

УДК 621.314

Бабкін Д.О.¹, Дівчук Т.Є.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ГАРЯЧОЇ ТОЧКИ ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ РІЗНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Силові трансформатори є критично важливими компонентами енергосистем, які забезпечують стабільну передачу електроенергії. Їх надійність безпосередньо залежить від стану ізоляції обмоток, що, у свою чергу, визначається температурою гарячої точки (ГТ) — найбільш нагрітої ділянки обмотки. Перевищення допустимих температурних значень призводить до прискореного старіння ізоляції, збільшення ризиків аварій та скорочення терміну служби обладнання.

Сучасні енергетичні системи працюють у режимах зі змінним навантаженням, що робить актуальним дослідження впливу коефіцієнта навантаження (співвідношення фактичного навантаження до номінального) на температуру ГТ. Традиційні методи розрахунку (емпіричні формули, термоелектричні аналогії) дозволяють визначити лише середню температуру обмотки, але не локалізувати ГТ. Це обмежує їх практичне застосування для прогнозування стану трансформаторів.

Метою роботи було дослідження взаємозв'язку між коефіцієнтом навантаження та температурою гарячої точки обмотки масляного трансформатора за допомогою методу скінченних елементів.

В процесі виконання досліджень було створено тривимірну модель силового трансформатора, проведено аналіз розподілу температури в обмотка ВН та НН різних фаз при різних навантаженнях, визначено геометричне положення ГТ та його залежність від коефіцієнту навантаження, проведено оцінку впливу перевантажень на динаміку зростання температури обмоток.

Дослідження виконувались в програмному середовищі COMSOL Multiphysics для масляного трифазного трансформатора потужністю 4000 кВА класу напруги 35 кВ. При побудові геометричної моделі трансформатора враховувались конструктивні особливості трансформатора

та його елементів: обмоток ВН та НН, магнітопроводу, системи ізоляції. Для спрощення моделювання було зроблено припущення про рівномірність розподілу теплових джерел. Для підвищення обчислювальної ефективності було виконано оптимізацію сітки скінченних елементів зі збільшенням кількості елементів в зонах інтенсивного теплообміну.

Моделювання проводилось для температури навколишнього середовища 20°C із врахуванням теплових втрат в обмотках, конвекції масла та теплопровідності матеріалів для діапазону коефіцієнтів навантаження $[0,45 \dots 1,25]$.

Найвища температура спостерігалась у обмотці НН, ГТ розташовувалась трохи нижче верхнього краю обмотки. При коефіцієнті навантаження менше 1 спостерігається плавне підвищення температури, при перевищенні цього показника – більш різке. За результатами моделювання було отримано поліноміальні рівняння, що описують температурний профіль обмоток. Встановлено нелінійний характер залежності температури ГТ від навантаження, особливо критичний при перевантаженнях.

Дослідження довело ефективність методу скінченних елементів для аналізу температурних полів у масляних трансформаторах. Отримані результати дозволяють точно визначати положення гарячої точки та прогнозувати її температуру в залежності від навантаження.