

ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАСЛОНАПОВНЕНИХ ВВОДІВ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ХАРГ

Ширьов М.О., магістрант, Бондаренко В.І., ст. викл., Болотний М.П., к.т.н., ст. викл.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Проведений статистичний аналіз даних функціонування сучасних електроенергетичних системах світу показує високу частку пошкоджуваності силових трансформаторів напругою 110 кВ і вище [1]. Для надійного функціонування енергосистеми необхідно здійснювати он-лайн моніторинг, реалізовувати своєчасні ремонт чи заміну силових трансформаторів. Силовий трансформатор (СТ) є одним з найважливіших елементів енергосистем, тому оцінка його технічного стану потребує розробки або вдосконалення наукових методів для забезпечення надійного електропостачання відповідальних споживачів енергосистеми.

Постановка задачі. Оцінка технічного стану має особливо високу ефективність в наступних випадках: приймання об'єкта на баланс (більш точна оцінка вартості об'єкта); страхування об'єктів (зниження страхової премії за рахунок зниження ризиків пошкодження); відсутність можливості по значному переозброєнню підстанцій (підтримка старих об'єктів в працездатному стані); визначення наслідків при ненормованій впливі (чи отримав об'єкт пошкодження внаслідок сторонніх причин, наприклад, короткого замикання, блискавка і т.п.).

Для оцінки технічного стану можна виділити наступні підходи – комплексне обстеження об'єкта та ранжування. Комплексне обстеження об'єкта стосується проведення повного циклу випробувань і вимірювань з високою точністю при відповідних витратах, та придатне для відносно невеликої кількості об'єктів. Ранжування, в свою чергу, передбачає «швидку» оцінку технічного стану, дозволяє вибудувати пріоритети для подальших обстежень з комплексного обстеження та може застосовуватися для великої кількості об'єктів, невисокій ціні при відносно невисокій точності оцінки («добре», «задовільно», «погано»).

Проведений аналіз існуючих критеріїв діагностики силових трансформаторів за результатами хроматографічного аналізу розчинених газів (ХАРГ) виконується у відповідності з нормативними стандартами [2,3], які передбачають оцінку та ранжування за дефектами на основі абсолютних концентрацій газів, розчинених в трансформаторній оліві та їх відношення.

На сьогоднішній день не існує чіткого математичного опису та класифікації дефектів у високовольтних вводах [4], тому для оцінки технічного стану високовольтних вводів доцільно застосовувати теорію нечітких множин та апарат нечіткої логіки.

Метою роботи є розробка лінгвістичної моделі оцінки технічного стану СТ на основі даних вимірювання ХАРГ високовольтних вводів.

Матеріали і результати досліджень. Розроблена нечітка модель оцінки технічного стану високовольтних вводів СТ за результатами ХАРГ, яка містить

наступні вхідні лінгвістичні змінні відношень концентрацій газів з відповідними термами, представленими на рис.1: $A_1 = \{L_1, M_1, B_1\}$ - CH_4/H_2 ; $A_2 = \{L_2, M_2, B_2\}$ - C_2H_2/C_2H_4 ; $A_3 = \{L_3, M_3, B_3\}$ - C_2H_4/C_2H_6 , де L, M, B – низьке, середнє, високе значення відношень концентрацій газів, розчинених в трансформаторній оливі відповідно.

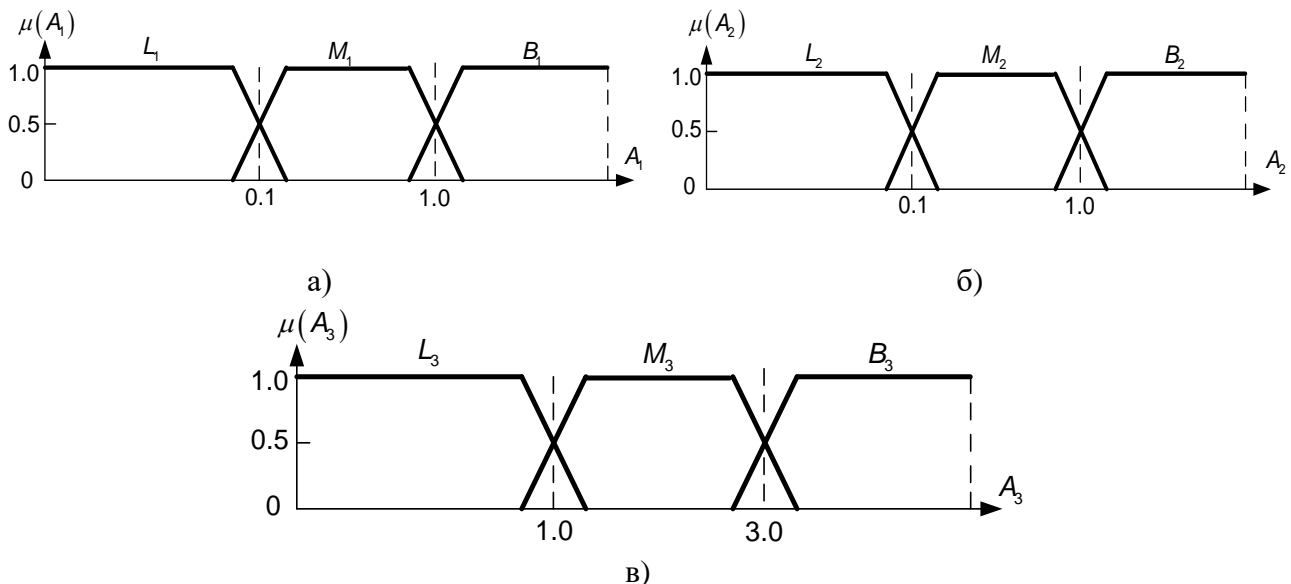


Рисунок 1 – Функції належності для лінгвістичних змінних:
а) CH_4/H_2 ; б) C_2H_2/C_2H_4 ; в) C_2H_4/C_2H_6 .

На основі діагностичних критеріїв ХАРГ методом Роджерса [2] (табл.1) була сформована нечітка база знань для оцінки технічного стану високовольтних вводів СТ за результатами ХАРГ містить 6 продукційних правил, зведених в табл.2.

Таблиця 1 – Діагностичні критерії для визначення характеру дефектів, що розвиваються у високовольтних вводах за результатами ХАРГ

Найменування відношень пар газів			Характер прогнозованого дефекту
CH_4/H_2	C_2H_2/C_2H_4	C_2H_4/C_2H_6	
< 0,1	< 0,1	< 1,0	Норма
< 0,1	0,1...1,0	< 1,0	Розряд низької щільності, іскріння
0,1...3,0	0,1...1,0	> 3,0	Розряд високої щільності, електрична дуга
< 0,1	0,1...1,0	0,1...3,0	Термічний дефект $t < 300$ °С
< 0,1	> 1,0	0,1...3,0	Термічний дефект $t = 300...700$ °С
< 0,1	> 1,0	> 3,0	Термічний дефект $t > 700$ °С

Таблиця 2 – Нечітка база знань для визначення характеру дефектів, що розвиваються у високовольтних вводах

Найменування відношень пар газів			Характер прогнозованого дефекту	Терм-множина дефектів
$A_1 = CH_4 / H_2$	$A_2 = C_2H_2 / C_2H_4$	$A_3 = C_2H_4 / C_2H_6$		
L_1	L_2	L_3	Норма	D_1
L_1	L_2, M_2	L_3	Розряд низької щільності, іскріння	D_2
L_1, M_1	L_2, M_2	B_3	Розряд високої щільності, електрична дуга	D_3
L_1	L_2, M_2	M_3	Термічний дефект $t < 300 \text{ }^\circ\text{C}$	D_4
L_1	B_2	M_3	Термічний дефект $t = 300 \dots 700 \text{ }^\circ\text{C}$	D_5
L_1	B_2	B_3	Термічний дефект $t > 700 \text{ }^\circ\text{C}$	D_6

Розв'язку задачі діагностування технічного стану відповідає той клас технічного стану, якому відповідає максимальне значення функції належності

$$\mu(D) = \max(\mu(D_j)), j = \overline{1,6}$$

Результати тестового моделювання. Отримані результати нечіткого моделювання оцінки технічного стану високовольтного ввода силового трансформатора типу ТДГ-75000/110/10 кВ діагностуються розряди низької щільності зі ступенем належності 1,0. В результаті ревізії було виявлено сліди сажі на верхній підпирній шайбі, внаслідок іскріння між підпирною шайбою та екраном.

Висновок. Велика частка пошкоджуваності СТ через відмови високовольтних вводів потребує моделювання оцінки їх технічного стану, ідентифікації дефектів та визначення імовірності відмов. Запропонована нечітка модель оцінки технічного стану високовольтного ввода СТ дозволяє ідентифікувати дефекти маслонаповнених високовольтних вводів СТ за результатами ХАРГ та є складовою комплексної моделі оцінки технічного стану СТ [4].

Перелік посилань

1. Славинский А.З., Устинов В.Н. Диагностика и ремонт высоковольтных вводов // Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования. Вып. 30: Методические основы и практический опыт инфракрасного термографического обследования энергетического оборудования, зданий и сооружений. Современные проблемы производства, эксплуатации и ремонта трансформаторного оборудования. – СПб.:ПЭИПК, 2006. – 444 с.
2. IEC 61464: Insulating bushing – Guide for interpretation of dissolved gas analysis in bushings where oil is the impregnating medium of the main insulation. - 1998.
3. СОУ-Н ЕЕ 46.501: 2006. Диагностика масло наповненого трансформаторного обладнання за результатами ХАРГ у ізоляційному маслі. – Київ, 2007. – с.92.
4. Костерев Н.В., Бардик Е.И. Нечеткое моделирование электрооборудования для оценки технического состояния и принятия решений о стратегии дальнейшей эксплуатации // Технічна електродинаміка. Тем. вип. «Проблеми сучасної електротехніки». – 2006. – ч.3. – с.39-43.