

## ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ В ЗАДАЧАХ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Із зростаючою роллю періодичної генерації з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), виникає нова науково-технічна проблема забезпечення їх ефективної інтеграції до системи електропостачання, вирішення якої потребує застосування системного підходу, що дозволить уникнути неефективного і нерационального використання можливостей ВДЕ та зниження надійності електричних мереж.

Відсутність точних статистичних оцінок факторів ризику або наявність факторів, оцінка яких існує тільки в якісній або в інтервальной формі, залучення для оцінки факторів експертів потребують використання для вирішення даного завдання математичного апарату теорії нечіткої логіки [1].

Для оцінки ризиків при інтеграції ВДЕ до системи електропостачання використано алгоритм Мамдані. Застосування даного алгоритму дозволяє якісно описати можливі причини (процеси або явища), що сприяють проблемі приєднання. У подальшому, за наявності даної інформації про фактори, відкривається можливість побудувати функціональну відповідність, що дозволить приймати узагальнене рішення щодо досліджуваного питання.

Для опису сукупності індикаторів ризику використано ряд факторів, які безпосередньо відображають проблему ефективної інтеграції ВДЕ до системи електропостачання: виникнення вищих гармонік ( $Ku$ ), відхилення напруги від  $Un$  ( $\Delta U$ ) та перетікання реактивної потужності ( $\cos \varphi$ ).

Відповідно до алгоритму була проведена робота по аналізу вибраних факторів і сформована шкала для оцінки лінгвістичних змінних. На наступному етапі за допомогою експертних даних, що були отримані у попередньому дослідженні [2], було сформовано ряд правил, який дозволить сформулювати профіль ризику при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання на основі вибраних показників. На рис. 1 показано дорожню карту всього процесу нечіткого висновку.

Важливо зазначити, що такий вигляд перегляду правил дозволяє інтерпретувати весь процес нечіткого висновку одночасно. Він також показує, як форма певних функцій належності впливає на загальний результат. Під «результатом» для нашого випадку можна розглядати ступінь інтеграції ВДЕ до системи електропостачання при тих чи інших значеннях фізичних параметрах мережі у разі приєднання зосередженого джерела. Тобто, використовуючи описаний метод нечіткої логіки, з'являється механізм для прийняття узагальненого рішення при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання.

Також було отримано вихідну поверхню за результатами моделювання, тобто весь можливий діапазон показника інтеграції на основі вхідних факторів ризику (рис. 2).

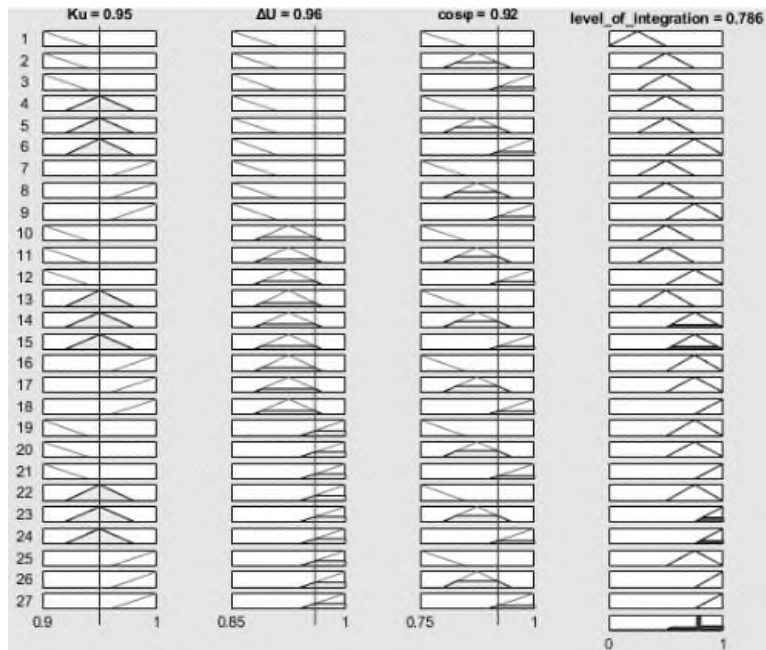


Рисунок 1— Результати нечіткої логіки при заданих параметрах мережі

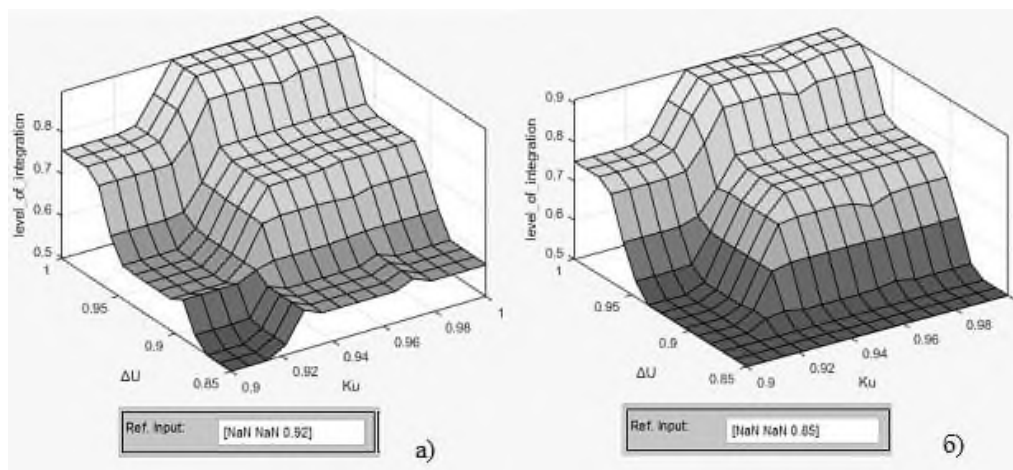


Рисунок 2 — Поверхня нечіткого висновку за вхідних параметрів  $\Delta U$ ,  $K_u$  при  $\cos \varphi=0.92$  (а) та  $\cos \varphi=0.85$  (б)

Отримана модель дає можливість наочно оцінити ймовірності ситуації, до яких може призвести приєднання до електричної мережі відповідної установки ВДЕ, та прийняти рішення щодо доцільності виконання такого приєднання.

### Висновки.

Сформовано модель нечіткого висновку ризику при інтеграції ВДЕ до електромережі за такими факторами, як виникнення вищих гармонік, відхилення напруги від  $U_n$  та перетікання реактивної потужності.

Даний підхід дозволяє змінювати, доповнювати модель іншими факторами, створювати нові правила з різними вагомими коефіцієнтами, що дозволить приймати узагальнене рішення при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання.

### Список використаних джерел

1. Заде Л.А., Алієв Р.А., Теорія та застосування нечіткої логіки, World Scientific, Сінгапур, 2018.
2. Степаненко В.А., Замулко А.І., Веремійчук Ю.А., Находов В.Ф. Оцінка ризиків при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2022. №. 2. С. 64–74.