

СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ»

УДК 621.3.013.1

Яримбаш Д.С.

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

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ОПОРІВ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРІВ З ДОВГОТРИВАЛИМИ СТРОКАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Потужні силові високовольтні трансформатори, як правило обладнуються автоматичним підпресуванням обмоток. З одного боку це обумовлено потребами забезпечення динамічної стійкості обмоток в комутаційних режимах або аварійних режимах раптового короткого замикання. З іншого боку це обумовлено зміною висоти обмоток під час експлуатації внаслідок колоїдних властивостей твердої целюлозної електроізоляції, яка змінює свої розміри і об'єм в залежності від питомої вологомисткості, а також із-за зменшення ступеня полімеризації внаслідок довготривалої температурної деструкції.

Зміни осьових розмірів первинних і вторинних обмоток потужних високовольтних силових трансформатора та їх взаємного розташування на стрижнях магнітної системи трансформатора впливають на зміни складових їх опорів. Зміна їх значень дозволяє встановити критичні відхилення, які можуть істотно збільшити вірогідність виникнення пошкоджень під час експлуатації.

Тому існує потреба доповнити дані моніторингу параметрів і стану силового трансформатора під час експлуатації відповідними даними, що характеризують їх початкові значення під час введення в експлуатацію або для його проектного стану. Тоді порівняння зміни фактичних відхилень електричних опорів обмоток із модельними змінами дозволить встановити критичні відхилення геометрії обмоток для довготривалої експлуатації.

Отже, проблема визначення опорів первинних і вторинних обмоток навантажених високовольтних силових трансформаторів під навантаженням з урахуванням зміни їх геометрів і взаємного розташування є актуальною як у науковому так і практичному плані.

Підвищення точності розрахунку складових опорів первинних і вторинних обмоток потужних силових високовольтних трансформаторів із врахуванням їх геометричної будови, геометричних розмірів її складових, зовнішніх розмірів і взаємного розташування на стрижнях трансформатора потребує розробки просторової 3D геометричної моделі. Цю геометричну модель необхідно сполучити з моделями електрофізичних властивостей провідникових, електроізоляційних феромаг-

нітних і конструкційних матеріалів активної частини трансформатора, а також математичними моделями нестационарних просторових електричних і магнітних полів.

Реалізація просторової 3D моделі нестационарних електромагнітних полів силового трансформатора здійснювалася методом кінцевих елементів у структурі засобів Comsol Multiphysics, що дозволило істотно скоротити витрати часу на розробку алгоритмів і спеціалізованого програмного забезпечення.

За даними схемного моделювання аварійних режимів силових трансформаторів визначалися гранично допустимі значення складових опорів обмоток, для яких ударні зусилля в обмотках збільшувалися понад 25%. Методом упорядкованого перебору для відхилення висот кожної з обмоток, та їх асиметричних зсувів на кожному стрижні магнітної системи встановлювалися вихідні значення геометричних параметрів обмоток для подальшого 3D моделювання.

Такий підхід дозволив істотно скоротити витрати часу для зміни параметрів просторової геометричної моделі і не потребував додаткових польових розрахунків для уточнення складових опорів обмоток низької і високої напруги для кожної із фаз трансформатора.

Крім того він дозволив провести дослідження для випадків різновисоких обмоток на різних фазах трансформатора. Усього були здійснені розрахунки для трьох критичних пар параметрів висоти і асиметрії для кожної фази, що обумовило виконати розрахунки для 27 варіантів пар геометричних параметрів кожної з фаз.

Встановлено, що найбільший вплив на складові опорів обмоток має їх різновисокість, а асиметричний зсув по висоті стрижня має значно менший вплив. Доведено, що відносні відхилення по висоті обмоток, що обумовлюються, насамперед, значно більшою висотою вертикальних стовпів прокладок в обмотках високої напруги, мають бути меншими 2,5%. У разі збільшення відхилень у висоті обмоток понад 3,3% відносно початкового стану необхідно планувати заходи з ремонту і доповнення вертикальних стовпів прокладок додатковими прокладками.

Істотною перевагою запропонованого способу відновлювального ремонту у разі критичного відхилення даних моніторингу від даних польового моделювання слід вважати, що цей ремонт не потребує демонтажу обмоток. Зовнішнє розташування обмоток високої напруги дозволяє доповнити стовпи їх прокладок додатковими безпосередньо на активній частині трансформатора, що істотно скорочує строки і вартість такого ремонту.