

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БЛОКА ПРОГНОЗУВАННЯ СТРУМУ ВИТОКУ РОЗРЯДНИКА

Запропоновано математичну модель блока прогнозування струму витоку розрядника на нечітких множинках, який забезпечує визначення струму без виводу розрядника з експлуатації. Представлені результати моделювання.

Предложена математическая модель блока прогнозирования тока утечки разрядника на нечетких множествах, который обеспечивает определение тока без вывода разрядника из эксплуатации. Приведены результаты моделирования.

The paper presents a mathematical model predicting the block of current flow discharger on fuzzy sets, which provides the current definition is accelerating discharger guide. The results of simulation are shown.

Вступ. Для захисту споживачів електроенергії від дії перенапруг, які виникають під час грозових розрядів, перемикачів в мережі або аварійних режимів, використовуються розрядники [2].

З часом захисні властивості розрядника погіршуються (від дії природних умов та кількості спрацювань.) Тому для проведення діагностики необхідно виключати розрядник з мережі. Проте виведення та повторне введення розрядника в експлуатацію не дозволяє оперативно визначити його технічний стан, а також потребує значних витрат часу і ресурсів.

Одним з основних параметрів розрядника, за яким визначають його працездатність, є струм витоку, який може змінюватися в широких межах в залежності від таких умов: вологість повітря, температура навколишнього середовища та забрудненість розрядника [1].

Постановка завдань дослідження. Розробити блок визначення струму витоку розрядника, який враховував би вище вказані умови.

Матеріали дослідження. Для створення такого блоку використаємо теорію нечітких множин і побудуємо математичну модель нечіткого логічного висновку для визначення струму витоку Y . Структурна схема організації нечіткого висновку для визначення струму витоку представлена на рис. 1 [3].

В якості вхідних величин $X=(X_1, X_2, X_3)$ вибрано: X_1 – значення вологості повітря; X_2 – значення температури навколишнього середовища; X_3 – забрудненість розрядника.

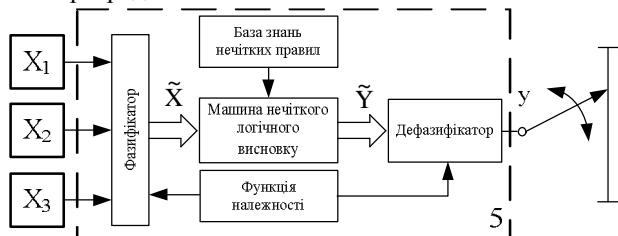


Рис.1. Структурна схема організації нечіткого висновку для визначення струму витоку

Згідно термів (табл.1) визначимо діапазон зміни вхідних і вихідних величин та проведемо їх лінгвістичну оцінку.

1. Характеристика вхідних та вихідних величин математичної моделі блока прогнозування струмів витоку

Параметри	Назва	Діапазон значень	Терми
X_1	Вологість повітря	[0...1]	Низька вологість (НВ), середня вологість (СВ), висока вологість (ВВ)
X_2	Температура навколишнього середовища	[+5°...+40°]	Низька (Н), середня (С), висока (В)
X_3	Забрудненість розрядника	[0...1]	Низький рівень забрудненості (НРЗ), Середній рівень забрудненості (СРЗ), Високий рівень забрудненості (ВРЗ)
Y	Струм витоку	[1...1,5] I_{min}	Дуже низький рівень струму(ДНРС), низький рівень струму(НРС), середній рівень струму(СРС), високий рівень струму (ВРС), дуже високий рівень струму (ДВРС)

Вихідним є значення прогнозованого струму витоку, що визначається в межах $[1...1,5] I_{min}$

Наступним кроком створення нечіткої математичної моделі є фазифікація [3] вхідних величин X згідно термів. Використовуючи трикутну функцію належності (1), отримуємо нечітку множину \tilde{X} :

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \vee x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b. \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \end{cases} \quad (1)$$

де a, c – носії нечіткої множини; b – координата максимуму.

Параметри функції належності (ФН) вхідних величин наведені в табл. 2

2. Параметри функції належності вхідних величин

Змінні	Терми	Параметри ФН		
		a	b	c
X ₁	НВ	0	0	0,5
	СВ	0	0,5	1
	ВВ	0,5	1	1
X ₂	Н	5	5	22,5
	С	5	22,5	40
	В	22,5	40	40
X ₃	НРЗ	0	0	0,5
	СРЗ	0	0,5	1
	ВРЗ	0,5	1	1

Для функціонування математичної моделі нечіткого логічного висновку необхідно сформулювати експертну базу знань нечітких правил, яка містить лінгвістичні правила залежності $Y=f(X)$. Базу знань можна представити [3]

$$\left\{ \begin{array}{l} (x_1 = \tilde{a}_{1j} \Theta_j \ x_2 = \tilde{a}_{2j} \Theta_j \dots \Theta_j \ x_n = \tilde{a}_{nj}) \Rightarrow Y = d_j, \\ j = \overline{1, m}, \end{array} \right. \quad (2)$$

де \tilde{a}_{ij} – нечіткий терм, яким оцінюється змінна X_i в j -тому правилі; Θ_j – логічна операція, що пов'язує фрагменти j -ого правила; m – кількість правил в базі.

База знань нечітких правил представлена в табл.3.

Для отримання результатів моделювання на основі експертної бази знань і термів ФН складемо базу нечітких логічних рівнянь, використовуючи операції • (I-min) та \vee (АБО-max) [3]:

$$\mu^{I_{dhrs}}(I) = [\mu^{nv}(x_1) \cdot \mu^v(x_2) \cdot \mu^{nrz}(x_3)], \quad (3)$$

$$\mu^{I_{hrs}}(I) = [\mu^{nv}(x_1) \cdot \mu^s(x_2) \cdot \mu^{srz}(x_3)] \vee [\mu^{sv}(x_1) \cdot \mu^s(x_2) \cdot \mu^{nrz}(x_3)], \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \mu^{I_{hrs}}(I) = & [\mu^{nv}(x_1) \cdot \mu^n(x_2) \cdot \mu^{nrz}(x_3)] \vee [\mu^{nv}(x_1) \cdot \mu^s(x_2) \times \\ & \times \mu^{srz}(x_3)] \vee [\mu^{nv}(x_1) \cdot \mu^v(x_2) \cdot \mu^{srz}(x_3)] \vee [\mu^{nv}(x_1) \times \\ & \times \mu^v(x_2) \cdot \mu^{vrz}(x_3)] \vee [\mu^{sv}(x_1) \cdot \mu^n(x_2) \cdot \mu^{nrz}(x_3)] \vee \\ & \vee [\mu^{sv}(x_1) \cdot \mu^s(x_2) \cdot \mu^{nrz}(x_3)] \vee [\mu^{sv}(x_1) \cdot \mu^v(x_2) \\ & \times \mu^{srz}(x_3)] \vee [\mu^{vv}(x_1) \cdot \mu^v(x_2) \cdot \mu^{nrz}(x_3)], \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \mu^{I_{hrs}}(I) = & [\mu^{nv}(x_1) \cdot \mu^n(x_2) \cdot \mu^{srz}(x_3)] \vee [\mu^{nv}(x_1) \cdot \mu^s(x_2) \times \\ & \times \mu^{vrz}(x_3)] \vee [\mu^{sv}(x_1) \cdot \mu^s(x_2) \cdot \mu^{srz}(x_3)] \vee [\mu^{vv}(x_1) \times \\ & \times \mu^s(x_2) \cdot \mu^{nrz}(x_3)] \vee [\mu^{vv}(x_1) \cdot \mu^v(x_2) \cdot \mu^{srz}(x_3)], \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \mu^{I_{dhrs}}(I) = & [\mu^{nv}(x_1) \cdot \mu^n(x_2) \cdot \mu^{vrz}(x_3)] \vee [\mu^{sv}(x_1) \cdot \mu^n(x_2) \times \\ & \times \mu^{srz}(x_3)] \vee [\mu^{sv}(x_1) \cdot \mu^n(x_2) \cdot \mu^{vrz}(x_3)] \vee [\mu^{sv}(x_1) \\ & \times \mu^s(x_2) \cdot \mu^{vrz}(x_3)] \vee [\mu^{sv}(x_1) \cdot \mu^v(x_2) \cdot \mu^{vrz}(x_3)] \vee \\ & \vee [\mu^{vv}(x_1) \cdot \mu^n(x_2) \cdot \mu^{nrz}(x_3)] \vee [\mu^{vv}(x_1) \cdot \mu^n(x_2) \\ & \times \mu^{srz}(x_3)] \vee [\mu^{vv}(x_1) \cdot \mu^n(x_2) \cdot \mu^{vrz}(x_3)] \vee [\mu^{vv}(x_1) \\ & \times \mu^s(x_2) \cdot \mu^{srz}(x_3)] \vee [\mu^{vv}(x_1) \cdot \mu^s(x_2) \cdot \mu^{vrz}(x_3)] \vee \\ & \vee [\mu^{vv}(x_1) \cdot \mu^v(x_2) \cdot \mu^{vrz}(x_3)], \end{aligned} \quad (7)$$

Маючи виміряні вхідні величини X та використовуючи дану модель, знаходимо нечітку множину \tilde{Y} , з якої після операції дефазифікації отримуємо значення струму витоку. Реалізація блока прогнозування струму витоку розрядника можлива з використанням fuzzy контролера, використовуючи розроблену математичну модель.

3. База знань нечітких правил

	Входи			Виходи
	X ₁	X ₂	X ₃	Y
1	НВ	Н	НРЗ	СРС
2	НВ	Н	СРЗ	ВРС
3	НВ	Н	ВРЗ	ДВРС
4	НВ	С	НРЗ	НРС
5	НВ	С	СРЗ	СРС
6	НВ	С	ВРЗ	ВРС
7	НВ	В	НРЗ	ДНРС
8	НВ	В	СРЗ	СРС
9	НВ	В	ВРЗ	СРС
10	СВ	Н	НРЗ	СРС
11	СВ	Н	СРЗ	ДВРС
12	СВ	Н	ВРЗ	ДВРС
13	СВ	С	НРЗ	СРС
14	СВ	С	СРЗ	ВРС
15	СВ	С	ВРЗ	ДВРС
16	СВ	В	НРЗ	НРС
17	СВ	В	СРЗ	СРС
18	СВ	В	ВРЗ	ДВРС
19	ВВ	Н	НРЗ	ДВРС
20	ВВ	Н	СРЗ	ДВРС
21	ВВ	Н	ВРЗ	ДВРС
22	ВВ	С	НРЗ	ВРС
23	ВВ	С	СРЗ	ДВРС
24	ВВ	С	ВРЗ	ДВРС
25	ВВ	В	НРЗ	СРС
26	ВВ	В	СРЗ	ВРС
27	ВВ	В	ВРЗ	ДВРС

Реалізацію запропонованої моделі здійснено в середовищі Matlab 6.5. Результати моделювання представлені на рисунках 2 і 3.

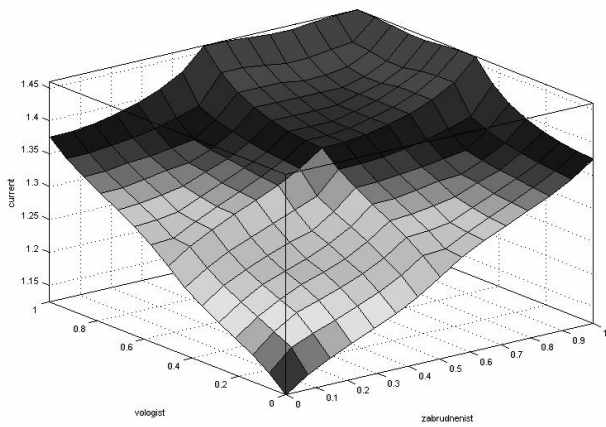


Рис.2. Залежність зміни струму витоку відносно вологості повітря та забрудненості розрядника

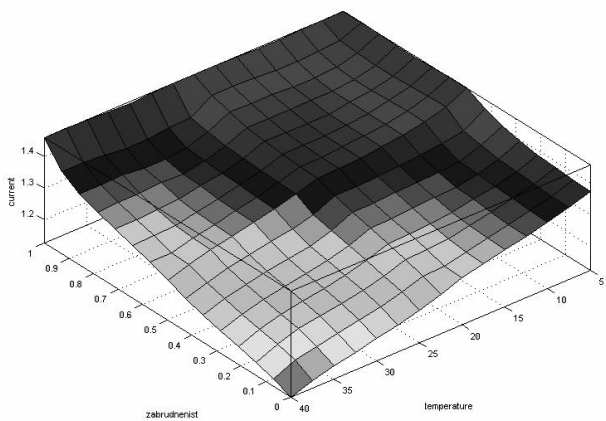


Рис.3. Залежність зміни струму витоку відносно температури повітря та температури навколишнього середовища

Висновки. Розроблена математична модель блока прогнозування струму витоку розрядника з використанням теорії нечітких множин, який враховуючи параметри навколишнього середовища, забезпечує визначення струму витоку розрядника не виводячи його з експлуатації. Використовуючи розроблену математичну модель, можна реалізувати блок прогнозування струму витоку розрядника на базі fuzzy контролера.

Список використаної літератури

1. Засоби захисту від перенапруг у електроустановках 6-750 кВ: ГКД 34.35.512: 2002. – вид. офіц. – Київ: ГРІФРЕ: Міністерство палива та енергетики України. (Галузевий керівний документ Об'єднаних енергетичних підприємств. Інструкція з монтажу та експлуатації), 2002. – 140 с

2. Чунихин А.А. Электрические аппараты. Общий курс: / А. А. Чунихин– М.: Энергия, 1975. – 648 с.

3. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д.Штовба – М.: Горячая линия. – Телеком, 2007. – 288 с – ISBN 5-93517-359-X.

Отримано 12.07.2011



Ковальчук Венедикт Петрович,
аспірант каф. ел.механічних
системи автоматизації в проми-
словості і на транспорті
Вінницьк.нац.техн.ун-ту,
venedykt@rambler.ru



Печенюк
Андрій Володимирович,
студент каф. ел.механічних
системи автоматизації в проми-
словості і на транспорті
Вінницьк.нац.техн.ун-ту,
pecheniuk.andrii@gmail.com