

ВДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМУ АНАЛІЗУ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ КОНДЕНСАТОРНОГО ТИПУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВВОДІВ

Загайнова О. А., Сердюкова Г. М.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Запропоновано алгоритм аналізу стану ізоляції конденсаторного типу високовольтних вводів на основі розпізнавання траєкторій, який враховує особливості старіння ізоляції на тривалих інтервалах експлуатації.

Постановка проблеми. Успішна експлуатація електроустановки залежить від точності і достовірності оцінки його технічного стану, а значить, і від об'єктивності критеріїв на які спирається технічна діагностика. В даний час в базах даних енергокомпаній накопичений великий масив даних контрольованих параметрів високовольтних вводів за час їх експлуатації. Однак використання цих даних в якості навчальних вибірок можливо лише після їх статистичної обробки.

У даній статті, на основі аналізу результатів експлуатаційного контролю, запропоновано алгоритм оцінки стану ізоляції конденсаторного типу високовольтних вводів на основі розпізнавання траєкторій з врахуванням особливостей старіння ізоляції високовольтних вводів на тривалих інтервалах експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш поширеним видом ізоляції вводів з напругою 110 кВ і вище є паперово-масляна ізоляція конденсаторного типу. Проблема пошкодження високовольтних герметичних вводів трансформаторів викликає необхідність глибокого вивчення причин що приводять до пошкоджень, розробки досконаліших методів контролю стану і заходів щодо підвищення їх надійності [1,2]. Актуальність даного дослідження обумовлена тим, що вдосконалення критеріїв діагностики і методів аналізу діагностичної інформації підвищує об'єктивність оцінки технічного стану високовольтного маслонаповненого обладнання, що робить надійніше експлуатацію електрообладнання, продовжує ресурс його роботи, дозволяє економити кошти, знижує ризики збитків.

Мета та задачі дослідження. Метою справжнього дослідження є удосконалення процедур ухвалення рішень при оцінці стану ізоляції конденсаторного типу високовольтних вводів.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

- сформувати однорідні підмножини показників якості ізоляції вводів;
- оцінити вплив умов експлуатації на інтенсивність старіння ізоляції вводів;
- розробити алгоритм оцінки ступеня старіння ізоляції вводів на основі методу розпізнавання траєкторій.

Основні матеріали дослідження. Для виконання аналізу використовувалися результати профілактичних випробувань характеристик внутрішньої ізоляції конденсаторного типу високовольтних вводів напругою 110 кВ з різних областей України. Виконано аналіз результатів періодичного контролю загальним

об'ємом 2995 вибірових значень по 5 показникам, які характеризують зміну ізоляційних властивостей вводів до 30 років експлуатації. Для формування однорідних підмножин показників в умовах відсутності інформації про умови роботи вводів запропоновано використовувати критерій максимуму значень кореляційного відношення [3]. Результати формування однорідних підмножин показників якості ізоляції маслонаповнених високовольтних вводів наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Результати формування однорідних підмножин

Ізоляційні характеристики		Коефіцієнт парної кореляції, нижня та верхня границі довірчого інтервалу			Кореляційні відношення	
		r_H	ρ	r_B	$\eta_{x_1 \cdot x_2}$	$\eta_{x_2 \cdot x_1}$
$tg\delta_{10}$	1	0,32	0,48	0,62	0,85	0,86
	2	0,21	0,44	0,62	0,95	0,93
	3	0,52	0,68	0,79	0,92	0,93
	4	0,26	0,42	0,56	0,75	0,88
	5	0,44	0,59	0,7	0,76	0,96
	6	0,46	0,63	0,76	0,87	0,96
	7	0,41	0,63	0,78	0,85	0,89
$tg\delta_3$	1	0,37	0,47	0,56	0,81	0,79
	2	0,21	0,42	0,59	0,82	0,64
	3	0,31	0,42	0,53	0,77	0,93
	4	0,18	0,39	0,56	0,81	0,66
C_{10}	1	0,28	0,36	0,44	0,91	0,86
	2	0,12	0,35	0,52	0,82	0,885
C_3	1	0,19	0,34	0,48	0,92	0,84
	2	0,11	0,31	0,58	0,79	0,75
	3	0,25	0,45	0,61	0,92	0,86
	4	0,28	0,44	0,58	0,89	0,70
R_{10}	1	-0,2	-0,2	-0,1	0,68	0,99
	2	-0,5	-0,3	-0,2	0,91	0,91

Оскільки передбачається, що значення показників змінюються не лише в часі, але і між групами, то для перевірки відмінностей швидкості старіння викорис-

товувалася математична модель двохфакторного перехресного дисперсійного аналізу [4]. Модель для компонент дисперсії, якщо ефекти не адитивні, представлена у вигляді рівняння[5]:

$$y_{ijr} = \mu + \rho_i + y_j + \xi_{ijr} + (\rho y)_{ij} , \quad (1)$$

де y_{ijr} – значення показника ізоляції;
 μ – загальне середнє;
 ρ_i – середнє відхилення відносно μ для i -го рівня першого фактора;
 y_j – середнє відхилення відносно μ для j -го рівня другого фактора;
 ξ_{ijr} – залишкова випадкова величина;
 $(\rho y)_{ij}$ – складова, яка характеризує взаємодію між факторами.

Вираження для повної суми квадратів відхилень від загального середнього для моделі (1) має вигляд:

$$S = S_A + S_B + S_{AB} + S_{\xi} , \quad (2)$$

де S_A – сума квадратів відхилень, яка характеризує розсіяння середніх по рядкам відносно загального середнього;

S_B – сума квадратів відхилень від загального середнього між стовпчиками, яка характеризує розсіяння середніх по стовпчиках ;

S_{AB} – сума квадратів відхилень в серії, яка характеризує ефект взаємного впливу;

S_{ξ} – сума квадратів відхилень в серії, яка характеризує розсіяння окремих спостережень в серії, обумовлених впливом тільки випадкових величин.

Результати двохфакторного перехресного дисперсійного аналізу наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати дисперсійного аналізу

Позначення суми	Сума квадратів	Середній квадрат
S_A	$k \cdot m \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	$\frac{S_A}{n-1}$
S_B	$n \cdot m \cdot \sum_{j=1}^k (y_j - \bar{y})^2$	$\frac{S_B}{n-1}$
S_{AB}	$m \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y})^2$	$\frac{S_{AB}}{(n-1) \cdot (k-1)}$
S_{ξ}	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^m (y_{ijr} - \bar{y}_{ij})^2$	$\frac{S_{\xi}}{n \cdot k \cdot (m-1)}$
S	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^m (y_{ijr} - \bar{y})^2$	–

Перевірка гіпотез про вагомість ефектів факторів і їх взаємодій виконується за допомогою критерію Фішера. Для цього вичислюються співвідношення

відповідних середніх квадратів до залишкового середнього квадрата:

$$F_A = \frac{\bar{S}_A^2}{\bar{S}_{\xi}^2}; F_B = \frac{\bar{S}_B^2}{\bar{S}_{\xi}^2}; F_{AB} = \frac{\bar{S}_{AB}^2}{\bar{S}_{\xi}^2} , \quad (3)$$

Отримані дані порівнюються з найденими по таблицям F -розподілу значеннями $F_{ТАБЛ}$ для прийнятого рівня значимості $\alpha = 0,05$ або більш високого $(0,01-0,001)$ та числа степенів свободи чисельника $V_A=(n-1)$, $V_B=(k-1)$, $V_{AB}=(n-1)(k-1)$ та знаменника – $V_{\xi} = nk(m-1)$.

Якщо розрахункове значення менше табличного, то, з рівнем довіреності $(1 - \alpha)$, гіпотеза про відсутність взаємозв'язку приймається. Наведений алгоритм однофакторного дисперсійного аналізу виконаний за програмою "DDA" [6].

Критичні і розрахункові значення F -критеріїв, які отримані в результаті дисперсійного розкладання для груп діелектричних характеристик внутрішньої ізоляції конденсаторного типу високовольтних вводів, наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Значення F -критеріїв

Ізоляційні характеристики	Значення F -статистик					
	F_A	$F_{кр}$	F_B	$F_{кр}$	F_{AB}	$F_{кр}$
$tg\delta_{10}$	5,18	4,56	9,35	4,56	7,23	3,61
$tg\delta_3$	4,77	2,83	7,59	3,89	2,72	2,38
C_{10}	13,1	5,57	6,206	4,18	6,07	4,18
C_3	11,6	5,56	8,14	4,18	7,02	4,18
R_{10}	6,20	3,07	9,01	5,35	11,2	3,07

З отриманих результатів можна зробити, що зв'язок між факторами є вагомим.

1. Значуще перевищення розрахунковими значеннями критеріїв F_A граничних значень свідчить про те, що спостерігається дрейф значень показників діелектричних характеристик внутрішньої ізоляції вводів в часі, тобто відбуваються процеси старіння ізоляції;

2. Значуще перевищення розрахунковими значеннями критеріїв F_B граничних значень свідчить про те, що швидкість дрейфу показників діелектричних характеристик внутрішньої ізоляції вводів, відрізняється між групами, а, значить, вводи в різних групах експлуатувалися в різних умовах;

3. Значуще перевищення розрахунковими значеннями критеріїв F_{AB} граничних значень свідчить про те, що ефекти зміни рівнів чинників не адитивні, тобто ефект від зміни рівня дії одного чинника приводить до зміни ефекту від рівня дії іншого.

Двохфакторний дисперсійний аналіз виявив дрейф значення показників стану ізоляції вводів в часі.

Швидкість дрейфу розрізняється в різних підмножинах і залежить від завантаження вводів. Отримані підмножини можна розглядати як функції часу, що являють собою еталонні траєкторії, які описують зміни показників у часі. Тоді оцінка старіння ізоляції вводів зводиться до порівняння дійсних траєкторій з еталонними, що дозволить встановити, до якого з класів належить об'єкт за своїм станом. Оцінка ступеня старіння ізоляції вводів в цьому випадку подібна до завдання розпізнавання образів, які визначаються траєкторіями показань або параметрів.

Отримані діаметри і центри підмножин показників стану ізоляції вводів зображені на рис. 1 – 2.

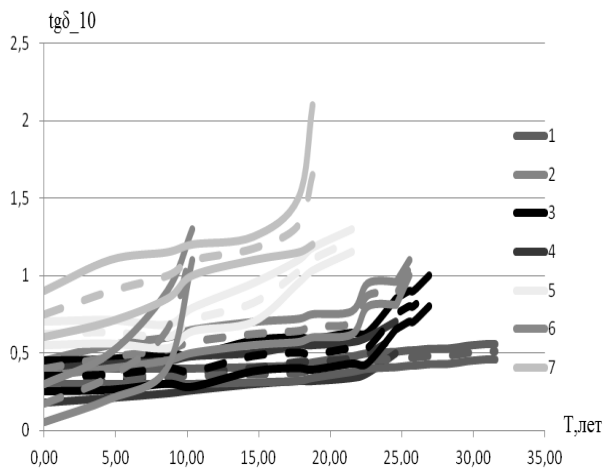


Рисунок 1 – Діаметри і центри траєкторій для підмножин $tg\delta_{10}$

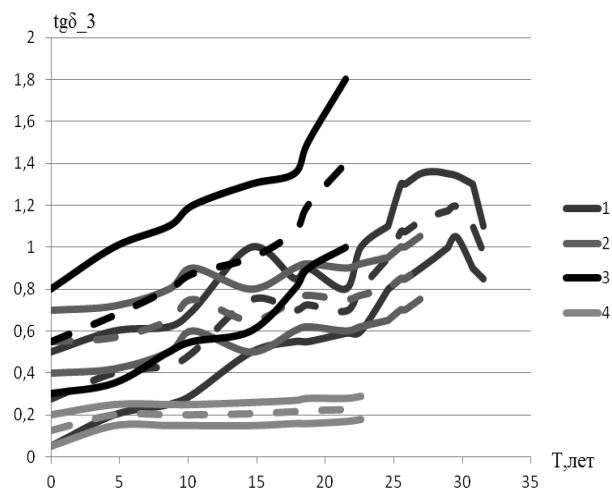


Рисунок 2 – Діаметри і центри траєкторій для підмножин $tg\delta_3$

Висновки. Даний метод оцінки старіння ізоляції вводів дозволяє кількісно оцінити динаміку дрейфу показників, навіть якщо значення цих показників знаходяться в області допустимих значень. Для показників, що мають позитивний напрямок тренда, зона перетину траєкторій припадає на початковий період експлуатації і обумовлена приблизно однаковою якіс-

тю ізоляції. Далі, з ростом часу експлуатації, області перетину помітно звужуються, і до кінця періоду спостережень траєкторії практично не перетинаються.

Список використаних джерел.

1. Норми випробування електрообладнання. СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007. – К.: ОЕП ГРІФРЕ. 2009. – 232 с.
2. Аникеева М. А. Диагностические признаки для отбраковки вводов высокого напряжения с бумажно-масляной изоляцией / М. А. Аникеева, Р. С. Арбузов, С. В. Живодерников [и др.] // Электро.– 2009.–№ 1. –С. 32-35.
3. Загайнова А. А. Формирование статистически однородных временных рядов показателей качества изоляции конденсаторного типа высоковольтных вводов / А. А. Загайнова // Проблемы энергоресурсосбережения в электротехнических системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання.–Кременчук: КрНУ. 2015–вып.1/2015(3). – С. 201-203.
4. Давыденко А. П. Организация и планирование научных исследований, патентоведение / А. П. Давыденко, – Х: НТУ "ХПИ". 2004. – 320с.
5. Джонсон Н., Ф. Лион Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. Перев. с англ. Э. К. Лецкого – М.: Мир, 1980. – 610 с.
6. Шутенко О. В. Планирование экспериментальных исследований в электроэнергетике. Методы обработки экспериментальных данных / О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай, – Х.: НТУ "ХПИ". 2012. –268 с.– ISBN 978-617-05-0059-5.

Анотация

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КОНДЕНСАТОРНОГО ТИПА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВВОДОВ

Загайнова А. А., Сердюкова Г. Н.

Предложен алгоритм оценки состояния изоляции конденсаторного типа высоковольтных вводов с использованием метода распознавания траекторий, который учитывает особенности старения изоляции конденсаторного типа вводов на длительных интервалах эксплуатации.

Abstract

IMPROVEMENT ALGORITHMS OF ASSESSING INSULATION AGING CONDENSER TYPE HIGH-VOLTAGE INPUT

A. Zagaynova, G. Serdukova

An algorithm for evaluating the state of isolation condenser type high-voltage bushings using trajectories recognition method, which takes into account the aging of the isolation condenser type bushings over long periods of operation.