвитку сучасних енергетичних систем, забезпечуючи надійність та стабільність електричних мереж. Їх впровадження дозволяє ефективніше використовувати ресурси, оптимізувати енергоспоживання та забезпечити більш екологічно чисту енергію. У майбутньому цифрові підстанції стануть невід'ємною частиною енергетичних систем, сприяючи їхньому подальшому розвитку та модернізації.

Перелік посилань

1. <https://www.siemens.com/us/en/entry.html> – The Ultimate Guide to Designing a Digital Substation
2. <https://learningnetwork.cisco.com/s/article/substation-automation-design-guide-the-new-digital-substation-v-3-1> – Substation Automation – The New Digital Substation – Cisco
3. <https://new.abb.com/medium-voltage/digital-substations/ds-range-a-z> – DS Range A-Z – Protection and control products for power distribution – ABB
4. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронне видання]: навч. посіб. / О.С. Яндульський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндульського. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 102 с.
5. Цифрова підстанція. Переваги та особливості / М.Ф. Сопель, С.П. Денисюк, О.В. Сподинський // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ, 2011. – Вип 30. – С. 14-17.