

АНАЛІЗ МОДЕЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ І ЛОКАЛІЗАЦІЇ НЕСПРАВНОСТЕЙ

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

Метою представленої роботи є аналіз існуючих модельно-орієнтованих методів виявлення і локалізації несправностей. У якості основних джерел інформації були обрані закордонні наукові публікації, доповіді зроблені на спеціальних сесіях та авторитетних міжнародних конференціях. Враховуючи досить великий асортимент методів функціональної діагностики, які мають різні можливості й властивості, було визначено необхідність об'єднання переваг різних методів у єдину комплексну систему. Розглянута можливість їх інтеграції, проаналізована структура інтегрованої діагностичної системи. Більш детально розглянута концепція діагностики несправностей методами нечіткої логіки та застосування якісних методів у діагностиці несправностей. Визначена актуальність й необхідності проведення подальших досліджень в даному напрямку.

Ключові слова: Модельно-орієнтовані методи функціональної діагностики, локалізації несправностей, інтегровані діагностичні системи.

Abstract

The analysis of the model-based methods of identification and localization malfunctions existing model is provided in this learned article. As the main sources of information foreign scientific publications, the reports given at special sessions and authoritative international conferences were chosen. Considering quite wide choice of functional diagnostic methods which have different opportunities and properties, need of combination of different method advantages in a uniform complex system was defined. The possibility of their integration, the analyzed structure of the integrated diagnostic system is considered. Concepts of malfunction diagnostics by fuzzy logic methods and use of qualitative methods in diagnostics of malfunction were examined in more detail. The relevance and need of carrying out further researches for this direction is defined.

Keywords: The model-based methods of functional diagnostics, malfunction localizations, the integrated diagnostic systems.

Вступ

До теперішнього часу запропонована досить велика кількість різноманітних методів виявлення й локалізації несправностей і перед практикуючим інженером постає дилема вибору оптимального алгоритму розробки діагностичної системи. У цьому напрямку були проведені деякі дослідження з метою виробітку загальних рекомендацій із застосовності існуючих методів для практичних цілей [1]. Потрібно підкреслити, що запропоновані рекомендації не претендують на повноту.

Проте, незважаючи на наведені рекомендації, проблема вибору методу побудови схем функціональної діагностики залишається досить складною й невизначеною. Головною проблемою, при цьому, є доступність інформації про контрольовану систему. Це насамперед стосується режиму нормального функціонування (без несправностей), оскільки він є основою для наступного порівняння. З метою виявлення й локалізації несправностей таку інформацію необхідно задавати у вигляді відповідних моделей. Формат системних моделей може бути досить різноманітним, наприклад, модель у термінах змінних стану, параметрична модель, представлення об'єкту дослідження у частотній області, якісні моделі і т.д. Отже, різні методи припускають різні типи моделей. Однак, слід підкреслити, що концепція «чорного ящика», наприклад, не дуже підходить у якості моделі для цілей діагностики й реконфігурації, оскільки не дозволяє на основі співвідношень «вхід-вихід» точно розкрити причини й місце появи несправностей. Твердження, що методи оцінювання параметрів не вимагають відповідних моделей не зовсім коректні хоча б тому, що в основі методів оцінювання лежить принцип порівняння оцінених параметрів з невідомими параметрами системи. Більш, того для встановлення взаємозв'язків між фізичними параметрами й параметрами моделі потрібно провести відповідне моделювання.

Інтеграція методів функціональної діагностики

Враховуючи досить великий асортимент методів функціональної діагностики, які мають різні можливості й властивостями, було б привабливим об'єднання переваг різних методів у єдину комплексну систему. Більше того, всебічна діагностика несправностей вимагає різнотипної апріорної інформації, починаючи з кількісної, аналітичної, евристичної, і закінчуючи рівнем експертного характеру. Це може бути виконане на основі комплексного інтегрального підходу, що лежить в основі експертних систем функціональної діагностики.

Діагностика несправностей методами нечіткої логіки. Завдання прийняття діагностичних розв'язків може бути вирішена нетрадиційним способом із застосуванням математичного апарату нечіткої логіки. Щоб обрисувати загалом основну ідею методу нечіткої логіки, слід звернутися до завдання формування різницевого сигналу. Різницевий сигнал навіть у номінальних умовах ніколи в точності не рівняється нулю, причин цьому багато: це й неповна розв'язка, не лінійності, збурювання, шуми і т.п. Таким чином, миттєві значення різницевого сигналу будуть коливатися близько нульового рівня. Невизначеності, викликані зазначеними факторами дуже важко долати, а почасти й навіть неможливо. Таким чином, основний стає проблема ухвалення коректного рішення в умовах вступу недостовірної й неповної інформації. У таких умовах застосування нечіткої логіки видається природним. На противагу класичній логіці, нечітка логіка дозволяє ухвалювати обґрунтовані розв'язки, опираючись на нечіткі знання, евристичні правила і їх комбінацію. Можна привести досить велика кількість прикладів із практики, коли суть явища або процесу схоплювалася людьми евристично, але описати її аналітично не виходило. Обробка сигналів за допомогою нечіткої логіки, по суті, складається із трьох етапів. На першому етапі різницеві сигнали рівняються за допомогою спеціальної функції приналежності, яка, у більшості випадків, має трикутний формат. На другому етапі вибирається менший вихід із двох попередніх. На третьому етапі використовується процедура знаходження центру ваги або інший який-небудь метод усереднення, що дозволяє усунути невизначеність і привести до можливо ймовірного правильного розв'язку. Застосування нечіткої логіки, безсумнівно, сприяє поліпшенню якості прийняття розв'язків і підвищує вірогідність результатів діагностики несправностей. Однак, найбільші труднощі, що перешкоджає впровадженню цієї прогресивної технологи в практичну діяльність, обумовлена складністю процесу навчання. Frank P. M. і його колеги [2] використовували базові принципи нечіткої логіки для розв'язку завдання оцінювання різницевого сигналу й запропонували використовувати процедуру зваженого підсумовування замість категоричної процедури типу «так-ні». Така інформація, безумовно, корисна для людини-оператора, за яким залишається остаточний вибір розв'язку. Схожі підходи були запропоновані в роботі [3] де пропонувалося сполучити процедуру аналітичного виявлення несправностей із системою прийняття розв'язків на основі принципів нечіткої логіки. Запропонований метод розв'язку був двох рівневим. На першому рівні вирішувалося завдання виявлення несправностей на основі концепції аналітичної надмірності й формування діагностичних ознак, а на другому етапі вирішувалося завдання локалізації несправностей з використанням евристичних розв'язків, заснованих на математичному апараті нечіткої логіки.

Застосування якісних методів у діагностиці несправностей. Побудова гарної математичної моделі контрольованої системи часто буває важкою й трудомісткою справою. Останнім часом було зроблено багато спроб побудувати прийнятну діагностичну модель на основі декларативних знань про систему, наприклад, знак змінної, тенденції в змінах типу «зростання-зменшення», змінна величина або постійна величина і т.д. Ці поняття лежать в основі, так званого, якісного підходу, і з їхньою допомогою, цілком можливо, побудувати стійку в певному змісті діагностичну систему. Часто такі методи можна використовувати в якості підтверджень правильності функціонування розроблених кількісних методів, тобто бути своєрідним тестом і в цьому їхню велику перевагу. Необхідність якісного підходу до діагностики несправностей мотивована наступними обставинами, з якими зустрічаються в практичних додатках:

- несправності не можуть бути обґрунтовано описані аналітично моделями, наприклад, несправності типу – канал ушкоджений, клапан заблокований і т.п.;
- інформація, що надходить у режимі реального часу не допускає кількісного представлення, а представлена якісним описом умов експлуатації, наприклад, завищений рівень палива, що не допускає точного описання виниклої ситуації. Крім того, ніяка модель не може використовуватися для обробки повідомлень отриманих у режимі реального часу про виникнення позаштатної ситуації;

- структура системи настільки невизначена, а параметри настільки точно невідомі, що використання кількісної моделі стає недоцільним.

У цих випадках, якісний підхід є єдино можливим і необхідним. Було запропоновано кілька підходів у якійсній діагностиці несправностей, наприклад, діагноз дерева відмов, діагноз, пов'язаний з асоціаціям. Метод діагностики з використанням дерева несправностей припускає аналіз розвитку несправності в динамічній системі на основі причинно-наслідкових зв'язків із застосуванням певних правил, відносин між несправностями [4]. У цей час увага, в основному, зосереджується на якісних моделях, отриманих на безпосередньому аналізі діючих фізичних законів або певних закономірностях.

Одним з істотних недоліків якісних методів діагностики є неоднозначність, що виникає при маніпуляції із двома або більше декларативними змінними. Наприклад, коду одні з них позитивні, а інші негативні, результат маніпуляції може бути як позитивний, так і негативний. Інший недолік полягає в тому, що якісні методи є відносно грубими, так вони не дозволяють діагностувати несправності, що зароджуються. Однак і кількісні, і якісні методи мають багато інших, додаткових корисних функцій і доцільність їх об'єднання не викликає сумнівів. Така комбінація може бути взаємовигідною, з погляду, компенсації недоліків властивим обома підходами, і в такий спосіб забезпечити споживача високоякісною діагностичною інформацією

Кількісні модельно-орієнтовані методи функціональної діагностики формують діагностичні ознаки на основі аналітичних відомостей про контрольований процес. Однак, у багатьох випадках відсутня достовірна інформація щоб спроектувати ефективну систему діагностики й провести локалізацію несправності з оцінкою її розміру. У таких випадках діагностику несправностей можна проводити з використанням бази знань [5]. На рис. 1 представлена стандартна інтегрована система діагностики несправностей. Тут рівною мірою використовуються й аналітичні, і евристичні дані. Аналітичний аспект включає: кількісну модель номінального процесу, обробку статистичної інформації про несправності, оцінку параметрів, паритетних відносин і т.п. Евристичний аспект включає: інформацію доступну з аналізу чинних законів і експериментальних закономірностей, дерево несправностей і систему зв'язків між ознаками й несправностями, статистику несправностей, відому на якісному рівні і т.д.

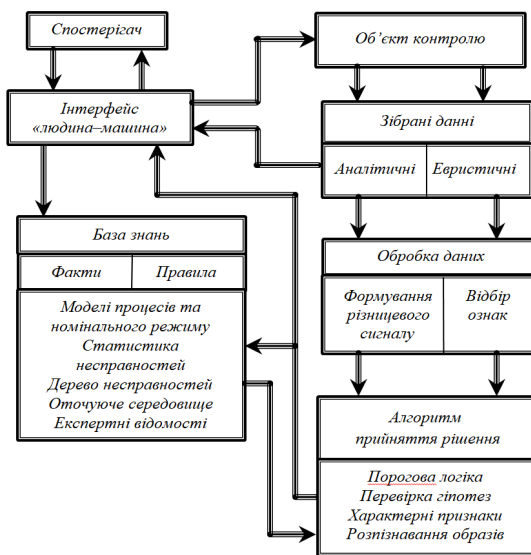


Рис. 1 – Структура інтегрованої діагностичної системи

Ця інформація може оброблятися в процесі формування різницевого сигналу або вилучатися при наступній обробці. Потім результати обробки надходять у систему прийняття розв'язків, яка формує залишкову оцінку, аналіз ознак і розпізнавання образів несправностей. В останньому випадку, може знадобитися певна кількість знань експертного характеру й розв'язку, вираженого в певних інструкціях і правилах. Крім того, це може бути сформульоване у вигляді набору банку різнотипних моделей для відповідних ієрархічних рівнів.

Висновки

1. Застосування параметричних моделей, отриманих методами ідентифікації оцінювання, вимагає високої точності оцінювання, інакше якісні характеристики систем діагностики суттєво погіршаться. Це вимагає великого обсягу додаткових обчислень і сповільнює реакцію діагностичної системи на несправності, що зароджуються.

2. У випадку використання певного критерію, можна затверджувати, що з ростом детальності й точності моделі буде зростати і її ефективність. У цьому змісті детальна модель у просторі станів, отримана на основі аналізу фізичних законів є найбільш обґрунтованою. Однак для отримання якісної математичної моделі контрольованої системи потрібен великий обсяг попередньої роботи. Проте, незважаючи на це модельно-орієнтовані методи виявлення й локалізації несправностей, засновані на діагностичних спостерігачах, є відносно простими, вільними від обмежень, відрізняються високою оперативністю й, отже, є найбільш перспективними.

3. У тому випадку, коли апріорна інформація про систему мінімальна або взагалі відсутня, а кількісну модель одержати не вдається через її велику невизначеність відповідити на запитання яка модель повинна бути використана для цілей функціональної діагностики дуже складно. Домінуючу роль, в цьому випадку, відіграє досвід і інтуїція, а іноді це залежить від персональної переваги. Тут можна скористатися евристичними моделями, які ґрунтуються на досить поверхневому описі контрольованої системи. Крім того, у якісну модель можна включати експертні відомості, виражені у формі евристичних моделей і таким чином, можна одержати систему діагностики, засновану на базі даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Schrick, D. (1994). FDI residual generators - a comparison, *Preprints of the IFAC Sympo. on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes: SAFEPROCESS'94*, Espoo, Finland, pp. 545-550 (Vol.2).
2. Frank, P. M. (1994). Application of fuzzy logic process supervision and fault diagnosis, *Preprints of the IFAC Sympo. on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes: SAFEPROCESS'94*, Espoo, Finland, pp. 531-538 (Vol.2)
3. Ulieru, M. and Isermann, R. (1993). Design of fuzzy-logic based diagnostic model for technical process, *Fuzzy Set and Systems* 58(3): 249-271.
4. Кулик А.С. Концепция активной отказоустойчивости спутниковых систем ориентации и стабилизации. *Радиоэлектроника і комп'ютерні системи*. 2009, №2(36) с. 101–108.
5. Isermann, R. (1994). Integration of fault detection and diagnosis methods, *Pre prints of the IFAC Sympo. on Fault Detection, upervision and Safety for Technical Processes: SAFEPROCESS'94*, Espoo, Finland, pp. 597-612 (Vol.2)

Воловик Андрій Юрійович – канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: voland@vntu.edu.ua.

Червак Оксана Петрівна – провідний інженер кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: oksana_chervak@ukr.net.

Шутило Микола Артемович – провідний інженер кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Volovyk Andrii U. – Ph.D. (Eng), Associate Professor of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: voland@vntu.edu.ua.

Chervak Oksana. P. – Senior Engineer of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oksana_chervak@ukr.net.

Shutilo Mikola. A. – Senior Engineer of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.