

УДК 621.315.615.2

ОЦІНКА ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ПРОБИВНОЇ НАПРУГИ ТРАНСФОРМАТОРНИХ МАСЕЛ

С. Г. Пономаренко¹, О. В. Шутенко²

¹ аспірант кафедри «Передача електричної енергії», НТУ «ХПІ», Харків, Україна

² доцент кафедри «Передача електричної енергії, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»,

Харків, Україна

ponomarenkserhii@gmail.com

Одним зі шляхів удосконалення методів діагностики стану обладнання електричних систем та мереж є використання методів статистичних рішень, які базуються на інформації щодо законів розподілу діагностичних ознак. Нажаль, у відкритих літературних джерелах інформація про закони розподілу показників трансформаторних масел висвітлена недостатньо, що і послужило приводом для виконання даного дослідження. В якості показника трансформаторного масла в даній роботі розглянуто пробивну напругу. Пробивна напруга є найважливішим показником якості трансформаторного масла, яке характеризує здатність рідкого діелектрика витримувати електричну напругу без пробою, тобто визначає безаварійну роботу всієї системи ізоляції обладнання. В якості вихідних даних аналізувалися результати періодичних випробувань зміни в маслі пробивної напруги 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 подібність законів розподілу [1]. Використання алгоритму [2-3] стосовно діагностичних ознак різної фізичної природи дає позитивний результат. В роботі були сформовані 5 статистично однорідних масивів для аналізу зміни пробивної напруги. Обсяг вибірових значень 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 табл. 1.

Таблиця 1 – Статистичні характеристики однорідних масивів зміни в маслі пробивної напруги

Масив	N	M_x	D_x	j_a	j_e
M1	204	71.066176	124.016356	-0.657767	3.038108
M2	680	49.259277	142.046790	-0.079583	2.730718
M3	887	57.626043	182.131712	-0.431491	2.777156
M4	378	67.477513	144.712907	-0.720930	3.708095
M5	166	37.918675	169.924410	0.253521	2.154965

Як видно з таблиці, вибірові значення пробивної напруги в маслі істотно відрізняються, що свідчать про різні умови експлуатації силових трансформаторів. В процесі обробки результатів випробувань були сформовані дані масиви.

Була використана програма "ZR" для оцінки законів розподілу зміни пробивної напруги, яка дозволила перевірити відповідність емпіричних даних 11 відомим законам розподілу (нормальний розподіл, бета розподіл, експоненційний розподіл, екстремальний розподіл, гамма розподіл, розподіл Лапласа, логістичний розподіл, логнормальний розподіл, розподіл Релея, розподіл Вейбула, розподіл Парето). За

результатами аналізу встановлено, що зміна пробивної напруги для всіх 5 масивів може бути описана розподілом Вейбула. Слід зазначити, що в процесі аналізу для окремих масивів даних, гіпотеза про відповідність теоретичного закону розподілу емпіричним даним не відкидалася і для деяких інших законів. Значення параметрів закону розподілу Вейбула, а також розрахункові і критичні значення (при $\alpha=0,05$) критеріїв Пірсона і Колмогорова-Смирнова наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Значення параметрів закону розподілу Вейбула а також розрахункові і критичні значення (при $\alpha=0,05$) критеріїв Пірсона і Колмогорова-Смирнова

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	75.622838	7.516934	5	6.590528	11.100	0.601620	1.360
M2	53.744058	4.704003	6	5.835168	12.600	0.398335	1.360
M3	62.742458	4.877511	8	15.412487	15.500	0.601083	1.360
M4	72.293056	6.556576	3	6.303160	7.820	0.617598	1.360
M5	42.295731	3.169824	2	2.415139	5.990	0.706668	1.360

На рис. 1 (а) наведені залежності зміни пробивної напруги в маслі від тривалості експлуатації для 5 отриманих масивів, а на рисунку 1 (б) – теоретичні щільності розподілу Вейбула. Як видно з рисунків, незважаючи на приблизно однаковий термін експлуатації трансформаторів, зміна пробивної напруги масел для різних масивів істотно відрізняється. Це свідчить про істотний вплив завантаження трансформаторів на пробивну напругу масел. Даний вплив відбивається і на параметрах законів розподілу (рис. 1 (б)).

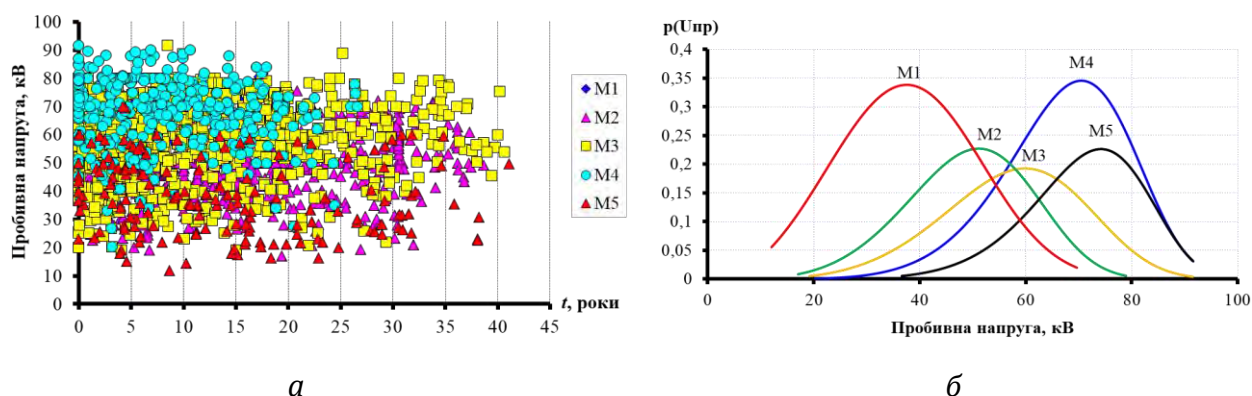


Рис. 1 – Залежності пробивної напруги від тривалості експлуатації (а) і теоретичні щільності розподілу Вейбула для 5 аналізованих масивів (б)

Список літератури:

1. 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. – №60. – С. 136-150.
2. Шутенко, О. В. Аналіз законів розподілу концентрацій газів, розчинених в маслі високовольтних трансформаторів негерметичного виконання / О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай // Вісник НТУ «ХПІ». — 2014. — №24 — С. 102-117.
3. Shutenko, O. Analysis of distribution laws of insulation indicators of high-voltage oil-filled bushings of hermetic and non-hermetic execution / O. Shutenko, A. Zagaynova, G. Serdyukova // Technology audit and production reserves. — 2018. — Vol. 4, № 1(42). — P. 30-39.