

## ПЛАВКА ОЖЕЛЕДІ НА ПРОВОДАХ – ДІЄВИЙ ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЛ

Жарков В. Я.

*Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь, Україна**Наведений опис запатентованих пристроїв сигналізації та плавки ожеледі на проводах ПЛ.*

**Постановка проблеми.** Повітряні лінії електропередачі (ПЛ) сільських електромереж напругою 10-35 кВ, вимагають дієвих засобів підвищення їхньої надійності, які на сьогодні до кінця не вирішені.

**Актуальність теми.** Повітряні лінії електропередачі працюють в умовах впливу на них чисельних експлуатаційних і метеорологічних факторів. Найбільш небезпечними (що викликають пошкодження ПЛ) є екстремальні метеорологічні впливи у вигляді комбінацій ожеледі і вітрових навантажень на проводи ПЛ. Такі комбінації є випадковими метеорологічними явищами, які, як правило, одночасно охоплюють великі райони, мають масовий характер і тому приносять значний матеріальний збиток [1, 2].

Аварії від ожеледі на проводах ПЛ становлять більш 50% від загальної кількості ушкоджень на ПЛ, а тривалість перерв в електропостачанні споживачів у зв'язку із цими аваріями - більш 60% від загальної тривалості всіх аварійних відключень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найефективнішим способом запобігання ожеледно-вітрових аварій є плавка ожеледі [1, 8]. Ефективність плавки визначається не тільки режимом плавки, але й своєчасністю її початку й закінчення, оптимальною її тривалістю й можливістю регулювання струму плавки. Для задоволення цих вимог ПЛ повинна бути оснащена автоматичною телеметричною інформаційно-вимірювальною системою моніторингу ПЛ, здатної в реальному масштабі часу забезпечувати персонал електромереж інформацією про стан контрольованих елементів лінії й величинах параметрів метеорологічних впливів на ПЛ.

Значний внесок у розробку теорії й технічну реалізацію плавки ожеледі на проводах сільських розподільних мереж напругою 10-35 внесли академік І. А. Будзко та його учні.

**Мета статті.** Аналіз відомих способів плавки ожеледі на проводах ПЛ із метою вибору й подальшої розробки найбільш дієвих з них стосовно до сільських електромереж напругою 10-35 кВ.

**Основні матеріали дослідження.** За останні п'ятнадцять років ожеледь на високовольтних лініях стала виникати все частіше [2]. Це призводить до систематичних пошкоджень сільських електромереж напругою 0,38-10 кВ.

При невеликому морозі, в умовах м'якої зими, на проводах осідають крапельки туману або дощу, покриваючи їх щільною крижаною "шубою" вагою кілька тонн на довжині кілометр. У результаті проводи рвуться, а опори ліній електропередач ламаються. Часті аварії на ЛЕП зв'язані, очевидно, із загальним потеплінням клімату й вимагають чимало сил і засобів на їхнє запобігання.

Сама велика аварія від ожеледі на проводах ПЛ сталася в Україні в листопаді 1975 р., коли було повністю паралізоване електропостачання Півдня України (Одеська, Миколаївська і частково Запорізька обл.) [1]. Повністю було паралізоване водопостачання в м. Одеса, яка отримує воду від Біляєвських озер. Подібні аварії приносять значний економічний збиток, на їхнє усунення йде кілька днів і затрачаються величезні кошти. Так, за матеріалами фірми "ОГРЭС", великі аварії через ожеледь за період з 1971 по 2001 рік багаторазово відбувалися в 44 енергосистемах Росії. Тільки одна аварія в Сочинських електромережах ВАТ "Кубаньенерго" з 12 по 22 грудня 2001 року привела до ушкодження 2,5 тис. км ПЛ напругою 0,38-220 кВ і припиненню електропостачання величезного району. Без електроенергії залишилося 320 тисяч людей [2].

Подібні аварії на ПЛ спостерігалися також в Західній Європі і в США. Так, наприклад, в Данії зафіксована аварія с каскадним ламанням опор, коли на одній лінії протягом 10 хвилин було поламано 165 опор. При інтенсивній ожеледі розподіл пошкоджень проводів по їхнім маркам більш ніж в 1000 прольотах характеризувалося наступним чином: АС 35 – 29,1%; АС 50 – 3,1%; А 35 – 21,2%; А 25 – 44,8%; ПС 25, АС 16 – 1,8%.

Як видно більшість пошкоджень (66%) приходить на алюмінієві проводи. Тому при побудові ПЛ слід виключити їхнє застосування III і IV районах по ожеледі алюмінієві проводи перерізом 35 мм<sup>2</sup> і менше.

На сьогоднішній день основним засобом підвищення надійності сільських ПЛ є плавка ожеледі струмом плавки  $I_{пл}$  від джерела постійного або змінного струму. При плавці від джерела постійного струму напруга джерела визначається за формулою

$$U_0 = I_{пл} \cdot R_{пр} \quad (1)$$

де  $I_{пл}$  – струм плавки, А;  
 $R_{пр}$  – активний опір проводу, Ом.

А при плавці від джерела змінного струму напруга джерела визначається за формулою

$$U \approx I_{пл} \sqrt{R_{пр}^2 + X_{пр}^2} \quad (2)$$

де  $X = 2\pi f L_{пр}$  – реактивний опір проводу при частоті  $f=50$  Гц, обумовлений взаємною індуктивністю проводів  $L_{пр}$ .

Для своєчасного розпочинання процесу плавки за участю автора запатентовано декілька пристроїв сигналізації про появу ожеледі на проводах ПЛ [3-7].

Принцип роботи більшості з них [4-7] заснований на використанні механічного датчика ожеледі ДГР-10

[5]. Пристрій сигналізації [4] додатково обладнаний блоком кодування на базі вакуумної дугогасильної камери КДВ-21.

На відміну від попередніх пристроїв [4-7], принцип дії "Пристрою для виявлення ожеледі" [3] заснований на контролі зміни ємності кола "фаза-земля" при появі ожеледі. Працює пристрій наступним чином. При подачі напруги високочастотний генератор збуджується і генерує сигнал високої частоти, величина якого залежить від ємності кола "фаза-земля", тобто від товщини ожеледі на проводах і вологості повітря. Для використання пристрою на лініях різної довжини підсилювач високочастотного сигналу обладнаний елементом регулювання коефіцієнта підсилення. Наявність датчика вологості дозволяє виключити похибку від впливу вологості повітря.

Нами також запатентовано "Пристрій для плавки ожеледі в мережах з ізолюваною нейтраллю" [8], до яких належать саме сільські розподільчі мережі напругою 10 кВ. Названий пристрій забезпечує пофазну плавку ожеледі накладеним струмом без відключення електроспоживачів, а також дистанційне керування процесом плавки. Особливістю названого пристрою є пофазний нагрів проводів накладеним струмом парних гармонік і автоматичне дистанційне перемикачів закорочувальних перемичок, що значно скорочує тривалість плавки ожеледі, підвищуючи тим самим її ефективність [8].

Заслуговує на увагу також принципово новий спосіб недопущення ожеледі на проводах за рахунок попереднього прогрівання проводів струмом високої частоти (сотні МГц) [2].

Розігрів ліній електропередач струмами високої частоти дозволяє запобігати утворенню ожеледі на проводах, оскільки можна нагріти їх до 10...20°C, не чекаючи утвору щільного льоду. Відключення від електричної мережі споживачів не буде — високочастотний сигнал до них не проникне.

Для перевірки ефективності запропонованого методу в Московському інституті радіоелектроніки і автоматики (МІРЕА) був проведений лабораторний експеримент. Генератор потужністю 30 Вт, частотою 100 МГц підключили до двохпровідної лінії довжиною 50 м, розімкненої на кінці, із проводами діаметром 0,4 мм і відстанню між ними 5 мм.

Під дією електромагнітної хвилі температура нагрівання двохпровідної лінії склала 50...60 °С при температурі повітря 20 °С. Результати експерименту із задовільною точністю збіглися з результатами розрахунків. Підкреслимо: спосіб дозволяє не допускати появи ожеледі на проводах, а не починати з ним боротися після того, як крижана «шуба» їх огорне [2]. Проте цей спосіб ще не апробовано в діючих мережах, і він вимагає подальших досконалих досліджень.

**Висновки.** Пристрої сигналізації про ожеледь на проводах ПЛ дозволяють своєчасно розпочати процес плавки, яка на сьогодні є одним з дієвих засобів підвищення надійності ПЛ. Заслуговує на увагу також спосіб попереднього прогрівання проводів струмами високої частоти в декілька сотень МГц.

## Список використаних джерел

1. Жарков В. Я. Разработка эффективных методов и устройств контроля гололедообразования для защиты сельских электрических сетей от аварийных режимов / В. Я. Жарков, Б. И. Зубенко, Е. Н. Антонов и др. // Научный отчет МИМСХ.- № ГР 01860043778.- Мелитополь, 1987. - 61с.

2. Каганов В. Как расплавить гололед на проводах / В. Каганов // Наука и жизнь. - 2008.- № 8.

3. А.с 687516 СССР, МКИ<sup>2</sup> H02G7/16. Устройство для обнаружения гололеда / В. Я. Жарков, А. М. Королев, Ф. Ш. Хабибуллин (СССР). - № 2600437/24-07; заявл. 06.04.78; опубл. 25.09.79, Бюл. № 35. - 3 с.

4. А.с. 638997 СССР, МКИ<sup>2</sup> G08B19/02. Устройство для дистанционной сигнализации о гололеде на проводах линий электропередачи / В. И. Малов, В. Я. Жарков, (СССР). - № 2501974/18-24; заявл. 01.07.77; опубл. 25.12.78. - Бюл. № 47.-3 с.

5. А.с. 736243 СССР, МКИ<sup>2</sup> H02G7/16. Устройство контроля процессов гололедообразования / В. И. Малов, В. Я. Жарков, С. А. Шумахер (СССР). - № 2502066/24-07; заявл. 01.07.77; опубл. 25.05.80, Бюл. № 19.-3 с.

6. А.с. 739677 СССР, МКИ<sup>2</sup> H02G7/16. Устройство для дистанционной сигнализации о гололеде на проводах линий электропередачи / В. И. Сукманов, В. И. Малов, В. Я. Жарков (СССР). - № 2574159/24-07; заявл. 24.01.78; опубл. 05.06.80, Бюл. № 21.-3 с.

7. А.с. 838851 СССР, МКИ<sup>3</sup> H02G7/16. Устройство для дистанционной сигнализации о гололеде на проводах линий электропередачи / В. Я. Жарков, Н. М. Зуль, В. И. Сукманов и др. (СССР). - № 2777645/24-07; заявл. 07.06.79; опубл. 15.06.81, Бюл. № 22.-3 с.

8. А.с. 1410158 СССР, МКИ<sup>4</sup> H02G7/16. Устройство для плавки гололеда в сетях с изолированной нейтралью / Б. И. Зубенко, В. Я. Жарков (СССР). - № 4045378/24-07; заявл. 01.04.86; опубл. 15.07.88, Бюл. № 26.- 4 с.

## Аннотация

### ПЛАВКА ГОЛОЛЕДА НА ПРОВОДАХ - ДЕЙСТВЕННЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ВЛ

Жарков В. Я.

*Приведено описание запатентованных устройств сигнализации и плавки гололеда на проводах ВЛ.*

## Abstract

### MELTING ICE - CRUSTED GROUND ON WIRES EFFECTIVE WAY TO IMPROVE THE RELIABILITY OF OVERHEAD POWER LINES

V. Zharkov

*The description of the patented devices and melting of ice on wires electric lines.*