

ЛІНГВІСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ І ПРИБРОЇВ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Бардик Є.І., к.т.н., доцент, Рубіновський Л.І., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Значний знос потужного силового електрообладнання сучасних енергосистем і пов'язане з цим підвищення імовірності його пошкодження викликає необхідність прийняття обґрунтованих рішень щодо підвищення ефективності його експлуатації.

Пристрої регулювання напруги під навантаженням (РПН) силових трансформаторів належать до найбільш відповідальних вузлів силових трансформаторів і в значній мірі визначають надійність їх функціонування, а також забезпечують якісь електричної енергії в електроенергетичних системах (ЕЕС). Відомо що ресурс елементів пристроїв РПН невеликий і тому ремонт їх трудомісткий і супроводжується виводом силового трансформатора з роботи, що викликає припинення електропостачання споживачів. З цієї причини автоматичні регулятори напруги силових трансформаторів часто відключаються і, відповідно, якість напруги знижується, а втрати від неякісного електропостачання зростають [1].

Відомо що пристрій РПН є достатньо складним і ненадійним елементом силового трансформатора, аварія на якому може призвести до вибухів, пожеж, що супроводжується значними збитками. Аналіз пошкоджень силових трансформаторів потужністю більш 100 МВА за період 1985-2005 р-р. показує, що частка катастрофічних аварій по причинах пошкодження РПН сягає 15-40%. Згідно з даними компанії ConEd-(США) більш ніж 50% витрат на ремонт трансформатора пов'язано з пристроями РПН. [1]

В зв'язку з цим важливим є розробка ефективних методів і моделей діагностування технічного стану і регулювання напруги пристроїв РПН силових трансформаторів [1].

Мета роботи. Створення математичної моделі діагностування технічного стану пристроїв РПН силових трансформаторів в умовах невизначеності інформації.

Постановка задачі. Найбільш поширеними дефектами і пошкодженнями пристроїв РПН трансформаторів є погіршення характеристик масла, перегрівання контактів контактора, знос пристрою РПН, пошкодження кінематики привода; знос резинових ущільнень дверей привода.

Необхідність своєчасного виявлення дефектів такого важливого для трансформатора вузла яким є пристрій РПН спонукає до проведення профілактичних заходів залежно від стану РПН. Для цього потрібний більш частий контроль під час роботи, а для багатьох видів дефектів бажано безперервний контроль.

Разом з тим, задача діагностування технічного стану пристроїв РПН трансформатора значно ускладнюється неповнотою та дискретністю даних про

його стан. Неповнота інформації про параметри технічного стану РПН трансформатора зумовлена періодичним характером вимірювань параметрів, які змінюються безперервно.

Обмежена можливість встановлення статистичними методами залежності технічного стану РПН силового трансформатора одночасно від багатьох параметрів, а також значна суб'єктивність при визначенні технічного стану експертів (кваліфікованих представників служби ремонтів, експлуатуючих організацій і ін.) спричиняє високий рівень неповноти інформації про стан пристроїв РПН. В цьому випадку ефективно використання нечітких множин для діагностування технічного стану пристроїв РПН [1].

Матеріали і результати дослідження. Можна визначити наступні групи вимірювань і відповідно параметри стану, які дозволяють діагностувати поточний технічний стан пристроїв РПН.

В першу чергу аналіз проб масла з контактора пристроїв РПН для визначення методом хроматографії концентрації розчинених діагностичних газів в маслі контактора: окис вуглецю CO , вуглекислий газ CO_2 , етилен C_2H_4 , ацетилен C_2H_2 , етан C_2H_6 ; тангенс діелектричних втрат в маслі контактора $tg\delta$ струм обертового моменту електричного двигуна приводу РПН I ; перехідний опір контактів контактора R ; вміст вологи в трансформаторному маслі контактора РПН W ; величина пробивної напруги $U_{i\delta}$ [1].

Для побудови нечіткої моделі діагностування технічного стану пристроїв РПН для кожного діагностичного параметру в межах можливого діапазону його змінення можна виділити декілька областей (нечітких множин).

«Область нормального функціонування» – інтервал від значень параметрів після введення в дію (або після ремонту) до значень, які обмежують область нормального стану в експлуатації;

«Область ризику» експлуатації пристроїв РПН» – інтервал значень параметрів, що обмежують область нормального стану до гранично допустимих значень в експлуатації. Для запобігання відмов тут потрібні додаткові заходи, пов'язані, наприклад, з більш частим проведенням контролю.

«Область функціонування за наявності дефекту», коли хоча б один з параметрів стану РПН перевищує гранично допустимі значення в експлуатації.

Розглянемо критерії для діагностування технічного стану пристроїв РПН за результатами окремих видів випробувань.

Для побудови нечіткої бази знань, яка є основою експертної системи діагностування технічного стану пристроїв РПН визначимо лінгвістичні змінні і терм-множини діагностичних параметрів технічного стану:

$C_i = \{ T_i^L, T_i^M, T_i^B \}$, $i = 1,7$ – концентрації розчинених в маслі газів H_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 , CO , CO_2 мкл/л;

$M_1 = \{ T_{M_1}^L, T_{M_1}^M, T_{M_1}^B \}$, – відношення газів C_2H_4 / C_2H_2 , в. о.;

$M_2 = \{ T_{M_2}^L, T_{M_2}^M, T_{M_2}^B \}$, – відношення газів $(CH_4 + C_2H_6 + C_2H_4) / C_2H_2$, в. о.;

$TGD = \{ T_{TGD}^L, T_{TGD}^M, T_{TGD}^B \}$ – тангенс дельта діелектричних втрат масла ($\text{tg } \delta$)%;

$UPR = \{ T_{UPR}^L, T_{UPR}^M, T_{UPR}^B \}$ – пробивна напруга $U_{\text{пр}}$, кВ;

$W = \{ T_W^L, T_W^M, T_W^B \}$ – вологовміст в маслі контактора, г/г;

$KOH = \{ T_{KOH}^L, T_{KOH}^M, T_{KOH}^B \}$ – кислотне число масла мгКОН/г;

$I = \{ T_I^L, T_I^M, T_I^B \}$ – струм електричного двигуна приводу РПН, А;

$PR = \{ T_{PR}^L, T_{PR}^M, T_{PR}^B \}$ – перехідний опір контактора, Ом.

Терм-множинам T^i привласненні такі лінгвістичні значення, які ідентифікують значення параметрів технічного стану пристроїв РПН силових трансформаторів:

T^L – низьке значення параметра (відповідає стану «Нормальна експлуатація пристроїв РПН»);

T^M – середнє значення параметра (відповідає стану «Ризик експлуатації пристроїв РПН»);

T^B – високе значення параметра (відповідає стану «Аварійний режим пристроїв РПН»).

Базові форми функцій належності термів вхідних лінгвістичних змінних представлені на рис. 1 та рис. 2:

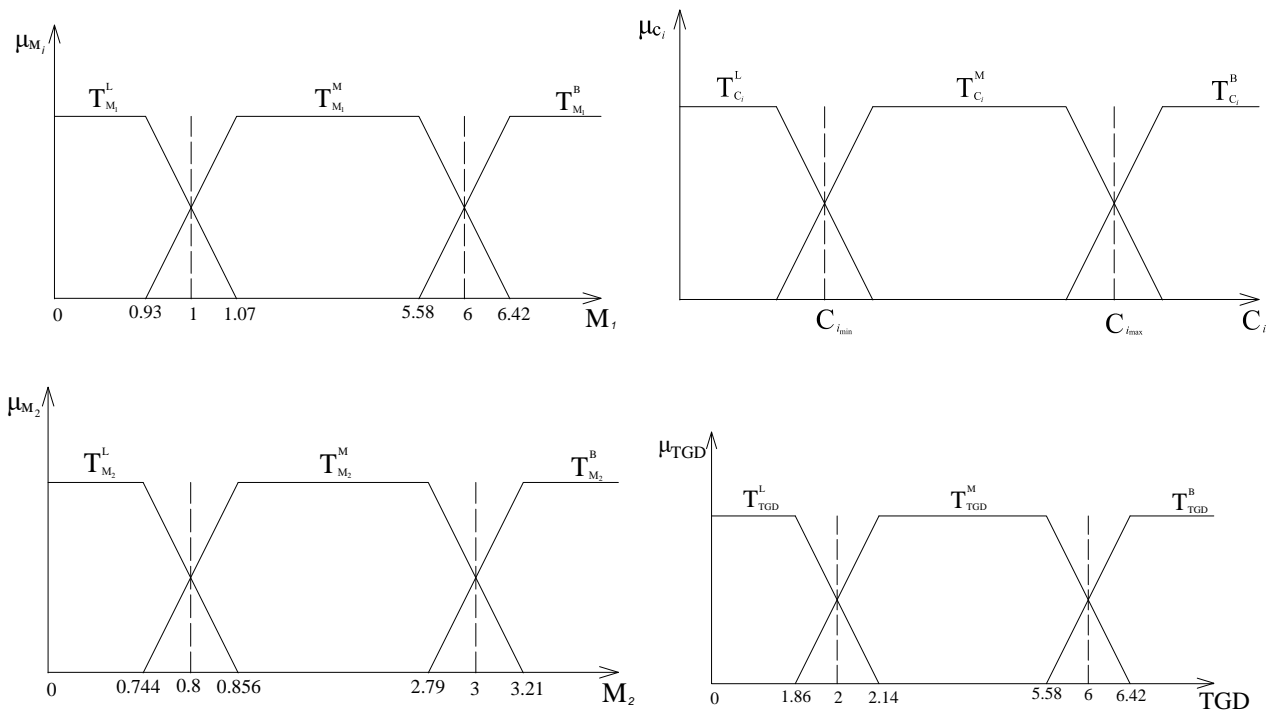


Рисунок 1 – Базові форми функцій належності термів лінгвістичних вхідних змінних

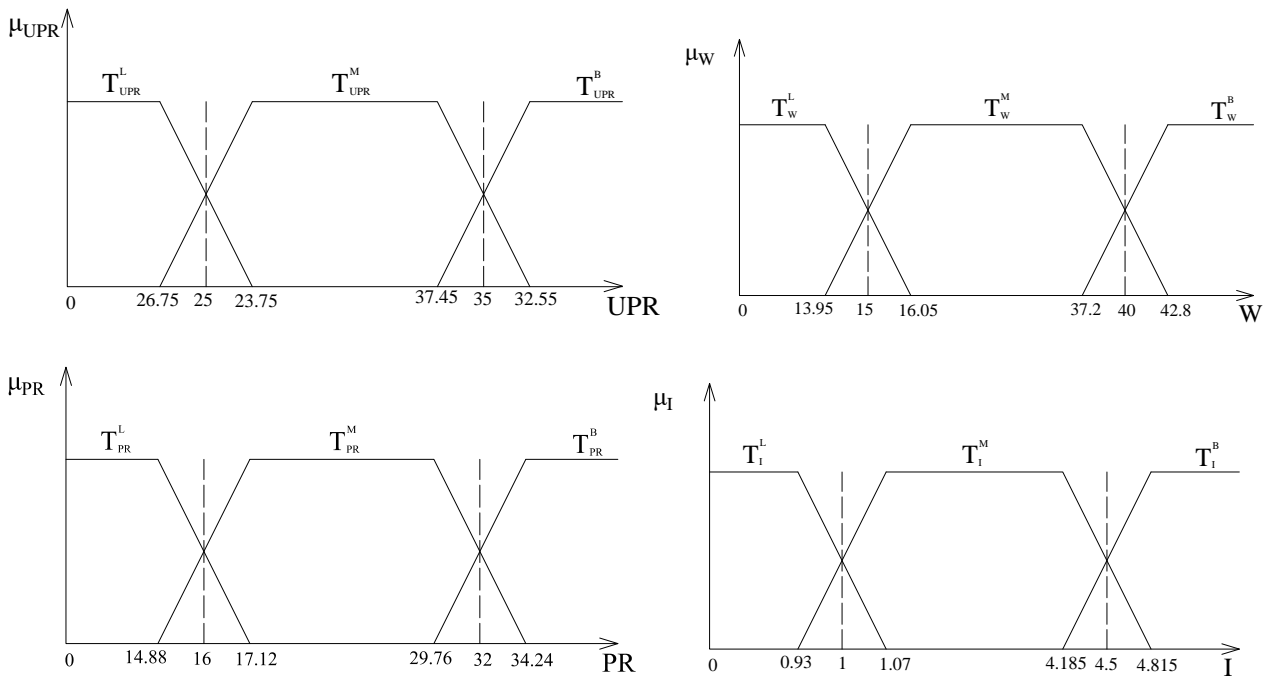


Рисунок 2 – Базові форми функцій належності термів лінгвістичних вхідних змінних

Для діагностування технічного стану пристроїв РПН силових трансформаторів створена база знань, яка містить 81 продукційне правило.

Приналежність пристроїв до певного стану визначається на основі використання нечіткого логічного висновку Сугено.

Висновки: В умовах значної невизначеності вхідної інформації щодо технічного стану пристроїв РПН трансформаторів обґрунтована доцільність використання методів теорії нечітких множин для їх діагностування.

Визначені базові форми і параметри функцій належності вхідних лінгвістичних змінних стану пристроїв РПН.

Побудована нечітка база знань для діагностування технічного стану пристроїв РПН є складовою частиною дослідницької експертно-діагностичної системи силового трансформатора.

Перелік посилань

1. Нечіткі моделі діагностування технічного стану і регулювання напруги пристроїв регулювання напруги під навантаженням силових трансформаторів. / Бардик Є.І., к.т.н., проф., Алексеєнко Е.В. магістрант./Доповіді за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні проблеми електроенергетичної та автоматики. – Київ: «Політехніка», 2009. – с.15 - 21
2. Методические указания по оценке технического состояния воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ и их элементов / СПО ОРГРЭС. М., 1996.
3. Бардик Є.І. Ю.Е., Моделювання електроенергетичної системи для оцінки ризику виникнення аварій при відмовах електрообладнання – Д.: ДонНТУ, -2013.