

## КОНЦЕПЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ ЯК ОКРЕМОГО КОМПОНЕНТА "РОЗУМНИХ" МЕРЕЖ

Савченко О. А., Дудніков С. М., Дюбко С. В., Замніус В. Ю.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Запропоновано поняття автоматизованої системи керування технологічними процесами лінії електропередавання, сформульовано загальні вимоги до її побудови.*

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день основною тенденцією розвитку електроенергетики у світі є широке впровадження технологій "розумних" мереж (Smart Grid) [1]. Саморегулювання та самовідновлення є ключовими характеристиками Smart Grid, за рахунок яких забезпечується висока надійність постачання споживачів якісною електроенергією. Основною реалізацією даних властивостей є впровадження систем моніторингу процесів, які відбуваються в електричній мережі, а також виконавчих пристроїв, що забезпечують "адаптацію" мережі до існуючих умов, зумовлених зовнішніми та внутрішніми факторами. Системи моніторингу, разом з виконавчими пристроями, що встановлюються на лініях електропередавання (ЛЕП), є нижньою ланкою автоматизованої системи, яка забезпечує спостереження за різноманітними процесами, пов'язаними з лінією, передавання частини даних до диспетчерського пункту, а також видачу керуючих впливів, у тому числі в автоматичному режимі. Як відомо, подібні комплексні автоматизовані системи, які реалізуються на підстанціях, отримали назву "автоматизована система керування технологічними процесами підстанції" (АСКТП ПС).

Широке впровадження на лініях електропередавання технологій on-line моніторингу, виконавчих пристроїв потребує їх об'єднання в один комплекс програмно-технічних засобів інтегрованої системи автоматизації лінії електропередавання, що дозволить отримати нові функціональні можливості. Це дає підстави говорити про систему автоматизації лінії електропередавання як окремий компонент автоматизації електроенергетичної системи. Для означення систем автоматизації, які можуть реалізовуватись на окремих лініях електропередавання, в даній роботі використано термін "автоматизована система керування технологічними процесами лінії електропередавання" (АСКТП ЛЕП). У якості аналогії АСКТП ЛЕП можна навести приклад систем автоматизації таких видовжених інженерних об'єктів як газо- та нафтопроводи.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Останнім часом системи моніторингу процесів, що пов'язані з лініями електропередавання (ЛЕП), отримали широке розповсюдження [2, 3]. Подібні системи найчастіше називають автоматизованими системами моніторингу (АСМ) в режимі реального часу. Під АСМ в першу чергу розуміють системи для визначення допустимої пропускну здатності повітряних ЛЕП на основі контролю температури проводів та величини струму в них. В даній роботі під терміном АСМ розуміється система, здатна забезпечувати моніторинг в режимі реального часу комплексу параме-

трів різного характеру, пов'язаних з лінією, причому перелік функціональних можливостей системи залежить від конкретних умов експлуатації лінії.

До виконавчих пристроїв, які останнім часом почали активно використовуватись на лініях електропередавання, відносяться автоматичні комутаційні апарати, наприклад реклоузери, FACTS різних типів – встановлювані на опорах повітряних ЛЕП регулятори напруги [4], реактивної потужності [5], пристрої, які реалізують технології "розумних" проводів (Smart Wires) [6] і т.д. В перспективі можна очікувати збільшення масштабів застосування подібних пристроїв на ЛЕП.

**Мета статті.** Метою дослідження є формулювання загальних вимог до побудови АСКТП ЛЕП як окремого компонента "розумних" мереж.

**Основні матеріали дослідження.** На рис. 1 показана SCADA-система керування процесом передавання (або розподілення) електричної енергії, в складі якої виділено АСКТП ЛЕП.

Об'єктами моніторингу та керування АСКТП ЛЕП є елементи лінії та обладнання, що на ній встановлене.

Перший рівень SCADA, – локальний рівень, утворений підрівнями, які відповідають рівням АСКТП окремих об'єктів електричної мережі – ЛЕП, підстанцій та інших об'єктів (наприклад, розподільних пунктів). На рис. 1 назви рівнів АСКТП окремих об'єктів електричної мережі та шин обміну даними відповідають термінології, яка прийнята в стандарті ІЕС-61850.

На рівні процесу встановлено давачі АСМ, які можуть розміщуватись в окремих точках моніторингу та керування (ТМК) на лінії – *ТМК1...ТМКi* або виконуватись на основі технологій розподіленого моніторингу, а також виконавчі пристрої.

Давачі АСМ поділяються на дві групи:

1. Давачі стану навколишнього середовища, частина яких забезпечує моніторинг зовнішніх факторів з метою прогнозування розвитку ситуації та прийняття необхідних заходів для запобігання відмов лінії (погодні фактори – ожеледь, вітер і т. п., критичне наближення рослинності, будівельних конструкцій і т. д.), а інша частина забезпечує контроль важливих характеристик середовища, на які впливає сама лінія (електромагнітна обстановка поблизу лінії, рівень акустичних шумів та радіоперешкод, створюваних коронним розрядом, і т. д.).

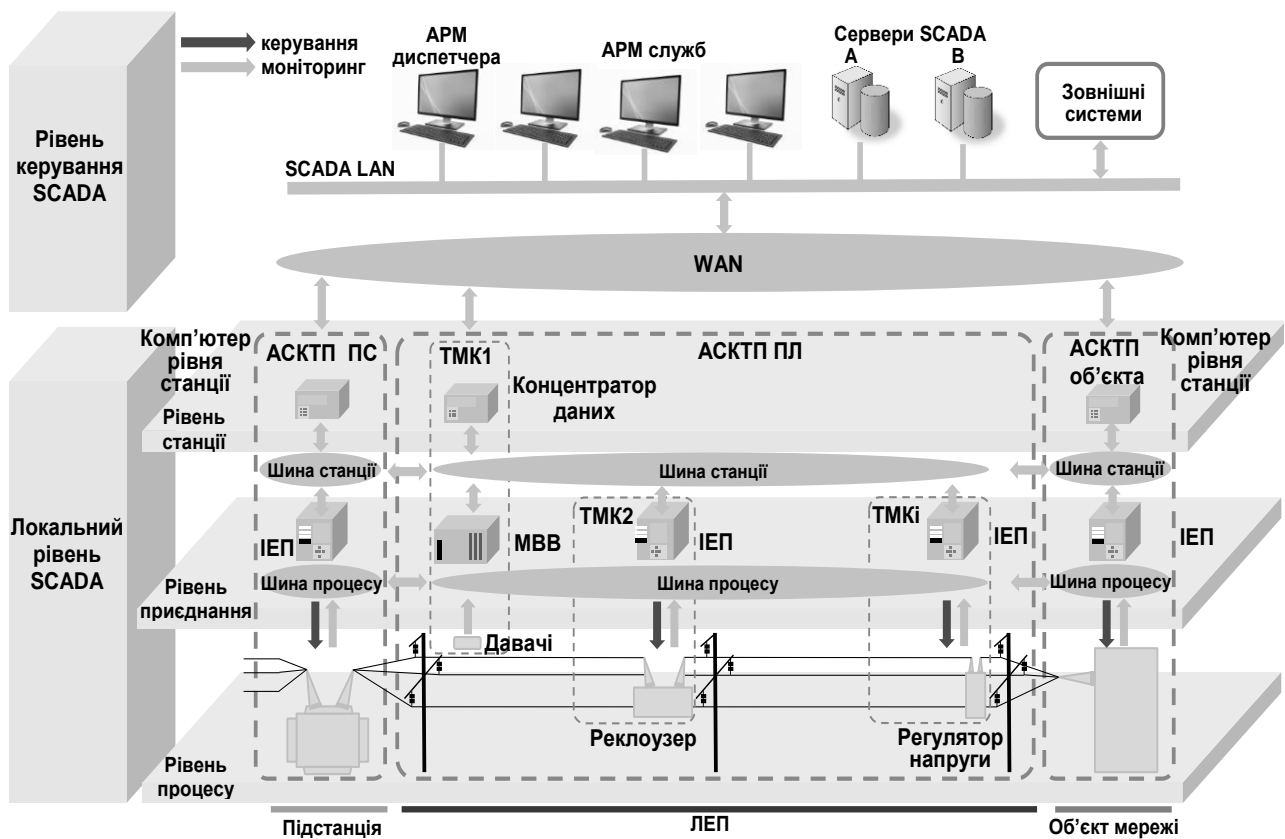


Рисунок 1 – АСКТП ЛЕП в складі SCADA-системи електричної мережі

2. Давачі стану елементів ЛЕП. В загальному випадку давачі даної групи в перспективі будуть забезпечувати моніторинг електричних, теплових, механічних та інших процесів в елементах лінії, які впливають на її ключові характеристики.

Виконавчі пристрої рівня процесу АСКТП ЛЕП забезпечують "адаптацію" лінії до зміни умов. Зокрема до виконавчих пристроїв повітряних ЛЕП можна віднести комутаційні апарати, які забезпечують переведення лінії в режим профілактичного нагрівання проводів у випадку прогнозу виникнення ожеледі.

На рівні приєднання АСКТП ЛЕП розміщуються мікропроцесорні пристрої – програмовані логічні контролери (ПЛК), модулі вводу/виводу (МВВ) та інші інтелектуальні електронні пристрої (ІЕП), які забезпечують збір даних від давачів АСМ та видачу сигналів керування виконавчим пристроям в окремих точках моніторингу та керування *ТМК1...ТМКі*. З точки зору архітектури інформаційного середовища, в АСКТП ЛЕП поняття "точка моніторингу та керування" аналогічне поняттю "приєднання" в АСКТП підстанцій.

Обладнання, що встановлене на рівні процесу та рівні приєднання, зв'язане спільним інформаційним середовищем – шиною процесу. Через шину процесу ІЕП рівня приєднання отримують інформацію про положення контактів комутаційних апаратів, що встановлені на лінії (реклоузери, роз'єднувачі), параметри процесів в різних точках лінії. Наприклад специфічною функцією для розподільних ліній електропередавання, виконання якої

можливе на основі обміну даними через шину процесу, може бути регулювання напруги за допомогою лінійних регуляторів [4] з урахуванням даних про величину напруги в різних точках лінії.

На рівні станції АСКТП ЛЕП можливе використання концентраторів даних, які забезпечують збір інформації з декількох точок моніторингу та керування, її проміжне архівування та передавання на більш високі рівні ієрархії. Окрім цього, концентратори дозволяють передавати дані в зворотному напрямку. Характерною рисою АСКТП ЛЕП є відсутність класичного рівня станції, який може використовуватись в АСКТП підстанцій і являє собою сукупність автоматизованих робочих місць (АРМ), серверів збору даних, що встановлені на персональних комп'ютерах. Варто зауважити, що подібна ситуація спостерігається для АСКТП підстанцій, на яких відсутній постійний обслуговуючий персонал.

ІЕП рівня приєднання, а також концентратори даних, які можуть використовуватись на рівні станції, об'єднані за допомогою інформаційної шини станції. Через шину станції здійснюється обмін даними між ІЕП, що дозволяє впровадити на лініях електропередавання нові функції керування, наприклад реалізувати нові алгоритми релейного захисту та автоматики.

Безпосередній обмін даними між АСКТП ЛЕП та системами автоматизації інших об'єктів електроенергетичної системи може відбуватись як через шину процесу, так і через шину станції.

Дані моніторингу ЛЕП, як і дані, які характеризують стан інших об'єктів електричної мережі, за допомогою засобів комунікації надходять на другий рівень SCADA-системи – рівень керування. Останній являє собою дис-

петчерський пункт, в якому встановлено сервер (або сервери) збирання даних, АРМ диспетчера та, за необхідності, АРМ спеціалістів різних служб. Окрім цього, на даному рівні формуються сигнали керування виконавчими пристроями, що встановлені на ЛЕП, наприклад сигнали дистанційного керування комутаційними апаратами. На рівні керування організовано обмін даними зі зовнішніми автоматизованими системами.

На основі аналізу сучасних систем автоматизації, які використовуються в електроенергетиці, сформульовано основні вимоги до АСКТП ЛЕП, до яких відносяться:

1. Модульний принцип будови.
2. Відкритість та можливість розширення системи на основі загальноприйнятих світових стандартів, які стосуються технічних та програмних засобів, моделей інформаційного обміну.
3. Можливість узгодженої взаємодії з іншими автоматизованими системами – АСКТП підстанцій та інших об'єктів електричної мережі, інтегрованими SCADA-системами.
4. Оптимізований рівень децентралізації системи, за якого забезпечується відносна функціональна незалежність її елементів з одночасною комерційною доступністю.

Поділ АСКТП ЛЕП на функціональні модулі повинен проводитись з позицій користувачів системи – спеціалістів різних служб (оперативно-диспетчерський, ремонтний персонал, спеціалісти зі збуту електроенергії і т.д.). АСКТП ЛЕП можна поділити на такі функціональні модулі:

1. Модуль оперативно-диспетчерського керування передачею (розподіленням) електроенергії по ЛЕП.
2. Модуль технічного обслуговування ЛЕП та обладнання, що на ній встановлене.
3. Модуль збуту електроенергії.
4. Модуль стратегічного управління передачею (розподіленням) електроенергії по ЛЕП.
5. Модуль інформаційної безпеки та взаємодії.

На рівні користувачів функціональні модулі та підмодулі як правило повинні реалізовуватись у вигляді елементів спеціалізованого програмного забезпечення автоматизованих систем керування (оперативного та стратегічного) передачею (розподіленням) електроенергії, розміщених на АРМ різних служб. Оскільки ЛЕП – це об'єкти, що мають видовжений характер, то програмне забезпечення як правило повинно базуватись на GIS-технологіях.

**Висновки.** Перспективи зростання масштабів використання засобів автоматизації на лініях електропередавання зумовлюють необхідність об'єднання окремих елементів автоматизації, пов'язаних з певною лінією, в один комплекс програмно-технічних засобів інтегрованої системи автоматизації лінії електропередавання – АСКТП ЛЕП. Це дозволяє розглядати таку систему як окремий елемент автоматизації електроенергетичної системи, який одночасно є компонентом Smart Grid майбутнього. Впровадження АСКТП ЛЕП дозволить зробити значний крок у вдосконаленні прин-

ципів релейного захисту, противарійної автоматики, алгоритмів роботи регульованих виконавчих пристроїв, що використовуються на лініях електропередавання.

## Список використаних джерел

1. Smart Power Grids – Talking about a Revolution. [Electronic resource] / Access mode: [https://www.ieee.org/about/technologies/emerging/emerging\\_tech\\_smart\\_grids.pdf](https://www.ieee.org/about/technologies/emerging/emerging_tech_smart_grids.pdf)
2. Савченко О. А. Перспективні шляхи вдосконалення автоматизованих систем контролю утворення ожеледі на ПЛ / О. А. Савченко, С. В. Дюбко // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2016. – вип. 175. – С.20-22.
3. Peabody A. Evolution of Real-time Monitoring and its Future Benefits / A. Peabody // Proc. 13th Int. Workshop on Atmospheric Icing on Structures, 2009. – pp. 156–161.
4. Single-Phase Step Voltage Regulators. [Electronic resource] / Access mode: <http://www.howardnd.com/HowardTransformers/VoltageRegulatorsDetail.asp>
5. Pole Mounted High Voltage Reactive Power Compensation Device. [Electronic resource] / Access mode: [http://www.hycapacitor.cn/en/show\\_cp.asp?id=48](http://www.hycapacitor.cn/en/show_cp.asp?id=48)
6. Kreikebaum F. Smart Wires – a distributed, low-cost solution for controlling power flows and monitoring transmission lines / F. Kreikebaum, D. Das, Y. Yang, F. Lambert, D. Divan // 2010 IEEE PES Innovative Smart Grid Technol. Conf. Europe (ISGT Europe). – Gothenburg, 2010. – pp. 1-8.

## Аннотация

### КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ КАК ОТДЕЛЬНОГО КОМПОНЕНТА "УМНЫХ" СЕТЕЙ

Савченко А. А., Дудников С. Н.,  
Дюбко С. В., Замниус В. Ю.

*Предложено понятие автоматизированной системы управления технологическими процессами линии электропередачи, сформулированы общие требования к ее построению.*

## Abstract

### THE CONCEPT OF LINE AUTOMATION SYSTEM AS A SEPARATE COMPONENT OF "SMART" NETWORKS

O. Savchenko, S. Dudnikov, S. Diubko, V. Zamnyus

*The concept of line automation system is proposed, general requirements for its construction are formulated.*