

МОНІТОРІНГ СТАНУ ПРОВОДУ ПОВІТРЯНОЇ ЛІНІЇ

Ніколаєва А.Д., магістрантка, Кацадзе Т.Л., к.т.н., доцент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Для передачі електроенергії на великі відстані широкого застосування набули повітряні лінії електропередавання (ПЛЕП). Під час снігопаду, в періоди перепаду температур, коли після відлиги настає похолодання, ПЛЕП піддаються явищу, яке називається ожеледдю. Під дією опадів проводи покриваються товстою сніго-крижаною кіркою, що має вигляд гребенів і пластин. При цьому всі елементи ПЛЕП зазнають сильні навантаження, що провокують аварії, зокрема, обриви проводів під вагою налиплої маси; коливання, галопування проводів та тросів, схльостування з пропалюванням електричною дугою; тріщини, вигини та поломки опор; вихід з ладу ізоляції та арматури [1, 2]. Таким чином, особливої актуальності набуває проблема моніторингу утворення ожеледі на проводах ПЛЕП.

Мета роботи полягає в дослідженні та систематизації відомих підходів до вирішення задачі відстеження стану проводу ПЛЕП з метою виявлення та попередження відкладень ожеледі.

Матеріали та результати досліджень. Натепер існують два напрямки виявлення ожеледі:

1) прогнозування ймовірності можливого утворення ожеледі на основі метеорологічних даних атмосферних умов з урахуванням технічних параметрів ПЛЕП [2]. Прогнозування утворення ожеледі на основі метеорологічних даних повітряного середовища застосовують у багатьох країнах, де обмерзання ліній електропередачі є актуальною проблемою, щоб пом'якшити або уникнути його впливу на працездатність цих ліній. У застосовуваних моделях утворення ожеледі робиться ряд припущень, тому що невідомі точний діапазон температур для умов випадання вологого снігу, тривалість опадів, вміст рідкої води в обмерзанні. На даний час немає визначеної моделі виникнення ожеледних відкладень, яка може достовірно враховувати всі фізичні і механічні процеси, що впливають на обмерзання, тому кількість помилкових спрацювань велика. Дані прогнозу є попередженням про можливу загрозу виникнення утворення ожеледі і не можуть служити конкретним зазначенням про початок плавки ожеледі, що утворився на ПЛЕП;

2) безпосередній контроль процесу утворення ожеледі на проводах за допомогою датчиків і пристроїв виявлення ожеледі, що дозволяє досить точно визначати момент початку плавки. Практичне застосування для виявлення ожеледі знайшли метод зважування проводів і метод локаційного зондування ліній електропередачі [3].

Найпростіший метод діагностики відкладень ожеледі полягає у встановленні датчиків ваги закріплених на траверсах опор елементів (ізоляційних підвісів, лінійної арматури, проводів), як показано на рис. 1. Натяг проводу при цьому визначається навантаженнями від ожеледі та вітру, а також температурою навколишнього середовища. Оцінка ступеня напруженого стану

проводу і порівняння її з гранично допустимим значенням здійснюється за допомогою вагового (тензометричного) датчика. Показання датчика передаються на диспетчерський пункт з використанням каналу зв'язку.

На жаль, вагу проводу, вкритого ожеледдю, можна виміряти на окремих прогонах ПЛЕП, в той час як ожеледь може утворитися на інших неконтрольованих прогонах лінії, де датчик не буде встановлений. Тому для підвищення достовірності вимірювань необхідно збільшувати кількість датчиків і пристроїв, що передають їх показання на пункт управління, що є складним технічним завданням. Інший недолік вагових датчиків полягає в тому, що вони не є універсальними. Вони не можуть використовуватися без додаткового налаштування для будь-якого типу ПЛЕП, які мають різні параметри відповідно до конструкції лінії (довжина прогону, діаметр і кількість проводів у фазі, кількість і габарити ізоляторів тощо).

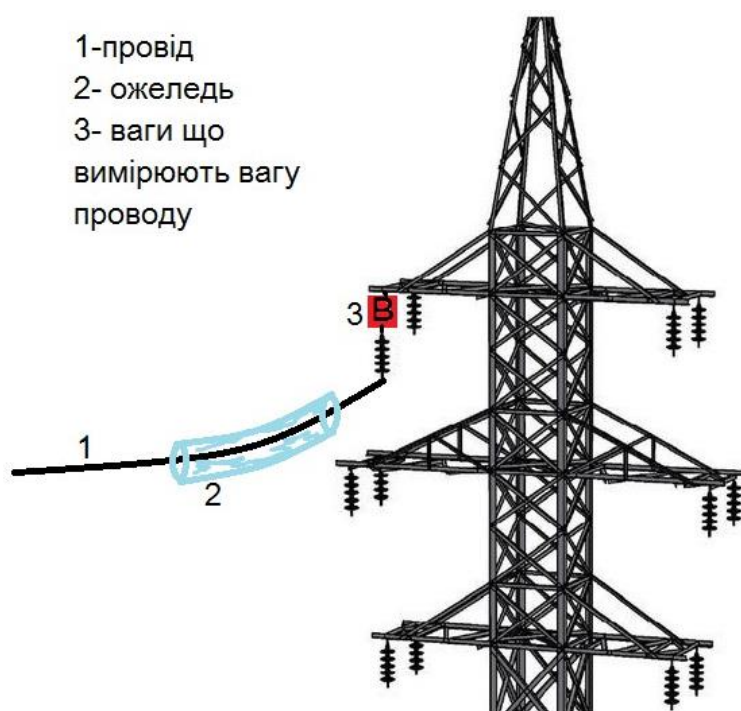


Рисунок 1 – Ілюстрація методу зважування проводів

Ще один спосіб діагностики відкладень ожеледі полягає у вимірюванні кута провисання проводу в точці закріплення на опорі, як показано на рис. 2. Відомо, що відкладення ожеледі обумовлюють пружне розтягування проводу і відповідне збільшення стріли провисання [1]. Таким чином, вимірювання такого кута за допомогою гіроскопічного датчика непрямым чином буде свідчити про стан проводу та наявність на його поверхні відкладень ожеледі.

Разом з тим, слід зважати на те, що зміна стріли провисання проводу може відбуватись також і через збільшення температури проводу через зміну погодних умов в районі траси лінії та/або внаслідок вивільнення джоулевої теплоти в проводі, який несе електричне навантаження. Також приділення окремої уваги вимагають питання впливу на датчик вітру вібрації, галоупування проводів тощо.

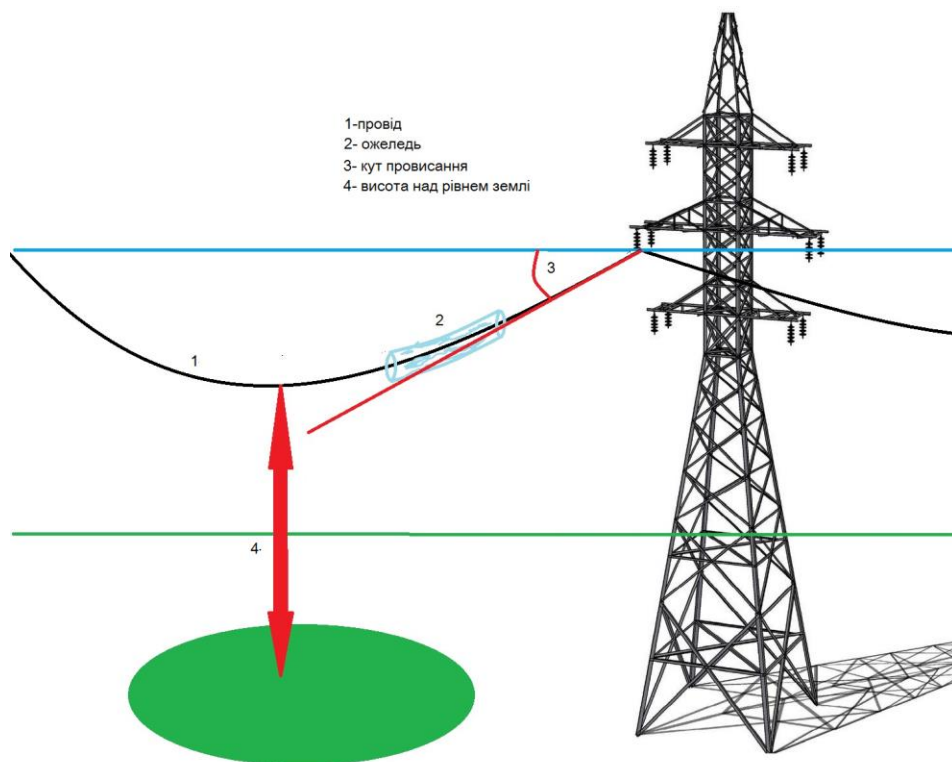


Рисунок 2 – Ілюстрація методу контролю провисання проводів і вимірювання висоти проводу над землею

При локаційному способі виявлення ожеледі інформацію про появу ожеледі несуть імпульси, відбиті від будь-якої неоднорідності хвильового опору лінії (реперної точки), наявної на ній. Неоднорідностями є кінці ліній або відгалужень від них, ВЧ загороджувачі, місця приєднання відгалужень до лінії електропередачі, місця з'єднання повітряних ліній з кабельними вставками тощо. Відкладення ожеледі на проводах ПЛЕП обумовлює зміну діелектричних властивостей ізолюючого середовища, і, як наслідок зміну робочої ємності та хвильового опору електропередачі, отже зумовлює виникнення неоднорідності.

Алгоритм системи моніторингу ПЛЕП методом локаційного зондування полягає в порівнянні еталонної і поточних реакцій лінії на імпульсний сигнал. За відсутності пошкоджень або дефектів ПЛЕП різниця контрольованих рефлектограм (графічне представлення реакції лінії) дорівнює нулю. В іншому разі, в місці зміни хвильового опору ПЛЕП з'являється різницевий сигнал, за величиною і формою якого можна судити про характер пошкодження. При виникненні передаварійного режиму до якого зокрема, відноситься відкладення ожеледі на проводах, відбувається зміна координати відбитого від кінця лінії сигналу. Дані зміни умов зондування визначені як діагностичні ознаки утворення ожеледі на проводах. При цьому з'являється тимчасова затримка і збільшується загасання сигналу.

Для підвищення точності розрахунків параметрів ожеледних утворень, а отже і контролю уставок сигналізації до апаратури зондування слід пред'явити високі вимоги по чутливості, оскільки в процесі безперервного моніторингу стану лінії повинні фіксуватися невеликі зміни амплітуди (близько 1%). Адаптивність методу полягає в корекції уставок з урахуванням температури

навколишнього середовища (при навантажених лініях – температури проводу) і обліку зміни довжини лінії під дією ваги ожеледних відкладень.

Датчики при появі ожеледі на ЛЕП реагують на такі зміни:

- 1) фізичних параметрів середовища навколо проводів;
- 2) електричних характеристик проводів;
- 3) ваги або натягу проводів (методом зважування);
- 4) умов поширення високочастотних і імпульсних сигналів по проводах ПЛЕП (ВЧ-зв'язок, локаційного зондування)

Локаційний метод виявлення ожеледиці має наступні переваги перед методом зважування проводів:

- 1) вся апаратура розташована біля початку або кінця лінії електропередачі у виробничих приміщеннях підстанції і не вимагає втручання в конструкцію ЛЕП, тому що зондуючий імпульсний сигнал одночасно виконує функції датчика і носія інформації про ожеледь відкладення на дроті;
- 2) забезпечується контроль всієї лінії, а не тільки одного прогону;
- 3) використовується менший, більш простий і дешевий склад апаратури;
- 4) відсутня загроза вандалізму, тому що локаційний пристрій розташовується в приміщенні підстанції;
- 5) є можливість періодичного контролю за допомогою комутатора одним локаційним пристроєм всіх ліній, що відходять з підстанції.

Локаційне зондування можна здійснювати на ЛЕП, що знаходяться під робочою напругою і на відключених лініях, а також на тросах блискавкозахисту, тобто на будь-яких металевих провідниках. Локаційний пристрій може функціонувати при аварійному відключенні напруги живлення на ЛЕП за рахунок наявності власного генератора зондуючих імпульсів, на що не здатні системи релейного захисту і автоматики.

Висновки. Для забезпечення конструктивної надійності повітряних ліній електропередавання актуальною задачею є моніторинг утворення ожеледі на конструктивних елементах електропередачі з метою недопущення аварій, пов'язаних з обривом проводів та тросів лінії.

Найефективнішими методами контролю утворення ожеледі є зважування проводів, вимірювання провисання проводів та локаційний метод. Разом з тим методи зважування та вимірювання провисання є локальними та дозволяють визначити утворення ожеледі тільки на окремих прогонах ПЛЕП, де встановлено відповідні датчики. Локаційний метод є більш універсальним, проте пристрій буде реагувати на будь-які зміни, які призводять до виникнення неоднорідності середовища електропередачі.

Перелік посилань

1. Кацадзе Т. Л. Основи механічних розрахунків повітряних ліній електропередавання: підручник / Т. Л. Кацадзе// Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во "Політехніка". – 2019. – 336 с.
2. Farzaneh M. Atmospheric Icing of Power Networks. Springer Science, 2008.
3. System for prediction and monitoring of ice shedding, anti-icing and de-icing for overhead lines. CIGRE` Working Group B2.29, 2010.