

# АНАЛІЗ АРХІТЕКТУРИ СТРУКТУР СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ

Галдецький П.О., студент, Халімовський О.М., к.т.н., доцент  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра теоретичної електротехніки

**Вступ.** Бізнес-цілями компаній у сфері енергетики є досягнення низьких експлуатаційних витрат, висока продуктивність активів і мінімізація витрат під час передачі та розподілу електроенергії. Саме тому одним з напрямків розвитку сучасних систем автоматизації в енергетиці (розподільних мереж) є тренд розвитку технологій інтелектуального моніторингу. Як відомо, використання інтелектуальних рішень в системах автоматизації розподільних мереж дозволяє оптимізувати режими їх роботи. Таким чином дослідження ефективності використання технологій інтелектуального моніторингу в інтегрованих системах автоматизації розподільних мереж є актуальними.

**Мета роботи.** На основі аналізу характеристик архітектури типових структур систем автоматизації розподільних мереж з урахуванням особливостей їх топології оцінити ефективність використання технологій інтелектуального моніторингу несправностей обладнання підстанцій.

**Матеріали і результати досліджень.** Особливості структури інтегрованої системи автоматизації розподільних мереж залежить від топології мережі і вимог щодо режимів її роботи. Для моніторингу стану мереж і електротехнічного обладнання можуть використовуватись різні технології. За оцінками експертів найбільш перспективними серед них є технології інтелектуального моніторингу. Одним з напрямків розвитку інтелектуальних алгоритмів є алгоритм побудови штучного інтелекту (ШІ), що реалізує функцію здатності до навчання. Процес навчання відбувається з урахуванням накопиченого досвіду. Розумний аналіз даних, нейронні мережі, і об'єднання інформації - це типові приклади штучного інтелекту. Застосування технології ШІ в системах автоматизації дозволяє вирішувати складні завдання багатofакторного аналізу. Здатність до навчання "оптимізує" процес прийняття актуального рішення за станом поточної інформації.

У контексті виявлення несправностей обладнання одна технологія моніторингу може бути недостатньою, проте одночасне використання різних класів технологій оцінки інформації може покращувати здатність до діагностики несправностей.

Типовими режимами моніторингу в розподільних мережах є:

- режим централізованого моніторингу;
- режим віддаленого моніторингу;
- режим моніторингу польової шини.

Характеристиками режиму централізованого моніторингу є зручність експлуатації, простота обслуговування обладнання, низький рівень захисту та простота встановлення системи. Однак цей метод, в основному, передає різні

функції системи процесору для централізованої обробки, що призводить до великого навантаження на процесор і знижує швидкість і ефективність обробки. Оскільки все електричне обладнання включено в систему моніторингу, значне збільшення засобів моніторингу призведе до поступового скорочення резервних серверів. Збільшення кількості кабелів підвищує ризик пожежі через їх взаємодію. У той же час, коли замок запуску ізоляційного ключа і вимикач підключені до жорсткого проводу, контакти допоміжного тримача ключа часто зміщуються, що спричиняє помилки в роботі обладнання. Перевірка цілісності кабелів зв'язку від давачів системи моніторингу до CPU збільшує навантаження на обслуговування. Також, підвищується вирогідність помилки при визначенні кабелю лінії перевірки [1]. Архітектура мережі в режимі централізованого моніторингу представлена на рисунку 1.

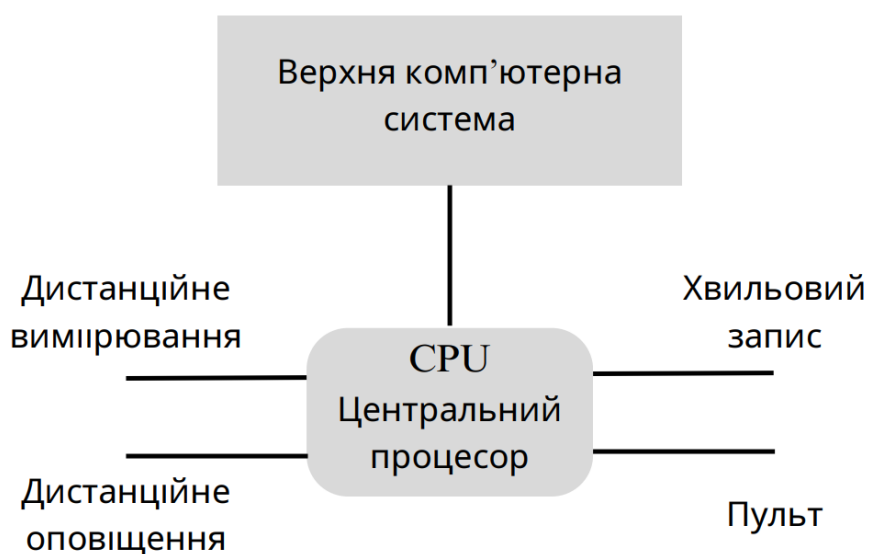


Рисунок 1 – Архітектура мережі в режимі централізованого моніторингу

При використанні режиму віддаленого моніторингу можна заощадити кількість кабелів, витрати на установку та простір контролю. Властивості системи дозволяють забезпечити її гнучку конфігурацію та підвищити рівень безпеки. Оскільки швидкість зв'язку різних польових шин не дуже висока, а кількість підключень електричної частини електростанції відносно велика, останніми роками цей метод моніторингу широко використовується в системі виробництва електроенергії невеликих блоків, але він не підходить для системи автоматизації всієї електричної станції.

Архітектура мережі в режимі віддаленого моніторингу представлена на рис. 2.

В даний час технологія штучного інтелекту широко використовується в інтегрованій системі автоматизації підстанцій і має багатий бізнес-досвід. Тренд “розумне електрообладнання” також швидко розвивається.

Режим моніторингу польової шини є складовою частиною системи управління мережею [2].

Архітектура мережі, що використовує режим польової шини представлена на рис. 3. Ця схема робить проектування системи більш актуальним, встановлюючи простори управління для різних функцій у різних секціях.

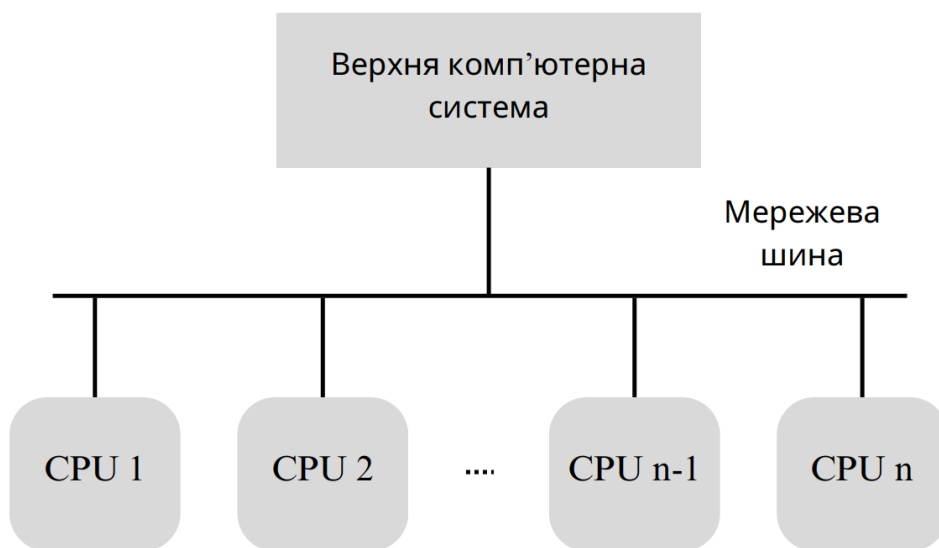


Рисунок 2 – Архітектура мережі в режимі віддаленого моніторингу

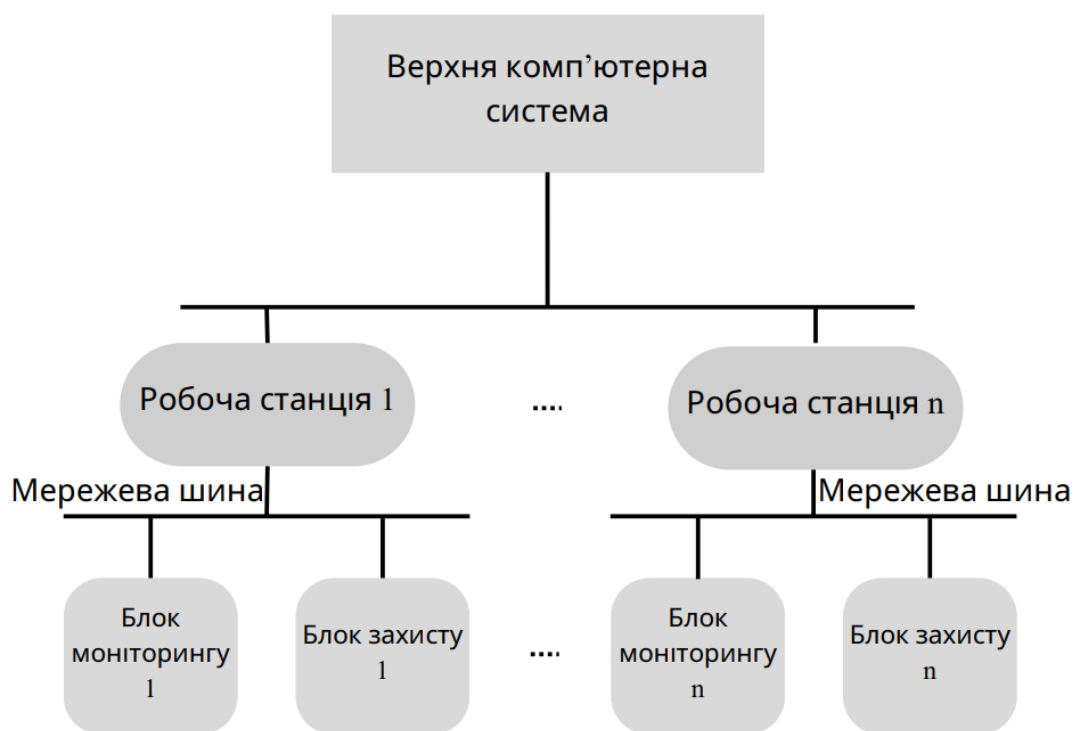


Рисунок 3 – Архітектура мережі режиму моніторингу польової шини

Використання моніторингу на місці також може зменшити кількість терміналів, плат вводу/виводу, аналогових карт тощо, а також встановити інтелектуальне обладнання для зв'язку з системою моніторингу. У зв'язку з цим виникає можливість заощадити витрати на установку та обслуговування, що призводить до зменшення загальних витрат. Крім того, функції кожного блоку

моніторингу є незалежними, а його частини підключаються через гнучку конфігурацію Ethernet [3], що значно підвищує надійність усієї системи. Будь-який збій обладнання вплине лише на пов'язані компоненти. Тому методи моніторингу окремих блоків на погляд авторів є напрямком розвитку майбутніх систем автоматизованого моніторингу електростанцій. На рис. 4, представлена архітектура автоматизованої системи моніторингу на основі технології ШІ. Пристрій інтерфейсу DCS (пристрій розподільної системи управління), консоль оператора і мережевий міст підключені до порту проводки через Ethernet. Коли обладнання надсилає сигнал про несправність, система повідомляє про джерело несправності.

Застосування системи автоматизації, що використовує технологію інтелектуального моніторингу дозволяє контролювати в режимі реального часу

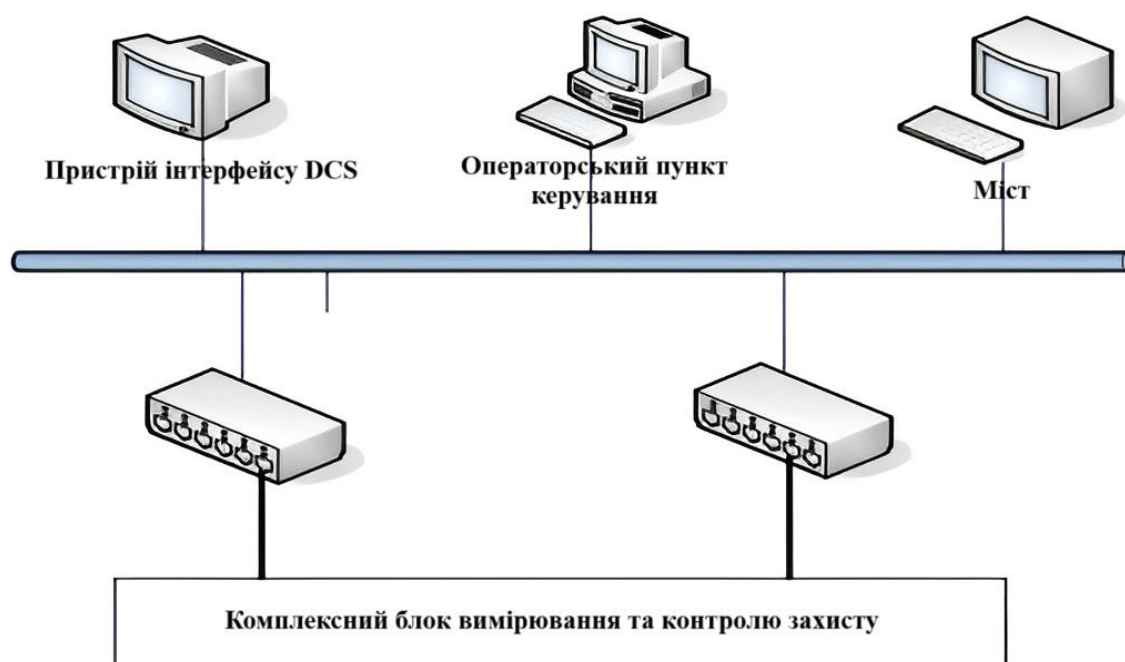


Рисунок 4 – Архітектура системи автоматизованого моніторингу на основі технології штучного інтелекту

умови роботи електророзподільного обладнання, оперативно усувати дефекти обладнання, інтегрувати управління дефектами електророзподільного обладнання та архівів, знижувати ймовірність виходу з ладу. У порівнянні з традиційним комутаційним режимом розподілу електроенергії, застосування такої системи автоматизації може реалізувати дистанційне керування обладнанням, підвищити рівень безпеки, забезпечити уніфіковані дані креслення мережі для кожного виробничого відділу електромережевого підприємства. Зменшення втрат в лінії можливе при запровадженні функцій: відстеження робочих даних розподільчої мережі; контролю навантаження мережі в різних її частинах; проведення інтелектуального аналізу аномальних навантажень.

В той же час використання ШІ дозволяє виконати мережеву реконструкцію розподільної мережі для досягнення оптимального режиму

роботи мережі шляхом розрахунку та аналізу потоку потужності та рівня компенсації реактивної потужності системи. Для підвищення ефективності роботи та заощадження експлуатаційних витрат розташування реактивного енергетичного обладнання, виконання операцій перемикавання, вмикання та вимикання здійснюються таким чином, щоб забезпечити оптимальне дистанційне керування блоками моніторингу розподілу електроенергії.

Функція самовідновлення системної несправності скорочує час відключення електроенергії в лінії. Це дає можливість компаніям відповідного профілю збільшити обсяги продаж електроенергії.

Використання технології ШІ дозволяє виконувати швидкий статистичний аналіз даних про роботу розподільної мережі, реалізувати інтегроване обслуговування кількох схем лінійних креслень розподільної мережі, а також надає менеджерам точні звіти про операції для підвищення ефективності аналізу операцій. Крім того забезпечення узгодженості топології лінії та режимів перемикавання, відповідно до індивідуальних вимог програми, підвищує ефективність обслуговування креслення.

Функція інтелектуального аналізу системи автоматизації забезпечує швидкий розрахунок потоку електроенергії та обирає інструменти теоретичного аналізу. В свою чергу функція інтелектуального прогнозування системи надає інструменти швидкого прогнозування навантаження. Ці дві функції забезпечують теоретичну основу для планування розподільної мережі.

Інтелектуальний аналіз комплексного моніторингу якості напруги, оцінка статистики рівня кваліфікації розподільчої мережі шляхом впровадження статистичного аналізу надійності електропостачання кожного користувача дозволяє за рахунок автоматичного регулювання напруги та реактивної потужності поліпшити якість електропостачання.

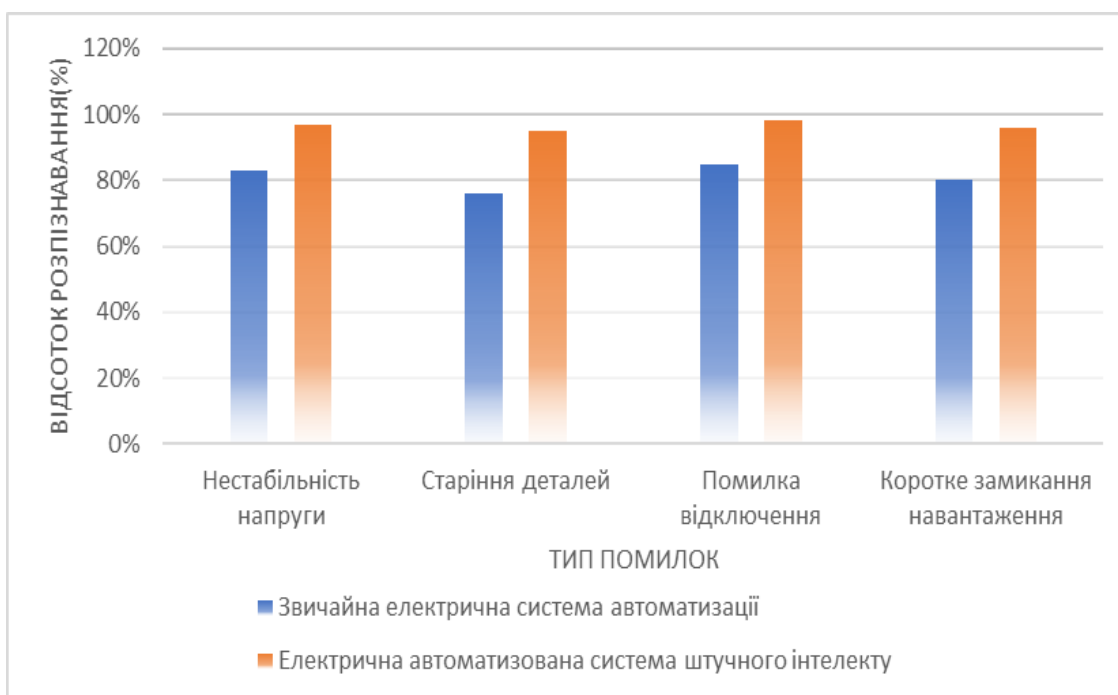


Рисунок 5 – Порівняння рівнів розпізнавання несправностей з використанням різних технологій моніторингу

Впровадження інтелектуального аналізу стану розподільної мережі надає точні дані про роботу мережі для планувальників мережі та ринкових дилерів, а також забезпечує основу даних для прискорення розширення бізнесу та їх застосування на вимогу користувачів.

Застосування системи автоматизації з використанням технології ШІ може дозволити виявляти несправності, які виникають під час роботи підстанції [4]. Результати порівняння рівнів розпізнавання несправностей звичайною системою моніторингу та вдосконаленими системами автоматизації з використанням технології ШІ представлені на рисунку 5.

Порівняльний аналіз показує, що для підвищення рівня безпеки під час роботи підстанції застосування технології ШІ є більш ефективним для виявлення несправностей порівняно зі звичайними системи моніторингу.

**Висновки.** Встановлено, що вибір певної структури та конфігурації зв'язків між окремими блоками системи автоматизації залежить від топології електричної мережі. Зроблено висновок про те, що застосування інтелектуальних технологій моніторингу підвищує ефективність роботи електромережевих підприємств та поліпшує якість електропостачання. Показано, що рівень безпеки експлуатації підстанції при застосуванні моніторингу за технологією ШІ є вищим ніж при моніторингу за звичайними технологіями. Аналізуючи властивості технологій інтелектуального моніторингу можна рекомендувати їх застосування в системах автоматизації електричних мереж.

#### Перелік посилань

1. Changjun Z. Application of Virtual Reality and Artificial Intelligence Technology in Fitness Clubs. *Publishing Open Access research journals & papers / Hindawi*. URL: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2021/2446413/> (date of access: 15.10.2023).
2. Shu-chun Chen. Research on Electrical Automation Monitoring System Model of Power Plant Based on CAN Bus. *Journal of Electrical and Computer Engineering*. 2022. P. 1–11.
3. Suihai C. Application and Thinking of Artificial Intelligence in Electrical Automation. *Wireless Communications Mobile Computing*. 2023. P. 1–6.
4. VOLUME XX, 2017 1 Date of publication xxxx 00, 0000, date of current version xxxx 00, 0000. Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2017.Doi Number Artificial Intelligence based Intrusion Detection System for IEC 61850 Sampled Values Under Symmetric and Asymmetric Faults / Taha Selim Ustun et al. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 56486–56495. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9395448>.