

ОЦІНКА СПРАЦЬОВАНОГО РЕСУРСУ ПОВІТРЯНОЇ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ МЕТОДОМ НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Бардик Є.І., к.т.н., доц., Мечіняну Д.М., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлювальних джерел енергії

Вступ. Статистичний аналіз відмов у високовольтних електричних мережах свідчить про значну частку відмов внаслідок пошкоджень повітряних ліній, яка становить 35-50% від загальної кількості.

Значна кількість відключень ПЛ визначається специфічними особливостями ПЛ електропередачі: значною протяжністю, впливом атмосферних перенапруг і ожеледно-вітрових навантажень, наявністю сторонніх впливів-накладань, забруднень, падінь дерев, використанням різнорідних матеріалів і елементів з різними характеристиками і властивостями.

Показники надійності електроенергетичних систем в найбільшій мірі є чутливими до відмов ПЛ. Це потребує розробки адекватних моделей відмов ПЛ, що є важливими при вирішенні задачі оцінки ризику виникнення аварій та прогнозування безвідмовної роботи енергосистеми [1].

Об'єктивно встановити реальні причини відмов ПЛ і визначити шляхи вдосконалення можливо тільки на основі статистичних даних щодо пошкоджуваності елементів ПЛ.

Метою роботи являється формування нечіткої моделі ПЛ для визначення загального спрацьованого ресурсу.

Матеріали і результати дослідження. При формуванні математичної моделі відмови ПЛ необхідно враховувати як можливу імовірність відмови за рахунок незадовільного технічного стану (ТС), що визначається загальним спрацьованим ресурсом, так і внаслідок різних кліматичних впливів на ПЛ.

Визначення спрацьованого і залишкового ресурсу ПЛ пов'язано з низкою проблем, головними серед яких є:

- одержувана інформація при обстеженні має деяку нечіткість;
- прийняття рішень щодо стану об'єкта в більшості спірних випадків приймається інтуїтивно;
- перерахування конструкцій за існуючими на сьогодні нормативними документами не відповідає дійсному стану.

Комплексна якісна оцінка технічного стану ПЛ 110-750 кВ визначається з урахуванням технічного стану окремих елементів: опор, фундаментів, проводів, тросів, ізоляторів і арматури. Розрахунок комплексної якісної оцінки технічного стану ПЛ проводиться на основі коефіцієнтів дефектності елементів.

Комплексна та якісна оцінка ТС однієї ПЛ 110-750 кВ встановлюється на підставі коефіцієнту дефектності даної лінії:

$$K_{Д}^{ПЛ} = a_1 K_{Д}^O + a_2 K_{Д}^Ф + a_3 K_{Д}^П + a_4 K_{Д}^T + a_5 K_{Д}^i + a_6 K_{Д}^A$$

де a_i ($i=1,6$) – вагові коефіцієнти, що відображають відповідно вплив технічного стану опор, фундаментів, проводів, тросів, ізоляторів і арматури на

вартість ремонтних робіт по заміні всіх дефектних елементів ПЛ справними аналогічними елементами;

K_D^O – коефіцієнт дефектності опор ПЛ;

K_D^Φ – коефіцієнт дефектності фундаментів ПЛ;

K_D^Π – коефіцієнт дефектності проводів ПЛ;

K_D^T – коефіцієнт дефектності тросів ПЛ;

K_D^i – коефіцієнт дефектності ізоляторів ПЛ;

K_D^A – коефіцієнт дефектності арматури ПЛ.

Об'єктивно існуюча необхідність використання як кількісної, так і якісної вхідної інформації щодо ТС елементів ПЛ та неможливість встановити однозначний зв'язок між величиною загального спрацьованого ресурсу і параметрами ТС ПЛ потребує застосування теорії нечітких множин і нечіткої логіки для оцінки ТС ПЛ і визначення загального спрацьованого ресурсу.

Керуючись загальними принципами побудови нечітких моделей електрообладнання сформуємо основні компоненти нечіткої моделі ПЛ для оцінки її ТС.

В якості вхідних лінгвістичних змінних нечіткої моделі ПЛ у відповідності із загальним підходом використаємо наступні:

A_1 – коефіцієнт дефектності проводу K_D^Π з термами: L_1 – «Малий», M_1 – «Середній», B_1 – «Великий».

Функція належності нечіткого терму вхідних лінгвістичних змінних наведено на рис. 1.

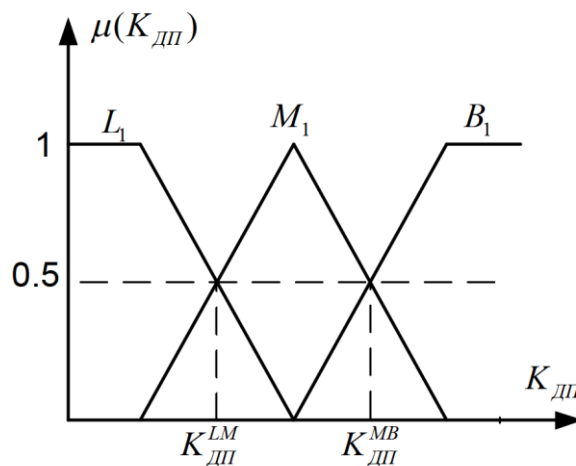


Рисунок 1 – Функція належності коефіцієнта дефектності проводу

В якості вихідної змінної приймаємо «Загальний спрацьований ресурс ПЛ» $S_{ПЛ}$, який визначає рівень працездатності на інтервалі $[0;1]$ і є лінгвістичною змінною. Так як ця характеристика визначається на основі

ресурсів окремих вузлів, то для оцінки діапазонів нечітких термів доцільно використовувати індикатори Харрінгтона:

L – «Малий спрацьований загальний ресурс»;

LM – «Спрацьований загальний ресурс нижче середнього»;

M – «Середній спрацьований загальний ресурс»;

BM – «Спрацьований загальний ресурс вище середнього»;

B – «Великий спрацьований ресурс».

Функції належності нечітких термів вихідної лінгвістичної змінної «Загальний спрацьований ресурс ПЛ» представлені на рис 2.

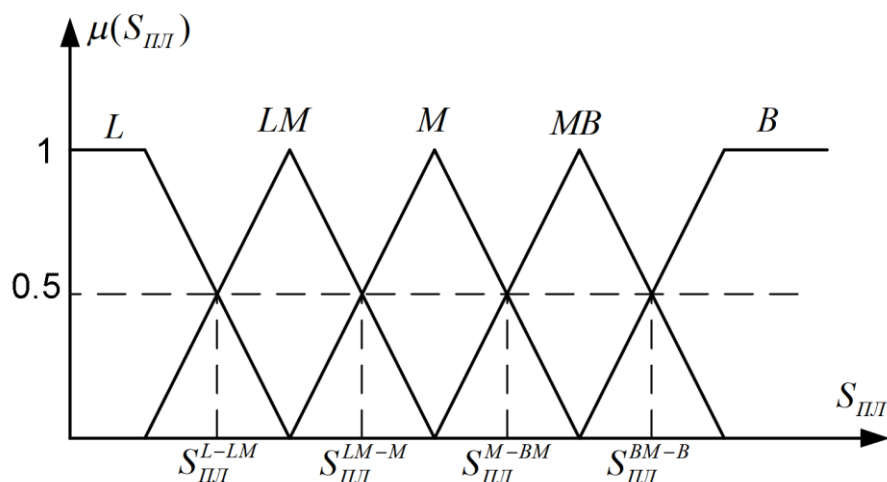


Рисунок 2 – Функція належності вихідної змінної «Загальний спрацьований ресурс»

Для отримання кількісної оцінки загального спрацьованого ресурсу ПЛ на основі нечіткої моделі оцінки ТС використаємо алгоритм Мамдані, модель якого реалізована в пакеті програм MatLab.

Для даної моделі побудовано 39 правил наступного виду:

1. IF $K_{дп} = L_1$, AND $K_{до} = L_2$, AND $K_{дл} = L_3$, AND $K_{да} = L_4$ THEN $S_{ПЛ} = L$;
2. IF $K_{дп} = L_1$, AND $K_{до} = L_2$, AND $K_{дл} = L_3$, AND $K_{да} = M_4$ THEN $S_{ПЛ} = L$;
3. IF $K_{дп} = L_1$, AND $K_{до} = L_2$, AND $K_{дл} = B_3$, AND $K_{да} = L_4$ THEN $S_{ПЛ} = L$;

...

Правила нечіткого логічного висновку також записуються в програму і зображені на рисунку 3.

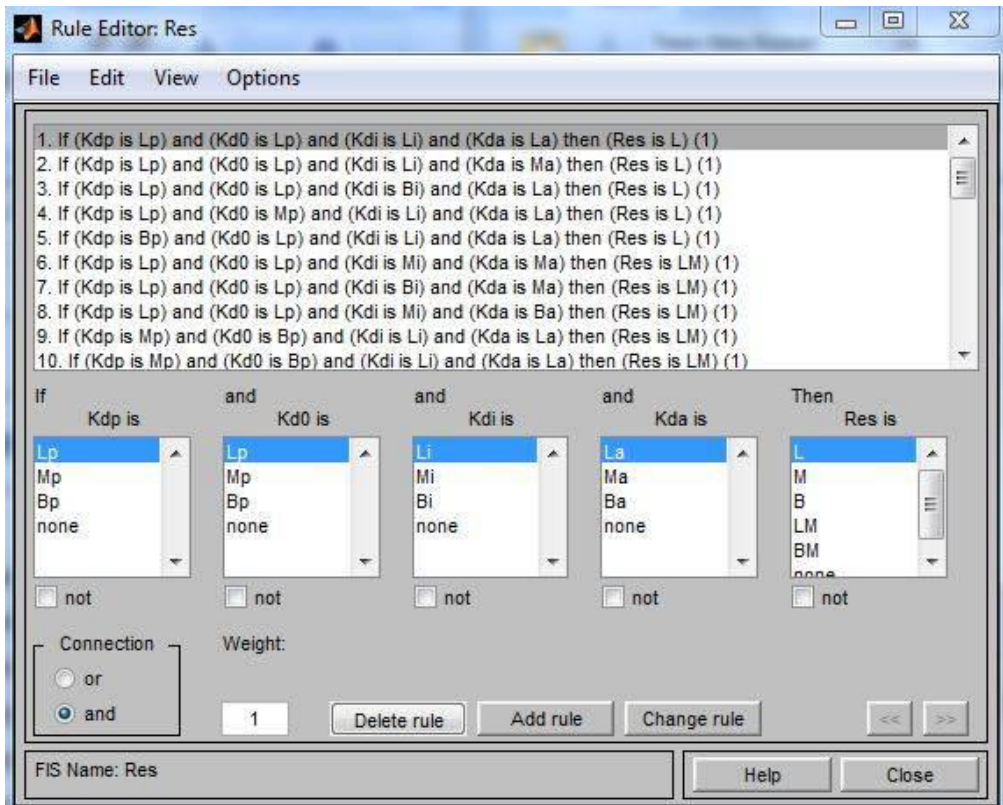


Рисунок 3 – Фрагмент правил нечіткого логічного висновку

Для визначення загального спрацьованого ресурсу по даній моделі в програмі задано вектор вхідних даних, а саме коефіцієнти дефектності проводу, опори, ізоляторів і арматури. Вигляд вікна моделі зображений на рисунку 4.

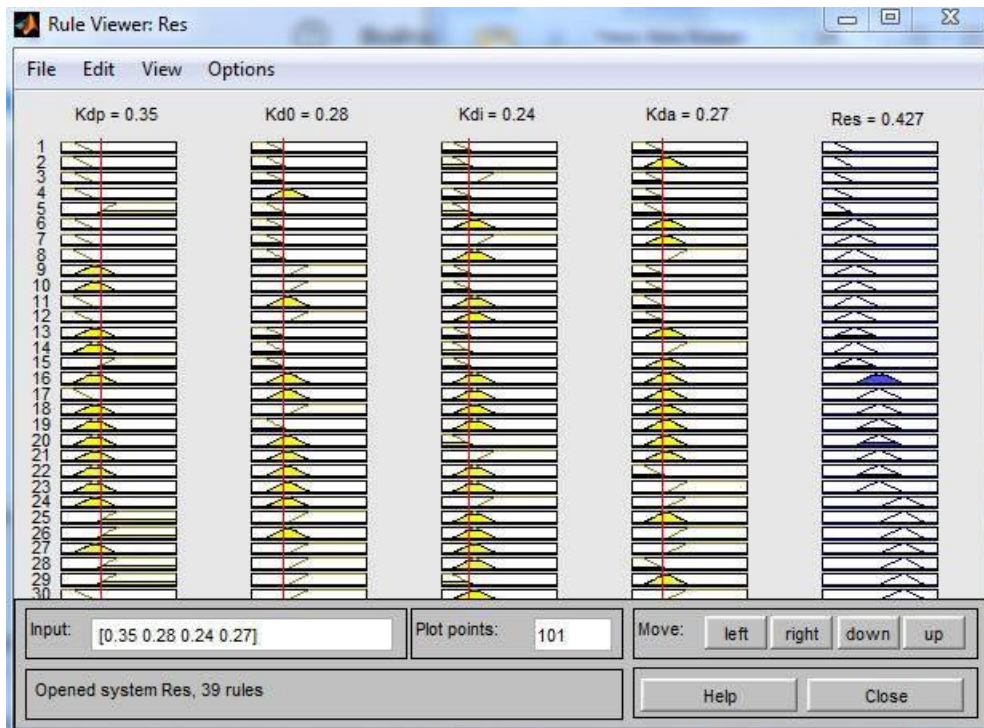


Рисунок 4 – Отримання результатів моделювання

Результати розрахунку загального спрацьованого ресурсу при різних коефіцієнтах дефектності зведено в таблицю 1.

Таблиця 1

| № | Значення коефіцієнтів | | | | Загальний спрацьований ресурс |
|---|-----------------------|----------|----------|----------|-------------------------------|
| | $K_{ДП}$ | $K_{ДО}$ | $K_{ДИ}$ | $K_{ДА}$ | |
| 1 | 0,67 | 0,02 | 0,05 | 0,20 | 0,221 |
| 2 | 0,67 | 0,31 | 0,30 | 0,15 | 0,500 |
| 3 | 0,44 | 0,12 | 0,20 | 0,25 | 0,371 |
| 4 | 0,44 | 0,09 | 0,13 | 0,10 | 0,341 |
| 5 | 0,35 | 0,28 | 0,24 | 0,27 | 0,427 |
| 6 | 0,35 | 0,50 | 0,14 | 0,01 | 0,425 |
| 7 | 0,22 | 0,18 | 0,20 | 0,25 | 0,350 |

Висновки:

1. Запропонована нечітка модель визначення загального спрацьованого ресурсу ПЛ на основі даних моніторингу технічного стану окремих елементів.

2. Проведена адаптація нечіткої моделі до реальних умов експлуатації.

3. Тестування розробленої моделі і порівняння з іншими математичними моделями показала високу достовірність оцінки технічного стану ПЛ.

Перелік посилань

1. Методические указания по оценке технического состояния воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ и их элементов / СПО ОРГРЭС. М., 1996.

2. Бардик Є.І. Ю.Е., Моделювання електроенергетичної системи для оцінки ризику виникнення аварій при відмовах електрообладнання – Д.: ДонНТУ, - 2013.

3. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Електронний ресурс] / Штовба С.Д. - Режим доступу: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>