

АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ВИБРОКОНТРОЛЯ

Бранцевич П.Ю., Лапицкая Н.В., Медведев С.А. Леванцевич В.А.
Кафедра программного обеспечения информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: branc@bsuir.edu.by, lapan@bsuir.by, lvn@bsuir.by

Анализируются подходы оценки достоверности функционирования систем контроля вибрации. Рассматривается способ оценки достоверности функционирования таких систем, основанный на использовании устройства контроля ошибок и логико-вероятностного метода оценки.

ВВЕДЕНИЕ

Состояние производственного объекта характеризуется многими параметрами, имеющими различную физическую природу. При эксплуатации механизмов и агрегатов одними из важнейших параметров, отражающим их техническое состояние, являются интенсивность и спектральный состав вибрации.

Для контроля вибрационных сигналов используют различные стационарные и мобильные измерительно-вычислительные комплексы и приборы [1]. Одним из основных условий эффективного функционирования систем виброконтроля является обеспечение требуемого уровня достоверности функционирования (ДФ) при обработке данных [2]. К числу наиболее эффективных мер по обнаружению отказов, сбоев и выявлению недопустимых отклонений в работе таких относятся аппаратный и программный контроль.

I. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Одним из способов решения задачи аппаратного контроля является дублирование исходного устройства. Очевидным достоинством этого способа является возможность обнаружения всевозможных ошибок, однако, такой подход требует значительных (более чем в два раза) аппаратных затрат.

Вместе с тем далеко не всегда целесообразно осуществлять аппаратный контроль методом дублирования, поскольку обычно класс подлежащих обнаружению ошибок в исходном устройстве ограничен. Поэтому на основании исследования особенностей исходного, функционального устройства для обнаружения ошибок этого класса можно построить устройство контроля, более простое, нежели исходное. Достоверность функционирования может быть оценена вероятностью, с которой определяется истинность выходного результата работы устройства (системы) за заданный промежуток времени [3]. В общем случае ДФ можно представить в виде:

$$D(t) = Ppr(t) + Poo(t)$$

где $Ppr(t)$ - вероятность правильной (безотказной и бессбойной) работы устройства (системы) за заданный период времени t ;

$Poo(t)$ - вероятность обнаружения отказа или сбоя, в случае их возникновения, за заданный период времени.

Помимо истинного результата, на выходах устройства (системы) с контролем может иметь место неправильный результат. Вероятность появления этой группы событий обозначается $Pnr(t)$. Все перечисленные вероятности событий образуют полную группу:

$$Ppr(t) + Poo(t) + Pnr(t) = 1$$

ДФ любой анализируемой системы зависит от достоверности работы каждого функционального устройства (ФУ), входящего в ее состав. В качестве логико-вероятностного метода анализа достоверности функционирования сложных технических систем был предложен метод, основанный на сочетании логического и вероятностного подходов при оценке показателей достоверности функционирования сложных технических систем [3].

II. РЕАЛИЗАЦИЯ

Сущность предлагаемого способа оценки достоверности функционирования рассмотрим на примере анализа достоверности функционирования функционального устройства с контролем, приведенного на рисунке 1.

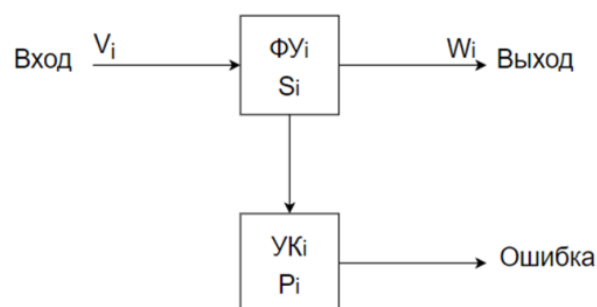


Рис. 1 – Функциональное устройство с контролем.

Введем следующие обозначения:

$W_i = \{w_{i1}, w_{i2}, w_{i3}\}$ - множество событий, определяющих состояние результатов на выходе i -го ФУ, где w_{i1} - результаты правильные; w_{i2} - обнаружена ошибка; w_{i3} - ошибка не обнаружена.

$V_i = \{v_{i1}, v_{i2}, v_{i3}\}$ - множество событий, определяющих состояние данных на входе i -го ФУ, где v_{i1} - входные данные правильные; v_{i2} - во входных данных обнаружена ошибка; v_{i3} - ошибка во входных данных не обнаружена.

$K_i = \{k_{i1}, k_{i2}, k_{i3}\}$ - множество событий, определяющих состояние УК, контролирующего i -ое ФУ, где k_{i1} - устройство контроля работает правильно; k_{i2} - УК находится в состоянии обнаружения собственной неисправности; k_{i3} - УК находится в состоянии необнаружения собственной неисправности.

$S_i = \{s_i, \bar{s}_i\}$ - множество событий, определяющих состояние i -го ФУ, где s_i - устройство контроля работает правильно; \bar{s}_i - УК находится в состоянии обнаружения собственной неисправности

$L_{ij} = \{l_{ij}, \bar{l}_{ij}\}$ - множество событий, определяющих обнаружение (l_{ij}) или необнаружение (\bar{l}_{ij}) ошибки УК, контролирующим i -е ФУ, при условии, что УК находится в состоянии $j = 1-3$.

Для определения показателей ДФ устройства с контролем требуется составить таблицу истинности булевых функций, соответствующих наступлению того или иного события. При этом считается, что, если какое-то событие имело место, этому событию приписывается значение булевой единицы, в противном случае – булевого нуля. Ниже приведен фрагмент таблицы истинности.

Таблица 1 - Таблица для определения состояний результатов на выходе ФУ с контролем

v_{i1}	v_{i2}	v_{i3}	k_{i1}	k_{i2}	k_{i3}	$l_{i/j}$	$\bar{l}_{i/j}$	w_{i1}	w_{i2}	w_{i3}
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1

Из таблицы истинности достаточно просто получить булевые функции, определяющие состояние выходных данных ФУ с контролем. Каждое из событий множества W_i осуществляется при определенных комбинациях событий множеств V_i, K_i, S_i, L_i :

$$W_{i1} = v_{i1}k_{i1}\bar{l}_{i/1}s_i \vee v_{i1}k_{i1}l_{i/1}s_i \vee v_{i1}k_{i3}\bar{l}_{i/3}s_i \vee v_{i1}k_{i3}l_{i/3}s_i;$$

$$W_{i2} = v_{i1}(k_{i1}l_{i/1}\bar{s}_i \vee k_{i2}l_{i/2}\bar{s}_i \vee k_{i2}\bar{l}_{i/2}s_i \vee k_{i2}l_{i/3}s_i) \vee v_{i3}(k_{i1}l_{i/1}\bar{s}_i \vee k_{i1}l_{i/1}s_i \vee k_{i2}l_{i/2}\bar{s}_i \vee k_{i2}l_{i/2}s_i \vee k_{i3}l_{i/3}\bar{s}_i \vee k_{i3}l_{i/3}s_i)$$

$$W_{i3} = v_{i1}\bar{s}_i(k_{i1}\bar{l}_{i/1} \vee k_{i2}\bar{l}_{i/2} \vee k_{i3}\bar{l}_{i/3}) \vee v_{i2}\bar{s}_i(k_{i1}\bar{l}_{i/1} \vee k_{i2}\bar{l}_{i/2} \vee k_{i3}\bar{l}_{i/3}) \vee v_{i3}\bar{s}_i(k_{i1} \vee \bar{l}_{i/1} \vee k_{i2} \vee \bar{l}_{i/2} \vee k_{i3}\bar{l}_{i/3})$$

Применив к полученным выражениям для W_{i1}, W_{i2}, W_{i3} операцию замещения булевых функций вероятностными, получим искомые значения вероятностей:

$$P_{w_{i1}} = P_{v_{i1}}P_{v_{s1}}(P_{k_{i1}} + P_{k_{i3}})$$

$$P_{w_{i2}} = (P_{v_{i1}}\bar{P}_{s1} + P_{v_{i3}}) \sum_{j=1}^3 P_{k_{ij}}P_{l_{i1}} + P_{s_i}P_{k_{i2}} + P_{v_{i2}}$$

$$P_{w_{i3}} = (P_{v_{i1}}\bar{P}_{s1} + P_{v_{i3}}) \sum_{j=1}^3 P_{k_{ij}}P_{l_{ij}}$$

где

$P_{w_{i1}}(P_{v_{i1}})$ - вероятность получения правильных результатов на выходе (входе) i -го ФУ;

$P_{w_{i2}}(P_{v_{i2}})$ - вероятность обнаружения ошибки в выходных результатах (входных данных);

$P_{w_{i3}}(P_{v_{i3}})$ - вероятность не обнаружения ошибки в выходных результатах (входных данных);

$P_{ji}(\bar{P}_{ji})$ - вероятность правильной (неправильной) работы i -го ФУ;

$P_{k_{ij}}(P_{v_{i3}})$ - вероятность нахождения УК, контролирующего i -ое ФУ в состоянии j ;

$P_{l_{ji}}(\bar{P}_{l_{ji}})$ - вероятность обнаружения (не обнаружения) ошибки УК в состоянии J .

III. ВЫВОДЫ

Предложенный подход был использован для анализа достоверности функционирования систем с различным соединением функциональных элементов (параллельным, последовательным замкнутых систем) и использован для оценки достоверности функционирования автоматической системы управления виброиспытаниями АСУВ.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неразрушающий контроль. Справочник. Том 7. Книга Вибродиагностика /Ф.Я. Балицкий и др. М.: Машиностроение, 2005. – 485 с.
2. Семёнов С. С. Оценка качества и технического уровня сложных систем. Практика применения метода экспертных оценок. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 352 с.
3. Щербаков Н.С. Самокорректирующие дискретные устройства. – М.: Машиностроение, 1975. – 216 с.