УДК 621.396.621.59

А. Ю. Воловик

ФОРМУВАННЯ РІЗНИЦЕВОГО СИГНАЛУ СПОСТЕРІГАЧЕМ ЛЮЄНБЕРГЕРА

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

У рамках сучасної модельно-орієнтованої концепції, запропонована структура формувача різницевого сигналу на основі спостерігача Люєнбергера, який не залежить від обраного режиму роботи системи. Визначений мінімальний порядок такого формувача.

Ключові слова: динамічна система, система технічної діагностики, різницевий сигнал, спостерігач Люєнбергера.

Abstract

Within the modern model oriented concept, the structure of the difference signal shaper on the observer Lyuenberger basis who does not depend on the chosen system operating mode is offered. The minimum order of such shaper is defined.

Keywords: dynamic system, technical diagnostics system, differential signal, Lyuenberger observer.

Вступ

Принциповою відмінністю методів синтезу функціонально стійких, модельно–орієнтованих систем вважається те, що вони спрямовані не на зменшення кількості несправностей і відмов в окремих підсистемах контрольованого об'єкту, а на забезпечення виконання життєво важливих функцій, коли порушення працездатності вже відбулися [1].

Однією з найважливіших завдань модельно-орієнтованої функціональної діагностики є формування відповідного різницевого сигналу чутливого до несправностей, але інваріантного стосовно збурювань, помилок моделювання, впливу навколишнього середовища, впливу перешкод і різноманітних шумів. Процедуру формування такого сигналу слід інтерпретувати як завдання обробки сигналів. Якщо ця процедура оптимальна, то добування інформації про час, місце, і причину появи несправності відбувається з мінімальними втратами. До теперішнього часу відомо досить велика кількість різноманітних методів формування різницевого сигналу, стійкого в зазначеному змісті [2]. У переважній більшості, вони засновані на математичних моделях контрольованих процесів і систем, які використовуються в сучасній теорії автоматичного керування. В даній роботі розглянутий формувач різницевого сигналу заснований на спостерігачах станів.

Основна частина

Зазначені методи використовують для оцінювання виходів системи результати вимірів проведених на діючому об'єкті, математична модель якого представляється співвідношеннями [3]

$$\begin{cases} x'(t) = \mathbf{A}x(t) + \mathbf{B}u(t) + \mathbf{R_1}(t) f(t) \\ y(t) = \mathbf{C}x(t) + \mathbf{D}u(t) + \mathbf{R_2}(t) f(t). \end{cases} \quad (1)$$

Якщо завдання сформульоване в детермінованій постановці, то це – функціональні спостерігачі Люєнбергера, а для стохастичного варіанта завдання це – фільтр Калмана [3, 4]. На практиці, звичайно, застосовуються функціональні спостерігачі, порядок яких менше порядку контрольованого об'єкта, тобто пристрій оцінювання є квазіоптимальним. Для цього можна скористатися функціональним спостерігачем Люєнбергера, канонічна структураякого описується наступними рівняннями

$$\begin{cases} z'(t) = \mathbf{F}z(t) + \mathbf{K}y(t) + \mathbf{J}u(t) \\ w(t) = \mathbf{G}z(t) + \mathbf{R}y(t) + \mathbf{S}u(t), \end{cases} \quad (2)$$

де $z(t) \in R^q$ і є вектором стану функціонального спостерігача, а **F, K, J, G, R, S** системні матриці, відповідної розмірності.

Алгоритм формування різницевого сигналу спостерігачем Люєнбергера (рис.1) описується наступною парою рівнянь:

$$\begin{cases} z'(t) = \mathbf{F}z(t) + \mathbf{K}y(t) + \mathbf{J}u(t) \\ r(t) = \mathbf{L_1}z(t) + \mathbf{L_2}y(t) + \mathbf{L_3}u(t), \end{cases} \tag{3}$$

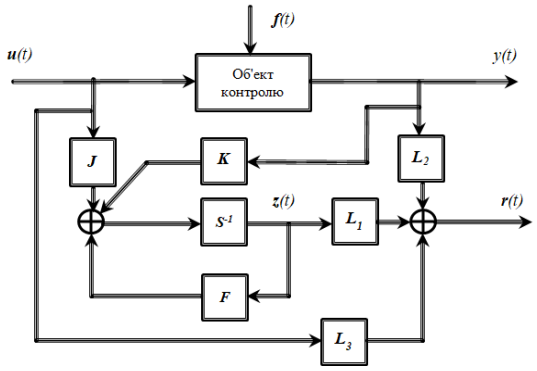

Рисунок 1. – Формування різницевого сигналу спостерігачем Люєнбергера

У найпростішому випадку можна використовувати в якості формувача різницевого сигналу спостерігач повного порядку, тобто розмірність спостерігача дорівнює розмірності вектора стану. При цьому виходять наступні спрощення:

$$\begin{cases} \mathbf{T} = \mathbf{I} \\ \mathbf{F} = \mathbf{A} - \mathbf{KC} \\ \mathbf{J} = \mathbf{B} - \mathbf{KD} \end{cases} \qquad \begin{cases} \mathbf{L_1} = \mathbf{QC} \\ \mathbf{L}_2 = -\mathbf{Q} \\ \mathbf{L}_3 = \mathbf{QD} \end{cases} \tag{4}$$

Матричні передатні функції для формувача різницевого сигналу, заснованого на спостерігачі повного порядку, будуть такими

$$\begin{cases} \mathbf{H_y}(s) = \mathbf{Q}\left\{\mathbf{C}\left[s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{KC})\right]^{-1}\mathbf{K} - \mathbf{I}\right\} \\ \mathbf{H_u}(s) = \mathbf{Q}\left\{\mathbf{C}\left[s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{KC})\right]^{-1}(\mathbf{B} - \mathbf{KD}) + \mathbf{D}\right\}. \end{cases} \tag{5}$$

Мінімальний порядок функціонального спостерігача q_0 задовольняє нерівності $q0 \le \mu\text{-}1$, де μ є індексом спостережності системи, який визначається як мінімальне число, що задовольняє умові [4]

$$rank\left[\mathbf{C}^T, (\mathbf{CA})^T, \ldots, \left(\mathbf{CA}^{\mu}\right)^T\right] = n.$$

Для спостережуваних систем цей індекс лежить у межах $\frac{n}{m} \le \mu \le n - m + 1.$

Вищезгадана нерівність визначає тільки мінімально можливий порядок функціонального спостерігача. На практиці, порядок функціонального спостерігача вибирається більшим, ніж мінімально можливий. Це обумовлене тим, що для цілей функціональної діагностики необхідне задоволення ще додаткових умов, пов'язаних із забезпеченням чутливості різницевого сигналу до несправностей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Воловик А.Ю. Напрямки розвитку методів синтезу функціонально стійких радіотехнічних систем. в Матеріали конференції «XLVI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2017)», Вінниця, 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzp/index/pages/view/zbirn2017 Дата звернення: лютий 2019

2. А.Ю. Воловик Структура формувача різницевого сигналу модельно орієнтованих систем діагностики / А.Ю. Воловик, О.П. Червак, М.А. Шутило. Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції СПРТП-2017 Вінниця 2017.

3. Patton, R. J., Frank, P. M. and Clark, R. N. (eds) (1989). Fault Diagnosis in Dynamic Systems, Theory and Application, Control Engineering Series, Prentice Hall, New York.

4. Himmelblau, D. M. (1986). Fault detection and diagnosis - today and tomorrow, Proc. IFAC Workshop on Fault Detection and Safety in Chemical Plants, Kyoto,Japan, pp. 95-105.1.

Воловик Андрій Юрійович — канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Volovyk Andrii U. — Ph.D. (Eng), Associate Professor of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.