

УДК 681.2-5

Ю.М. ІЗБАШ

*Національний авіаційний університет, Київ, Україна***СИНТЕЗ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО РОБОТА**

Запропоновано систему діагностики вимірювального робота. Вибір оптимального методу діагностики зводиться до теорії надійності. Серед імовірнісних методів обрано та розглянуто метод діагностики на основі теореми гіпотез, що ґрунтується на формулі Байєса. Вибір оптимальних алгоритмів процесу діагностики вимірювального робота проводиться з урахуванням його ефективності роботи. Отримана оцінка ефективності роботи системи. Запропоновано систему самодіагностики як керуючу систему стану об'єкта, яка дозволяє прогнозувати відмови всіх конструктивних блоків вимірювального робота.

Ключові слова: діагностика, система, вимірювальний робот, метод, ефективність, самодіагностика.

Вступ

Вимірювальний робот, як система великого масштабу, являється сукупністю взаємопов'язаних керуючих підсистем, що об'єднані під однією метою – оперативне вимірювання геометричних параметрів простих і складних прецизійних деталей, включаючи корпусні, вимірювання яких традиційними способами потребує дорогого і спеціального обладнання або вимірювання яких не можливе взагалі, скорочувати час на налаштування обробляючих станків, центрів і модулів за рахунок швидкого і достовірного контролю перших оброблених деталей з наступної партії, виключати брак, використовуючи постійний контроль точності процесу обробки деталей і своєчасно коректувати його. При цьому всі підсистеми об'єднані матеріальними, енергетичними і інформаційними зв'язками. Для забезпечення високої точності, стабільності та надійності роботи необхідно проводити діагностику всіх підсистем вимірювального робота в реальному масштабі часу.

1. Постановка задачі діагностики

Задача діагностики полягає у встановленні стану працездатності об'єкта діагностування, зокрема вимірювального робота. Робити висновок про стан об'єкта можна по правильності і якості виконання покладеного на нього функцій або по значенню сукупності показників, що відображають зміни в його структурі чи окремих блоках, елементах. Встановити відбулися чи відбуваються на даний момент описані зміни у стані об'єкта можливо за допомогою порівняння його миттєвого стану із завчасно заданим еталонним (нормальним). Стан об'єкта описується сукупністю (множиною) його показників чи параметрів (ознак). У зв'язку з цим процес діаг-

ностики повинен передбачати виконання контрольних чи вимірювальних операцій над показниками, що характеризують стан технічного об'єкта. При контролі здійснюється, як правило, якісна оцінка (працездатний, непрацездатний, наявний дефект, дефект відсутній тощо). Також при вимірюваннях і виконанні контрольних операцій визначають кількісну оцінку (ступінь працездатності).

Задача синтезу оптимальної системи діагностики вимірювального робота зводиться до побудови діагностичної моделі об'єкта.

Діагностична модель об'єкта повинна відображати закони функціонування або зміну стану об'єкта, причому модель описується за допомогою математичних функцій або графічних зображеннях.

Процес діагностики доцільно виконувати поетапно: постановка проблеми, планування її вирішення та послідовна реалізація. При цьому система повинна проводити три етапну обробку: визначення поточних цілей контролю та діагностики, вибір стратегії діагностики, реалізація стратегії [1].

2. Вибір оптимального методу діагностики

Вибір оптимального методу чи методів діагностики зводиться до теорії надійності, яка пропонує застосовувати методи розпізнавання, що поділяються на ймовірнісні та детерміністичні.

При ймовірнісних методах розпізнавання вимагається побудувати правило, за яким по наявній сукупності ознак об'єкт відноситься до одного з можливих станів.

При детерміністичних методах розпізнавання задача формулюється геометрично, відбувається розділення простору ознак на області станів (діагнозів).

Серед імовірнісних методів найбільш частіше використовується теорема гіпотез, що ґрунтується на формулі Байєса, завдяки простоті і ефективності [2, 3].

Якщо існує діагноз S_i і проста ознака k_j , що з'являється при цьому діагнозі, то ймовірність спільної появи подій (наявність у об'єкта стану D_i і ознаки k_j)

$$P(S_i k_j) = P(S_i)P(k_j/S_i) = P(k_j)P(S_i/k_j). \quad (1)$$

З цього рівняння випливає формула Байєса

$$P(S_i/k_j) = P(S_i) \frac{P(k_j/S_i)}{P(k_j)}, \quad (2)$$

де $P(S_i)$ - ймовірність діагнозу S_i , що визначається по статистичних даних. Якщо завчасно обстежено N об'єктів і у N_i об'єктах виявився стан S_i , то

$$P(S_i) = N_i/N, \quad (3)$$

де $P(k_j/S_i)$ - ймовірність появи ознаки k_j у об'єктах із станом S_i .

Якщо серед N_i об'єктів, що мають діагноз S_i , у N_{ij} з'явилася ознака k_j , то

$$P(k_j/S_i) = N_{ij}/N_i, \quad (4)$$

де $S(k_j)$ - ймовірність появи ознаки k_j у всіх блоках незалежно від стану (діагнозу) блоку. Нехай із загальної кількості N блоків ознака k_j була виявлена у N_j блоках, тоді

$$P(k_j) = N_j/N. \quad (5)$$

На практиці поява однієї ознаки дозволяє спеціалісту безпомилково визначити стан, але за умови появи множини ознак і різних їх комбінацій визначити точний стан об'єкта постає складною проблемою.

Визначити ймовірність появи стану з однією із комбінацій ознак можливо використовуючи інтерпретацію формули Байєса (для комплексу ознак), що має вигляд

$$P(S_i | K^*) = P(S_i)P(K^* | S_i) / P(K^*), \quad i = (1, 2, \dots, n), \quad (6)$$

де $P(S_i | K^*)$ - ймовірність діагнозу S_i після того, як стали відомими результати обстеження по комплексу ознак K ,

$P(S_i)$ - попередня ймовірність діагнозу S_i (по попередній статистиці).

Якщо комплекс ознак складається з g ознак, то

$$P(K^* | S_i) = P(k_1^* | S_i) \cdot P(k_2^* | k_1^*, S_i) \cdot \dots \cdot P(k_g^* | k_{g-1}^*, \dots, k_1^*, S_i), \quad (7)$$

де $k_j - k_{js}$ - розряд ознаки, що виявився у ході експлуатації. Для діагностично незалежних ознак маємо:

$$P(K^* | S_j) = P(k_1^* | S_j) \cdot P(k_2^* | S_j) \cdot \dots \cdot P(k_g^* | S_j). \quad (8)$$

У практичних задачах, при появі великої кількості ознак, можливо приймати умову незалежності ознак навіть при наявності суттєвої кореляції між ними.

Ймовірність появи комплексу ознак K^* визначається таким чином

$$P(K^*) = \sum_{s=1}^n P(S_s)P(K^* | S_s). \quad (9)$$

Для комплексу ознак узагальнена формула Байєса має вигляд:

$$P(S_i | K^*) = \frac{P(S_i)P(K^* | S_i)}{\sum_{s=1}^n P(S_s)P(K^* | S_s)}, \quad (10)$$

де $P(K^* | S_s)$ визначається рівностями (8) або (9). Із співвідношення (10) маємо

$$\sum_{i=1}^n P(S_i | K^*) = 1, \quad (11)$$

тобто один із станів обов'язково реалізується.

Метод Байєса складний для виконання розрахунків, так як має велику кількість змінних, тому при практичній реалізації можливе застосування програмних засобів, що суттєво спрощує порядок розрахунку і скоротить час на його виконання.

3. Ефективність системи діагностики

Система діагностики дозволяє вести оптимізацію ефективного контролю та накопичувати інформацію для прогнозування відмов всіх конструктивних блоків вимірювального робота. Тому, перед тим як розпочати безпосередню оцінку ефективності системи, необхідно на основі розгляду функціональної схеми процесу контролю сформулювати основні вимоги до системи.

У загальному випадку ефективність розуміють як ступінь пристосованості визначених засобів і методів розв'язання визначеної задачі. При оптимізації цих засобів і методів необхідно правильно сформулювати задачу, яку вони виконуватимуть, та мету оптимізації.

Як наслідок, знаходження оптимального розв'язання пов'язане з вибором критерій ефективності і методів оцінки ефективності по вибраним критеріям.

Вибір оптимальних алгоритмів процесу діагностики вимірювального робота проводиться з ураху-

ванням його ефективності роботи і складає принципово нову розробку системи діагностики. Ефективність об'єкта залежить від умов застосування, внутрішніх властивостей і стану об'єкта діагностики перед використанням та в процесі поставлених завдань. Найвища ефективність може бути досягнута лише у тому випадку, коли умови застосування і становище об'єкта у процесі вирішення задач відповідають заданим. Перед застосуванням і в процесі роботи об'єкта здійснюється оцінка його стану по призначенню або про відмову у використанні об'єкта.

Припустимо, що для поставленої задачі маємо n працездатних об'єктів діагностики. Перед їх застосуванням здійснюється оцінка стану кожного об'єкта. По результатам діагностування частина об'єктів не допускається до роботи, причому серед них можуть опинитися як дійсно непрацездатні об'єкти, так і об'єкти, які хибно визначені непрацездатними через помилки, що допущені засобом діагностування чи оператором. У результаті замість необхідного числа n працездатних об'єктів, які здатні вирішувати поставлену задачу з заданою ефективністю E_3 , будуть застосовані m дійсно працездатні об'єкти, а поставлена задача буде вирішена з ефективністю $E_D < E_3$. Ефективність системи діагностики можливо оцінити коефіцієнтом зниження ефективності вирішення поставленої задачі, якщо задана ефективність E_3 виконання поставленої задачі n однотипними об'єктами визначається виразом

$$E_3 = 1 - \exp\left(-n \prod_{i=1}^k \xi_i\right), \quad (12)$$

де ξ_i – характеристики зовнішніх умов застосування внутрішніх властивостей самих об'єктів.

Після діагностування за допомогою системи діагностики n об'єктів перед їх застосуванням у вирішенні поставленої задачі буде допущено n_1 об'єктів

$$n_1 = n(1 - \alpha)P + n\beta q = m + n\beta q, \quad (13)$$

де α і β відповідно помилки першого і другого роду,

P – ймовірність працездатного стану об'єкта, $q = 1 - P$.

Частина об'єктів, рівна $n\beta q$, буде допущена до роботи помилково. Тому не буде допущено до застосування у результаті діагностування n_2 об'єктів

$$n_2 = n(1 - \beta)q + n\alpha P = \mu + n\alpha P. \quad (14)$$

У виразі $n\alpha P$ об'єкти визначені помилково непрацездатними. Звідси маємо вираз для ефективності виконання поставленої задачі

$$E_D = 1 - \exp\left(-v \prod_{i=1}^k \xi_i\right). \quad (15)$$

4. Система самодіагностики

Основне призначення системи самодіагностики (автоматизована) – правильно визначити на протязі заданого інтервалу часу стан об'єкта, у разі виявлення дефектів, програмно відкалібрувати стан. Якщо автоматизована система призначена для прогнозування працездатності об'єкта, то вона повинна передбачати поведінку параметрів чи об'єкта в цілому на заданий час вперед, тобто оцінювати ефективність його дій в майбутньому. Система самодіагностики, що використовується у загальній схемі підготовки і запуску об'єкта до роботи, може передавати керуючі сигнали на включення резервних блоків, заміну відмовлених блоків, здійснювати регулювання, налаштування тощо. У цьому випадку система самодіагностики виконує більш широкі функції, чим перевірка, і дозволяє підтримувати ефективність дій об'єкта на заданому рівні.

Система самодіагностики в значній мірі дозволяє усувати недоліки, які властиві ручним засобам контролю. В результаті використання автоматизованої системи значно скорочує час підготовки об'єкта, збільшується ймовірність його працездатності (за рахунок відновлення працездатності) і підвищується коефіцієнт готовності.

За критерій оцінки готовності об'єкта до роботи приймаємо ймовірність виконання задачі об'єктом з деякою якістю [5]:

$$P_0(t, \tau) = P_{BO}(t, \tau)P_{PO}(t, \tau), \quad (16)$$

де $P_{BO}(t, \tau) = \prod_{i=1}^m P_{BO_i}(t, \tau)$ – ймовірність відсутності

раптових відмов в m системах керування об'єктом, починаючи з поточного моменту часу t до моменту закінчення роботи системи τ ;

$$P_{PO}(t, \tau) = \prod_{i=1}^m P_{PO_i}(t, \tau) \text{ – ймовірність відсутності}$$

ступових відмов в m системах, починаючи з поточного моменту часу t до моменту закінчення роботи системи τ .

Знаходження оптимального варіанту системи самодіагностики являється складною задачею, так як вона потребує великої кількості характеристик об'єкта і системи самодіагностики, пов'язаних складними залежностями.

Висновок

Особливість запропонованої системи полягає в тому, що замість діалогу з оператором система повинна самостійно відповідно до поточної ситуації і цільової постановки своєчасно формулювати та розв'язувати поставлені задачі. Запропонована система призначена для розв'язання таких задач, як експрес-контроль, контроль по узагальненим параметрам, діагностування дефектів з різною деталізацією і достовірністю, визначення наслідків відмов, прогнозування технічного стану та інші.

Література

1. Мозгалеvский, А.В. Диагностирование электронных систем [Текст] / А.В. Мозгалеvский, В.П. Калявин, Г.Г. Констанди. – Л.: Судостроение, 1984. – 224 с.
2. Проблемы технической диагностики станочного оборудования на современном этапе развития [Текст] / С.Н. Григорьев, М.П. Козочкин, Ф.С. Сабиров, В.А. Синопальников // Вестн. МГТУ «Станкин». – 2010. – № 4 (12). – С. 27 – 36.

3. Лукасов, В.В. Применение методики поиска неисправностей по теореме гипотез (метод Байеса) в диагностике авиационной техники [Текст] / В.В. Лукасов, Н.В. Никушкин. // Вестн. Сибирского гос. аэрокосм. ун-та им. акад. М.Ф. Решетнева. – 2007. – №4. – С. 71 – 73.

5. Кузьмин, И.В. Оценка эффективности и оптимизация автоматических систем контроля и управления [Текст] / И.В. Кузьмин. – М.: Сов. радио, 197. – 296 с.

6. Биргер, И.А. Техническая диагностика [Текст] / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

7. Мозгалеvский, А.В. Вопросы проектирования систем диагностирования [Текст] / А.В. Мозгалеvский, А.Н. Койда. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 112 с.

8. Тимофеев, А.В. Функциональная диагностика и дефектоустойчивое управление мехатронными системами и роботами [Текст] / А.В. Тимофеев // Тр. СПИИРАН. – 2004. – Т.1, Вып. 2 – С. 266 – 283.

Поступила в редакцию 10.11.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. кафедры В.П. Квасніков, Національний авіаційний університет, Київ.

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО РОБОТА

Ю.Н. Избаш

Предложена система диагностики измерительного робота. Выбор оптимального метода диагностики приводит к теории надежности. Среди вероятностных методов выбран и рассмотрен метод диагностики на основе теоремы гипотез, которая базируется на формуле Байеса. Выбор оптимальных алгоритмов процесса диагностики измерительного робота проводится с учетом его эффективности работы. Получена оценка эффективности работы системы. Предложена система самодиагностики как управляющая система состояния объекта, которая позволяет прогнозировать отказы всех конструктивных блоков измерительного робота.

Ключевые слова: диагностика, система, измерительный робот, метод, эффективность, самодиагностика.

SYNTHESIS OF SYSTEM OF DIAGNOSTICS OF THE MEASURING ROBOT

Y.M. Izbash

The system of diagnostics of the measuring robot is offered. The choice of an optimum method of diagnostics leads to reliability theory. Among likelihood methods diagnostics method on the basis of the theorem of hypotheses which is based on Bayes's formula is chosen and considered. The choice of optimum algorithms of process of diagnostics of the measuring robot is carried out taking into account its overall performance. The assessment of overall performance of system is received. The self-diagnostics system as operating system of a condition of object is offered and allows to predict failures of all constructive blocks of the measuring robot.

Key words: diagnostic, system, measuring robot, method, efficiency, self-diagnostics.

Избаш Юлія Миколаївна – аспірант кафедри інформаційних технологій Інституту інформаційно-діагностичних систем Національного авіаційного університету, Україна, e-mail: yulka_izbash@ukr.net.