

## ВПЛИВ ЗБЛИЖЕНИХ ЛЕП НА ПЕРЕНАПРУГИ В ПАУЗІ ОДНОФАЗНОГО АВТОМАТИЧНОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕННЯ

Шполянський О. Г.

*Інститут електродинаміки НАН України*

*Проведено аналіз величин вхідного опору та напруги відключеної фази ЛЕП 750 кВ в паузі ОАПВ за наявності наближеної лінії.*

**Постановка проблеми.** Електричні мережі 750 кВ є одним з ключових елементів енергосистеми України. Їх безперебійна робота гарантує надійність та ефективність енергопостачання. Особливо важливу роль вони грають в умовах концентрації джерел генерації електроенергії і зростання їх одиничної потужності.

Однофазні замикання на землю є найбільш розповсюдженим видом пошкоджень на ЛЕП 750 кВ [1]. Більшість з них є дуговими. Для збереження стійкості енергосистеми при виникненні дугового замикання відключають лише пошкоджену фазу, а після згасання дуги застосовують однофазне автоматичне повторне включення (ОАПВ) і відновлюють нормальну роботу ЛЕП. При несприятливому сполученні параметрів, перш за все ЛЕП і шунтувальних реакторів (ШР), може утворитися резонансне коло відносно відключеної фази і землі. Це може привести до неприпустимих перевищень напруги на відключеній фазі. На стадії проектування ЛЕП 750 кВ обирають заходи по запобіганню перенапругам і їх обмеженню [2, 3]. Але з появою в безпосередній близькості поряд з існуючими нових ЛЕП, обрані заходи можуть виявитися неефективними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Взаємний вплив наближених ліній розглядався, головним чином, з точки зору аналізу струмів короткого замикання. Ця проблема є актуальною для електричних мереж 330 кВ і нижче. Проблема перенапруг в цих мережах не є такою гострою як в мережах 750 кВ. Разом з цим, практика проектування і будівництва електричних мереж 750 кВ дозволяла уникати наближення ліній на ділянка більших декількох кілометрів. За цих умов взаємний вплив ліній був незначним. Останнім часом з'явилися ділянки наближених ЛЕП 750 кВ значної протяжності. Їх взаємним впливом на умови виникнення і рівні перенапруг нехтувати неможна. Тому актуальним видається аналіз впливу наближених ліній на перенапруги, зокрема в паузі ОАПВ.

**Мета статті.** Дослідження впливу наближених ЛЕП 750 кВ, що мають довжину близьку до резонансної, на частоту резонансного контуру, його опір і рівнів перенапруг в паузі ОАПВ.

**Основні матеріали дослідження.** В якості об'єкта дослідження було обрано дві ЛЕП 750 кВ, що проходять паралельно та мають симетричні параметри. Фази ліній виконано проводом АС-330/43, а грозозахисні троси проводом АС-70/72. Фазні проводи і троси розташовані горизонтально. Відстань між фазами - 18 м, відстань між тросами - 24 м. Кількість про-

водів в фазі - 5, відстань між проводами в фазі - 0,4 м. Висота підвісу фазних проводів складає 27,8 м, мінімальна відстань від проводу до землі - 22 м. Висота підвісу тросів - 41 м, мінімальна відстань від тросу до землі - 35,5 м. Опір ґрунту - 100 Ом/м. По кінцях обох ЛЕП встановлено по одній групі ШР з опором 1850 Ом. По кінцях першої лінії прикладалась номінальна напруга 750 кВ з кутом 0°. Еквівалентні опори систем по її кінцях склали  $Z_{S1}=3,447+j54,346$  Ом і  $Z_{S2}=0,942+j40,656$  Ом. До другої лінії напруга не прикладалась. Було визначено, що довжина одиночної лінії при якій виникає резонанс на частоті 50 Гц в паузі ОАПВ складає 292,84 км [4]. У ході досліджень розглядалися наближені лінії довжиною близько 307,5 км, що на 5% більше і 278,2 км, що на 5% менше резонансної довжини одиночної лінії. У випадку збільшення довжини ЛЕП вона стає недокомпенсованою. У випадку зменшення довжини - перекомпенсованою. Відстань між крайніми фазами наближених ліній змінювалась від 20 до 120 м. Для кожної ЛЕП визначалась характеристики резонансного контуру: величина опору на резонансній частоті  $Z_p$ , його резонансна частота  $f_p$ , величина опору на частоті 50 Гц  $Z_{50}$ , а також діюче значення напруги на відключеній фазі в паузі ОАПВ  $U$ . Вплив явища корони не враховувалось. Визначення напруги відключеної фази і характеристик резонансного контуру здійснювалось за допомогою пакета програм Matlab. Для ЛЕП довжиною 307,5 км результати наведено в табл. 1, а довжиною 278,2 км - в табл.2. В цих таблицях відстань між крайніми фазами наближених ЛЕП позначена літерою  $L$ , а напис "singl" відповідає одиночній лінії.

Як ми бачимо з табл. 1 і 2, резонансні частоти  $f_p$  і величини опорів  $Z_{50}$  із зростанням відстані між наближеними лініями спрямовується до величин, що відповідають опорам і частотам одиночних ліній. А величини опорів  $Z_{50}$  обох ліній при  $L=120$  м майже збігаються.

Напруга на відключеній фазі ЛЕП довжиною 307,5 км із зростанням відстані між наближеними лініями зростає. Як зазначалося, в цій лінії зарядна потужність переважає потужність ШР. При малих відстанях між наближеними лініями частина зарядної потужності компенсувалась за рахунок зростання індуктивності нульової послідовності. Зі збільшенням відстані між наближеними ЛЕП електромагнітні зв'язки слабшають і індуктивність зменшується [4]. Це призводить до зростання некомпенсованої частки зарядної потужності і, відповідно, до зростання напруги. Напруга на відключеній фазі ЛЕП довжиною 278,2 км із зростанням відстані між наближеними

лініями зменшується. На малих відстанях між наближеними ЛЕП збільшення ємності нульової послідовності дещо компенсує біль значне зростання відповідної індуктивності, але потім ємність зменшується значно швидше ніж індуктивність. Тому напруга на відключеній фазі зменшується (рис. 1).

Таблиця 1 – Результати розрахунку для ЛЕП довжиною 307,5 км

L, м	Z <sub>p</sub> , Ом	f <sub>p</sub> , Гц	Z <sub>50</sub> , Ом	U, кВ
singl	3,933E+05	48,78	1,832E+04	1895
20	2,706E+05	48,34	1,253E+04	1432
30	2,611E+05	48,59	1,532E+04	1737
40	2,534E+05	48,69	1,671E+04	1887
50	2,478E+05	48,73	1,741E+04	1963
60	2,437E+05	48,76	1,779E+04	2010
70	2,406E+05	48,77	1,798E+04	2020
80	2,383E+05	48,77	1,811E+04	2030
90	2,364E+05	48,78	1,820E+04	2035
100	2,349E+05	48,78	1,824E+04	2040
110	2,337E+05	48,78	1,826E+04	2042
120	2,337E+05	48,78	1,826E+04	2043

Таблиця 2 – Результати розрахунку для ЛЕП довжиною 278,2 км

L, м	Z <sub>p</sub> , Ом	f <sub>p</sub> , Гц	Z <sub>50</sub> , Ом	U, кВ
singl	4,805E+05	51,31	1,841E+04	1272
20	2,938E+05	50,84	2,724E+04	1717
30	2,854E+05	51,10	2,139E+04	1416
40	2,781E+05	51,21	1,975E+04	1332
50	2,726E+05	51,26	1,909E+04	1284
60	2,686E+05	51,28	1,876E+04	1275
70	2,656E+05	51,29	1,861E+04	1261
80	2,633E+05	51,30	1,851E+04	1261
90	2,614E+05	51,31	1,844E+04	1261
100	2,599E+05	51,31	1,842E+04	1255
110	2,587E+05	51,31	1,839E+04	1246
120	2,587E+05	51,31	1,839E+04	1245

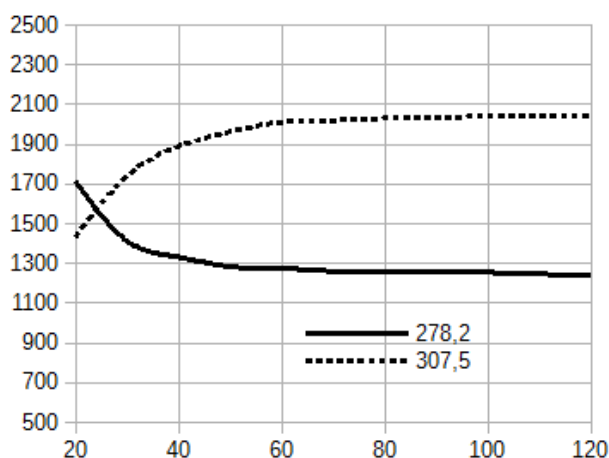


Рисунок 1 – Напруги на відключеній фазі наближених ліній в паузі ОАПВ

**Висновки.** При проектуванні наближених ЛЕП 750 кВ у разі неповної компенсації зарядної потужності необхідно розглядати доцільність збереження між ними невеликої дистанції з метою зменшення рівня напруги на відключеній фазі в паузі ОАПВ.

Незважаючи на рівність вхідних опорів в паузі ОАПВ у недокомпенсованих і перекомпенсованих ЛЕП, перші мають вищі рівні напруги на відключеній фазі через ємнісний характер вхідного опору.

#### Список використаних джерел

1. Беляков Н. Н. Процессы при однофазном автоматическом повторном включении линий высоких напряжений / [Беляков Н. Н. и др.] Под ред. Левинштейна М. Л. - М.: Энергоатомиздат.- 1991.- 256с.
2. Кадомская К. П. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них: Учебник. / Кадомская К. П., Лавров Ю. А., Рейхердт А. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. - 367 с.
3. Кузнецов В. Г. Дослідження внутрішніх перенапруг в магістральних електричних мережах надвисокої напруги та розробка заходів по їх запобіганню і обмеженню / В. Г. Кузнецов, Ю. І. Тугай, О. Г. Шполянський // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. -2013, вип. 35, - С.117-123.
4. Шполянський О. Г. Параметри наближених ліній 750 кВ та характеристики їх вхідного опору в паузі ОАПВ / О. Г. Шполянський // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. -2013, вип. 35. - С.39-44.

#### Аннотация

### ВЛИЯНИЕ СБЛИЖЕННЫХ ЛЭП НА ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В ПАУЗЕ ОДНОФАЗНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ

Шполянский О. Г.

*Проведен анализ величины входного сопротивления и напряжения отключенной фазы ЛЭП 750 кВ в паузе ОАПВ при наличии сближенных линий.*

#### Abstract

### INFLUENCE OF COUPLED OVERHEAD TRANSMISSION LINE ON OVERVOLTAGE IN PAUSE OF ONE PHASE AUTOMATIC RECLOSING

O. Shpolianskyi

*Input impedance and voltage level of de-energized phase of 750 kV overhead transmission line in pause of one phase automatic reclosing in presence of coupled line is analyzed.*