

## КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ КОМПАКТНИХ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ

Лугін Д. М., студент, Паненко О. М., асистент

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем*

**Вступ.** Зростання урбанізації та попиту на електроенергію в забудованих районах призвело до збільшення потреби в електроенергії в обмеженому просторі. Це призвело до потреби в більш компактних лініях, де така ж потужність може бути передана у вузькій смузі відчуження. Часто неможливо перебудувати стару інфраструктуру для збільшення потоку потужності в обмеженому просторі. Модернізація існуючої лінії вимагатиме або нових провідників, або підвищення напруги, що вимагає збільшення градієнтів напруги на тій самій опорі з ізоляторами та зазорами. Це, по суті, компактна лінія, оскільки напруга на ній підвищена понад звичайні рівні напруги на більш традиційних лініях. Все це призводить до збільшення електричних полів та інших ефектів, які необхідно враховувати при проектуванні компактної лінії.

**Мета роботи** – розглянути технічні рішення, що використовують при конструюванні компактних повітряних ліній (ПЛ) та проаналізувати особливості конструкцій у порівнянні з звичайними ПЛ.

**Матеріали і результати досліджень.** У сучасних компактних повітряних ЛЕП передбачається, насамперед такі конструктивні прийоми [2, 1]:

створення компактних конфігурацій розташування фаз із мінімально допустимими відстанями між ними;

вибір оптимальної конструкції розщеплення фаз і лінійної ізоляції;

застосування нових типів опор, які дають змогу створити компактні конструкції лінії з мінімально допустимими відстанями між фазами та забезпечити разом із міжфазними ізоляційними елементами, які встановлюють у прогонах, механічну стійкість лінії загалом за дії несприятливих кліматичних факторів, а також забезпечити механічну стійкість лінії в цілому.

**Конфігурація фаз** матиме сильний вплив на значення електромагнітного поля біля рівня землі [2]. Фактично, якщо перетворити значення електричного поля, магнітного поля, радіоперешкод та звукового шуму в одиницю, магнітне поле, наприклад, можна зменшити до 40%, просто змінивши конфігурацію від горизонтальної до несиметричної трикутної (дивись таблицю 1, та рис. 1).

**Лінійна ізоляція.** Підвісна ізоляція має ключовий вплив на розміри опори та лінії. Лінію можна зробити компактною, якщо обмежити свободу руху ізоляційного підвісу і провідника. Розташування провідників у фазах повинно бути враховано при проектуванні опорного ізоляційного обладнання. Часто на компактних лініях кількість проводів у різних фазах різна.

Внаслідок можливих переміщень фаз зменшиться зазор між фазою та землею в горизонтальному та вертикальному напрямках. Для зменшення смуги відчуження і ущільнення лінії поширеним варіантом є фіксація положення проводу і ізоляторів на опорі.

Таблиця 1 – Вплив конфігурації фази на електромагнітне поле, радіоперешкоди та звуковий шум, ПЛ 400кВ, I=1000А [2]

Single Circuit OHL				
	Electric Field	Magnetic Field	Radio Int.	Audible N.
	p.u	p.u.	p.u.	p.u
Horizontal	1,00	1,00	1,00	0,98
Delta	0,85	0,80	0,94	1,00
Vertical	0,97	0,63	0,91	0,96
Triangule	0,85	0,57	0,94	1,00

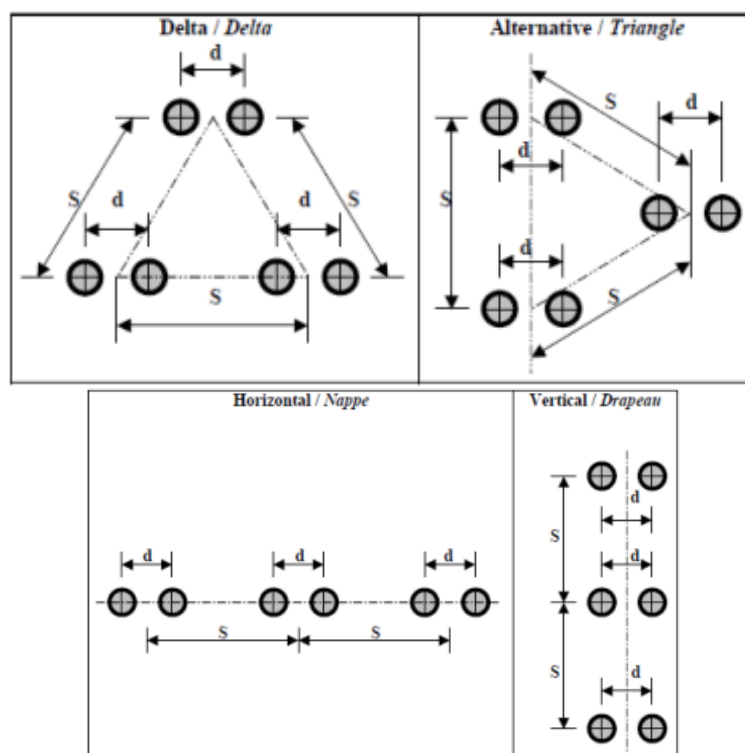


Рисунок 1 – Конфігурації фаз до табл.1

При конструюванні компактних ліній необхідно зважати на те, що конструкція захисних елементів від впливу силової дуги повинна враховувати орієнтацію кінцевих точок горіння та ефект електродинамічних сил, які мають спрямовувати силову дугу таким чином, щоб вона фактично горіла на розроблених для цієї мети, кінцевих точках ізоляційного підвісу.

Ущільнення лінії в більшості випадків призводить до появи додаткових механічних зв'язків, які обмежують рух провідників, забезпечуючи мінімально допустимі відстані між фазами, за допомогою відповідного розташування набору ізоляторів. Використовують як складні форми кріплення до опор (рис. 2, 3) так і ізоляційні розпорки всередині прольоту (рис. 4). Найпоширенішими схемами підвісу до опор є:

- V-подібні ізоляційні підвіси (симетричні та асиметричні), рис. 2;



а)



б)

Рисунок 2 – V-подібні ізоляційні підвіси: а) 110 кВ симетрична та б) 245 кВ асиметрична.

- горизонтальні стійкові ізолятори (рис. 3 а)
- комбінація підвісок зі штирьовими ізоляторами (рис.3 б);
- ізольовані поперечини ("горизонтальний V") (рис.3 в).



а)



б)



в)

Рисунок 3 – а) Лінійний стійковий ізолятор; б) Підвісний лінійний стовповий ізолятор; в) Ізольована поперечина 420 кВ

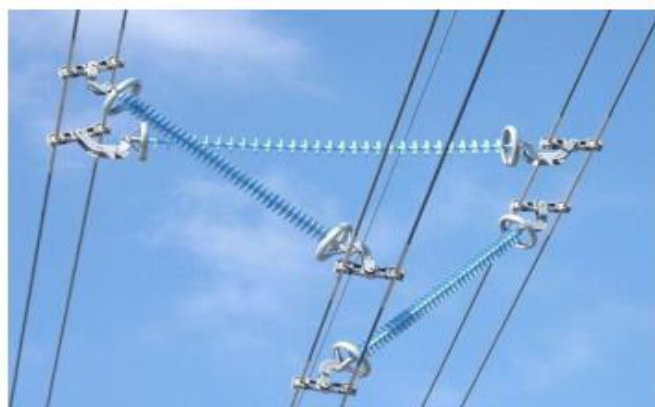


Рисунок 4 – Міжфазні розпірки

**Типи опор,** які можуть бути використані для компактних ліній, є численними та різноманітними. Однією з особливостей є те, що використання ізольованих поперечин і міжфазної ізоляції може бути більш поширеним, ніж на некомпактних опорах. Композитний матеріал може бути кращим варіантом для міжфазної ізоляції через міркування ваги та довжини [2].

Хоча існують і інші варіанти опор, у світі найчастіше використовуються наступні:

- решітчасті опори з широкою основою та окремими фундаментами (рис.5 а);
- решітчасті опори з компактним фундаментом (рис.5 б);
- одиночні опори з компактним фундаментом (рис.5 в).



а)

б)

в)

Рисунок 5 – Решітчасті опори з: а) широкою основою та окремими фундаментами, б) компактним фундаментом; в) одиночні опори з компактним фундаментом.

З точки зору ущільнення, останні два варіанти опор зменшують використання землі до мінімально можливого рівня.

Вимоги до відстаней при проектуванні геометрії опори можна узагальнити на: електричні, експлуатаційні та екологічні [2].

1. Електричні вимоги. Рівень напруги фаза-фаза або фаза-земля, це основний вхідний параметр для визначення відстані до землі і опори. Як правило вимоги прописані в національних нормативних документах.

2. Вимоги до технічного обслуговування. Роботи з технічного обслуговування на вершині опори, такі як фарбування опори, часто вимагають більших відстаней, ніж ті, що впливають виключно з електричних вимог.

3. Екологічні вимоги. До числа екологічних вимог належать такі характеристики [3,4]:

- рівні напруженості електричного і магнітного поля, у просторі, що оточує ПЛ і під лінією поблизу поверхні землі;
- оцінка впливу ПЛ на ефективність використання смуги відчуження;

- рівень радіоперешкод;
- рівні акустичних шумів.

У деяких країнах природоохоронне законодавство вимагає дотримання додаткових відстаней, наприклад з метою захисту птахів від ураження електричним струмом. Це може призвести до обмеження досяжного ступеня ущільнення, особливо для ліній електропередач низької напруги.

Використовуючи основні підходи до створення одноланцюгових компактних ПЛ може бути зроблений наступний крок до створення дволанцюгових і багатоланцюгових компактних ПЛ.

Найбільш простим способом є створення багатоланцюгових компактних ПЛ з фіксованими параметрами трифазних ланцюгів шляхом розташування на одній опорі двох і більше одноланцюгових компактних ПЛ. Варіанти розташування компактних ланцюгів на одній опорі можуть бути різними – з горизонтальним розташуванням фаз, трикутним та довільним. Деякі дослідники [3], вважають, що при такому виконанні параметри кожного компактного ланцюга є незалежними від режиму інших компактних ланцюгів, а пропускна здатність електропередачі в цілому визначається сумою пропускної здатності ланцюгів.

**Висновки.** Розглянуто варіанти конструктивних технічних рішень у галузі створення сучасних компактних повітряних ліній. Показано, що саме розташування фаз, лінійна ізоляція та тип опор визначають габарити компактної ПЛ. Розглянуті варіанти можуть послужити аналогами при проектуванні та будівництві цілого ряду нових ПЛ.

#### Перелік посилань

1. Постолатий В.М. Эффективность компактных управляемых высоковольтных линий электропередачи / Постолатий В.М., Быкова Е.В., Суслов В.М.; Кишинев, Молдова / Институт Энергетики Академии наук Молдовы – 2015. – 17с.
2. Compact AC Overhead Lines, reference 792 / Cigre. – February 2020. – ISBN: 978-2-85873-494-8. – 163р.
3. Постолатий В.М. Управляемые компактные линии электропередачи высокого напряжения / Постолатий В.М., Быкова Е.В., Суслов В.М.; Кишинев, Молдова / Институт Энергетики Академии наук Молдовы – 2016. – 13с.
4. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. К.:Міністерство охорони здоров'я України,1996 (зміни 2017р). – 60 с.