

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ СТРУКТУРНОГО ТА ПАРАМЕТРИЧНОГО СИНТЕЗУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО СТАНУ ГТД

Аерокосмічний інститут
Національного авіаційного університету

Наведено алгоритм структурного та параметричного синтезу інтелектуальної системи автоматичного діагностування вібраційного стану газотурбінного двигуна

Вступ

Газотурбінні двигуни (ГТД) широко використовуються в різних областях транспортної і енергетичної галузях. В авіації вони широко використовуються в якості основних і допоміжних рушійних установок; є практично основним силовим приводом у газоперекачувальних агрегатах, використовуються в енергогенеруючих агрегатах; як силові установки на морських судах. Ефективність застосування ГТД у будь-якій галузі залежить від їх технічного стану.

На даний час одним з перспективних напрямків розвитку систем технічного обслуговування ГТД є перехід до їх експлуатації «за технічним станом». При вирішенні цієї проблеми чільне місце займає питання підвищення ефективності процесу діагностування поточного стану силових установок та прогнозування тенденцій зміни у часі вібраційних параметрів, що характеризують цей стан, тобто прогнозування їх майбутнього стану. Серед чисельних методів технічної діагностики ГТД окреме місце належить методам вібраційної діагностики, що орієнтовані на використання діагностичної інформації про коливальні процеси машин і конструкцій. Актуальність і економічна доцільність використання засобів вібраційної діагностики підтверджує багаторічний вітчизняний і закордонний досвід. Аналіз публікацій за цією темою показав, що у західних країнах розробкою та виробництвом багатоканальних автоматизованих комп'ютерних системам вібраційного діагностування, які забезпечують контроль

технічного стану і прогнозування залишкового ресурсу газотурбінних приводів займаються близько 70 відомих фірм, з них близько 40 – у Західній Європі, 17 – у США, 5 – у Японії. В Україні над проблемою підвищення експлуатаційної надійності ГТД, працює близько 30 академічних, галузевих, науково-дослідних і проектно-конструкторських установ, вищих навчальних закладів, науково-виробничих і інших підприємств та організацій.

Одним з перспективних напрямків розвитку засобів технічного діагностування є використання у їх складі компонентів штучного інтелекту: продукційних правил, нечіткої логіки, штучних нейронних мереж, гібридних нейро-фаззі архітектур, генетичних алгоритмів. Отже, підвищення економічної ефективності і підтримка високого рівня надійності газотурбінної техніки на етапі експлуатації в умовах неповноти діагностичної інформації за рахунок розвитку теоретичних основ, методів і засобів інтелектуального діагностування є актуальною науково-прикладною проблемою.

Мета

Науковому дослідженню підлягає проблема розробки методу структурного та параметричного синтезу гібридної інтелектуальної автоматичної системи діагностування вібраційного стану ГТД.

Виклад основного матеріалу дослідження

Під технічним станом ГТД надалі будемо розуміти сукупність, яка піддаєть-

ся зміні в процесах проектування, виробництва, доведення, модернізації, а також експлуатації, обслуговування й ремонту властивостей ГТД, яка характеризується в певний момент часу показниками, прогнозованими на початковій стадії проектування й установленими нормативно-технічною документацією на ГТД, що формує номенклатуру й допустимі межі кількісних і якісних характеристик властивостей ГТД, що визначають справність, працездатність і правильне функціонування.

При побудові інтелектуальних систем діагностики вібраційного стану ГТД перспективним є використання штучних нейронних мереж (НМ), які мають такі властивості, як навченість, універсальність і здатність апроксимувати будь-які обчислювальні функції. Це дозволяє використовувати їх для класифікації, оцінки значень параметрів і побудови математичних моделей складних процесів і об'єктів навіть у тих випадках, коли іншими способами це зробити важко.

Усі моделі штучних НМ являють собою безліч нейронів (або нейроподібних елементів), зв'язаних певним способом між собою. Основними відмінностями моделей НМ є способи зв'язку нейронів між собою, механізми й напрямки поширення сигналів по мережі, а також обмеження на використовувані функції активації.

Одне з найважливіших властивостей НМ – здатність до самоорганізації й самоадаптації з метою поліпшення якості класифікації вібраційного стану ГТД. Це досягається навчанням НМ, алгоритм якого задається набором навчальних правил. Навчальні правила визначають, яким чином змінюються зв'язки у відповідь на вхідний вплив. Навчання засноване на збільшенні сили зв'язків (ваги синапса) між одночасно активними нейронами. Таким чином, часто використовувані зв'язки підсилюються, що пояснює феномен навчання шляхом повторення й звикання.

Основні етапи процесу синтезу інтелектуальної системи автоматичної

діагностичної вібраційного стану (ІСАД) ГТД в процесі експлуатації включають наступні етапи:

1. Формування діагностичних ознак (ДО) ГТД;

2. Структурний синтез ІСАД – задання параметрів структури НМ:

- тип функції активації нейронів;
- кількість схованих шарів;
- визначення кількості нейронів у шарах.

3. Параметричний синтез ІСАД навчання побудованої НМ на сформованих ДО за допомогою навчального алгоритму для класифікації вібраційних станів ГТД;

4. Перевірка якості розпізнавання ІСАД вібраційних станів ГТД.

Запропонована послідовність виконуваних дій може бути представлена у виді алгоритму структурного та параметричного синтезу ІСАД технічного стану ГТД, зображеного на рис. 1.

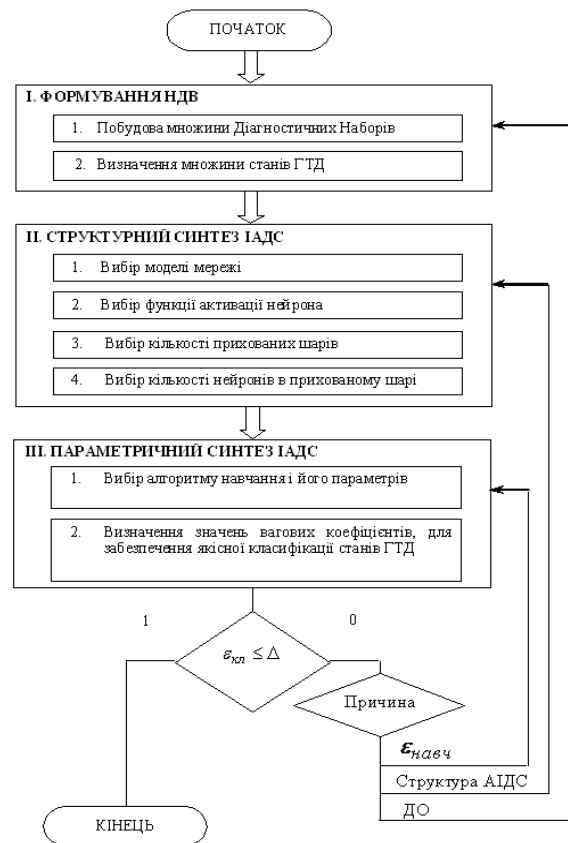


Рис. 1. Основні етапи синтезу ІАДС

Алгоритм навчання багатошарової НМ задається набором навчальних правил, які визначають, яким чином зміню-

ються міжнейронні зв'язки у відповідь на вхідний вплив [1 - 3]. На рис. 2 схематично показана процедура навчання багат шарової НМ.

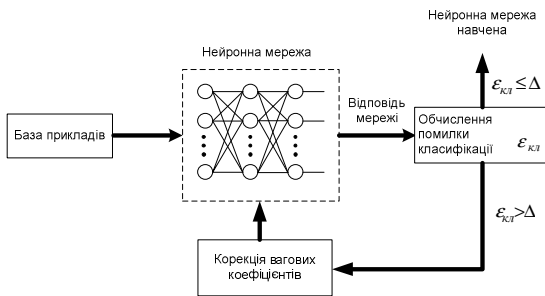


Рис. 2. Процедура навчання багат шарової НМ

Спочатку певним чином встановлюються значення вагових коефіцієнтів міжнейронних зв'язків. Потім з бази даних по черзі вибираються приклади (пари навчальної вибірки X_i, Y_i : вхідний вектор ДО X_i подається на вхід мережі, а бажаний клас вібраційного класу ГТД Y_i на вихід мережі). По формулі 1 обчислюється помилка мережі $\epsilon_{кл}$:

$$\epsilon_{кл} = \frac{1}{k} \sum_i \sum_j [F_j(X_i, W_i) - Y_i], \quad (1)$$

де k – число прикладів у навчальній вибірці; Y_i – еталонний вихідний вектор (клас вібраційного стану ГТД) i -го прикладу.

Якщо помилка класифікації вібраційного стану ГТД велика, тобто $\epsilon_{кл} > \Delta$, то здійснюється підстроювання вагових коефіцієнтів для її зменшення рис. 2. Для підстроювання вагових коефіцієнтів необхідно обчислити «градієнт помилки по всіх зв'язках НМ» і змінити всі ваги відразу на величину пропорційну відповідній похідній. Один з найбільш відомих методів, що дозволяє обчислити градієнт помилки, це метод зворотного поширення помилок[4, 5].

При побудові ІСАД класифікації вібраційного стану ГТД, необхідно розв'язати три головні завдання:

- відбір інформативних ознак у

нашому випадку віброційних сигналів (відбір здійснюється на основі попереднього досвіду експлуатації типового ГТД);

- розробка моделі ГТД, яка враховує поточний технічний стан ГТД;

- класифікація вібраційного стану ГТД.

Традиційна більшість систем розпізнавання для рішення конкретного завдання діагностики використовують один метод класифікації. Однак жоден метод класифікації не є універсальним і абсолютно надійним.

У розпізнаванні класів вібраційного стану ГТД об'єднання безлічі класифікаторів різної природи, розглядається як новий напрямок для розробки ефективних систем діагностики й контролю ГТД. Результати роботи декількох класифікаторів можуть бути об'єднані для поліпшення якості розпізнавання загального вібраційного стану ГТД.

Інтеграція декількох підходів класифікації технічного стану ГТД дозволяє:

- задача класифікації на основі ІСАД може бути розглянута з різних сторін, що забезпечує одержання багатобічного (більш об'єктивного діагнозу технічного стану ГТД) результату;

- об'єднання класифікаторів дозволяє розділяти багатомірний вхідний вектор на кілька векторів меншої розмірності. Класифікатори окремо можуть обробляти відповідні вектори малої розмірності паралельно. Результати роботи окремих класифікаторів потім можуть бути об'єднані для одержання кінцевого результату.

Метод інтегрованої класифікації ефективний для рішення завдань, які містять велику кількість шумових даних або мають велику розмірність. Інтеграція різних класифікаторів особливо корисна при рішенні завдань діагностики, які вимагають високої надійності розпізнавання й нечутливості до шуму.

Процес інтелектуальної діагностики ГТД включає наступні етапи:

1. Попередній відбір ДО на основі статистичного аналізу й когнітивних методів.

2. Побудова моделі типового ГТД.

3. Створення й навчання багатокласифікаторної моделі типового ГТД.

4. Модифікація параметрів окремих класифікаторів для поліпшення надійності класифікації технічного стану ГТД (кількість нейронів, кількість шарів).

5. Оптимізація нейромережних моделей (відбір ознак, тобто підсилити інформативні зв'язки (збільшити ваги) і вилучити надлишкові малоінформативні зв'язки).

6. Створення й навчання матриці діагностування технічного стану ГТД, у вигляді алгоритму діагностування «якщо (діагностичні ознаки), то (клас технічного стану ГТД), інакше».

Розроблена ІСАД вібраційного стану ГТД на основі нейронних мереж і нечіткої логіки представлена на рис. 3. Основним елементом даної системи, є матриця класифікації технічного стану ГТД, що реалізує алгоритм діагностування «якщо (діагностичні ознаки вібраційного стану ГТД), то (клас технічного стану ГТД), інакше».

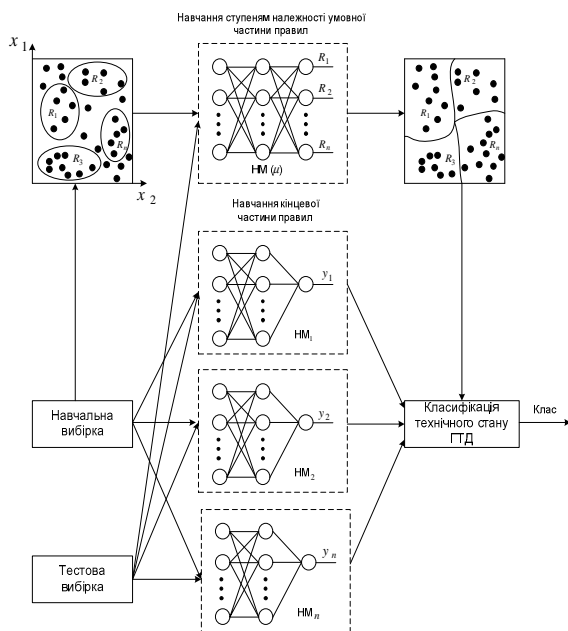


Рис. 3. Інтелектуальна система автоматичного діагностування технічного стану ГТД

Для визначення функцій приналежності умовної частини правил діагностування, використовується радіально-базисна мережа НМ (μ). Радіально-базисна мережа навчається на входних даних з навчальної вибірки.

Висновки

Дістала подальшого розвитку теорія діагностування механічної частини ГТД на базі інтелектуальних технологій, що дає змогу розробляти високоточні системи класифікації його вібраційного стану в процесі експлуатації, а також створювати універсальні ІСАД ГТД.

Список літератури

1. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. – М.: Мир, 1992. – 240 с.

2. Нейронні мережі в системах автоматизації / В. І. Архангельский, І. М. Богаєнко, Г.Г. Грабовський, М.О. Рюмшин / – К.: «Техніка», 1999. – 364 с.

3. Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2004. – 400 с.

4. Бодянский Е.В., Руденко О.Г. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения. – Харьков: ТЕЛЕТЕХ, 2004. – 369 с.

5. Дубровин В.И., Субботин С.А., Богуслаев А.В., Яценко В.К. Интеллектуальные средства диагностики и прогнозирования надежности авиадвигателей: Монография. – Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2003. – 279 с.