

ВПЛИВ ГРОЗОЗАХИСНИХ ТРОСІВ НА ЗНАЧЕННЯ ПЕРЕНАПРУГ У НЕСИМЕТРИЧНИХ РЕЖИМАХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Тугай І. Ю.¹, Лиховид Ю. Г.², Мельничук В. А.³

¹Інститут електродинаміки Національної академії наук України,

²ДП НЕК "Укренерго",

³ДВНЗ "Київський енергетичний коледж"

Розглянуто питання впливу різних режимів роботи грозозахисних тросів ліній електропередачі надвисокої напруги на рівень внутрішніх перенапруг при несиметричних режимах роботи. Зроблені висновки щодо доцільності використання у лініях електропередачі надвисокої напруги заземленої системи грозозахисних тросів.

Постановка проблеми. В об'єднаній електроенергетичній системі України (ОЕС України) наразі всі лінії електропередачі (ЛЕП) надвисокої напруги (НВН) 750 кВ експлуатуються з ізолюваними грозозахисними тросами. Проте проектною документацією на будівництво "ПЛ 750 кВ Запорізька АЕС – Каховська з ПС 750 кВ" передбачається заземлення грозозахисного тросу зазначеної лінії. Також не виключені варіанти подальшого переведення існуючих ліній НВН на режим роботи із заземленим грозозахисним тросом. Режим роботи цих тросів впливає на параметри ЛЕП, що призводить до зміни кратності внутрішніх перенапруг і впливає на налаштування захисної та протиаварійної автоматики. Тому дослідження впливу грозозахисних тросів (ГЗТ) на ЛЕП НВН є актуальною теоретичною та практичною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як зазначено у [4], на відміну від перенапруг, що виникають при нормальних проектних схемах експлуатації електричних мереж, аномальні перенапруги характерні для режимів, у яких суттєву роль відіграють відхилення схеми та параметрів елементів від розрахункових значень. Враховуючи значний вплив режиму роботи ГЗТ на параметри ЛЕП, при проектуванні та експлуатації таких ліній повинна бути виконана ретельна перевірка можливості існування необхідних і достатніх умов резонансних перенапруг у даній електричній мережі [5].

Мета статті. Досліджено фактор впливу на рівень перенапруг у лініях електропередачі надвисокої напруги, а саме: вплив режиму роботи грозозахисних тросів.

Основні матеріали дослідження. Для захисту ліній електропередачі (ЛЕП) від атмосферних перенапруг внаслідок потрапляння прямого удару блискавки у фазу використовуються грозозахисні троси, що підвішуються на опорах вище за фазні проводи. Проте грозозахисні троси ЛЕП теж використовуються для організації каналів релейного захисту та високочастотного зв'язку. Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) у якості грозозахисних тросів слід використовувати сталеві канати перетином не менше, ніж 35 мм²; з проволок з межею міцності не менше за 120 даН/мм². На особливо відповідальних переходах та у зонах хімічного впливу, і при використанні грозозахисного троса для високочастотного

зв'язку, а також у випадках, коли це необхідно за умовами термічної стійкості, у якості грозозахисного тросу необхідно використовувати проводи загального використання або спеціальні.

Існують різні варіанти кріплення грозозахисних тросів: ізолювані або заземлені за допомогою високочастотних загороджувачів. Перший варіант характерний для застосування у лініях вищих класів напруги. Другий – застосовується з метою використання тросів для високочастотного зв'язку. При цьому троси заземлюються у ряді точок траси.

Як відомо, фази ліній електропередачі та грозозахисні троси розміщені несиметрично, внаслідок цього у тросах виникає електрорушійна сила, спричинена проходженням струмів по фазах. Це спричиняє додаткові втрати потужності та створює негативний вплив на режимні параметри електропередачі. Слід відзначити, що вплив тросів на опір нульової послідовності виявляється більшим при меншому активному опорі тросів. В той же час виявилось, що ізолювані троси не впливають на кратність перенапруг, а тому в розрахунках можна розглядають варіанти, коли грозозахисні троси заземлені або відсутні.

З [2, 6] наведені вирази для обрахування параметрів нульової послідовності ЛЕП. Погонний активний опір нульової послідовності проводів, без впливу грозозахисного троса, визначають за таким виразом:

$$r_{0(0)} = \frac{r_0}{n} + 0,15, \quad (1)$$

де $r_{0(0)}$ – питомий опір струму нульової послідовності, Ом/км;

r_0 – питомий опір проводу одного ланцюга лінії, Ом/км;

n – кількість паралельних ланцюгів лінії.

Збільшення погонного активного опору відносно параметрів прямої послідовності відбувається внаслідок того, що у контур нульової послідовності входить також земля, погонний опір якої складає приблизно 0,15 Ом/км.

Погонний індуктивний опір лінії нульової послідовності, без впливу грозозахисних тросів, складає

$$x_{0(0)} = 0,435 \lg \frac{D_3}{R_{ce}}, \quad (2)$$

де R_{ce} – середній геометричний радіус проводів фаз,

D_3 – еквівалентна глибина зворотного струму, що визначається за формулою Карсона. Для оцінювальних розрахунків на теренах України приймають $D_3 = 1000$ м.

У випадку, коли грозозахисні троси використовуються у якості високочастотних каналів зв'язку, їх не розрізають на окремі частини, і необхідно враховувати вплив тросів на поздовжні параметри схеми заміщення лінії нульової послідовності.

Тоді повний погонний опір нульової послідовності визначають за наступним виразом

$$\underline{z}_{0(0)} = \underline{z}_{n(0)} + \frac{\underline{z}_{m(0)}}{\underline{z}_{r(0)}}, \quad (3)$$

де $\underline{z}_{n(0)}$ – погонний опір нульової послідовності лінії без урахування контуру трос – земля;

$\underline{z}_{r(0)}$ – погонний опір нульової послідовності системи тросів;

$\underline{z}_{m(0)}$ – опір нульової послідовності взаємодукції між проводом і тросом.

Опір нульової послідовності системи тросів визначається як

$$\underline{z}_{r(0)} = \frac{r_t}{n_t} + 0,15 + jx_{r(0)}, \quad (4)$$

де r_t – активний опір троса;

n_t – кількість тросів;

$x_{r(0)}$ – індуктивний опір нульової послідовності системи тросів.

$$x_{r(0)} = 0,435 \lg \frac{D_3}{\sqrt{r_{t,e}} D_t}, \quad (5)$$

де $r_{t,e}$ – еквівалентний радіус троса;

D_t – відстань між тросами.

Опір нульової послідовності взаємодукції між проводом і тросом визначають за наступною формулою

$$x_{m(0)} = 0,435 \lg \frac{D_3}{D_{п.т}}, \quad (6)$$

де $D_{п.т}$ – середньгеометрична відстань між проводами і тросом.

Ємнісна провідність нульової послідовності ви-

значається за наступною формулою:

$$b_{0(0)} = \zeta \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{2h_{cep}}{r_e \left(\frac{D'_{cep}}{D_{cep}} \right)^2}}, \quad (7)$$

де ζ – коефіцієнт, що враховує вплив тросів на величину ємнісної провідності нульової послідовності лінії та для надвисокої напруги приймається 1,1;

h_{cep} – середня висота підвісу проводу над землею;

D'_{cep} – середньгеометрична відстань між фазними проводами і їхніми дзеркальними відображеннями.

З огляду впливу режимів роботи грозозахисних тросів на зміни параметрів ЛЕП були проведені дослідження внутрішніх перенапруг при несиметричних режимах роботи магістральних електричних мереж надвисокої напруги для запроєктованої лінії 750 кВ Запорізька АЕС – Каховська. Для цього було порівняно режими роботи лінії з заземленими та ізольованими грозозахисними тросами.

Моделювання схеми та дослідження режиму роботи здійснено за допомогою середовища MATLAB/Simulink. Вихідні умови для розрахунку параметрів ЛЕП: довжина 190 км; фази розщеплені на п'ять проводів АС-300/66 з віддаллю 500 см; опори типу ПБ 750 з двома грозозахисними тросами, які виконані з проводу марки АС-70/72. Параметри елементів заступної схеми наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри ЛЕП ЗАЕС – Каховська

Параметр заступної схеми	r , Ом/км	x , Ом/км	$b \cdot 10^{-6}$, См/км
Пряма послідовність	0,0205	0,268	4,11
Нульова послідовність без урахування впливу грозозахисного тросу	0,1705	1,004	5,57
Нульова послідовність з урахуванням впливу грозозахисного тросу	0,6805	1,076	6,13

У таблиці 1 параметр r – погонний активний опір ЛЕП, x – погонний реактивний опір, b – ємнісна провідність.

Загалом з попереднього аналізу параметрів ЛЕП можна зробити висновок, що зростання опору та провідності нульової послідовності у варіанті з заземленням грозозахисного тросу сприятимуть збільшенню втрат потужності та водночас сприятимуть зниженню

рівня перенапруг під час короткого замкнення на непошкоджених фазах.

У результаті моделювання режимів була визначена залежність максимального підвищення напруги на непошкоджених фазах ЛЕП від вхідної напруги на початку лінії. Дослідження проводились для моделей з заземленою системою грозозахисних тросів та з ізольованою системою грозозахисних тросів, відповідно. Для аналізу впливу режимів роботи грозозахисних тросів на рівень перенапруг ЛЕП НВН було обрано несиметричний режим на кінцевій підстанції. У результаті проведених досліджень було підтверджено очікуване зниження рівня максимальних перенапруг на непошкоджених фазах (рис. 1).

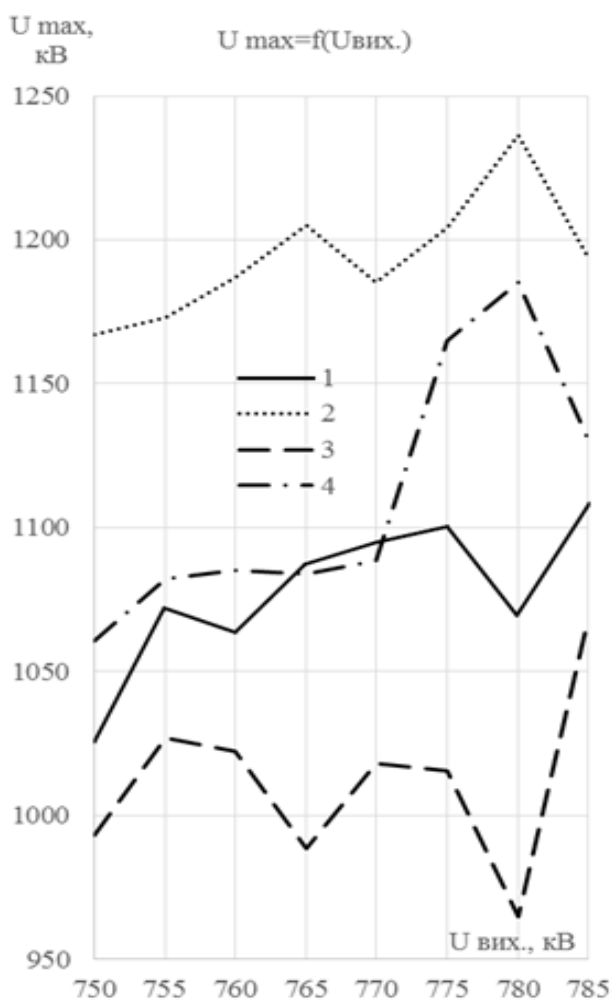


Рисунок 1 – максимальна напруга на фазах А та С при несиметричному режимі з урахуванням (лінії 1 та 3 відповідно) та без урахування впливу ГЗТ (лінії 2 та 4 відповідно)

Можна зауважити, що зниження рівня перенапруг під впливом заземлення грозозахисного тросу складає від 6 до 12%.

Висновки. З наведеного матеріалу ясно, що вплив різних режимів роботи грозозахисних тросів на перенапругу у ЛЕП НВН є суттєвим і повинні бути враховані при проектуванні ЛЕП НВН. Також можна зробити висновки про позитивний вплив заземлення грозозахисних тросів та розглядати його як дієвий

допоміжний захід обмеження кратностей перенапруг, що дозволяє знизити вимоги до основних засобів.

Список використаних джерел

1. Справочник по проектированию электрических сетей / Под редакцией Д. Л. Файбиовича – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 320 с.
2. Брацлавский С. Х. и др. специальные расчеты электропередач сверхвысокого напряжения / С. Х. Брацлавский, А. И. Гершенгорн, С. Б. Лосев, – М.: "Энергоатомиздат", 1985. – 312 с.
3. Дмоховская Л. Ф. Инженерные расчеты внутренних перенапряжений в электропередачах / Л. Ф. Дмоховская – М.: "Энергия", 1972. – 288 с.
4. Кузнецов В. Г. Дослідження впливу транспозиції лінії електропередачі надвисокої напруги на аномальні перенапруги / В. Г. Кузнецов, Ю. І. Тугай, В. В. Кучанський // Технічна Електродинаміка. – 2013. – №6. – С. 51–56.
5. Кучанський В. В. Попередження резонансних перенапруг при несиметричних режимах ліній електропередач з поперечною компенсацією / В. В. Кучанський, Ю. Г. Лиховид, В. А. Мельничук // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2015. – №164. – С. 42–43.
6. Сулейманов В. М. Електричні мережі та системи / В. М. Сулейманов, Т. Л. Кацадзе.– К:НТУУ "КПІ", 2008.– 456 с.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ ГРОЗОЗАЩИТНЫХ ТРОСОВ НА ЗНАЧЕНИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В НЕССИМЕТРИЧНЫХ РЕЖИМАХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Тугай И. Ю., Лиховид Ю. Г., Мельничук В. А.

Рассмотрен вопрос влияния различных режимов работы грозозащитных тросов линий электропередач сверхвысокого напряжения на уровень внутренних перенапряжений при несимметричных режимах ее работы. Сделаны выводы по поводу целесообразности использования в линиях электропередач сверхвысокого напряжения заземленной системы грозозащитных тросов.

Abstract

THE EFFECT OF STATIC-WIRE EHV TRANSMISSION LINES ON SURGE IN ASYMMETRICAL MODES

I. Tuhai, Y. Lykhovyd, V. Melnichuk

The effect of various modes of static-wire EHV lines on the overvoltage of asymmetrical modes was described. The advantages of grounding static-wire were given.