

ОЦІНКА СТАНІВ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА КОМПЛЕКТНОЇ ПІДСТАНЦІ В НОРМАЛЬНИХ І АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ

Колесніченко А.Б., к.т.н., доцент, Чепура О.В., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Діагностика електрообладнання (ЕО) сьогодні є одним з основних «апаратів» оцінки технічного стану ЕО і дозволяє прогнозувати термін його експлуатації (остаточний ресурс), що є апіорним завданням для таких стратегічно важливих об'єктів, як електричні станції і підстанції.

Високовольтне обладнання на електричних станціях і підстанціях знаходиться під впливом електромагнітних і теплових полів, отже, схильне до високого ризику розвитку дефектів, прояв несправностей і відмов [1]. Варто наголосити, що за умови достатньо великого зносу електрообладнання ймовірність цих ризиків зростає. Серед усього високовольтного обладнання особливе місце займає силовий трансформатор (СТ), оскільки його відмови призводять до перерви в електропостачанні великої кількості споживачів електроенергетичних систем і, як наслідок, суттєвих економічних збитків [2]. Саме тому у сучасних науково-технічних дослідженнях особливу увагу приділено оцінкам технічного стану СТ як однієї з найбільш важливих складових електричних станцій і підстанцій [1, 2].

Мета роботи. У даній роботі розглядається можливість оцінки технічного стану силового трансформатора на основі даних діагностики за методом Байеса.

Матеріали і результати досліджень. Серед багатьох математичних методів аналізу даних діагностики технічних об'єктів вартий уваги метод Байеса завдяки його простоті і ефективності [1]. Стан об'єкта D_i і фактор k_i , який пов'язаний з даними станом, можуть бути виражені через ймовірності наступною формулою

$$P(D_i/k_i) = P(D_i) \frac{P(k_i/D_i)}{P(k_i)},$$

де $P(D_i/k_i)$ - ймовірність прояву фактора об'єкта в стані D_i ; $P(D_i)$ - апіорна ймовірність стану D_i ; $P(k_i)$ - апіорна вірогідність прояви фактора k_i на будь-якому об'єкті; $P(k_i/D_i)$ - ймовірність стану D_i при прояві фактора k_i . Ідея методу Байеса полягає в оцінці ймовірнісної характеристики виявлення стану $P(D_i/k_i)$ на базі комплексу доступних для аналізу факторів. При послідовному обліку різних комбінацій факторів зростання значення $P(D_i/k_i)$ вказує на високу ймовірність події k_i , а зниження - на практичну нереалізацію.

Метод Байеса доречно використовувати для оцінки стану СТ тільки за даними діагностики за відносно тривалий час, оскільки метод Байеса передбачає накопичування інформації, за допомогою якої можливо оцінити апіорний розподіл ймовірностей.

Серед усіх методів діагностики СТ оберемо три основних: хроматографічний аналіз (ХАРГ), тепловізійна діагностика і метод часткових розрядів.

ХАРГ дозволяє виявити дефекти СТ ранній стадії, а також їх передбачуваний характер і ступінь отриманого ушкодження. Оцінка стану СТ виконується шляхом зіставлення отриманих при аналізі кількісних характеристик з їх граничними значеннями як по концентрації газів в маслі, так і за швидкістю зростання концентрації газів.

Тепловізійний контроль є допоміжним методом діагностики, за допомогою якого можна отримати додаткову інформацію про стан СТ. Це пов'язано з тим, що, по-перше, тепловиділення, що є наслідком виникнення локальних дефектів в СТ, «заглушуються» природним виділенням теплоти обмоткою і магнітопроводом, а, по-друге, робота пристроїв систем охолодження пришвидшує циркуляцію масла, відводить теплоту в навколишнє середовище і знижує температуру в місці дефекту, ускладнюючи його виявлення. При аналізі результатів тепловізійного контролю необхідно враховувати конструкцію СТ, його систему охолодження, умови і термін експлуатації, технологію виробництва і ряд інших чинників.

Метод реєстрації часткових розрядів використовується для контролю стану високовольтної ізоляції СТ. Так само, як і тепловізійний, його можна розглядати як допоміжний метод діагностики, оскільки в процесі реєстрації часткових розрядів спостерігається суттєвий вплив перешкод на сигнали, що фіксуються відповідними датчиками.

Для визначення станів СТ введемо наступні градації, представлені в таблиці 1, і припустимо наявність чотирьох різних станів у СТ для кожного виду діагностики. У зв'язку з тим, що всі три методи діагностики для СТ застосовуються досить давно і частота їх проведення регламентується нормативними документами, є можливість скласти статистику по кожному типу стану D_i для кожного виду діагностики. Для цього на основі експертних оцінок визначаються апріорні ймовірності вихідних станів (таблиця 1).

Таблиця 1 – Градації чотирьох різних станів

Стан	Показники в межах норми	Наявність дефекту
D_1	Так	Ні
D_2	Так	Так
D_3	Ні	Так
D_4	Ні	Ні

Для кожного виду діагностики приймемо, що ознаки є незалежними. Тоді стан СТ характеризується комплексом незалежних ознак, кожен з яких є дворозрядним

$$K = (k_1, k_2),$$

де k_1 - прояв ознаки K , k_2 - не прояв.

Для узагальнення і верифікації прояву ознак пропонується метод визначення ймовірності прояву ознак на основі характеристичних функцій приналежності.

Ймовірності прояву (не прояву) можуть бути представлені функціями розподілу наступного виду. На рис. 1 представлені функції прояву ознак станів

$$D_1 - \mu_1(x), D_2 - \mu_2(x), D_3 - \mu_3(x), D_4 - \mu_4(x)$$

що визначаються на інтервалі $x - \{0 \dots 3\}$.

Аргумент функцій відповідає рангу стану об'єкта дослідження.

Узагальнені лінеарезовані представлення функцій сильного $\mu_1(x)$ і нормального проявлення ознак $\mu_2(x)$ дають імовірнісні характеристики прояву ознаки $\mu_p(x)$ одночасно з тим, як узагальнені лінеаризовані представлення функцій слабого прояву $\mu_3(x)$ і його відсутності $\mu_4(x)$ дають імовірнісні характеристики не прояву ознак $\mu_N(x)$ (рисунок 1).

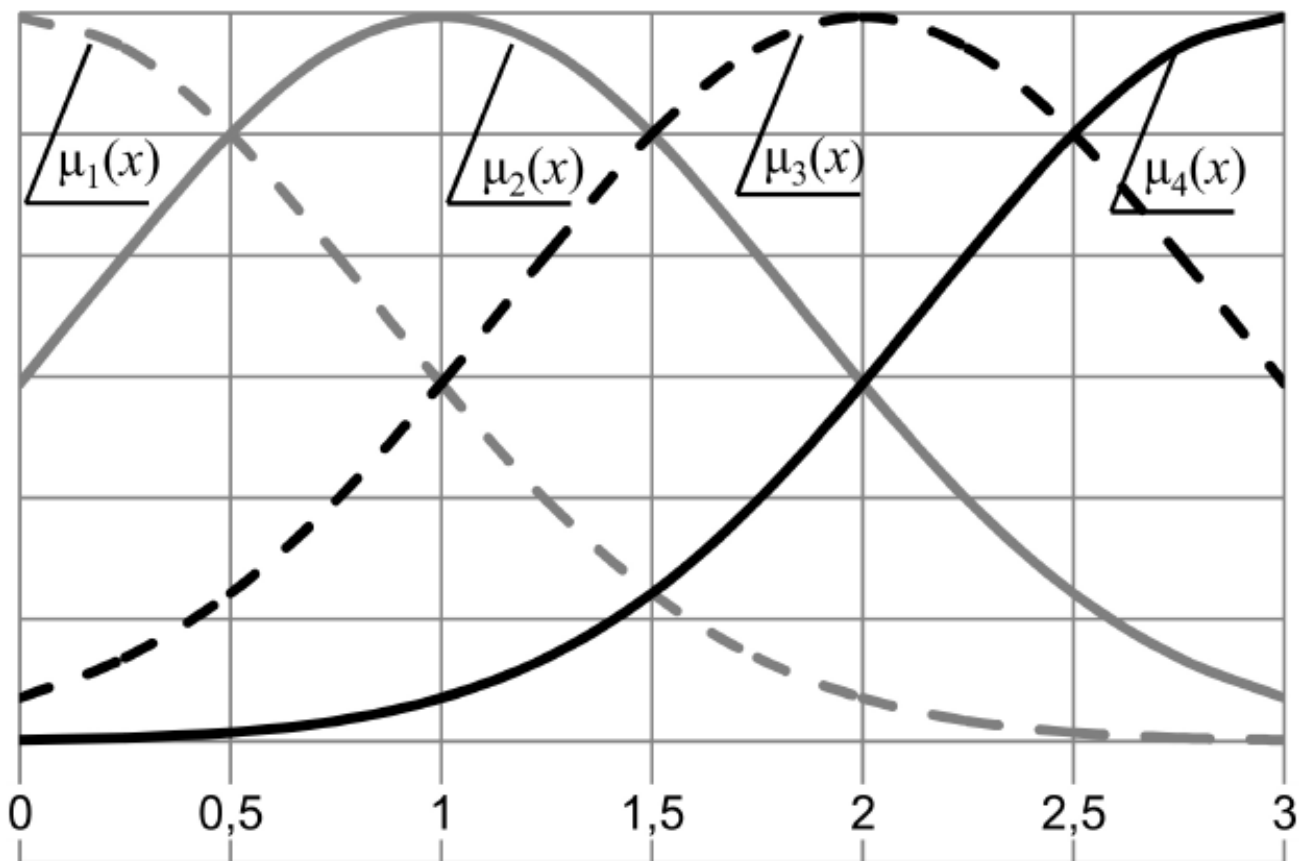


Рисунок 1 – Характеристичні функції розподілу прояву ознак станів

Характеристичні функції $\mu_p(x)$ і $\mu_N(x)$ дозволяють визначити розподіл вірогідності прояву ознак для певного діагнозу D_i (рисунок 2).

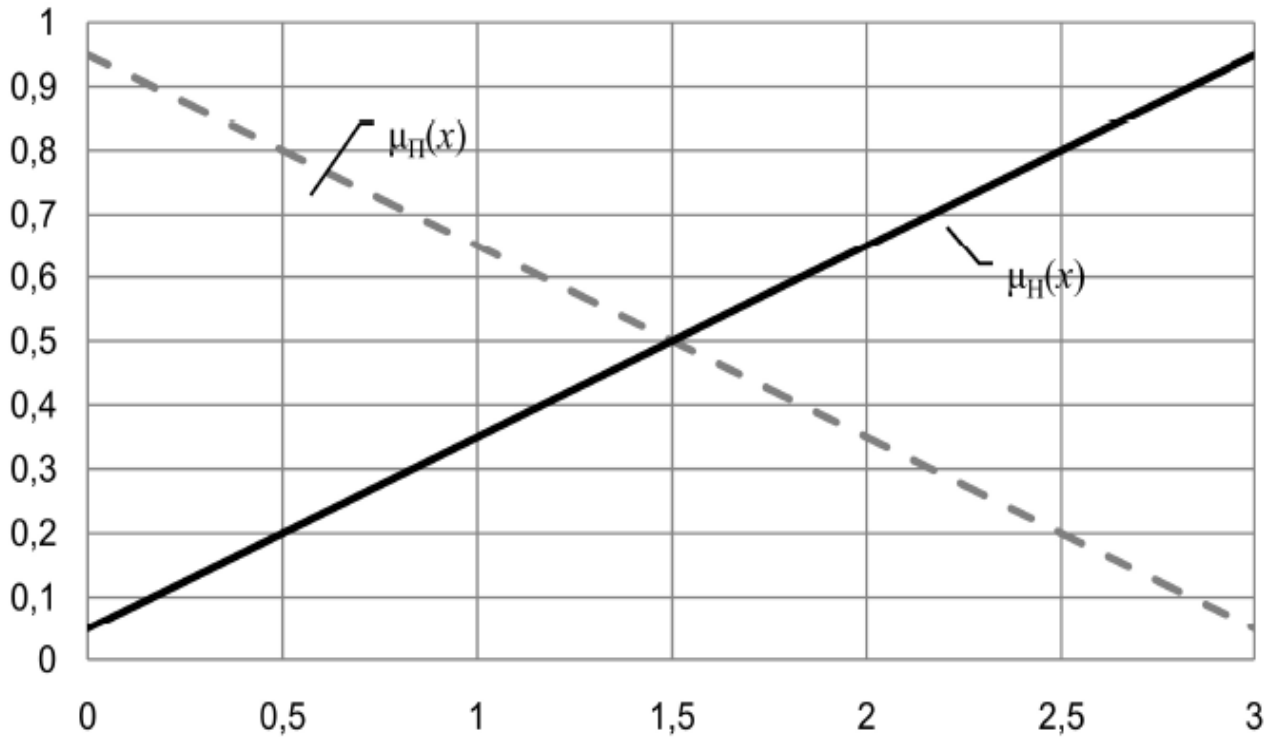


Рисунок 2 – Характеристичні функції імовірнісного прояву ознак станів

Висновки. У представленій роботі зроблена спроба вирішення задачі підвищення достовірності оцінки стану силового трансформатора комплектної підстанції на основі експертних оцінок з використанням методу Байеса. Запропонований метод визначення вірогідності прояву або не прояву ознак стану основного обладнання базується на математичному апараті нечіткої логіки, яка дозволяє отримати формалізований результат.

Перелік посилань

1. Хренніков, А. Ю. Основні дефекти і пошкодження трансформаторів (реакторів) і класифікація видів впливів, що ведуть до їх появи / А. Ю. Хренніков, Г.Г. Гольдштейн // Промислова Енергетика. - 2008. - № 11. - С. 17-21.
2. Система інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень при технічному обслуговуванні обладнання ТЕС / К.Е. Аронсон, В.І. Брезгін, Ю.М. Бродів і ін. // Електричні станції. - 2006. - № 10. - С. 55-61.