МОЖЛИВОСТІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ РІШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ НА ПРИКЛАДІ ГАЗОТУРБІННОГО УСТАТКУВАННЯ

Бугаєва Л. М., Безносик Ю. О., Іванов М. В.

ВОЗМОЖНОСТИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ПРИМЕРЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Бугаева Л. Н., Безносик Ю. А., Иванов Н. В.

ABILITY OF FUZZY LOGIC TO SOLVE TECHNOLOGICAL PROBLEMS ON THE EXAMPLE OF GAS TURBINE INSTALLATIONS

Bugaieva L., Beznosyk Yu., Ivanov M.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
м. Київ, Україна
bugaeva_l@ukr.net

В статті розглядається приклад застосування Fuzzy Logic Matlab для рішення задачі оцінювання ефективності роботи газотурбінного устаткування за різних значень параметрів повітря, що надходить до газотурбінного двигуна.

Ключові слова: *нечітка логіка, алгоритм Мамдані, газотурбінний двигун, очищення повітря*

В статье рассматривается пример применения Fuzzy Logic Matlab для решения задачи оценки эффективности работы газотурбинного оборудования при различных значениях параметров воздуха, поступающего в газотурбинного двигателя.

Ключевые слова: *нечеткая логика, алгоритм Мамдани, газотурбинный двигатель, очистка воздуха*

The article presents an example of the use of Fuzzy Logic Matlab for solving the problem of evaluating the efficiency of gas turbine equipment under various values of the parameters of air entering the gas turbine engine.

Keywords: *Fuzzy logic, Mamdani algorithm, gas turbine engine, air purification*

Традиційно газотурбінне устаткування (ГТУ) широко використовується у промисловості та на транспорті. Останнім часом можна бачити використання ГТУ і в енергетиці. Загальна ефективність та довговічність ГТУ залежить від якості повітря, яке надходить до ГТУ, де воно використовується для горіння газу. Повітря, що потрапляє з атмосфери, проходить через елементи ГТУ. Недостатнє очищення повітря сприяє зносу проточної частини двигуна, погіршує процес згорання палива, а в сучасних двигунах з високим коефіцієнтом корисної дії ще викликає засмічення каналів системи охолодження лопаток турбіни [1]. Зрозуміло, що атмосферне повітря завжди містить пил, як природного походження, так і викликається техногенними чинниками. Для уловлювання частинок пилу і очищення повітря очищення повітря від зважених частинок використовуються різноманітні газоочисні апарати та фільтри

[2, 3]. Таким чином, проблема очищення повітря, яке надходить до ГТУ, завжди актуальна.

За наявності даних спостережень за роботою фільтрів (а їх, зазвичай, достатньо) проблему рішення забезпечення ефективної роботи ГТУ можна традиційно вирішувати методами та засобами моделювання [4]. При чому можна моделювати процес, як традиційними методами обробки інформації, так і з застосуванням інтелектуальних методів аналізу даних, що все більше застосовуються у різних галузях. Результати, отримані в такої обробки, можна використати для прийняття управлінських рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи ГТУ, що завжди буде актуальною задачею.

Останнім часом все більшого застосування знаходять патронні фільтри, основною особливістю яких є використання фільтруючих елементів із складчастою поверхнею [3]. Це забезпечує більшу поверхню фільтрації, при відносно низькій швидкості фільтрації, що, в свою чергу, дозволяє досягти високої ефективності очищення, забезпечує можливість збирати фільтри із універсальних блоків будь-якої продуктивності.

Забруднення повітря характеризуються такими важливими параметрами, як розподіл частинок по розмірах та їх концентрація.

У перших промислових газових турбінах швидкість повітря була відносно малою. При цьому великі частки не мали достатнього імпульсу, щоб пошкодити лопатки і викликати дефекти деталей турбіни. З розвитком газових турбін швидкості лопаток компресора зростали (як і температури горіння), що спричинило появу ерозії лопаток. Якщо для машин старого покоління досить найгрубішою фільтрації, то нові установки вимагають фільтрувальних систем із ще більш високим рівнем фільтрації. Основною характеристикою пиловловлюючих пристроїв є ефективність (степінь) очищення повітря від пилу, що можна розглядати як коефіцієнт корисної дії апарату. Цю міру можна виразити наступним чином:

$$\eta = \frac{C_{вх} - C_{вих}}{C_{вх}} \cdot 100\% .$$

Тобто ця міра (η) обчислюється, як різниця концентрації пилу в повітрі до очищення $C_{вх}$, і після очищення $C_{вих}$ (відповідно мг/м^3) та може бути виражена у відсотках (або в долях одиниці). На цю міру й орієнтуються при виборі пиловловлюючого пристрою відповідно до допустимого осадового вмісту в повітрі, що надходить на очищення.

Як відомо, на якість очищення повітря фільтром впливає велика кількість чинників, серед яких температура повітря, що поступає на очищення, його швидкість і діаметр частинок пилу. Оскільки ці параметри, крім чисельного виміру можуть бути охарактеризовані в термінах високий, середній, низький та ін., було б доцільно застосувати апарат нечіткої логіки. Для цього було обрано пакет *Fuzzy Logic* середовища *Matlab*, де й був проведений аналіз ефективності фільтру з урахуванням нечіткості значень параметрів атмосферного повітря.

Інтерфейс пакету *Fuzzy Logic* дозволяє створити систему нечіткого виведення із використанням алгоритмів Мамдані та Сугено [5]. Алгоритм Сугено реалізує побудову адаптивних нечітких нейронних мереж на основі даних. На відміну від алгоритму Мамдані цей алгоритм автоматизує деякі етапи побудови системи, але потребує на значну кількість достовірних даних, як будь-яка нейронна мережа.

Графічні засоби пакету *Fuzzy Logic* дозволяють відслідковувати та аналізувати поведінку системи нечіткого виведення за обома алгоритмами.

Для рішення поставленої задачі було обрано алгоритм Мамдані, який дозволяє розробити класичну систему нечіткого виведення за три основні кроки:

Крок 1. Фазифікація або завдання досліджуваних кількісних характеристик у формі нечітких лінгвістичних змінних.

Крок 2. Завдання правил виведення на основі знань та досвіду експертів.

Крок 3. Дефазифікація - повернення від нечітких параметрів до чисельного результату (рис.1).

Як нечіткі вхідні змінні було обрано такі параметри:

- температура повітря, що поступає на очищення;
- швидкість повітря;
- діаметр частинок пилу.

Ефективність фільтру була обрана в якості вихідної змінної.

На етапі фазифікації вхідні та вихідна змінні були переведені у відповідні лінгвістичні змінні із заданими інтервальними значеннями, що відповідають категоріям низький, середній та високий. Також змінні могли приймати проміжні значення: вище або нижче середнього та ін. Оскільки усі розглянуті змінні процесу мають безперервний характер, було обрано функції приналежності, які мали гаусовий закон розподілення. При побудові системи нечіткого виводу на основі знань експертів та експериментальних даних було сформовано 10 правил, що встановлюють взаємозв'язок між вхідними змінними та вихідною змінною – ефективністю.

Ефективність фільтру (%) за різних значень вхідних параметрів повітря можна оцінювати використовуючи режим перегляду у вікні, яке зображено на рис. 1.

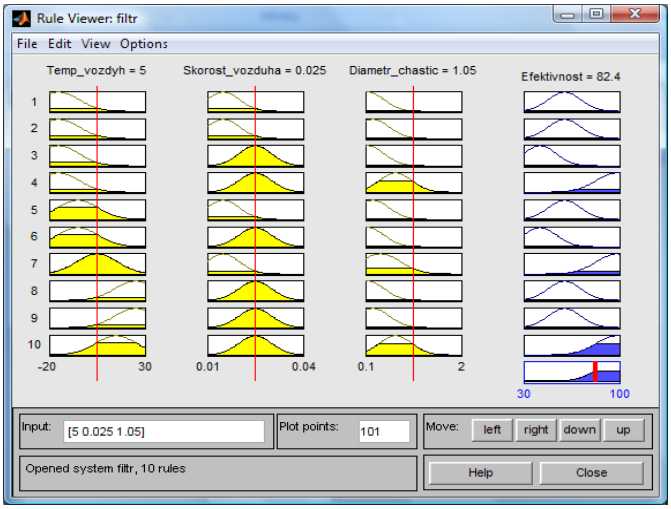

Рис. 1. Діаграма нечіткого логічного виведення

Використовуючи цей режим, можна досить швидко оцінити ефективність процесу при зміні значень параметрів повітря, що надходить.

Побудована система надає можливість швидко здійснювати процедуру оцінювання ефективності процесу фільтрації на основі інструментарію нечіткої логіки і кількісно оцінити якість процесу очищення повітря. За необхідності вона може бути доповнена або змінена експертом введенням інших правил або корегуванням функцій приналежності для всіх змінних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лисицына О. В., Подлегаев С. Н., Пчелкин В. В., Сивков Д. И.: Современные воздухоочистительные устройства для ГТУ. *Газотурбинные технологи*. 2006. №1. С. 12-14.
2. Рыжинский И. Н., Цодоков В. Г., Михайлов В. Г. Высокоэффективные устройства подготовки циклового воздуха для ГТУ. *Газотурбинные технологи*.2004.№ 5.С.28-30.
3. Кирш В. А. Моделирование аэрозольных волокнистых фильтров при накоплении частиц: автореф. канд. дисерт. М., 2001. 20 с.
4. Бугаєва Л. М., Бойко Т. В., Безносик Ю. О. Системний аналіз хіміко-технологічних комплексів: підручник. Київ : Інтерсервіс, 2017. 254 с.
5. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М. : Горячая линия-Телеком, 2007. 288 с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ НА БАЗІ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Бугаєва Л. М.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Бугаева Л. Н.

AUTOMATISATION OF THE CHOOSING PROCESS OF EQUIPMENT BASED ON THE HIERARCHIES ANALYSIS METHOD

Bugaieva L.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
bugaeva_l@ukr.net

В статті представлено застосування методу аналізу ієрархій на прикладі вибору обладнання для систем мембранного водоочищення. Розглянуто алгоритм реалізації МАІ, на основі якого розроблено програму для автоматизації процесу вибору найкращого рішення.

Ключові слова: *автоматизація вибору рішень, метод аналізу ієрархій, мембранне водоочищення*

В статье представлено применение метода анализа иерархий на примере выбора оборудования для систем мембранной водоочистки. Рассмотрен алгоритм реализации МАИ, на основе которого разработана программа для автоматизации процесса выбора наилучшего решения.

Ключевые слова: *автоматизация выбора решений, метод анализа иерархий, мембранная водоочистка*

The article presents the application of the hierarchy analysis method on the example of choosing equipment for membrane water treatment systems. The algorithm for the implementation of the MAI, on the basis of which a program is developed to automatisation the process of choosing the best solution, is considered.

Keywords: *automatisation of decision making, hierarchy analysis method, membrane water treatment*