

УДК 621.3.048.1

Андрієнко П.Д.¹, Скрупська Л.С.², Аталикова К.В.³

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

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Ез-410м НУ «Запорізька політехніка»

ЗАЛЕЖНОСТЬ ЗНОСУ ІЗОЛЯЦІЇ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРУ

Питання здатності навантаження у трансформаторі – це найважливіше питання експлуатації, без урахування якого неможливе проектування, експлуатація, діагностування трансформаторів. Розміри капітальних вкладень і економічність роботи підстанції також знаходяться в прямій залежності від обліку здатності навантаження трансформаторів. Тому однією з задач діагностики стає розрахунок навантажувальної здатності трансформатору та оцінка вичерпання ресурсу при заданих режимах навантаження.

В експлуатації при зростанні навантаження підстанції та неможливістю зміни в даний час трансформаторів більш потужними може виникнути необхідність у перенавантаженнях встановлених трансформаторів, більш, ніж по ГОСТ на навантажувальну здатність. Отримавши від заводу-виготовлювача інформацію за значеннями, що вимагаються для розрахунку параметрів розглянутого трансформатора, інженер-діагност може визначити безпечні межі таких перенавантажень з урахуванням конкретних режимів та умов експлуатації, виконавши відповідні розрахунки по тій чи іншій методиці в залежності від наявних можливостей і бажаної точності. Такі ж розрахунки можуть бути виконані и при реконструкції трансформаторів, наприклад, при посиленні охолодження або в інших подібних випадках.

Силові трансформатори загального призначення, особливо розподільні, як правило, працюють з нерівномірним навантаженням, при цьому відхилення миттєвого значення струму навантаження від середньодобового можуть іноді досягати 50% і більше зазвичай з певною періодичністю як протягом доби, так і по сезонах року. Температура охолоджуючого середовища також коливається в широких межах. Перевантаженням трансформатор може піддаватися систематично, та умовою їх допустимості є збереження нормального терміну служби ізоляції трансформатора.

В аварійній ситуації головним завданням є безперебійне електропостачання споживачів. Тому при відключенні одного з паралельно працюючих трансформаторів, трансформатори, що залишилися у роботі

повинні допускати певне перенавантаження. В цьому випадку можна допустити певне зниження терміну служби трансформатора. Розрахунок здатності та пропорційного її зниження ресурсу є задачею технічної діагностики.

В основі розрахунку здатності навантаження лежить тепловий знос ізоляції трансформатора. Під впливом температури і ряду інших чинників фізико-хімічні властивості твердої ізоляції з плином часу зазнають змін, при цьому ізоляція стає крихкою. Хоча електрична міцність її практично не змінюється, вона більше не здатна витримувати механічні навантаження від вібрацій або коротких замикань. Цей незворотній процес називається старінням. Швидкість старіння ізоляції залежить від температури, а досягнутий ступінь старіння – від температури і часу її впливу. На швидкість і досягнутий ступінь старіння ізоляції впливають також волога, кисень повітря і інші чинники, однак при існуючому рівні знань строгий облік цих факторів не може бути виконаний.

Для розрахунку здатності навантаження потрібно розрахувати температуру в найбільш нагрітих місцях обмотки, визначити залежність швидкості старіння ізоляції від температури і температури, при впливі якої трансформатор працюватиме заданий, економічно виправданий термін.

Розрахунок температур найбільш нагрітих точок також може бути корисним при діагностуванні ефективності роботи системи охолодження та в інших випадках коли можна на базі порівняння дійсних та розрахункових температур здійснити діагностування трансформатору.

Розрахунок температури найбільш нагрітої точки обмотки зводиться до розрахунків перевищення температури верхніх шарів масла над температурою охолоджуючого середовища і перевищення температури найбільш нагрітої точки обмотки над температурою масла при несталих режимах нагрівання.

Залежність швидкості старіння ізоляції від температури визначають експериментально на зразках і моделях ізоляції, використовуючи при цьому ті чи інші фізичні або хімічні критерії.

Температуру ізоляції, при впливі якої трансформатор працюватиме заданий термін, визначають за результатами ресурсних випробувань достатньої кількості трансформаторів або моделей при більш високих, ніж робочі, температурах. Результати випробувань екстраполюють в область робочих температур на основі певної залежності старіння ізоляції від температури.

У зв'язку з тим, що перераховані питання є дуже складними і не мають точних рішень, для розробки прийнятих для практики рекомендацій по навантаженню трансформаторів доводиться приймати ряд спрощених положень та умов, що забезпечують в кінцевому підсумку певні запаси.

Найбільш точна модель для розрахунку температури в найбільш нагрітій точці та характеристики термічного старіння ізоляції представлена у документі IEC 60076-7 “Loading guide for oil immersed power transformers”.

Для реалізації поставленої задачі розроблено алгоритми розрахунку та необхідне програмне забезпечення. Це дозволило зробити висновок, що завданий режим навантаження не призведе до свєрхнормованного зносу ізоляції трансформатору, тому може бути використаний без обмежень та ризику для обладнання.