



УДК 621.313.33.004.58:004.67

Л. М. БЕЗМЕННІКОВА - к.т.н., доцент

Керченський державний морський технологічний університет, м. Керч, Україна

С. О. КВІТКА - к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Сімферополь, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Представлено аналітичне обґрунтування параметрів функціонального діагностування силових трансформаторів сільських трансформаторних підстанцій, які дозволять отримати інформацію про тепловий стан обмоток в будь-який момент часу.

Ключові слова: параметр функціонального діагностування, температура масла, сила струму, додаткові теплові витрати ресурсу ізоляції, швидкість теплового зношення ізоляції обмоток.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Аналіз стану силового обладнання та причин пошкоджень трансформаторів в АПК показав, що причинами виходу з ладу силових трансформаторів є пошкодження ізоляції обмоток, старіння ізоляції, дефекти монтажу, невиконання правил та норм експлуатації [1].

Метою функціонального діагностування силових трансформаторів є забезпечення найбільш економічної його експлуатації при заданому рівні надійності і скороченні до мінімуму витрат на технічне обслуговування та ремонт. Ця мета досягається шляхом відслідковування технічного стану електрообладнання в процесі експлуатації, що дозволяє своєчасно запобігати відмовам, скорочувати простой через пошкодження, проводити комплекс заходів для підтримки його роботоздатності відповідно до даних діагностування [1, 3].

Тому необхідна розробка та впровадження приладів безперервного контролю режимів роботи силових трансформаторів сільських підстанцій. А для цього потрібно визначити параметри безперервного контролю та встановити взаємозв'язок між ними і функціональним станом силового трансформатора.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

З аналізу літературних джерел встановлено, що параметрами функціонального діагностування режимів роботи є: кратність сили струму, що споживається силовим трансформатором, перевищення температури обмоток над температурою оточуючого середовища, температура обмоток, температура масла, швидкість теплового зношення ізоляції обмоток [2, 3].

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

В роботі поставлена задача на основі аналізу режимів роботи та процесів нагріву силових трансформаторів обґрунтувати параметри функціонального діагностування, які дозволять отримати інформацію про тепловий стан обмоток трансформатора, в будь-який момент часу.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для обґрунтування параметрів функціонального діагностування силових трансформаторів було розглянуто три варіанти:

- температура масла як діагностичний параметр теплових процесів;
- сила струму у фазах силового трансформатора як діагностичний параметр теплових процесів;

- одночасно температура масла і сила струму у фазах силового трансформатора як діагностичний параметр теплових процесів.

Витрати ресурсу ізоляції обмоток фаз:

$$E = \Delta t_i \sum_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (1)$$

де Δt - проміжок часу контролю, с;

ε_i - швидкість теплового зношення ізоляції обмоток на i - й ділянці, бг/г.

Швидкість теплового зношення ізоляції обмоток фаз на i - й ділянці:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_H \cdot e^{B \left(\frac{1}{\Theta_{1H}} - \frac{1}{\Theta_{1i}} \right)}, \quad (2)$$

де ε_H - номінальна швидкість витрати ресурсу ізоляції, бг/г;

B - параметр, що характеризує клас ізоляції, К;

Θ_{1H} - абсолютна допустима (номінальна) температура ізоляції, К;

Θ_{1i} - абсолютна поточна температура ізоляції на i - й ділянці, °С.

Абсолютна поточна температура ізоляції фаз:

$$\Theta_{1i} = \tau_{1i} + v_{cep} + 273, \quad (3)$$

де τ_{1i} - усталене значення перевищення температури над температурою навколишнього середовища на i - й ділянці, °С;

v_{cep} - температура навколишнього середовища, °С.

$$\tau_{1i} = \frac{k^2 \cdot \alpha \cdot P_{10} (\Lambda_{12} + \Lambda_2) + \Lambda_{12} P_2}{\Lambda_{12} \cdot \Lambda_2} - \frac{\tau_{1y} \cdot C_1 \cdot \rho_1 + k^2 \cdot \alpha \cdot P_{10} \cdot e^{\frac{1}{T'}}}{C_1 \cdot (\rho_1 - \rho_2)} + \frac{k^2 \cdot \alpha \cdot P_{10} - \tau_{1y} \cdot C_1 \cdot \rho_2 \cdot e^{\frac{1}{T''}}}{C_1 \cdot (\rho_2 - \rho_1)}, \quad (4)$$

де k - кратність сили струму;

P_{10} - втрати потужності в обмотках трансформатора при початковій температурі, Вт;

Λ_{12}, Λ_2 - теплові провідності між обмоткою і магнітопроводом, магнітопроводом і навколишнім середовищем, Дж/с·°С;

P_2 - втрати активної потужності у магнітопроводі, Вт;

C_1 - теплоємність обмоток, Дж/кг·°С;

τ_{1y} - усталене перевищення температур обмотки над температурою навколишнього середовища, °С;

T', T'' - парціальні постійні часу нагріву, с.

Відповідно до приведеної вище математичної моделі були проведені аналітичні дослідження теплових процесів в силовому трансформаторі ТМ – 160/10, для якого відомо: $\alpha = 0,004 \text{ 1/}^\circ\text{C}$; $P_{1H} = 2 \text{ 650 Вт}$;

$P_{2H} = 565 \text{ Вт}$; $C_1 = 41 \text{ 800 Дж/}^\circ\text{C}$;

$C_2 = 594 \text{ 000 Дж/}^\circ\text{C}$; $B = 9 \text{ 500 К}$ [2].

Приймаємо значення початкового перевищення температури масла над температурою навколишнього середовища, згідно з вимогами «Правила експлуатації силових трансформаторів», рівне 36 °С, що відповідає кратності сили струму 0,96. Приймаємо значення допустимого перевищення температури масла над температурою навколишнього середовища - 60 °С.

Аналіз процесів нагріву трансформатора під дією систематичних ($k = 1,1; 1,15; 1,2; 1,25$) і аварійних ($k = 1,3; 1,45; 1,6; 1,75; 3$) перевантажень при діагностуванні по допустимому значенню температури масла 60 °С показав, що додаткові теплові витрати ресурсу ізоляції ($E_{дон}$) на одне перевантаження перевищують допустимі значення, що рекомендує «Правила експлуатації силових трансформаторів». При перевантаженні на 20 % додатковий знос ізоляції вище за допустиме значення в 3,7 рази, при перевантаженні на 75 % - в 1,45 раз (див. рис. 1, 2).

В другому варіанті додаткове теплове зношення ізоляції на одне перевантаження для трансформатора, при допустимому значенні перевищення температури обмотки 78 °С, відрізняється в 5 – 7 разів від допустимих значень, рекомендованих правилами, при різних температурах навколишнього середовища (див. рис. 3, 4).

Таким чином діагностування окремо за температурою масла і силою струму не дозволяє отримати адекватну картину процесів нагріву силового трансформатора. Для подальшого аналізу процесів нагріву приймаємо за параметри діагностування одночасно температуру масла і силу струму у фазах силового трансформатора.

ВИСНОВКИ

Для оперативного контролю функціонального

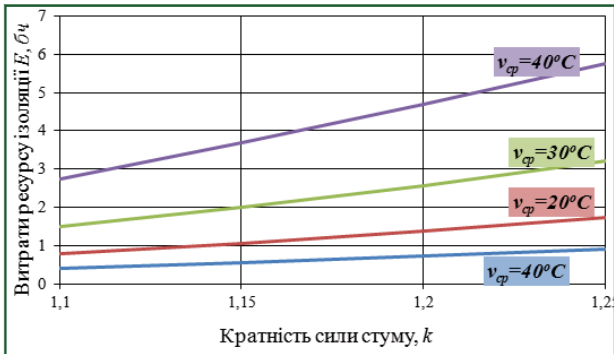


Рис. 1. Залежності $E_{oon} = f(k)$ при систематичних перевантаженнях для силового трансформатора ТМ – 160/10 при діагностуванні по температурі масла

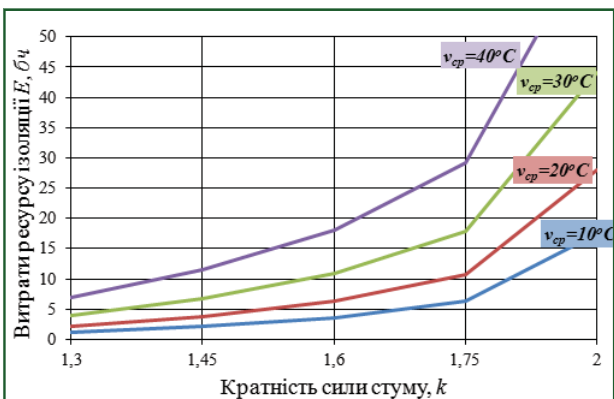


Рис. 2. Залежності $E_{oon} = f(k)$ при аварійних перевантаженнях для силового трансформатора ТМ – 160/10 при діагностуванні по температурі масла

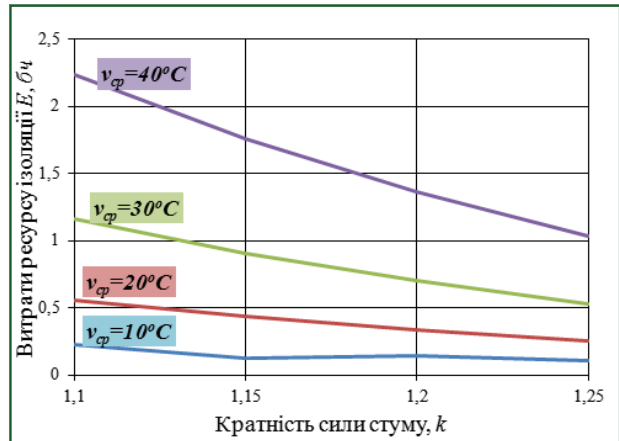


Рис. 3. Залежності $E_{oon} = f(k)$ при систематичних перевантаженнях для силового трансформатора ТМ – 160/10 при діагностуванні по силі струму

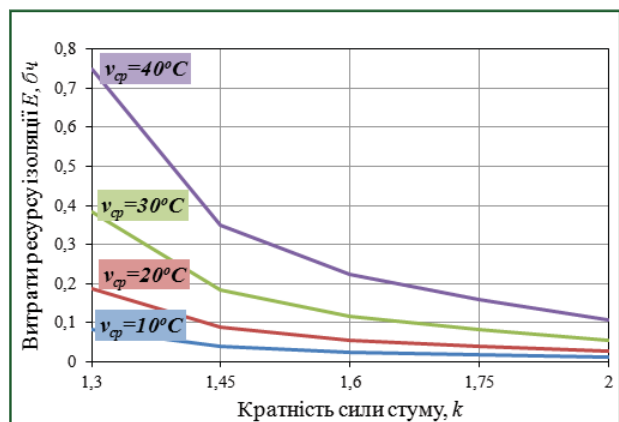


Рис. 4. Залежності $E_{oon} = f(k)$ при аварійних перевантаженнях для силового трансформатора ТМ – 160/10 при діагностуванні по силі струму

стану силових трансформаторів необхідно використовувати одночасно температуру масла і силу струму у фазах силового трансформатора як діагностичний параметр теплових процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Єрмолаєв С. О. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК: підручник / С. О. Єрмолаєв, В. О. Мунтян, В. Ф. Яковлев. // За ред. С. О. Єрмолаєва. – К.: Мета, 2003. – 543 с.:іл.
- Безменникова Л. М. Математична модель діагностування функціонального стану силових трансформаторів сільських підстанцій / Л. М. Безменникова // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені П.Василенка. - Випуск 43. – том 1.-Харків, 2006.- С.197-201.
- Безменникова Л. М. Аналітичне дослідження залежності температури обмоток силового трансформатора у функції температури масла і кратності сили струму / Л. М. Безменникова, В. В. Овчаров // Праці Таврійська державна агротехнічна академія. - Випуск 32. –Мелітополь, 2005.- С.39-43.

СТАТТЯ НАДІЙШЛА ДО РЕДАКЦІЇ 22.01.2013 р.
Л. Н. БЕЗМЕННИКОВА, С. А. КВИТКА

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Представлено аналитическое обоснование параметров функционального диагностирования силовых трансформаторов потребительских подстанций, которые позволят получить информацию про тепловое состояние обмоток в любой момент времени.

Ключевые слова: параметр функционального диагностирования, температура масла, сила тока, дополнительный тепловой расход ресурса изоляции, скорость теплового износа изоляции обмоток.

**L. BEZMENNICOVA, S. KVITKA
 SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF FUNCTIONAL DIAGNOSIS OF POWER TRANSFORMERS**

Analytical studies of parameters of functional diagnosis of power transformers of transformer substations, that will allow get information on the thermal state of windings at any one time.

Keywords: parameter functional diagnostics, oil temperature, current, additional thermal insulation resource costs, the rate of thermal deterioration of winding insulation.