

VII

Автоматична діагностика об'єктів, машин і явищ за їх сигналами та полями

Automatic Diagnostics of Objects, Machines and Phenomena on Its Signals and Fields

Моделювання активної компенсації полігармонічного віброакустичного шуму

ЯРЕМА ЗЕЛІК, МИХАЙЛО ЛИЧАК,
АНАТОЛІЙ БОРИСЕНКО, СТАНІСЛАВ АБРАМОВИЧ

Інститут кібернетики НАН

Україна, 252022 Київ,
проспект Академіка Глушкова 40

Тел.: (044) 267-6762

Електронна пошта: zelyk@d305.ms.kiev.ua

Ярема Зелік, Михайл Лычак, Анатолий Борисенко, Станислав Абрамович. Моделирование активной компенсации полигармонического виброакустического шума.

Предложена цифровая система активной компенсации полигармонического виброакустического шума. Разработаны алгоритмы управления системой и созданы пакеты программ для моделирования активного гашения.

Пропонована доповідь є продовженням розвитку проблеми активної компенсації віброакустичного шуму, розглянутої авторами в [1-3]. Припускається, що компенсований полігармонічний шум є періодичним з чітко вираженими частотами основної та кратних їй гармонік у спектрі. Для простоти моделювання розглядається компенсація шуму в одній точці.

Функціональна схема установки для моделювання активної компенсації акустичного шуму зображена на рис. 1.

Шум від зовнішнього чинника в деякому приміщенні моделюється випромінювачем Ш, заживлюваним від генератора Г періодичних сигналів спеціальної форми. Акустичний сигнал сприймається мікрофоном М, перетворюється в цифрову форму за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і цифрового атenuатора (ЦА АЦП) і потрапляє в керувальну обчислювальну машину (КОМ), наприклад, ПЕОМ. В КОМ здійснюється спектральний аналіз сигналів на основі перетворення Фур'є (ПФ), вирахування згідно з алгоритмом керування коефіцієнтів Фур'є керувальних дій і генерування за допомогою зворотнього ПФ часових

реалізацій сигналів керування. Останні через цифро-аналоговий перетворювач

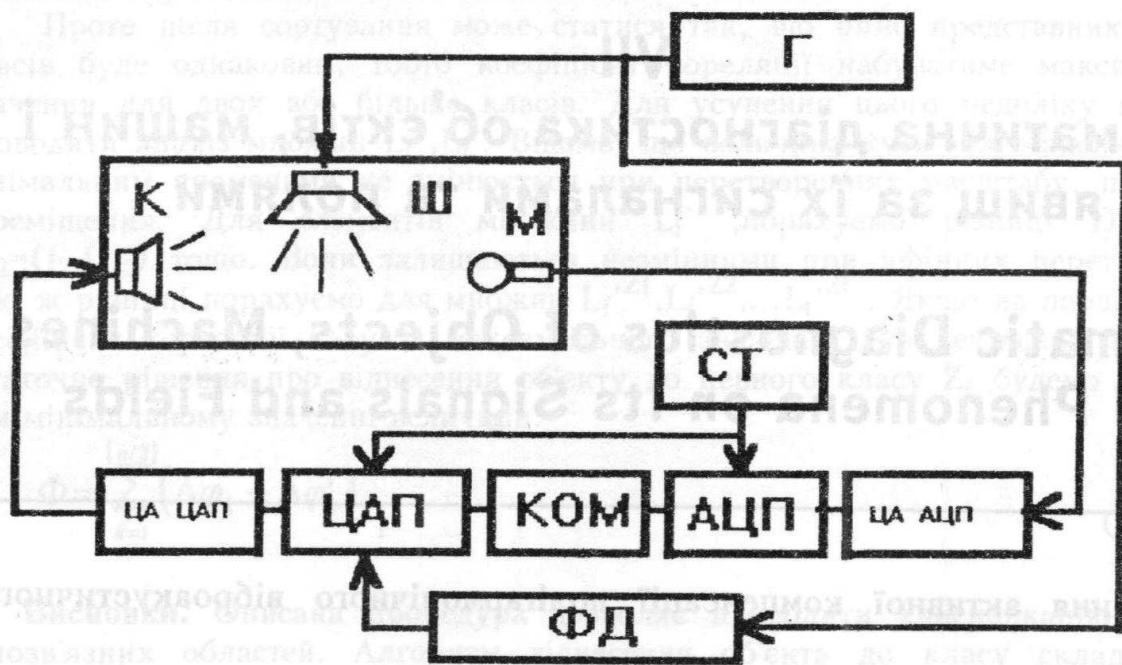


Рис. 1

(ЦАП) і цифровий атенюатор (ЦА ЦАП) перетворюються в аналогову форму і потрапляють на випромінювач звуку К, який збуджує компенсаційний акустичний сигнал. При суперпозиції останнього з шумом від випромінювача Ш забезпечується компенсація звуку в контрольній точці. Пристрої введення-виведення інформації в КОМ (ЦАП і АЦП) синхронізуються імпульсним сигналом від синхронізатора-таймера (СТ). Систему активної компенсації (САК) утворює мікрофон М, пристрой введення-виведення КОМ і випромінювач К. Об'єктом керування (ОК) є тракт "компенсаційний випромінювач-середовище-мікрофон".

Суттєва особливість запропонованої САК полягає в тому, що вона є цифровою. В цьому випадку виникає проблема створення керованого цифрового компенсаційного джерела, яке представляє собою послідовно сполучені ЦАП, ЦА ЦАП та випромінювач звуку К і є когерентним з джерелом компенсованого шуму Ш. Оскільки поняття когерентності двох хвиль передбачає, що в детермінованому випадку вони синфазні на кожній певній частоті, то для здійснення активної компенсації полігармонічного шуму слід вирішити дві проблеми:

точно виявити частоти основної та кратних їй гармонік;

забезпечити на виявлених частотах синхронізацію компенсаційного і компенсованого сигналів за фазою.

Перша проблема вирішується програмовими засобами шляхом проведення детального спектрального аналізу і виявлення піків в проаналізованому спектрі шуму. Для вирішення другої проблеми використовується апаратний пристрій - фазовий детектор (ФД). На вход ФД потрапляє сигнал від Г, який власне і викликає компенсований шум. На його виході генерується послідовність імпульсів в моменти, кратні періодові шуму (моменти зміни знаку періодичного шумового сигналу з "-" на "+"). Згадана послідовність імпульсів з виходу ФД потрапляє на

один з керуючих входів ЦАП, в якому відбувається фіксування періоду генерованого компенсаційного сигналу в моменти появи імпульсів. Таким чином, забезпечується рівність періодів компенсаційного і компенсованого сигналів та їх синфазність й уникається можливість виникнення "биття" при їх суперпозиції. Необхідність використання ФД для синфазування вказаних сигналів зумовлена найбільше тим, що частота основної гармоніки компенсованого шуму на практиці сильно різносторонньо дрейфує в невеликому околі деякого точного значення. Остання обставина була виявлена навіть при експериментах з атестуванням генератором періодичних сигналів спеціальної форми як джерелом компенсованого шуму.

На основі лінійної математичної моделі САК, розглянутої в [1-3], розроблені алгоритми адаптивного керування трактом компенсації як ОК, які є процедурами типу стохастичної апроксимації. Створені пакети програм для побудови цифрової системи активної компенсації вібраакустичного шуму на базі ПЕОМ IBM PC AT. У відділі дискретних систем створені та розробляються пристрой введення-виведення інформації в ПЕОМ. Програми написані в операційній системі MS DOS з використанням інструментального засобу програмування Turbo C++ мовами С, асемблер .

Перший пакет програм призначений для проведення ідентифікації тракту компенсації як ОК при використанні широкосмугового вхідного сигналу. В результаті його роботи оцінюється частотна характеристика тракту компенсації в 1024 відліках робочого частотного діапазону. Другий пакет програм призначений для широкосмугового спектрального аналізу і наближеного виявлення частоти основної та кратних їй гармонік шуму. Третій пакет програм використовується для докладного спектрального аналізу шуму за допомогою швидкого ПФ, у якого дискретність за частотою рівна частоті основної гармоніки. Далі в цьому пакеті розраховується початкове наближення коефіцієнтів Фур'є гармонік вхідного сигналу системи компенсації, які забезпечують погашення шуму.

В експериментах з активної компенсації, проведених з використанням створеної модельної системи, було досягнуто зниження рівня шуму до рівня фону у вимірювальному мікрофонному тракті, що складало 80 разів.

Література

1. Зельк Я.И., Кунцевич В.М., Лычак М.М. Об одном методе активной компенсации акустических шумов в кабинах летательных аппаратов // Безопасность полетов в условиях опасных внешних воздействий. Тезисы докладов I Всеобщей научно-технической конференции. - Киев. - КИИГА. - 1981. - С. 81.
2. Воротынцев В.М., Зельк Я.И., Лычак М.М., Токарев В.И. Исследование активных методов снижения шума в кабинах экипажа // X Всесоюзная акустическая конференция. Тезисы докладов. - Москва. - Акустический институт АН СССР. - 1983. - С. 50-52.
3. Зельк Я.И. Адаптивна активна компенсація багатовимірного полігармонічного вібраакустичного шуму// I Українська конференція з автоматичного керування. Автоматика 94. Тези доповідей у 2 ч. - Київ. - Інститут кібернетики НАН України. 1994. - Ч. 1. - С. 56.

Моделювання механічних навантажень в системах випробувань виробів нової техніки

АНАТОЛІЙ БОРИСЕНКО, ЯРЕМА ЗЄЛИК, МИХАЙЛО ЛИЧАК

Інститут кібернетики НАН

Україна, 252022 Київ,

проспект Академіка Глушкова 40

Тел.: (044) 267-6762

Електронна пошта: aibor@d305.ms.kiev.ua

Анатолий Борисенко, Ярема Зелык, Михаил Лычак. Моделирование механических нагрузок в системах испытаний изделий новой техники.

Предложена цифровая система моделирования механических нагрузок в процессе испытаний изделий новой техники. Обсуждаются вопросы построения и функционирования системы.

В процесі розробки зразків нової техніки важливе місце займають різноманітні випробування, серед яких можна виділити, як найбільш суттєві, вібраційні випробування. Такі випробування особливо актуальні для виробів машинобудування, приладобудування, авіаційної та космічної техніки. Відсутність методів розрахунку віброміцності і вібростійкості виробів змушує дослідників застосовувати різноманітні системи, що моделюють механічні навантаження, яким піддаються конструкції в режимі нормального функціонування. В залежності від ступеня важливості виробу можуть проводитися як спрощені випробування (при гармонічному, полігармонічному збудженні), так і більш складні види випробувань (при широкосмуговому випадковому навантаженні, ударі, комбінованій дії). Тому системи моделювання механічних навантажень повинні, по можливості, відтворювати цілий ряд навантажень.

Для керування процесом навантаження виробів необхідно мати математичну модель комплексу, який включає вібростенд, задавальні і вимірювальні кола, випробований виріб. В аналітичному вигляді отримати такі моделі неможливо, тому в системі використовується лінійна математична модель з ідентифікацією її параметрів.

Задача відтворення заданого режиму механічного навантаження формулюється як задача одержання на виходах датчиків сигналів з заданими характеристиками. Для реалізації поставленої мети керування використовуються градієнтні алгоритми керування і алгоритми типу стохастичної апроксимації.

Система моделювання механічного навантаження виробів нової техніки створюється на базі персональної ЕОМ типу IBM PC AT з процесором не нижче 80286. Зв'язок ЕОМ з об'єктом керування здійснюється через пристрій спряження з об'єктом, який включає блок генерування сигналів навантаження, блок введення і попередньої обробки сигналів з датчиків, блок синхронізації, блок швидкого перетворення Фур'є. Для підвищення завадозахищеності зараз розробляється варіант системи, яка використовує для передачі сигналів волоконно-оптичні лінії зв'язку.

Програмне забезпечення (ПЗ) системи написане на алгоритмічній мові С в інструментальній системі BORLAND C. ПЗ розроблене з врахуванням вимог, що ставляться дослідниками до таких систем. ПЗ дозволяє виділити всі основні етапи випробувань (введення завдання, ідентифікація, випробування, обробка результатів та інше). З точки зору ПЗ система є відкритою, тобто дозволяє легко

додавати нові режими випробувань, нові види обробки результатів чи виключати старі. Випробування ілюструються багатим графічним матеріалом.

Система моделювання механічних навантажень дозволяє проводити наступні види випробувань: випробування при сканувальному гармонічному збудженні, випробування при гармонічному і полігармонічному збудженнях, випробування при широкосмуговому випадковому збудженні.

Проведені попередні випробування показали високу ефективність системи.

Комп'ютерні технології статистичного аналізу сигналів вібрацій для контролю технічного стану та діагностики машин

ЮРІЙ ВАСИЛИНА, ВІКТОР МИХАЙЛІШИН

Фізико-механічний інститут НАН

Україна, 290601 Львів

вул. Наукова, 5

Тел.: (0322) 654-340, (0322) 649-327

Електронна пошта: panasiuk%fini.lviv.ua.@reley.ussr.eu.net

Юрий Васильина, Виктор Михайлишин. Компьютерные технологии статистического анализа сигналов вибраций для контроля технического состояния и диагностики машин.

Рассматриваются новые перспективные статистические методы и алгоритмы анализа сигналов вибраций. Приводятся примеры практического применения разработанного программного и технического обеспечения.

Задача розробки ефективних систем контролю параметрів технічного стану машин і механізмів в робочих умовах являє собою завдання виняткового значення для забезпечення їх безаварійного функціонування, розпізнавання неполадок вузлів та деталей на початкових стадіях їх розвитку, планування ремонтних робіт [1]. Одним з найважливіших підходів до її розв'язку є застосування методів вібродіагностики. Оскільки вібраційний сигнал є наслідком механічної взаємодії деталей механізмів, що утворюють кінематичні пари, як от пара коліс в зубцевому зчепленні, тіло кочення і сепаратор в підшипниках кочення, циліндр і поршень в двигуні внутрішнього згорання тощо, а їх властивості визначають характер такої взаємодії, то природно такі "шкідливі" для машини коливання є джерелом інформації про її технічний стан.

В цілому результативність методів діагностики зумовлена можливостями обробки сигналів вібрацій. Їх аналіз та інтерпретація ґрунтуються на відповідним чином вибраних моделях. Оскільки результати акселерометричних вимірювань можна трактувати, взагалі кажучи, як з детерміністичної точки зору, так і з використанням ймовірнісного підходу, виявлення, опис та аналіз закономірностей вібросигналів викликає необхідність створення й розвитку адекватних моделей часових рядів, методів та алгоритмів їх обробки, комплексів програмного забезпечення та інструментальної підтримки процесів технічної діагностики стану машин [2].

Існує великий клас механізмів циклічної дії, в яких взаємодія вузлів підпорядкована періодичному закону, що пов'язаний з обертанням. До таких об'єктів належать турбоагрегати різноманітного призначення, двигуни внутрішнього згорання, паливна апаратура дизелів, коробки передач та ін. Періодичність

робочого процесу в них знаходить чітке відображення в характеристиках вібросигналів. Такого роду шкідлива періодична вібрація викликана, як правило, незрівноваженістю мас і розглядається як вимушений коливний рух цілого механізму відносно положення рівноваги. Вважають, що для її опису достатньо детермінованих моделей у вигляді періодичних функцій. Інформативними ознаками вібросигналу тут є період (частота), амплітуди і початкові фази гармонічних складових періодичної функції, що наближено описує коливання. Контроль амплітуди вимушених коливань дає змогу виявляти значні зміни параметрів технічного стану устаткування, що граничить з аварійною ситуацією в процесі експлуатації машини. Наприклад, причинами зростання амплітуди коливань на частоті обертання ротора можуть бути: відхилення від співвісності валів, порушення геометрії вузлів обертання (підшипника, диска турбіни, колеса редуктора, гвинта насоса та ін.), а також періодичні сили, що створюються нормальним робочим процесом. Поява дефектів вузлів машин на ранніх стадіях специфічно впливає на процеси вимушених (детермінованих) періодичних вібрацій. Розвиток таких дефектів викликає у вібраційному сигналі ріст числа й амплітуд короткотривалих імпульсів, що модулюють амплітуду вимушених та власних коливань системи. Так, локальний дефект типу викришування, корозії або ерозії поверхонь модулює амплітуду вимушених коливань. Локальні дефекти у вигляді задирів (спричиняють заїдання, скоплення) контактуючих поверхонь модулюють фазу вимушених коливань. В обох випадках характер такої модуляції є стохастичний. А відтак існує проблема ймовірнісного опису стохастично модульованих осциляцій механічного походження.

Відомі ймовірнісні підходи до задачі аналізу стохастичних складових сигналів вібрацій у вигляді стаціонарних випадкових процесів передбачають використання в якості діагностичних ознак усереднених в часі характеристик, як от оцінок кореляційної функції, спектральної густини потужності, моментних функцій розподілу ймовірностей стаціонарних випадкових процесів. Оскільки фаза вимушеного періодичного збурення в машині вносить рівномірну часову структуру в стохастичні відхилення від ідеальної періодичності, стохастично модульовані по амплітуди й фази вібрації не є інваріантними в часі. Саме з цієї причини експлуатаційні дефекти, що зароджуються, не можуть бути вчасно виявлені і розпізнані за допомогою методів гармонічного аналізу чи теорії стаціонарних випадкових процесів.

Формалізувати, виявити та систематизувати принципово нові закономірності стохастично модульованих вібраційних процесів можна за допомогою ймовірнісних моделей ієрархічно вищих від вже згаданих, а саме у вигляді періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП) та їх узагальнень [3]. Структура сигналів вібрацій в рамках моделі ПКВП задається періодичними функціями математичного сподівання, коваріації та спектральної густини потужності:

$$m(t) = E\xi(t) = m(t + T), \quad b(t,u) = E^0 \xi(t) \xi(t+u) = b(t+T,u),$$

$$\xi(t) = \xi(t) - m(t),$$

$$f(\omega,t) = \frac{1}{2\pi} \int_R b(t,u) \exp(-i\omega u) du.$$

Математичне сподівання $m(t)$ описує детерміновані періодичні зміни, спричинені вимушеними коливаннями, мова про які вже йшла, дисперсія $b(t,0)$ - періодичність $b(t,u)$ потужності спонтанних флюктуацій біля періодичних коливань, кореляційна функція $b(t,u)$ - характер періодичної мінливості по t кореляційних зв'язків між віддаленими на інтервал часу u значеннями флюктуаційного процесу, спектральна густина потужності $f(\omega,t)$ - закономірності розподілу потужності стохастичних процесів на площині частота-час.

Розроблені методи статистичного аналізу стохастично модульованих сигналів вібрацій як реалізацій ПКВП ґрунтуються на принципі демодуляції - множенні реалізації процесу на вибрану спеціальним чином періодичну функцію $h(t)$ й подальшому усередненні. В доповіді розглядаються конкретні випадки вибору демодулюючого перетворення з врахуванням специфіки процесів вібрацій на основі відповідних критеріїв оптимальності, що будуються по відношенню до якості оцінок. Дається докладний аналіз створеного комплексу алгоритмічного та програмного забезпечення, котрий в поєднанні з теоретичними дослідженнями методів статистики ПКВП і складає математичний фундамент нової комп'ютерної технології статистичного аналізу стохастичних вібрацій. З метою забезпечення ефективного практичного застосування розробленої комп'ютерної технології на базі персонального комп'ютера 486DX2-50"Notebook" створена сучасна, зручна у користуванні цифрова вимірювальна система для контролю технічного стану машин та їх діагностики. Гнучкість системи програмних засобів дає змогу швидко налаштовувати алгоритми контролю на оцінку найрізноманітніших параметрів вібрацій вузлів та механізмів машин, необхідних при діагностиці та прийнятті важливих рішень щодо подальшої експлуатації машини та її ремонту. Контроль навантаженості та виявлення пошкоджень, наприклад, підшипників та зубцевих передач, ґрунтуються головним чином на отримані часових рядів вимірювань прискорення на корпусах механізмів. В доповіді представлені результати статистичного аналізу вібрацій, котрі виразно демонструють ефект від застосування нових моделей сигналів, методів та алгоритмів їх обробки і свідчать про змогу контролювати процес зародження дефектів вже на ранніх стадіях.

Література

1. Luelf G., Klein U. Grundlagen rechnergestuetzter Maschineneueberwachung und praktische Anwendungen. Messen&Pruefen, N. 3, 1991, S. 92-96.
2. Генкин М.В., Соколова А.Г. Вибраакустическая диагностика машин и механизмов. - М.: Машиностроение, 1987. - 288 с.
3. Михайлишин В.Ю., Яворський І.М. Методи оцінки ймовірнісних характеристик періодично корельованих випадкових процесів/ В кн. "Питання оптимізації обчислень. Тези доповідей симпозіуму", Київ: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова АН України, 1993, С. 107-108.



New Information Technology of Deep Diagnosis in Electromechanical Devices

ANATOLIJ KULYK, ANDRIJ KOZIJ, NATALIA OTRADNOVA

Aviation Institute

Ukraine, 310084 Kharkiv

Chkalov Str. 17,

Tel.: (0572) 44-2790 Fax: (0572) 44-1131

Anatolij Kulyk, Andrij Kozij, Natalia Otradnova. New Information Technology of Deep Diagnosis in Electromechanical Devices.

The problem of accurate diagnosis in electromechanical devices for different purposes is considered. New information diagnosis technology which is based on the complex use of possibilities of models, algorithms, programs and equipment is suggested. Accurate ascertaining of fault reasons is ensured by the use of a new class of diagnostic models which reflect mathematically a connection between symptoms to be accessible for measuring and internal features which characterize faults. The results of the experimental investigation of the technology suggested for pneumatic servoactuator are described.

Introduction. A low level of diagnostic support of electromechanical devices (electric, hydraulic, pneumatic actuators, electromotors, etc.) at the stage of operation leads to great technical-and-economical expenses for repair. Programmable automation for a process of diagnosis in such devices allows to increase considerably the quality of diagnosis, namely promptitude, depth and its reliability.

There is a number of approaches to be applicable to a problem of algorithmic estimation of a technical state of electromechanical devices, e.g. the signal approach by P. Frank [1] or the parametric one by R. Isermann [2]. They are based on using the reference models. The essential disadvantages of these approaches are low diagnosis depth to be limited, as a rule, up to a constructively-completed part of the object, as well as, practically unsatisfactory reliability of diagnosis. These demerits have been eliminated in a new signal-parametric approach by Kulik [3]. The peculiarity of the approach consists in using a new class of models, namely diagnostic ones, for development of diagnosis algorithms. The diagnostic model (DM) is a mathematical description of a concrete emergency mode of functioning, i.e. it reflects a cause-and-effect connection of the objective symptoms of a fault with electromechanical device characteristics accessible for measuring. Moreover, the DM reflects peculiarities of conversion of the measuring information inside a hardware-and-software interface of a diagnosis computer system. These peculiarities have a significant influence on diagnosis accuracy. A complete solution for a problem of electromechanical devices computer diagnosis is connected with solving both problems of developing tools and a complex problem of forming a technology of obtaining a computer diagnosis by the results of automatic measuring of signals and their respective processing. In the article the results of solving the diagnosis problem described are given in a form of a new information technology.

Peculiarities of the diagnosis technology. The technology is based on the complex use of tools: mathematical, algorithmic, program and equipment ones, as well as, a methodology of their purposeful utilization for obtaining an accurate on-line diagnosis.

Models. An emergency state of electromechanical devices is described by a system of equations in a general form:

$$\begin{aligned}\tilde{x}(k+1) &= f[\tilde{x}(k), u(k), \lambda, \xi(k)]; \\ \tilde{y}(k) &= g[\tilde{x}(k), u(k), \lambda, \eta(k)]; \quad k \in K,\end{aligned}\tag{1}$$

where $\tilde{x}(k)$ is the diagnosis object state vector; $u(k)$ is a control influences vector; λ is a vector of the objective parameters of faults; $\tilde{y}(k)$ is a vector of the object measurable variables; $\xi(k)$ and $\eta(k)$ are vectors of simulation and measure errors respectively; $f[\cdot]$ and $g[\cdot]$ are vectorial nonlinear functions; K is a set of numbers of measurements which correspond to a period of measuring.

The used diagnostic models connect deviations from reference behaviour of the object signal characteristics $\Delta x(k)$ and $\Delta y(k)$ with deviations from nominal values of the respective objective symptoms $\Delta \lambda$ by means of such relations

$$\begin{aligned}\Delta x(k+1) &= \psi[\tilde{x}(k), \Delta x(k), u(k), \Delta \lambda, \xi(k)]; \\ \Delta y(k) &= \gamma[\tilde{x}(k), \Delta x(k), u(k), \Delta \lambda, \eta(k)], \quad \Delta \lambda \in L,\end{aligned}\tag{2}$$

here $\psi[\cdot]$ and $\gamma[\cdot]$ are nonlinear vectorial functions of the type depending on the used metod of the diagnostic models design [4].

Algorithms. The use of the diagnostic models allowed to formalize the process of designing (with the given depth, promptitude and reliability) the diagnosis algorithms to be optimal on technical-and-economical criteria.

It was possible to reduce the diagnosis algorithms to a form of a dichotomic tree in nodes of which two-valued predicate equations are used:

$$\mu_j = S_2[\Delta y(k), V_j(k), \delta_j]; \quad \mu_j \in \{0,1\}, \tag{3}$$

where $V_i(k)$ are sensitivity functions of a diagnostic model including an objective parameter λ_i ; δ_j is a threshold value performing the relation under the predicate sign S_2 . To decrease the influence of $\xi(k)$ and $\eta(k)$ errors the processing of input data arrays is carried out with the help of the confidence factors. As a result the μ_j value obtained determines the direction of a further search of objective faults symptoms. The tree is ended by leaves which correspond to concrete faults manifestations.

Software. Program tools represent an instrument environment for solving integratedly all the technical and technological questions connected with the problem of diagnosis in electromechanical devices. Uniqueness of software for each concrete problem is conditioned by peculiarities of the diagnostic models developed and realized, diagnosis algorithms and a configuration of the measuring control equipment. At the same time the designing of the diagnostic program complex is possible using the basic software structure which includes main and auxiliary parts. According to the basic structure suggested the main part consists of the standard units of fault detection, location, class and type identification and, possibly, determination of the concrete physical cause of fault appearance. Internal content of these units is program realization of the corresponding diagnosis algorithms and it is unique for each concrete problem. The auxiliary part of the software is aimed for ensuring the process of obtaining diagnosis object input information, its preliminary processing and storing, as well as, carrying out the interface and control functions.

The use of the suggested approach using the basic software structure allows to apply the possibilities of a special problem-based language of developing diagnostic software complexes. Such a language can be created on the basis of any high-level programming language (e.g. Turbo Pascal IDE). It will allow to achieve a steep rise in efficiency, promptitude and accuracy of the development of diagnostic program complexes.

Hardware. Hardware is of great importance in a technological chain of a process of diagnosing the electromechanical devices. As parts of hardware the subsystems of measuring, interface and computing are distinguished. The first two subsystems ensure the obtaining of the diagnosis object input data, and the computer complex carries out controlling and calculating functions. When developing the configuration of hardware tools for a concrete problem (for a concrete electromechanical object) it's preferably to use standard widespread units. However in a number of cases the available standard tools do not satisfy a designer by their technical characteristics. In that case the development of unique elements is required (e.g. sensors, converters, interfaces, computers). As a result, a hardware configuration designed for solving a concrete diagnosis problem is of unique character in spite of the use of standard units in its composition.

To obtain an accurate diagnosis of a technical state of an electromechanical object it's important to take into consideration transformation properties of the measuring equipment and interface hardware because the errors introduced by them can, in a number of cases, disrepresent considerably a diagnosis result.

Methodology. A system-forming factor of the technology is the principle of consecutive removal of an uncertainty of faults characteristics. The use of this principle has allowed to form the ways, the order and cyclograms of utilization of the instrument tools described. With their help there was developed the structured control machine program that controls the preparation of the system for operation, measurements gathering, formation of datafiles, logical conclusion about a technical state, graphic interface with a user and a number of other functions that ensure obtaining a deep, prompt and reliable diagnosis.

Application. The technology developed has been used for creating the diagnostic support of a pneumatic servoactuator of a pilotless aircraft in conditions of stand tests. Twelve emergency situations have been simulated on the stand. They are

connected with feed-wires breaks, drifts in amplifiers and pot resistors, pressure drop, etc. The hardware part consisted of a servoactuator with systems of power supply, auxiliary devices for faults simulation and ensuring operation of a servoactuator, a computer IBM PC/AT, a board of interface with it. Mathematical and algorithmic support and software have been developed for the given type of a servoactuator and its typical faults. The experimental investigations of the servoactuator have confirmed the efficiency of the technology created that makes it possible to obtain the fixed depth of faults, promptitude of the diagnosis up to 60-80 sec. and reliability up to 95%.

References

1. Frank P.M. Fault diagnosis in dynamic systems using analytical and knowledge-based redundancy. *Automatica*, 26, 1990, pp. 459-474.
2. Isermann R. Process fault detection based on modelling and estimation methods - a survey. *Automatica*, 20, 1984, pp. 387- 404.
3. Kulik A.S. Fault diagnosis in dynamic systems via signal-parametric approach. IFAC/IMACS Symposium SAFEPROCESS'91, Baden-Baden, Vol. 1, 1991, pp. 157-162.
4. Kulik A.S., Sirodza I.B., Shevchenko A.N. Designing of diagnostic models when developing of dynamic systems diagnosis support. Part 1. - Kharkov (Institute of Machine Building Problems, Ukrainian Academy of Sciences, preprint N 302), 1989.

Методи вібродіагностування технічного стану підшипниковых вузлів

ВАСИЛЬ МИГАЛЬ, МИКОЛА НАГОРНИЙ

Східна філія ІМЕСІГ УААН

Україна, 310124 Харків

проспект 50-річчя ВЛКСМ 65Г

Тел.: (057) 624-153

Василий Мигаль, Николай Нагорный. Методы вибродиагностики технического состояния подшипниковых узлов.

Представлен типовой спектр вибрации ротора на подшипниках качения. Основные источники вибрации, возбуждаемых дефектами подшипникового узла, представлены пиками от А до К. Основные методы диагностирования технического состояния подшипниковых узлов представлены частотными диапазонами I, II, III. Описаны методы диагностирования технического состояния подшипниковых узлов в представленных диапазонах частот, указаны недостатки и преимущества каждого метода.

Представлений типовий спектр вібрації ротора на підшипниках качення. Основні джерела вібрації, які викликають дефектами підшипникового вузла, представлені піками від А до К. Основні методи діагностування технічного стану підшипниковых вузлів представлені частотними діапазонами I, II, III. Діагностування джерел вібрації підшипників в частотному діапазоні I засноване на виділенні та аналізі дискретних складових вимушених коливань або на основних частотах, збудження яких спричинене появою дефектів різних елементів підшипника. В діапазоні II - аналіз зміни властивостей амплітудної огибаючої вібросигналу на частоті модуляції, що характеризує визначений дефект на резонансних частотах підшипникового вузла $1 \text{ кГц} \leq f_1 \leq 20 \text{ кГц}$, а в діапазоні

III - на резонансній частоті віброперетворювача $30 \text{ кГц} \leq f_2 \leq 500 \text{ кГц}$, де f_1 - власна частота підшипникового вузла; f_2 - власна частота віброперетворювача.

Використання для вирішення діагностичних задач рівня складових вібрацій з визначеною частотою має свої переваги й недоліки. До переваг треба віднести простий спосіб їх вимірювання й можливість реалізації діагностичних моделей у просторі. Наприклад, при діагностуванні технічного стану ротора за величиною неурівноваженості, яка визначає рівень вібрації машини на частоті обертання. В цьому випадку відоме порогове значення величини неурівноваженості, перевищення якого означає відказ машини. До недоліків використання гармонічних складових вібрацій як діагностичних параметрів треба віднести сильний розкид їх величини у часі і на множині машин, які не мають дефекту.

Цей розкид обумовлений не стільки зміною сил-чинників, скільки зміною режимів роботи й зовнішніх умов, наявністю резонансів у коливальних системах зі змінною, від машини до машини, власною частотою і добротністю, що залежать від багатьох факторів, які не підлягають урахуванню. В результаті, дефекти, які зароджуються, слабо впливають на рівні вібрацій і не можуть бути виявлені на фоні їх випадкових флюктуацій, що не дозволяє виявити дефект на початковій стадії розвитку, а також і вирішити задачу прогнозу технічного стану машини. Тому вибрати діагностичні ознаки необхідно так, щоб дефект сильно впливав на значення діагностичного параметра при слабкому впливанні на нього зовнішніх умов і режимів роботи машини. Бажано забезпечити можливість ідентифікації дефектів, оскільки кожний вид дефекту розвивається і впливає на ресурс машини по-своєму. Не менш важливо забезпечити простоту і доступність вимірювання діагностичних параметрів, які кількісно характеризують вібраційні діагностичні ознаки.

Вибір високочастотної вібрації як діагностичного сигналу дозволяє досить просто розділяти сигнали підшипників різних підшипниківих вузлів, оскільки високочастотна вібрація сильно затухає при поширенні.

Прогнозування по вібраційним характеристикам оптимальних параметрів конструкцій машин

ВАСИЛЬ МИГАЛЬ, МИКОЛА НАГОРНИЙ

Східна філія ІМЕСГ УААН

Україна, 310124 Харків
проспект 50-річчя ВЛКСМ 65Г
Тел.: (057) 624-153

Василий Мигаль, Николай Нагорный. Прогнозирование по вибрационным характеристикам оптимальных параметров конструкций машин.

Приводятся результаты многочисленных экспериментальных и теоретических исследований по выбору критерия оценки технического состояния роторных машин по вибрационным характеристикам на стадии проектирования.

Показано, что в зависимости от применяемых подшипников качения с индексом шумности Шз требования к оптимальной разработке конструктивно-технологических параметров деталей узлов машин можно задать наклоном прямой с разницей уровней вибрации 40дБ между точкой А на частоте 5Гц и точкой В на частоте 10кГц третьоктавного спектра. По мере совершенствования конструкции и повышения точности

изготовления и качества подшипников выше Шз или применения подшипников скольжения угол наклона прямой АВ снижается за счет снижения уровней вибрации преимущественно в области высоких частот с разницей уровней вибрации между точками А и В спектра 30дБ.

За допустимые уровни виброускорения при создании новых машин можно применять требования прямой АВ, которая должна проходить минимум на 20дБ ниже предельно допустимых значений вибрации, предусмотренных стандартом НСО 2372 или других статистических данных накопленного опыта для соответствующего класса /группы/ машин.

Головним і найбільш складним при створенні нових машин є визначення вихідних вимог до допустимих рівнів вібрації порогових значень для прогнозування вимог до параметрів стану машин, які розробляються. При розробці машин, які мають прототипи, значення порогових вібрацій визначаються якомога нижчими допустимих на певну кількість дБ. Результати численних досліджень показують, що для більшості машин на підшипниках кочення з індексом шумності Шз вимоги до оптимальної розробки конструкторсько-технологічних параметрів деталей вузлів машин можна задати нахилом прямої з різницею рівня вібрації 40 дБ між точкою А на частоті 5Гц і точкою В на частоті 10кГц третьоктового спектру.

По мірі удосконалення конструкції і підвищення точності виготовлення і якості підшипників кочення кут нахилу прямої АВ знижується за рахунок зниження рівня вібрації переважно в області високих частот. Для машин на підшипниках ковзання або підшипниках кочення з високим індексом шумності різниця рівнів вібрації між точками А і В спектру наближається до 30дБ. Помилки в виборі нахилу прямої АВ висувають неоднакові вимоги до віброактивності розроблюваних вузлів машин, не роблять машину рівнонадійною по всім деталям і вузлам, приводять до появи слабких вузлів.

Оцінки віброактивності машин по максимальному рівню в широкій смузі частот, які використовуються у даний час, не можуть вважатись задовільними, оскільки опір передавальних збурень конструкції має явно виражену частотну залежність, тобто машини з однаковими рівнями максимальної вібрації на деяких частотах володіють різною вібраційною активністю.

За допустимі рівні віброприскорення при створенні нових машин можна приймати вимоги прямої АВ, яка повинна проходити мінімум на 20дБ нижче гранично допустимих значень вібрації стандарту НСО 2372 або других статистичних даних накопиченого досвіду для відповідного класу (групи) машин.

Створення машин і механізмів з рівнями вібрації нижчими вимог прямої АВ по 26, 32, 38дБ, що відповідає прямій A^*B^* , рівноцінно відповідному підвищенню надійності машин в експлуатації.

Якщо макет машини по рівню вібрації в широких межах частот відповідає вимогам ТУ або відповідному стандарту, це ще не повністю відображає його конструкторсько-технологічну досконалість.

Критерієм конструкторсько-технологічної досконалості машини є відсутність в третьоктавному спектрі віброприскорень від 5Гц до 10Гц піків, які перевищують 10дБ над рівнями вібрації в сусідніх смугах частот, і розташування рівнів вібрації машини нижче вимог прямої A^*B^* . Розробляються рекомендації по визначеню розрахункового спектру вібрації машини для всіх основних джерел збурювальних

сил, проводиться оптимізація конструктивних параметрів машин, які проектуються, випробування і доводка їх макетів та дослідних зразків.

Many-Level Diagnostics of Cutting Tool Edge States in FMC Conditions

OLEKSANDR DEREVIANCHENKO, VITALIJ PAVLENKO,

OLEKSANDR ANDREJEV

Polytechnical University

Ukraina, 270044 Odesa,

prospekt Shevchenka 1

Tel.: (0482) 288-555

Oleksandr Derevianchenko, Vitalij Pavlenko, Oleksandr Andrejev. Many - Level Diagnostics of Cutting Tool Edge States in FMC Conditions.

The main problems of cutting tools' state control under condition of turning flexible manufacturing cell on the basis of projection registration of their cutting edge have been analysed. The procedures of edges reflection in measuring basis, their image restoration in technological basis and determination of tool state parameters have been given.

Introduction. Wear control and cutting tool (CT) state diagnostics flexible manufacturing cells (FMC) is one of the fundamental procedures, which are guaranteed reliability of FMC working.

The multitude of probable CT states may be presented as a state space X [1,2]. The space X contains classes of initial (C^0), operative (C^P) and final (C^H) CT states. Any of direct method of CT state control includes the implementation of the following main procedures [3]: 1. projection (reflection) of CT - control point to some measuring basis (basis of reflection), with the registration of one or several initial models of CT - control points; 2. restoration of CT - control point in technological basis (basis of restoration) and forming its secondary model; 3. placing together models of control points of sharp and worn-out CT which have been obtained step by step carrying-out procedures 1 and 2 in technological basis; 4. the determination of vector parameters. The projection takes place at the stage of CT-control. The new CT placed into FMC is put into control position. Here while interruption the process the registration of CT control point projection takes place with the help of contact, optical and some other sensors. Then the CT operation starts, the lathe being interrupted from time to time by reflection procedure (with the given frequency). Procedures 2,3,4 are carried out directly after obtaining control point model of sharp and worn-out CT with the help of FMC computer.

Main issues of many-level diagnostics of cutting tool edge states. As we showed in [3], the cutting edge (CE) is the most informative point of inspection in case of using direct control methods. CE is the basic functional element of the cutting tool, which determines dimensions and other characteristics of detail surface. Therefore description of CE states in some space is interesting. The characteristics, which are determined by CE geometry and microgeometry, are the components of proper vector $s = (s_1, s_2, \dots, s_r)$. It is necessary to know the CE state at any moment of exploitation CT (moment of inspection) T for the vector S^T forming. The method of

the CE model forming - as a line of intersection initial cutting wedge surfaces and a new forming one (as a result of wear) was worked out in Odessa Polytechnic University. According to this method, analytical CE model of sharp CT (U^0) or worn-out one (U^T) is the totality of CE points coordinates, which are determined in some system XYZ. This system is invariant to the inspection time T.

U^0 and U^T joint examination permits to determine the series of vector s^T components (CT state characteristics), among them following: s_{1i} is a characteristic, which determines the direction and type of CE shift relatively to the initial CT face; s_{2j} is a complex characteristic, which determines form of so-called contour of CE shifting (CCES) in base CT plane P_v ; s_{3k} is a characteristic, which defines CE local defects.

The characteristics s_1 , s_2 , s_3 ($r = 3$) are sufficient for CE state multitude diagnostics. Numbers of characteristics correspond to the diagnosis level and determine the diagnose profundity.

At the first diagnosis level such states as presence or absence of built-up edge, lowering of CE etc. are exposed (CE states of 1-st level - S_{1i} , $i = 1, 3$).

At the second level CT states, caused by nature of CE shift in plane are diagnosed (CE states of 2-nd level - S_{2j} , $j = 1, 6$).

At the third level such CE states as periodical defects on edge from local wear, CE flaking etc. are diagnosed (CE states of 3-rd level - S_{3k} , $k = 1, 4$).

In case diagnosis profundity $r=1$ the CE states are determined by correlation $S_T=S_{1i}$; in case $r=2$: $S_T=S_{1i} \& S_{2j}$; in case $r=3$: $S_T=S_{1i} \& S_{2j} \& S_{3k}$. The multitude of determined by this way CE states belongs to the discrete space S, which contains the classes of initial (S^0), operative (S^P) and final (S^H) CE states.

The multitude states in space X are determined by vector $x^T=(x_1^T, x_2^T, \dots, x_n^T)$. They are identified in stand inspection conditions, when all the CT inspection points are used. When CT state inspection takes place in FMC conditions, it is expediently to use only one inspection point. So it is necessary to determine the correspondence between the same named technologically significant elements of spaces X and S.

For example, to state C^P_{11} [1] (CT flank is partial worn-out with uniform wear along edge) corresponds such CE state: $S^P=S_{12} \& S_{21} \& S_{31}$ (where S_{12} - CE is on initial CT face; S_{21} - contour of CE uniform shifting takes place; S_{31} - CE has no defects). Nowadays the software for realization multi-level diagnostics of CT states has been worked out. This software is based on the theory of using pattern recognition. The proper software was tested in series of worn-out lathe tool states, which were registered at stand, modelling FMC inspect conditions. Researches have confirmed rightfulness of above-mentioned approach and showed sufficiently high trustworthiness of CT and CE diagnosis results.

References

1. Derevianchenko A.G., Tikhonov B.I., Ivashin B.I. An approach to the cutting tool state estimation in FMS. Proceeding of the 28-th International MATADOR Conference, UK, Manchester, UMIST, 1990, p. 523-526.
2. Tikhonov V.I., Derevianchenko A.G., Markovsky A.V., Evstigneev V.S. Cutting tool wear test signal processing in FMS. Proceeding of the 7-th International Conference on Systems Engineering, USA, Las Vegas, University of Nevada, 1990.

3. Derevianchenko A.G. Wear control and cutting tool state diagnostics. Moscow, VNIITEMR, 1989, 64 p.

Структура задач розпізнавання ситуацій у системах підтримки прийняття рішень реального часу

ВОЛОДИМИР ДИСКАНТ

Аерокосмічний інститут

Україна, 310070 Харків,

вул. Чкалова, 17

Тел.: (0572) 442-735 Факс: (0572) 441-131

Владимир Дискант. Структура задач распознавания ситуаций в системах поддержки принятия решений реального времени.

Рассматриваются постановки и методы решения задач распознавания технологических ситуаций в системах поддержки принятия решений: оценка режимов функционирования; диагностика отказов; прогноз режимов и формирование плана разрешения конфликтных ситуаций. Обсуждаются особенности задач в условиях АСУТП реального времени на технических объектах добычи и транспорта газа.

Вступ. Сучасні АСУТП реального часу містять у собі системи підтримки прийняття рішень (СППР) [1], що забезпечують підтримку діяльності оператора по ліквідації конфліктних ситуацій, у тому числі виявлення причин їх виникнення, прогноз розвитку технологічної ситуації та формування плану видачі керувальних дій. Для цього у складі СППР повинні бути засоби розв'язання основних задач: оцінка режимів функціонування, діагностика відмов, прогноз режимів та формування плану розв'язування конфліктних ситуацій. На основі аналізу особливостей цих задач в умовах АСУТП реального часу запропоновані моделі та методи побудови правил розпізнавання і прийняття рішень на базі логіко-функціональних моделей (ЛФМ) [2].

Постановка та методи розв'язання задач. Розв'язання задач базується на аналізі вхідних (X), вихідних (Y) та приведених (одержаних за допомогою імітаційних моделей) (P) параметрів об'єкта. Множина $Z=\{Z_1, \dots, Z_n\}$, $Z_i \subset X \cup Y \cup P$ створює простір можливих станів (ПМС) об'єкта. У просторі Z задаються області рішень $E=\{e_i\}, i=1, \dots, k$. Кожна область E містить в собі множину класів e_i , одержаних за рахунок об'єднання групи станів у класи еквівалентності по деякій властивості.

У загальному вигляді задачу прийняття рішень можна представити трійкою:

$$Z = \langle I, E, F \rangle,$$

де I - вхідні дані, E - область рішень, F - процедура прийняття рішень, яка реалізує відображення $I \rightarrow E$.

Задача оцінки режимів функціонування

$$Z^P = \langle \{X, Y, P\}, E^P, F^P \rangle$$

полягає у тому, щоб за значеннями параметрів X , Y та P визначити поточний режим $e_j^P \in E^P$. Область E^P включає у себе класи нормальніх, передаварійних та аварійних режимів. Процедура прийняття рішень F^P реалізується у вигляді комбі-

нованого правила класифікації $F^P: X \times Y \times P \rightarrow E^P$, побудованого за допомогою логіко-функціональних моделей розпізнавання. Особливість цієї задачі полягає в тому, що в процесі класифікації необхідно формувати простір ознак P у реальному часі.

Основною метою розв'язання задачі діагностики відмов

$$Z^O = \langle \{X, Y, P, E^P\}, E^O, F^O \rangle$$

є визначення виду відмови обладнання $e_j^O \in E^O$ на основі аналізу поточних параметрів об'єкта та відомого режиму функціонування $e_j^P \in E^P$. Правило класифікації $F^O: X \times Y \times P \times E^P \rightarrow E^O$ буде у вигляді дерева рішень, зв'язаного з ієрархічною структурою агрегатів та вузлів технічного об'єкта.

Прийняття рішень для формування плану розв'язування конфліктної ситуації базується на розв'язанні задачі

$$Z^A = \langle \{X, Y, P, E^P, E^O, E^A\}, E^A, F^A \rangle,$$

де процедура прийняття рішень $F^A: X \times Y \times P \times E^P \times E^O \rightarrow E^A$ використовується для того, щоб за відомими векторами станів Z , режиму e_j^P та видам відмов $E^O \subset E^O$ сформувати послідовність дій диспетчера для ліквідації конфліктної ситуації з врахуванням нормативного резерву часу. Область рішень E^A містить у собі типові процедури дій диспетчера.

Формально задача прогнозу режимів визначається як

$$Z^n = \langle \{X, Y, P, E^P, E^O, E^A, E^n, F^n\} \rangle.$$

Суть задачі полягає в тому, щоб на основі аналізу поточного стану Z , режиму e_j^P , видам відмов $E^O \subset E^O$ та передбачених дій e_j^A визначити розвиток технологічної ситуації у заданому інтервалі часу і можливість переходу на інші режими функціонування. Механізм прийняття рішень $F^n: X \times Y \times P \times E^P \times E^O \times E^A \rightarrow E^n$ оснований на використанні бази технологічних знань, що містить у собі моделі розвитку конфліктних ситуацій.

Розроблені методи реалізуються у складі СППР, яка має архітектуру з "дошкою об'яв" і включає в себе блок прийняття рішень з уніфікованим механізмом розв'язування розглянутих задач. Під час функціонування системи у масштабі реального часу інформація про стан об'єкта надходить з бази даних АСУТП на "дошку об'яв". При виникненні конфліктних ситуацій результати вирішення задач видаються диспетчеру на екран монітора для прийняття рішень.

Висновки. Задачі розпізнавання технологічних ситуацій в СППР реального часу мають такі особливості: жорсткі обмеження на час приняття рішення; наявність разнотипових (кількісних та якісних) ознак; необхідність використання експертних знань при побудові моделей розпізнавання; необхідність формування допоміжних підпросторів ознак у реальному часі за допомогою імітаційних моделей. Крім того, структура правил класифікації повинна бути пов'язана з ієрархічною структурою вузлів об'єкта контролю.

Запропоновані методи використовуються при проектуванні АСУТП газоконденсатних промислів, а також Пролетарського підземного сховища газу.

Література

- Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машины системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. - Киев: Наукова думка, 1993. - 184 с.

2. Дискант В.А. Методы разработки знание-ориентированных систем распознавания и принятия решений на основе логико-функциональных моделей. // Тез. докл. IV Всесоюзн. конф. "Математические методы распознавания образов", 4.6, секция 4, Рига, 24-26 окт. 1989, Рига, 1989, с. 97-99.

Функціональна діагностика і прогнозування технічного стану газоперекачувальних агрегатів в гібридних експертних системах

БОРИС ІЛЬЧЕНКО, ЮРІЙ ПОНОМАРЬОВ, ВОЛОДИМИР ДИСКАНТ
НДІПКІ АСУ Трансгаз

Україна, 310126 Харків
вул. Маршала Конєва 16

Тел.: (0572) 205-724, 205-787 Факс: (0572) 224-010

Борис Ильченко, Юрий Пономарев, Владимир Дискант. Функциональная диагностика и прогнозирование технического состояния газоперекачивающих агрегатов в гибридных экспертных системах.

Рассмотрены вопросы разработки гибридных экспертных систем для решения задач АСУТП компрессорных станций магистральных газопроводов. Изложены постановка задачи, укрупненная модель ее решения, перспективы использования.

Програмне забезпечення системи керування богатоцільової компресорної станції (КС), яке дозволяє виконувати оптимальне керування режимами роботи "за станом", повинно включати в себе систему діагностики обладнання, яка забезпечує зберігання та обробку даних про поточний, попередній та наступні стани об'єкта [1].

Система діагностики повинна забезпечувати прийняття найбільш ефективних рішень по керуванню процесом у різних експлуатаційних ситуаціях, які виникають на КС в умовах обмежень на час, на основі аналізу режимів, діагностування стану обладнання та прогнозу розвитку технологічної ситуації.

Формування моделей діагностування. Модель діагностування будується у вигляді багаторівневої структури вигляду:

$$M = \langle I, Y, C, \sigma, \Phi \rangle.$$

Вхідні дані I включають в себе ряд параметрів, що вимірюються на об'єкті (температура та тиск газу, рівень масла тощо).

Область рішень Y формується за допомогою розбиття станів об'єкта у просторі показників технічного стану агрегату і окремих вузлів на класи еквівалентності: працездатний, працездатний з даним рівнем ефективності, непрацездатний.

Множина локальних моделей $C = \{C_i\}$ у загальному випадку має вигляд $C = C_o \cup C_e \cup C_i$, де C_o - моделі, параметри яких оцінюються за допомогою алгоритмів навчання розпізнаванню образів; C_e - моделі, параметри яких визначаються експертом; C_i - моделі, які будується в результаті розрахунків за імітаційними моделями об'єкта. Кожна локальна модель може бути представлена

формулою числення предикатів першого порядку, атомна формула якої має вигляд:

$$\mathcal{F}(x^n, a_1, a_2) = t_1(x^{n_1}, a_1) \circ t_2(x^{n_2}, a_2),$$

де t_1, t_2 - терми, x^{n_i} - підпростір ознак $x^{n_i} \subseteq x^n$ для термів t_i ; a_i - вектор параметрів термів t_i ; \circ - одна з операцій $=, \neq, <, >, \geq, \leq$.

Терми моделей із множини C_i визначаються за допомогою імітаційних моделей об'єкта, які дозволяють розв'язувати такі задачі:

- розрахунок фактичних параметрів відцентрового нагнітача (ВН) (ступінь стиснення, еталонна та фактична продуктивність тощо);
- розрахунок коефіцієнтів апроксимації фактичних характеристик ВН;
- розрахунок потужнісних характеристик ГПА;
- розрахунок діагностичних показників ГПА (коефіцієнти технічного стану ВН та газотрубної установки).

Елемент σ містить в собі опис ієрархічної структури об'єкта, що складається з трьох рівнів: агрегатний, цеховий та рівень компресорної станції.

На агрегатному рівні задачею керування є стабілізація частоти обертання ротора вільної турбіни. За допомогою моделі проводиться оцінка працездатності ГПА і його вузлів.

Цеховий рівень включає в себе оцінку часу виходу на гранично допустимі значення параметрів захисту. На рівні компресорної станції основною метою є оцінка та підтримка заданого режиму роботи при аварійних зупинках цехів та агрегатів.

Механізм діагностування Φ має богаторівневу структуру. На верхньому рівні використовуються процедури логічного виводу в базі технологічних знань, що містить в собі діагностичну модель. Обчислювання значень термів проводиться за допомогою імітаційних моделей та алгоритмів розпізнавання образів.

Для відпрацювання діагностичних моделей використовувалась система "Інтерексперт", яка дозволяє створювати продукційні бази знань та забезпечує інтегральне обчислювальне середовище для виконання допоміжних завдань.

Висновки. Наявність невизначеності та багатоваріантності при прийнятті рішень, неможливість ефективного формалізованого розв'язування ряду задач, необхідність використання евристичних процедур та неформалізованих факторів роблять перспективною розробку та впровадження гіbridних експертних систем. Маючи у своєму складі засоби вибору найбільш достовірних діагнозів при відсутності або непевності необхідної інформації, експертні системи можуть ефективно використовуватись уже зараз, до вирішення проблем, пов'язаних з впровадженням сучасних систем керування газоперекачувального обладнання.

Література

1. Дубровский В.В., Ильченко Б.С., Мартыненко П.В. Функциональная структура системы диагностики многоцеховой КС. Тез. докл. научн.-техн. конф. "Автоматизация управления объектами газовой промышленности", Калининград, 16-18 апреля 1991 г., Москва, 1991. - С. 22 - 23.

Літолого-стратиграфічне розчленовування розрізу свердловини методом розпізнавання образів

В'ЯЧЕСЛАВ ПАВЛЕНКО, ІГОРЬ ШВАЧЕНКО, НАТАЛІЯ НОВИКОВА

НДПКІ АСУ Трансгаз

Україна, 310126 Харків
вул. Маршала Конєва 16

Тел.: (0572) 205-724 Факс: (0572) 224-010

Вячеслав Павленко, Игорь Шваченко, Наталья Новикова. Литолого-стратиграфическое расчленение разреза скважины методом распознавания образов.

В настоящем докладе рассматривается задача литолого-стратиграфического расчленения разреза нефтегазовых скважин в процессе их геологического исследования с использованием логико-функциональных моделей распознавания.

У цій доповіді розглядається задача літолого-стратиграфічного розчленовування розрізу при побудові геометричної моделі родовища нафти та газу.

Вихідними даними є результати геофізичних досліджень свердловини і вибору керна з пробурених свердловин.

Існуючі підходи до розв'язання поставленої задачі недостатньо ефективні, оскільки вони малоінформативні та приводять до одержання ненадійних результатів при визначенні літологічної будови гірських порід [1].

Розріз свердловини - це відображення фізичних особливостей гірських порід, які зустрічаються в свердловині під час буріння. Він розбитий на стратиграфічні підрозділи на основі даних мікрофауни, макрофауни та комплексних спостережень. Виділені підрозділи містять в собі породи, які визначаються за літологічними ознаками. Основна мета детального розчленовування розрізу свердловини - встановлення за геолого-геофізичними ознаками літологічного типу порід, з яких складається даний розріз. Під час побудови розрізу свердловини необхідно розв'язати дві основні задачі: виділення стратиграфічних підрозділів за результатами стратиграфічного аналізу; визначення типу порід за даними літологічного аналізу.

Задачі розпізнавання образів, які розглядаються у цій роботі, мають такі особливості: 1) наявність ознак, які вимірюються у різnotипових шкалах (кількісних і якісних); 2) необхідність використання експертних знань, які задані у вигляді висловлювань фахівців про особливості різних типів порід. Для розв'язку задач були використані логіко-функціональні моделі розпізнавання. Ці моделі дозволяють формувати вирішувальні правила на підставі одночасного використання правил класифікації, побудованих за таблицями експериментальних даних з різnotиповими ознаками, та апріорних знань про задачу, які одержані в результаті формалізації досвіду експертів.

В задачі виділення стратиграфічних підрозділів за результатами стратиграфічного аналізу у склад ознак $C=\{C_1, \dots, C_n\}$ входять характеристики керівної фауни (склад мікроорганізмів). Алфавіт класів $U=\{U_1, \dots, U_k\}$ задається у вигляді множини стратиграфічних підрозділів. Кількість класів залежить від особливостей регіону.

В результаті навчання розпізнаванню стратиграфічних підрозділів будується правило класифікації (логіко-функціональна модель) у вигляді дерева розв'язків $T(s, M)$, де M - множина локальних моделей $M_i(C')$, $C' \subset C$, які

описують окремі властивості порід (наприклад, наявність певної комбінації мікроорганізмів), S - структура дерева. Кожна гілка дерева описує асоціації видів фауни та кількісні залежності, які характерні для певного стратиграфічного підрозділу.

Задача виділення порід за даними літологічного аналізу вирішується за набором різnotипових ознак $C = \{C_1, \dots, C_n\}$, які включають в себе характеристики породи (питомий опір, інтенсивність g -випромінювання тощо). Як допоміжна ознака використовується також тип стратиграфічного підрозділу, який одержаний в результаті розв'язку задачі розпізнавання стратиграфічних підрозділів. Класами у цій задачі є набір типів порід. При цьому ознаки порід є функціями часу - це характерна особливість об'єкта.

Одержані моделі використовуються для розв'язування задач геометризації родовищ при інтерпретації вхідних даних, одержаних в результаті буріння, та геофізичних досліджень свердловини. Вихідні дані задачі є основою для побудови геометричної моделі родовища шляхом співставлення виділених пластів у різних свердловинах регіону та створення узагальненої моделі пласту.

Використання запропонованих моделей інтерпретації дозволяє досягти такої якості стратиграфічного та літологічного розчленування, при якій результати автоматизованого розчленування розрізу можуть бути використані для побудови структурних карт, карт різних параметрів, геологічних розрізів родовища, а також бути інформаційною основою для проведення робіт, які пов'язані з розвідкою, розробкою та експлуатацією родовища [2].

Література

1. Косков В.Н., Шурубор Ю.В. Опыт литолого-стратиграфической интерпретации данных ГИС с помощью ЭВМ. - Пермь: ВНТО работников НИГП им. И.М.Губкина, 1989, 58 с.
2. Борисовець І.І., Токай І.Н., Пономарьов Ю.В., Шваченко І.І., Павленко В.В., Новикова Н.Л. Інтелектуальне робоче місце геолога для розв'язання завдань при розробці нафтогазових родовищ. - Тези допов. наук.-практ. конф. "НАФТА І ГАЗ УКРАЇНИ", Київ, 1994.

Способ математического описания нелинейных нестационарных об'єктов, который позволяет решать задачи их диагностики

СЕРГІЙ ЮХИМЧУК

Технічний університет

Україна, 286021 Вінниця

Хмельницьке шосе 95

Тел: (0432) 447-222 Факс: (0432) 440-731

Сергей Юхимчук. Способ математического описания нелинейных нестационарных динамических объектов, позволяющий решать задачи их технической диагностики.

Приводится описание пространства приращений параметров, в котором сравнительно легко решаются задачи оценки устойчивости нелинейных нестационарных объектов и их диагностики при заданных законах изменения первичных параметров (ширины зоны

нечувствительності, выходного сигналу релейних звеньев, коэффициентов усиления, постоянных времени и т.п.).

Для визначення асимптотичної стійкості динамічних об'єктів за Ляпуновим використовується поняття збуреного руху [1]. При класичному визначенні такого руху траекторії незбуреного та збуреного рухів можуть відрізнятися лише за рахунок змін початкових значень змінних стану динамічних об'єктів.

В умовах реальної експлуатації під дією ряду неконтрольованих збурень (температури, вібрацій, впливу електромагнітного випромінювання тощо) параметри динамічних об'єктів змінюються, тому потрібно періодично діагностувати характеристики таких об'єктів для того, щоб визначити, що відхилення характеристик не перевищують допустимих. Підкреслимо, що в цьому випадку збурення траекторії руху змінних стану відбувається за рахунок зміни параметрів об'єктів та, відповідно, і зміни стану, а не за рахунок зміни початкових значень. Тому в цьому випадку класичні методи оцінки стійкості та діагностування нелінійних об'єктів, які використовують метод функцій Ляпунова, не дають можливості отримати необхідні результати.

Один із можливих підходів для діагностування характеристик лінійних динамічних об'єктів викладений в [2]. В даній роботі пропонується метод діагностування стану нелінійних нестационарних динамічних об'єктів, параметри яких змінюються з часом за визначеними законами. Для отримання конструктивних результатів пропонується відмовитись від класичного опису динамічних об'єктів у вигляді

$$m = \langle Y(X(t), P(t), t), X(t), P(t), Z(t), t, t_0 \rangle, \quad (1)$$

де $Y(X(t), P(t), t)$ - кінцева множина змінних стану об'єктів; $X(t)$ - кінцева множина значень керувальних або входних сигналів; $P(t)$ - непуста множина значень первинних параметрів об'єктів; $Z(t)$ - непуста множина сигналів, що спостерігаються; t - час; t_0 - момент початку опису динамічного об'єкта.

Для розв'язку задач діагностування нелінійних нестационарних динамічних об'єктів пропонується зробити перехід від опису об'єктів в просторі змінних стану (1) до їх опису в новому просторі - просторі приросту параметрів, який буде відповісти за допомогою апарату функцій чутливості. При цьому опис об'єктів в новому просторі має вигляд:

$$m^* = \langle \frac{\partial Y(X(t), P(t), t)}{\partial P(t)}, X(t), P(t), Z(t), t, t_0, P(t_0) \rangle, \quad (2)$$

де $P(t_0)$ - початкові значення первинних параметрів об'єктів в момент часу t_0 .

Аналізуючи (2) неважко помітити, що назва нового простору опису поведінки об'єктів обумовлена тим, що в цьому випадку поведінка системи розглядається відносно приростів змінних стану, які зумовлені приростом первинних параметрів $P(t)$, на що вперше звернуто увагу в [3]. Слід відзначити, що для нелінійних об'єктів, динаміка яких описується розривними функціями, перехід до простору (2) шляхом використання класичного алгоритму побудови функцій чутливості завжди призводить до появи узагальнюючих функцій, що ускладнює практичне

використання отриманих результатів. Запобігти таким подіям дозволяють результати роботи [4].

Підкреслимо, що в просторі (2) нелінійні нестационарні об'єкти, динаміки яких в просторі (1) описуються нелінійними диференційними рівняннями,

описуються лінійними нестационарними рівняннями відносно

$$\frac{\partial Y(X(t), P(t), t)}{\partial P(t)}$$

Окрім того, введений простір є функціональним, а динаміка об'єктів в ньому описується рівняннями в функціональних похідних першого порядку або просто рівняннями в функціональних похідних, методи розв'язку яких добре розроблені.

Рішення рівнянь в просторі (2) дозволяють вивчати вплив на вихідний сигнал нелінійних об'єктів, зміни їх первинних параметрів та вирішувати задачі оцінки стійкості об'єктів та їх діагностування.

В доповіді визначаються характеристики введеного функціонального простору, дається доказ афінності простору.

Приводяться приклади визначення стійкості нелінійних нестационарних електромеханічних систем слідкування та вимірювальних систем, які розв'язують задачі стохастичних вимірювань та подальшої діагностики стану таких систем.

Література

1. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движений. - М.: Физматгиз, 1959. - 439 с.
2. Юхимчук С.В. Метод і пристрій для діагностики лінійних динамічних об'єктів // Праці першої Всеукраїнської конференції "Обробка сигналів і зображень та розпізнавання образів". Київ, 1992. - С. 211-214.
3. Мокин Б.И., Юхимчук С.В. К вопросу применения теории чувствительности для исследования поведения нелинейных САУ // Изв. вузов. Электромеханика.- 1991. - № 10. - С. 92-96.
4. Юхимчук С.В., Батиха Х.М. Обобщение метода гармонической линеаризации для исследования нелинейных электромеханических систем с переменными параметрами // Изв. вузов. Электромеханика. - 1994. - №1-2. - С. 9-15.



Діагностування силових трансформаторів електричних систем

ВОЛОДИМИР ГРАБКО

Технічний університет

Україна, 286021 Вінниця,

Хмельницьке шосе 95

Тел: (0432) 467-647 Факс: (0432) 440-731

Volodymyr Hrabko. The Diagnostic of Electrical Systems Power Transformers.

The main idea of this work lies in the fact that electrical systems power transformers spend their working resource irregularly depending on the currents flowing through them, the environment temperature, etc.

The transformers diagnosis system is suggested in the work, the working resource not only of the windings but of the inputs is evaluated by the system.

Силові трансформатори є складовою частиною тракту передачі електричної енергії від електричних станцій до споживача. Тому від надійності їхньої роботи залежить і надійність електропостачання споживачів електричної енергії. Для підвищення надійності електропостачання використовуються системи діагностикування силових трансформаторів, які дозволяють оцінювати їхній робочий ресурс і запобігти аварійному виходу із ладу.

Головний недолік існуючих систем діагностикування - низька точність у визначенні остаточного ресурсу трансформаторів, а також те, що в цих системах не контролюються всі основні вузли трансформаторів. В роботі пропонується інформаційно-вимірювальна система, яка дозволяє оцінювати робочий ресурс не тільки обмоток трансформатора, занурених в трансформаторне масло, а й маслонаповнених вводів, надійність роботи яких суттєво впливає на надійність роботи трансформатора в цілому.

Оцінка робочого ресурсу обмоток трансформатора проводиться за результатами вимірювання значень струму, що проходить через обмотки, а також - найвищою температурою в верхньому шарі трансформаторного масла з послідовним перерахуванням цих значень на ресурс ізоляції обмоток.

Діагностикування вводів проводиться за рівнем напруги на них і за температурою кожного вводу. Ця інформація використовується для визначення допустимої концентрації розчинених в трансформаторному маслі газів, що в свою чергу дозволяє знайти допустимий рівень часткових розрядів, від інтенсивності яких залежить робочий ресурс вводів трансформатора. Додатково введені датчики тиску трансформаторного масла у вводах, які також дозволяють зробити висновок про працездатність вводів і трансформатора в цілому.

Інформаційно-вимірювальна система реалізована з використанням однокристальної ЕОМ серії КР1816. Керувальна програма записана в ПЗП системи загальним об'ємом 2К.

При вичерпанні ресурсу обмоток трансформатора або вводів система виробляє запобіжний сигнал для повідомлення оперативному персоналу.

