

ДІАГНОСТИКА ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ЗА ФАКТИЧНИМ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Аерокосмічний інститут
Національного авіаційного університету

Описані основні задачі технічної діагностики об'єктів газотранспортної системи. Наведено структуру запропонованої інтелектуальної автоматичної системи діагностування та керування на базі інтеграції нечіткої логіки та нейромереж

Вступ

Через Україну проходять найбільші у світі транзитні потоки природного газу, що наклало свій відбиток на розвиток її системи трубопроводного транспорту газу, яка є однією з найскладніших у світі. По вхідних газопроводах на кордоні до системи трубопроводного транспорту газу України щорічно надходить понад 200 млрд. м³ газу, із яких близько 70 млрд. м³ споживається в країні, а решта транспортується транзитом в Центральну й Західну Європу. Близько 85% експортних поставок російсько-середньоазійського газу здійснюється через територію України. Транспортування таких великих об'ємів газу дає можливість нашій країні отримувати щорічно понад 30 млрд. м³ газу, як оплату за транзит, що в 1,5 рази перевищує показники його власного видобутку та становить біля 40% від загальних обсягів його споживання [1].

Між тим, газотранспортна система (ГТС) України старіє, так понад 50% її газопроводів експлуатуються починаючи з 60-70-х років. На магістральних газопроводах країни нині функціонує 71 компресорна станція, до складу яких входить 108 компресорних цехів. В компресорних цехах встановлено понад 690 газоперекачувальних агрегатів, близько 50% з яких застаріли як фізично, так і морально [2].

Більше 15% агрегатів відпрацювали встановлений моторесурс і не спроможні забезпечити достатній рівень надійності роботи компресорних станцій. Разом із тим останні роки функціонування газового

комплексу країни характеризується незадовільним рівнем модернізації та реконструкції його об'єктів, розробки та впровадження нової техніки та сучасних технологій. Такий стан справ негативно впливає на ефективність роботи ГТС України, в тому числі експортно-імпортних ліній, від безперебійної роботи яких залежить економічна та енергетична безпека держави. У зв'язку з цим актуальним є вирішення проблеми оперативного діагностичного обстеження основного обладнання за фактичним станом, впровадження сучасних технологій автоматичного контролю та управління об'єктами газотранспортної системи з використанням інтелектуальних технологій.

Мета

Науковому дослідженню підлягає проблема розробки методу контролю технічного стану основних елементів ГТС за їх фактичним технічним станом з використанням інтелектуальних технологій.

Виклад основного матеріалу дослідження

Технічна діагностика – це галузь знань, яка досліджує технічні стани об'єктів діагностування і прояви технічних станів, розробляє методи їх визначення, а також принципи побудови і організацію дослідження діагностичних систем [3]. Під технічним станом розуміють сукупність властивостей основних елементів ГТС, які змінюються в процесах проектування,

виробництва, доведення, модернізації та експлуатації, яка в певний момент часу може бути охарактеризована показниками, що прогноуються на початковому етапі проектування і встановлені нормативно – технічною документацією, в якій сформульовано номенклатуру та допустимі межі кількісних і якісних характеристик властивостей, що визначають справність, працездатність і правильне функціонування агрегатів.

Технічна діагностика вирішує три основні задачі [4]: контроль технічного стану, пошук дефектів і прогнозування стану. Перша задача є обов'язковою при діагностуванні об'єктів будь-якого призначення. Контроль технічного стану передбачає перевірку відповідності значень діагностичних ознак вимогам технічної документації. При цьому можливі два види контролю: якісний (допусковий) і кількісний (запас працездатності). В тому випадку, коли об'єкт діагностування – втратив працездатність або запас працездатності значно понизився, вирішується друга задача – пошук дефекту. Доцільність її визначається можливістю відновлення об'єкту, тобто усунення дефекту, який виник. В свою чергу, усунути дефект можна лише в тому випадку, коли об'єкт є ремонтпридатний, тобто пристосований до пошуку усунення дефектів, що виникли в ньому, а обслуговуючий персонал має можливість доступу до вибору засобів і час для його відновлення. В цьому випадку пошук дефекту починається, як правило, за умови, що вже відомо про наявність дефекту, і невідомо лише, у якому місті та який саме дефект виник. При вирішенні третьої задачі вивчається характер зміни діагностичних параметрів і на основі сформованих тенденцій передбачається значення параметрів на майбутній період часу, тобто виконується прогноуючий контроль.

Найбільш розповсюдженим поєднанням задач, які вирішуються в процесі діагностування, є [4]:

- контроль працездатності (запасу працездатності) і пошук дефекту;
- контроль працездатності (запасу працездатності) і прогнозування стану;

- контроль працездатності (запасу працездатності), пошук дефекту і прогнозування стану.

Залежно від виду контролю, отже від можливих рішень, які приймаються залежно від результатів контролю, основну мету контролю, можна сформулювати таким чином:

а) контроль виконання основних функцій об'єкту або окремих його вузлів (контроль функціонування);

б) контроль визначальних параметрів об'єкту (контроль працездатності);

в) контроль, здійснюваний з метою визначення місця несправності (діагностичний контроль);

г) контроль здійснюваний з метою виявлення стану об'єкту або окремих його вузлів в майбутньому (прогноуючий контроль);

д) контроль, здійснюваний з метою виявлення та заміни елементів об'єкта контролю, параметри яких близькі гранично допустимим (критичним) значенням (профілактичний контроль).

Надійність експлуатації багато в чому визначається досконалістю стратегії та системи обслуговування, які в свою чергу залежать як від системи проведення планово – попереджувальних ремонтів і рівня кваліфікації обслуговуючого персоналу, так і від досконалості систем контролю працездатності обладнання, а також системи самоконтролю засобів контролю.

Остання визначається рівнем систем технічної діагностики, які використовуються для визначення технічного стану основних елементів ГТС.

Задача надійної експлуатації ГТС України зводилася до попередження відмов і підтриманні технічного стану основних агрегатів, таких як ГПА шляхом проведення комплексу заходів згідно розроблених графіків планово – попереджувальних ремонтів. Такий підхід має два основні недоліки [5]:

- ГПА може бути виведений в ремонт у справному стані при досягненні терміну чергового ремонту;

- дефекти вузлів ГПА розвиваються стрімко в міжремонтний період, що приводить до його виходу з ладу і в подальшому до ремонтно – відновлюваних робіт.

І перший і другий випадки є небажаними, так як пов'язані зі значними грошовими витратами в першому випадку від простою агрегату, а в іншому – від необхідності проведення позапланових ремонтних робіт.

На даний момент експлуатанти намагаються використовувати більш раціональну форму експлуатації ГПА – обслуговування за станом. Це стало можливим завдяки розробці і впровадженню автоматичних систем діагностування і керування (АСДК), зокрема, підсиленню діагностичної функції контролю з використанням різних вимірювальних засобів і розвитком комп'ютерних технологій.

В загальному випадку, для розробки АСДК технічного стану об'єкта необхідно виконати наступні процедури [6]:

- розробити технологію класифікації станів об'єкту діагностування;
- обґрунтувати обрані критерії оцінки технічного стану;
- вибрати метод математичного опису ГПА як об'єкта діагностування;
- обґрунтувати обрані методи діагностики та способи виявлення несправностей;
- розробити інтелектуальну систему діагностування на основі нечіткої логіки, нейронних мереж та генетичних алгоритмів.

Розробка інтелектуальної системи діагностики і керування

Застосування методів параметричної діагностики з використанням інтелектуальних технологій, дає можливість вчасно виявити несправності, які виникають в умовах роботи ГПА, що в кінцевому підсумку приводить до зменшення числа аварій, підвищення надійності і продуктивності ГТС. Концепція створення інтелектуальної АСДК будується на базі інтеграції декількох технологій штучного інтелекту. Оскільки нечіткі системи працюють зі слабо структурованою якісною інформацією, а нейронні ме-

режі використовують лише кількісну інформацію, поєднання цих двох методів дозволяє використовувати усю доступну інформацію про технічний стан ГПА. Розроблений на цій основі алгоритм керування поєднує певним чином здатність нейронних мереж до самонавчання та адаптації до невизначеностей і здатність нечітких систем обробляти якісну інформацію, яка формується у базі даних інтелектуальної АСДК.

Перехід основних елементів ГПА із одного стану в інший зумовлено цілим рядом причин, які визначаються як фізико-хімічними процесами, що відбуваються в ГПА, так і суб'єктивними факторами, наприклад, недосконалістю конструкції чи порушеннями норм і правил технічної експлуатації. При цьому відбувається відхилення діагностичних ознак від їх початкових значень, що характерні для справного агрегату. Для кожного стану агрегату, для кожної несправності характерним є певний набір значень діагностичних ознак, які утворюють деякий вектор r .

Якщо з кожною несправністю асоційований певний вектор r , то задачею діагностування є віднесення вектора діагностичних ознак до певного класу, кожний із яких визначає ту чи іншу несправність.

Варіант схеми виявлення несправностей у ГПА показаний на рис. 1.

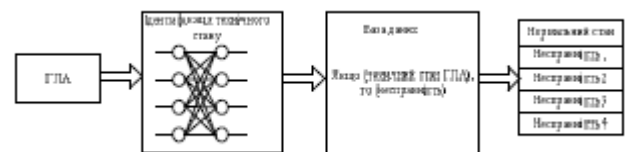


Рис. 1. Структурна схема інтелектуальної АСДК

Таким чином, задача виявлення несправностей відцентрового нагнітача є типовою задачею класифікації, коли за набором певних характеристик (діагностичних ознак) певний об'єкт (несправність) необхідно віднести до того чи іншого класу (несправність 1, несправність 2, ..., несправність 4). На основі досліджень і рекомендацій VDI Міжнародної організації був розроблений базовий нормативний матеріал ISO 2372,

що регламентує для чотири оцінки технічного стану ГПА [7], 1 – “добрий”, 2 – “придатний”, 3 – “задовільний”, 4 – “незадовільний”. Подібні задачі ефективно вирішуються за допомогою нейромереж.

В базі даних інтелектуальної АСДК формується алгоритму керування «Якщо (технічний стан ГПА), то (тип несправності), інакше – сигнал тривоги», що дає можливість забезпечити діагностування фактичний стан ГПА у реальному часі.

Проаналізуємо два найбільш підхожі методи розв'язання задачі діагностування ГПА за фактичним станом серед існуючих підходів, це за допомогою нейронної мережі Кохонена або багатосарових прямо напрямлених нейронних мереж – персептронів. Перший метод моделювання структури інтелектуальної АСДК полягає у визначенні структури моделі на підставі тренувальних даних, що пов'язують входи з виходами, та раніше визначеного поділу області зміни змінних на нечіткі множини, тобто створенні так званих шаблонів.

Припустімо, що маємо множину даних $\{(x_i, y_i)\}, i=1,2,\dots,n$, де $x_i \in X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ – n -вимірний вектор спостережень вхідних даних, а $y_i \in Y$ – відповідне йому спостереження значень на виході ГПА. Також відомий поділ простору вхідних змінних на нечіткі множини. База знань у нечіткій системі записується у вигляді сукупності $R^{(k)}, k=1,2,\dots,N$ нечітких предикатних правил:

$R^{(k)} : \text{ЯКЩО } x_1 = A_1^k \text{ і } x_2 = A_2^k \text{ і } \dots \text{ і } x_n = A_n^k$

ТО $(y = B^k)$ **ІНАКШЕ,**

де N – кількість нечітких правил;

x_1, x_2, \dots, x_n у – лінгвістичні змінні; A_i^k – нечіткі множини передумов правил ($i=1,2,\dots,n; k=1,2,\dots,N$), причому такі, що $A_i^k \subseteq X_i \subseteq R$, для ($i=1,2,\dots,n$) та B^k – нечітка множина висновків, така, що $B^k \subseteq Y \subseteq R$, де R є множиною натуральних чисел, $y \subseteq Y$. Кількість нечітких правил визначається кількістю усіх комбінацій множин передумов та висновків. Оскільки «база знань» визначає покриття усього простору входи виходи, по-

трібно визначити тільки ті комірки шаблону (а в результаті, і правила), які мають фізичний сенс для модельованого процесу. Для розв'язання цієї задачі пропонується, з метою фільтрації даних перед аналізом їх розподілу за комірками шаблону та їх групування, використовуються нейронні мережі Кохонена [8]. У результаті навчання нейронної мережі синоптичні ваги нейронів створюють „центри” класифікації відмов ГПА, які є середніми значеннями векторів, класифікованих до складу однієї групи. Після цього, аналізуючи тільки розподіл за комірками шаблону, можемо з більшою точністю визначити правила, що описують досліджувані залежності. Мережа Кохонена у результаті навчання виконує групування векторів $\{(x_i, y_i)\}$. Для визначення бази нечітких правил використовуємо одержані у результаті групування центри класів: $m_k \in X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n \times Y, k=1,2,\dots,K$. Далі для кожного центру розраховують належність його до комірок шаблону, яка визначається максимальною функцією належності всіх нечітких множин окремих складових вектора m_k :

$$\max_{j=1,2,\dots,S_j} \mu_{A_j}(m_k^i), i=1,2,\dots,n$$

та

$$\max_{j=1,2,\dots,S_j} \mu_{B_j}(m_k^{n+1}), i=1,2,\dots,n.$$

Для кожної комірки шаблону p можемо визначити вагу призначеного їй нечіткого правила за такою формулою:

$$W_p = \frac{n_p}{M}, P=1,2,\dots,K, \text{ де } n_p$$

– кількість центрів m_k , що належать комірці p ; M – загальна кількість усіх зразків. Другий метод моделювання структури нечіткого виведення з використанням багатосарових персептронів базується на концепції класифікації вхідних даних у нечіткій системі [9]. Серед відомих аналогічних методів пропонується підхід розв'язує одночасно задачі моделювання структури нечіткої системи, способу подання нечітких знань, а також питання навчання нейронної мережі і генерування правил, що пояснюють її дію.

У цьому підході також є множина даних $\{(x_i, y_i)\}$, $i=1,2,\dots,n$ та припускається, що відомі поділи області зміни вхідних змінних на нечіткі підмножини.

На вхід нейронної мережі подаються ступені належності змінних $\mu_i^k(x_i)$ до нечітких множин A_n^k ($i=1,2,\dots,n$, $k=1,2,\dots,N$).

Для моделювання функції належності використовуємо гауссівську функцію.

Оскільки у нечіткій класифікації припускається можливість належності даного зразка певною мірою до двох або декількох класів, розглядаємо множину класів розв'язків $S=\{S_1, S_2, \dots, S_m\}$, що відповідають вихідній змінній $y_i \in Y$. При цьому визначаємо, що у вихідному шарі нейронної мережі є число нейронів, що дорівнює числу класів, на які припускається поділити вхідні дані.

Висновки

Запропонована концепція створення інтелектуальної АСДК будується на базі інтеграції декількох технологій штучного інтелекту. Оскільки нечіткі системи працюють зі слабо структурованою якісною інформацією, а нейронні мережі використовують лише кількісну інформацію, поєднання цих двох методів дозволяє використовувати усю доступну інформацію про діагностичний стан ГПА. Розроблений на цій основі алгоритм керування поєднує певним чином здатність нейронних мереж до самонавчання та адаптації до невизначеностей і здатність нечітких систем обробляти якісну інформацію, яка формується у базі даних інтелектуальної АСДК, створеної на досвіді і знаннях диспетчерів.

Подальше дослідження стосується аналізу застосування інтелектуальної АСДК для підвищення якості діагностування основних елементів ГТС за фактичним станом.

Список літератури

1. *Леценко І.Ч.* Сучасний стан, проблеми й перспективи розробки та впровадження комп'ютерних комплексів для підтримки диспетчерського управління трубопровідним транспортом газу // Проблеми загальної енергетики. – 2003. – №8 – С. 33–39.
2. *Кулик М.Н.* Методы системного анализа в энергетических исследованиях. – К.: Наукова думка, 1987. – 200 с.
3. *Игуменцев Е.А., Прокопенко Е.А. Марчук Я.С.* Нормирование вибрации газоперекачивающих агрегатов по результатам виброисследований // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2004. – № 2. – С.23–26.
4. *Заміховський Л. М., Калявін В. П.* Основи теорії надійності та технічної діагностики систем. Навч. посібник. ІваноФранківськ, Вид-во "Полум'я". – 2004. – 230 с.
5. *Горбійчук М.І., Скріпка О.А.* Метод обчислення базових значень діагностичних ознак відцентрового нагнітача природного газу // Методи та прилади контролю якості. – 2005. – № 15. – С. 36 – 40.
6. *Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев и др.; Под ред. В.В. Клюева, 2-е изд. испр. и доп.* – Машиностроение. – 2003, – 656 с.
7. *VDI. Beurteilungs masstabe fur mechanische Schwingungen von Maschinen, VDI 2056. VDI-Veriag Cmbh. Dusseldorf, Okt. 1964.*
8. *Mitra S., Pal S.* Fuzzy Multi-layer Perceptron, Inferencing and Rule Generation // IEEE Transactions on Neural Networks. – 1995. – №1. – P. 51–63.
9. *Сетлак Г.* Нечёткие нейросетевые модели в интеллектуальных управленческих системах // Праці Міжнародної наукової конференції "Автоматика інститут інформаційної інфраструктури. - 2000.- С. 224-230.