

ДІАГНОСТИКА СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ЗАСОБАМИ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі запропоновано метод діагностики трансформаторів, що полягає у застосуванні тепловізійних приладів, та допомагає попередити вихід з ладу обладнання, через виявлення несправності на ранніх стадіях розвитку дефекту. Використовуючи запропоновану математичну модель, та провівши попередні виміри, персонал може отримати інформацію про стан обладнання ще до виникнення аварії.

Ключові слова: силовий трансформатор, найбільш нагріта точка, повітряна лінія електропередачі.

Abstract

The paper proposes a method of diagnostics of transformers, which consists in the use of thermal imaging devices, and helps to prevent failure of equipment due to the detection of malfunctions in the early stages of defect development. Using the proposed mathematical model and preliminary measurements, staff can obtain information on the condition of the equipment before the accident.

Keywords: power transformer, most heated point, overhead power line.

Вступ

Кожний споживач електроенергії, що відноситься до першої категорії живлення згідно зі всіма нормативними документами повинен забезпечуватися безперервним постачанням електроенергії. Виконання цієї умови можливе при підтриманні силового обладнання трансформаторних підстанцій в робочому стані [1].

Важливим діагностичним параметром силового трансформатора (СТ) який контролюється під час визначення його технічного стану є температура найбільш нагрітої точки обмотки, що відрізняється в залежності від виду охолодження трансформатора [2].

Метою роботи є розроблення математичної моделі, що дає можливість визначати розвиток дефектів силового трансформатору.

Результати дослідження

Для виду охолодження ОН максимальна температура найбільш нагрітої точки при будь-якому навантаженні K дорівнює сумі температури охолоджуючого середовища, перевищення температури оливи в верхніх шарах і різниці температур найбільш нагрітої точки і оливи. Математична модель записується у вигляді такого рівняння [1, 2]:

$$\theta_h = \theta_a + \Delta\theta_{br} \left[\frac{1 + RK_2}{1 + R} \right] + H_{gr} K^y. \quad (1)$$

Для виду охолодження OF метод розрахунку заснований на температурі оливи в нижній і середній частинах обмотки і середній температурі оливи. Таким чином, максимальна температура найбільш нагрітої точки при будь-якому навантаженні K рівна сумі температури охолоджуючого середовища, перевищення температури оливи в нижній частині обмотки, різниці температур оливи на виході із обмотки і в нижній частині, а також різниці температур найбільш нагрітої точки і оливи на виході із обмотки. Математична модель записується у вигляді наступного рівняння [1, 2]

$$\theta_h = \theta_a + \Delta\theta_{br} \left[\frac{1 + RK^2}{1 + R} \right] + 2[\Delta\theta_{imr} - \Delta\theta_{br}]K^y + H_{qr}K^y. \quad (2)$$

Для виду охолодження *OD* метод розрахунку, в основному, такий, як і для виду охолодження *OF*, за виключенням того, що до значення θ_h , додається поправка на зміну омичного опору обмоток від температури. Математична модель записується у вигляді наступного рівняння [1, 2]

$$\theta'_h = \theta_h + 0,15(\theta_h - \theta_{hr}), \quad (3)$$

де θ_h визначається за формулою 4 без врахування впливу зміни омичного опору;

$$\Delta\theta_{bt} = \Delta\theta_{bi} + (\Delta\theta_{bu} - \Delta\theta_{bi})(1 - e^{-t/\tau_0}), \quad (4)$$

де $\Delta\theta_{bi}$ – початкове перевищення температури оливи в нижній частині;

$\Delta\theta_{bu}$ – встановлене перевищення температури оливи в нижній частині при навантаженні, що прикладається протягом цього інтервалу часу;

τ_0 – стала часу оливи.

Параметри на основі яких проводяться розрахунки представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Теплові параметри трансформатора

Показник	Позначення	Трансформатори			
		розподільчі	середньої і великої потужності		
		ONAN	ON	OF	OD
Відношення втрат	R	5	6	6	6
Коефіцієнт температури найбільш нагрітої точки	H	1,1	1,3	1,3	1,3
Теплова стала часу оливи	τ_0 , ч	3,0	2,5	1,5	1,5
Температура охолоджуючого середовища	θ_a , °C	20	20	20	20
Перевищення температури найбільш нагрітої точки	$\Delta\theta_{hr}$, °C	78	78	78	78
Перевищення середньої температури обмотки	$\Delta\theta_{wr}$, °C	65	63	63	68
Гradient температури найбільш нагрітої точки (масло на виході із обмотки)	H_{qr} , °C	23	26	22	29
Перевищення середньої температури оливи	$\Delta\theta_{imr}$, °C	44	43	46	46
Перевищення температури оливи на виході із обмотки	$\Delta\theta_{ir}$, °C	55	52	56	49
Перевищення температури оливи в нижній частині обмотки	$\Delta\theta_{br}$, °C	33	34	36	43

Висновки

Приведена математична модель дає можливість визначити розвиток дефекту СТ та проводити діагностування не припиняючи його роботу. Виходячи з результатів можна зробити висновок який з елементів охолодження трансформатора (ТР) потребує модифікації, а який потрібно замінити. Також враховуючи систему охолодження та режим роботи ТР можна визначити стан ізоляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wolfe William L., Zissis George J. The Infrared Handbook. - Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C. - 2008. - 311 p
2. Mading R.P. Thermographic Instruments and Systems. - Madison, Wisconsin, University of Wisconsin-Extension, Department of Engineering and Applied Science

Лисий Владислав Михайлович — студент групи 01-19, кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 2e.14b.vlad.lysyi@gmail.com

Семенов Андрій Олександрович — д-р техн. наук, доцент, доцент кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Каковкін Сергій Вікторович — старший викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: gokserkov@i.ua

Мороз Лариса Василівна — викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: morozlarisa764@gmail.com

Lysyi Vladyslav Mykhailovych — student of group 01-19, Departments of Military Training, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: 2e.14b.vlad.lysyi@gmail.com

Semenov Andriy Oleksandrovych — Dr. Sc. (Eng.), Associative Professor, Associative Professor of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Kakovkin Serhii Viktorovych — Senior Lecturer of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: gokserkov@i.ua

Moroz Larysa Vasylivna — Lecturer of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: morozlarisa764@gmail.com