

МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАНЬ ПРОВODІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Меркотан Р.А., студент, Казанський С.В., к.т.н., доц.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Повітряні лінії електропередачі (ПЛ) – один із найменш надійних елементів системи передавання і розподілення електричної енергії [1]. Проводи ПЛ під дією вітру схильні до коливань, що призводить до пошкоджень самих проводів, а також лінійної арматури та інших елементів ПЛ.

Виникнення пляски проводів слід пов'язувати із резонансними коливаннями під дією вітру. Кут атаки вітру змінюється як через періодичний характер дії вітру, так і через вертикальні і крутильні переміщення проводу. З спостережень відомо, що найчастіше пляска виникає через вплив дії вітру під час однобічних відкладень у вигляді мокрого снігу, ожеледі або паморозі невеликої товщини (від 4 до 30 – 40 мм) за швидкості вітру від 5 до 20 м/с. Пляска зазвичай продовжувалася від декількох годин до 3 діб [2]. Під час дії вітру виникають коливання проводу різних частот. Ті з частот, довжини хвилі яких дорівнюють довжині прогону або кратні їм, створюють умови для резонансних явищ.

Мета роботи – дослідити особливості моделювання виникнення коливань проводів для підвищення експлуатаційної надійності ПЛ.

Матеріали досліджень. Весь спектр можливих способів боротьби з пляскою проводів можна умовно розділити на групи за такими ознаками:

- протидія зростанню відкладень ожеледі на проводах;
- вплив на зміну аеродинамічних властивостей поверхні проводу;
- протидія розгойдуванням проводу в прольоті, так званім «маятниковим» коливанням;
- протидія закручуванню проводу;
- протидія вертикальним коливанням проводу;
- перехід виниклих несинхронних коливань проводів різних фаз у синхронне;
- створення антиколивань для розлагодження коливного процесу;
- створення демпфіруючих зусиль під час коливань.

Слід зазначити, що найнесприятливішими щодо виникнення неприпустимих наближень проводів ПЛ є випадки несинхронної пляски.

Можливість виникнення несинхронної пляски вимагає дотримання значних відстаней між проводами [3]. Умовою максимальної надійності роботи ПЛ є вимога, щоб площі, окреслені еліпсом огинаючої можливих відхилень проводів від точки розташування проводу у спокійному стані (**рис. 1**), розташовувалися на відстані не ближче за відстань розрядного значення лінійної напруги. Як видно з рис. 1, зона коливань виявляється дуже значною, особливо по вертикалі, і легко може викликати замикання між проводами. При цьому найменша відстань від площі еліпса огинаючої зони можливого

розташування провода з центром у точці C (нижчий провід) до аналогічної площі еліпса з центром C' (для вище розташованого провода) у найнесприятливіших умовах становить величину δ . При цьому слід зазначити, що ця відстань визначається як найнесприятливіша вздовж усього прольоту. Тому у разі однакової кількості напівхвиль у обох проводах – це буде місце у точці найбільшого провисання проводу. А у разі різної кількості напівхвиль – точка виміру зміщується.

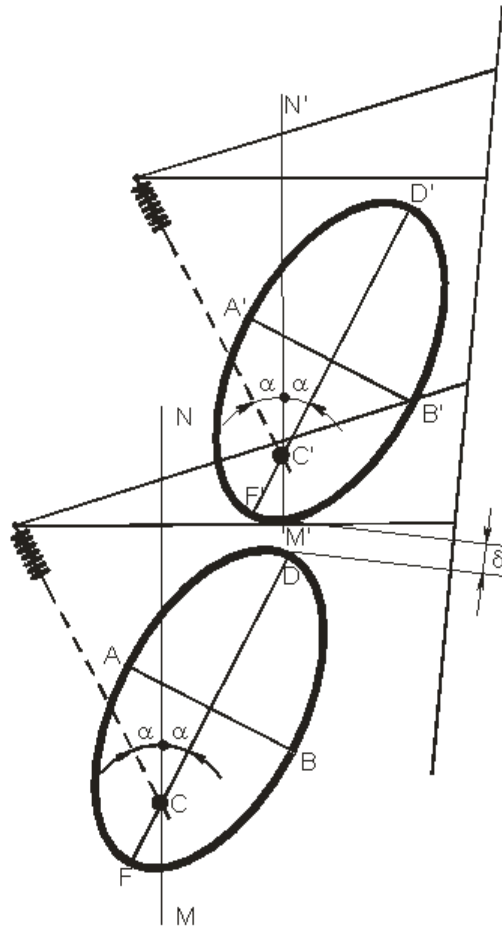


Рисунок 1 – Схема визначення безпечної відстані між проводами ПЛ

Дослідження явища пляски проводів та гасіння пляски шляхом встановлення ізолюючих з'єднувачів може досліджуватись на макеті повітряної лінії електропередачі [2]. Загальний вигляд макету наведено на рис. 2. На макеті проводи розгойдувалися ритмічними коливаннями мікродвигуна з ексцентриком. Важливо враховувати не лише можливу їх ефективність щодо дії на коливальний процес, але і такі показники, як їх вартість, зростання вітрових і ожеледних навантажень на проводи у разі використання тих чи інших гасників та інше.

Для врахування можливого пошкодження проводів за умов пляски потрібно збільшувати відстань між проводами у місцях їх кріплення. Особливо великі відстані необхідно забезпечити у разі вертикального розташування проводів.

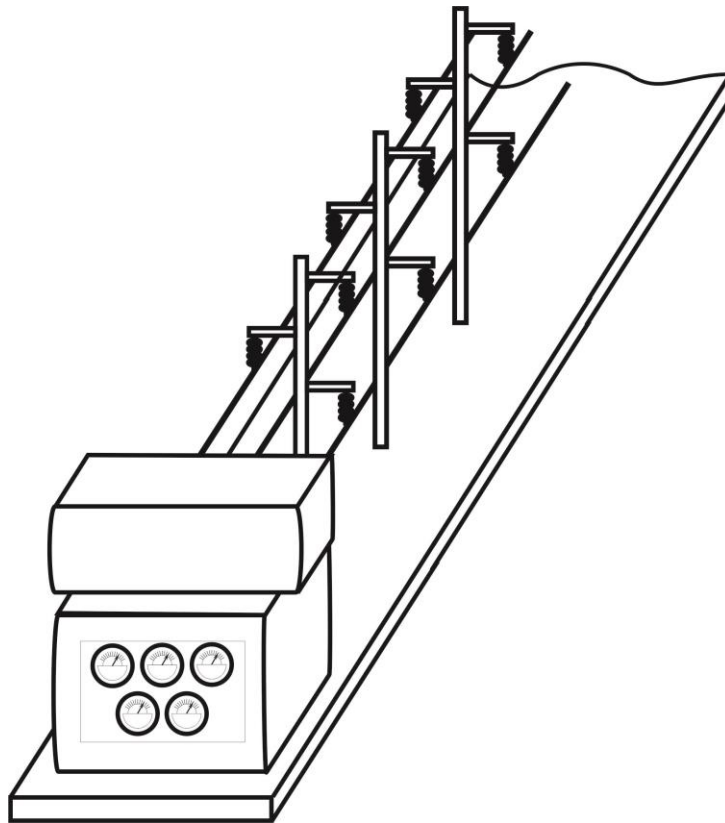


Рисунок 2 – Загальний вигляд макету повітряної лінії електропередачі

У разі пляски в одному прогоні укладаються одна або декілька напівхвиль. Аналіз впливу місць розташування демпфіруючих пристроїв для запобігання виникненню пляски проводів наведено на рис. 3. Тут наведено випадки найбільш значних за впливом та можливістю пошкоджень напівхвиль від однієї до чотирьох. Якщо хвиля торкається точки кріплення вершиною хвилі (або близько до неї), то відбувається часткове погашення хвилі внаслідок протидії пристрою кріплення. Цим практично користуються для боротьби з явищем виникнення коливань або їх запобігання.

Якщо розташувати демпфіруючі пристрої в точках через певний інтервал послідовно, наприклад, через $1/24$ довжини прольоту, як наведено на рис. 3, то з аналізу графіків видно, що найбільший ефект може бути досягнутий у разі розташування пристроїв, що протидіють, в точках амплітуд кожної з напівхвиль. Але розташування в точці максимуму протидії для першої гармоніки зовсім не буде діяти у разі виникнення другої або четвертої гармонік. Тому вибір точок розташування демпфіруючих пристроїв у кожному конкретному випадку підлягає додатковій оптимізації [2].

За основу під час оптимізації може бути прийнято такі основні первинні положення:

1. Під час пляски проводів в проміжному прольоті утворюються так звані вузли «пляски», де провід практично не переміщується.

2. В усіх випадках виникнення пляски такі вузли розташовуються на початку та кінці прольоту.

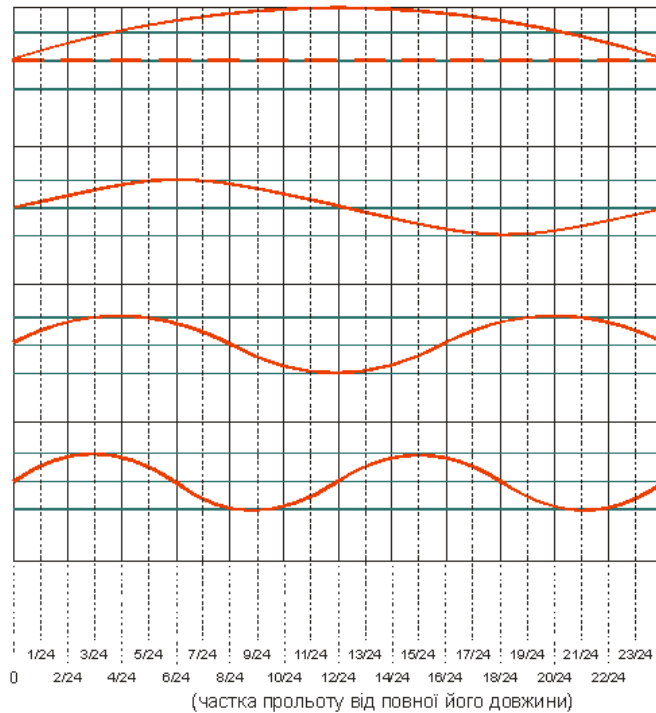


Рисунок 3 – Аналіз впливу місця розташування демпфіруючих пристроїв для запобігання виникненню пляски проводів

3. Додатково, у разі виникнення «двонапівперіодної» пляски, такий вузол розташовується на $1/2$ довжини прольоту (відповідно, у разі виникнення «тринапівперіодної» пляски, вузли розташовуються на $1/3$ та $2/3$ довжини прольоту, «чотиринапівперіодній» плясці – на $1/4$, $1/2$ та $3/4$ довжини прольоту і так далі).

4. Крива провисання проводу відбувається за законом «ланцюгової» лінії, тобто за залежністю гіперболічного косинусу; з деяким наближенням криву провисання можна вважати гіперболічною.

5. Найбільше відхилення проводу від початкового положення під час коливань (так звана «пучність») спостерігається посередині між суміжними «вузлами» коливань, при цьому у межах $\pm 10\%$ від довжини прольоту відхилення проводу майже не відрізняється від амплітуди коливань.

Висновки. Виникнення явища пляски проводів ПЛ потребує додаткових досліджень. Ефективним інструментом таких досліджень, крім фізичних макетів та натурних експериментів, є комп'ютерне моделювання, перевагами якого є можливість досліджувати стан ПЛ за різних метеорологічних умов.

Перелік посилань

1. Казанський С.В. Надійність електроенергетичних систем: навчальний посібник [Текст] / С.В. Казанський, Ю.П. Матеєнко, Б.М. Сердюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 216 с. – ISBN 978-966-622-453-1.

2. Крижов Г.П., Удод Т.Є. Боротьба з проявами «пляски» проводів на повітряних лініях електропередачі [Текст] / Електропанорама. – № 1-2. – 2006.

3. СОУ 45.2-00100227-24:2010 Захист проводів і тросів повітряних ліній електропередавання від вітрових коливань (вібрації, галопування, субколивань). Методичні вказівки. – К.: КВІЦ. – 2010.