

Шутенко О.В., к.т.н., доцент кафедри передачі електричної енергії

Кулик О.С. аспірант кафедри передачі електричної енергії

НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

ДІАГНОСТИКА ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВВОДІВ З ВІДКЛАДЕННЯМИ Х-ВОСКУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛІЗУ РОЗЧИНЕНИХ В МАСЛІ ГАЗІВ

Однією з причин пошкоджень високовольтних маслонаповнених вводів і трансформаторів струму [1] є відкладення воскоподібних продуктів, які отримали назву Х-воску. Як правило, утворення воскоподібних продуктів на поверхні або між шарами ізоляційного паперу має місце в маслонаповненому обладнанні з відносно низьким об'ємом масла (високовольтні вводи, трансформатори струму та напруги), які залиті маслом з високим вмістом парафінових фракцій (наприклад, масло марки ГК). Відкладення Х-воску призводить до погіршення тепловідведення ізоляції, що може призвести до теплового пробоя. При цьому процес формування пробоя від моменту початку утворення Х-воску становить не менше 12 місяців [2]. Як показано в [2] відкладення Х-воску супроводжується збільшенням діелектричних втрат ізоляції вводів. Причому на початковій стадії процесу, коли обсяг місцевих дефектів ще невеликий, це збільшення впевнено можна зафіксувати тільки при вимірюванні $\tan \delta$ на напрузі вище 10 кВ і тим впевненіше, чим ближче напруга при вимірах до робочої напруги вводів. Ще одним методом, що дозволяє виявляти відкладення Х-воску є аналіз розчинених в маслі газів (АРГ). Однак у чинному в Україні стандарті з інтерпретації результатів АРГ [3] відсутні значення критеріїв (значення відношень характерних газів, відсотковий вміст газів тощо), що відповідають утворенню Х-воску.

Для аналізу діагностичних критеріїв використовуваних для розпізнавання типу дефектів були використані результати АРГ по 62 високовольтним вводам, в яких було виявлено відкладення Х-воску. В результаті групування результатів АРГ з урахуванням відсоткового вмісту і значень відношень газів [4] було сформовано 7 масивів даних з близькими значеннями даних критеріїв. Діапазони відсоткового вмісту газів наведені в таблиці 1, а діапазони значень відношень газів в таблиці 2.

Таблиця 1

Відсотковий вміст газів у високовольтних вводах з відкладеннями Х-воску.

№	Тип дефекту, об'єм вибірки	Вміст газів, %				
		H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂
1	Відкладення Х-воску. N=18.	70-97	1-25	0,5-9	0,002-0,1	0-1,1
2	Відкладення Х-воску, перегрів. N=14.	40-48	30-45	0,3-11	6-30	0-2,1
3	Відкладення Х-воску, перегрів. N=6.	35-50	22-29	23-31	0-5	0-0,1
4	Відкладення Х-воску, перегрів, ЧР. N=3.	58-71	23-30	4-11	0,01-2	0-0,065
5	Відкладення Х-воску, ЧР. N=7.	45-60	35-45	0,3-9,1	0,03-3,3	0-2,78
6	Відкладення Х-воску, перегрів. N=9.	10-28	60-86	0-11	0-6	0-2,8
7	Відкладення Х-воску, ЧР. N=5.	28-44	3-15	49-62	0,01-0,8	0-1,78

На рис. 1 наведено графічні області [4], побудовані за результатами АРГ введів з відкладеннями Х-воску. Для зручності аналізу всі області пронумеровані наскрізною нумерацією. Номер області відповідає номерам дефектів з табл. 1 і 2. Як видно з рис. 1 і табл. 1 вміст газів в пробах масла введів з відкладеннями Х-воску істотно відрізняється. При цьому, значення відношень газів (див. табл. 2) відповідають дефектам різного типу. На початковій стадії процесу значення відношень газів і графічні області відповідають низькотемпературним перегрівам (№6-7), з розвитком процесу – перегрівам, які супроводжуються розрядами (№2-5), а з формуванням осередків пробою – електричним розрядам (№1).

Таблиця 2

Значення відношень пар газів у високовольтних вводах з відкладеннями Х-воску

№	Значення відношень газів					
	CH_4/H_2	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_4/\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_2\text{H}_2/\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4$
1	0,011-0,36	0,075-1,0	0,01-0,02	0,001-0,98	0,002-1,9	0,17-0,72
2	0,56-0,97	0,008-0,33	1,1-19,8	0,004-0,065	0,13-1,64	0,013-0,189
3	0,45-0,76	1,05-1,08	0,11-0,18	-	-	-
4	0,32-0,51	0,18-0,46	0,012-0,42	0,001-0,003	0,003-0,015	0,035-0,23
5	0,65-1,0	0,03-0,20	0,008-0,013	0,00035-0,07	0,003-0,008	0,24-1,0
6	2,5-7,5	0,04-0,147	0,666-0,739	0,006-0,027	0,053-0,25	0,08-0,129
7	0,269-0,48	3,96-7,68	0,0016-0,015	-	0,0007-0,035	-

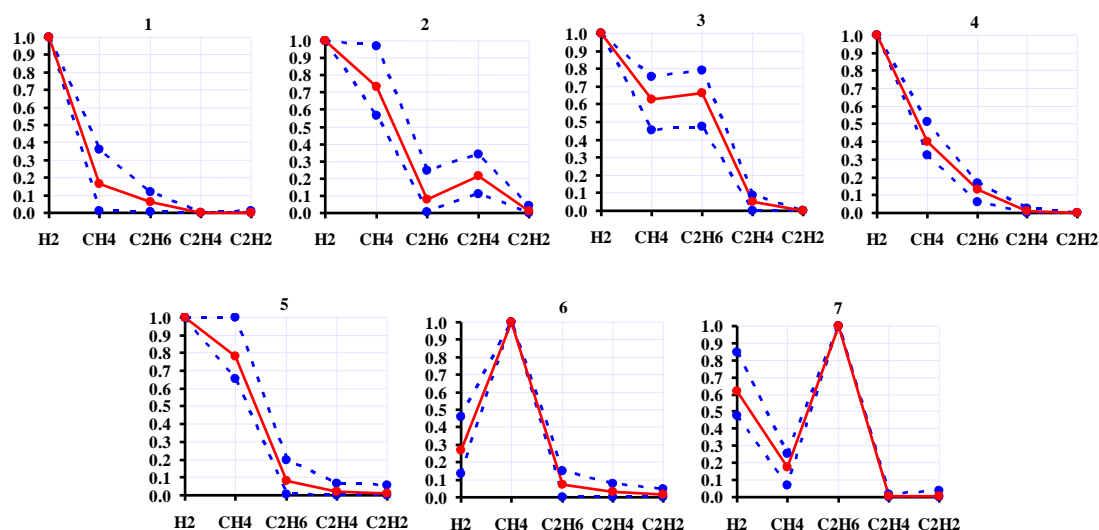


Рисунок 1 – Графічні області для високовольтних введів з відкладеннями Х-воску

Отримані в роботі діапазони значень відсоткового вмісту газів, значень відношень газів і побудовані графічні області дозволяють розширити можливості виявлення відкладення Х-воску в високовольтних вводах за результатами АРГ.

Перелік посилань

1. Андриенко П.Д., Сахно А.А., Конограй С.П., Спица А.Г., Скрупская Л.С. Особенности мониторинга технического состояния основной изоляции высоковольтных вводов и трансформаторов тока // *Електротехніка і електроенергетика*. – 2014. – №. 1. – с 43-47.
2. Лушин А.Н., Комаров В.И., Просвирнин Д.Н., Осотов В.Н. О влиянии масла марки ГК на надёжность электрооборудования // Семинар Уральского центра охраны труда энергетиков и Общественного Совета специалистов по диагностике силового электрооборудования «Трансформаторное масло – производство, эксплуатация, контроль состояния, продление срока службы и влияние на надёжность электрооборудования» (Екатеринбург, 18-21 марта 2008 г.). – Екатеринбург, 2008. – 7 с.
3. СОУ-Н ЕЕ 46.501:2006: Діагностика маслonaповненого трансформаторного обладнання за результатами хроматографічного аналізу вільних газів, відібраних із газового реле, і газів, розчинених у ізоляційному маслі .– Київ. – 2007.
4. Shutenko, O. Analysis of Gas Content in Oil-Filled Equipment with Low Energy Density Discharges / O. Shutenko, O. Kulyk // *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*. – 2020. – Vol. 12, № 2. – P. 258-277.