Для виявлення тренду було використано два основні підходи: оцінювання регресії в часі та обчислення послідовних різниць (Differencing). При оцінюванні залежності регресії від часу використовувались лінійний, квадратичний (парабола) та експонентний тренди. Також в процесі досліджень отриманих виміряних вирізок фрагментів вихідного сигналу вимірювального каналу оцінювались послідовні різниці. Застосування цих підходів дозволило вилучити з вимірювальних даних тренд, тобто одержати стаціонарні залишки за умови відсутності періодичної й циклічної складових. При використанні процедур видалення тренду було важливо розрізняти характер тренду, що видаляється. Він може бути детермінованим або стохастичним (випадковим). Дослідження показали, що близько 97% отриманих в результаті експериментів часових рядів є стаціонарними щодо деякого детермінованого тренду - TS ряди (TS – trend stationary). Часові ряди зі стохастичним трендом, який видаляється тільки диференціюванням, становили лише 3% - DS (difference stationary) ряди. Результати досліджень нестаціонарності вхідного сигналу каналу тиску приведені на рис. 1.

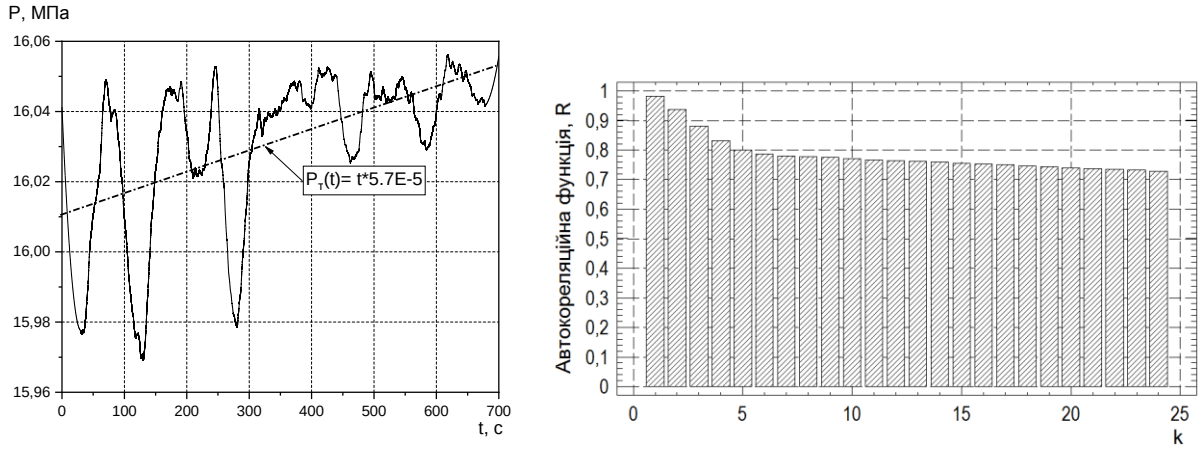

Рис. 1 – Графіки результатів досліджень на стаціонарність фрагменту часової вибірки вихідного сигналу ВКТ тривалістю 12 хвилин

В результаті проведених досліджень вихідного сигналу ВКТ на стаціонарність встановлено що:

- вихідний сигнал ВКТ є нестаціонарним флуктуюючим процесом;
- вихідний сигнал ВКТ складається з багатьох часових фрагментів сталих амплітуд, тривалість цих фрагментів різна і складає від одиниць секунд до 30 хв;
- нестаціонарність вихідного сигналу ВКТ усувається з використанням нейромережевих алгоритмів та експертної бази знань;
- усунути нестаціонарність вихідного сигналу ВКТ повністю неможливо, рівень залишків носить як суб'єктивний так і об'єктивний характер: він визначається як рівнем підготовки дослідника, так і можливостями програмного забезпечення, яке використовується, і становить 0.3…0.7%.

Список посилань

1. Коваль А. О. Удосконалення методів визначення динамічних характеристик вимірювальних каналів тиску: дис. канд. техн. наук: 01.07.2016 / Коваль Андрій Олександрович – Харків, 2016. –224 с.

2. Дюк В. А. Data Mining: учебный курс / В. А. Дюк, А. П. Самойленко. – СПб: "Питер", 2001. – 368 с.

3. Коваль А.О. Просторово розподілені інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи : монографія / А. О. Коваль, О. А. Коваль. – Х. : Видавництво "Лідер", 2017. – 146 с.

4. Craven M. W. Extracting tree-structured representations of trained networks / M. W. Craven, J. W. Shavlik., 1996. – 368 с. – (MIT Press, Cambridge MA).

УДК 681.5.09

Фешанич Л. І., асистент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
lidiia.feshanych@gmail.com

МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ВТРАТИ СТІЙКОСТІ РОЗВ'ЯЗКІВ СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЯВИЩА ПОМПАЖУ

Питання виявлення явища помпажу – нестійкої роботи компресора, що характеризується різними коливаннями потоку та витати газу, що перекачується, є актуальною науково-практичною задачею, оскільки наслідками цього явища може бути зміна технологічних параметрів об'єкта, їх продуктивності, а деяких випадках може призвести до втрати працездатності газоперекачувального агрегату. При помпажі з'являються сильні коливання в потоці, що проходить через компресор, виникають вібрації лопаток з високими амплітудами.

Помпаж часто пов'язують з явищем гідроудару [1,2] – перепадом тиску в будь-якій системі, заповненій рідиною, викликаним швидкою зміною швидкості течії цієї рідини.

Рівняння, що описують рух газу [2], записується у вигляді:

$$\begin{cases} L\dot{Q} = F_1(Q) - p \\ Cp = Q - F(p), \end{cases} \tag{1}$$

в якій $L = L(\rho, l, s, Q_0)$; $C = C(\rho_0, \rho, s, l, C_0)$,

де ρ - густина,

l, s – характерні розміри та площі робочої частини;

Q_0 – початкові витрат;

ρ_0 – початкова густина продукту, що транспортується;

C_0 – швидкість звуку;

Q, p – об'ємна витрата та тиск,

$F_1(Q), F(p)$ – деякі функції, що визначаються експериментально.

Очевидно, що розв'язання системи (1) є можливим лише за умови, коли всі вказані функції є відомими, що часто є задачею, що вирішується або з використанням комплексних експериментальних досліджень або часто взагалі не можуть бути визначені в умовах реальної компресорної станції. В той же час на діючих компресорних станціях контролюються параметри Q, та p у вигляді експериментально визначених функцій від часу t - $p(t), Q(t)$.

Пропонується наступна модель визначення зон втрати стійкості розв'язків системи диференціальних рівнянь типу (1), а отже умов виникнення помпажу: нехай в загальному випадку праві частини системи (1) розкладаються в ряд Тейлора і записуються з утриманням членів, вищих за квадратичні. Такий підхід є вмотивованим тією обставиною, що реальні значення функції $L = L(\rho, l, s, Q_0)$; та $C = C(\rho_0, \rho, s, l, C_0)$ в практичних задачах можуть бути визначені лише наближено. Тому система (1) записується у вигляді:

$$\begin{cases} \dot{p} = A_1 + A_2 p + A_3 Q + A_4 p^2 + A_5 pQ + A_6 Q^2 \\ \dot{Q} = A_7 + A_8 p + A_9 Q + A_{10} p^2 + A_{11} pQ + A_{12} Q^2 \end{cases}. \tag{2}$$

Якщо відомими є результати експериментального визначення функції $p_p(t)$ та $Q_p(t)$, одержані протягом деякого часу $t \in [0, T]$, де T - час завершення спостережень, то підставивши в систему (2) одержуємо дві нев'язки:

$$\begin{cases} R_1(t, A_1,..., A_6) = \dot{p}_p(t) - A_1 - A_2 p_p - A_3 Q_p - A_4 p_p^{\ 2} - A_5 p_p Q_p - A_6 Q_p^{\ 2} \\ R_2(t, A_7,..., A_{12}) = A_7 - A_8 p_p - A_9 Q_p + A_{10} p_p^{\ 2} + A_{11} p_p Q_p + A_{12} Q_p^{\ 2} - \dot{Q}_p(t) \end{cases} \quad (3)$$

Коефіцієнти A_i необхідно визначити таким чином, щоб лінеаризувати значення нев'язок (3).

Цієї мети можна досягнути шляхом з використанням методу зважених нев'язок у формі Гальоркіна.

Одержавши значення A_i, систему нелінійних рівнянь (2) необхідно дослідити на стійкість їх положення рівноваги. Вказані положення рівноваги знаходяться шляхом розв'язку системи рівнянь виду:

$$\begin{cases} A_1^E + A_1^E p + A_3^E Q + A_4^E p^2 + A_5^E pQ + A_6^E Q^2 = 0 \\ A_7^E + A_8^E p + A_9^E Q + A_{10}^E p^2 + A_{11}^E pQ + A_{12}^E Q^2 = 0 \end{cases}. \quad (4)$$

Необхідність знаходження точок положення рівноваги виникає у зв'язку з тим, що висувається гіпотеза про те, що явище помпажу корелює з втратою стійкості розв'язків системи (2), яка описує взаємозв'язок між величинами p та Q.

Для лінеаризованої системи (4), яка набуває вигляду:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = \overset{i}{a}_0 x + \overset{i}{b}_0 y \\ \dfrac{dy}{dt} = \overset{i}{c}_0 x + \overset{i}{d}_0 y \end{cases} \quad (5)$$

знаходяться власні числа матриць цих систем з відомої умови:

$$\begin{vmatrix} a_o^i - \lambda & b_0^i \\ c_0^i & d_o^i - \lambda \end{vmatrix} = 0 \quad (6)$$

$$\lambda^2 - (a_0^i + d_0^i)\lambda + a_0^i d_0^i - c_0^i b_0^i = 0 \ . \quad (7)$$

Після знаходження відповідних коренів рівняння (7) λ_1 та λ_2, встановлюється тип кожної із точок положення рівноваги на основі наступних положень [2]:

1. λ_1 та λ_2 - дійсні;

а) $\lambda_1, \lambda_2 > 0$ - нестійкий вузол; б) $\lambda_1, \lambda_2 < 0$ - стійкий вузол; в) λ_1 і λ_2 - різних знаків – сідло.

2. λ_1 та λ_2 - комплексні; $\lambda_{1,2} = \alpha \pm i\beta$

а) $\alpha > 0$ - стійкий фокус; б) $\alpha < 0$ - стійкий фокус; в) $\alpha = 0$ - центр.

Якщо в точці - фокус, то в такому випадку (в залежності від початкових умов) значення *p* та *Q* знаходяться на замкнутих траєкторіях фазової площини, тобто має місце коливання цих значень, отже, відповідає їх значення $(p_0^i; Q_o^i)$ (характеризують явища помпажу або виникнення передпомпажних ефектів. Також можливий розвиток коливальних процесів (причому із зростаючою амплітудою) у випадку, коли $(p_0^i; Q_o^i)$ - нестійкий фокус. В усіх інших випадках відзначається монотонний характер зміни (p_0; Q_0) в околі відповідного положення рівноваги.

Отже, запропоновано модель визначення зон втрати стійкості розв'язків системи диференціальних рівнянь та встановлено, що явище помпажу корелює з втратою стійкості розв'язків системи, яка описує взаємозв'язок між параметрами (тиск та витрата), що контролюються на діючих компресорних станціях.

Список посилань

1. Бутиков, Е.И. Физика. Книга 1. Механика [Текст] / Е. И. Бутиков, А. С. Кондратьев. – М.: Наука, 1994. – 367 с.
2. Казакевич, В. В. Автоколебания (помпаж) в компрессорах [Текст] / В. В. Казакевич. – М.: Машиностроение, 1974. – 264 с.
3. Самойленко, А. М. Дифференциальные уравнения (примеры и задачи) [Текст] / А. М. Самойленко, С. А. Кривошея, Н. А. Перестюк. – К. : Выща шк., 1984. – 408 с.

УДК 681.3.06

Менжинська Т.В, студент
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», menzhynska@gmail.com

СИСТЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБАСТНОГО МЕТОДУ ОБРОБКИ ДАНИХ МІЖ ЛАБОРАТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ

На практиці, наявність у вибірках навіть невеликого числа спостережень, що різко виділяються (аномальних, екстремальних) може кардинально змінити результат статистичного дослідження і отримані значення, в кінцевому підсумку, стають недостовірними, а в деяких випадках взагалі перестануть нести в собі здоровий глузд. Для того, щоб уникнути появу подібної ситуації, традиційно застосовують статистичні критерії, які дозволяють виділити, а потім і виключити аномальні дані, які називають викидами.

Для статистичної обробки експериментальних даних з багатьох джерел оптимальним рішенням є використання віддаленої системи дослідження робастного методу обробки даних міжлабораторних вимірювань. Щоб інтерфейс доступу був універсальним та незалежним від клієнта використано протокол HTTP. Побудована система відповідає вимогам REST.

Класична архітектура Java аплікацій передбачає наявність встановленого сервера аплікацій таких як GlassFish, WildFly, WebSphere та інші. Такі сервери надають у своєму складі реалізацію специфікацій Java EE. У разі використання стеку технологій відмінних від Java EE доцільним є використання веб-контейнерів таких як Apache Tomcat або Jetty. Сучасні технології розробки програного забезпечення на Java надають інструменти, що позбавляють від необхідності розгортання та налаштовування серверів та дозволяють використовуючи готові шаблони створювати веб-аплікації, що можуть бути запущені як самостійні програми. В якості такого інструменту використано бібліотеку Spring Boot [1].

Для реалізації RESTfull архітектури використано Java бібліотеку Spring Boot, що дозволяє створити самодостатню веб-аплікацію із вбудованим веб-контейнером. Spring Boot є обгорткою для Spring Framework, який в свою чергу має власну специфікацію замість реалізації JavaEE специфікації JAX-RS. Для реалізації доступу до бази даних зі сторони сервера використано фреймворк Hibernate[2]. Для тестування REST API[3]використовується утиліта Postman а в якості клієнта створено HTML сторінки, що за допомогою AJAX виконують обмін даними з REST API.

Застосування платформено-незалежних технологій дозволяє використовувати розроблену систему для широкого спектра операційних систем та апаратного забезпечення.

Список посилань

1. Spring Boot. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://spring.io/guides/gs/spring-boot/
2. Hibernate. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://hibernate.org/orm/
3. REST API Tutorial. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://restfulapi.net/
4. TutuorialPoint. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.tutorialspoint.com/hibernate/index.htm