

## СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ В ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ

Буряк А.Р., студентка, Паненко О.М., асистент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

**Вступ.** Транспортування електроенергії від електростанції до споживачів є однією з найважливіших завдань енергетики. Електроенергія постачається переважно по повітряних лініях електропередавання (ЛЕП). Ефективність і надійність передачі енергії визначається станом мереж електропостачання. Моніторинг повітряних ЛЕП з використанням Автоматизованих систем діагностичного моніторингу (АСДМ) дозволяє вирішити багато проблем в цій галузі.

Отримана від АСДМ в режимі реального часу інформація про технічний стан устаткування дозволяє персоналу приймати попереджувальні заходи для підтримки надійності електропостачання на необхідному рівні.

Використання АСДМ повітряних електромереж стає особливо актуальним в Україні, оскільки, по-перше, істотно зросла вартість збитку при великих аваріях, а по-друге - у зв'язку зі зменшенням надійності енергосистем внаслідок сильного зносу як використовуваного обладнання, так і ліній.

**Мета роботи.** Визначення можливостей та особливостей сучасних систем діагностичного моніторингу, що використовуються для визначення стану елементів ЛЕП.

**Матеріали досліджень.** Будь яка АСДМ ЛЕП складається з мережі вимірювальних блоків, пов'язаних через канал зв'язку з обладнанням на диспетчерському пункті. Вимірювальні блоки розподілені уздовж траси ЛЕП та монтуються на опорах або безпосередньо на високовольтних проводах.

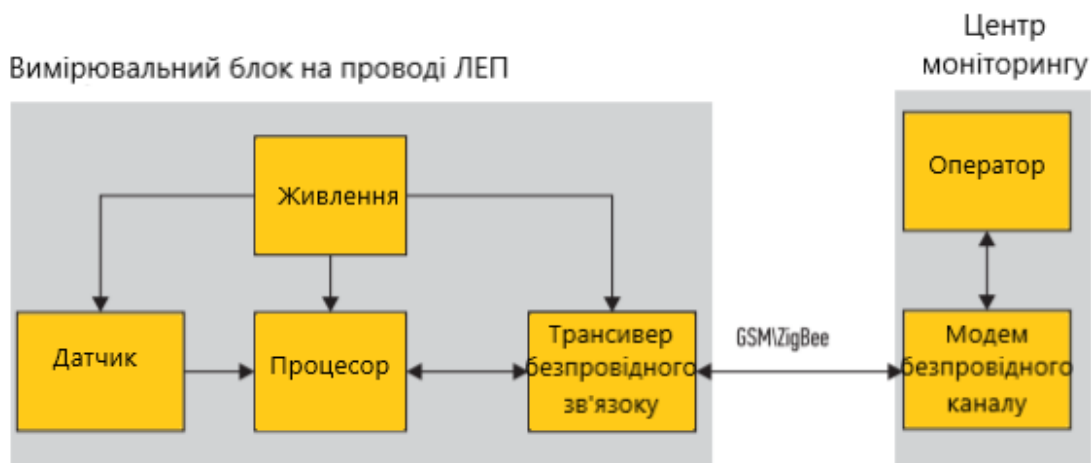


Рисунок 1 – Структура системи моніторингу пропускної здатності проводів ЛЕП

Диспетчерські пункти розташовані в вузлових точках мереж перерозподілу енергії. В даний час в них, як правило, використовуються системи SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерське

управління і збір даних) [1], що забезпечують обробку і інтерпретацію отриманих від вимірювальних блоків даних. Сформована при цьому база даних про стан обладнання є важливим елементом АСДМ. Завдяки системам моніторингу оператори можуть дистанційно контролювати стан ЛЕП, знаючи які процеси відбуваються уздовж траси (локальний нагрів, критичне розгойдування проводів, критичне провисання, обмерзання). При цьому важливо враховувати основні причини що можуть викликати критичні пошкодження ЛЕП.

#### **Можливі причини пошкоджень ЛЕП.**

- **Погодні умов уздовж ліній електропередачі**

На ЛЕП постійно впливають погодні умови. Температура, опади, атмосферний тиск, вологість, а також швидкість і напрямок вітру є важливими параметрами, вимірювання яких необхідно для моніторингу погодних умов для ЛЕП. Обледеніння також є загрозою для ЛЕП, оскільки при значних ожеледних відкладеннях можливі обриви проводів, тросів, руйнування арматури, ізоляторів і навіть опор ПЛ. Ожеледь є однією з причин «танців» проводів, здатної привести до їх перетину. Для контролю можуть використовуватися як повні метеорологічні станції, що працюють в автономному режимі, так і просто набір дистанційних датчиків, змонтованих на опорах.

- **Стан проводів та ізоляції ЛЕП**

В процесі експлуатації може відбуватися пошкодження і знос проводів, а також забруднення і пробої ізоляторів. При цьому виникають міжфазні замикання та замикання на землю. Крім того, за рахунок старіння проводів при нагріванні струмом, що протікає може відбуватися критичне провисання і дотик проводів як до землі, так і до об'єктів рельєфу.

- **Коронний розряд на проводах**

Коронний розряд виникає в різко неоднорідних полях, в яких іонізаційні процеси можуть відбуватися у вузькій області поблизу електродів. До такого роду полів відноситься і електричне поле проводів повітряних ЛЕП. Ця високочастотна складова струму корони є джерелом інтенсивного електромагнітного випромінювання з широким спектром частот, яке створює перешкоди для приймання радіо- або телевізійного сигналу. Втрати на корону для ліній різних напруг мають свої значення (для лінії ПЛ 500 кВ середньорічні втрати на корону становлять близько 9-11 кВт / км).

- **Вплив гармонік**

Однією з основних проблем при транспортуванні електроенергії є вплив вищих гармонік напруги і струму на елементи систем електропостачання. Несинусоїдальні струми в елементах електричної мережі викликають додаткові втрати потужності. Основний внесок у втрати вносять 3-тя, 5-а і 7-а гармоніки. Високий рівень додаткових втрат активної потужності і енергії говорить про наявність резонансних процесів в лініях, що призводить до погіршення якості переданої електроенергії і зниження терміну служби електрообладнання мережі.

На даний час в світі використовується ряд комерційних систем моніторингу повітряних електричних мереж, орієнтованих на вирішення

певних завдань. Розглянемо структури типових систем моніторингу, які відрізняються не тільки функціональними характеристиками, але і ціною, а також способом монтажу на ЛЕП.

### ***Система моніторингу проводів ЛЕП САТ-1***

Однією з перших комерційних систем моніторингу стала система САТ-1, розроблена в 1991 р американською компанією The Valley Group, Inc [2]. В даний час у всьому світі використовується понад 300 систем моніторингу САТ-1. Система забезпечує моніторинг в реальному часі погодних умов і натягу проводів в точках кріплення до опор. Основний модуль системи монтується на опорі ЛЕП і важить близько 50 кг. Датчики вимірювання натягу проводів являють собою тензодатчики в корпусі з нержавіючої сталі з кріпильними отворами і встановлюються між ізолятором і опорою. Основний модуль САТ-1 складається з вологостійкого алюмінієвого корпусу з блоком електроніки, вбудованого модему, антен для передачі даних і кріпильних елементів. Модуль призначений для експлуатації в діапазоні температур навколишнього середовища  $-40 \dots + 60 \text{ }^\circ \text{C}$ . Для забезпечення безперервної роботи модуля використовується 12-В акумуляторна батарея, зарядний пристрій і панель сонячної батареї.

### ***Безконтактні вимірювачі струму і температури проводу***

В даний час отримала широке поширення і інша концепція реалізації вимірювального модуля для систем моніторингу ОТЛМ (Over head Transmission Line Monitoring), а саме моніторинг пропускної здатності ПЛ[3]. На відміну від системи моніторингу САТ-1, вимірювальний модуль ОТЛМ конструктивно монтується на високовольтний провід.

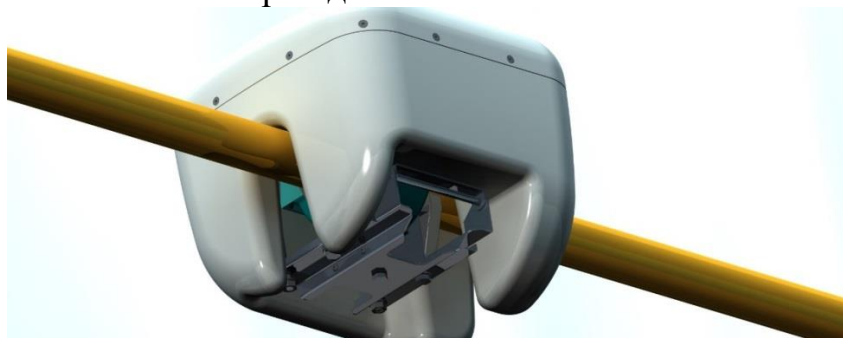


Рисунок 2 – Загальний вигляд ОТЛМ-модуля

Пристрій в реальному часі вимірює струм в проводі і його температуру в фіксованих точках. Джерело живлення – вбудований трансформатор струму. Отримана енергія використовується для живлення всього пристрою. Ніяких зовнішніх джерел живлення не потрібно. Також в приладі використовується GPS. Таким чином, виміряні значення струму і температури прив'язані до конкретних координат положення блоку на ЛЕП та точного часу. Дані вимірювань періодично передаються в диспетчерський пункт, обладнаний системою SCADA. Дані доступні через веб-браузер.

### ***Система моніторингу ASTROSE***

Широко відома система моніторингу лінії електропередачі ASTROSE пропонує всебічну технічну платформу для вимірювання таких параметрів як:

температура проводу, кут провисання проводу, діюче значення струму, механічні вібрації [4]. Дана система дуже інформативна і утворює самоорганізуючу мережу бездротової передачі даних. Крім того, сенсори системи вельми зручні для монтажу на ЛЕП. Однак система моніторингу ASTROSE має один істотний недолік, пов'язаний зі способом живлення сенсорів, так як відбір потужності здійснюється за рахунок електростатичного поля, що виключає застосування даної системи на лініях 35 кВ і нижче.

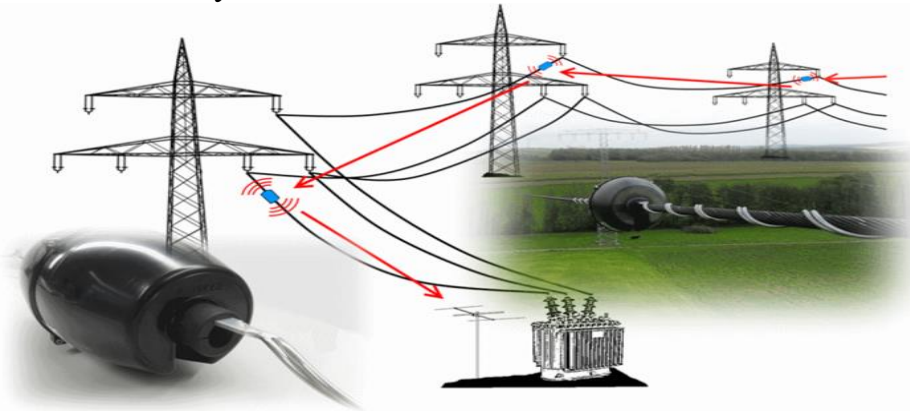


Рисунок 3 – Система моніторингу проводів ASTROSE

**Висновки.** АСДМ ЛЕП дозволяють дистанційно контролювати стан елементів ЛЕП, даючи уявлення про процеси, що відбуваються уздовж траси (локальний нагрів, критичне розгойдування проводів, критичне провисання, обмерзання). Отримана інформація дозволяє енергосистемам використовувати силові проводи на межі їх фізичних можливостей, не нехтуючи при цьому безпекою і ефективністю. Моніторинг сприяє зменшенню витрат на обслуговування ліній електропередачі за рахунок більш оперативних і точних даних при локалізації аварійних сегментів, а також прогнозування проблемних ситуацій на трасі.

Розгляд сучасних АСДМ показує, що велику увагу, окрім достовірності отримуваних параметрів, в системах приділяють автономності датчиків (зокрема системи їх живлення) та використанню сучасних технологій для підвищення надійності передачі даних.

#### Перелік посилань

1. Жиленков Н. Нові технології бездротової передачі даних // СТА. – 2003, № 4.
2. Костиков І. Система моніторингу САТ-1 - підвищення пропускної спроможності і надійності в ЛЕП // Енергетика. - 2011, № 3 (38).
3. Power Donut2™ System for Overhead Transmission Line Monitoring. Product Overview. 2006. USi, Armonk, NY. [www.usi-power.com](http://www.usi-power.com).
4. Ефективні інженерні рішення по підвищенню пропускної спроможності ПЛ на основі застосування системи моніторингу струму і температури проводів, математичного моделювання поведінки елементів ліній в різних режимах експлуатації // Матеріали презентації МРСК Ходінг.
5. F. V. B. de Nazaré, M.M. Werneck, "Temperature and Current Monitoring System for Transmission Lines Using Power-over-Fiber Technology," // Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC). – 2010. IEEE.