

Рис. 2. Дійсні значення потужностей для імпульсного блоку живлення

Таким чином, з проведених розрахунків очевидно, що вищі гармоніки струму та напруги суттєво впливають на повну потужність споживану нелінійними споживачами електричної енергії.

Очевидно, що найбільший вплив на повну потужність електроприймача здійснює потужність спотворень за струмом  $D_1$ . Також неврахування повної потужності гармонік відмінних від одиниці  $S_N$  може призвести в даному випадку до значної похибки при визначенні реальних струмів, які будуть в колі. Оскільки, вимірювальні прилади окремо не можуть вимірювати значення потужностей для першої гармоніки, то і визначення коефіцієнта потужності  $\cos \phi$  може бути недостатньо точним, оскільки, враховується активна потужність  $P$ , що є сумою  $P_1$  та  $P_H$ , а в розрахунках повинна бути використана лише потужність  $P_1$ . Розрахунок повної потужності за показами лічильників активної та реактивної енергії не дозволить отримати вірних значень, оскільки повна потужність  $S$ , що у своєму складі має не тільки  $S_1$ , а й  $S_N$ , а як видно з рис.2 для типового нелінійного навантаження потужність спотворень може бути навіть більшою за  $S_1$ . Таким чином, нелінійне навантаження може вносити значний вплив на якість електричної енергії і призводить до більш складного розрахунку величин, необхідних для оцінки стану роботи мережі або вибору обладнання, що викликає необхідність у застосуванні способів та методів боротьби з вищими гармоніками.

**Висновок.** Врахування тільки активної та реактивної потужності може призвести до неточних розрахунків дійсних значень струму, в більшості випадків, який несе тепловий вплив на елементи мережі та її обладнання, строк служби якого може скоротитися або, навіть, призвести до передчасного виходу його із ладу.

#### Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності». – Видання офіційне. Мініекономрозвитку України – К., 2014. – 28 с.
2. IEEE Std 1459-2010 «IEEE Standart Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions». – IEEE Power & Energy Society – New York, 2010 – 52 p.

УДК 621.3.013.24

## ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ COMSOL MULTIPHYSICS ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ДВОКОЛОВОЇ ПОВІТРЯНОЇ ЛЕП

Маренець Д.І., студ. гр. ЕМ-171

Красножон А.В., к.т.н., ст. викладач кафедри ЕСіМ  
Чернігівський національний технологічний університет

Повітряні ЛЕП є потужним джерелом магнітного поля промислової частоти, яке може бути зафіксоване далеко поза межами трас ЛЕП та поза межами їх охоронних зон. Магнітне поле повітряної ЛЕП певним чином розподілене в площині, розташованій перпендикулярно трасі ЛЕП. Розрахунок індукції магнітного поля в будь-якій точці простору виконується символічним методом і є достатньо складним [1, 2].

Альтернативою розрахунку може бути моделювання магнітного поля повітряної ЛЕП із застосуванням спеціалізованих програмних пакетів, таких як Ansys, Elcut та Comsol Muiitphysics. Такі програмні пакети здійснюють розрахунок поля методом кінцевих елементів на основі рівнянь Максвелла та граничних умов [3].

В даній роботі було досліджено магнітне поле двоколової повітряної ЛЕП напругою 330кВ, виконаної на опорах типу ПС330-6. Зовнішній вигляд опори показано на рисунку 1. Діюче значення струму у фазах ЛЕП приймалось рівним 800А. Також на рисунку показано типове розташування фаз обох кіл ЛЕП,

при цьому відомо, що магнітне поле в такому варіанті є найбільшим. Найменше поле на розрахунковому рівні забезпечує розташування фаз другого кола у дзеркальній симетрії відносно першого (дзеркальна симетрія передбачає, що A2 і C2 необхідно поміняти місцями).

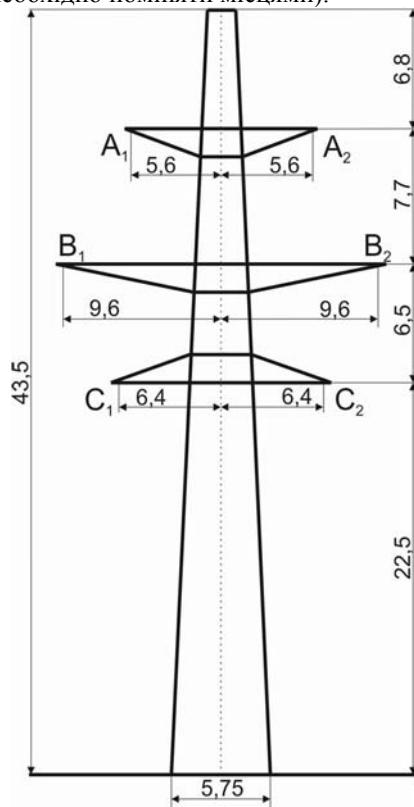


Рис.1. Опора двокової ЛЕП класу напруги 330 кВ типу ПС330-6

На рисунку 2 приведено розраховану в програмі Comsol Multiphysics карту розподілу індукції при типовому розташуванні фаз обох кіл ЛЕП, а також побудовано силові лінії, що відповідають певному значенню індукції. З рисунку видно, що силова лінія, яка відповідає безпечному для людини значенню 0,5 мкТл, проходить на відстані 90 м від центру траси ЛЕП, тобто знаходиться поза межами охоронної зони (межа охоронної зони проходить на відстані 39,6 м від осевої лінії траси ЛЕП в обидва боки).

На рисунку 3 зображено карту розподілу індукції при дзеркальному розташуванні фаз обох кіл. Силова лінія 0,5 мкТл розташована значно ближче до охоронної зони, ніж при типовому розташуванні фаз обох кіл. Слід зазначити, що розташування фаз різних кіл двокової ЛЕП у дзеркальній симетрії можна передбачити на етапі проектування ЛЕП; для діючих ЛЕП розташування фаз одного кола також можна легко змінити, що забезпечить суттєве зменшення магнітного поля ЛЕП.

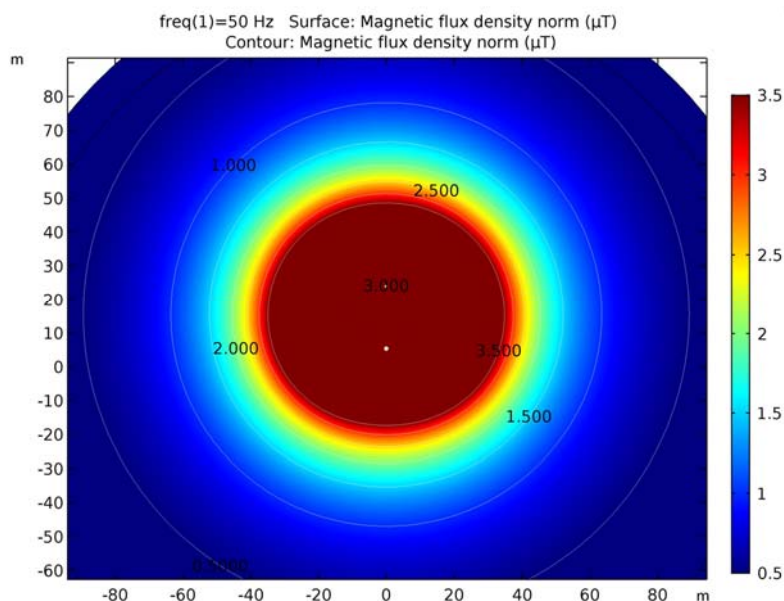


Рис.2. Карта розподілу у просторі індукції магнітного поля двокової ЛЕП при типовому розташуванні фаз обох кіл

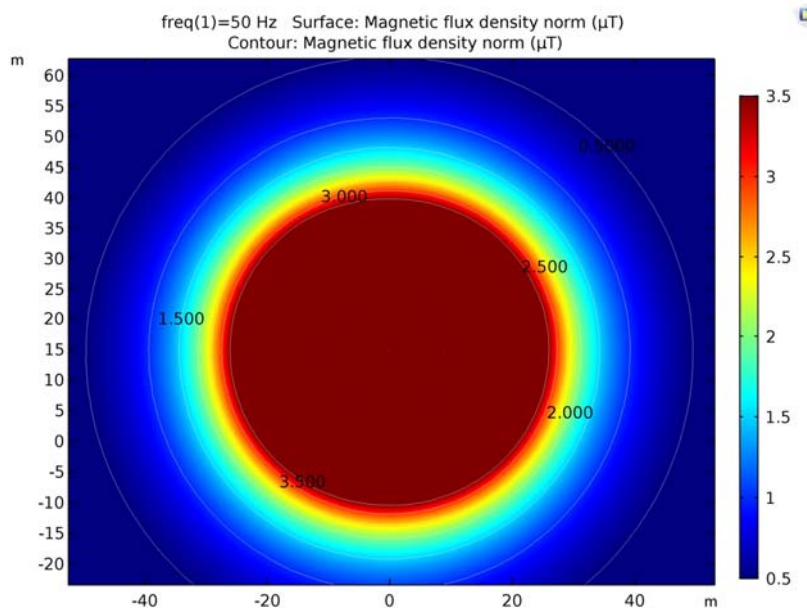


Рис.3. Карта розподілу у просторі індукції магнітного поля двоколової ЛЕП при дзеркальному розташуванні фаз обох кіл

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.