

УДК 621.3.013.1

Яримбаш Д.С.¹, Бабкіна О.Ю.²

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

² студ. гр. Е-912м НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ ЗУСИЛЬ В ОБМОТКАХ ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ КОРОТКОМУ ЗАМИКАННІ

Силовий трансформатор є ключовим обладнанням для перетворення енергії в енергосистемі. Надійність роботи силового трансформатора має дуже велике значення для забезпечення безпеки і надійності енергосистеми. Однією з основних причин аварій при роботі силових трансформаторів є деформації обмоток, викликані недостатньою здатністю протистояти короткому замиканню. Тому актуальним з практичної точки зору є питання дослідження міцності і здатності витримувати обмоток витримувати короткі замикання. Через високу вартість і складність випробування обмоток трансформатора на коротке замикання широко використовується чисельне моделювання та розрахунки на основі емпіричних формул. У роботі для розрахунку механічних властивостей обмоток силового трансформатора 110 кВ застосовано моделювання електромагнітного поля на основі рівнянь Максвелла. Визначено та проведено аналіз розподілу зусиль в обмотках силового трансформатора при короткому замиканні.

Дослідження проводились для силового трансформатору класом напруги 110 кВ, потужністю 100 МВА.

При розрахунку електромагнітних характеристик обмоток задавався струм короткого замикання як функція часу. Максимальний струм короткого замикання виникає за умови трифазного короткого замикання, яке може призвести до найгірших пошкоджень силового трансформатору.

Для спрощення реалізації математичної моделі було зроблено припущення про достатність двовимірного моделювання. Розглядалась 2D скінчено-елементна модель вісесиметричного електромагнітного поля в трансформаторі.

За результатами розрахунку визначалась картина розподілу радіальної та осьової складової індукції розсіяння для пікових значень струму короткого

замикання. Було визначено, що індукція розсіяння між обмотками високої та низької напруги вища, ніж в інших частинах обмоток. Розподіл складових індукції

За результатами моделювання було визначено аксіальна та радіальна складові електромагнітної сили.

Несправність, що виникає при КЗ, викликана нерівномірним розподілом поля розсіяння значення та напрямом осьової електромагнітної сили кожної котушки обмотки ВН та НН відрізняються. Характеристики розподілу електромагнітної сили котушок високої та низької напруги подібні. Верхня частина обмоток піддається дії електромагнітної сили, спрямованої вниз, а нижній кінець піддається електромагнітній силі, спрямованій угору. Таким чином обмотки піддаються стисненню з обох кінців до середини.

Таким чином, для розрахунку механічних властивостей обмоток силового трансформатора класом напруги 110 кВ, потужністю 100 МВА застосовано 2D скінчено-елементну модель вісесиметричного електромагнітного поля в трансформаторі. Визначено та проведено аналіз розподілу зусиль в обмотках силового трансформатора при короткому замиканні.

Визначено розподіл індукції розсіяння в досліджуваній області, встановлено, що між обмотками високої та низької напруги індукція розсіювання вища, ніж в інших частинах обмоток. Верхній кінець обмоток піддається дії електромагнітної сили, яку спрямовано вниз, а нижній кінець піддається електромагнітній силі, яку спрямовано угору. Таким чином дві обмотки піддаються стисненню з обох кінців до середини. Максимальна напруга виникає в середині обмотки низької напруги, а максимальне зміщення відбувається в кінці обмотки високої напруги під дією осьової електромагнітної сили.