УДК 681.178.1

В.М. Пашкевич, к.т.н., доц.
Могильовський державний технологічний університет (Білорусь)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНО ОРГАНІЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ПРИВОДІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

Описано апаратне, програмне і методичне забезпечення системи для діагностики стану приводів технологічного устаткування, що використовує принципи інтелектуальної організації та системного підходу до механізмів.

Стан приводів формотворних рухів верстатів і технологічного устаткування в переважній більшості випадків є чинником, що визначає якість поверхонь.

Відомо, що знос основних фондів у різних галузях господарства країн СНД досягає 60–70 %, а в ряді галузей – до 80 %. Тому найпильніша увага повинна бути приділена як відвернення раптових відмовлень устаткування, так і раціональній організації ремонтно-відбудовчих робіт зі стану машин. У цьому зв'язку розробка діагностичних систем для технологічного устаткування представляється актуальною задачею. Її рішення дозволить як продовжити термін служби устаткування, так і установити граничний стан для його використання.

Діагностичні системи, засновані на використанні результатів віброакустичних досліджень, дорогі і не завжди забезпечують достатню вірогідність і відтворюваність у силу стохастичного характеру шумових сигналів. Очевидно, у ряді випадків гідну конкуренцію таким системам можуть скласти системи, засновані на аналізі детермінованих вихідних характеристик механізмів, до яких можуть бути віднесені кути повороту валів (кінематичні погрішності механізмів) і крутні моменти на валах (ККД, динамічні характеристики). Ці характеристики несуть у собі інформацію про стан механічної системи, однак часто вони погано структуровані і мають потребу в додатковій і складній математичній обробці з метою витягу схованої інформації.

У Могильовському державному технічному університеті ведуться роботи зі створення діагностичних систем для технологічного устаткування, що використовують принципи інтелектуальної організації і системного підходу до механізмів. Можливість самонавчання таких систем являє собою дуже коштовну якість, тому що дозволяє вести роботу з нетрадиційними для діагностики параметрами. До них можуть бути віднесені наступні.

Амплітудні складові спектра кінематичної погрішності, як показують результати наших досліджень, дуже тісно і практично лінійно корелюють з первинними погрішностями деталей зачеплення. На основі математичного моделювання погрішностей отримані моделі, що зв'язують такі погрішності й амплітуди гармонік спектра кінематичної погрішності. За значеннями цих амплітуд можуть бути визначені симплекс – чи методом обходу вузлів просторових ґрат дійсні значення погрішностей зачеплення.

Фазові складові спектра кінематичної погрішності несуть у собі інформацію про локалізацію первинних погрішностей. Задача використання цієї інформації була успішно вирішена для планетарних співвісних механізмів.

ККД механізму на різних рівнях навантаження у ряді випадків дозволяє визначити його стан. Розроблено методику, де використовують процедури кластерного аналізу і методу Монте-Карло в метричному просторі ознак з метою діагностики механізму за його ККД.

Крутний момент на валах і його поводження при східчастому навантаженні механізму (перехідною характеристикою) також являє собою дуже коштовну ознаку. Так, побудовані за перехідною характеристикою передатна функція чи амплітудно-частотна характеристика дозволяють визначити той частотний діапазон експлуатації механізму, у якому його використання найбільш ефективне.

Для складних об'єктів машинобудування досить корисним може бути також системний підхід, що враховує комплексні інформаційні характеристики об'єкта чи його ентропійні характеристики. Збільшення в процесі наробітку невпорядкованості ентропії складної системи неминуче призводить до збільшення ентропії вихідних параметрів. Ріст багатомірної ентропії вектора вихідних сигналів може бути використаний як діагностичний критерій, а також як параметр для прогнозування стану механізму [1].

Описані параметри, а також ряд інших використовуються для діагностики механізмів в інтелектуальній системі Inter, розробленій на рівні дослідницько-демонстраційного варіанта. Вона відноситься до гібридної (розрахунково-логічної) системи і може бути використана для

діагностики приводів технологічного устаткування, передач загального призначення і для адаптивного керування технологічними процесами. Система реалізована в середовищі Windows і інтегрована з популярними додатками Excel і Statgraphics Plus, що відкриває широкі можливості для її використання в інженерній практиці. Як мову програмування використовується Visual Basic, що сполучить як досить розвинений і могутній синтаксис для обчислювальних процедур, так і переваги об'єктно-орієнтованого програмування для обробки продукційнних знань.

У складі системи виділяються наступні складові частини:

1. Модуль аналізу кінематики механізму. Він реалізований на базі автоматизованої системи, що включає перетворювач кругових переміщень типу BE178A, систему збору інформації, виконану у вигляді плати розширення персонального комп'ютера і програмного пакета, реалізованого в середовищі Visual Basic.

Плата розширення являє собою цифровий осцилограф, що дозволяє вести реєстрацію швидкозмінних процесів з частотою до 80 Мгц. Передбачено можливість використання повноцінної синхронізації (як від зовнішнього джерела, так і внутрішнього, у нормальному, що чекає, й однократному режимі реєстрації) установки необхідного часу розгорнення. Обсяг пам'яті складає близько 32000 відліків, при цьому можлива сегментація даних і керування моментами запису сегментів пам'яті. Додаткові можливості представляє математична обробка вхідного сигналу в реальному масштабі часу (згладжування, представлення в спектральній формі на основі швидкого перетворення Фур'є, функція щільності розподілу сигналу). Зручний користувальницький інтерфейс виконаний у середовищі Windows. Реалізація системи в мініатюрному використанні (з комп'ютерами «ноутбук») дозволяє мати винятково мобільну і могутню вимірювальну систему.

Кінематична погрішність механізму записується при його роботі під навантаженням, що моделює реальні умови експлуатації. Це підвищує вірогідність отриманої інформації. Результати вимірів зберігаються в ASCII-файлі і можуть бути використані надалі для прогнозування зміни стану механізму в процесі наробітку.

Програмний модуль здійснює перетворення широтно-модульованого сигналу перетворювача в кінематичну погрішність механізму. При цьому використовуються методики розпізнавання кривих за методом елементів [2]. Такий підхід дозволяє інтелектуалізувати процес вимірів і значно підвищити його стійкості до перешкод. Процедура обробки не змінюється, якщо відбулася заміна вимірювального перетворювача, зміна його чутливості. Або падіння амплітуди вихідного сигналу. Процедура обробки забезпечує практично незмінну стійкість при перешкодах, що досягають 50 % амплітуди сигналу, що наближає її можливості до можливостей цифрової обробки.

Отримана кінематична погрішність представляється у вигляді амплітудного і фазового дискретних спектрів, а також розраховується ентропія її розподілу.

2. Модуль аналізу силових характеристик механізму. Він включає перетворювачі крутного моменту оригінальної конструкції, установлені на вхідному і вихідному валах механізму, блок збору інформації і програмне забезпечення.

Запис і обробка сигналів перетворювача крутного моменту здійснюється так само, як і обробка сигналів перетворювача кругових переміщень. Однак додатково передбачене програмне забезпечення для торцювання перетворювача, розрахунку ККД механізму, оцінки динамічних характеристик.

При вимірі моменту програма автоматично попереджає оператора про некоректність процедури, якщо здійснюються виміри занадто малих чи занадто великих моментів у зонах слабкої чутливості перетворювачів. Розраховуються довірчі інтервали оцінок.

Динамічні характеристики механізму визначаються за його перехідною характеристикою. При цьому на виході навантажувального пристрою реалізується східчасте навантаження. З урахуванням динамічних характеристик навантажника визначається передатна функція (постійне запізнювання і постійна часу механізму як динамічної ланки першого порядку). Шляхом перетворень Фур'є перехідної характеристики розраховується амплітудно-частотна характеристика механізму.

Передбачено процедуру фільтрації шумів перехідної й амплітудно-частотної характеристик, коли оператор може візуально контролювати ступінь їхнього згладжування в інтерактивному режимі [3].

3. Модуль діагностики, що оперує інформацією, отриманий при обробці файлів із записами кінематичної погрішності, ККД чи перехідної характеристики. Він включає кілька підпрограм, що можуть використовуватися як окремо, так і в комплексі.

Програма діагностики за кінематичною погрішністю використовує її амплітудні і фазові спектри. Використовуючи кореляційні залежності, отримані на основі математичного моделювання механізмів конкретних типорозмірів, програма за амплітудним спектром здійснює розрахунок ряду погрішностей складання й експлуатаційних зазорів, що визначають стан механізму. Аналіз фазового спектра дозволяє локалізувати положення цих погрішностей відносно попередньо обраної системи відліку.

Система автоматично враховує всю наявну в її розпорядженні інформацію, видає зведення несправностей і визначає стан механізму. При цьому система має здатність до самонавчання як на основі дослідження зразків механізмів, так і в процесі нормального функціонування. Додатково запитуючи в оператора інформацію про наробіток механізму, система здатна визначати імовірність поставленого діагнозу, а також на основі метричних методів розпізнавання в просторі ознак прогнозувати момент досягнення механізмом наступних станів, аж до виходу з ладу. Можливе прогнозування залишкового ресурсу, а також використання програми як оболонки для діагностики за іншими ознаками.

Інтелектуальна надбудова являє собою експертну систему гібридного типу, що дозволяє оперувати як чисельними результатами вимірів, так і лінгвістичною інформацією у вигляді набору продукційних правил. Кількість правил може досягати 6000 і більш, однак найкращі результати можуть бути досягнуті у тому випадку, якщо число правил не перевищує декількох сотень. У цьому випадку база знань системи може бути цілком проконтрольована розроблювачем, і при цьому легко усуваються непоправні помилки і виключається явище «комбінаторного вибуху». Система має можливість придбання знань у діалозі з дослідником, реалізує механізми прямого і зворотного висновку, підтримує нечітку логіку на базі коефіцієнтів упевненості Шортлиффа. Взаємодіючи з оператором, система дозволяє здійснювати генерацію і перевірку гіпотез на основі процедур розпізнавання в семантичному просторі описів, реалізує сценарії «що, якщо...» і механізм пояснення, а також визначає ведучу гіпотезу.

Блок адаптивних рекомендацій дозволяє одержати рекомендації з проведення заходів, що відповідають даному стану об'єкта. Це можуть бути рекомендації з ремонту, обслуговуванню й експлуатації як об'єкта в цілому, так і його окремих деталей.

Хоча така надбудова уступає професійним експертним системам у швидкодії, однак вона відкриває великі можливості для інтегрування малих експертних систем у розрахунково-логічні спеціалізовані пакети.

В даний час ведуться роботи з включення в систему блоку математичного моделювання, що дозволяє організувати більш тісну взаємодію елементів системи і розширити сферу її застосування. Розроблювачі будуть вітати будь-яку форму співробітництва з зацікавленими організаціями й окремими особами зокрема.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Пашкевич В.М.* Информационные аспекты измерения комплексных характеристик машиностроительных объектов // Метрологическое обеспечение качества – 2000. Материалы междунар. н.-техн. конф. – Мн.: Тесей. . – С. 27–32.
2. *Биргер И.А.* Техническая диагностика. – М.: Наука, 1978. – 232 с.
3. *Пашкевич В.М.* Автоматизированная система контроля точности изготовления приводов // «Nove smery vo vyrobnech technologiach – 2000 », V medzinarodna konferencia (Slovenska Republika). – Presov, 2000. – P. 337–339.

ПАШКЕВИЧ Віктор Михайлович – кандидат технічних наук, доцент Могильовського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– розробка та дослідження нових методів і засобів автоматизованого контролю технічного рівня та діагностики механічних передач і технологічного устаткування.

Подано 23.04.2001