

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ ПЛАВЛЕННЯ ОЖЕЛЕДІ НА ГРУПІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗАНИХ ПЛ 6–10 КВ ШЛЯХОМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Савченко О. А.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Розроблено імітаційну модель плавлення ожеледі на групі взаємозв'язаних ПЛ 6–10 кВ, на основі якої визначено ряд параметрів режиму плавлення відкладень*

**Постановка проблеми.** З економічних міркувань плавлення ожеледно-паморозових відкладень (ОПВ) на повітряних лініях електропередавання (ПЛ) 6–10 кВ розподільних електричних мереж проводиться з використанням спільної для декількох ліній електросилової установки плавлення відкладень. Як правило, це відхідні ПЛ 6–10 кВ (або ділянки ПЛ) однієї районної трансформаторної підстанції 110–35/6–10 кВ [1]. Такі лінії виявляються взаємозв'язаними за режимом плавлення ожеледі, плавлення відкладень на них проводиться почергово. У зв'язку з цим, виникає задача визначення мінімальної потужності плавлення відкладень, яка повинна забезпечуватись електросиловою установкою для недопущення перевищення нормативних навантажень від ожеледі на останніх за чергою лініях. Крім цього, для розрахунку ряду показників схем плавлення ожеледі, необхідно знати такі параметри режиму плавлення як середня кількість циклів плавлень та середній час одного плавлення для відкладень різного виду.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В [2] відмічається, що для створення необхідної швидкості знімання ОПВ на взаємозв'язаних ПЛ 6–10 кВ потужність плавлення повинна забезпечувати рахунковий час плавлення не більше 30 хв. Це значення отримано на основі досвіду експлуатації ПЛ в ожеледних районах. В [1] рекомендується сумарний час плавлення із запасом, який враховує похибку розрахунку, не більше 1 год, хоча теоретичне обґрунтування даної величини також відсутнє. При розрахунках показників схем плавлення ожеледі кількість циклів плавлень та час плавлень також приймаються, як правило, на основі досвіду експлуатації ПЛ, без розрізнення за видами відкладень [2]. Попередній аналіз показав, що уточнення параметрів режиму плавлення ОПВ можливе на основі імітаційного моделювання.

**Мета статті.** Метою дослідження є визначення параметрів режиму плавлення ожеледних відкладень на основі імітаційного моделювання.

**Основні матеріали дослідження.** Імітаційна модель плавлення ожеледі на групі взаємозв'язаних ПЛ 6–10 кВ була побудована при таких спрощеннях:

1) наростання відкладень починається і закінчується одночасно на всіх взаємозв'язаних ПЛ, показники метеоситуації та щільність відкладень є однаковими і незмінними в часі для всіх ПЛ та відповідають середнім значенням для даного виду відкладень;

2) магістралі всіх ПЛ виконано однаковою маркою АС-70 та розраховані на однакову нормативну товщину стінки ожеледі;

3) всі ПЛ характеризуються однаковою потужністю плавлення відкладень.

Програмну реалізацію імітаційної моделі здійснено в рамках Mathcad. На першому етапі імітаційного моделювання була поставлена задача визначення мінімальної потужності плавлення ожеледі за умовою забезпечення необхідної швидкості знімання відкладень на взаємозв'язаних ПЛ 6–10 кВ. Вихідними даними при моделюванні слугували статистично задані інтенсивність та час наростання відкладень кожного виду [3]. При визначенні мінімальної потужності плавлення було закладено величину ймовірності неперевищення нормативного навантаження від ожеледі на ПЛ  $P_n=0,95$ . В результаті моделювання встановлено, що найжорсткіші вимоги щодо потужності плавлення для забезпечення належної швидкості знімання відкладень спостерігаються у випадку виникнення ожеледі. Це пояснюється високими інтенсивністю утворення та щільністю цього виду ОПВ. На рис. 1 наведено криві залежностей мінімальної потужності плавлення від кількості взаємозв'язаних ПЛ в різних районах кліматичних умов за ожеледдю (РКУО). Для отриманих експериментальних даних було підібрано рівняння регресії, які мають вигляд поліномів другої степені, табл. 1. Визначення коефіцієнтів рівнянь регресії проводилось за методом найменших квадратів. Для третього–особливого РКУО результати розрахунку виявились досить близькими, що дало можливість отримати спільне рівняння регресії. В табл. 1 наведено також максимальну кількість взаємозв'язаних ПЛ, при якій плавлення можливе у випадку наявності одного каналу обслуговування, тобто при одночасному плавленні ОПВ лише на одній ПЛ. При більшій кількості ПЛ мінімальна потужність плавлення перевищує максимальне значення, при якому на ділянках ПЛ, вільних від ожеледі, температура проводів в тривалому режимі плавлення перевищує допустиме значення (для проводу АС-70  $P_{0max}=131$  кВт/км [2]). У такому випадку необхідно проводити одночасне плавлення ОПВ на двох і більше ПЛ.

На другому етапі моделювання була поставлена задача визначення середньої кількості циклів плавлень  $k$  при виникненні ожеледної ситуації та середнього часу одного плавлення  $t_{пл}$ . При цьому інтенсивність та час наростання приймались рівним середнім значенням [3]. Результати моделювання наведені в табл. 2.

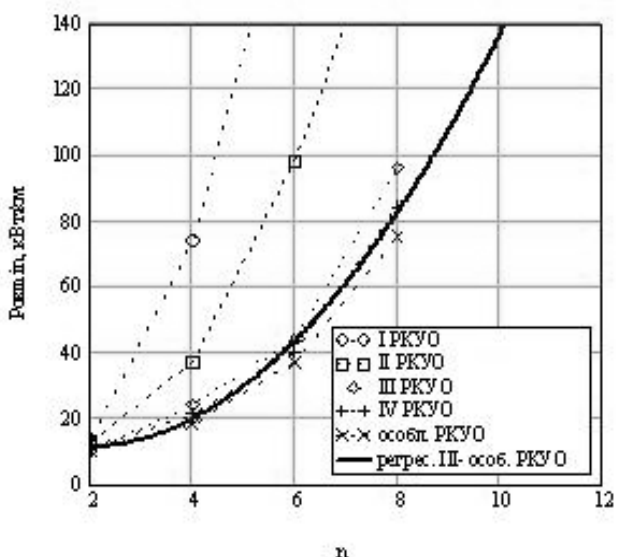


Рисунок 1 – Графіки залежностей  $P_{0e\min} = f(n)$  для різних РКУО

Таблиця 1 – Рівняння регресії між кількістю взаємозв'язаних ПЛ 6–10 кВ та мінімальною потужністю плавлення ожеледі

РКУО	Рівняння регресії	Максимальна кількість взаємозв'язаних ПЛ
I	$P_{0e\min} = 8 - 10,5n + 6,75n^2$	5
II	$P_{0e\min} = 14 - 8,15n + 3,63n^2$	7
III-особл.	$P_{0e\min} = 17,5 - 6,95n + 1,88n^2$	10

Таблиця 2 – Результати розрахунків середньої кількості циклів плавлень  $k$  та середнього часу одного плавлення  $t_{nl}$  (год) в різних РКУО

РКУО	Вид ОПВ							
	Ожеледь		Зерниста паморозь		Мокрий сніг		Складне відкладення	
	$k$	$t_{nl}$	$k$	$t_{nl}$	$k$	$t_{nl}$	$k$	$t_{nl}$
I	1	0,22	1	0,30	1	0,09	1	0,32
II	1	0,35	1	0,36	0	0,15	1	0,39
III	1	0,48	1	0,42	0	0,21	1	0,46
IV	2	0,61	1	0,47	0	0,27	2	0,52
Особл.	2	0,74	1	0,53	0	0,32	2	0,59

Розрахунки на імітаційній моделі показали, що середня товщина стінки ОПВ, при якій починається плавлення, за всі цикли плавлень практично відповідає нормативному навантаженню. Таким чином, середній час плавлення ОПВ кожного виду за ожеледну ситуацію при середніх метеоумовах буде залежати від потужності плавлення. В табл. 2 наведе-

но середній час плавлення ОПВ для потужності плавлення  $P_{0e} = 50$  кВт/км [2].

**Висновки.** На основі досліджень імітаційної моделі плавлення ожеледі на групі взаємозв'язаних ПЛ 6–10 кВ встановлено, що мінімальна потужність плавлення, що потрібна для забезпечення необхідної швидкості знімання відкладень на лініях, які проходять в третьому-особливому кліматичному районі за ожеледдю, складає від 18 до 60 кВт/км для кількості ПЛ (ділянок ПЛ) від 3 до 7 відповідно. Наявність одного каналу обслуговування ПЛ при проведенні плавлення ожеледі дозволяє проводити захист не більше ніж 10 ліній (ділянок ліній). Середня кількість циклів плавлень складає 1–2 в залежності від виду відкладення та кліматичного району.

#### Список використаних джерел

1. Руководящие указания по плавке гололеда на ВЛ напряжением до 20 кВ, проходящих в сельской местности : РД 34.20.512. – М.: ВНИИЭ, 1974, 57 с.
2. Сунцов А. А. Выбор основных характеристик и расчетных условий для проектирования схем плавок гололеда на ВЛ 6–500 кВ / А. А. Сунцов, А. Л. Лившиц // Плавка гололеда на ВЛЭП : материалы II все-союз. совещ. – Уфа, Башк. книж. из-во, 1975. – С. 87-92.
3. Білаш І. П. Про сучасний підхід до оцінки метеоумов при проектуванні об'єктів електропостачання / І. П. Білаш, О. А. Савченко, Л. Г. Нетецький // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків: ХДТУСГ, 2002. – вип. 10. – С. 38-46

#### Анотація

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА НА ГРУППЕ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ВЛ 6-10 КВ ПУТЁМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Савченко А. А.

*Разработана имитационная модель плавки гололеда на группе взаимосвязанных ВЛ 6–10 кВ, на основании которой определены ряд параметров режима плавки гололедных обложений.*

#### Abstract

### RESEARCH OF MODE OF MELTING OF ICE-LOADS ON GROUP OF ASSOCIATE POWER LINES 6-10 KV ON BASIS OF IMITATION DESIGN

O. Savchenko

*The simulation model of melting of ice-loads on the group of associate power lines 6-10 kV is worked out, on the basis of which certain row of parameters of the mode of melting of glaze-ice accretions.*