



УДК 621.315.17

DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-34

## ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ПЛАВКИ ОЖЕЛЕДИЦІ ПОВІТРЯНОЇ ЛІНІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕНЕРАТОРА ЗОНДУЮЧИХ ІМПУЛЬСІВ

Чебанов А. Б., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

e-mail: andrii.chebanov@tsatu.edu.ua

**Анотація** - однією з головних задач будь-якої енергосистеми є надійне електропостачання споживачів, котре здійснюється переважно через повітряні лінії електропередачі. Одна із серйозних причин аварій в електроенергетичних системах полягає в утворенні щільного крижаного осаду – ожеледі – при намерзанні переохолоджених крапель дощу, мряки або туману при температурі від 0 до – 50°C на проводах високовольтних ліній електропередачі. В Україні систематично спостерігаються такі пошкодження повітряних ліній електропередачі (ПЛ), що викликані впливом ожеледяних і вітрових навантажень, так як країна знаходиться в зоні помірного кліматичного поясу з ознаками, переважно, помірно континентального клімату, для якого характерні м'які зими. Ці фактори і є сприятливими для відкладання ожеледі на лініях електропередачі. Тому, на сьогоднішній день в країні є актуальним питання пошуку мало енергоємних і ефективних способів боротьби з ожеледяними відкладеннями. У даній статті запропоновано здійснювати плавку ожеледі на повітряних лініях за допомогою генератора зондуючих імпульсів та приймача цих імпульсів. Представлено структурну схему плавлення ожеледі при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази. Розкрито її зміст. Представлено електричну схему блока плавлення при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази та із виділенням кожного проводу у фазі. Розкрито їх зміст. Запропонований спосіб плавки ожеледиці повітряної лінії за допомогою генератора зондуючих імпульсів потребує застосування меншого додаткового обладнання, а при подальшій експлуатації можна отримати більший економічний ефект у порівнянні з традиційними способами плавки ожеледиці.

**Ключові слова** – ожеледиця, плавка, повітряна лінія, генератор зондуючих імпульсів, розщеплена фаза.

**Постановка проблеми.** Однією із головних задач будь-якої енергосистеми є надійне електропостачання споживачів, котре здійснюється переважно через повітряні лінії електропередачі. Одна із серйозних причин аварій в електроенергетичних системах полягає в утворенні щільного крижаного осаду – ожеледі – при намерзанні переохолоджених крапель дощу, мряки або туману при температурі від 0 до – 50°C на проводах високовольтних ліній електропередачі. Товщина льоду на лініях електропередачі може досягати 300 мм і більше, істотно обтяжуючи їх і приводячи до розриву. Від ожеледиці у



високовольтних лініях електропередачі страждають багато країн світу, в тому числі Україна, північні європейські країни, Канада, Росія. У кожній з названих країн через ожеледицю в енергосистемах відбувається в рік до 6-8 великих аварій [1]. Тому, на сьогоднішній день в країні є актуальним питання пошуку ефективних та невеликих за собівартістю способів боротьби з ожеледяними відкладеннями.

*Аналіз останніх досліджень.* Основним існуючим методом боротьби з ожеледицею при експлуатації протяжних повітряних ліній є його плавка за рахунок нагрівання проводів струмом, що протікає по ним. Існує досить велика кількість схем плавки ожеледі, які визначаються схемою електричної мережі, навантаженням споживачів, можливістю відключення ліній та іншими факторами. Плавка ожеледі змінним струмом застосовується тільки на лініях з напругою нижче 220 кВ з проводами перерізом менше, ніж 240 мм<sup>2</sup>. На інших повітряних лініях плавка здійснюється випрямленим струмом. Але такі методи плавки мають ряд недоліків, таких як, складна схема, необхідність додаткового обладнання, значні витрати енергії, необхідність у відключенні споживачів. При використанні постійного струму можлива лише дискретність у виборі струму плавки, що не завжди є вірним, також необхідні спеціальні установки, виконані на базі некерованих мостових випрямлячів.

*Формулювання цілей.* Обґрунтування способу плавки ожеледі що виникає на повітряних лініях за допомогою генератора зондуючих імпульсів.

*Основні матеріали дослідження.* Спосіб плавки ожеледі за допомогою генератора зондуючих імпульсів та приймача цих імпульсів дозволяє проводити сигналізацію та плавку ожеледі на повітряних лініях електропередач з розщепленою фазою без відключення споживачів і якогось обмеження подачі їм електроенергії. Надійність та ефективність досягається шляхом вдосконалення та усунення недоліків існуючих пристроїв.

Додаткове встановлення в схему блоку для плавки ожеледі дозволить своєчасно проводити профілактичний нагрів проводів та грозозахисних тросів і запобігти виникненню аварій на повітряних лініях, збільшити строк експлуатації, підвищити ефективність їх роботи [2]. Пристрій має в схемі додатково введений блок плавки ожеледі, який представлено розподільчим пристроєм, на кожен провід фази якого встановлюється окремий комутаційний апарат в поєднанні зі стаціонарними шунтуючими перемичками між проводами фази [3].

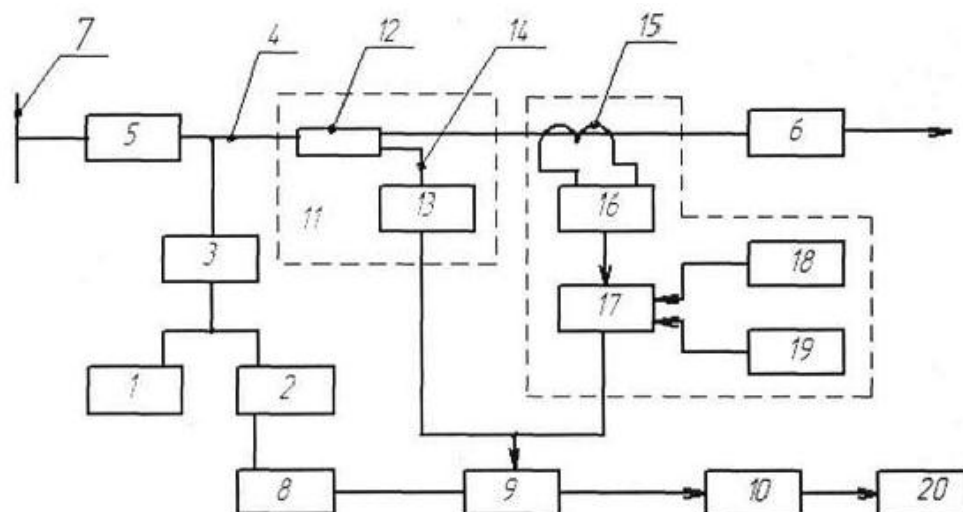


Рис.1. Блок-схема блоку плавлення ожеледі при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази

Встановлення блоку плавки ожеледі дозволяє автоматично проводити плавку ожеледі при виникненні ситуації, що засвідчує попередній блок сигналізації ожеледяно-паморозових відкладень на повітряній лінії. При цьому схему плавки ожеледі збирають в залежності від кількості проводів у розщеплених фазах із застосуванням стаціонарних шунтуючих перемичок і комутаційних апаратів в розподільчих пристроях, а перетин проводів розщепленої фази розраховують з умови достатнього їх нагріву для плавки ожеледі робочим струмом навантаження в фазі, при проходженні цього струму тільки по одному дроту розщепленої фази.

Система складається з генератора зондуєчих імпульсів 1, приймача 2, системи під'єднань 3, ділянки проводу лінії електропередач, що контролюється 4, високочастотних загороджувачів 5 і 6, що встановлені відповідно в його початку та кінці, шин підстанції 7, блока виміру часу 8, вихід якого з'єднаний з першим входом розрахункового пристрою 9, сигналізатора появи ожеледі 10, манометричного термометру 11, термобалону 12, блока вимірювання температури 13, капіляра 14, трансформатору струму 15, вимірювального перетворювача струму навантаження 16, блока визначення температури 17, та вимірювального перетворювача температури 18 і швидкості вітру 19, блоку плавлення ожеледі 20.

Схема блоку плавлення ожеледі при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази складається з розподільчого пристрою плавлення ожеледі 21, що розташовано по межах зони утворення ожеледі 22, та містять шини фази 23, проводи 24 розщепленої фази, шунтуючі перемички 25, комутаційні апарати 26.

Система працює наступним чином. Зондуєчі імпульси від генератора 1 через систему з'єднань 3 поступають на початок ділянки проводу 4. Далі ці імпульси розповсюджуються уздовж ділянки проводу



4 і відображаються від загороджувача 6, який встановлений на його кінці. Відтворені від кінця ділянки проводу 4 імпульси, повертаються на його початок, відображаються від 5 і знов через систему приєднання 3 поступають на вхід приймача 2, де фільтруються і підсилюються, а потім поступають в блок вимірювання часу 8, де проводиться визначення часу розповсюдження зонduючих імпульсів від його початку і до кінця. Час розповсюдження зонduючих імпульсів залежить від швидкості розповсюдження самого імпульсного сигналу по ділянці проводу 4. При появі ожеледі швидкість розповсюдження імпульсного сигналу знижується за рахунок зміни діелектричних властивостей середовища та температури проводу повітряної лінії. Крім цього, під дією маси ожеледі відбуваються додаткові збільшення довжини ділянки проводу 4 відносно значення її початкової довжини. З розрахункового пристрою 9 по отриманим значенням часу розповсюдження зонduючих імпульсів і температури, імпульсний сигнал подається на манометричний термометр 11, який, в свою чергу, реагує на зміну параметрів температури навколишнього середовища, а саме на зниження температури, потім подає імпульс на термобалон 12, який закріплений на ділянці проводу 4, далі імпульсний сигнал, проходить через капіляр 13 і подається на блок вимірювання температури 14, який має телемеханічний зв'язок з розрахунковим пристроєм 9, після чого подається сигнал на спрацювання сигналізатора утворення ожеледі 10. Далі відбувається контроль по каналу визначення температури посереднім шляхом. На ділянці проводу 4 встановлений трансформатор струму 15, який подає сигнал на вимірювальний перетворювач струму навантаження 16, фіксується значення температури в блоці 17 на основі вимірювання температури 18 та швидкості вітру 19, які з'єднані за допомогою телемеханічної лінії зв'язку та встановлені на постах контролю ожеледі у декількох місцях на протязі лінії електропередач. З блоку 17 подається інформація на вхід розрахункового пристрою 9, далі при зміні параметрів відбувається команда на спрацювання сигналізатора утворення ожеледі 10, після обробки даних сигналізатора поступає команда в блок плавлення ожеледі 20. Далі в залежності від обраної схеми плавки ожеледі, проводиться плавка ожеледі на проводах повітряної лінії.

При реалізації повної схеми плавлення ожеледі при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази (рисунок 2) на ділянки повітряної лінії електропередач, схильних до утворення ожеледі 22. Плавлення ожеледі в цьому випадку відбувається одночасно на всіх проводах фази, де встановлено розподільні пристрої плавлення ожеледі 21, число розподільчих пристроїв плавлення ожеледі залежить від протяжності обмерзання ділянки. Передається сигнал на шини 23 та через проводи розщепленої фази 24 повітряних ліній електропередач відбувається плавка ожеледі робочим струмом навантаження в фазі, при проходженні

цього струму тільки по одному дроту розщепленої фази. Кількість комутаційних апаратів 26 в розподільному пристрої плавлення ожеледі в цьому випадку менше кількості проводів розщепленої фази, при цьому також використовуються стаціонарні шунтуючі перемички 25 між проводами фази.

При реалізації повної схеми плавлення ожеледі з виділенням кожного проводу у фазі 30 (рисунок 3), що можливо при будь-якій кількості проводів розщепленої фази 29, в розподільному пристрої 27, що розташований по межах зони утворення ожеледі 28, на кожен провід фази встановлюють окремий комутаційний апарат 32, розрахований на повний фазний струм, в поєднанні зі стаціонарними шунтуючими перемичками 31 між проводами фази, які встановлюють після комутаційних апаратів в бік сусіднього розподільного пристрою плавлення ожеледі. Плавка ожеледі в цьому випадку йде по чергово в проводах фази. При непарній кількості проводів розщепленої фази і парній кількості проводів розщепленої фази, рівним більш 2-х проводів, можлива комбінована схема плавлення ожеледі [4].

При виборі типу комутаційного апарата враховують рівні напруги та струму в повітряних лініях електропередачі.

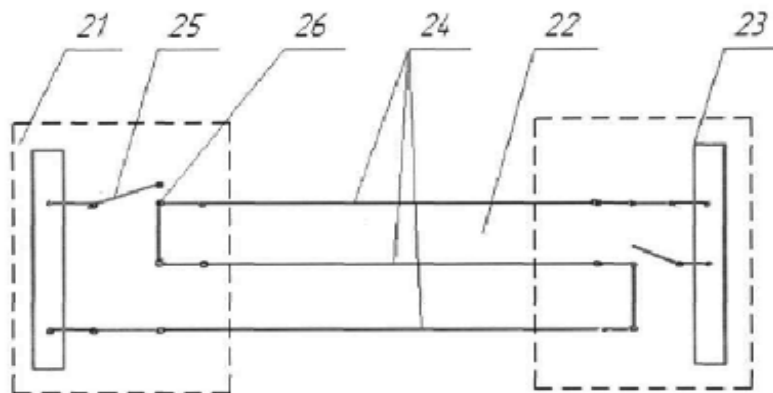


Рис. 2. Електрична схема блока плавлення при послідовно з'єднаних проводах розщепленої фази.

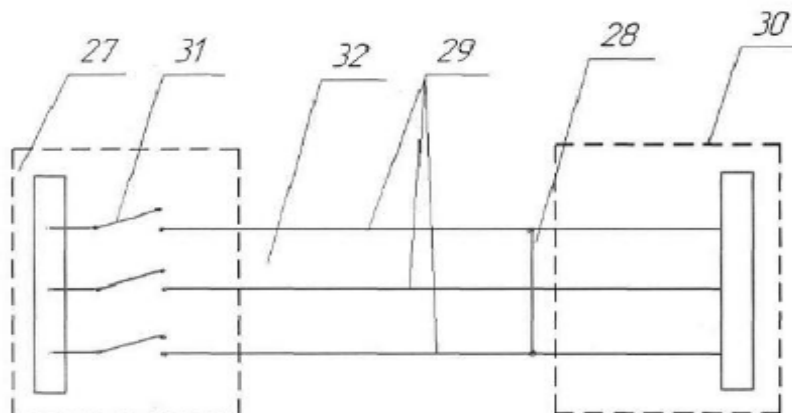


Рис. 3. Схема блока плавлення ожеледі і з виділенням кожного проводу в фазі.



**Висновки.** Запропоновано спосіб плавки ожеледиці повітряної лінії за допомогою генератора зондуючих імпульсів, який потребує застосування меншого додаткового обладнання, а при подальшій експлуатації можна отримати більший економічний ефект у порівнянні з традиційними способами плавки ожеледиці.

#### *Література*

1. Арайс Р. Ж. Испытания и измерения в электросетях 0,4-20 кВ / Р. Ж. Арайс, И. О. Сталтманис. – М.: Энергия, 1979. – 104 с.
2. Щербакова О. І. Обґрунтування вибору обмежувачів перенапруг як засобу захисту розподільчих мереж / О. І. Щербакова // Матеріали науково-технічної конференції магістрів та студентів Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Вип. X, т. 1. – Мелітополь, 2012. – С. 36-38
3. Локационный мониторинг неоднородностей распределительных электрических сетей / Р. Г. Минуллин [и др.] // Электротехника. – 2006. – № 5. – С. 2-10.
4. Пат. 59680 Україна, МПК (2009) H02G 7/16. Система сигналізації та плавки ожеледі на проводах повітряної лінії / Л. Р. Коваленко, О. І. Коваленко, О. І. Щербакова. – №u201013228; заявл. 08.11.10; Опубл. 25.05.11, бюл. № 10.

### **ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАТОРА ЗОНДИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ**

Чебанов А. Б.

#### **Аннотация**

Одной из главных задач любой энергосистемы является надежное электроснабжение потребителей, которое осуществляется преимущественно через воздушные линии электропередач. Одна из серьезных причин аварий в электроэнергетических системах состоит в образовании плотного ледяного осадка – гололеда – при намерзании переохлажденных капель дождя, мороси или тумана при температуре от 0 до – 50°С на проводах высоковольтных линий электропередачи. В Украине систематически наблюдаются такие повреждения воздушных линий электропередачи (ВЛ), вызванных воздействием гололедных и ветровых нагрузок, так как страна находится в зоне умеренного климатического пояса с признаками, преимущественно, умеренно континентального климата, для которого характерны мягкие зимы. Эти факторы и являются благоприятными для отложения гололеда на линиях электропередачи. Поэтому, на сегодняшний день в стране является актуальным вопрос поиска малоэнергоёмких и эффективных способов борьбы с гололедными отложениями. В данной статье предложено осуществлять плавку гололеда на воздушных линиях с помощью генератора зондирующих импульсов и приемника этих импульсов. Представлена структурная схема плавки гололеда при последовательно соединенных проводах расщепленной фазы. Раскрыто ее содержание. Представлена электрическая схема блока плавления при последовательно соединенных проводах расщепленной фазы и с выделением каждого провода в фазе. Раскрыто их содержание. Предложенный способ плавки



гололеда воздушной линии с помощью генератора зондирующих импульсов требует применения меньшего дополнительного оборудования, а при дальнейшей эксплуатации можно получить больший экономический эффект по сравнению с традиционными способами плавки гололеда.

## **JUSTIFICATION OF THE MODE OF FUSION OF ICE OVERHEAD LINES BY MEANS OF THE GENERATOR OF PROBING PULSES**

A. Chebanov

### *Summary*

One of the main tasks of any power system is a reliable power supply to consumers, which is carried out mainly through overhead power lines. One of the major causes of accidents in electric power systems is the formation of a dense ice sludge – ice – when freezing overcooled drops of rain, frost or fog at a temperature from 0 to 50 ° C on the wires of high – voltage power lines. In Ukraine, systematically observed such damage overhead power lines (VL) caused by exposure to ice and wind loads, as the country is in the zone of temperate climatic zone with signs, mainly temperate continental climate, characterized by mild winters. These factors are favorable for the deposition of ice on power lines. Therefore, today in the country the question of search of low-energy-intensive and effective ways of fight against ice deposits is actual. In this article it is offered to carry out melting of ice on air lines by means of the generator of sounding impulses and the receiver of these impulses. The structural scheme of ice melting at sequentially connected wires of the split phase is presented. Its content is disclosed. The electric scheme of the melting unit is presented at series - connected wires of the split phase and with the release of each wire in the phase. Their content is disclosed. The proposed method of melting ice of the air line using the sounding pulse generator requires the use of smaller additional equipment, and further operation can be more cost-effective compared to traditional methods of melting ice.

*Keywords:* ice, melting, air line, oscillating pulse generator, open-loop phase.