

**ШМАТОВ АНТОН ОЛЕКСІЙОВИЧ** ✉ – аспірант кафедри передачі електричної енергії, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3786-7834>; e-mail: [shalex7573@gmail.com](mailto:shalex7573@gmail.com).

## ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ПЛАВЛЕННЯ ОЖЕЛЕДІ НА ПРОВОДАХ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

У статті розглядається актуальна проблема, пов'язана з утворенням ожеледно-паморозних відкладень на проводах повітряних ліній електропередачі, що викликає значні технічні труднощі у забезпеченні надійності електропостачання, особливо в умовах зимового періоду. Нагромадження льоду та паморозі на проводах призводить до збільшення ваги проводів, що може спричинити їх провисання, пошкодження ізоляторів, руйнування опор і, як наслідок, серйозні аварії на лініях електропередачі. Проаналізовано причини аварій в електричних мережах внаслідок ожеледно-паморозних відкладень та виявлено, що їх усунення дозволить знизити ймовірність пошкодження повітряних ліній електропередачі від дії ожеледних навантажень. Однак, існуючі методи боротьби з цією проблемою мають ряд недоліків, таких як висока вартість, низька ефективність у певних умовах, а також негативний вплив на навколишнє середовище. У статті представлено схему плавлення ожеледі на проводах повітряних ліній електропередачі методом трифазного короткого замикання при живленні від джерела живлення з глухозаземленою та ізолюваною нейтраллю. Дана схема дозволяє локально підвищити температуру проводів до рівня, який достатній для розтоплення льоду та паморозі, що знижує ризик аварійних ситуацій і забезпечує безперебійну роботу електричної мережі. У статті наведено теоретичні обґрунтування схеми для плавлення ожеледі струмами трифазного короткого замикання, які підтверджують її ефективність. Проведений аналіз показав, що запропонована схема є економічно доцільною, оскільки дозволяє знизити витрати на обслуговування та ремонт повітряних ліній електропередачі. Крім того, вона є екологічно безпечною, оскільки не передбачає використання хімічних речовин. Таким чином, запропонована схема плавлення ожеледі на проводах повітряних ліній електропередачі є перспективним рішенням для покращення надійності та безпеки електропостачання в умовах зимових погодних явищ. Її застосування може значно підвищити ефективність експлуатації електричних мереж, зменшити кількість аварій та покращити стабільність енергопостачання споживачів.

**Ключові слова:** електрична мережа; електропередача; ожеледно-паморозні відкладення; повітряна лінія; схема плавлення ожеледі.

**Постановка проблеми.** В Україні систематично проводяться обстеження пошкоджень повітряних ліній (ПЛ) електропередачі, які спричинені впливом ожеледно-паморозних відкладень (ОПВ). В деяких областях, особливо в Західній і Південній частинах України, відмічається збільшення пошкоджуваності ПЛ, що пояснюється великою інтенсивністю ожеледно-вітрових впливів в цих регіонах [1].

Із аналізу ситуацій утворення ОПВ на проводах ПЛ слідує, що значна частина проводів ПЛ схильна до локального утворення ожеледі. Тобто, на окремих ділянках з'являються критичні навантаження від ожеледі, а на інших ці навантаження менші або взагалі відсутні. Це пов'язано з тим, що Україна знаходиться в зоні помірно континентального та частково субтропічного клімату для якого характерні відносно теплі зими. Ці фактори і є сприятливими для відкладання ожеледі на ПЛ [1].

Слід звернути увагу на те, що в Україні у холодну половину року зустрічаються всі види заледеніння проводів ПЛ: ожеледь, паморозь, заледенілий мокрий сніг і найактивнішими місяцями цих заледенінь є період з кінця листопада до березня, що збігається з максимумом річного навантаження. Тому, не своєчасна ліквідація ожеледі на проводах ПЛ може призвести до серйозних наслідків як для самої електричної мережі (ЕМ), так і для споживачів.

Середній період повторюваності масових аварій, спричинених ОПВ, в ЕМ України складає 10 років [2]. Без електричної енергії на декілька діб залишаються цілі райони країни. Такі впливи на ПЛ мають випадковий характер, але одночасно охоплюють великі ділянки ЕМ іносять великий матеріальний збиток як

для розподільних компаній, так і для споживачів електричної енергії, що впливає на надійність електропостачання і є актуальними для електроенергетики України.

**Існуючі підходи до вирішення проблеми.** Незважаючи на великі зусилля енергетиків за багато років, аварії від ОПВ в ЕМ багатьох країн як і раніше викликають найбільш тяжкі наслідки.

Енергетики розглядають ОПВ на ПЛ як одну із найбільших проблем. Із таким же лихом зустрічається багато північних країн, а також Китай і Японія. Тому в усьому світі велика кількість компаній і організацій активно ведуть дослідження та розробки нових методів і пристроїв для боротьби з відкладенням ожеледі на проводах ПЛ

Методи боротьби з ОПВ на проводах ПЛ електропередачі та вибір схеми плавлення ожеледі полягають у недопущенні обмерзання, зниження розмірів та, безпосередньо, видалення ожеледних відкладень [3–6].

Найбільш поширеними в світі наразі способами боротьби можна назвати Технологію Variable Resistance Cable (VRC) De-Icing System, застосування мобільних установок плавлення ожеледі (УПОМ) та електротермічні методи.

Електротермічні методи полягають у нагріві проводів ПЛ електричним струмом для попередження утворення ОПВ або їх плавки. Плавлення ОПВ на проводах ПЛ здійснюється за умови існування ОПВ шляхом штучного підвищення струму в ЕМ до такої величини, при якій теплоти, що виділяється в проводах, достатньо для розплавлення ожеледі [4].

© А. О. Шматов, 2024



Ця робота ліцензується відповідно до *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)*  
**Конфлікт інтересів:** Автор заявив про відсутність конфлікту

Технологія VRC De-Icing System базується на застосуванні кабелю зі змінним опором [5]. Дана система представляє незначні модифікації кабелю і зроблені з готових компонентів електронні пристрої, що дозволяють шляхом перемикання змінювати електричний опір ПЛ з низького на високий. Високий опір автоматично викликає нагрів, завдяки якому відбувається плавлення утвореного ОПВ, або, насамперед, запобігає наростанню ОПВ на проводах.

Застосування УПОМ призначено для локальної плавки ОПВ на проводах ПЛ (рис. 1) [6].

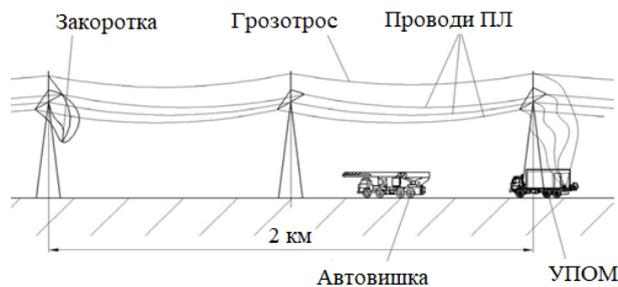


Рисунок 1 – Схема застосування УПОМ

Також на практиці застосовують різні методи механічного визначення ожеледі для вчасного вжиття заходів боротьби з нею. Найбільш об'єктивним методом вимірювання ожеледного навантаження на проводах ПЛ є вимірювання ваги одного або декількох прольотів проводів ПЛ [6].

Величина натягу проводу для ПЛ визначається навантаженнями від ожеледі і вітру за допомогою датчиків – сигналізаторів [7]. Оскільки інформація, що отримується від цих сигналізаторів використовується для управління плавкою ожеледі, тому необхідно знати величину навантаження від ожеледі. Також доцільно враховувати перспективу використання сигналізаторів ожеледі як елемента автоматизованої системи плавки ожеледі і тому віддати перевагу датчикам, які вимірюють вагу проводу з ожеледдю.

Слід відзначити, що проаналізовані вище засоби та технології прогнозування і запобігання ОПВ на проводах ПЛ вимагають витрат енергії і є актуальним тільки для відповідного регіону ЕМ.

**Мета статті.** Проаналізувати причини аварій в електричних мережах внаслідок ожеледно-паморозних відкладень і обґрунтувати вибір схеми плавлення ожеледі на проводах повітряних ліній електропередачі для зменшення ймовірності пошкодження електромережевого об'єкту від дії ожеледних навантажень та покращення надійності електропостачання.

**Аналіз причин аварій в електричних мережах внаслідок ОПВ.** Навантаження ОПВ на проводах ПЛ призводять до аварійних ситуацій в ЕМ, в результаті яких виникають такі пошкодження як обриви та перегорання проводів, руйнування опор тощо.

Обриви проводів обумовлені великими навантаженнями від ожеледі і за умови незначної швидкості вітру призводить до руйнування проміжних

опор. А у разі перевищення рівня ОПВ понад нормативного можливе масове руйнування опор.

Слід зазначити, що з початком утворення ожеледі швидкість вітру є незначною. Але у разі значного посилення вітру під час утворення ожеледі чи після її відкладання на проводах виникають більш важкі ожеледно-вітрові аварії, за яких може відбуватися падіння проміжних опор всередині анкерного прогону майже перпендикулярно до осі ПЛ.

Під час експлуатації ПЛ трапляються аварії, які викликані незначними ОПВ на проводах ПЛ. Але ці проводи раніше піддавалися впливам галоупування або значної вібрації, що призвело до послаблення місця кріплення проводів до ізоляторів або пошкоджувалися окремі повиви проводу і, як наслідок, обрив проводів через незначну вагу ОПВ.

До основних причин аварій на ПЛ внаслідок ОПВ можна віднести такі [8]:

- відсутність встановлених засобів захисту проводів і грозозахисних тросів ПЛ від дії ОПВ або неоптимальне їх використання внаслідок відсутності систем моніторингу ОПВ на ПЛ;
- надрозрахункові навантаження. Кліматичний вплив на конструкцію ПЛ носить випадковий характер, а отже будь-яке нормативне значення навантаження буде перевищене з певним ступенем ймовірності.
- у більшості ПЛ закінчився розрахунковий строк експлуатації і відсутні достатні засоби на їх реконструкцію;
- помилки при проектуванні. Причиною цього є недосконалість нормативних матеріалів, наявність помилок у розрахунках як для окремих елементів ПЛ, так і для ліній в цілому;
- низька якість будівництва і монтажу, відхилення від проектів, порушення технологій монтажу;
- дефекти елементів ПЛ, що були допущені при виготовленні, а також низька якість експлуатації ПЛ.

Усунення вищенаведених причин дозволить знизити ймовірність пошкодження ПЛ від дії ОПВ.

Для цієї мети застосовують цілий комплекс заходів щодо попередження і ліквідації ожеледних аварій, який включає в себе оперативні, перспективні, технічні та організаційні заходи, з різним ступенем вкладень [9].

**Вибір і обґрунтування схеми плавлення ожеледі.** Ефективність схем плавлення ожеледі на проводах ПЛ першочергово залежить від її гнучкості та надійності конструкції всіх її елементів, а також від правильної постановки спостережень та інформації про наявність ожеледі.

Під час вибору схеми плавлення ожеледі на проводах ПЛ перевіряють всі елементи ланцюга електропередачі: роз'єднувачі, трансформатори струму, загорювачі і т. д.

Принципальна схема плавлення ожеледі на проводах ПЛ змінним струмом включає в себе:

- схему джерела живлення установки плавлення ожеледі (УПО), яка складається з комутаційної апаратури для збору схеми плавлення, вимірювальних трансформаторів, пристроїв контролю, керування релейного захисту і діагностики УПО з лінією, що обігривається;

- схему з'єднання фазних проводів ПЛ електропередавання при плавленні [10].

Місцем установки УПО є, як правило, підстанція від якої передбачається почергове плавлення ожеледі на лініях, які відходять з цієї підстанції.

Якщо УПО встановлюється на електричній станції, то для здійснення плавлення ожеледі можуть використовуватись різні сфо-режимні заходи, наприклад, почергове плавлення ожеледі на ПЛ, що відходять від шин станції, при збереженні паралельної роботи генераторів з системою або виділення частини генераторів спеціально для плавлення ожеледі.

Для плавлення ожеледі часто використовується обхідна система шин, до якої по черзі підключаються лінії для обігріву. При відсутності обхідної системи шин доцільно її виконання, оскільки наявність таких шин істотно спрощує збирання схеми плавлення ожеледі, скорочує загальну тривалість режиму плавлення. Подача напруги від джерела живлення на обхідні шини зазвичай проводиться через шафу плавлення. Шафа плавлення повинна мати посилену конструкцію, вибрану за найбільшим струмом плавлення, необхідний захист, схему керування вимикачами і пофазний контроль струму [11].

В залежності від схеми джерела живлення і схеми з'єднання проводів ПЛ плавлення ожеледі на фазних проводах змінним струмом може здійснюватися за такими способами:

- короткого замикання, коли лінію замикають з одного кінця, а з іншого до неї підключають джерело живлення, потужність якого достатня, щоб забезпечити протікання потрібного струму плавлення;
- зустрічного вмикання фаз, при якому фазні проводи на протилежних кінцях ПЛ підключаються до різних по величині або/та по фазі напруг джерел живлення;
- перерозподілу навантажень в електричній мережі шляхом спеціальних сфо-режимних заходів з метою підвищення струмового навантаження ПЛ, проводи якої підлягають обігріву, до необхідної величини;
- накладання струмів, коли за допомогою спеціального обладнання, на робочий струм накладається додатковий струм [12].

У практиці експлуатації ПЛ найбільш поширене плавлення ожеледі струмами трифазного короткого замикання. Тому, що за такого підходу електричні схеми прості у виконанні та розрахунку.

Плавлення ожеледі методом короткого замикання має різні схемні варіанти виконання, які відрізняються видом штучного короткого замикання.

Одним із самих поширених є метод трифазного короткого замикання (рис. 2).

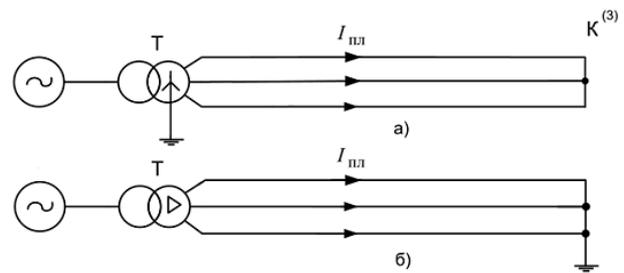


Рисунок 2 – Схеми плавлення ожеледі методом трифазного короткого замикання при живленні від джерела живлення з глухозаземленою (а) і з ізолюваною (б) нейтраллю

Метод плавлення ожеледі зустрічним вмиканням фаз показаний на рис. 3.

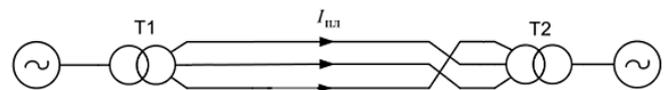


Рисунок 3 – Схеми плавлення ожеледі методом зустрічного вмикання фаз

Метод накладання струмів (рис. 3) здійснюється накладанням додаткових струмів на робочий струм. Для здійснення даного методу в контур вмикають джерело електрорушійної сили величина фаза якого підбирається таким чином, щоб збільшити струм до необхідного значення (рис. 4).

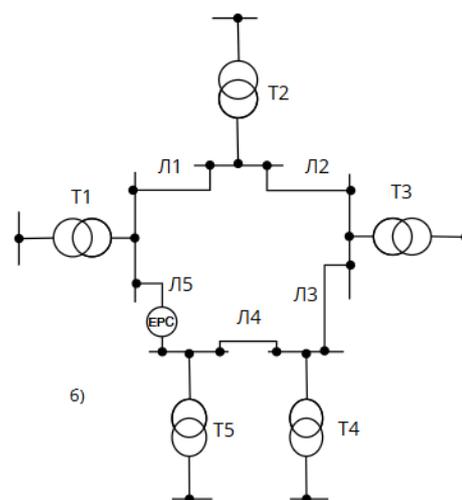
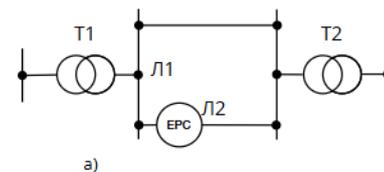


Рисунок 4 – Схеми плавлення ожеледі методом включення джерела електрорушійної сили у контур:  
а – при паралельних лініях; б – при кільцевій мережі

При цьому (рис. 4) застосовують вольтододаткові трансформатори, які регулюють величину повздожньої і поперечної електрорушійної сили, в

результаті чого забезпечується оптимальний режим плавлення [13].

Під час вибору схеми плавлення ожеледі потрібно щоб схеми були простими і надійними, оскільки необхідно забезпечити швидке збирання схеми, а після плавлення ожеледі – відновлення нормального режиму роботи мережі. Для виконання цих вимог повинні бути змонтовані спеціальні перемикачі і встановлені додаткові вимикачі і роз'єднувачі. Також схема плавлення повинна лише в мінімальному ступені порушувати режим роботи мережі і знижувати якість електроенергії, що подається споживачу.

Доцільно для плавлення ожеледі застосувати повторно короткочасне включення струмів трифазного короткого замикання. Такий підхід, за наявних джерел напруги, розширює діапазон струмів плавлення і скорочує час плавлення. Також, у поєднанні зі схемами трифазного короткого замикання при повторно короткочасному включенні зберігаються переваги останнього і значно простіше здійснюється необхідний режим плавлення ожеледі. Слід зауважити, що час роботи повторно короткочасного циклу можна автоматизувати.

**Висновок.** За результатами аналізу причини аварій в електричних мережах внаслідок ОПВ виявлено, що їх усунення дозволить знизити ймовірність пошкодження ПЛ електропередачі від дії ожеледних навантажень.

Обґрунтовано вибір схеми плавлення ожеледі на проводах повітряних ліній електропередачі і встановлено, що електричні схеми для плавлення ожеледі струмами трифазного короткого замикання прості у виконанні та розрахунку, що забезпечує швидке збирання схеми, а після плавлення ожеледі – відновлення нормального режиму роботи мережі.

### Список літератури

1. Іноземцев Г. Б., Крижанівський В. С. Проблема боротьби з ожеледдю на лініях електропередачі. *Науковий вісник НУБіП. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2012. № 166 (4). С. 12–16.
2. Срмак Д. А., Савченко О. А. Аналіз сучасних технологій моніторингу утворення ожеледі на повітряних лініях електропередавання. *Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, Україна, 9 листоп. 2023 р. С. 11–12.
3. Муслієнов А. Р., Жарікова А. О. Плавка ожеледиці на проводах ЛЕП. *IX Всеукраїнська науково-технічна конференція здобувачів вищої освіти ТДАТУ імені Дмитра Моторного*: зб. тез, м. Мелітополь, Україна, 10–25 листоп. 2021 р. С. 20–21.
4. Transmission line ice coating prediction model based on EEMD feature extraction / H. Li et al. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 40695–40706. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2907635>.
5. Dynamic simulation of power systems considering transmission lines icing and insulators flashover in extreme weather / L. Chen et al. *IEEE Access*. 2022. Vol. 10. P. 39656–39664. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3166483>.
6. Омеляненко Г. В., Черкашина В. В., Шматов А. О. Дослідження зарубіжного досвіду боротьби з ожеледно-паморозевими відкладеннями на проводах повітряних ліній електропередачі. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність*. 2023. № 1 (6). С. 45–50. DOI: <https://doi.org/10.20998/2224-0349.2023.01.03>.
7. Електричні мережі з відновлювальними джерелами енергії: навчальний посібник / Л. Н. Добровольська та ін. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2016. 352 с.

8. Šabata J., Lehký P., Zeman L., Vaculík P. Automated Icing Monitoring System on the territory of the Czech and Slovak Republic. *16th International Workshop on Atmospheric Icing of Structures (IWAIS 2015)*: Proceedings, Uppsala, Sweden, 28 June – 3 July 2015. P. 245–248. URL: [https://windren.se/IWAIS\\_p/IWAIS2015/IWAIS2015\\_pa/70\\_09\\_04\\_Paper\\_Sabata\\_Automated\\_Icing\\_Monitoring\\_System\\_on\\_the\\_territory\\_of\\_the\\_Czech\\_and\\_Slovak\\_Republic.pdf](https://windren.se/IWAIS_p/IWAIS2015/IWAIS2015_pa/70_09_04_Paper_Sabata_Automated_Icing_Monitoring_System_on_the_territory_of_the_Czech_and_Slovak_Republic.pdf).
9. Petrenko V. F., Sullivan C. R., Kozlyuk V. Variable-resistance conductors (VRC) for power-line de-icing. *Cold Regions Science and Technology*. 2011. Vol. 65, no. 1. P. 23–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2010.06.003>.
10. Trudel G., Gingras J. P., Pierre J. R. Designing a reliable power system: Hydro-Quebec's integrated approach. *Proceedings of the IEEE*. 2005. Vol. 93, no. 5. P. 907–917. DOI: <https://doi.org/10.1109/jproc.2005.846332>.
11. Antonini C., Innocenti M., Horn T., Marengo M., Amirfazli A. Understanding the effect of superhydrophobic coatings on energy reduction in anti-icing systems. *Cold Regions Science and Technology*. 2011. Vol. 67, no. 1-2. P. 58–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2011.02.006>.
12. Чебанов А. Б. Обґрунтування способу плавки ожеледиці повітряної лінії за допомогою генератора зондуєчих імпульсів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. Вип. 8, № 2. DOI: <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2018-2-34>.
13. Chen L., Zhang H., Wu Q., Terzija V. A numerical approach for hybrid simulation of power system dynamics considering extreme icing events. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2018. Vol. 9, no. 5. P. 5038–5046. DOI: <https://doi.org/10.1109/tsg.2017.2679109>.

### References

1. H. B. Inozemtsev and V. S. Kryzhanivskiy, “Problema borotby z ozhelediu na liniakh elektropredachi [The problem of ice control on power lines]”, *Naukovyi visnyk NUBiP. Seriya: Tekhnika ta enerhetyka APK*, no. 166 (4), pp. 12–16, 2012. (in Ukrainian)
2. D. A. Yermak and O. A. Savchenko, “Analiz suchasnykh tekhnolohii monitorynhu utvorennia ozheledi na povitrianykh liniakh elektropredavannia [Analysis of modern technologies for monitoring ice formation on overhead power lines]”, in *Electrical Energy, Electromechanics and Technologies in Agricultural Industrial Complex*, Kharkiv, Ukraine, Nov. 9, 2023. State Biotechnological University, pp. 11–12. (in Ukrainian)
3. A. R. Musledinov and A. O. Zharikova, “Plavka ozheledytsi na provodakh LEP [Melting of ice on power line wires]”, in *IX Vseukrainska Naukovo-Tekhnichna Konferentsiia Zdobuvachiv Vyschoi Osvity Tdatu Imeni Dmytra Motornoho [IX All-Ukrainian Scientific and Technical Conference of Higher Education Applicants of the Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University]*, Melitopol, Ukraine, Nov. 10–25, 2021. pp. 20–21. (in Ukrainian)
4. H. Li et al., “Transmission line ice coating prediction model based on EEMD feature extraction,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 40695–40706, 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2907635>
5. L. Chen, X. Shi, B. Peng, and J. Sun, “Dynamic simulation of power systems considering transmission lines icing and insulators flashover in extreme weather,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 39656–39664, 2022, doi: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3166483>
6. H. V. Omelianenko, V. V. Cherkashyna, and A. Smatov, “Study of foreign experience in dealing with ice and frost deposits on the wires of overhead power lines”, *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Energy: Reliability and Energy Efficiency*, no. 1 (6), pp. 45–50, Jul. 2023, doi: <https://doi.org/10.20998/2224-0349.2023.01.03> (in Ukrainian)
7. L. N. Dobrovolska, V. I. Volynets, D. S. Sobchuk, and V. V. Cherkashyna, *Elektrychni merezhi z vidnovliuvalnyimi dzhерелamy enerhii [Power grids with renewable energy sources]*. Lutsk: RVV Lutsk NTU, 2016. (in Ukrainian)
8. J. Šabata, P. Lehký, L. Zeman, and P. Vaculík, “Automated Icing Monitoring System on the territory of the Czech and Slovak Republic,” in *16th International Workshop on Atmospheric Icing of Structures (IWAIS 2015)*, Uppsala, Sweden, Jun. 28–Jul. 3, 2015. pp. 245–248. [Online]. Available: [https://windren.se/IWAIS\\_p/IWAIS2015/IWAIS2015\\_pa/70\\_09\\_04\\_Paper\\_Sabata\\_Automated\\_Icing\\_Monitoring\\_System\\_on\\_the\\_territory\\_of\\_the\\_Czech\\_and\\_Slovak\\_Republic.pdf](https://windren.se/IWAIS_p/IWAIS2015/IWAIS2015_pa/70_09_04_Paper_Sabata_Automated_Icing_Monitoring_System_on_the_territory_of_the_Czech_and_Slovak_Republic.pdf).

9. V. F. Petrenko, C. R. Sullivan, and V. Kozlyuk, "Variable-resistance conductors (VRC) for power-line de-icing," *Cold Regions Science and Technology*, vol. 65, no. 1, pp. 23–28, Jan. 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2010.06.003>
10. G. Trudel, J. P. Gingras, and J. R. Pierre, "Designing a reliable power system: Hydro-Quebec's integrated approach," *Proceedings of the IEEE*, vol. 93, no. 5, pp. 907–917, May 2005, doi: <https://doi.org/10.1109/jproc.2005.846332>
11. C. Antonini, M. Innocenti, T. Horn, M. Marengo, and A. Amirfazli, "Understanding the effect of superhydrophobic coatings on energy reduction in anti-icing systems," *Cold Regions Science and Technology*, vol. 67, no. 1-2, pp. 58–67, Jun. 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2011.02.006>
12. A. Chebanov, "Justification of the mode of fusion of ice overhead lines by means of the generator of probing pulses," *Scientific Bulletin of the Tavria Agrotechnological State University*, vol. 8, no. 2, 2018, doi: <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2018-2-34>. (in Ukrainian)
13. L. Chen, H. Zhang, Q. Wu, and V. Terzija, "A numerical approach for hybrid simulation of power system dynamics considering extreme icing events," *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 9, no. 5, pp. 5038–5046, Sep. 2018, doi: <https://doi.org/10.1109/tsg.2017.2679109>

*Надійшла (received) 06.11.2024*

UDC 621.315.1

**ANTON SHMATOV** ✉ – PhD Student of the Department of Electric Power Transmission, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"; Kharkiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3786-7834>; e-mail: [shalex7573@gmail.com](mailto:shalex7573@gmail.com).

### JUSTIFICATION OF THE SCHEME OF MELTING ICE ON THE WIRES OF OVERHEAD POWER LINES

The article discusses an urgent problem related to the formation of ice and frost deposits on the wires of overhead power lines, which causes significant technical difficulties in ensuring the reliability of power supply, especially in winter. The accumulation of ice and frost on the wires leads to an increase in the weight of the wires, which can cause them to sag, damage insulators, destroy poles, and, as a result, serious accidents on power lines. The causes of accidents in power grids due to ice and frost deposits are analyzed and it is found that their elimination will reduce the probability of damage to overhead power lines from the action of ice loads. However, existing methods of dealing with this problem have a number of disadvantages, such as high cost, low efficiency in certain conditions, and negative environmental impact. The article presents a scheme for melting ice on the wires of overhead power lines by the method of a three-phase short circuit when powered by a power source with a solidly grounded and isolated neutral. This scheme makes it possible to locally increase the temperature of wires to a level sufficient to melt ice and frost, which reduces the risk of emergencies and ensures the uninterrupted operation of the electrical grid. The article provides theoretical justifications for the scheme for melting ice with three-phase short-circuit currents, which confirm its effectiveness. The analysis has shown that the proposed scheme is economically feasible, as it reduces the cost of maintenance and repair of overhead power lines. In addition, it is environmentally friendly, as it does not involve the use of chemicals. Thus, the proposed scheme for melting ice on the wires of overhead power lines is a promising solution for improving the reliability and safety of power supply in winter weather conditions. Its application can significantly increase the efficiency of power grid operation, reduce the number of accidents, and improve the stability of power supply to consumers.

**Keywords:** power grid; power transmission; ice and frost deposits; overhead line; ice melting scheme.