

ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ АПК

УДК 621.311

НЕЧІТКА ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ФЕРОРЕЗОНАНСНОГО ПРОЦЕСУ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Бесараб О. Б.¹, Тугай Ю. І.^{1,2}

¹Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",

²Інститут електродинаміки НАН України

Розроблено нечітку експертну систему для оцінки ферорезонансного процесу у розподільчих пристроях із електромагнітними трансформаторами напруги.

Забезпечення безперебійного та якісного електропостачання є основною задачею електроенергетики. Очевидно, що виконання даної задачі неможливе без надійної роботи основної мережі об'єднаної електроенергетичної системи України. Причиною низки аварій в електричних мережах є пошкодження трансформаторів напруги (ТН) ферорезонансними процесами [2].

В результаті ферорезонансного пошкодження ТН на шинах підстанції виникає перекриття головної ізоляції. У зв'язку зі значним зношенням парку комутаційного обладнання велика ймовірність відмови вимикачів із наступним повним погашенням усієї підстанції. Тому украй актуальними є задачі виявлення та попередження ферорезонансних процесів.

В наш час з метою виявлення ферорезонансних процесів найчастіше використовують методи чисельного інтегрування [3] або статичні області існування ферорезонансних процесів [1], отримані в результаті чисельного інтегрування.

Недоліком використання статичних областей є врахування лише двох параметрів ферорезонансної схеми, а саме ємностей системи шин та дільників напруги вимикачів. Це призводить до хибних результатів особливо у випадку, коли параметри схеми знаходяться у зонах близьких до границі ферорезонансної області. Використання методів чисельного інтегрування потребує значних витрат машинного часу та через об'єктивно існуючу неповноту та неточність інформації про ферорезонансну схему призводить до неточних результатів. Тому для вирішення цих задач

доцільно використовувати апарат нечітких множин та нечіткої логіки [4].

Метою нашої роботи було розроблення нечіткої експертної системи для оцінки ферорезонансного процесу у розподільчих пристроях з індуктивними ТН.

Нечіткі системи спираються на лінгвістичний опис відношень між змінними параметрів досліджуваних процесів, а нечіткі значення представляють собою слова повсякденного спілкування, тобто можуть описувати людський досвід та знання. У нечітких експертних системах знання представляють у вигляді нечітких правил та лінгвістичних змінних.

На першому етапі розробки нечіткої експертної системи задаються вхідні та вихідні лінгвістичні змінні. У якості вхідних лінгвістичних змінних прийнято:

- 1) Напругу на досліджуваних шинах розподільчого пристрою у момент розмикання контактів останнього вимикача;
- 2) Еквівалентну ємність дільників напруги вимикачів;
- 3) Еквівалентну ємність шин;
- 4) Навантаження ТН;
- 5) Опір навантаження додаткових обмоток ТН.

У якості вихідної лінгвістичної змінної прийнято діюче значення сили струму у первинній обмотці ТН.

Процес нечіткого моделювання було виконано із використанням відповідної бібліотеки нечіткої логіки (Fuzzy Logic Toolbox) програмного комплексу Matlab [5] (рис. 1).

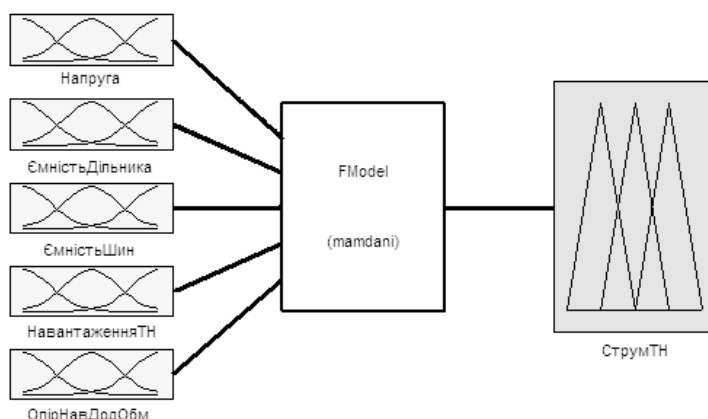


Рисунок 1 – Структура нечіткої моделі у програмному комплексі Matlab

Для формування бази правил нечіткої експертної системи необхідно попередньо визначити терм-множини значень нечітких вхідних та вихідних змінних. Для лінгвістичних змінних "Навантаження ТН" та "Опір навантаження додаткових обмоток ТН" будемо використовувати наступні терм-множини: "Н" – низький, "С" – середній, "В" – високий. Для решти

лінгвістичних змінних, у тому числі і вихідної, будемо використовувати терм-множини: "ДН" – дуже низький, "Н" – низький, "С" – середній, "В" – високий, "ДВ" – дуже високий.

На рис. 2 представлено інтерфейс редактору функцій приналежності вхідних і вихідних параметрів системи нечіткої логіки.

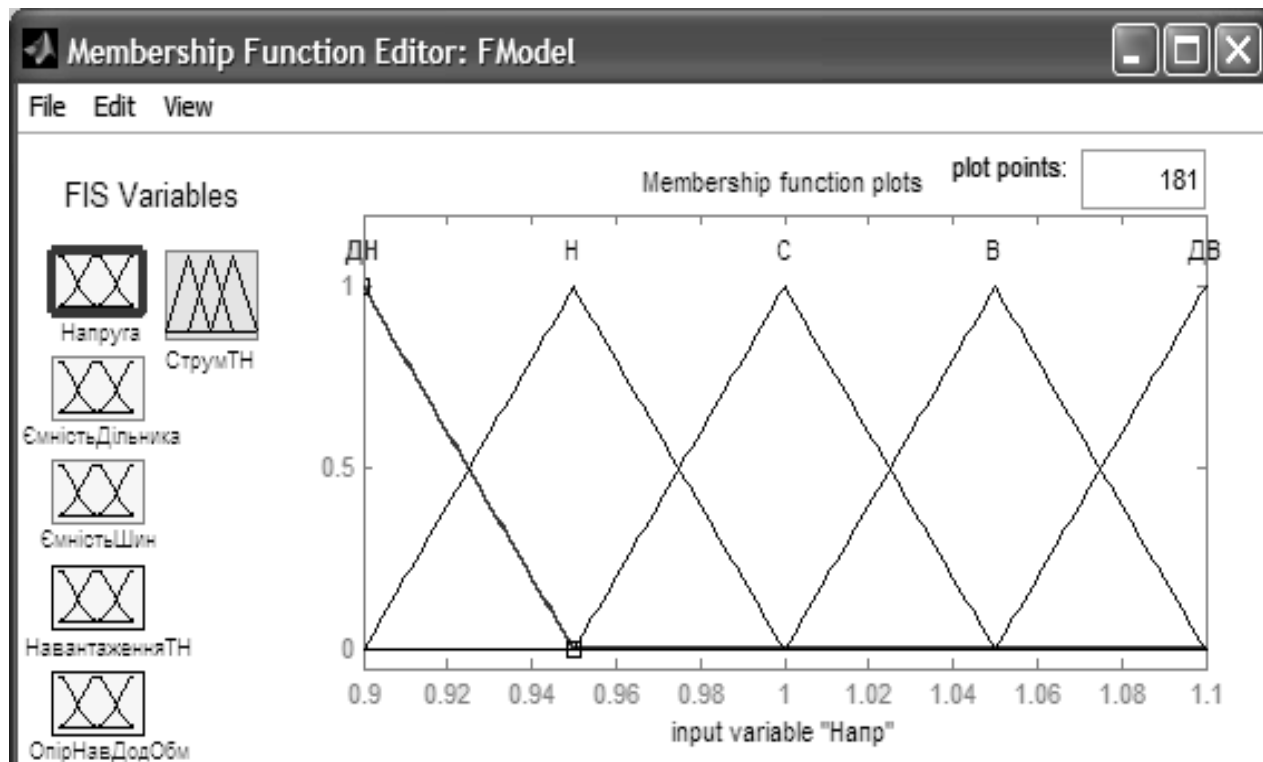


Рисунок 2 – Інтерфейс редактора функцій приналежності

Наступним етапом розробки нашої нечіткої експертної системи було формування початкової бази нечітких правил. У нашій роботі було застосовано підхід до формування початкової бази правил заснований на тому, що кожному прикладу із навчальної вибірки ставиться у відповідність окреме правило. Для кожного набору вхідних та вихідних змінних було визначено ступінь приналежності заданих значень змінних до відповідних нечітких множин. Після цього кожному навчальному прикладу було поставлено у відповідність ті нечіткі множини, ступені приналежності до яких у відповідних значень змінних із даного прикладу є максимальними. Сформована таким чином множина правил є початковою.

Сформована початкова база правил виявилася надлишковою – з однаковими передумовами, та різними висновками, тому була виконана її оптимізація та скорочення шляхом адаптації до наявних експериментальних даних. У першу чергу скорочення проводилося за групами правил що суперечили одне одному. Із груп подібних правил було залишене тільки одне, те, що мало найбільший рейтинг. Таким чином було вирішено проблему суперечливих правил, а також суттєво зменшено загальну їх кількість. Таким чином була сформована підсумкова база правил. Підсумкова кількість правил нечіткої моделі оцінки фе-

рорезонансного процесу перевищує 100 (через обмежений об'єм публікації не наводиться).

Ядром розробленої нечіткої експертної системи є система нечіткого висновку. Нечіткий логічний висновок (fuzzy logic interface) представляє собою апроксимацію залежності вихідної лінгвістичної змінної від вхідних та отримання нечіткої множини, що відповідає поточним значенням входів, з використанням нечіткої бази знань та нечітких операцій. Нечіткий логічний висновок здійснюється у п'ять етапів (рис. 3):

- 1) Фазифікація фактичних даних: інтерпретація точного значення вхідної змінної як нечіткої точки;
- 2) Композиція вхідної змінної і умовної частини правила: обчислення рівня придатності правила до ситуації. Якщо факт заданий нечіткою міткою, то композиція зводиться до виявлення відповідного ступеню приналежності;
- 3) Обчислення нечіткої імплікації. Результатом виконання пунктів 2 і 3 для всіх правил є n нечітких значень для вихідної змінної.
- 4) Агрегація середнього значення: побудова нечіткого значення виходу за результатами попередніх етапів.
- 5) Дефазифікація: вибір елемента за агрегованим нечітким поняттям.

Перевірка розробленої нечіткої експертної системи була виконана для показової вибірки. Порівняння результатів отриманих на основі чисельних розрахун-

ків та за допомогою розробленої системи у програмному комплексі Matlab, показує хорошу узгодженість та підтверджує її адекватність.

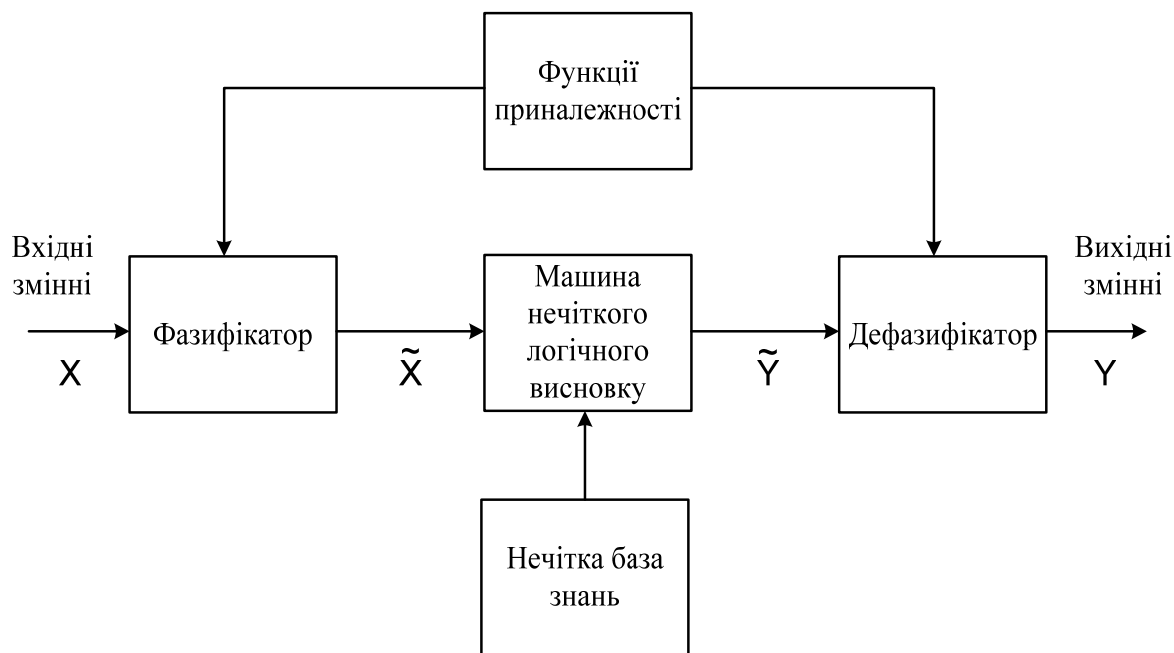


Рисунок 3 – Спрощена схема нечіткого висновку

Висновки. Для забезпечення надійної роботи електромагнітних трансформаторів напруги у електричних мережах повинна бути оцінена можливість виникнення ферорезонансних процесів та за необхідності вжити заходи по попередженню останніх.

Значний рівень неповноти та невизначеності вхідних даних про ферорезонансні схеми потребує використання теорії нечітких множин в моделях оцінки можливості виникнення ферорезонансних процесів.

Список використаних джерел

1. Антипов К. М. Руководящие указания по предотвращению феррорезонанса в распределительных устройствах 110-500 кВ с электромагнитными трансформаторами напряжения и выключателями, содержащими емкостные делители напряжения / К. М. Антипов, Ч. М. Джуварлы, Е. В. Дмитриев. – К.: Министерство энергетики и электрификации Украины, 1993. – 40 с.
2. Ганус О. І. Технологічні порушення як непрямий критерій надійності обладнання електричних мереж АК "Харківобленерго" / О. І. Ганус, К. О. Старков // Новини енергетики. – К., 2004. – № 9. – С. 18-21.
3. Журахівський А. В. Моделювання ферорезонансних процесів у мережах з ефективно заземленою нейтраллю / А. В. Журахівський, Ю. А. Кенс, П. В. Батенько // Теоретична електротехніка. – 2000. – Вип. 55. – С. 105–110.
4. Костерев Н. В. Нечеткое моделирование электрооборудования для оценки технического состояния и принятия решений о стратегии дальнейшей эксплуатации / Н. В. Костерев, Е. И. Бардик // Технічна

електродинаміка. Темат. вип. "Проблеми сучасної електротехніки". – 2006. – Ч.3. – С. 39-43.

5. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.

Аннотация

НЕЧЕТКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Бесараб А. Б., Тугай Ю. И.

Разработано нечеткую экспертную систему для оценки феррорезонансного процесса в распределительных устройствах с электромагнитными трансформаторами напряжения.

Abstract

THE FUZZY EXPERT SYSTEM FOR EVALUATION OF FERRORESONANT PROCESSES IN THE NETWORKS

A. Besarab, Yu. Tugay

Fuzzy expert system for evaluation of the ferroresonant process in switchgear with magnetic transformers has been developed.