



УДК 681.518.5

© С. С. Шалобанов, 2012

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Шалобанов С. С. – асп. кафедры «Автоматика и Системотехника», преподаватель кафедры «Электротехника и электроника», e-mail: shalobanov_ne@mail.ru (ТОГУ)

Рассматривается метод поиска дефектов в непрерывной динамической системе с глубиной до динамического блока на основе логических функций с использованием бинарных диагностических признаков. Такой подход упрощает реализацию алгоритма, особенно при диагностировании сложных объектов. Применение матрицы знаков передач позволяет уменьшить вычислительные затраты. Применение логических функций позволяет уменьшить аппаратные или программные затраты, связанные с реализацией вычисления диагностических признаков.

The work is about search defects method, in continuous dynamical system with depth to dynamical block based on logical functions, with use of binary diagnostic signs. This approach simplifies the implementation of the algorithm, especially in the diagnosis of difficult objects. The use of the transform signs matrix can reduce the calculating costs. The use of logical functions can reduce the hardware or software costs, associated with the implementation of the calculating the diagnostic signs.

Ключевые слова: объект диагностирования, номинальная модель, матрица знаков передач, интегральная оценка отклонений сигналов, бинарный диагностический признак.

Введение

Эффективность систем автоматического управления (САУ) обеспечивается на этапах их проектирования, создания и эксплуатации путём применения алгоритмов и методов диагностирования. На данный момент существует большое количество методов и алгоритмов диагностирования динамических систем, в частности САУ. Разработанный метод диагностирования уменьшает аппаратные либо программные затраты при его реализации и позволяет осуществлять поиск одиночных дефектов с глубиной до структурного блока САУ.

Метод логических функций для поиска дефектов

Алгоритм поиска дефектов основан на определении интегральных оценок невязки сигналов номинальной модели и сигналов объекта диагностирования [1-8]:

$$\begin{cases} \Delta F_i(t) = F_{mi}(t) - F_{oi}(t), \\ \Delta F_i(\alpha) = L\{\Delta F_i(t)\} = \int_0^{T_k} \Delta F_i(t) \cdot e^{-\alpha t} dt; \quad i = \overline{1, k}, \end{cases} \quad (1)$$

где i - номер контрольной точки, $F_{mi}(t)$ - сигнал модели в i - контрольной точке, $F_{oi}(t)$ - сигнал объекта в i - контрольной точке, T_k - время контроля объекта диагностирования, α - параметр интегрального преобразования, k - число контрольных точек.

В процессе диагностирования вычисляются также элементы знаков передач каждого блока, входящего в состав системы для каждой контрольной точки [4-6]:

$$P_{ij}, \quad i = \overline{1, k}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где j - номер блока, P_{ij} - элементы знаков передач каждого блока для i - контрольной точки j - блока, n - число блоков.

Элементы P_{ji} определяют из множества значений $\{-1, 0, 1\}$, значение -1 определяют, если знак передачи сигнала от выхода j -го блока до i -й контрольной точки отрицательный, значение 0 определяют, если передача сигнала от выхода j -го блока до i -й контрольной точки отсутствует, значение 1 определяют, если знак передачи сигнала от выхода j -го блока до i -й контрольной точки положительный. Элементы, хранящие информацию о знаках передач P_{ij} , используют вместо интегральных оценок невязки сигналов модели, полученных для функции чувствительности [1] или для пробных отклонений параметров блоков для всех контрольных точек [2, 3].

Определяют знаки отклонений интегральных оценок сигналов контролируемой системы для k контрольных точек от номинальных значений:

$$F_i = \text{sign}(\Delta F_i(\alpha)), \quad i = \overline{1, k}.$$

Затем производят операцию парного сравнения элементов знаков передач j -го блока P_{ij} и вектора знаков отклонений интегральных оценок F_i по формуле:



$$\prod_{i=1}^k (P_{ij} \equiv \text{sign}(\Delta F_i(\alpha))), j = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Поскольку операция \equiv есть операция эквивалентности, то выражение (3) принимает значение 1 только в том случае, когда все элементы векторов P_{ij} , $i = 1, \dots, k$ и F_i для каждой контрольной точки попарно равны.

Затем производят операцию попарного сравнения элементов инверсии знаков передач j -го блока $\text{inv}(P_{ij})$, $i = 1, \dots, k$; $j = 1, \dots, n$ и вектора знаков отклонений интегральных оценок F_i по формуле:

$$\prod_{i=1}^k (\text{inv}(P_{ij}) \equiv \text{sign}(\Delta F_i(\alpha))), j = 1, \dots, n. \quad (4)$$

Поскольку операция \equiv есть операция эквивалентности, то выражение (4) принимает значение 1 только в том случае, когда все элементы векторов $\text{inv}(P_{ij})$, $i = 1, \dots, k$ и F_i для каждой контрольной точки попарно равны.

Затем производят вычисление бинарных диагностических признаков из соотношения [7]:

$$J_j = \prod_{i=1}^k (P_{ij} \equiv F_i) + \prod_{i=1}^k (\text{inv}(P_{ij}) \equiv F_i), j = 1, \dots, n. \quad (5)$$

Первое слагаемое формулы (5) принимает значение 1, если знаки невязки интегральных оценок сигналов совпадают с элементами вектора знаков передач, второе слагаемое формулы (5) принимает значение 1, если знаки невязки интегральных оценок сигналов совпадают с инвертированными элементами вектора знаков передач. Инверсия вектора знаков передач учитывает возможность проявления дефекта одного и того же блока как со знаком плюс (например увеличение значения параметра блока), так и со знаком минус (например уменьшение значения параметра блока).

По единичному значению бинарного диагностического признака определяют структурный блок с дефектом.

Функциональная схема устройства реализующего вычисление диагностического признака наличия структурного дефекта с использованием вычисления бинарного диагностического признака приведена на рис. 1.

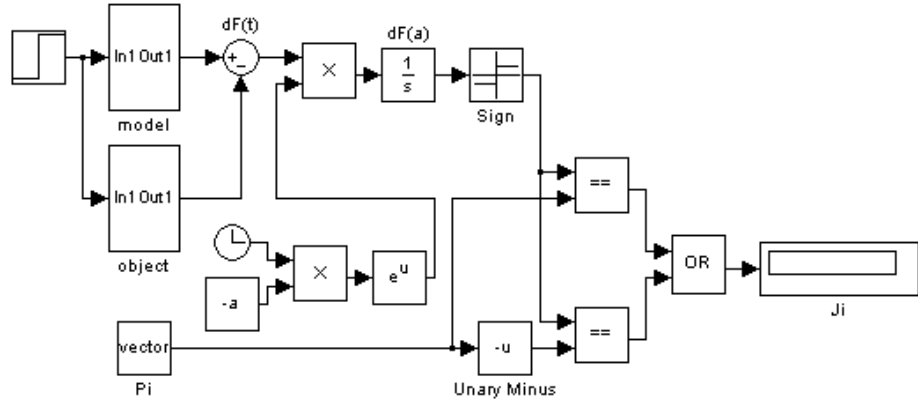


Рис. 1. Функциональная схема устройства поиска структурного дефекта методом логических функций

Пример применения метода

Проиллюстрируем применение описанного подхода для диагностирования линейного непрерывного объекта, структурная схема которого представлена на рис.2.

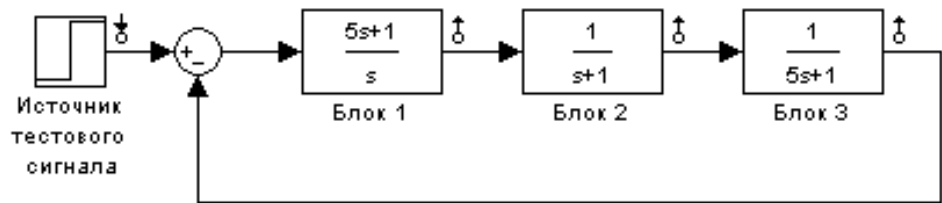


Рис.2. Структурная схема линейного непрерывного объекта диагностирования

Передаточные функции блоков:

$$W_1 = \frac{k_1(T_1 p + 1)}{p}; W_2 = \frac{k_2}{T_2 p + 1}; W_3 = \frac{k_3}{T_3 p + 1},$$

где номинальные значения параметров: $T_1=5$ с; $K_1=1$; $K_2=1$; $T_2=1$ с; $K_3=1$; $T_3=5$ с.

Определим элементы знаков передач каждого блока, входящего в состав системы для каждой контрольной точки P_{ij} , $i = 1,2,3$; $j = 1,2,3$, знак передачи сигнала от выхода первого блока до первой контрольной точки положителен, поэтому $P_{11} = 1$, знак передачи сигнала от выхода первого блока до



второй контрольной точки положителен, поэтому $P_{21} = 1$, знак передачи сигнала от выхода первого блока до третьей контрольной точки положителен, поэтому $P_{31} = 1$, таким образом, вектор знаков передач первого блока будет иметь вид: $P_1 = (1, 1, 1)$. Для второго блока знак передачи сигнала от его выхода до первой контрольной точки отрицателен, а для второй и третьей контрольных точек – положителен, поэтому вектор знаков передач для второго блока будет иметь вид: $P_2 = (-1, 1, 1)$. Для третьего блока вектор знаков передач будет иметь вид: $P_3 = (-1, -1, 1)$.

При поиске одиночного дефекта в виде отклонения постоянной времени $T_1 = 4c$ (дефект №1) в первом звене путём подачи ступенчатого тестового входного сигнала единичной амплитуды и интегральных оценок сигналов для параметра $\alpha = 0.5$ и $T_k = 10 c$ получены значения диагностических признаков по формуле (5) при использовании трёх контрольных точек, расположенных на выходах блоков. Дефект, вычисленный по формуле (5), даёт следующие значения диагностических признаков: $J_1 = 1; J_2 = 0; J_3 = 0$.

Моделирование процессов поиска дефектов во втором и третьем блоках для данного объекта диагностирования, при том же параметре интегрирования α и при единичном ступенчатом входном сигнале даёт следующие значения диагностических признаков:

При наличии дефекта в блоке №2 (в виде уменьшения параметра T_2 на 20% или изменение любого другого параметра на любую другую величину, дефект №2): $J_1 = 0; J_2 = 1; J_3 = 0$.

При наличии дефекта в блоке №3 (в виде уменьшения параметра T_3 на 20% или изменение любого другого параметра на любую другую величину, дефект №3) $J_1 = 0; J_2 = 0; J_3 = 1$.

Единичное значение диагностического признака во всех случаях правильно указывает на дефектный блок, а нулевое на отсутствие дефекта.

Заключение

Недостатком поиска одиночного структурного дефекта методом пробных отклонений параметров модели [2, 3] или методом функции чувствительности [1] является то, что они используют m моделей с пробными отклонениями параметров передаточных функций блоков, либо $2m$ моделей функций чувствительности.

Матрица топологических связей [4-6] является предельным случаем упрощения матрицы чувствительности либо матрицы пробных отклонений, что упрощает реализацию алгоритма, особенно при диагностировании нелинейных объектов. Данный подход, использующий логические функции [7], позволяет уменьшить аппаратные или программные затраты, связанные с реализацией вычислений нормированных векторов, а также унарных диагностических признаков и упрощает алгоритм поиска дефектов методом матрицы



топологических связей с более сложным вычислением диагностических признаков.

Библиографические ссылки

1. Шалобанов С.В. Поиск дефектов в динамических системах методом интегральных преобразований сигналов/ Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2005. № 1. С. 59 - 68.
2. Воронин В.В., Шалобанов С.С. Диагностирование непрерывных динамических систем методом пробных отклонений параметров модели // Информатика и системы управления. - 2010. - № 1(23). - С. 121-127.
3. Шалобанов С.В., Шалобанов С.С. Способ поиска неисправного блока в динамической системе. Патент на изобретение №2435189 от 27.11.2011 по заявке №2009123999/08(033242), МКИ⁶ G 05B 23/02, 2010.
4. Voronin V.V., Shalobanov S.V., Shalobanov S.S. The search defects algorithm in continuous dynamical systems by vectors of topological relations. "Modern materials and technologies 2011" International Russian-Chinese Symposium PROCEEDINGS, Khabarovsk 24–28 October 2011, p. 359-363.
5. Шалобанов С.В., Шалобанов С.С. Способ поиска неисправного блока в непрерывной динамической системе. Патент на изобретение №2439647 от 10.01.2012 по заявке №2011100409/08(000540), МКИ⁶ G 05B 23/02, 2011.
6. Шалобанов С.В., Шалобанов С.С. Диагностирование непрерывных динамических систем методом топологических связей // Вестник Тихоокеанского государственного университета. - 2011. - № 4(23). - С. 75-82.
7. Шалобанов С.С. Способ поиска неисправного блока в непрерывной динамической системе. Положительное решение о выдаче патента на изобретение от 05.04.2012 по заявке №2011140376/08(060317), МКИ⁶ G 05B 23/02, 2011.
8. Шалобанов С.С. Методы и алгоритмы поиска дефектов в динамических системах класса автоматического управления // Молодые учёные – Хабаровскому краю : материалы XIV Краевого конкурса молодых учёных и аспирантов, Хабаровск, 17-24 янв. 2012 г. : в 2 т. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. Гос. Ун-та, 2012. – Т. 2. – С. 188-192.