

УДК 621.3.035.15

**В. П. Ковальчук,  
А. В. Печенюк****МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БЛОКА ПРОГНОЗУВАННЯ СТРУМУ  
ВИТОКУ РОЗРЯДНИКА**

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

**В. П. Ковальчук,  
А. В. Печенюк****МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БЛОКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТОКА УТЕЧКИ  
РАЗРЯДНИКА**

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

**V. P. Koval'chuk,  
A. V. Pechenyuk****A MATHEMATICAL MODEL PREDICTING THE CURRENT BLOCK LEAKAGE  
PROTECTOR**

**Abstract.** 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.

© Ковальчук В.П., Печенюк А.В., 2011

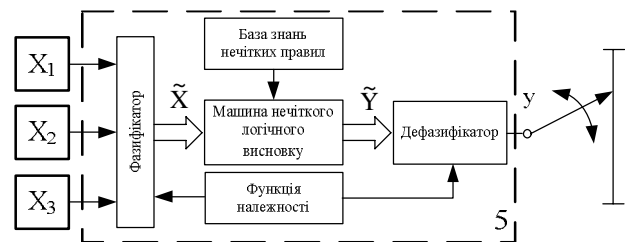


Рис. 1. Структурна схема організації нечіткого висновку для визначення струму витоку

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 <sub>min</sub>	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<sub>min</sub>

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 <sub>1</sub>	НВ	0	0	0,5
	СВ	0	0,5	1
	ВВ	0,5	1	1
X <sub>2</sub>	Н	5	5	22,5
	С	5	22,5	40
	В	22,5	40	40
X <sub>3</sub>	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]

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

де  $\tilde{a}_{ij}$  – нечіткий терм, яким оцінюється змінна X<sub>i</sub> в j-тому правилі;  $\ominus_j$  –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]:

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

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

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

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

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

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 <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	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.

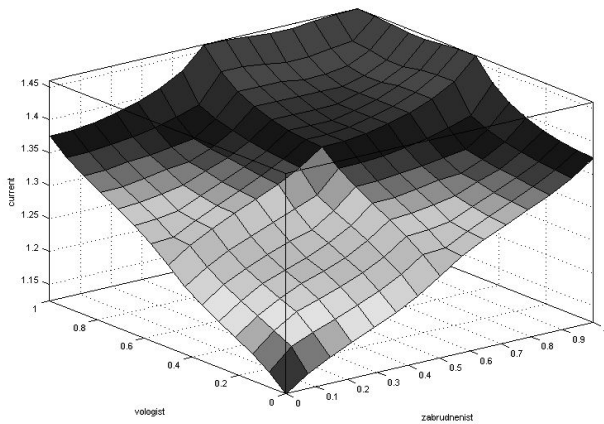


Рис.2. Залежність зміни струму витoku відносно вологості повітря та забрудненості розрядника

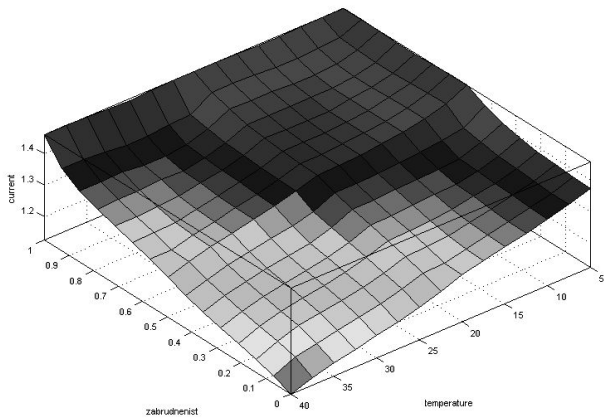


Рис.3. Залежність зміни струму витoku відносно температури повітря та температури навколишнього середовища

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