

Рис.3. Карта розподілу у просторі індукції магнітного поля двоколової ЛЕП при дзеркальному розташуванні фаз обох кіл

Таким чином, пакет Comsol Multiphysics дозволяє моделювати магнітне поле повітряних ЛЕП та має потужні засоби для візуалізації результатів, зокрема, дозволяє отримувати карти розподілу в просторі індукції або напруженості магнітного поля, будувати потрібні силові лінії і т.д. За результатами моделювання було показано, що при розташуванні фаз обох кіл в дзеркальній симетрії область простору, для якої індукція магнітного поля перевищує 0,5 мкТл значно зменшується.

#### Список використаних джерел

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник для электротехн., энерг., приборостроит. спец. вузов: 8-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк, 1986. 263 с.
2. Абдурахманов А.М., Рубцова Н.Б., Рябенко В.Н., Токарський А.Ю. Нормирование и расчет магнитных полей при проектировании воздушных и кабельных линий электропередачи // Электро. 2014. №5. С. 8-16.
3. Модуль AC/DC пакета Comsol Multiphysics. URL: <https://www.comsol.ru/acdc-module> (дата звернення 25.03.2019).

УДК 621.3.013.24

## НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ДВОКОЛОВОЇ ЛЕП НАПРУГОЮ 220 кВ

Плуток М.В., студентка групи МЕМп-181

Красножон А.В., к.т.н., доцент кафедри електричних систем і мереж  
Чернігівський національний технологічний університет

Останнім часом все більше уваги приділяється питанням впливу на біологічні організми електричного та магнітного поля. Відомо, що в просторі навколо ЛЕП існує електричне поле промислової частоти, яке характеризується вектором напруженості. Задача зменшення напруженості електричного поля ЛЕП є актуальною і потребує подальшого розвитку. Особливо значне поле спостерігається в просторі поблизу двоколових ЛЕП, що можуть проходити в зонах з щільною забудовою – це ЛЕП класів напруги 110 кВ та 220 кВ, причому саме у випадку останніх електричне поле є найбільшим.

Для розрахунку напруженості електричного поля однієї фази ЛЕП застосовують метод дзеркальних відображень, тобто, крім реального провідника розглядається також фіктивний фазний провідник. Напруженість електричного поля в певній точці простору знаходять як суперпозицію або результат накладання електричних полів від реальної та фіктивної фази [1, 2].

Розрахунок електричного поля було здійснено для ЛЕП напругою 220 кВ на опорах типу П220-2. Зовнішній вигляд опори з усіма розмірами показано на рисунку 1 [3]. Зазначимо, що найчастіше фази другого кола розташовують на опорі в тій же послідовності, що і фази першого (такий варіант показано на рисунку 1). Зміна розташування фаз одного кола ЛЕП відносно іншого буде впливати на величину напруженості електричного поля ЛЕП, тому в подальшому розташування фаз першого кола приймалось незмінним (рисунок 1), а розташування фаз другого кола змінювалось.

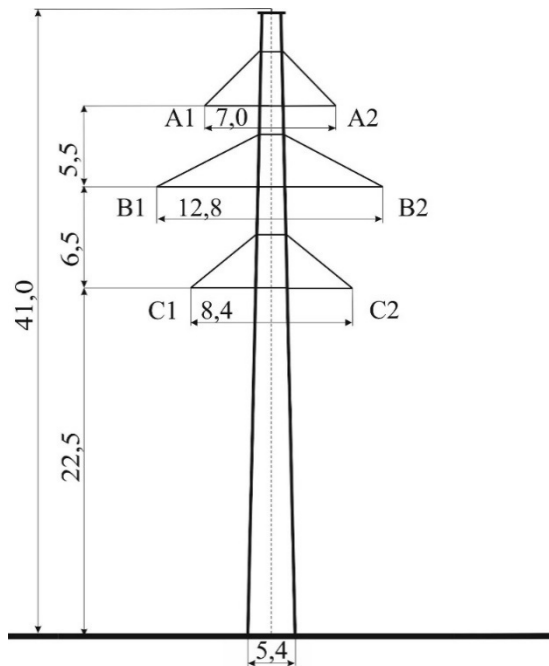


Рис.1. Двоколова опора повітряної ЛЕП класу напруги 220 кВ типу П220-2

При розрахунках значення лінійної напруги ЛЕП було збільшено на 5% і становило 231 кВ, габарит найнижчої фази ЛЕП було прийнято рівним 7 м.

На рисунку 2 показано побудовані за результатами розрахунку графіки розподілу в просторі напруженості електричного поля вздовж координати  $x$  на рівні 1,8 метра від поверхні землі перпендикулярно трасі ЛЕП для різних варіантів розташування фаз другого кола (права сторона опори на рисунку 1) при незмінному розташуванні фаз першого кола (ліва сторона опори на рисунку 1). Зауважимо, що гранично-допустиме значення напруженості електричного поля частотою 50 Гц для житлової зони становить 0,5 кВ/м.

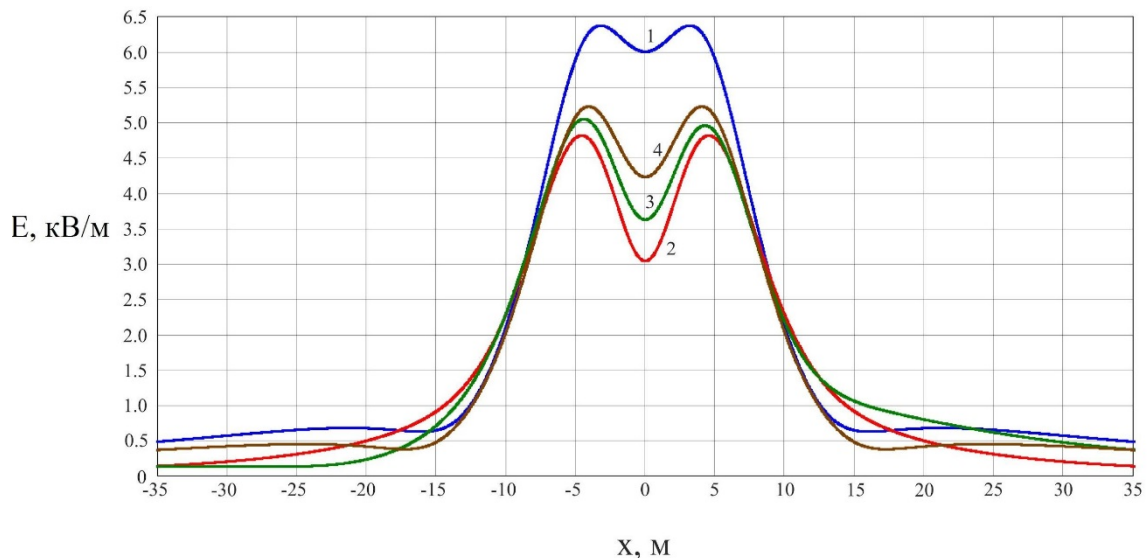


Рис.2. Розподіл напруженості електричного поля ЛЕП вздовж координати  $x$  на рівні 1,8 м від поверхні землі у напрямку, перпендикулярному трасі ЛЕП при різних варіантах розташування фаз другого кола :  
1)  $A_2 B_2 C_2$ ; 2)  $C_2 B_2 A_2$ ; 3)  $C_2 A_2 B_2$ ; 4)  $A_2 C_2 B_2$ .

З кривих рисунку 2 очевидно, що найбільші значення напруженості як в зоні траси ЛЕП, так і поза нею спостерігаються при однаковому розташуванні фаз обох кіл (крива 1 на рисунку 2), при цьому на межі охоронної зони (31,4 м в обидва боки від центртраси ЛЕП) маємо 0,55 кВ/м, що більше нормативного значення. Розташування фаз другого кола у так званій дзеркальній симетрії відносно першого (крива 2 на рисунку 2) забезпечує мінімальне поле, причому на межі охоронної зони маємо 0,18 кВ/м. Усі інші варіанти розташування фаз другого кола відносно першого (всього їх може бути шість) забезпечують більший рівень напруженості поля. Змінити розташування фаз одного з кіл ЛЕП можна або на порталі підстанції, або шляхом зміни приєднання фаз силового трансформатора до підстанційної ошиновки,

причому такий метод зменшення напруженості електричного поля практично не вимагає затрат на реалізацію і не має обмежень щодо застосування.

Слід зазначити, що існує ще один напрямок зменшення напруженості електричного поля – застосування фазоповоротних пристроїв, наприклад, фазоповоротних трансформаторів, які дозволяють гнучко керувати параметрами самої ЛЕП і одночасно змінювати її електричне поле шляхом зміни кута взаємного зсуву між зірками фазних напруг різних кіл двофазової ЛЕП. Однак, цей метод вимагає суттєвого переобладнання підстанцій і потребує значних коштів на реалізацію, крім того, він не може бути застосований у стислі строки і вимагає виведення підстанції з експлуатації на час встановлення фазоповоротних пристроїв.

Можна дійти висновку, що існує два основних напрямки зменшення напруженості електричного поля двофазових повітряних ЛЕП напругою 220 кВ – це зміна розташування фаз одного кола відносно іншого, а також застосування фазоповоротних пристроїв. Очевидно, що розташування фаз одного кола двофазової ЛЕП у дзеркальній симетрії відносно іншого кола дозволяє в декілька разів зменшити електричне поле двофазової ЛЕП, причому такий метод практично не вимагає затрат на реалізацію і водночас забезпечує високу ефективність. Можливо також зменшувати електричне поле двофазової ЛЕП за рахунок застосування фазоповоротних пристроїв, але цей метод вимагає значних матеріальних витрат. Задача зменшення електричного поля ЛЕП є актуальною, особливо враховуючи той факт, що у багатьох інших країнах діють більш жорсткі норми щодо рівня напруженості електричного поля промислової частоти, а Україна поступово рухається в напрямку приведення власних вимог щодо нормування впливу електричного поля на людину у відповідність до тих, що діють у Європі.

#### Список використаних джерел

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник для электротехн., энерг., приборостроит. спец.вузов. - 8-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1986.-263 с.
  2. Троценко Є. О. Розрахунок електричного поля ліній електропередачі постійного струму // Технологічний аудит і резерви виробництва - № 4/1(24), 2015.
  3. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 – 35 кВ и 110 – 1150 кВ/ Под редакцией И.Т. Горюнова, А.А. Любимова – М.: Папирус Про, 2003.– 640 с.
-