

ЛОКАЛІЗАЦІЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ У СЕНСОРНИХ ПІДСИСТЕМАХ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

В роботі розглянута задача локалізації несправності у сенсорних підсистемах складних динамічних об'єктів. У якості основного підходу використаний метод множини структурованих різницевого сигналу. За для відокремлення різницевого сигналу від побічних впливів та завад запропоновано використати відновники вектора стану з невизначеними входами. Розроблено пристрій локалізації несправностей у сенсорній підсистемі на основі алгоритму «матричного олівця».

Ключові слова: пристрої відновлення з невизначеними входами, локалізація несправностей, сенсорна підсистема.

Відомо, що алгоритм роботи діагностичного пристрою відновлення вектора стану динамічної системи заснований на утворенні первинного різницевого сигналу шляхом порівняння виходів реального діючого об'єкта та його математичної моделі. При цьому, вихідний сигнал математичної моделі являє собою всього лише оцінку виходу реального об'єкта, формування якої визначається кількістю та якістю доступної апріорної інформації. Оскільки врахувати у математичній моделі усі діючі фактори практично неможливо то на практиці фактичний різницевий сигнал є лише повільним фізичним коливальним процесом навколо нульового рівня. В ньому віддзеркалюються усі фактори, що осталися поза математичною моделлю, у тому числі непередбачувані збурення та несправності. Відповідно до цього, головним пріоритетом діагностичного пристрою відновлення є задача формування різницевого сигналу вибірково чутливого до певної групи несправностей (одночасно інваріантного до інших типів) та нечутливого до супутніх дестабілізуючих факторів [1].

Система, що містить несправності у вимірювальній частині може бути описана математичною моделлю

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{s}}(t) &= \mathbf{\Sigma}\mathbf{s}(t) + \mathbf{\Gamma}\mathbf{u}(t) + \mathbf{\Omega}\mathbf{d}(t) , \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{H}\mathbf{s}(t) + \mathbf{f}_s(t) \end{aligned} \quad (1)$$

де $\mathbf{s}(t)$ – вектор стану розміру; $\mathbf{u}(t)$ – вектор входу розміру; $\mathbf{y}(t)$ – вектор виходу розміру; $\mathbf{d}(t)$ – вектор невідомих збурень; $\mathbf{\Sigma}(t), \mathbf{\Gamma}(t), \mathbf{H}(t)$ – системні матриці відповідних розмірів; $\mathbf{f}_s \in \mathcal{R}^p$ означає присутність несправностей у системі сенсорів. Формування стійкого різницевого сигналу у сенсі розв'язки від збурень невідомої структури будемо здійснювати за допомогою пристрою відновлення з невизначеними входами. У тому разі, коли вважаються доступними оцінки стану об'єкта контролю різницевий сигнал та похибку оцінювання можливо представити у вигляді сукупності рівнянь

$$\begin{aligned} \Delta\dot{\mathbf{s}}(t) &= (\mathbf{\Sigma}_1 - \mathbf{W}_1\mathbf{H})\Delta\mathbf{s}(t) - \mathbf{W}_1\mathbf{f}_s(t) - \mathbf{S}\mathbf{f}_s(t) \\ \mathbf{r}(t) &= \mathbf{H}\Delta\mathbf{s}(t) + \mathbf{f}_s(t) \end{aligned} \quad (2)$$

З рівняння (2) неважко углядіти, що вплив збурень $\mathbf{d}(t)$ на різницевий сигнал усунений. Для виявлення несправностей у сенсорній підсистемі, слід забезпечити чутливість різницевого сигналу до складової $\mathbf{f}_s(t)$. Потім для аналізу стійкості різницевого сигналу до дестабілізуючих факторів можна застосовувати бінарну логіку, засновану на порівнянні із заданим граничним значенням.

Задача локалізації несправності полягає у визначенні окремого сенсора у якому відбулася несправність. Тут, одним з можливих підходів є використання множини структурованих різницевого сигналу [2]. Термін «структурований» слід розуміти у сенсі, що кожний окремо взятий різницевий сигнал повинен формуватися таким чином, щоб бути чутливим лише до певного типу несправностей і нечутливим до інших типів. Однак на практиці застосовується протилежна схема. Формувач-генератор різницевого сигналу скеровується усіма входами та усіма виходами за винятком лише одного j -го

виходу в якому має місце несправність [3]. Локалізація несправності може бути здійснена за допомогою різницевого сигналу на основі правила:

$$\begin{cases} \|r^j(t)\| < \Pi_s^j - \text{для випадку присутності несправностей,} \\ \|r^k(t)\| \geq \Pi_s^k - \text{для випадку відсутності несправностей} \end{cases}$$

Структура пристрою для локалізації несправностей у сенсорній підсистемі, що заснована на застосуванні пристроїв відновлення з невизначеними входами показана на рис. 2.8.

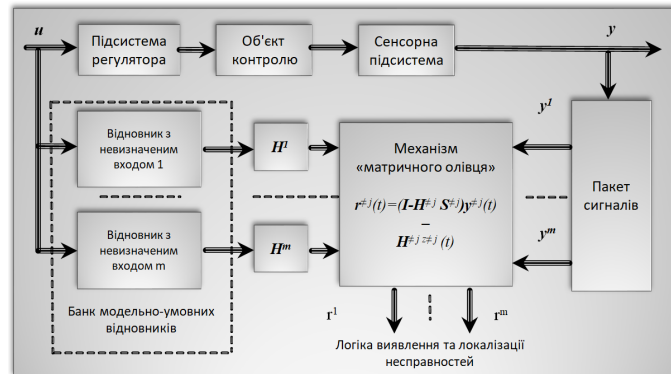


Рис. 1. Схема процесу локалізації несправностей у сенсорній підсистемі

Запропонований пристрій здатен виділяти різницевий сигнал на фоні супутніх збурень та шумів різноманітної природи та локалізувати несправний сенсор у разі існування попередь сформованої структурованої множини різницевих сигналів, що відповідає можливим несправностям.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Воловик А. Ю., Кичак В. М. Основи теорії функціональних відновлювачів діагностичного типу. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2018. № 3. С. 109-118.
2. Hwang I. A survey of fault detection, isolation, and reconfiguration methods. IEEE Transactions on Control Systems Technology : 2010. Vol. 18. № 3. P. 636–653.
3. Frank P. M. Fault diagnosis in dynamic system using analytical and knowledge based redundancy - a survey and some new results, Automatica. 1990. Vol 26. № 3. P. 459-474..

Воловик Андрій Юрійович – доктор технічних наук, доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: voland@vntu.edu.ua.

Савицький Антон Юрійович – канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, ВНТУ, Вінниця, e-mail: savitskyant@gmail.com

Шутило Микола Артемович – провідний інженер кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

FAULT LOCALIZATION IN SENSOR SUBSYSTEMS OF COMPLEX DYNAMIC OBJECTS

Abstract

The paper considers the fault localization problem in sensor subsystems of complex dynamic objects. The method of multiple structured difference signals is used as the main approach. To isolate the difference signal from noise and external influences, it is proposed to use a state vector observer with uncertain inputs. A fault localization device in a sensor subsystem is developed based on the "matrix-pencil" algorithm.

Keywords: undefined inputs observer, fault localization, sensor subsystem.

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

Savitsky Anton U. – Cand. Sc., Assistant Professor of the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: savitskyant@gmail.com.

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