УДК 621.311

О. Є. Рубаненко[1]
О. О. Рубаненко[1]
М. О. Грищук[2]

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ АЧХ

1 Вінницький національний технічний університет
2 ТОВ «УКРАЇНСЬКІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОДУКТИ»

Анотація

Представлено результати аналізу отриманих АЧХ СТ типу ТМГ 1000/10 У1, за місцем його експлуатації. Досліджено впив зміни отриманих значень передатної функції, які мають на вагомий вплив, на визначення стану СТ, що в подальшому, за певних умов, дозволить виявляти дефекти обмоток та магнітопроводу СТ на ранній стадії їх розвитку.

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

Abstract

The results of the analysis of the obtained frequency response of ST type TMG 1000/10 U1, according to the place of its operation are presented. The influence of changes in the obtained values of the transfer function, which have a significant impact on the determination of the state of the CT, which in the future, under certain conditions, will detect defects of the windings and magnetic circuit of the CT at an early stage of their development.

***Keywords.** diagnosing; technical condition, transformer, amplitude-frequency characteristics.*

Вступ

Відомо [1÷2], що силовий трансформатор (СТ) займає вагоме місце в енергетичній системі будь-якої розвиненої країни оскільки таке обладнання є одними з найскладніших і відповідальніших видів електрообладнання електроенергетичних систем. Враховуючи це варто зазначити, що від залишкового ресурсу СТ залежить робота енергосистеми та підприємств в цілому. [3]. Наразі, в Україні, варті уваги СТ класом напруги 0,4÷35 кВ, оскільки ознакою сьогодення є стрімкі темпи розбудови об'єктів відновлювальної енергетики в світі та в Україні[4].

Тому підтримання такого обладнання в справному стані важливе завдання для експлуатуючих підприємств.

Результати досліджень

З метою визначення технічного стану, виконано ряд експериментальних досліджень, СТ класом напруги 0,4÷35 кВ що наразі експлуатуються зокрема на ФЕС, дослідження проводились методом частотного аналізу. У результаті вимірювані амплітудних значень напруги сигналу відгуку на тестовий сигнал ($U_{амп.відг}$) та напруги тестового сигналу ($U_{амп.тест}$), визначається коефіцієнт передачі тестового сигнал на різній частоті (значення передатної функції), як результат ділення амплітудного значення напруги $U_{амп.відг}$ (сигнала відгуку на тестовий сигнал для поточної частоти цього сигналу) на амплітудне значення напруги (тестового сигналу для такої ж частоти) $U_{амп.тест}$. Тоді передатна функція [2], тестового сигналу (1) (F):

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

Під час дослідження СТ типу ТМГ 1000/10 У1 було виконано вимірювання у кількості 3-ох разів. Так під час аналізу отриманих АЧХ, діючого СТ типу ТМГ 1000/10 У1, за місцем його експлуатації, значних відхилень поточної кривої від попередньо виміряної, не виявлено. Однак на проміжку частоти, фаза А, $2 \cdot 10^3 \div 2 \cdot 10^4$ спостерігались відхилення в межах 5%, із різкою зміною значень поточної кривої (рис. 1а вимірювання №2, 3, 4) від АЧХ що отримана під час введення даного СТ в експлуатацію (рис. 1а вимірювання №1), а на кривій, що виміряна на фазі В, спостерігалось постійне стрибкоподібне відхилення в межах 2% рис. 1б.

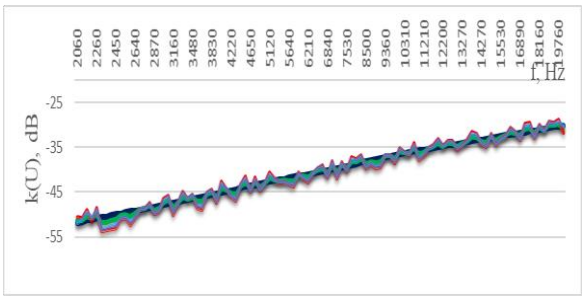

Рис.1а

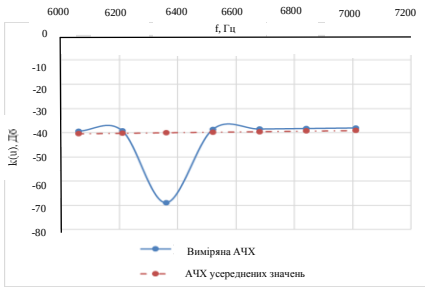

Рис.1б

Рис.1 – Фрагмент де спостерігались коливання значень АЧХ.

В результаті досліджень описаних в [1] такі відхилення, можуть свідчити не тільки випадкову похибку під час вимірювань, а і про дефект на ранній стадії його розвитку. Дослідження тенденції відхилень АЧХ, дозволили визначити ймовірний вплив дефекту на ранній стадії його розвитку на значення передатної функції. Для дослідження тісноти взаємозв'язку між попередньо виміряними даними та отриманими даними під час поточних вимірювань, виконано розрахунок коефіцієнтів кореляції Пірсона [1].

$$COr_{P,k(u)} = \frac{\sum(k(u)_{i,j} - d_i)(k(u)_{i,j} - d_j)}{\sqrt{\sigma_j^2 \cdot \sigma_i^2}} \qquad (2)$$

де, k(U) – значення передатної функції, дБ; d – вибіркове середнє абсолютне відхилення, дБ; і – порядковий номер вимірювання; j – порядковий номер вимірювання; σ– дисперсія сукупності вибірки.

Завдяки нормуванню, що набуває значень у інтервалі $-1 \leq CORP,K(U) \leq 1$. Значення впливу характеризується абсолютною величиною коефіцієнта кореляції. Чим ближче до 1 або -1 значення кореляції, тим сильніший зв'язок. Якщо значення знаходиться ближче до 0, то це означає слабкий зв'язок.

За проведеними розрахунками [1] отримано значення коефіцієнтів кореляції Пірсона, що представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів кореляції Пірсона АЧХ досліджуваного СТ

	$k(U)_0$	$k(U)_1$	$k(U)_2$	$k(U)_3$
$k(U)_0$	1			
$k(U)_1$	0,997403528	1		
$k(U)_2$	0,99741809	0,989873151	1	
$k(U)_3$	0,9944691	0,98440075	0,999045051	1

Висновки

1. За результатами аналізу отриманих АЧХ СТ типу ТМГ 1000/10 У1, визначено справний стан, діагностованого СТ.

2. Під час аналізу, на проміжку частоти $2 \cdot 10^3$-$2 \cdot 10^4$ виявлено відхилення в межах 5%, зі стрибкоподібною зміною значень.

3. Досліджено впив такої зміни отриманих значень передатної функції, з допомогою коефіцієнтів кореляції Пірсона, які вказують на вагомий вплив, таких відхилень для визначення дефектів обмоток СТ. Такий аналіз АЧХ дозволяє підтвердити, або спростувати дефект на ранній стадії його розвитку.

3. Проведені дослідження свідчать про ймовірне зміщення витків між обмотками та кріпленням на ранній стадії розвитку, тому під час наступного технічного обслуговування такого обладнання варто звернути увагу на ймовірність розвитку такого дефекту.

4. На прикладі досліджуваного силового трансформатора типу ТМГ 1000/10 У1, підтверджено його справний технічний стан. Однак на проміжку частоти 6060÷7010 Гц спостерігались стрибкоподібні відхилення, які було попередньо вилучено із розрахунків вважаючи їх промахом.

5. Після додаткових досліджень АЧХ, виявлено дефекти обмоток фази А та В на ранній стадії розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Рубаненко О. Є, Рубаненко О. О, Грищук М. О. АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ З ЇХНЬОЮ ДОПОМОГОЮ. Вісник ВПІ [інтернет]. 30, Квітень 2021 [цит. за 09, Жовтень 2021];(2):76-84. доступний у: https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2610

[2] Лежнюк П. Д. Діагностування силових трансформаторів з використанням нечітких множин / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. А. Жук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2005. — № 1. — С. 43—51.

[3] RUBANENKO O. Planning of the experiment for the defining of the technical state of the transformer by using amplitude-frequency characteristi / O. RUBANENKO, M. HRYSHCHUK, O. RUBANENKO. // PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY Vol 2020, No 3. – 2020. – С. 119–124 doi:10.15199/48.2020.03.27

[4] Lezhnyuk P. D., Rubanenko O. O., Hun'ko I. O. Keruvannya rezhymamy sektsionovanykh rozpodil'nykh elektrychnykh merezh z vidnovlyuval'nymy dzherelamy enerhiyi [Control of Sectioning Distributed Power Grids withRenewable Energy Sources]. Visnyk of Vinnytsia Polytechnical Institute. 2020, no. 2 (149), pp. 42-49. doi: https://www.doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-42-49

Рубаненко Олександр Євгенійович — к.т.н., професор, професор кафедри електричних станцій та систем; e-mail: rubanenkoae@ukr.net;

Рубаненко Олена Олександрівна — к.т.н., доцент, докторант кафедри електричних станцій та систем; Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Грищук Максим — Ph.D, провідний інженер, ТОВ «УКРАЇНСЬКІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОДУКТИ», м. Вінниця e-mail: grishuk.maksim.93@ukr.net