



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56429 (13) U
(51) МПК (2011.01)
G01N 30/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ СТАРІННЯ ТРАНСФОРМАТОРНИХ МАСЕЛ В БАКАХ СИЛОВИХ ВИСОКОВОЛЬТНИХ МАСЛОНАПОВНЕНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

1

2

(21) u201009226

(22) 22.07.2010

(24) 10.01.2011

(46) 10.01.2011, Бюл.№ 1, 2011 р.

(72) БОНДАРЕНКО ВОЛОДИМИР ОМЕЛЯНОВИЧ,
ШУТЕНКО ОЛЕГ ВОЛОДИМИРОВИЧ, АУЛОВА
НАТАЛЯ ВОЛОДИМИРІВНА, БАКЛАЙ ДМИТРО
МИКОЛАЙОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) Спосіб оцінки ступеня старіння трансформа-
торних масел в баках силових високовольтних
маслонаповнених трансформаторів, який полягає
в тому, що проводять відбір проб масла з бака
трансформатора, визначають значення показників
якості масла, які порівнюють з відповідними грани-

чними значеннями, який **відрізняється** тим, що
визначають тривалість експлуатації трансформа-
торів, середнє завантаження трансформаторів,
враховують стан масел на момент заливки до бака
трансформатора, оцінюють ступінь старіння транс-
форматорних масел шляхом розрахунку діагнос-
тичної відстані між результатами вимірюваних показ-
ників та центрами еталонних траєкторій
показників, які є функцією тривалості експлуатації,
завантаження трансформаторів, сорту та якості
масел і змінюються з урахуванням основних зако-
номірностей дрейфу показників масел, для визна-
чення ступеня старіння масла виконують порів-
няння діагностичних відстаней до центрів трьох
найближчих траєкторій.

Корисна модель відноситься до електроенер-
гетики та стосується високовольтних силових мас-
лонаповнених трансформаторів, що використовув-
ється в електричних мережах і може бути
використана для оцінки ступеня старіння транс-
форматорних масел, при проведенні періодичних
профілактичних випробувань.

Трансформаторні масла є важливим елемен-
том ізоляції високовольтних силових трансформа-
торів, які багато в чому визначають надійність ро-
боти трансформаторів в цілому. Під впливом
сильних електричних полів, робочих температур,
хімічно агресивних середовищ та інших чинників,
які притаманні тривалій експлуатації високовольт-
ного енергетичного обладнання відбувається змі-
на хімічної структури трансформаторних масел,
внаслідок чого погіршуються його ізоляційні влас-
тливості. Слід зазначити, що продукти окислення
трансформаторних масел (гідроперекис, водород-
зчинні кислоти та інші) не тільки знижують електри-
чну міцність масел, але негативно впливають на
стан целюлозної ізоляції трансформаторів, змен-
шуючи їх ступень полімеризації, внаслідок чого
знижується механічна міцність целюлози. Тому
бажано виявляти трансформатори з прискореним
старінням масел на ранній стадії окислювальних

процесів, поки продукти окислення не привели до
погіршення механічних властивостей целюлози.

Відомий спосіб оцінки стану трансформатор-
них масел проводиться по комплексу фізико-
хімічних показників масел регламентованих в [1].
Кожному з показників якості масел встановлено
своє граничне значення. Процедура оцінки стану
масел відбувається шляхом порівняння значення
показника отриманого в результаті випробувань з
його граничним значенням. Якщо значення показ-
ників не виходять за граничні то масло вважається
нормальним та придатним до подальшої експлуа-
тації. На Фіг.1,а наглядно проілюстровано такий
підхід. Основним недоліком такого підходу є прин-
ципова неможливість виявлення трансформаторів
з аномальним старінням масел на ранній стадії,
оскільки граничні значення показників не залежать
ні від часу експлуатації, ні від умов експлуатації, ні
від сорту та якості масел, залитих в бак трансфо-
рматорів.

На Фіг.1,б,в зображені багаторівневі границі які
широко використовуються провідними закордон-
ними енергетичними компаніями [2, 3]. Незважаю-
чи на введення додаткових границь, ці методи
також не дозволяють виявляти трансформатори з
прискореним старінням масел на ранній стадії,

(19) UA (11) 56429 (13) U

коли значення показників знаходяться в межах допустимих значень.

В основу корисної моделі поставлена задача розробити такий спосіб оцінки ступеня старіння масел, який би дозволяв виявляти трансформатори з прискореним старінням масел на ранній стадії, коли значення показників знаходяться в межах граничних значень, з урахуванням режимів завантаження трансформаторів, сорту та якості масел, залитих в бак трансформаторів, а також особливостей дрейфу показників масел в умовах тривалої експлуатації.

Поставлена задача розв'язується тим, що в запропонованому способі оцінки ступеня старіння трансформаторних масел в баках силових високовольтних маслонаповнених трансформаторів, який полягає в тому, що проводять відбір проб масла з баку трансформатору, визначають значення показників якості масла, які порівнюють з відповідними граничними значеннями визначають тривалість експлуатації трансформаторів, середнє завантаження трансформаторів, враховують стан масел на момент заливки в бак трансформатора, оцінюють ступінь старіння трансформаторних масел, шляхом розрахунку діагностичної відстані між результатами вимірюваних показників та центрами еталонних траєкторій показників, які є функцією тривалості експлуатації, завантаження трансформаторів, сорту та якості масел і змінюються з урахуванням основних закономірностей дрейфу показників масел, для визначення ступеня старіння масла виконують порівняння діагностичних відстаней до центрів трьох найближчих траєкторій.

За результатами аналізу результатів періодичних випробувань стану трансформаторних масел по 249 трансформаторів з 6 областей України, встановлено [4], що на протязі тривалої експлуатації значення показників трансформаторних масел змінюються нелінійно: після періоду індукції (прихованого протікання процесів старіння) настає період самоприскорення, протягом якого відбувається погіршення показників масел внаслідок накопичення продуктів старіння. На Фіг.2,а проілюстровано складний характер залежностей показників масел від тривалості експлуатації. При цьому, встановлено [5], що швидкість дрейфу показників масел відрізняється в різних трансформаторах і залежить від їх середньої завантажки.

Наявність функціонального зв'язку між показниками якості масла, тривалістю експлуатації і струмами завантаження трансформаторів дозволяє використовувати детерміністичні методи для оцінки ступеня старіння масла. Підмножини показників масел з однаковою швидкістю старіння (М1-М6 на Фіг.2,а,б,в) можна розглядати як функції часу, які є еталонними траєкторіями, що описують зміни цих показників з часом.

При такому підході оцінка ступеня старіння масла зводиться до порівняння дійсних траєкторій з еталонними, що дозволяє встановити, до якого з класів відноситься об'єкт за своїм станом. Для кожної з підмножин показників були розраховані діаметри і центри траєкторій [6], які наведені на Фіг.3.

$$D_{\lambda}(i) = \gamma D_{B_{\lambda}}(i), \quad (1)$$

$$D_{B_{\lambda}}^2(i) = \sum_{m=1}^k \frac{1}{N} \sum_{r=1}^N [S_{mr}(i) - \bar{S}_{\lambda,m}(i)]^2, \quad (2)$$

де B_{λ} - множина; $D_{B_{\lambda}}^2(i)$ - міра множини B_{λ} в i -й момент часу, N - кількість траєкторій, які належать B_{λ} , $\bar{S}_{\lambda,m}$ - центр множини B_{λ} і по m -му показнику:

$$\bar{S}_{\lambda,m} = \frac{1}{N} \sum_{r=1}^N \xi_{\lambda,mr}.$$

Враховуючи жорсткий зв'язок між траєкторіями показників і завантаженням трансформаторів (Фіг.2,б,в), загальну процедуру оцінки ступеня старіння масла можна сформулювати таким чином: часовий ряд показника перевіряється на належність одночасно трьом траєкторіям даних. При цьому перша траєкторія має середнє завантаження рівне середньому завантаженню діагностуємого трансформатора; друга - найближче більше; третя - найближче - менше. Якщо ряд належить першій підмножині, то темп старіння масла вважається нормальним. Якщо часовий ряд належить підмножині з вищим значенням завантаження, то незалежно від того перевищило значення показника граничне значення чи ні, старіння вважається за аномальне і рекомендується застосувати заходи по уповільненню процесів старіння. Якщо часовий ряд показника належить підмножині з меншим завантаженням, то з'ясовуються причини, за яких сталось зниження значення показника. Вирішення про належність тимчасового ряду до i -тої траєкторії проводиться згідно виразу

$$L_i = \min, \text{ то } x \in D_i, \quad (3)$$

$$\text{де } L_{(v)}(x, a) = \left(\sum_{j=1}^N |x_j - a_j|^v \right)^{\frac{1}{v}} - \text{діагностична відстань між центром еталонної траєкторії і часовим рядом в } j\text{-й момент часу.}$$

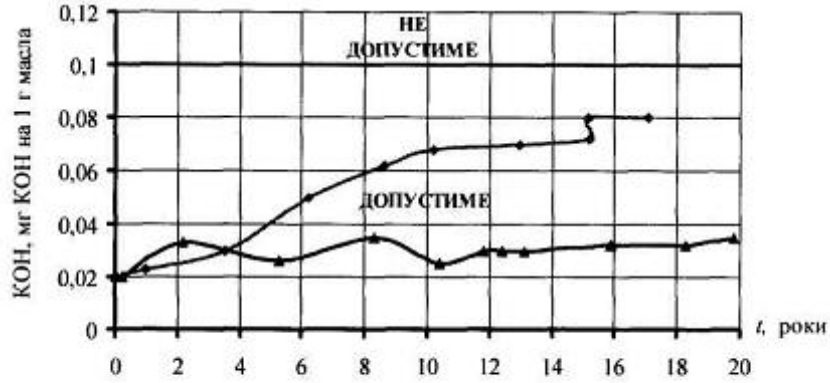
Таким чином, запропонований спосіб оцінки ступеня старіння трансформаторних масел на відміну від існуючих методів, дозволяє виявляти трансформатори з аномальним старінням масел на ранній стадії, коли значення показників масел знаходяться в межах граничних, й тим самим підвищити експлуатаційну надійність високовольтних маслонаповнених трансформаторів та подовжити їх строк експлуатації, виявити похибки результатів вимірювання значень показників й тим самим підвищити достовірність контролю.

Джерела інформації:
1. Норми випробування електрообладнання: СОУ - Н ЕЕ 20.302:2007 - Офіц. вид. - К.: ОЕП ГРІФРЕ: М-во палива та енергетики України, 2007. - 262с.
2. Объем и нормы испытаний электрооборудования: РД 34.45-51.300-97. Изд. 6-е. - М: ЭНАС, 1998. - 296с.
3. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. М. «Издательство НЦ ЭНАС» 2002. - 216с.
4. Шутенко О.В. Особенности дрейфа показателей качества трансформаторного масла в течение длительной эксплуатации // Интегрированные техно-

логії та енергозбереження. - Харків: НТУ «ХПІ», 2007. - №4. - С.26-30.

5. Шутенко О.В. Исследование влияния режимов работы трансформаторов на интенсивность старения масла // Энергетика та електрифікація. - Київ. - 2008 - №8. - С.54-59.

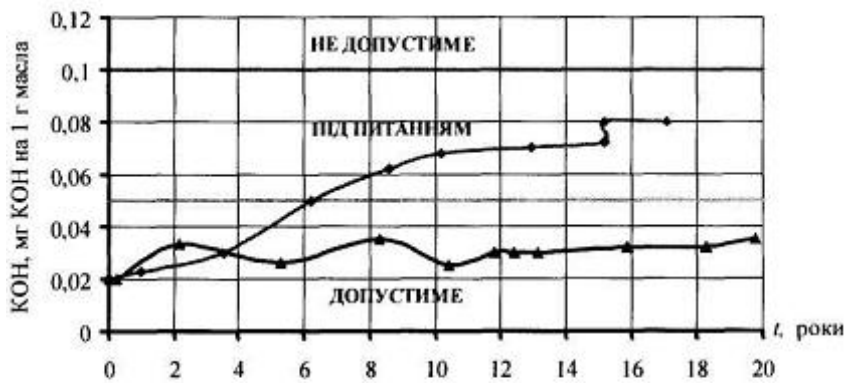
6. Д.В. Гаскаров, Т.А. Голинкевич, А.В. Мозгаевский Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры - М: Советское Радио, 1974. - 224с.



а

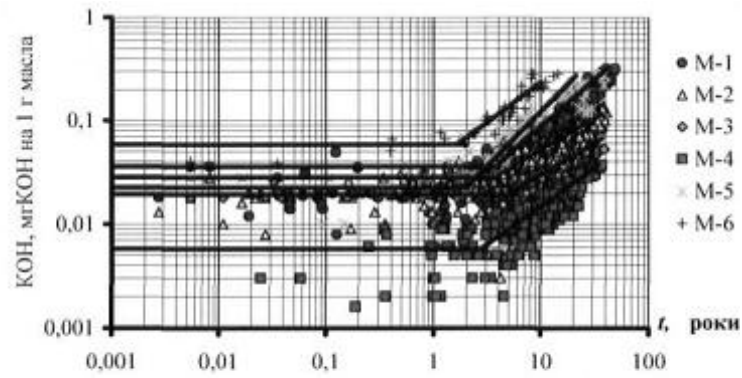


б

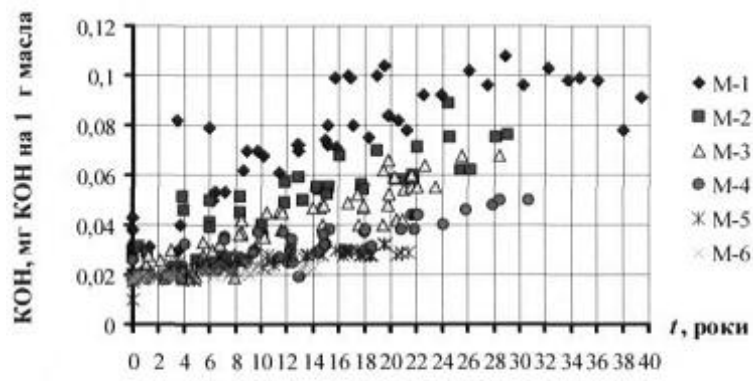


в

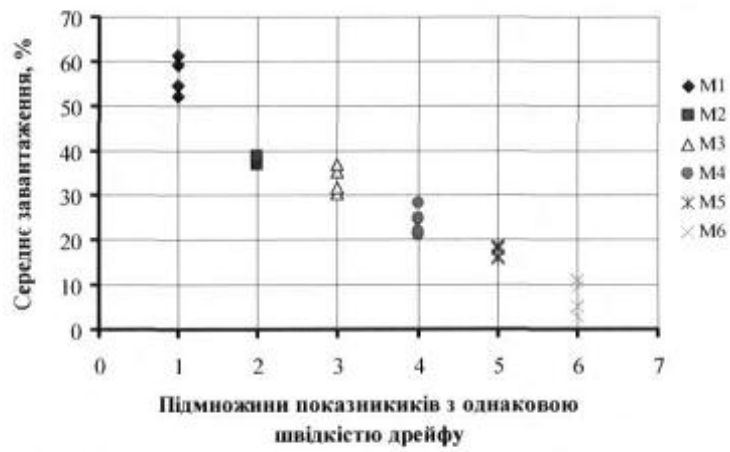
Фиг. 1



a

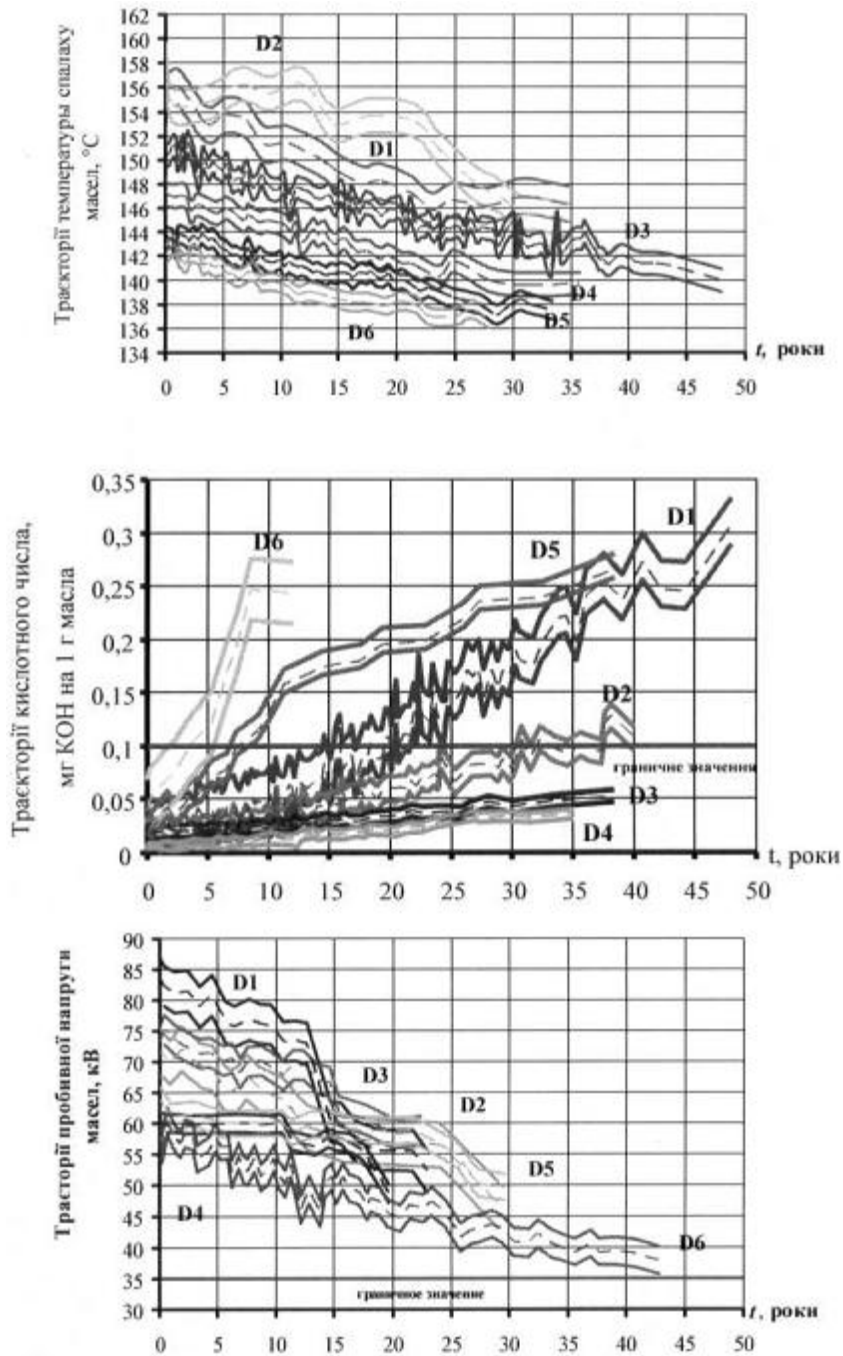


б



в

Фіг. 2



Фіг. 3