

УДК 621.67+62.001.57

## ДІАГНОСТИЧНА МОДЕЛЬ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСНОГО АГРЕГАТУ ЯК ОСНОВНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМАННЯ ПЛАСТОВОГО ТИСКУ

© Заміховський Л.М., Паньків Ю.В., 2005

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**Описана діагностична модель відцентрового насосного агрегату (ВНА) типу ЦНС. В ході побудови моделі насоса розв'язано задачу його ідентифікації за допомогою методу знаходження площ Симою та знайдено функцію передачі ВНА. На основі її аналізу визначено діагностичну ознаку стану ВНА**

В даний час в різних галузях науки і техніки широкого використання набули численні методи ідентифікації, які дають змогу на основі відомих вхідних впливів на об'єкт та даних про його поведінку під дією цих впливів отримати його математичну модель, що відображає динаміку роботи об'єкта [1]. Як показує практика, для вирішення задач автоматизації, моніторингу, діагностування та багатьох інших все частіше використовуються саме методи ідентифікації [2,3,4].

Розглядаючи відцентровий насосний агрегат (ВНА) як основну складову системи підтримання пластового тиску (ППТ) з точки зору діагностування ВНА, слід зазначити, що задача побудови діагностичної його математичної моделі є досить актуальною, оскільки її вирішення дасть змогу провести перевірку узгодження і відповідності між значеннями ідентифікованих параметрів і діагностичних ознак, отриманих експериментальних шляхом, та значеннями цих же параметрів, визначених за результатами теоретичних розрахунків. Однак сьогодні немає завершеної математичної моделі, яка б повністю описувала всю сукупність процесів, що відбуваються у ВНА, хоча відомо ряд моделей насосних агрегатів, що достатньо адекватно відображають динаміку роботи ВНА і які базуються на принципах електрогідравлічної аналогії та ін [4,5,6].

Для побудови діагностичних моделей застосовуються також і методи ідентифікації, які використовують перехідні та кореляційні функції, регресійні методи ідентифікації, методи ідентифікації за допомогою М-последовательностей та інші [2,7].

Одним з найбільш поширених методів ідентифікації є метод площ Симою М.П., який дає змогу визначити функцію передачі моделі об'єкта за його часовими характеристиками, зокрема за

кривою розгону [8], тобто за реакцією динамічної ланки (об'єкту регулювання) на стрибкоподібну дію довільної амплітуди. На відміну від класичного визначення перехідної характеристики амплітуда вхідної дії не обов'язково повинна дорівнювати одиниці. Крива розгону може бути одержана як експериментально, так і розрахунковим шляхом.

Для одержання кривої розгону спочатку переводять об'єкт дослідження в статичний режим ( $x = x_{ном}$ ,  $y = y_{ном}$ ). Потім систему переводять в ручний режим керування (відключається регулятор, розривається зворотний зв'язок) і на вхід об'єкту у певний момент часу  $t_0$  за допомогою довільного способу подається стрибкоподібна дія (зміна вхідної величини  $x$ ). Величина запізнення  $\tau$  визначається безпосередньо за кривою розгону, як час, на протязі якого відхилення вихідної величини  $\Delta y(t)$  після здійснення вхідної дії не перевищує 0,5-1% від  $\Delta y_{вст.}$ . Коефіцієнт підсилення у цьому випадку визначається за формулою:

$$K = \frac{\Delta y_{вст.}}{\Delta x_{вст.}}, \quad (1)$$

де  $\Delta y_{вст.}$  і  $\Delta x_{вст.}$  – відповідно зміна вихідної і вхідної величин об'єкта.

Динамічні властивості об'єкту можуть бути апроксимовані такою моделлю:

$$\bar{W}_M(s) = K \bar{W}_M(s) e^{-s\tau} = K \frac{1 + b_1 s + b_2 s^2 + \dots + b_m s^m}{1 + a_1 s + a_2 s^2 + \dots + a_n s^n} e^{-s\tau}, \quad (2)$$

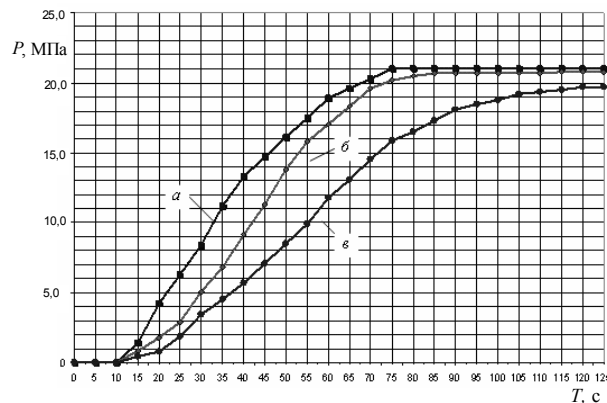
де  $K$  – коефіцієнт підсилення;  $\tau$  – час запізнення;  $a_i, b_j$  – коефіцієнти функції передачі  $\bar{W}_M(s)$ ;  $s$  – оператор Лапласа;  $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$  ( $m \leq n$ ).

На практиці застосовується нормована функція передачі з коефіцієнтом підсилення рівним одиниці [9], тобто

$$\bar{W}_m(s) = \frac{1 + b_1 s + b_2 s^2 + \dots + b_m s^m}{1 + a_1 s + a_2 s^2 + \dots + a_n s^n}. \quad (3)$$

Основною проблемою ідентифікації об'єкта є визначення коефіцієнтів  $a_i, b_i$  функції передачі, для чого можна скористатись різними методами, у тому числі методом знаходження площ, запропонованим М.П. Симою [10].

Для встановлення зв'язку між формою кривої розгону, функцією передачі та технічним станом ВНА експериментальним шляхом було отримано криві розгону для ВНА на різних стадіях його роботи (рис. 1), для чого проводили періодичні вимірювання зміни тиску на виході насоса. Для експериментів був використаний насос типу ЦНС-180-1900, в якому, внаслідок роботи на підтоварній воді, відбувалося поступове руйнування робочих коліс та направляючих апаратів. Після відпрацювання 4500 год. насос було зупинено для проведення ремонту. Під час ремонту підтвердився також і прогнозований дефект – знос робочих поверхонь ВНА внаслідок впливу агресивного середовища.



а) – бездефектного ВНА, б) – з 10 % і в) – з 25 % величиною зносу робочих коліс та направляючих апаратів ВНА

Рис. 1. Криві розгону

Згідно з [9], перенісши початок координат в точку  $t = t_0 + \tau$ ,  $y = y_0$  і, таким чином, виключивши запізнення  $\tau$ , отримаємо розрахункову криву розгону (рис. 2).

Для розрахунку параметрів моделі методом площ було використано нормовану криву розгону ВНА  $\bar{h}(t)$ , що визначається за формулою:

$$\bar{h}(t) = \frac{\Delta y(t)}{\Delta y_{вст}}. \quad (4)$$

Розглядаючи перехідну криву  $\bar{h}(t)$  як реакцію динамічної ланки з нормованою функцією передачі (2), зображення  $\bar{h}(t)$  за Лапасом можна записати

так:

$$\bar{H}(s) = L\{\bar{h}(t)\} = \bar{W}_m(s)1/s. \quad (5)$$

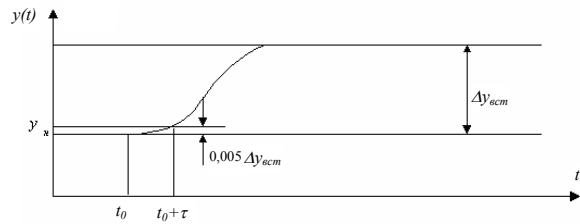


Рис. 2. Розрахункова крива розгону ВНА

Параметри  $a_i, b_j$  моделі (3) можуть бути визначені за нормованою кривою розгону. Для визначення функції передачі було використано підхід, запропонований в роботі [3].

В результаті обробки кривих розгону на рис. 1 були отримані такі функції передачі виду

$$W(s) = K \cdot \frac{1 + b_1 \cdot s}{1 + a_1 \cdot s + a_2 \cdot s^2} \cdot e^{-\tau \cdot s};$$

$$W_1(s) = \frac{K(1 - 3,539 \cdot s)}{1 + 27,794 \cdot s + 245,314 \cdot s^2} \cdot e^{-\tau \cdot s} - \text{бездефект-}$$

ний ВНА;

$$W_2(s) = \frac{K(1 - 7,126 \cdot s)}{1 + 31,318 \cdot s + 319,661 \cdot s^2} \cdot e^{-\tau \cdot s} - \text{ВНА з}$$

10% величиною зносу робочих коліс і направляючих апаратів;

$$W_3(s) = \frac{K(1 - 8,148 \cdot s)}{1 + 42,216 \cdot s + 579,765 \cdot s^2} \cdot e^{-\tau \cdot s} - \text{ВНА з}$$

25% величиною зносу робочих коліс і направляючих апаратів.

На рис. 3 наведено відтворені часові криві розгону  $h_1(t), h_2(t), h_3(t)$ , які отримані шляхом проведення зворотнього перетворення Лапласа для функцій передачі  $W_1(s), W_2(s), W_3(s)$  відповідно. Форма цих залежностей наближається до експериментальних кривих розгону з похибкою, не більше 1%, що дозволяє зробити висновок про те, що отримана модель ВНА у вигляді функції передачі є адекватною.

Можна помітити, що отримана математична діагностична модель дає змогу оцінити технічний стан ВНА, який визначається зносом робочих коліс та направляючих апаратів. Тенденція до зростання коефіцієнта  $a_2$ , який можна прийняти за діагностичну ознаку стану ВНА, вказує на втрату працездатності ВНА. Для практичного використання вказаного методу необхідно знати чисельні значення коефіцієнта  $a_2$ , які відповідатимуть граничному (допустимому) зносу робочих коліс і направляючих апаратів, що вимагає проведення комплексу подальших експерименталь-

них досліджень.

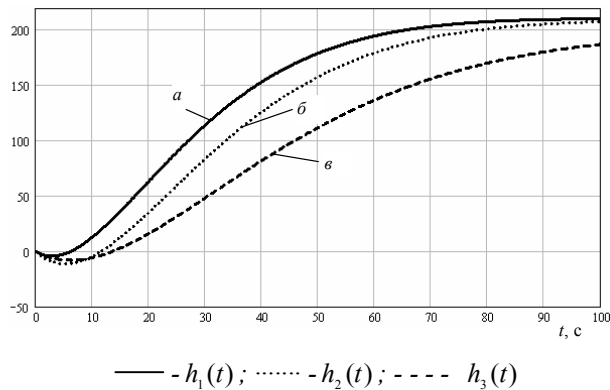


Рис. 3. Відтворені за функцією передачі криві розгону ВНА

1. Эйхгофф П. Основы идентификации систем управления. – М.: Издательство “Мир”, 1975. – 683с.
2. Чхартишвили Г.С., Доценко В.И. Идентификация динамических объектов управления с применением псевдослучайных сигналов. – М.: МЭИ, 1976. – 80 с.

3. Волгин В.В. Методы расчета систем автоматического регулирования. / Учебное пособие. М.: Изд-во МЭИ, 1972. – 192с.
4. Кузнецов Е. В. Моделирование осевых сил в насосных агрегатах с учетом конструктивно-технологических факторов, Красноярск, 2004. – 119с.
5. Гликман Б.Ф. Математические модели пневмо-гидравлических систем.-М.: Наука, 1986. – 366с.
6. Костишин В.С. Моделювання режимів роботи відцентрових насосів на основі електрогідравлічної аналогії. – Івано-Франківськ, 2000.- 163с.
7. Гроп Д. Методы идентификации систем. – М.: Издательство «Мир», 1979.-203с.
8. Симою М.П. Определение передаточных функций по временным характеристикам линеаризованных систем. – Приборостроение, 1958, № 3.
9. Аязян Г.К. Определение параметров модели методом площ Симою. – Уфа: 2002. – 15с.
10. Симою М.П. Определение коэффициентов передаточных функций линеаризованных звеньев систем регулирования. Автоматика и телемеханика, 1957. - № 6. – С.514–527.

УДК 681.5.015

## ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДЕНИХ ГАРМОНІЙНИХ СИГНАЛІВ

© Гуменюк Р.М., 2005

Івано-Франківський національний університет нафти і газу

**Запропоновані та теоретично обґрунтовані методи подвійного згортання сигналів, які є основою для визначення спектральних характеристик згідно узагальненої формули Вінера-Хінчина, в тому числі із застосуванням нової статистичної функції – оцінки знаку похідної першого порядку, із послідовним використанням різних статистичних функцій для реалізації згортань по фазі та частоті, із застосуванням еталонних частотних сигналів спеціальної форми, що дають можливість побудови фільтрів високочастотних складових для мінімізації обчислювальних процесів в каналах передавання сигналів діагностування**

Одним із перспективних напрямків теорії цифрового оброблення сигналів є використання кореляційних методів аналізу на основі статистичних функцій спрощених алгоритмів. Розвиток теорії та методів на основі подвійного згортання із використанням спрощених алгоритмів обчислення статистичних функцій дозволяє суттєво підвищити швидкодю та якість визначення спектральних характеристик сигналів діагностування, що є актуальною задачею.

Проведення дослідження новоутворених спектральних характеристик при застосуванні різних статистичних функцій для згортання по фазі та частоті [1] не варто обмежувати вхідною гармонійною послідовністю синусоїдальної форми певної частоти. Доцільно провести порівняння критеріїв якості спектральних характеристик [2] складених гармонійних послідовностей, до складу яких входять гармонійні послідовності синусоїдальної форми різної частоти, зокрема  $f(t)=$