

Перелік посилань:

1. Папков, Б. В. Вопросы рыночной электроэнергетики / Б. В. Папков, А. Л. Куликов – Н. Новгород : Изд-во Волго-Вят. акад. гос. службы, 2005. – 282 с.
2. Сотсков Б.С. основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники О.М. : Высшая школа 1990, 270с

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ КОМУТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ І ВРАХУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ

Бардик Є.І., к.т.н., доц., Карнаух В.М., магістрант
НТУУ «КПІ», кафедра електричних станцій

Вступ. Значна частка (близько 90%) аварій, які виникають у сучасних електроенергетичних системах (ЕЕС), припадає на аварії в електричних мережах. Функції локалізації аварій в ЕЕС і підстанціях виконують насамперед високовольтні вимикачі. Вони належать до найбільш важливих комутаційних апаратів, від надійності функціонування яких значною мірою залежить стійкість забезпечення електропостачанням споживачів як у нормальних, так і в аварійних режимах. Тому задача розробки математичних моделей оцінки та прогнозування технічного стану і ресурсу високовольтних вимикачів є актуальною [1, 2].

Більшість існуючих традиційних моделей оцінки технічного стану і ресурсу вимикачів не дають можливості здійснити комплексну оцінку їх технічного стану внаслідок складності одержання детермінованої математичної залежності між складовими механічного та комутаційного ресурсів й об'єктивно існуючої неповноти і нечіткості інформації щодо відключення струмів короткого замикання та загальної кількості комутацій, що виконані вимикачем [1-3].

Задача комплексної оцінки технічного стану високовольтних вимикачів належить до категорії погано формалізованих і слабо структурованих задач внаслідок таких факторів: наявності різномірної вхідної інформації (кількісні і якісні значення змінних), неповноти інформації, різночасності вимірювань параметрів об'єкта, невизначеності, яка зумовлена неможливістю адекватного математичного опису процесів внаслідок вимірювань змінних стану та недостатності ретроспективних даних про експлуатацію вимикачів [1, 2].

Ці об'єктивно існуючі умови функціонування вимикачів енергосистеми викликають необхідність використання нечітких моделей вимикачів, в яких можна подати різномірну інформацію про об'єкт, включаючи також і суб'єктивну інформацію експертів.

Нечітка модель визначення загального спрацьованого ресурсу високовольтного вимикача розроблена на кафедрі електричних станцій НТУ України «КПІ» [1]. Разом з цим, в даній моделі не в повній мірі враховується об'єктивна існуюча залежність допустимої кількості комутацій від струму. Крім того, важливою задачею є обґрунтування адекватності розробленої моделі.

Постановка задачі. Мета статті - визначення загального спрацьованого ресурсу повітряного вимикача та порівняння результатів отриманих на основі нечіткої моделі та існуючих традиційних моделей.

Матеріали і результати розрахунків. Адекватність оцінки загального спрацьованого ресурсу вимикачів, зокрема, комутаційного ресурсу, суттєво залежить від точності визначення комутуваного струму вимикачем. Для більшості вимикачів існує крива залежності допустимої кількості комутацій від сили струму $n=f(t)$.

Для вимикача, що розглядається, вона має вигляд, представлений на рис 1. (суцільні лінії). Апроксимована експоненціальною функцією з використанням методу найменших квадратів, ця залежність (рис. 1 – пунктирна лінія) може бути представлена -

$$n^*(I^*) = e^{\frac{I^* - I_0^*}{B}}$$

де $B = -5,69$ – постійний коефіцієнт; I_0^* , I^* - поточне та номінальне значення струму в відносних одиницях.

При цьому величина спрацьованого комутаційного ресурсу за одну комутацію визначається як $R_k = 1/n(I^*)$.

Залежності для $n(I^*)$ та R_k для повітряного вимикача мають вигляд:

$$n^*(I^*) = e^{\frac{(I^* - I_0^*)}{5,697}}, R_k = 1/n(I^*).$$

Визначення загального спрацьованого ресурсу за нечіткою моделлю.

В якості вхідних лінгвістичних змінних нечіткої моделі, докладно описаної в [1] використано наступні: «Спрацьований механічний ресурс» з термами – L_1 =«припрацьований», M_1 =«допустимий» та V_1 =«відпрацьований»; «Спрацьований комутаційний ресурс» з термами – L_2 =«припрацьований», M_2 =«допустимий» та V_2 =«відпрацьований»; «Тиск дугогасильного середовища» з термами – N_3 =«нормальний» та V_3 =«низький»; «Стан ізоляторів» – N_4 =«задовільний» та V_4 =«незадовільний». В якості вихідної лінгвістичної змінної прийнято «Загальний спрацьований ресурс» з термами: VH =«дуже високий спрацьований ресурс», H =«високий спрацьований ресурс», M =«середній спрацьований ресурс», L =«низький спрацьований ресурс» та VL =«дуже низький спрацьований ресурс». Фрагмент бази правил оцінки технічного стану вимикача представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фрагмент бази нечітких правил оцінки ТС вимикача

Тиск дугогасильного середовища – «низький» N_4 та стан ізоляторів – «задовільний» B_3			
R_K R_M	L_2	M_2	B_3
L_1	М	Н	VH
M_1	Н	Н	VH
B_1	VH	VH	VH

Визначення комутаційного ресурсу високовольтного вимикача за методикою Іванівського державного енергетичного університету (ІДЕУ).

Комутаційний ресурс вимикача згідно з методикою ІДЕУ визначається:

$$R_K^* = \frac{N_K}{N_{Kd}} + \frac{N_{Ki1}}{N_{Kd}} \cdot \left(e^{\frac{I_1 - I_{nom}}{B}} - 1 \right) + \frac{N_{Ki2}}{N_{Kd}} \cdot \left(e^{\frac{I_2 - I_{nom}}{B}} - 1 \right) + \dots + \frac{N_{Kim}}{N_{Kd}} \cdot \left(e^{\frac{I_m - I_{nom}}{B}} - 1 \right),$$

де N_K - загальна кількість комутацій, що здійснена вимикачем, N_{Kd} - допустима кількість комутацій для даного вимикача, N_{Ki} - кількість комутацій конкретного струму, I - струм, який комутується, кА I_{nom} - номінальний струм, кА

Для розрахунку і порівняння за різним моделями комутаційного і загального спрацьованого ресурсу розглянемо повітряний вимикач типу ВНВ-330-40/4000У1, що має параметри, які подано в таблиці 2.

Таблиця 2 – Параметри повітряного вимикача

№ з/п	Параметр	Позн.	Знач.	Од. вим.
1	Номінальний струм	I_{nom}	4000	А
2	Номінальний струм відключення КЗ	I_k	40	кА
3	Механічний ресурс	N_M	1000	разів

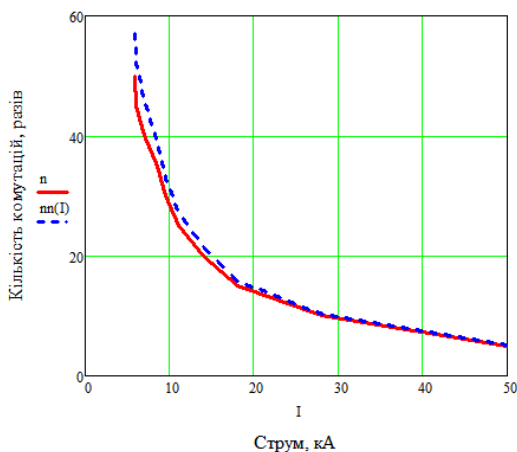


Рисунок 1 – Вихідна (суцільна) і апроксимована (пунктир) залежність $n=f(I)$

Для різних сполучень струмів короткого замикання комутованих вимикачем були виконані розрахунки загального спрацьованого і комутаційного ресурсу на основі нечіткої моделі, що враховує окрім спрацьованого механічного і комутаційного ресурсу також стан пневмосистеми та ізоляторів та моделі ІДЕУ, що ґрунтується на врахуванні спрацьованого механічного та комутаційного ресурсів. Спрацьований комутаційний ресурс в нечіткій моделі визначається за формулою:

$$R_K^* = n_{ki1} / n_{koon1} + n_{ki2} / n_{koon2} + \dots + n_{kim} / n_{koonm} ,$$

де n_{ki1} - кількість комутацій відповідного струму, разів. n_{koon1} - кількість допустимих комутацій відповідного струму (рис.1).

Механічний ресурс визначимо як відношення кількості проведених комутацій до кількості можливих комутацій

$$R_M^* = R_{MB} / R_{M3}$$

Вектор вхідних даних в нечіткій моделі містить чотири змінні та має вид:
 $V_{ex} = (R_m, R_k, P, IS)$.

Результати моделювання по даним та їх порівняльна характеристика наведена в таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати визначення загального спрацьованого ресурсу ПВ

№ з/п	Струм, кА					Всього комутацій	Допустима кількість комутацій	Rk, в.о.	Rm, в.о.	Нечітка модель, в.о.	Модель ІДЕУ, в.о.	Δ, в.о.
	Число комутацій											
1	20	22	25	30	34	7	10	0,7	0,014	0,783	0,81	-
	3	1	1	1	1							
2	23	25	29	31	34	6	10	0,6	0,012	0,896	0,998	-
	1	2	1	1	1							
3	21	27	28	30	33	5	10	0,5	0,01	0,907	0,921	-
	1	1	1	1	1							

Інтерфейс програми нечіткого логічного висновку для визначення загального спрацьованого ресурсу вимикача за алгоритмом Мамдані наведено на рис. 2.

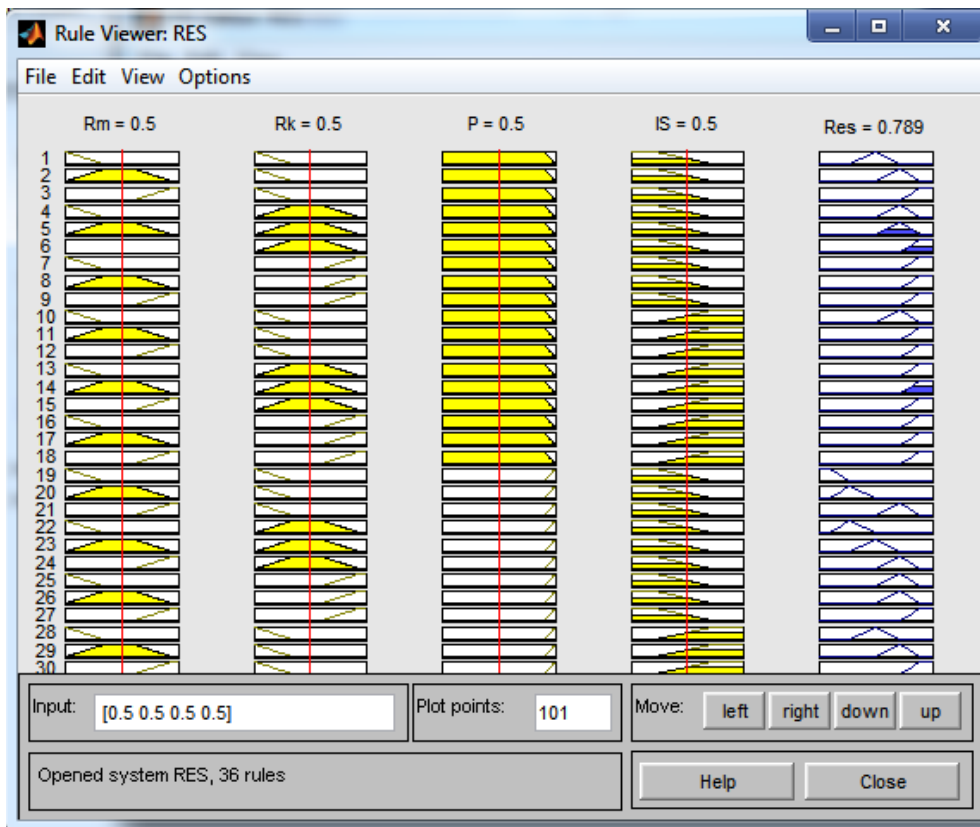


Рисунок 2 – Інтерфейс програми нечіткого логічного висновку за алгоритмом Мамдані

Висновки: 1. Визначення загального спрацьованого ресурсу доцільно виконувати на основі використання нечітких моделей, що враховують як якісну так і кількісну інформацію про об'єкт. 2. Проведені порівняльні розрахунки ресурсу працездатності повітряного вимикача, підтверджують адекватність нечіткої моделі та доцільність врахування експлуатаційних факторів при визначенні загального спрацьованого ресурсу високовольтних вимикачів.

Перелік посилань

1. Костерев М.В., Бардик Є.І. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 148 с. (монографія).
2. Назарычев А.Н., Андреев Д.А. Методы и математические модели комплексной оценки технического состояния электрооборудования. – Иваново: ИГЭУ, 2005. – 224с.
3. Андреев Д.А., Назарычев Д.А. Анализ методов оценки коммутационного ресурса высоковольтных выключателей // Вестник ИГЭИ. – 2008. – Вып.5. – С.1 – 15.