

ВИЗНАЧЕННЯ СПРАЦЬОВАНОГО РЕСУРСУ ЕЛЕГАЗОВОГО ВИМИКАЧА ТИПУ HGF 100/2 В, CGECALSTHOM ЗА НЕЧІТКОЮ МОДЕЛЛЮ

Мета роботи. Розроблення нечіткої моделі елегазового вимикача типу HGF 100/2 В, CGECALSTHOM для визначення загального спрацьованого ресурсу.

Методи дослідження. Дослідження проведено шляхом експертного опитування, за яким побудована нечітка модель елегазового вимикача для визначення загального спрацьованого ресурсу. Дана модель реалізована в пакеті MATLABFuzzyLogicToolbox з використанням математичного апарату нечітких множин та нечіткої логіки.

Отримані результати. Авторами була розроблена нечітка модель за якою отримано чисельне значення загального спрацьованого ресурсу елегазового вимикача з врахуванням впливу сукупності таких факторів як стан механічної та комутаційної системи, дугогасильного середовища, стану ізоляції.

Наукова новизна. Авторами розроблено нову нечітку модель елегазового вимикача для визначення загального спрацьованого ресурсу, яка використовує інформацію доступну для вимірювання або спостереження.

Практична значимість. Дана модель застосована для елегазового вимикача типу GECALSTHOMHGF 100/2В який експлуатується на Дніпровській ГЕС-1, ВРП – 330 кВ, комірки Л-211/1. Розроблена нечітка модель оцінки технічного стану елегазового вимикача може застосовуватись для всіх вимикачів даного типу.

Ключові слова: елегазовий вимикач, нечітка модель, спрацьований ресурс, технічний стан, експертне опитування.

ВСТУП

Забезпечення надійної роботи електричних станцій, підстанцій та систем електропостачання промислових підприємств значною мірою визначається безвідмовною роботою вимикачів високої напруги. Вимикачі – основні комутаційні апарати в електричних установках, їхньою особливістю є необхідність надійного виконання ними своїх функцій як у включеному так і у відключеному станах, а також постійна готовність до миттєвого виконання комутаційних операцій, включаючи аварійні ситуації. У загальній пошкоджуваності елементів розподільчих електроустановок доля вимикачів складає, за різними оцінками – від 30 % до 50 % [1, 2].

Найчастіше пошкоджуються наступні вузли елегазових вимикачів:

- привід;
- дугогасильна камера;
- ущільнення;
- опірно-стрижнева ізоляція та вводи.

Таким чином, для оцінювання ризику виникнення пошкоджуваності елегазових вимикачів в електроенергетичній системі (ЕЕС) з урахуванням найбільш вірогідних сценаріїв їх розвитку необхідно мати адекватні моделі для визначення їхнього технічного стану (ТС).

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Оцінка ТС електрообладнання виконується в наступних умовах:

- відсутність адекватного математичного опису динамічних процесів, що проходять в об'єкті у формі

змінних стану, які дають повну характеристику його працездатності;

- різномірність вхідної інформації (кількісні та якісні значення змінних стану об'єкта);

- обмежена кількість змінних стану об'єкта, які доступні вимірюванню та спостереженню при необхідності оцінки ТС об'єкта без виведення в ремонт;

- недостатність ретроспективних даних від експлуатації обладнання.

Існуючі на сьогоднішній день методи оцінки спрацьованого ресурсу та імовірності відмови різних типів електрообладнання мають свої переваги та недоліки. Так, наприклад, оцінка ТС високовольтних вимикачів яка виконується на основі даних щодо спрацювання його комутаційного ресурсу, механічний ресурс високовольтних вимикачів не розглядає, оскільки приймається, що його спрацювання відбувається рівномірно на протязі всього нормативного ресурсу. Оцінка комутаційного ресурсу в цих роботах виконується на основі залежності фактичного спрацьованого ресурсу від величини струму КЗ, яка будується з урахуванням хімічних процесів, що відбуваються у вимикачі при відключенні струмів КЗ за законом Ван'т-Гоффа – Арреніуса. Перевагою такого методу оцінки ТС вимикача є врахування індивідуальних характеристик кожної окремої одиниці обладнання, недоліком – те що це врахування виконується лише за одним діагностичним параметром. До того ж, достовірну оцінку спрацьованого ресурсу високовольтного вимикача за цією методикою можна отримати лише за наявності ретроспективних даних щодо відключень вимикачем струмів КЗ за весь період експлуатації, що, як пока-

зує практика, не завжди можливе. Є методики в яких авторами виконується оцінка як комутаційного так і механічного спрацьованого ресурсу вимикача. В них зазначено, що практичний інтерес представляють співвідношення механічної та комутаційної зносостійкості вимикачів різних типів, зроблено висновок про недостатню систематизацію даних щодо зносостійкості вимикачів та невизначеність функціональних залежностей між ними та рекомендовано накопичення та узагальнення даних щодо зносостійкості вимикачів різних типів [3].

Ці об'єктивно існуючі умови функціонування електрообладнання роблять доцільним використання нечітких моделей для наближеної оцінки стану об'єкта, які дозволяють в єдиній формі представляти різномірну та обмежену інформацію про об'єкт, включаючи і суб'єктивну оцінку експертів. Експертні методи базуються на експертних оцінках груп спеціалістів. Основною перевагою цієї групи методів є швидке отримання результатів за мінімальних витрат. Точність оцінок залежить від кількості експертів, їхньої кваліфікації та суб'єктивізму, постановки експертизи та обробки її результатів [4].

В роботі ставиться задача розроблення нечіткої моделі елегазового вимикача типу HGF 100/2 B, CGECALSTHOM для визначення загального спрацьованого ресурсу.

2 МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СПРАЦЬОВАНОГО РЕСУРСУ ЕЛЕГАЗОВОГО ВИМИКАЧА

За відсутності адекватних фізико-математичних моделей обладнання, для достовірної оцінки та прогнозування технічного стану електроустаткування та його впливу на режим підсистеми електроенергетичної системи доцільне застосування методів нечіткої логіки. Особливий інтерес представляє побудова та обґрунтування нечітких моделей для оцінки ТС та ймовірності відмови високовольтних вимикачів, зокрема елегазових (оскільки вони дуже масово впроваджуються в ЕЕС України та її підсистемах), за даними, які можна отримати як з виводом так і без виводу вимикача в ремонт [4].

Нечітка модель F об'єкта підсистеми ЕЕС має наступну структуру:

- функції приналежності (ФП) входних і вихідних змінних – $f(P)$;
- база нечітких правил виду «ЯКЩО – ТО» з ваговими коефіцієнтами $W - R(W)$;
- механізм нечіткого виводу, який реалізує логічні операції і використовує правила виду «ЯКЩО – ТО» для відображення входних нечітких змінних в нечітку вихідну змінну – M ;
- метод дефазифікації – D .

Тоді нечітка вихідна множина станів об'єкта S визначається із співвідношення:

$$S = F(f(P), R(W), M, D, A). \quad (1)$$

На універсальних множинах входних змінних $X_i = [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$, $i = \overline{1, k}$ і вихідної змінної $Y_i = [\underline{y}_i, \overline{y}_i]$ визначаються лінгвістичні змінні A та S відповідно.

Введемо множини значень лінгвістичних змінних:

– $A = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{iq}\}$, $i = \overline{1, k}$ – терм множини

входних лінгвістичних змінних;

– $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ – терм множини вихідної лінгвістичної змінної.

В загальному випадку терми входних змінних можуть мати різне значення і різну кількість. Діапазони зміни термів визначаються початковим і граничним значенням реального змінного параметра, а також на основі знань про об'єкт. Ступінь приналежності значень входної або вихідної змінної до тієї чи іншої терм-множини визначається ФП $f(P)$. Їхня побудова є одним з основних питань в теорії нечітких множин, від правильності вирішення якого залежить достовірність розв'язування задачі. ФП зручно задавати в параметричній формі. В цьому випадку задача побудови ФП зводиться до визначення її параметрів [5]. Існують такі основні типи ФП:

– трикутна (рисунок 2.1, а):

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & b \geq x > a, \\ \frac{c-x}{c-b}, & c > x > b, \\ 0, & x < a, x > c \end{cases} \quad (2)$$

– трапецієвидна (рисунок 2.1, б):

$$\mu(x, a, b, c, d) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & b \geq x > a, \\ 1, & c > x > b, \\ \frac{d-x}{d-c}, & d > x > c, \\ 0, & x < a, x > d \end{cases} \quad (3)$$

– Гаусова (рисунок 2.1, в):

$$\mu(x, b, c) = \exp\left(\frac{-(x-b)^2}{2c^2}\right). \quad (4)$$

При побудові ФП, якщо відомі лише інтервальні значення (початкове та допустиме), прийнятною апроксимацією є лінійна. В цьому випадку параметр, що розглядається, можна характеризувати трикутною або трапецієвидною ФП.

Для визначення параметрів ФП можна застосувати наступні підходи:

1) Використання експертних оцінок. Нехай є m експертів, частина яких (n_1) на питання про приналежність $x \in X$ нечіткій множині A_i відповідає позитивно. Інша частина експертів ($n_2 = m - n_1$) відповідає на це питання негативно. Ступінь приналежності x нечіткій множині A_i в цьому випадку визначається або шляхом статистичної обробки результатів опитування групи експертів ($m_{A_i}(x) = n_1 / m$) або визначається за методом парних порівнянь Сааті [6]. Перевагами методу Сааті у порівнянні з іншими методами парних порівнянь (наприклад, Уея, Коггера та Ю) є достатність мінімальної кількості експертної інформації, зручна для сприйняття експертами шкала парних порівнянь та висока ступінь узгодженості оцінок експертів різної кваліфікації.

2) Використання стандартних відміток на шкалі бажаності Харрінгтона. Ці відмітки отримані на основі статистичного аналізу великого масиву даних та мають універсальне застосування [7], тому їх можна використовувати при оцінці діапазону термів нечітких змінних (таблиця 1).

При побудові ФП за методом Сааті для кожної пари елементів універсальної множини експерт виконує оцінку переваги одного елементу над іншим по відношенню до властивостей нечіткої множини за шкалою парних порівнянь Сааті [6]. Ці парні порівняння записуються у вигляді матриці $\Lambda = [\lambda_{ij}]$, де λ_{ij} – рівень переваги i -того

елементу над j -тим, $\lambda_{ij} = 1 / \lambda_{ji}$, $\lambda_{ii} = 1$.

Ступені приналежності приймають рівними відповідним координатам власного вектора $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ матриці парних порівнянь Λ . Власний вектор визначається з наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} (\Lambda - \lambda E)W = 0, \\ \sum_{i=1}^n w_i = 1. \end{cases} \quad (5)$$

де λ – найбільше власне число матриці Λ ; E – одинична матриця розмірності $(n \times n)$.

Дефазифікацію виконано на основі методу центру ваги або центру площ [5]. Приблизна модифікація центру ваги:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^m \mu_i(s) \cdot s_i}{\sum_{i=1}^m \mu_i(s)} \quad (6)$$

Отримана за допомогою описаної нечіткої моделі величина S кількісно характеризує ТС електрообладнання і представляє собою величину загального спрацьованого ресурсу, яка використовується для оцінки імовірності відмови об'єкта з урахуванням його фактичного ТС. Наведена в загальному вигляді нечітка модель об'єкта базується на використанні правил нечіткого логічного висновку.

3 ПРИКЛАД ТА РЕЗУЛЬТАТИ

Для визначення ТС елегазового вимикача за нечіткою моделлю, його представлено як агрегат, який має наступні вузли:

- механічну систему (привід, тяга, траверза, шток, рухомі контакти);
- комутаційну систему (дугогасильна камера, контактна система);
- дугогасильне середовище (елегазова камера);

Таблиця 1 – Шкала інтервалів бажаності Харрінгтона

№	Бажаність	Чисельне значення
1	Дуже висока	0,8–1,0
2	Висока	0,64–0,8
3	Середня	0,36–0,64
4	Низька	0,2–0,36
5	Дуже низька	0,0–0,2

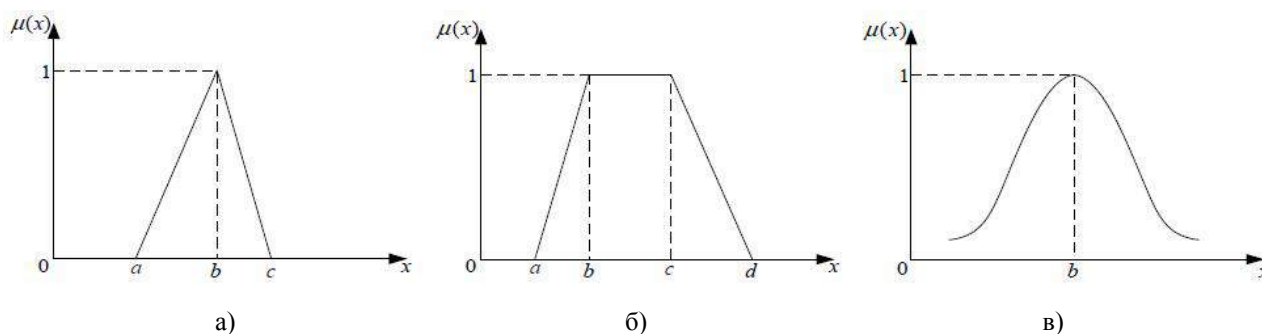


Рисунок 1 – Типи ФП (а – трикутна, б – трапецієвидна, в – Гаусова)

– ізоляцію (опірні ізолятори, високовольтні вводи, ізолятори дугогасильної камери).

ТС кожного вузла характеризується деяким параметром, значення якого визначає рівень працездатності (ресурс) даного вузла. Для визначення ресурсу розглядуваних вузлів елегазового вимикача найбільше підходять такі параметри:

- кількість механічних циклів «включення-відключення»;
- кількість відключень струмів КЗ та їхні величини;
- тиск елегазу;
- рівень забрудненості та пошкодженості ізоляторів.

Для використання обраних параметрів при розв'язанні задачі оцінки загального ТС елегазового вимикача за нечіткою моделлю обрано наступні вхідні лінгвістичні змінні:

- A_1 = «Спрацьований механічний ресурс»;
- A_2 = «Спрацьований комутаційний ресурс»;
- A_3 = «Тиск елегазу»;
- A_4 = «Стан ізоляторів».

Для кожної лінгвістичної змінної введені наступні нечіткі терми:

- $A_1: L_1$ = «Припрацьовальний», M_1 = «Допустимий», B_1 = «Відпрацьований»;
- $A_2: L_2$ = «Припрацьовальний», M_2 = «Допустимий», B_2 = «Відпрацьований»;
- $A_3: N_3$ = «Нормальний», L_3 = «Низький»;
- $A_4: N_4$ = «Задовільний», B_4 = «Незадовільний».

Вихідну множину станів елегазового вимикача S описано лінгвістичною змінною «Загальний спрацьований ресурс вимикача». Терми вихідної змінної та їхні інтервали визначено за стандартними відмітками вербально-числової шкали Харрінгтона:

- VB = «Дуже високий спрацьований ресурс» (0,8; 1,0];
- B = «Високий спрацьований ресурс» (0,64; 0,8];
- M = «Середній спрацьований ресурс» (0,36; 0,64];
- L = «Низький спрацьований ресурс» (0,2; 0,36];

– VL = «Дуже низький спрацьований ресурс» [0,0; 0,2].

База правил для оцінки ТС елегазового вимикача формується на основі експертних знань характеристик та процесів досліджуваного об'єкта. В даній моделі вона представляє собою набір із 36 продукційних правил наступного типу:

«ЯКЩО механічний ресурс вимикача $A_1 = \{L_1, M_1, B_1\}$ ТА комутаційний ресурс вимикача $A_2 = \{L_2, M_2, B_2\}$ ТА тиск елегазу $A_3 = \{N_3, L_3\}$ ТА стан ізоляторів $A_4 = \{N_4, B_4\}$, ТО загальний спрацьований ресурс вимикача $S = \{VB, B, M, L, VL\}$ ».

Сформована база правил для оцінки ТС елегазового вимикача наведена в таблиці 2.

Для реалізації нечіткого виводу застосовано алгоритм Мамдані, який, у порівнянні з іншими алгоритмами нечіткого виводу (Сугено, Ларсена), найкраще підходить за наявності бази правил, складеної з якісно виражених продукційних правил [5]. Дефазифікацію виконано на основі методу приблизної модифікації центру ваги, який дозволяє врахувати результати всіх імплікацій вихідних термів, отриманих при виконанні процедури нечіткого виводу [8].

Структурна схема розробленої нечіткої моделі для оцінки ТС елегазового вимикача представлена на рисунку 2.

Таблиця 2 – База правил для оцінки ТС елегазового вимикача

A_4	N_4				B_4			
A_3	A_2	L_2	M_2	B_2	A_2	L_2	M_2	B_2
L_3	A_1	M	B	VB	A_1	B	VB	VB
	L_1	B	B	VB	L_1	VB	VB	VB
	M_1	B	B	VB	M_1	VB	VB	VB
	B_1	VB	VB	VB	B_1	VB	VB	VB
N_3	A_2	L_2	M_2	B_2	A_2	L_2	M_2	B_2
	A_1	VL	L	B	A_1	M	B	VB
	L_1	L	M	B	L_1	B	VB	VB
	M_1	L	M	B	M_1	B	VB	VB
	B_1	B	B	VB	B_1	VB	VB	VB



Рисунок 2 – Нечітка модель для оцінки ТС елегазового вимикача: $R_{\text{мех}}$ – значення спрацьованого механічного ресурсу вимикача; $R_{\text{ком}}$ – значення спрацьованого комутаційного ресурсу вимикача; $P_{\text{нов}}$ – значення тиску елегазу; $Isol$ – оцінка стану ізоляторів вимикача; $FR_{\text{мех}}$ – лінгвістична змінна «Спрацьований механічний ресурс»; $FR_{\text{ком}}$ – лінгвістична змінна «Спрацьований комутаційний ресурс»; $FP_{\text{нов}}$ – лінгвістична змінна «Тиск елегазу»; FI_{sol} – лінгвістична змінна «Стан ізоляторів»; FS – лінгвістична змінна «Загальний спрацьований ресурс»; S – значення загального спрацьованого ресурсу вимикача

Для отримання достовірної оцінки ТС елегазового вимикача за розробленою нечіткою моделлю, необхідно виконати настройку параметрів ФП термів її вхідних та вихідних змінних. Слід зазначити, що настройку нечіткої моделі необхідно виконати за відсутності репрезентативної статистичної вибірки, яка б з високою мірою достовірності дозволила б встановити зв'язки між ТС локальних вузлів вимикача та його загальним станом. В цих умовах для побудови ФП нечітких термів вхідних лінгвістичних змінних A_1, A_2, A_3, A_4 було проведено опитування 9 експертів які мають досвід роботи в таких компаніях як ПАТ «Укргідроенерго», ДП НЕК «Укренерго» ДнЕС, ВАТ «Запоріжжяобленерго». Результати обробки експертних опитувань приведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати обробки експертних оцінок

A_1 = «Спрацьований механічний ресурс»						
R_M , в.о.	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
L_I = «Припрацьовальний»	9	6	0	0	0	0
M_I = «Допустимий»	0	3	9	9	6	0
B_I = «Відпрацьований»	0	0	0	0	3	9
A_2 = «Спрацьований комутаційний ресурс»						
R_K , в.о.	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
L_I = «Припрацьовальний»	9	9	0	0	0	0
M_I = «Допустимий»	0	0	9	9	7	0
B_I = «Відпрацьований»	0	0	0	0	2	9
A_3 = «Тиск елегазу»						
P , атм	3,6	3,8	4,0	4,1	4,2	
L_3 = «Низький»	9	6	3	0	0	
N_3 = «Нормальний»	0	3	6	9	9	
A_4 = «Стан ізоляторів»						
is , МОм	2000	2500	3000	4000	5000	
N_4 = «Задовільний»	0	2	7	9	9	
B_4 = «Незадовільний»	9	7	2	0	0	

Таблиця 4 – Ступені приналежності нечітким термам значень вхідної величини «Спрацьований механічний ресурс»

R_M	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$\mu_{\text{ПРИПРАЦ}}(R_M)$	1	0,333	0	0	0	0
$\mu_{\text{ДОПУСТ}}(R_M)$	0	0,667	1	1	0,333	0
$\mu_{\text{ВІДПРАЦ}}(R_M)$	0	0	0	0	0,667	1

Таблиця 5 – Ступені приналежності нечітким термам значень вхідної величини «Спрацьований комутаційний ресурс»

R_K	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$\mu_{\text{ПРИПРАЦ}}(R_K)$	1	1	0	0	0	0
$\mu_{\text{ДОПУСТ}}(R_K)$	0	0	1	1	0,224	0
$\mu_{\text{ВІДПРАЦ}}(R_K)$	0	0	0	0	0,776	1

За (5) визначаємо ступені приналежності нечітким термам значень вхідних лінгвістичних змінних. Результати зведені в таблиці 4–7.

За аналітичними виразами (2–3) будуємо ФП нечітких термів вхідних лінгвістичних змінних. ФП нечітких термів вихідної змінної «Загальний спрацьований ресурс вимикача» визначається на інтервалах Харрінгтона. ФП нечітких термів лінгвістичних змінних представлені на рисунках 3–7.

На ПС 330 кВ Дніпровської ГЕС-1 в експлуатації знаходяться 3 елегазових вимикача тип GECALSTHOMHGF 100/2В які мають наступні показники за якими буде охарактеризовано технічний стан. Ці показники приведені в таблиці 8.

Таблиця 6 – Ступені приналежності нечітким термам значень вхідної величини «Тиск елегазу»

P	3,6	3,8	4,0	4,1	4,2
$\mu_{\text{НИЗЬКИЙ}}(P)$	1	1	0,5	0	0
$\mu_{\text{НОРМАЛЬНИЙ}}(P)$	0	0	0,5	1	1

Таблиця 7 – Ступені приналежності нечітким термам значень вхідної величини «Стан ізоляторів»

is	2000	2500	3000	4000	5000
$\mu_{\text{ЗАДОВІЛЬНИЙ}}(is)$	0	0,285	0,776	1	1
$\mu_{\text{НЕЗАДОВІЛЬНИЙ}}(is)$	1	0,715	0,224	0	0

Таблиця 8 – Показники технічного стану елегазових вимикачів GECALSTHOMHGF 100/2В,С

Дистетчерське найменування	Рік введення в експлуатацію	Фаза	Кількість циклів ВВ, R_M	Кількість відключень КЗ, R_K	Тиск елегазу, бар.	Стан ізоляторів, МОм
Л-211/2	11.08.1998р.	A	397	8	4,2	>10000
		B	393	8	4,3	>10000
		C	387	8	4,2	>10000
Л-211/1	05.12.1998р.	A	398	9	4,15	>10000
		B	399	9	4,1	>10000
		C	406	9	4,05	>10000
Л-229/1	11.08.1998р.	A	418	3	4,0	>10000
		B	417	3	4,1	>10000
		C	420	3	4,1	>10000

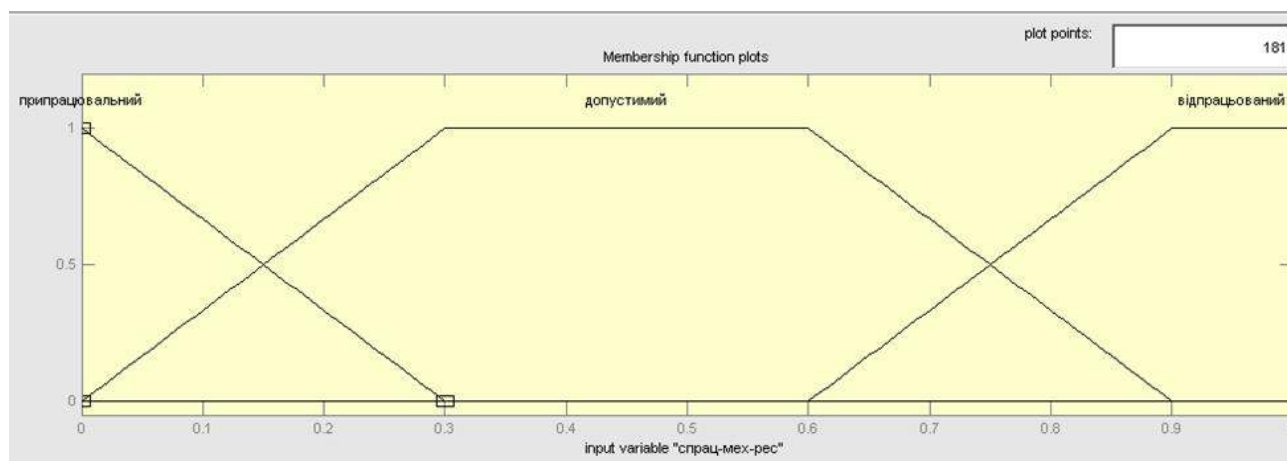


Рисунок 3 – ФП термів лінгвістичної змінної «Спрацьований механічний ресурс»

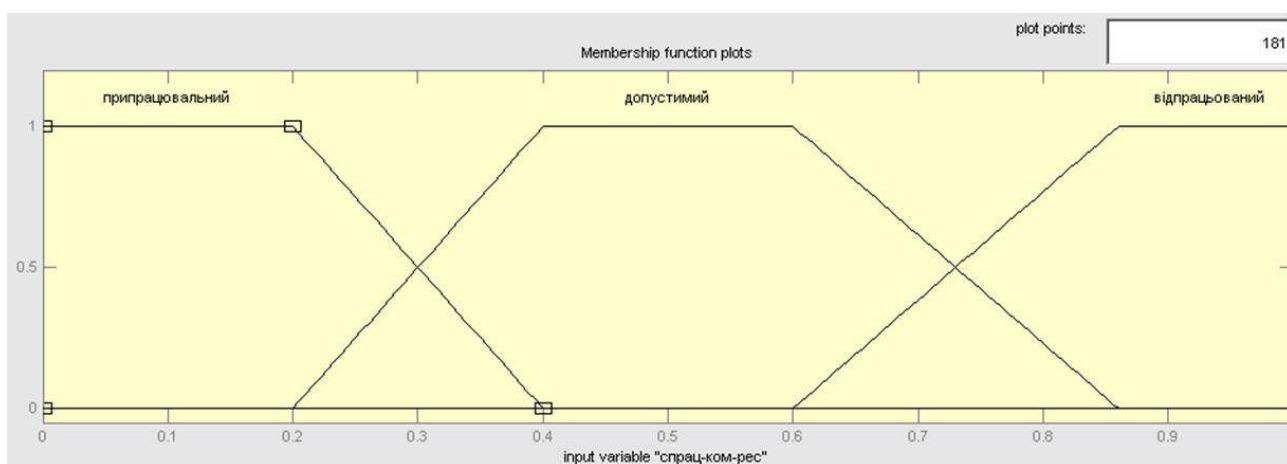


Рисунок 4 – ФП термів лінгвістичної змінної «Спрацьований комутаційний ресурс»

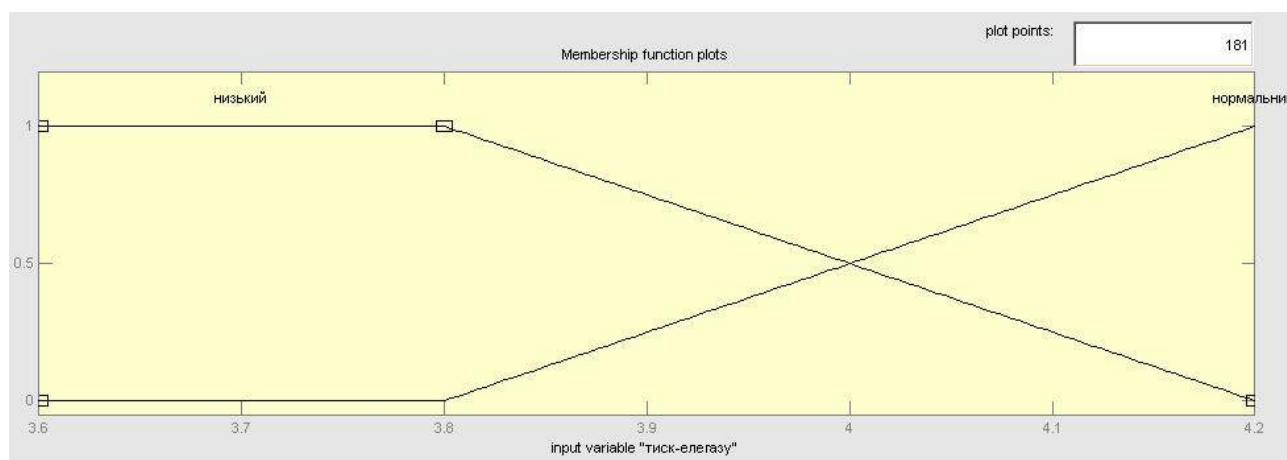


Рисунок 5 – ФП термів лінгвістичної змінної «Тиск елегазу»

В якості прикладу, за розробленою нечіткою моделлю виконаємо оцінку ТС елегазового вимикача коміртки Л-211/1 який виконав найбільшу кількість відключень струмів КЗ які перевищують значення 20 кА. Згідно з технічною документацією для елегазових вимикачів типу GECALSTHOMHGF 100/2В,С допустимо відключати $I_{КЗ} > 20$ кА не більше 50 разів, кількість механічних циклів ВВ (включення - відключення) не більше 3000 разів. За перевищення цих показників потрібна повна перевірка стану вимикача із вскриттям дугогасильних камер, тобто відновлення його ресурсу.

Значення діагностичних параметрів, що характеризують ТС його основних вузлів:

- спрацьований механічний ресурс $R_M = 0,135$ в.о.;
- спрацьований комутаційний ресурс $R_K = 0,18$ в.о.;
- тиск елегазу $P = 4,1$ бар.;
- стан ізоляторів $R_{\text{ізол}} > 10000$ МОм.

Оцінка загального спрацьованого ресурсу виконується

за допомогою пакету MATLABFuzzyLogicToolbox, яка представлена на рисунку 8.

Згідно з правилами нечіткого виводу визначається нечітка множина вихідної величини шляхом імплікації (відтинання трапецій від вхідних ФП) та агрегування отриманих трапецій. Дефазифікацію вихідної нечіткої величини виконано за методом центру ваги (6):

$$S = \frac{\sum_{i=1}^m \mu_i(s) \cdot s_i}{\sum_{i=1}^m \mu_i(s)} = 0,356.$$

Розроблена нечітка модель для оцінки загального спрацьованого ресурсу є гнучкою і може бути застосовано і для інших елегазових вимикачів з корегуванням діагностичних параметрів.

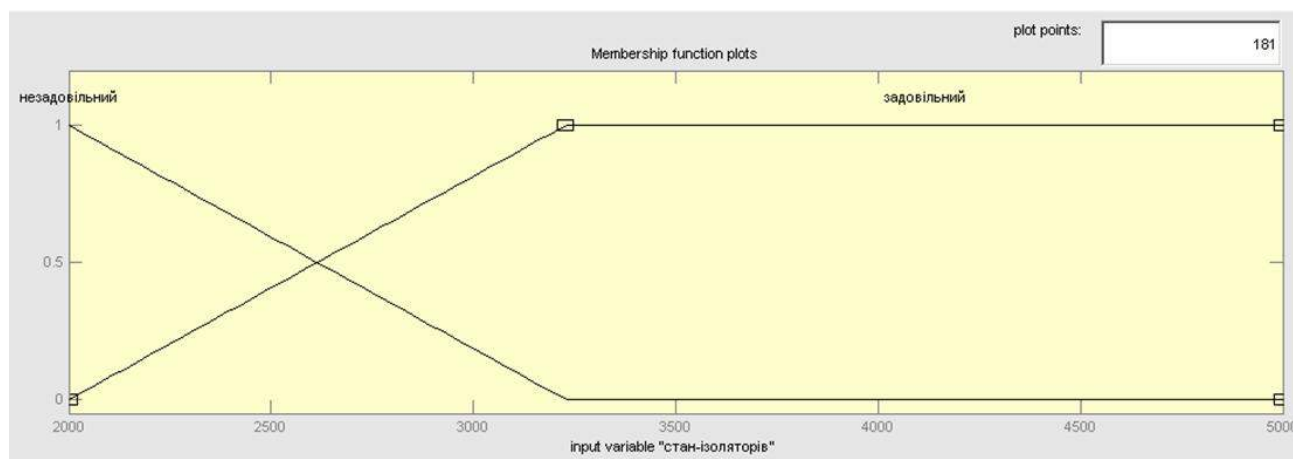


Рисунок 6 – ФП термів лінгвістичної змінної «Стан ізоляторів»

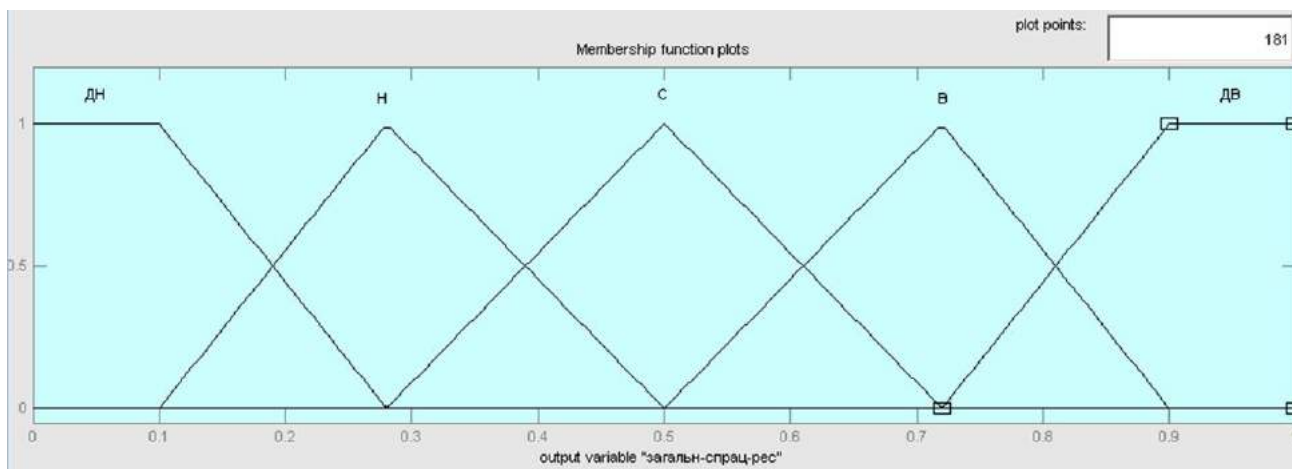


Рисунок 7 – ФП термів лінгвістичної змінної «Загальний спрацьований ресурс вимикача»

ВИСНОВКИ

Розроблена нечітка модель для оцінки загального ТС елегазового вимикача типу GECALSTHOMHGF 100/2B,C комірки Л-211/1 ПС 330 кВ Дніпровської ГЕС-1, яка дозволяє виконати комплексну оцінку стану вимикача використовуючи доступну для вимірювання та спостереження інформацію, яка носить як кількісний та якісний характер. Обрані вузли, для спостереження діагностичних параметрів, які мають визначальний вплив на загальний спрацьований ресурс елегазового вимикача. Розроблена нечітка модель є відкритою та адаптивною для до додаткової вхідної при більш детальному аналізі ТС вимикача.

Настройка параметрів ФП вхідних лінгвістичних змінних, для достовірної оцінки ТС елегазового вимикача за розробленою нечіткою моделлю, базувалась на опитуванні експертів які мають достатню кваліфікацію та опит роботи щоб охарактеризувати стани локальних вузлів на які умовно було поділено досліджуване обладнання. Вибір експертів в кількості 9 осіб обумовлений використанням 9 бальної шкали Сааті виміру ступеня значущості переваги одних думок над іншими. За цією шкалою склалися матриці парних порівнянь Сааті які додатково враховують суб'єктивність думок та найменше залежні від рівня кваліфікації опитуваних респондентів. Це є додатковим запобіжником від недостовірної оцінки загального спрацьованого ресурсу елегазового вимика-

ча. Можна стверджувати що розроблена нечітка модель для оцінки загального ТС елегазового вимикача типу GECALSTHOMHGF 100/2B,C є в достатній мірі достовірною та може використовуватись для елегазових вимикачів даного типу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абдурахманов А. М. Влияние продолжительности эксплуатации на отказы выключателей в высоковольтных электрических сетях / А. М. Абдурахманов, М. Ш. Мисриханов, А. В. Шунтов // Электрические станции. 2007. №7. – С. 59–63.
2. Абдурахманов А. М. Об особенностях структуры параметра потока отказов выключателя / А. М. Абдурахманов, М. Ш. Мисриханов, Б. Н. Неклепаев // Электрические станции. 2005. №5. – С. 54–57.
3. Літвінов В. В. Оцінка ризику порушення стійкості двигунового навантаження при відмовах електрообладнання в підсистемі ЕЕС : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : (05.14.02 – електричні станції, мережі та системи) / Літвінов В. В.; МОНМС України, НТУУ «КПІ». – К., 2012. – С. 26–29.
4. Костерев М. В. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем / М. В. Костерев, Є. І. Бардік. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 131 с.

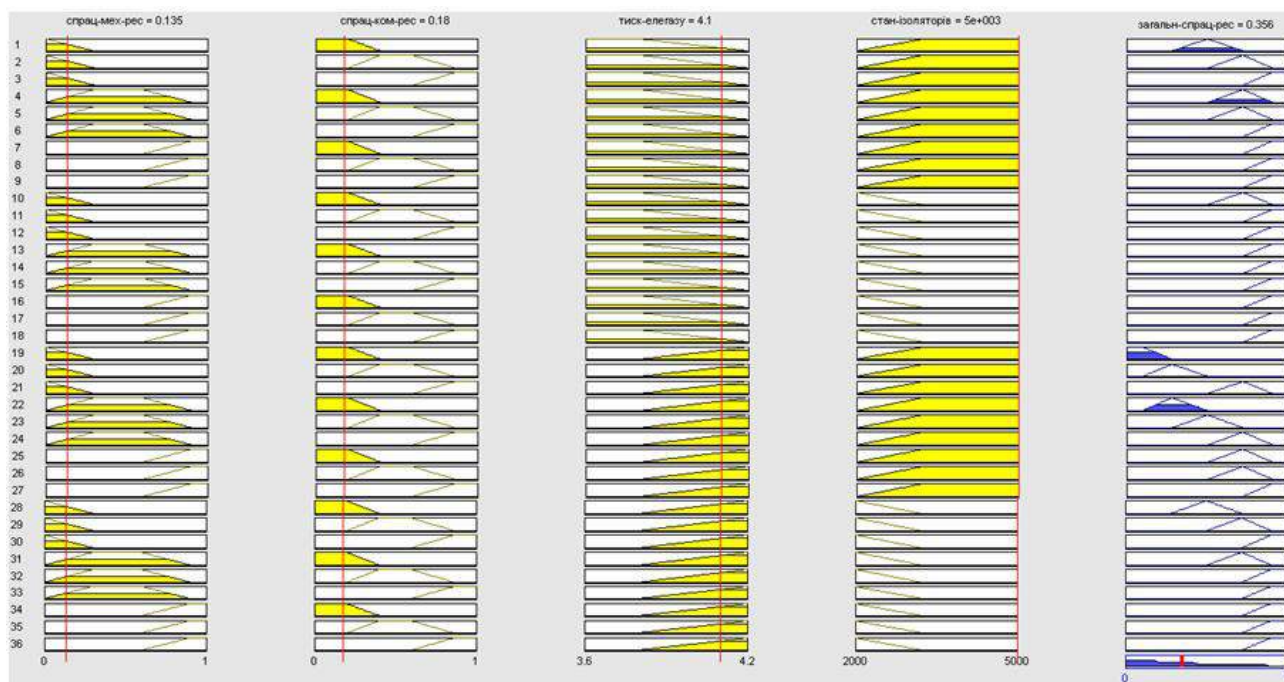


Рисунок 8 – Оцінка загального спрацьованого ресурсу елегазового вимикача типу GECALSTHOMHGF 100/2B,C комірки Л-211/1 ПС 330 кВ Дніпровської ГЕС-1

5. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – М.: Горячая линия – телеком, 2007. – 288 с.
6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
7. Ременников В. Б. Управленческие решения / В. Б. Ременников. Минск: Юнити, 2005. – 144 с.
8. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 736 с.

Доморошин С. В.¹, Махлин П. В.²

¹Инженер ГИИ ПАО «Укрэнерго» филиала Днепропетровская ГЭС-1, Запорожье, Украина

²Канд. техн. наук, доцент кафедры ЭПП ЗНТУ, Запорожье, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫРАБОТАННОГО РЕСУРСА ЭЛЕГАЗОВОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ТИПА HGF 100/2 В, CGECALSTHOM ПО НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ

Цель работы. Разработка нечеткой модели элегазового выключателя типа HGF 100/2 В, CGECALSTHOM для определения общего выработанного ресурса.

Методы исследования. Исследование проведено путем экспертного опроса, по которому построена нечеткая модель элегазового выключателя для определения общего выработанного ресурса. Данная модель реализована в пакете MATLAB Fuzzy Logic Toolbox с использованием математического аппарата нечетких множеств и нечеткой логики.

Одержанные результаты. Авторами была разработана нечеткая модель по которой получено численное значение общего выработанного ресурса элегазового выключателя с учетом влияния совокупности таких факторов как состояние механической и коммутационной системы, дугогасящей среды, состояния изоляции.

Научная новизна. Авторами разработана новая нечеткая модель элегазового выключателя для определения общего выработанного ресурса, которая использует информацию доступную для измерения или наблюдения.

Практическая ценность. Данная модель применена для элегазового выключателя типа GEC ALSTHOM HGF 100/2 В эксплуатируемого на Днепропетровской ГЭС-1, ОПВ-330 кВ, ячейки Л-211/1. Разработанная нечеткая модель оценки технического состояния элегазового выключателя может применяться для всех выключателей данного типа.

Ключевые слова: элегазовый выключатель, нечеткая модель, выработанный ресурс, техническое состояние, экспертный опрос.

Domoroshchyn S. V.¹, Makhlin P. V.²

¹Engineer Group of Tests and Measurements of Dnipro HPS-1, Zaporizhzhia, Ukraine

²PhD, Associate Professor Department of Industrial Power Supply of Zaporizhzhia National Technical University, Zaporizhzhia, Ukraine

THE DEVELOPED RESOURCE DEFINITION OF GAS-INSULATED SWITCH TYPE HGF 100/2 В, CGECALSTHOM FOR A FUZZY MODEL

The purpose of the work is the development of fuzzy model gas-insulated switch type HGF 100/2 В, CGECALSTHOM to determine the total mined-out resource.

Research methods. The study was conducted through expert interviews, that became the basis for the construction of the fuzzy model of gas-insulated circuit breaker to determine the total mined-out resource. This model is implemented in MATLAB Fuzzy Logic Toolbox using the mathematical apparatus of fuzzy sets and fuzzy logic.

The obtained results. The authors developed the fuzzy model which obtained the numerical value of the total resource developed gas-insulated circuit breaker with the influence of aggregate factors such as the condition of mechanical and switching systems, the state of arc suppression medium and isolation.

Scientific novelty. The authors developed the new fuzzy model of gas-insulated circuit breaker to determine the total developed resource, which uses the information available for measurement or observation.

Practical significance. This model is used for gas-insulated switch type GEC ALSTHOM HGF 100/2C operated on the Dnipro HPS-1, ODD-330 kV, cell L -211/1. The developed fuzzy model of assessment of the gas-insulated switch technical condition can be applied to all switches of this type.

Keywords: gas-insulated switch, the fuzzy model developed resource, technical condition, expert survey.

REFERENCES

1. Abdurakhmanov A. M., Misrikhanov M. Sh., Shuntov A. V. Vliyanie prodolzhitel'nosti ekspluatatsii na otkazy v yklyuchateley v vysokovol'tnykh elektricheskikh setyakh, *Elektricheskie stantsii*, 2007, No 7, S. 59–63.
2. Abdurakhmanov A. M., Misrikhanov M. Sh., Neklepayev B. N. Ob osobenostyakh struktury parametra potokov otkaza vyklyuchatelya, *Elektricheskiye stantsii*, 2007, No 7, S. 54–57.
3. Litvinov V. V. Otsinka ryzyku porushennia stiikosti dvygunovogo navantazhennia pry vidmovakh elektroobladnannia v pidsystemi EES: dys. nazdobuttianauk. stupeniakand. tekhn. nauk, MONMSUkrainy, NTUU «KPI», Kyiv, 2012, pp. 26–29.
4. Kosteriev M. V., Bardik Ye. I. Pytannia pobudovy nechitkykh modelei otsinky tekhnichnogo stanu obiektiv elektrychnykh system. Kyiv, NTUU «KPI2010», 131 s.
5. Shtovba S. D. Proektirovaniye nechetkikh sistem sredstvami MATLAB. Moscow, Goryachyaliniya, 2007, 288 s.
6. Saati T. Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy. Moscow, Radio i svyaz', 1993, 278 s.
7. Remennikov V. B. Upravlencheskiyeresheniya. Minsk, Yuniti, 2005, 144 s.
8. Leonenkov A. V. Nchetkoye modelirovaniye vsrede MATLAB i FuzzyTECH. SpB, Peterburg, 2005, 736 s.