

Максим Гришук, аспірант

АНАЛІЗ АМПЛІТУДО-ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ З ДОПОМОГОЮ НИХ

Анотація. На основі аналізу літературних джерел показано, що в електроенергетичній системі силові трансформатори (СТ) – це вартісний та відповідальний вид електричного обладнання. Розглянуто метод інтерпретації отриманих результатів аналізу амплітудно-частотних характеристик (АЧХ), який шляхом використання результатів вимірювань амплітудних значень напруги сигналу відгуку на тестовий сигнал та напруги тестового сигналу, визначення коефіцієнта передачі тестового сигналу дозволяє визначити найбільш часті пошкодження СТ.

Ключові слова. діагностування; технічний стан, трансформатор, амплітудно-частотна характеристика

Вступ. Відомо [1] що силовий трансформатор займає вагомe місце в енергетичній системі будь-якої держави. Цьому сприяють не тільки технічні причини, але й економічні. Враховуючи це варто зазначити, що від надійності їх роботи залежить в цілому робота енергосистеми, що напряму залежить від його ресурсу залишкового ресурсу. Тому підтримання силового трансформатора в справному стані важливе завдання для експлуатуючих підприємств. Разом з тим автори [2] стверджують, що від того як експлуатувати СТ дефекти всерівно будуть мати місце протягом циклу експлуатації СТ враховуючи складність специфіки роботи.

Аналіз частоти відгуку (FRA) - недорогий, досить точний та, що головне неруйнівний метод для дослідження механічної цілісності трансформаторів, особливо в частині визначення технічного стану обмоток та магнітопроводу [1÷3].

Автори [3÷4] стверджують, якщо нормативна база частотних характеристик, накопичена, то під час визначення технічного стану, можна виконати дослідження СТ, та визначити його технічний стан. У своїх роботах [3÷4] стверджують, що під час аналізу отриманих результатів, із накопиченої бази АЧХ, було вилучено дані що відповідали випадковій похибці. Та автори даної роботи, після більш розширеного аналізу пропонують розглянути таке явище, не як випадкову похибку під час вимірювань, та аналізу отриманих результатів, а як показник що характеризує відхилення отриманої АЧХ від норми та свідчить про ймовірний дефект на ранній стадії його розвитку.

В даній роботі статті пропонується дослідити значення впливу стрибкоподібного відхилення вимірної передатної функції від попередньо отриманої, для підтвердження можливості виявлення пошкодження СТ, на ранній стадії їх розвитку.

Мета і задачі. Метою статті є підвищення якості діагностування СТ, шляхом виявлення дефектів обмоток та магнітопроводу на ранній стадії їх розвитку.

Відповідно до вказаної мети в роботі вирішуються задачі:

1. Проведення аналізу АЧХ СТ, на предмет відхилень, що можуть свідчити про дефект обмоток чи магнітопроводу;
2. Дослідити вплив отриманих значень передатної функції, що мають стрибкоподібні відхилення від нормованого значення, на визначення стану СТ;

Результат досліджень. Так приймаючи рішення щодо подальшої експлуатації чи зміни режиму роботи СТ, експлуатуючі підприємства повинні враховувати ризик виходу з ладу такого активу [1,4]. Однак проблема визначення ймовірності пошкодження, полягає в тому, що такий показник зазвичай низький, часто це визвано малою кількістю статистичної інформації, яку можна проаналізувати.

Метод частотного аналізу АЧХ, представляє собою аналіз амплітудних значень сигналу відгуку на тестовий сигнал. Так відношення вимірних амплітудних значень напруги (тестовий сигнал в залежності від типу методу може бути і інший) сигналу відгуку на тестовий сигнал ($U_{амп.відг}$) та напруги тестового сигналу ($U_{амп.тест}$), за співвідношенням передатної функції (1), дозволяє побудувати АЧХ [4] (F):

$$k(u) = 20 \cdot \log_{10} U_{амп.відг} / U_{амп.тест} \quad (1)$$

Далі за [4], пропонується порівнювати отримані характеристики із попередньо вимірними АЧХ, чи із характеристиками усереднених значень, отриманих емпіричним шляхом для типового

трансформатора. Автори [3] стверджують, що якщо відхилення під час порівняння >5% то можна стверджувати про наявність дефекту. Такі результати було запропоновано вважати промахом, та вилучити із розрахунків. Так у ході дослідження, в деяких випадках отриманих АЧХ, наприклад для досліджуваного СТ, за місцем його експлуатації на одній із ФЕС, що розташована на території Хмельницької області, типу ТМГ 1000/10 У1, спостерігались прояви такого явища.

Так користуючись правилом $|k(u) - k(u)'| > 2\sigma$, [3] при довірчій імовірності $P = 0,95k(u)$ вимірювання в таких точках було вилучено із розрахунків. Та прийнято рішення про справний стан СТ. Однак під час проведення додаткових вимірювань АЧХ даного СТ, в яких було враховано необхідну кількість проведених вимірювань АЧХ за [4], отримано результати представлені в табл. 2 та на рис. 1.

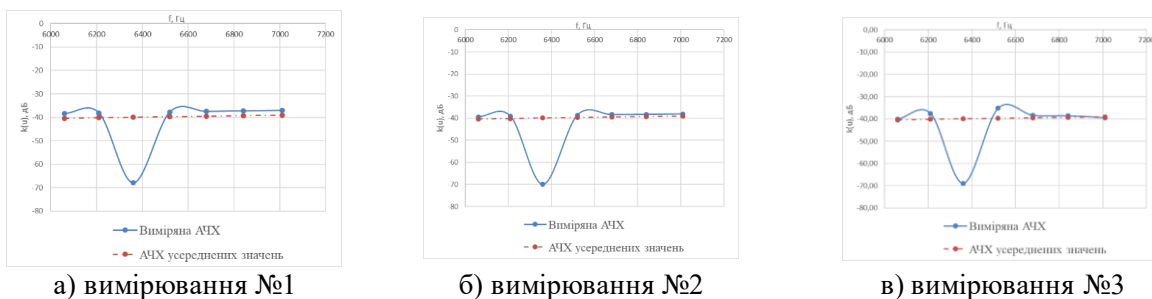


Рис. 1 – Відхилення що спостерігались при повторних дослідженнях

Табл. 2 – Значення передатної функції в досліджуваних точках

F	$k(u)_1$	$k(u)_2$	$k(u)_3$	$k(u)_4$	$k(u)_5$	$k(u)_6$	$k(u)_{yc}$
$\Gamma\zeta$	∂B						
6060	-38,38	-40,04	-38,25	-39,39	-39,32	-42,08	-40,38
...
6360	-67,95	-68,95	-76,80	-69,95	-81,03	-72,25	-39,95
...
7010	-37,08	-39,45	-37,10	-38,11	-39,91	-41,07	-39,08

Як бачимо після проведення повторних вимірювань, та більш ретельного дослідження отриманих АЧХ, стрибкоподібне відхилення частотної характеристики спостерігається, у всіх отриманих АЧХ, під час проведення повторних дослідів.

Висновки. Досліджено отримані АЧХ СТ типу ТМГ 1000/10 У1, які підтвердили його справний технічний стан. Однак на проміжку частоти 6060÷7010 Гц спостерігались стрибкоподібні відхилення які було вилучено із розрахунків вважаючи їх промахом. Проведені додаткові вимірювання АЧХ, що на проміжку частоти 6060÷7010 Гц, показали такі ж самі відхилення як і в попередніх вимірюваннях, які вказують на ймовірний дефект обмоток СТ, для даного прикладу.

Література

- Chen J. M., Bi T. S., Sun M. Study on quality risk assessment for power transformer based on fault tree analysis //2016 China International Conference on Electricity Distribution (CICED). – IEEE, 2016. – С. 1-4.
- Martin D. et al. Analysis and mitigation of Australian and New Zealand power transformer failures resulting in fires and explosions //IEEE Electrical Insulation Magazine. – 2019. – Т. 35. – №. 6. – С. 7-14.
- Рубаненко О. Є. Обґрунтування меж діапазону частот ачх трансформаторів відповідного дефектам зсуву витків / О. Є. Рубаненко, М. О. Гришук, М. П. Лабзун. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – №. 5.. – 2017. – С. 171–176
- RUBANENKO O. Planning of the experiment for the defining of the technical state of the transformer by using amplitude-frequency characteristi / O. RUBANENKO, M. HRYSCHUK, O. RUBANENKO. // PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY Vol 2020, No 3. – 2020. – С. 119–124 doi:10.15199/48.2020.03.27