

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ НЕІЗОЛЬОВАНИХ ПРОВІДІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ, ЩО ЗНАХОДЯТЬСЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Козловський О. А., Телюта Р. В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

*Запропоновано спосіб підтримання та подовження життєвого циклу повітряних ліній з неізольованими проводами, шляхом формування на їх поверхні твердого захисного ожедофобного покриття.*

**Постановка проблеми.** Глобальні зміни атмосферної циркуляції в євроатлантичному регіоні призвели до збільшення частоти стихійних метеорологічних явищ на території України [1], що безпосередньо вплинуло на інфраструктуру транспорту електроенергії. Найбільшого впливу екстремальних погодних умов, особливо, у холодну пору року, зазнають повітряні лінії (ПЛ) електропередавання з неізольованими проводами. На сьогодні, ситуація ускладнюється ще й тим, що в значній їх частині вичерпується розрахунковий строк служби, так 88,2% ПЛ магістральних мереж України знаходяться в експлуатації 30-40 років [2]. У відповідності з наявними дослідженнями вплив кліматичних змін буде найбільш інтенсивним у короткостроковій та середньостроковій перспективі. Отже, перед експлуатаційним персоналом електропередавальних компаній постає дві складні задачі: захист повітряних ліній від впливу наднормативних кліматичних навантажень та подовження їх строку експлуатації при мінімальних витратах коштів. Поставлені задачі можуть вирішуватися як шляхом модернізації конструкції опор, проводів, кріплення та проводу ПЛ (пасивні методи), так і шляхом створення автоматизованих систем плавки ожеледно-паморозевих відкладень (активні методи). Метод плавки ожеледі струмами штучного короткого замикання не знайшов широкого впровадження в мережах електропостачальних компаній із-за необхідності роботи електротехнічного обладнання при плавленні ожеледі у режимах близьких до аварійного, значних капітальних та поточних витрат, а також відсутності гарантованої успішності кожної плавки. Отже, розробка нових пасивних способів захисту повітряних ліній електричних мереж від природних ризиків є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед запропонованих пасивних методів захисту неізольованих проводів ПЛ від ожеледно-вітрових навантажень найбільш придатними для застосування на ПЛ, що експлуатуються є: хімічний і навивальний [3-5].

Хімічний метод полягає в нанесенні на провід рідких або пластичних речовин, що утворюють покриття з низькою адгезією до води, снігу та льоду (гідрофобні й ожеледофобні) [3] або вступають з водою в екзотермічну реакцію. Даний метод не знайшов широкого застосування на практиці, оскільки не забезпечує повного захисту проводу, хімічні речовини мають обмежену кількість циклів використання, а тому потребують регулярного оновлення, їх ефективність зменшується внаслідок взаємодії з природними або техногенними забруднювачами. Навивальний метод заключається у формуванні на поверхні проводу захисного

покриття із стрічки або дроту, які спіральсно накручують на нього.

У більшості відомих запропонованих технічних рішень, захисна стрічка має багатошарову структуру із різних за фізичними властивостями матеріалів: діелектрика, феромагнетика з низькою температурою Кюрі та напівпровідника, іноді також використовується матеріал з гідрофобними властивостями [4]. Утворене таким чином захисне покриття стає активним за певних метеорологічних умов, тобто по електропровідному шару починає протікати електричний струм, що здійснює нагрів проводу. Такі композитні покриття мають високу вартість, а захищені ними проводи – підвищені втрати електроенергії, тому цей вид захисту зазвичай використовується лише на коротких ділянках магістральних ліній електропередавання.

Існують також пропозиції щодо створення суто пасивних покриттів, що не потребують для захисту додаткової енергії – стрічки з гідрофобним / ожеледофобним верхнім шаром. У праці [5] наведені якісні результати експериментальних досліджень обледеніння тросу С-70 покритого фторопластовою стрічкою товщиною 0,1 мм. На основі візуального спостереження за контрольним і модифікованим зразками тросу встановлено, що кількість ожеледних відкладень на захищеному тросі зменшується із-за слабкої адгезії з фторопластовим покриттям, а його незначні відкладення відпадають під час коливання тросу.

**Мета статті.** Обґрунтування способу підтримання та подовження життєвого циклу повітряних ліній з неізольованими проводами, на основі формування на їх поверхні твердого захисного ожедофобного покриття.

**Основні матеріали дослідження.** Особливостями неізольованих проводів повітряних ліній, що тривалий час знаходяться в експлуатації є знижена механічна міцність та складна криволінійна поверхня (рис 1, а). Тому проводи марок А (АС) мають більший аеродинамічний коефіцієнт лобового опору та кращі умови для примерзання й накопичення переохолоджених крапель води у порівнянні з гладким циліндричним стержнем аналогічного діаметру.

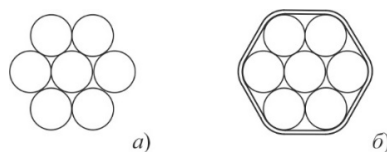


Рисунок 1 – Аеродинамічні профілі неізольованого проводу (а) та із захисним покриттям (б)

Тому захисне покриття цих проводів повинне мати ряд специфічних характеристик і властивостей, головними з яких є наступні:

- гідро- ожеледодобність;
- тривалий строк служби (не менше 15 років);
- захист проводу від вітрового навантаження;
- можливість нанесення на провід, що знаходиться безпосередньо на ПЛ;
- стійкість до ультрафіолетового випромінювання;
- еластичність при низьких температурах;
- хімічна стійкість та інертність;
- відповідність нормам екологічної безпеки;
- низькі вартість і маса.

Відповідати висунутим вище вимогам буде композитна стрічка, схематичний переріз якої зображений на рис. 2. Вона має армовану основу 2 на яку нанесені нижній адгезійний шар 3 і верхній – ожеледодобний 1.

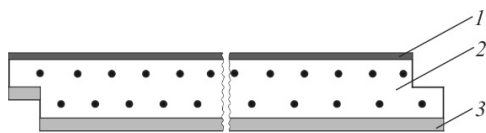


Рисунок 2 – Переріз захисної стрічки

У цілому, захисне покриття на неізолюваному проводі ПЛ (рис. 3) формується шляхом спірального намотування на його поверхню під натягом і з нахлистом композитної світлостабілізованої багатопшарової, армованої стрічки. З метою створення надійного герметичного з'єднання між окремими витками стрічки, ожеледодобний шар необхідно виконати зміщеним від бічного пругу стрічки проти напрямку намотування на ширину нахлисту. Створення вологонепроникного покриття проводу забезпечує також його антикорозійний захист від агресивних речовин, що знаходяться у навколишньому повітрі.

Формування захисного покриття на проводі прогону повітряної лінії виконується за допомогою роботизованої навивальної машини.

Міцне кріплення захисної стрічки до поверхні проводу під натягом не дає змоги їй розмотуватися при локальних uszkodженнях, а також дозволяє змінити форму аеродинамічного профілю проводу. Так, захисне покриття проводу заокруглює його обриси (рис. 1, б), а отже знижує його аеродинамічний коефіцієнт лобового опору і як наслідок, знижується вітрове навантаження на нього.

Використання пропонованого способу дозволить створити надійні захисні покриття на неізолюваних проводах повітряних ліній і, як наслідок, підвищити їх стійкість до несприятливих кліматичних факторів і подовжити строк експлуатації.

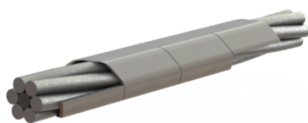


Рисунок 3 – Ділянка проводу АС-50/8 із захисним покриттям

**Висновки.** Проведений аналіз методів захисту ПЛ від метеорологічних небезпечних явищ (шквали, ожеледь) показав, що з урахуванням сучасних вимог, для ПЛ зі значним строком експлуатації найбільш доцільними є пасивні методи захисту.

Сформульовано вимоги до покриття модернізованого проводу ПЛ, що дозволило розробити спосіб їх захисту від екстремальних погодних впливів.

Обґрунтовано спосіб захисту ПЛ від ОПВ та вітру, що дозволить підтримати та подовжити життєвий цикл повітряних ліній з неізолюваними проводами.

#### Список використаних джерел

1. Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Динаміка стихійних метеорологічних явищ в Україні. *Український географічний журнал*. №4. 2012. С.8-14.
2. План розвитку системи передачі на 2020-2029 роки. [Електронний ресурс]. URL: <https://ua.energy/majbutnye-ukrenergo/plan-rozvytku-oes-ukrayiny>.
3. Liquid-Infused Nanostructured Surfaces with Extreme Anti-Ice and Anti-Frost Performance / Kim P., Wong T.-S., Alvarenga J. and ets. *ACS Nano*. Vol. 6(8). 2012. 6569–77.
4. Михайлов С. Н. Способ формирования антиобледенительного покрытия на неизолированном проводе воздушной линии электропередачи : патент 2608844 РФ : МКП (2006.01) Н 02 G 7/16. №2016116320; заявл. 26.04.2016; опубл. 25.01.2017.
5. Предложения по применению фторопластовых поверхностных покрытий для снижения массы гололедно-изморозевых отложений на проводах и грозозащитных тросах / В. Н. Седунов, А. В. Началов, Н. Г. Царанов и др. *Электро*. №5. 2005. С. 46-48.

#### Аннотация

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НЕИЗОЛИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Козловский А. А., Телиута Р. В.

*Предложен способ поддержания и продления жизненного цикла воздушных линий с неизолированными проводами, путем формирования на их поверхности твердого защитного покрытия.*

#### Abstract

### IMPROVEMENT OF DESIGN OF THE NON-INSULATED WIRES OF THE OPERATING OVERHEAD POWER LINES

O. Kozlovskiy, R. Teliuta

*The method of maintaining and extending of the non-insulated overhead power lines life cycle with by forming a solid protective coating on the wires surface was proposed.*