

Шутенко О. В., к.т.н., доцент кафедри передачі електричної енергії
 Пономаренко С. Г., аспірант кафедри передачі електричної енергії
 НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

ОЦІНКА ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ТАНГЕНСА КУТА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВТРАТ ТРАНСФОРМАТОРНИХ МАСЕЛ

Одним зі шляхів підвищення достовірності періодичних випробувань стану трансформаторних масел є коригування гранично-допустимих значень показників. Як показано в [1] таке коригування дозволяє не тільки врахувати вплив найбільш значущих чинників, що впливають на інтенсивність старіння ізоляції, але і істотно знизити величину ризику, який супроводжується прийняттям помилкових рішень. Однак, таке коригування принципово неможливе без наявності інформації про закони розподілу показників трансформаторних масел. У зв'язку з обмеженістю такої інформації в відкритих джерелах, в даній роботі наводяться результати аналізу законів розподілу тангенса кута діелектричних втрат трансформаторних масел. В якості вихідних даних аналізувалися результати періодичних випробувань тангенса кута діелектричних втрат, які були виміряні при температурі 90 °С по 231 трансформатору напругою 110 кВ. Для зниження неоднорідності результатів періодичних випробувань був використаний алгоритм статистичної обробки, заснований на перевірці трьох статистичних гіпотез: про рівність математичних очікувань, про рівність дисперсій і схожості законів розподілу [2]. За результатами проведеного тестування були сформовані 4 статистично однорідних масиви для аналізованого показника. Обсяг вибіркового значення N , значення вибіркового середнього M_x , вибіркової дисперсії D_x , а також коефіцієнтів асиметрії j_a і ексцесу j_e для отриманих масивів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Статистичні характеристики однорідних масивів тангенса кута діелектричних втрат

Масив	N	M_x	D_x	j_a	j_e
M₁	148	0,357472	0,126923	1,189351	4,664001
M₂	159	0,366385	0,133394	1,071162	4,527848
M₃	152	1,067984	1,133087	0,793257	3,119461
M₄	99	1,366501	1,848464	0,893909	3,297167

Як видно з таблиці 1 значення математичних очікувань тангенса кута діелектричних втрат трансформаторних масел в різних масивах значимо відрізняються, що свідчить про різний ступінь старіння масел. У той же час всі масиви мають позитивну асиметрію, що свідчить про те, що «довга частина» кривої розподілу розташована праворуч від математичного очікування. Позитивне значення коефіцієнта ексцесу говорить про те, що крива розподілу має більш високу і «гостру» вершину, ніж крива нормального закону. Для оцінки законів розподілу тангенса кута діелектричних втрат в маслі була використана програма «ZR» [3], яка дозволяє перевірити відповідність емпіричних даних 11 відомим законам розподілу. За результатами аналізу встановлено, що розподіл значень тангенса кута діелектричних втрат для всіх 4 масивів може бути описана законом розподілу Вейбула. Значення параметрів закону розподілу Вейбула, а також розрахункові і критичні значення (при $\alpha=0,05$) критеріїв Пірсона і Колмогорова-Смирнова наведені в таблиці 2.

Значення параметрів закону розподілу Вейбула

Масив	Параметри закону розподілу		Значення критерію Пірсона			Значення критерію Колмогорова-Смирнова	
	α	β	f	$\chi^2_{\text{розр.}}$	$\chi^2_{\text{крит.}}$	$\lambda_{\text{розр.}}$	$\lambda_{\text{крит.}}$
M₁	0,532669	1,379790	3	2,296403	7,820	0,329793	1,360
M₂	0,610051	1,525795	3	1,173201	7,820	0,275647	1,360
M₃	1,659256	1,431581	3	4,737427	7,820	0,734917	1,360
M₄	2,044167	1,382493	3	2,764035	7,820	0,383126	1,360

З таблиці 2 легко побачити, що зі старінням масла значення параметрів форми і масштабу збільшуються (від масиву M₁ до M₄). Наочно це ілюструє рисунок 1, на якому наведені теоретичні щільності розподілу Вейбула для аналізованих масивів. Як видно з рисунку зі старінням масел спостерігається зсув максимуму вправо по осі абсцис.

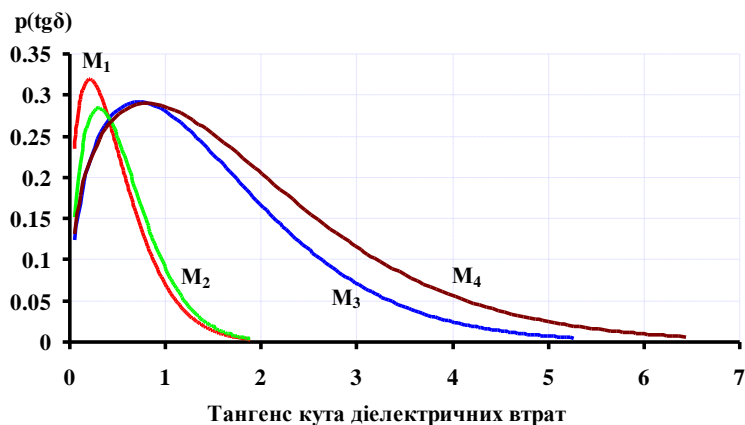


Рисунок 1 – Теоретичні щільності розподілу Вейбула для 4 аналізованих масивів

Отримані в роботі значення параметрів законів розподілу тангенса кута діелектричних втрат дозволяють скоригувати гранично-допустимі значення даного показника.

Перелік посилань

1. Shutenko, O. Maximum Permissible Value Correction for Dielectric Loss Tangent of 110 kV Air-Tight Bushing Basic Insulation Subject to Operational Factors Impact / O. Shutenko, A. Zagaynova // 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Kharkiv, 10-14 September 2018. –2018. – P. 45-50. DOI: 10.1109/IEPS.2018.8559523
2. Шутенко, О. В. Особенности статистической обработки результатов эксплуатационных испытаний при исследовании законов распределения результатов хроматографического анализа растворенных в масле газов / О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – Т. 60, № 1033. – С. 136-150.
3. Шутенко, О. В. Планирование экспериментальных исследований в электроэнергетике / О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай. – Харьков : НТУ «ХПІ», 2013. – 268 с.