

## АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ РОЗРАХУНКУ КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПОВІТРЯНІ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ

Савченко О. А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Проведено аналіз існуючих підходів розрахунку кліматичних навантажень на повітряні лінії електропередавання та виявлено їх недоліки.*

**Постановка проблеми.** Повітряні лінії електропередавання (ПЛ) працюють в умовах впливу на них численних експлуатаційних і кліматичних факторів. Найбільш небезпечними є екстремальні кліматичні впливи у вигляді сполучень ожеледних та вітрових навантажень на проводи та грозотроси ПЛ. Такі впливи є випадковими метеорологічними явищами, які, як правило, одночасно охоплюють великі райони, мають масовий характер і тому приносять значні матеріальні збитки. Статистичні дані показують, що середній період повторюваності масових ожеледно-вітрових аварій в розподільних електричних мережах України складає 10 років [1]. Без електричної енергії на декілька діб залишаються цілі райони електричних мереж. Основою забезпечення механічної міцності ПЛ є використання адекватних підходів під час розрахунку кліматичних навантажень.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Як зазначається в [2], причиною механічних пошкоджень ПЛ внаслідок дії кліматичних навантажень є:

а) помилки при проектуванні – це помилки розрахунку як окремих елементів ПЛ, так і лінії в цілому внаслідок недосконалості нормативних матеріалів, методів розрахунку та помилок в самих розрахунках;

б) недоліки при виготовленні елементів ПЛ, що викликані недосконалістю технологій та низькою технологічною дисципліною окремих підприємств;

в) помилки етапу монтажу ПЛ, пов'язані з відхиленням від проектів, порушенням технології монтажу і т.д.;

г) недоліки експлуатації, які полягають у порушенні норм, регламентованих Правилами технічної експлуатації.

Першим і одним з основних є етап проектування ПЛ. Про його неточності відзначається досить давно [3]. Одним з основних питань етапу є розрахунок величини кліматичних навантажень на конструкції ПЛ.

**Мета статті.** Метою статті є аналіз існуючих підходів розрахунку кліматичних навантажень на повітряні лінії електропередавання.

**Основні матеріали дослідження.** Згідно діючих ПУЕ [4], під час розрахунку механічної частини ПЛ використовуються так звані "класи безвідмовності ліній". Клас безвідмовності лінії приймається в залежності від її номінальної напруги, табл. 1. Окрім цього, для кожного класу безвідмовності встановлено періоди повторюваності кліматичних впливів, які використовуються для розрахунку величини кліматичних навантажень на елементи конструкцій ПЛ. У табл. 1 наведено значення періодів повторюваності,

що приймаються під час розрахунку проводів та тросів ПЛ на механічну міцність.

Зв'язок періоду повторюваності  $T$  з інтегральною функцією розподілення деякої випадкової величини, наприклад, максимальної швидкості вітру  $v$  за рік, задається рівнянням

$$T(v \geq v_0) = \frac{1}{1 - F(v_0)}, \quad (1)$$

де  $v_0$  – деяке значення швидкості вітру;

$T(v \geq v_0)$  – період повторюваності події  $v \geq v_0$ ;

$F(v_0)$  – значення інтегральної функції розподілення для  $v_0$ .

При цьому вважається, що швидкість вітру не буде перевищувати значення  $v_0$  в середньому  $T$  років. Але сам період повторюваності є величиною випадковою, оскільки ніщо не заважає виникненню події  $v \geq v_0$  підряд два, три і більше років, а також ніщо не заважає її виникненню через деякий період  $T_0 > T$ . Оскільки  $F(v_0)$  є ймовірністю того, що  $v < v_0$  в одному році, то ймовірність того, що ця подія відбудеться в кожному з  $T_n$  разів, тобто протягом  $T_n$  років, за умови незалежності кожної з подій, визначається рівнянням

$$P(T_n) = [F(v_0)]^{T_n}, \quad (2)$$

де  $T_n$  – період неперевищення, протягом якого з ймовірністю  $P(T_n)$  гарантується виконання умови  $v < v_0$ , років.

Значення функції розподілення  $F(v)$  для різних значень  $T_n$  та  $P(T_n)$  наведені в табл. 2. Тут також вказано періоди повторюваності, що відповідають даному рівню функції розподілення. Як видно, періоди неперевищення співпадають з періодами повторюваності на рівні ймовірності  $P(T_n) = 0,35$ , тобто лише з ймовірністю 0,35 існуючі норми проектування гарантують відсутність аварій протягом відповідного періоду часу, що надзвичайно мало. Такі норми проектування ПЛ значно відстають від вимог світових стандартів та повністю не відповідають їм в питаннях забезпечення надійності роботи конструкцій, що приводить до значних невиробничих витрат на ліквідацію аварій. Для порівняння вітчизняних норм із світовими, в табл. 3 наведено нормативні значення періодів повторюваності, встановлених Міжнародною електротехнічною комісією (МЕК) [5]. Як видно з порів-

няння даних табл. 2 та 3, міжнародні норми проектування закладають в розрахунок значення ймовірності

неперевищення  $P(T_n) \geq 0,9$ .

Таблиця 1 – Класи безвідмовності ПЛ та нормативні періоди повторюваності кліматичних навантажень згідно ПУЕ

Клас напруги ПЛ, кВ	Клас безвідмовності ПЛ	Період повторюваності кліматичних навантажень, що використовується під час розрахунку проводів та тросів ПЛ, років
<1	1	5
1 – 35	2	10
110 – 330	3	15
500 – 750	4	25

Таблиця 2 – Значення функції розподілення для періодів неперевищення  $T_n = 5, 10, 15, 25$  років, гарантованих з ймовірністю  $P(T_n)$

Клас напруги ПЛ, кВ	Період неперевищення $T_n$ , років	Значення функції розподілення (періоду повторюваності) для ймовірності $P(T_n)$		
		0,35	0,9	0,95
<1	5	0,8106 (5)	0,9792 (48)	0,9898 (98)
1 – 35	10	0,9003 (10)	0,9895 (95)	0,9949 (196)
110 – 330	15	0,9324 (15)	0,9930 (143)	0,9966 (294)
500 – 750	25	0,9589 (25)	0,9958 (238)	0,9980 (488)

Таблиця 3 – Періоди повторюваності кліматичних впливів, встановлені МЕК

Клас напруги ПЛ, кВ	Період повторюваності, років
<230	50
230	150
>230	500

**Висновки.** Існуючі вітчизняні норми проектування механічної частини ПЛ передбачають використання досить низьких значень ймовірності неперевищення допустимих кліматичних навантажень в порівнянні із світовими стандартами, що приводить до недостатньої надійності ПЛ.

#### Список використаних джерел

1. Усманов Ф. Х. Обеспечение надежности работы ВЛ в гололедных районах / Ф. Х. Усманов, А. Л. Лившиц // Электрические станции. – 1986. – №4. – С. 50-52.
2. Крыжов Г. П. К вопросу автоматизации анализа ГВП ВЛ 0,4-35 кВ / Г. П. Крыжов // Энергетика и электрификация. – 1995. – №3. – С. 12-16.
3. Нарожный В. Б. Вопросы повышения надёжности ЛЭП / В. Б. Нарожный // Энергетика и электрификация. – 2000. – №1. – С. 37-41.
4. Правила улаштування електроустановок. – 5-те вид., переробл. й доповн. – Х.: Видавництво "Форт", 2014. – 800 с.
5. Никифоров Е. П. Нагрузки и прочность ВЛЭП согласно документу МЭК № 826 / Е. П. Никифоров // Материалы VI Симпозиума "Электротехника 2010". – Т. 1.2.15.

#### Аннотация

#### АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ РАСЧЕТА КЛИМАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Савченко А. А.

*Проведен анализ существующих подходов расчета климатических нагрузок на воздушные линии электропередачи и указаны их недостатки.*

#### Abstract

#### THE ANALYSIS OF EXISTING APPROACHES OF CALCULATION OF CLIMATIC LOADS OF AERIAL POWER LINES

O. Savchenko

*The analysis of existing approaches of calculation of climatic loads of aerial power lines is carried out and their shortcomings are specified.*