

вання і ремонт обладнання і споруд нафтоперекачувальних станцій. Ч.2. Дефектоскопія валів нафтоперекачувальних насосів // В.А. Корнійчук, Б.І.Стойан, В.І.Дуля, С.О.Смолка, В.М.Учанін. – К.: Держнафтогазпром України. – 2000. – 54 с. 4. Учанін В.М., Берник З.А. Вихрострумний контроль деталей агрегатів компресорних станцій // Фізичні

методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. - Вип. 7. Львів: ФМІ НАН України. – 2002. - С. 103 - 105. 5. Учанін В.Н., Черленевский В.В. Вихретоковий дефектоскоп для обнаруження поверхностних трещин // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. Львів: ФМІ НАН України. – 1999. - С. 108 - 110.

УДК 681.3.06+681.518.54.621.51

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТИВ

© Горбійчук М.І., Козуляк М. І., Скріпка О.А., 2005

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розглянуті питання діагностики технічного стану газоперекачувальних агрегатів і приведена структурна схема обчислювача базових показників роботи центробіжного нагнітача з використанням нейромереж

Необхідність суттєвого розширення робіт в області діагностування газоперекачувальних агрегатів (ГПА), в першу чергу з газотурбінним приводом, які складають переважну більшість у загальній кількості ГПА газової промисловості, створення і впровадження діагностичних систем нерозривно пов'язані з вирішенням таких проблем, як підвищення надійності ГПА, зменшення термінів на їх освоєння та витрат на експлуатацію, економія паливо-енергетичних ресурсів тощо [1].

Забезпечення всебічної технічної діагностики ГПА, що є обов'язковою вимогою автоматизованої системи контролю його технологічного стану, потребує впровадження наступних автоматизованих діагностичних систем: оперативної вібродіагностики, спектральної вібродіагностики, параметричної діагностики, діагностики технологічного обладнання, діагностики технологічних трубопроводів, діагностики запірної арматури [2].

Згідно [3] встановлено види, періодичність і точність вимірювань, необхідних для діагностики і прогнозування технологічного стану обладнання компресорних станцій, місця відбору діагностичних параметрів. Розроблено також ряд методик та норм [4, 5], в яких наведено алгоритми оцінки технологічного стану ГПА.

Досвід створення і експлуатації об'єкта, комплекс алгоритмів діагностування і прогнозування технічного стану ГПА дозволив сформулювати ряд положень, які визначають загальний і доцільний підхід до вирішення діагностичних задач.

На стадії проведення циклу теоретичних і експериментальних досліджень по одержанню діагностичних моделей і підтвердженню їх адекватності

виправдане використання загальноматематичних методів: статистичних правил розпізнавання і прийняття рішень, лінійних і нелінійних методів розділу підмножин в просторі станів, методів апроксимації та оптимізації пошуку при діагностуванні [1]. Процедура проведення цих операцій при формуванні моделей повинна ґрунтуватися як на загальних принципах теорії подібності і аналізу розмірності, так і на теоретичних і експериментальних результатах, що пов'язані з фізикою процесів, які протікають у ГПА. Слід зауважити, що процедури діагностування й прогнозування технічного стану вузлів і елементів ГПА досить різноманітні як за функціональною структурою, так і за формою представлення результатів. Разом з тим необхідно регулярно приймати рішення по подальшому технічному обслуговуванню ГПА. В цих умовах використання дискретної діагностичної інформації про стан окремих вузлів і систем, як правило, є не досить обумовленим. Необхідно брати до уваги стан агрегату в комплексі.

Розглянемо як об'єкт діагностування нагнітач. При моделюванні нагнітачів велике значення має теорія подібності і розмірності [6], на основі якої можна виділити групу суттєвих параметрів із яких можна скласти п'ять безрозмірних комбінацій. Детальний аналіз впливу таких безрозмірних комбінацій на течію газу в нагнітачі, проведений в монографії Ріса В. Ф. [6], показав, що тільки два із них є визначальними, а саме: $\varphi = \frac{4Q}{\pi D^2 u}$ і $M = \frac{u}{\sqrt{gzRT}}$, де Q

- об'ємна витрата газу, приведена до умов всмоктування; D - діаметр робочих лопаток нагнітача; u - колова швидкість робочого колеса; z - коефіцієнт

стисливості газу; R - газова постійна; T - температура за абсолютною шкалою. Оскільки $u = \pi Dn$, то

$$\varphi = \frac{4Q}{\pi^2 D^3 n} \text{ і } M = \frac{\pi Dn}{\sqrt{gzRT}}.$$

Безрозмірні комплекси φ і M подамо в такому вигляді: $\varphi = a_\varphi \varphi'$ і

$$M = a_M M', \text{ де } a_\varphi = \left(\frac{2}{\pi D}\right)^2; \quad a_M = \pi D^2.$$

$$\varphi' = \frac{Q}{Dn} \text{ і } M' = \frac{n}{D\sqrt{gzRT}}.$$

Якщо взяти певний "опорний" режим, якому відповідають значення Q_0 , n_0 , T_0 , z_0 і R_0 , то

$$\varphi_0 = a_\varphi \varphi'_0, \quad M_0 = a_M M'_0.$$

$$\text{Обчислимо відношення } x = \frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{\varphi'}{\varphi'_0} \text{ і } y = \frac{M}{M_0} = \frac{M'}{M'_0}.$$

Враховуючи значення відповідних величин, отримаємо, що

$$x = \frac{Qn_0}{Q_0 n}, \quad y = \frac{n}{n_0} \sqrt{\frac{z_0 R_0 T_0}{zRT}}. \quad (1)$$

Отже, x і y можна розглядати як певні безрозмірні комплекси, що характеризують роботу нагнітача. Якщо прийняти, що $Q_0 = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, то $x = Q \frac{n_0}{n}$.

Величину x називають приведеною витратою, а y , за аналогію, приведеною частотою обертання ротора.

Роботу нагнітача досить повно характеризують три показники: степінь стискування ε , політропний коефіцієнт корисної дії $\eta_{пол}$ і внутрішня потужність N_i , тобто [7]:

$$\varepsilon = f_\varepsilon(x, y), \quad (2)$$

$$\eta_{пол} = f_\eta(x), \quad (3)$$

$$\frac{N_i}{\rho_\varepsilon} \left(\frac{n_0}{n}\right)^3 = f_N(x), \quad (4)$$

де ρ_ε - густина газу, приведена до умов всмоктування.

Несправності, які впливають на ефективність функціонування газоперекачувального агрегату, проявляються через зміну технологічних параметрів та показників роботи ГПА. Наприклад, несправності проточних частин проявляються в зміні [1] тиску та температури вихідного потоку газу, політропного коефіцієнта корисної дії, степені стиснення газу, витрати повітря через компресор, зміні обертів ротора нагнітача а також в зміні рівня шуму та вібрації. Вказані зміни можуть бути оцінені лише тоді,

коли відомі деякі "базові" значення технологічних параметрів та показників, які зафіксовані для нового ГПА.

Сучасні ГПА оснащені інформаційно-вимірювальними системами, які, серед інших, вимірюють об'ємну витрату газу Q , температуру газу на вході T_1 і на виході T_2 нагнітача, число обертів ротора n , тиск на вході в нагнітач P_1 та на виході із нагнітача P_2 . В такому разі можна обчислити такі базові показники як степінь стиску газу ε^* , температуру T_2^* та внутрішня потужність N_i^* .

Для обчислення ε^* необхідно знайти величини

$$x = Q \frac{n_0}{n} \text{ та } y = \frac{n}{n_0} \sqrt{\frac{z_0 R_0 T_0}{zRT_1}}.$$

Потім, використовуючи залежність $f_\varepsilon(x, y)$, знаходять ε^* . Обчислення температури T_2^* здійснюється за такою формулою [7]:

$$T_2^* = T_1 \varepsilon^{*1/\sigma}, \quad (5)$$

де $\sigma = \eta_{пол} \frac{k}{k-1}$, k - показник адиабати.

Політропний коефіцієнт корисної дії $\eta_{пол}$ обчислюється за відомим значенням x з використанням залежності (3).

Внутрішню потужність N_i^* обчислюють, використовуючи формулу (4). Якщо відомі значення x , n і ρ_ε , то

$$N_i^* = \rho_\varepsilon \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 f_N(x). \quad (6)$$

На рис. 1 показана функціональна схема пристрою формування діагностичних ознак ε^* , η^* і T_2^* . Вона складається із чотирьох обчислювачів О1, О2, О3 і О4 та двох узагальнених регресійних нейромереж - нейромережа-1 та нейромережа-2. На вхід обчислювачів О1 і О2 поступають значення технологічних параметрів Q , n і T_1 , де за формулами (1) і (4) обчислюються значення x і y . Оскільки у формулу для обчислення y входить величина z , то для обчислення цієї величини служить обчислювач О3, де крім z обчислюється і показник адиабати k . На вхід обчислювача О3 подаються такі величини, як тиск на вході в нагнітач P_n , густина газу ρ приведена до стандартних умов та склад газу. Останні два показники визначаються за результатами лабораторних аналізів, які здійснюють періодично через кожні

десять днів з наступним усередненням на протязі року. За поточними значеннями x і y попередньо навчена неймережа-1 визначає базове значення коефіцієнта стиску газу ε^* . Навчена неймережа-2, використовуючи обчислене раніше значення x , знаходить величину η^* . На вхід обчислювача О4 поступають величини ε^* , η^* , T_1 і k . Виходом обчислювача О4 є температура газу T_2^* .

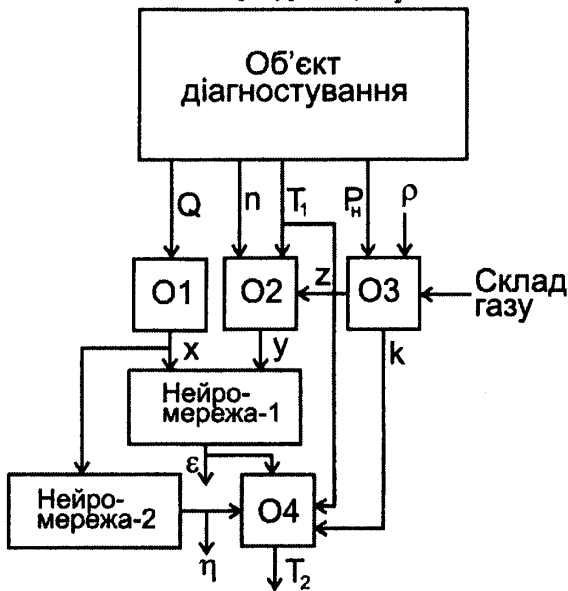


Рис. 1. Функціональна схема пристрою обчислення базових значень технологічних параметрів

Подальшими кроками є розробка алгоритмів

ідентифікації технічного стану ГПА на основі обробки статистичних масивів даних від інформаційно-вимірювальних систем з застосуванням теорії неймереж.

1. Зарицкий С.П. Диагностика газоперкачивающих агрегатов с газотурбинным приводом. – М.: Недра, 1986. – 204с.
2. Дубинский В.Г., Комардинкин В.П., Тихонов А.Д., Толстов А.Г., Федоров В.А., Чорний Ю.С. Опыт внедрения на КС методов и технических средств диагностики ГПА. // Газовая промышленность. Сер. Автоматизация, телемеханизация и связь в газовой промышленности. – М.: ВНИИГазпром. – 1988. – Вып. 4. – 35с.
3. Регламент измерений, необходимых для технической диагностики газоперкачивающих агрегатов, технологических объектов общестанционного оборудования компрессорных станций. – М.: Ротапринт ВНИИГазпром, 1984. – 49с.
4. Методические указания по определению мощности и оценке технического состояния проточной части газоперкачивающих агрегатов с турбоприводом. – М.: ВНИИГАЗ, 1983. – 58с.
5. Нормы вибрации. Оценка интенсивности вибрации газоперкачивающих агрегатов в условиях эксплуатации на компрессорных станциях министерства газовой промышленности. – М.: ВНИИГазпром, 1985. – 18с.
6. Рис В.Ф. Центробежные компрессорные машины. – М. – Л.: Машиностроение, 1964. – 336 с.
7. Сухарев М. Г., Ставровский Е. Р. Расчеты систем транспорта газа с помощью вычислительных машин. – М.: Недра, 1971. – 208 с.