

# ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ДЛЯ АДЕКВАТНОЇ ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ОТРИМАНИХ АМПЛІТУДО-ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*В роботі проаналізовано існуючі методи та засоби визначення технічного стану обмоток силових трансформаторів (СТ) та визначена рекомендована кількість вимірювань для адекватної оцінки результатів отриманих амплітудо-частотних характеристик (АЧХ) СТ, з метою підвищення точності визначення технічного стану СТ, під час інтерпретації результатів проведених вимірювань.*

**Ключові слова:** діагностування, пошкодження, силовий трансформатор, частотний аналіз, обмотки, планування, експеримент.

## DETERMINATION OF QUANTITY OF MEASUREMENTS FOR ADEQUATE EVALUATION OF THE RESULTS OF RECEIVED AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF POWER TRANSFORMERS

### *Abstract*

*The work analyzes the existing methods and means of determining the technical state of power transformer windings (ST) and determines the recommended amount of measurements to adequately assess the results of the amplitude-frequency characteristics (AF) of the CT in order to improve the accuracy of the determination of the technical state of the CT during the interpretation of the results carried out measurements.*

**Key words:** diagnosis, damage, power transformer, frequency analysis, winding, planning, experiment.

### **Вступ**

Силовий трансформатор, у сучасних електроенергетичних системах, відіграє важливу роль. Пошкодження такого агрегату, тягне за собою збитки для електроенергетичного підприємства, оскільки виведення з експлуатації такого агрегату значно погіршує показники надійності та призводить до економічних втрат підприємства. Крім того пошкодження СТ під час їх експлуатації в ЕЕС [1,2] зменшує надійність та збільшує ймовірність відмови іншого обладнання, тому для визначення поточного технічного стану та залишкового ресурсу силового обладнання.

В наш існує велика кількість інструментів для діагностування СТ, однак статистика пошкоджуваності, показує, що таке обладнання продовжує пошкоджуватись, і змушує електроенергетичні підприємства змінювати режим роботи електроенергетичної мережі, що призводить до економічних втрат. Одним із нових методів сучасного діагностування СТ є аналіз частотної відповіді FRA.

Хоча цей метод тестового контролю СТ є відносно простим з моменту створення спеціального обладнання FRA, інтерпретація результатів залишається вузькоспеціалізованою та потребує кваліфікованого персоналу та належної технічної документації, для визначення виду та можливого розташування пошкодження.

Одним із немало важливих факторів під час проведення вимірювання діагностичних параметрів обладнання є кількість проведення вимірювань, та відповідна інтерпретація отриманих результатів. Адже належне подання отриманих експериментальних результатів разом із визначеними похибками дозволяє іншим людям судити про якість проведеного експерименту. Тому виправданою є визначення кількості проведення вимірювань, під час діагностування СТ, враховуючи вартість та важливість такого елемента електроенергетичного підприємства.

Якісні АЧХ СТ можна отримати з використанням приладу FRAnalyzer виробництва фірми Omicron. Для цього були виміряні АЧХ СТ ПАТ «ВІННИЦЯОБЛЕНЕРГО» па Південно-Західної

електроенергетичної системи ДП «НЕК «УКРЕНЕРГО» на рисунку 1 показана АЧХ СТ ТМ-100/10/0,4 кВ (рисунок 1а) та ТМН-6300/35/10 кВ (рисунок 1б).

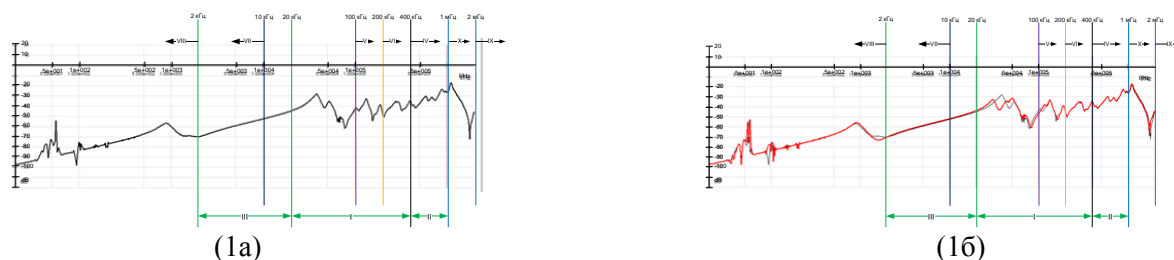


Рисунок 1а – АЧХ досліджуваного СТ ТМ-100/10/0,4 кВ, 1б – АЧХ досліджуваного СТ ТМН-6300/35/10 кВ

З метою визначення інформативної кількості дослідів пропонуємо поділити АЧХ на діапазони, та описати рівнянням передатної функції:

$$k_u(f) = 20 \cdot \log_{10} \left[ \frac{U_1(f)}{U_2(f)} \right], \text{дБ} \quad (1)$$

де  $U_1$  – напруга тестового сигналу на виході FRAnalyzer;  $U_2$  – напруга тестового сигналу на вході FRAnalyzer, яка є напругою сигналу відгуку на тестовий сигнал;  $f$  – частота тестового сигналу на виході FRAnalyzer.

В результаті розрахунків в роботі отримано поліноміальне рівняння яке має вигляд:

$$\eta = F_1^0 \cdot t_2^0 \cdot 68,188 + F_1^1 \cdot t_2^0 \cdot 4,554 - F_1^2 \cdot t_2^0 \cdot 0,087 + F_1^1 \cdot t_2^1 \cdot 0,015 + F_1^0 \cdot t_2^1 \cdot 2,783 - F_1^0 \cdot t_2^2 \cdot 0,048 \quad (2)$$

Похибка апроксимації складає 1,7 %.

Експериментальні плани, що визначають програму досліджень для знаходження математичного опису об'єкта, будуються виходячи з різних критеріїв оптимальності.

#### Висновки

Дослідження існуючих методів та засобів діагностування технічного стану СТ, показали, що не зважаючи на велику їх кількість, обладнання на електроенергетичних підприємствах, продовжує пошкоджуватись, тому потрібно впроваджувати нові методи та засоби діагностування СТ.

Під час визначення необхідної кількості вимірювань, доведено що для адекватної оцінки стану СТ, при інтерпретації результатів вимірювань АЧХ, необхідно спланувати проведені вимірювання та визначити необхідну кількість вимірювань. Розрахунок на конкретному прикладі показав, що на заданому проміжку АЧХ, потрібно провезти 10 вимірювань, для адекватної оцінки стану СТ.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рубаненко, О. Є. Визначення дефектів трансформаторного обладнання з використанням частотних діагностичних параметрів / О. Є. Рубаненко, М. П. Лабзун, М. О. Гришук // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 41-46. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.07.
2. S. Tenbohlen, F. Vahidi, P. Müller, J. Gebauer, M. Krüger: "Zuverlässigkeitsbewertung von Leistungstransformatoren" (em inglês), Proc. Stuttgarter Hochspannungssymposium, 2012. pp. 61-70.
3. Лежнюк, П. Д. Оптимальне керування нормальними режимами ЕЕС з урахуванням технічного стану трансформаторів із РПН / П.Д.Лежнюк, О.Є.Рубаненко, О.І.Казьмірук//Наукові праці ВНТУ.–2012.– №4.– 9 с.

**Гришук М. О.** – аспірант групи АС – 16, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: grishuk.maksim.93@ukr.net

**Науковий керівник Рубаненко О. Є.** – к.т.н., професор, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Grishuk Maksim** - postgraduate student of the AC group - 16, faculty of electroenergy and electro mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: grishuk.maksim.93@ukr.net

**Scientific supervisor Rubanenko Alexander** - Cand. Sc. (Eng), Prof., Assistant Professor of the department of electrical stations and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.