

Математична модель діагностування роботи гідроприводного насосного агрегату

асп. Петрусь В.В., Вінницький національний технічний університет

На даний час існує велика кількість конструкцій насосів, проте не дивлячись на це є ряд середовищ, перекачування яких традиційними засобами в ряді випадків неефективне, пов'язане з додатковими витратами або різного роду складнощами. До таких середовищ відносяться високов'язкі, абразивовмісні, хімічно активні, газонасичені, токсичні, летючі, радіоактивні, сильно забруднені та такі, що містять велику кількість твердої фази, волокнистих включень та ін.

Застосування самовсмоктуючих насосів пересувних механізмів або електричних занурювальних насосів не завжди можливе і безпечне, а тому необхідне подальше вдосконалення існуючих і розробка нових насосних агрегатів, особливе місце серед яких займають діафрагмові або мембранні насоси, що приводяться у зворотно-поступальний рух за допомогою приводів різного виду. Насоси подібного призначення повинні мати певні гарантовані характеристики при їх експлуатації в особливо несприятливих умовах (наприклад, в нафтовій, хімічній, гірничій та інших галузях промисловості) та можливість плавної дистанційної зміни їх кінематичних і динамічних параметрів.

Аналітичний огляд відомих приводів насосних агрегатів подібного типу [1] показав, що найбільш ефективними серед них, особливо при підвищених вимогах до електро- і пожежобезпеки, є гідравлічні і пневматичні приводи з дистанційним автоматичним керуванням, які надають можливість плавного безступінчатого регулювання амплітуди і частоти робочих ходів поршня чи мембрани, а також мають менші габаритні розміри та масу [1, 2].

На окремих об'єктах, де небажані або недопустимі незаплановані зупинки насосних агрегатів, необхідно здійснювати моніторинг та вчасно виявляти і ліквідовувати несправності окремих вузлів такого обладнання.

Одним з підходів для діагностування технічного стану насосного обладнання є вібродіагностика, яка найчастіше використовується для відцентрових насосів і дозволяє виявляти несправності підшипникових та інших вузлів, які створюють вібрацію, причому, чим складніше об'єкт діагностування, тим більш невизначеним стає спектр вібрації, і тим складніше виявити інформативну частину сигналу, що змінюється [3]. Також слід зазначити, що методи вібраційної діагностики складно адаптувати для виявлення несправностей іншого походження, зокрема розтягнення або розриву мембрани, втрати жорсткості пружин, зношення пар тертя, витоку робочої рідини через нещільності з'єднань рукавів високого тиску або їх розриви [4]. Тому, актуальною є задача розробки математичних моделей, які б дозволяли виконувати комплексний аналіз всієї системи та забезпечували розпізнавання зазначених несправностей.

Для вирішення поставленої задачі пропонується використати елементи теорії нечітких множин, що дасть можливість використовувати не тільки кількісні дані, але й знання та досвід експлуатаційного персоналу.

Вибір сукупності параметрів, необхідних для постановки діагнозу, залежить від необхідної глибини діагнозу [3]. Як вхідні змінні нечіткої моделі будуть використані найбільш інформативні показники роботи системи: робочий тиск (тиск робочої рідини в гідросистемі), число ходів робочого органу – штока з мембраною, тиск на виході з насосу, аналіз яких дозволяє зробити висновок про причини несправностей елементів насосного агрегату.

Система, що розглядається, складається з гідравлічного приводу та мембранного насоса з такими номінальними параметрами: робочий тиск $x_1 = 160$ атм., число ходів робочого органу $x_2 = 30$ хв⁻¹, тиск на виході з насосу $x_3 = 5$ атм.

Для вибраної системи побудуємо математичну модель, яка базується на методах нечіткої логіки [5 - 7]. Вхідними змінними будуть зазначені показники роботи системи, а вихідною змінною – стан системи. При необхідності, для покращення якості діагностування, в математичну модель можна вводити і інші додаткові змінні, які характеризують роботу гідравлічної системи.

Для опису вхідних x_1, x_2, x_3 та вихідних d змінних використаємо лінгвістичну оцінку відповідно до визначених термів (таблиця), опис яких здійснимо за допомогою функції належності вигляду [6]

$$\mu^T(x) = e^{-\left(\frac{x-c}{b}\right)^2},$$

де c – координата максимуму функції належності; b – коефіцієнт концентрації-розтягування функції належності.

Таблиця

Параметри	Назва, розмірність	Діапазон значень	Терми
x_1	Робочий тиск, атм.	100 ... 210	дуже низький (WL), низький (L), номінальний (N), високий (H)
x_2	Число ходів, xv^{-1}	0 ... 40	дуже мале (WL), мале (L), номінальне (N), велике (H)
x_3	Тиск на виході, атм.	0 ... 5	дуже низький (WL), низький (L), номінальний (N)
d	Стан системи	-	норма (d_1), пошкодження мембрани (d_2), втрата жорсткості пружин (d_3), зношення пар тертя (d_4), пошкодження рукавів високого тиску (d_5)

Результат діагностування формується на основі дерева логічного висновку (рисунок) та експертної бази знань, яка є нечітким носієм інформації про причинно-наслідкові зв'язки між входом та виходом.

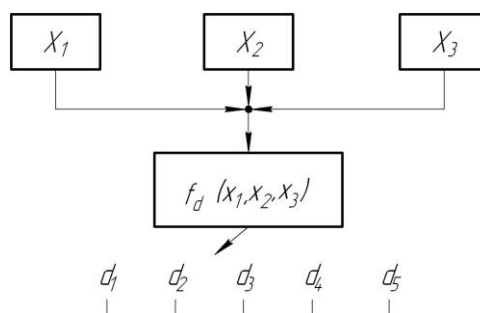


Рисунок. Дерево логічного висновку

В подальшому для тонкої настройки нечіткої моделі використаємо апарат генетичних алгоритмів, який забезпечує навчання системи відповідно до навчальної вибірки, отриманої в процесі експлуатації насосного обладнання.

Запропонована система дозволяє здійснювати моніторинг технічного стану в реальному масштабі часу. Виявлення несправностей здійснюватиметься шляхом безперервного діагностування технічного стану елементів системи, що дасть можливість перейти від планово-попереджувальних робіт до обслуговування за технічним станом.

Використання при діагностуванні методів нечіткої логіки для визначення поточного технічного стану насосних агрегатів є перспективним, оскільки дозволяє в автоматизованому режимі виявити причини відхилення фактичних характеристик щодо базових, забезпечити ефективну експлуатацію насосного агрегату, не допускаючи відмов, пов'язаних із зносом і руйнуванням деталей і вузлів насоса, тобто більш повно використовувати робочий ресурс обладнання. Це є важливим і в аварійних ситуаціях, коли швидкість постановки діагнозу і прийняття рішення є важливими для запобігання катастрофічних наслідків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Петрусь В. В., Коц І. В. Математична модель гідроприводу помпуючого вузла мембранного насоса // Науково-технічний журнал "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ". – 2006. – № 4 (21). – С. 73-77.
- Патент України на корисну модель № 29362. МПК₇ F04В 43/06. Гідроприводний мембранний насос / Коц І. В., Петрусь В. В. та ін. // Реєстраційний номер заявки u200710316; Заявл. 17.09.2007. Опубл. 10.01.2008. Бюл. №10.
- Баженов В.В. Оценка технического состояния и остаточного ресурса насосных агрегатов в условиях автоматизации магистральных нефтепроводов: Дис. ... канд. техн. наук / ГУП "ИПТЕР". – Уфа, 2004. – 129 с.
- Ширман А.Р., Соловьев А.Б. Практическая вибродіагностика и мониторинг состояния механического оборудования.- Москва, 1996. – 276 с.: ил.
- Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 736 с.:ил.
- Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1999. – 320 с.
- Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.– 167 с.