

УДК 621.3.013.1

Яримбаш Д.С.¹, Кравченко Ю.В.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-910м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ГАРМОНІЙНОГО СКЛАДУ ФАЗНИХ СТРУМІВ НЕРОБОЧОГО ХОДУ ТРИФАЗНОГО СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Параметри силового трансформатора визначаються даними дослідного неробочого ходу і короткого замикання. До параметрів дослідного неробочого ходу слід віднести струм неробочого ходу і втрати неробочого ходу, що відповідають номінальним значенням симетричної синусоїдної системи фазних напруг, а до параметрів короткого замикання – значення напруги і втрат короткого замикання, що визначені для номінального значення фазного струму.

Внаслідок нелінійності гістерезисної характеристики намагнічування і електричної несиметрії системи фазних опорів виникає істотна розбіжність і несинусоїдність фазних струмів неробочого ходу. Це призводить до виникнення вищих гармонійних складових струмів і, як наслідок, до збільшення втрат неробочого ходу від їх впливу. Тому визначення

гармонійного складу струмів неробочого ходу є актуальним для удосконалення методик розрахунку силових трансформаторів.

Метою роботи є визначення гармонійного складу струмів неробочого ходу трифазного силового трансформатора.

Для проведення досліджень застосовувалася time-dependent математична модель магнітного поля в 3D області активної частини силового трансформатора у режимі дослідного неробочого ходу, яка була розрахована у Comsol Multiphysics для гістерезисної характеристики намагнічування електротехнічної сталі марки 3408. За даними моделювання формувалися масиви миттєвих значень фазних струмів, що відповідали масивам відповідних значень часу. Таким чином для кожного фазного струму були отримані дискретні масиви часових осцилограм, які потім оброблялися за допомогою методів гармонійного аналізу і симетричних складових.

Було встановлено, що амплітуди перших гармонік фазних струмів мають наступні співвідношення між собою: 178 %:100 %:171 %; для третіх гармонійних складових зазначені співвідношення будуть: 18 %:28 %:22 %; для п'ятих гармонійних складових: 23 %:14 %:24 %; а також для сьомих гармонік: 7,42 %:5,3 %:8,1 %.

Фази зазначених гармонійних складових фазних струмів неробочого ходу дорівнюють для перших гармонік: 2,483 рад.: 0 рад.: -1,942 рад.; для третіх гармонік: 3,00 рад.: 3,045 рад.; -0,857 рад.; для п'ятих гармонік: 2,975 рад.: -0,785 рад.: 1,137 рад.; для сьомих гармонік: -2,508 рад.: 1,343 рад.: -0,322 рад..

Проведені дослідження показали, що трифазні силові трансформатори у режимі неробочого ходу генерують у мережу, насамперед, треті гармонійні та п'яті гармонійні складові струму. Припущення, що для схема з'єднання обмоток «Y» у досліді неробочого ходу дозволяє нехтувати третіми гармонійними складовими у часових кривих фазних струмів, повністю спростовується. Що обумовлюється наближенням один до одного фазних струмових зсувів у фазах «A» і «B», що відрізняються один від одного не більш ніж на 1,5 %.

За результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що для підвищення точності проєктних розрахунків необхідно також визначати потужність намагнічування від третіх і п'ятих гармонійних складових фазних струмів неробочого ходу для схем з'єднання обмоток у «Y» та «D», що забезпечить відповідність проєктних даних даним випробувань.