

УДК 621.31

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВІБРАЦІЇ ТА ШУМОУТВОРЕННЯ  
ОСЕРДЯ ТРАНСФОРМАТОРА, ВИКЛИКАНОГО  
МАГНІОСТРИКЦІЄЮ ЛИСТА З ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ СТАЛІ****Хоменко І.В., Шелест Д.А.***Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
Україна, м. Харків*

Силкові трансформатори є важливими складовими частинами енергосистеми, та їхня безпечна експлуатація є обов'язковою умовою надійності всієї системи. Вібрація трансформаторів впливає на нормальну роботу, термін служби та надійність енергетичного обладнання, а вібрація та шум також негативно позначаються на здоров'ї та комфорті людини. Вібрація трансформатора має дві основні складові: (1) вібрація обмотки, викликана електромагнітною силою, що виникає при взаємодії струму в обмотці з потоком розсіювання, та (2) вібрація сталевого осердя, викликана силами магніострикції в листі електротехнічної сталі. У разі холостого ходу струм в обмотці відсутній, та вібрація трансформатора переважно створюється осердям. Сигнал вібрації, виміряний тим часом, є сигналом вібрації осердя, який індукується магніострикцією електротехнічної сталі.

Проблема вібрації та шуму у сталевому осерді силових трансформаторів залишається дуже актуальною. Оскільки сучасне виробництво сталевих осердь та обмоток використовує метод ламінування та лакування, відповідно, вібрація осердя трансформатора в основному пов'язана з магніострикцією електротехнічного листа. У цій роботі на основі магніострикції зерно орієнтованого електротехнічного листа виконано аналіз механізму генерації вібрації в осерді трансформатора. Вивчено мікроструктуру сталі, перевірено її магніострикційні властивості при різних щільностях магнітного потоку, побудовано імітаційну модель сталевого осердя, для аналізу вібраційних характеристик. Модальні, вібраційні та шумові випробування будуть проводитися на реальному осерді трансформатора 110 кВ в умовах холостого ходу. Результати розрахунків показують, що вібрація осердя пов'язана з механізмом деформації листів сталі. Розмір вібрації у різних частинах осердя відрізняється через анізотропії магніострикції (рис.1).

Вібрація у вертикальній площині осердя найбільша, а її величина в центрі осердя менша, ніж на швах у тій же площині. Вібрація осердя та шум демонструють значну кореляцію, тоді як модальні характеристики сильно впливають на вібрацію осердя та інтенсивність шуму.

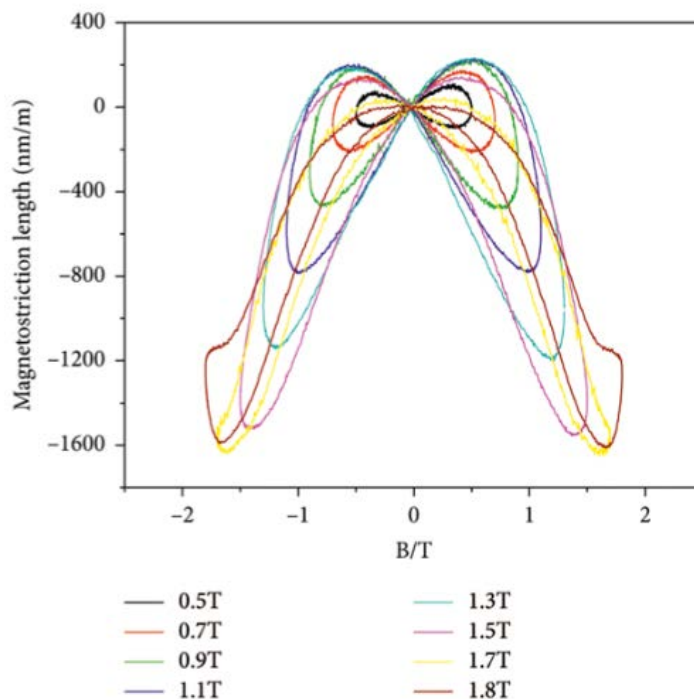


Рисунок 1 – Магнітострикційні криві-метелики при різних густинах магнітного потоку

За допомогою мультифізичного моделювання в інженерному пакеті WAVE6 розраховані деформації осердя трифазного трансформатора при суто-синусоїдальній намагніченості з частотою 50 Гц і намагніченості з п'ятою гармонійною складовою тривимірним (3D) методом кінцевих елементів з використанням аналізу магнітоструктурного зв'язку (рис. 2).

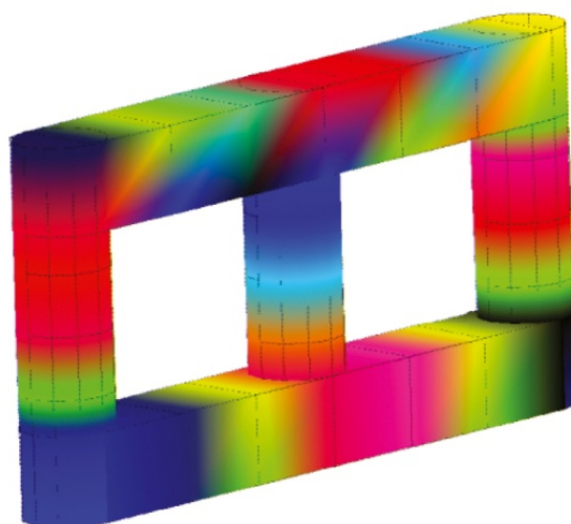


Рисунок 2 – Тестові модальні форми коливань осердя трансформатора. Режим вібрації третього порядку

Розрахований рівень звукового тиску випромінюваного шуму навколо трансформатора на основі встановленої моделі кінцевих елементів, що поєднує аналіз нестационарного електромагнітного поля, аналіз механічного поля та акустичний аналіз (рис.3).

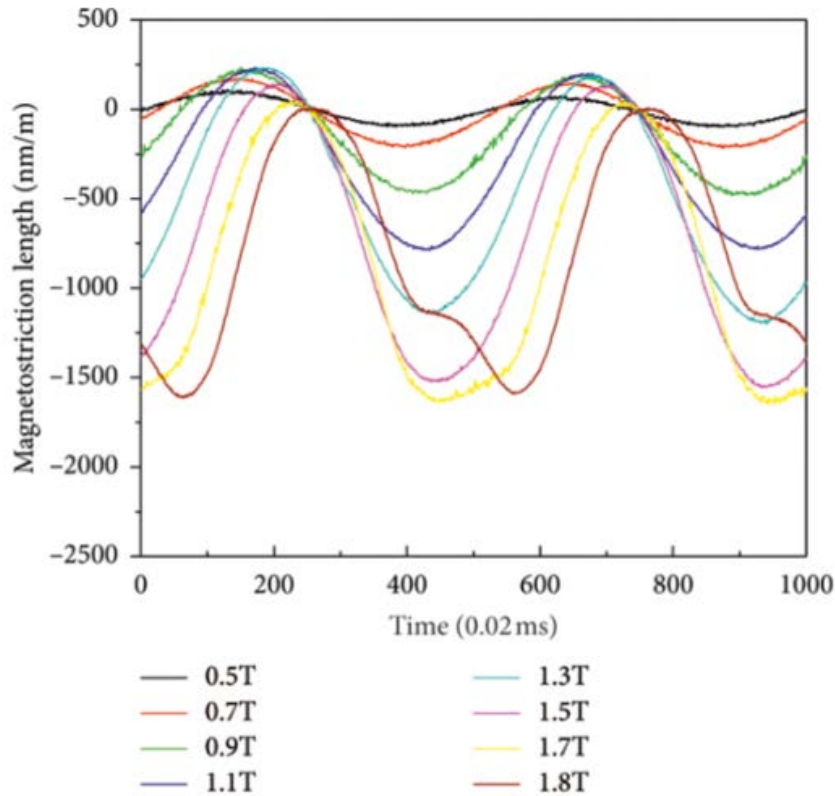


Рисунок 3 – Тимчасові форми сигналів магнітострикції при різній щільності магнітного потоку

Порівняння результатів розрахунків та даних вимірювань підтверджує, що комбінована модель розрахунку шуму застосовується для прогнозування шуму трансформатора. Встановлено зв'язаний ланцюг моделювання такого трансформатора, від подачі трифазного магнітного потоку до двовимірної оцінки деформації та акустичної потужності осердя трансформатора з урахуванням фазного струмового зв'язку, збудження магнітного потоку (збудження напругою), анізотропія матеріалу, магнітострикцій напруга та багат шарова гомогенізація.