

УДК 621.315.62.027.3.004.1.

В. С. Собчук, к. т. н., проф., Н. В. Собчук, к. т. н., доц.; О. В. Слободянюк, к. п. н.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ПОКАЗНИКА ЕФЕКТИВНОСТІ ГРОЗОЗАХИСТУ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Запропоновано методику й математичну модель для визначення одного із складників технічного показника ефективності грозозахисту повітряних ліній електропередачі – питомої кількості очікуваних аварійних вимикань лінії за грозовий сезон від прямих ударів у грозозахисний трос у середині прогону з урахуванням механічних розрахунків несинхронного розгойдування проводів у прогоні.

Ключові слова: завдання і критерії грозозахисту лінії; тросові блискавковідводи; грозозахисний рівень за швидкістю наростання струму блискавки.

Ефективність грозозахисту повітряних ліній електропередачі аналізують для таких характерних випадків ураження блискавкою:

- прямий удар у верхівку опори з аналізом умов зворотнього перекриття ізолюваної підвіски фазного проводу (α_1);
- прямий удар у трос у середині прогону з аналізом умов імпульсного пробую повітряного проміжку трос – провід фази (α_2);
- прямий удар блискавки поза тросом у фазний провід у середині прогону (α_3).

Фізичні основи і алгоритм визначення технічного показника ефективності грозозахисту повітряних ліній електропередачі розглядали в багатьох роботах [1, 2, 3], і результати підтверджені досвідом експлуатації. Недостатньо переконливі в цих роботах аналітичні залежності для визначення складника α_2 – питомої кількості очікуваних аварійних вимикань лінії за грозовий сезон від ударів блискавки в трос у середині прогону і критичного значення швидкості наростання струму блискавки на фронті аперіодичного імпульсу. У цій роботі дано більш чітке обґрунтування критичної величини цього параметра.

Результати дослідження

Авторами цієї статті запропоновано більш чітке обґрунтування визначення критичної величини швидкості наростання струму блискавки на фронті.

У результаті удару блискавки в трос у середині прогону між опорами імпульсну напругу на повітряному проміжку довжиною S між тросом і проводом визначають за допомогою заступної схеми, яка наведена на рис. 1 а, де хвильовий опір каналу блискавки приймаємо вдвічі меншим за хвильовий опір тросу, а опір заземлення тросів на опорі не перевищує 0,15.

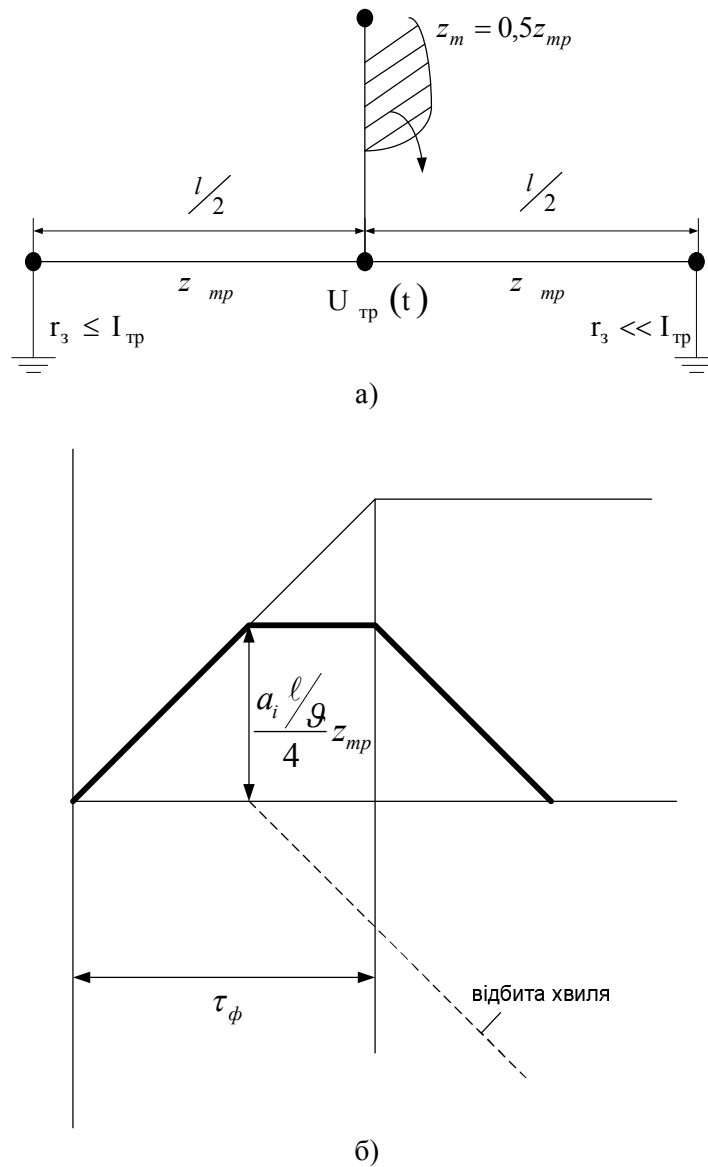


Рис. 1. а) – заступна схема удару блискавки в трос у середині прогону; б) – напруга в місці удару

До приходу відбитих від опорів сусідніх опор хвиль напругу на тросі визначають за формулою:

$$U_{TP}(t) = \frac{a_i \cdot t}{4} \cdot Z_{TP} \quad (1)$$

де a_i – середня швидкість наростання струму на фронті за умови $t \leq \tau_\phi$; Z_{TP} – власний хвильовий опір тросу з урахуванням імпульсної корони, яка зменшує його на 10÷50 % порівняно з геометричним значенням [4].

Через інтервал часу $\tau = 2 \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{v}$ відбиті від заземлювачів опор хвилі з коефіцієнтом відбиття $\beta_{21} \approx -1,0$ підходять до місця удару блискавки в трос одночасно, і наростання напруги припиняється. Максимальна напруга на тросі

$$U_{TP}(t = \tau_\phi) = \frac{a_i \cdot l}{4} \cdot Z_{TP} \quad (2)$$

залежить від швидкості наростання на фронті імпульсу струму a_i і довжини проводу l . Ця напруга утримується на тросі в межах тривалості фронту.

Максимальна напруга між тросом і проводом у середині прогону залежить від коефіцієнта зв'язку трос – провід у динамічному режимі k_δ

$$U_{TP-PP} = a_i(1 - k_\delta) \cdot \frac{l \cdot v}{4} \cdot Z_{TP}. \quad (3)$$

Умову електричного пробую повітряної ізоляції у проміжку S може бути визначено за формулою:

$$U_{TP-PP} \geq E_{p.cер.} \cdot S, \quad (4)$$

де $E_{p.cер.}$ – середній розрядний градієнт повітряного проміжку моделі голка – проти голки становить $E_{p.cер.} \approx 750$ кВ/м.

Механічні розрахунки за умови «пляски» проводів [5] показують, що величина $S \geq 0,02l$, тому (4) набуває вигляду

$$U_{TP-PP} \geq 750 \cdot 0,02l = 15l. \quad (5)$$

Підстановка (5) у (3) дозволяє визначити критичну крутизну струму блискавки $a_{i.kp.}$:

$$a_{i.kp.} \geq \frac{15l}{(1 - k_\delta)} \cdot \frac{v}{1} \cdot \frac{4}{Z_{TP}} = \frac{45}{1 - k_\delta}, \quad (6)$$

де $v = 300$ м/мкс; $Z_{TP} = 400$ Ом.

Із (6) видно, що критична крутизна залежить від коефіцієнта зв'язку трос – провід у динамічному режимі k_δ .

Дослідженню коефіцієнтів зв'язку трос – провід у динамічному режимі присвячена робота [5]. Результати цієї роботи:

– геометричний коефіцієнт зв'язку трос – провід

$$k_\Gamma = \frac{\ln \frac{\alpha_{12}'}{\alpha_{12}}}{\ln \frac{2h_{cер}}{r}} = 0,1 \div 0,3;$$

– динамічний коефіцієнт зв'язку на 10÷50 % більший

$$k_\delta \approx 0,15 \div 0,45.$$

Підстановка k_δ у (6) дозволяє визначити $a_{i.kp.}$:

$$a_{i.kp.} \geq \frac{45}{1 - k_\delta} = 60 \div 90 \text{ кВ/мкс.}$$

Висновки

Запропоновано методику визначення критичної швидкості наростання струму блискавки на фронті аперіодичного імпульсу, перевищення якої призводить до пробую повітряного проміжку між тросом і проводом у середині прогону.

Запропоновано аналітичну залежність, у якій враховано механічні розрахунки мінімальної відстані між тросом та проводом фази в середині прогону під час несинхронного розгойдування проводів.

Показано в математичній моделі, що критична швидкість наростання струму блискавки не залежить від відстані між сусідніми опорами лінії електропередачі, а залежить від коефіцієнта зв'язку трос–провід у динамічному режимі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Александров Г. Н. Установки сверхвысокого напряжения и охрана окружающей среды : [Учебное пособие для вузов] / Александров Г. Н. – Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1989. – 360 с.
2. Бриснякович А. Д. Расчет проводов подстанций и больших переходов ЛЭП / Бриснякович А. Д. – Л. : «Энергия», 1975. – 248 с.
3. Техника высоких напряжений. Учебник для студентов электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов / [под общей ред. Д. В. Разевича]. – М. : Энергия, 1976. – 488 с.
4. Иерусалимов М. Е. Техника высоких напряжений / М. Е. Иерусалимов, Н. Н. Орлов; под общ. ред. М. Е. Иерусалимова. – Киев: Изд-во Киевского университета, 1967. – 444 с.
5. Черников А. А. Основы грозозащиты высоковольтных электроустановок / Черников А. А. – Куйбышев : Куйбышев. политехн. ин-т, 1971. – 112 с.

Собчук Валерій Степанович – к. т. н., професор кафедри електричних станцій та систем.

Собчук Наталія Валеріївна – к. т. н., доцент кафедри електричних станцій та систем.

Слободянюк Олена Валеріївна – к. п. н., ст. викладач кафедри комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки (КЕЕМІГ).
Вінницький національний технічний університет.