

УДК 681.327.12

ОБОБЩЕННАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Д. т. н. В. А. Пономарев, к. т. н. О. В. Пономарева, к. э. н. А. В. Пономарев

Ижевский государственный технический университет
им. М. Т. Калашникова
Россия, г. Ижевск
ponva@mail.ru

На основе анализа современного состояния развития информационно-измерительных систем функционального диагностирования объектов исследована организация (в широком смысле этого слова) систем данного класса. Предложено их структурное и алгоритмическое описание на базе системного подхода. Сформулированы задачи, решение которых необходимо для повышения эффективности данного вида диагностирования.

Ключевые слова: датчики, информационно-измерительные системы, функциональное диагностирование объектов, структурное и алгоритмическое описание систем, распознавание образов.

Функциональное диагностирование объектов (т. е. диагностирование, проводимое в процессе осуществления объектами своих прямых функций на основе анализа порождаемых ими сигналов) находит самое широкое применение в различных областях научных исследований. Это требуется, например, в клинической медицинской практике при диагностике состояния пациента, в практике производства и эксплуатации сложных машин и механизмов при комплексной оценке технического состояния машинного оборудования на всех этапах его жизненного цикла, а также при диагностике различного рода неисправностей в рабочих условиях [1—3].

Известно, что данный вид диагностирования обладает целым рядом преимуществ перед другими методами диагностирования. Отметим два из них. Во-первых, данный вид диагностирования относится к так называемым методам «безразборного диагностирования» (пассивным методам диагностирования), во-вторых, сигнал, порождаемый объектом в процессе функционирования (будь объектом пациент или тот или иной узел (агрегат) механической системы), обладает, как правило, большой информативностью. Причем, получить равноценную информацию, используя другие методы диагностирования, сложно, а подчас и невозможно. Именно преимуществами и перспективностью данного метода диагностирования объясняются интенсивные теоретические и экспериментальные исследования по созданию информационно-измерительных систем (ИИС) функционального диагностирования объектов [1—4].

Анализ современного состояния развития ИИС функционального диагностирования объектов (как у нас в стране, так и за рубежом) выявил одну ярко выраженную тенденцию формального переноса методов и алгоритмов обработки сигналов из одной области научных исследований в другую без анализа специфики функционального диагностирования объектов в конкретной предметной области. Очевидно, что такой подход, наряду с преимуществами (например, есть возможность применять уже разработанное программное обеспечение процедур обработки информации), обладает и существенными недостатками.

С целью построения эффективных методов и средств функционального диагностирования объектов, ориентированных на применение в конкретных предметных областях и обладающих широкими функциональными возможностями, исследуем на базе системного подхода организацию систем функционального диагностирования объектов, их структурное и алгоритмическое описание.

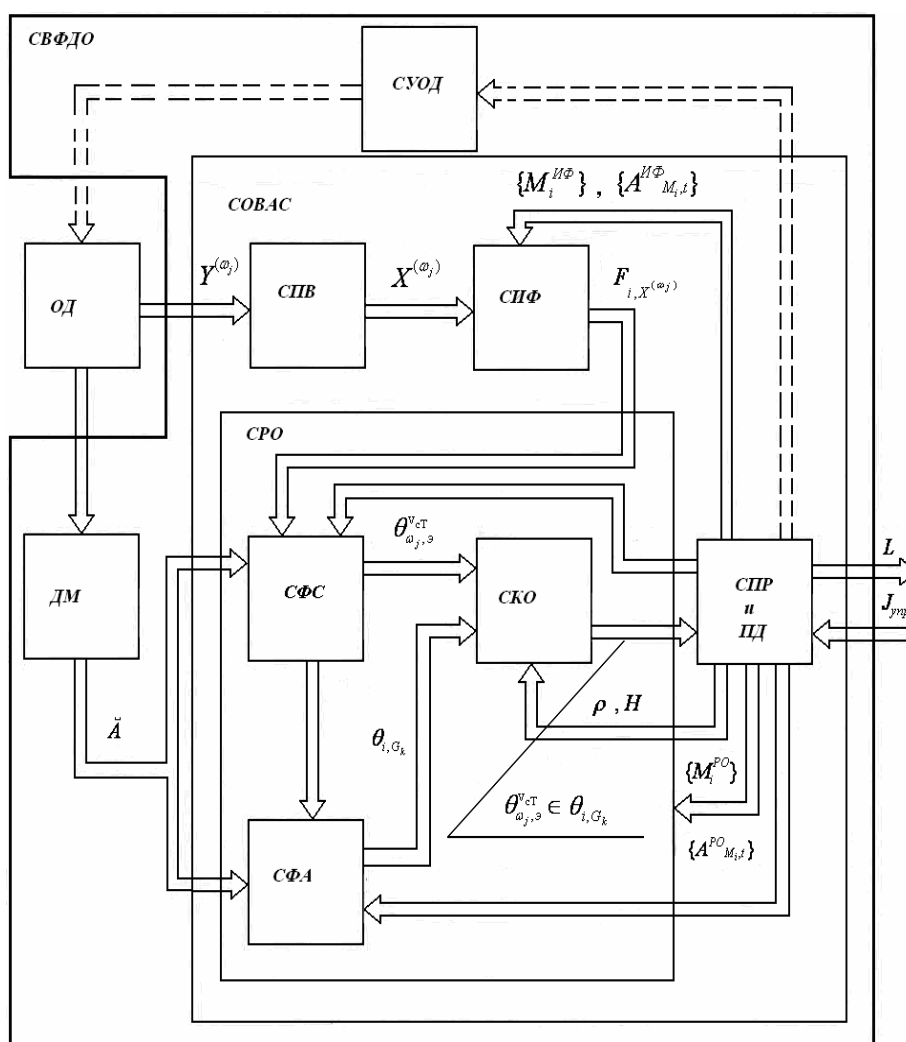
Современные ИИС функционального диагностирования являются сложными техническими системами, которые содержат в своем составе подсистемы, функциональные блоки и элементы, отли-

чающиеся по структуре, свойствам, характеру связей и параметрам. Для исследования такого класса систем необходимо провести их описание, т. е. построить некоторую обобщенную модель систем функционального диагностирования объектов, которая отражала бы все проблемы, связанные с созданием методов, алгоритмов и средств цифровой обработки сигналов.

Функциональное описание системы S_Φ характеризуется тремя конечными множествами, отражающими функции Φ , операторы преобразования R и иерархию G :

$$S_\Phi = \{\Phi, R, G\}.$$

Основой функционального описания ИИС функционального диагностирования объектов является описание ее работы, которое проведем на примере виброакустического функционального диагностирования объектов. Описание ИИС данного класса в виде обобщенной функционально-структурной схемы приведено на рисунке.



Обобщенная функционально-структурная модель ИИС виброакустического функционального диагностирования объектов

Система виброакустического функционального диагностирования объектов (СВФДО) включает в себя:

объект диагностирования (ОД);

диагностическую модель (ДМ);

систему обработки виброакустического сигнала (СОВАС);

систему управления объектом диагностирования (СУОД) (может отсутствовать, поэтому связи показаны пунктиром);

Подсистемами **СОВАС** являются:

- система первичных вибропреобразователей и входных цепей (**СПВ**);
- система измерения функций виброакустического сигнала (**СИФ**);
- система принятия решения и постановки диагноза (**СПР и ПД**);
- система распознавания образов (**СРО**).

Подсистемами **СРО** являются:

- система формирования словаря диагностических признаков (**СФС**);
- система формирования алфавита классов (диагнозов) (**СФА**);
- система классификации образов (**СКО**).

Опишем в обобщенном виде функции каждой из подсистем СВФДО.

СПВ включает в себя первичные преобразователи виброакустических сигналов в их электрические эквиваленты, согласующие устройства, нормирующие преобразователи, коммутаторы и другие преобразователи первичной информации.

Система выполняет следующее преобразование:

$$X^{(\omega_j)} = R_k^{(\omega_j)}(Y^{(\omega_j)}),$$

где $Y^{(\omega_j)} = \{y_i^{(\omega_j)}\}$ — множество виброакустических сигналов от объекта $\omega_j = \overline{1, m}$;

$$X^{(\omega_j)} = \{x_i^{(\omega_j)}\} \text{ — множество электрических эквивалентов } Y^{(\omega_j)};$$

$$R_k^{(\omega_j)} \text{ — оператор } k\text{-го первичного преобразователя, } k = \overline{1, n}.$$

СИФ осуществляет измерение различных функций (в том числе и спектрально-временных) виброакустического сигнала на базе метода M_i и алгоритма $A_{M_i,t}$: $F_{i,X^{(\omega_j)}} = R_i^{СИФ}(X^{(\omega_j)})$, где $F_{i,X^{(\omega_j)}}$ — функция сигнала $X^{(\omega_j)}$ объекта ω_j , получаемая с помощью оператора системы $R_i^{СИФ}$; $i = \overline{1, p}$.

СФС формирует словарь диагностических признаков: $V_c = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ на базе измеренных функций $F_{i,X^{(\omega_j)}}$, $i = \overline{1, p}$, $j = \overline{1, m}$, с учетом диагностической модели \check{A} и множества T (задается СПР и ПД: $V_{c,T} = R^{СФС}(\{F_{i,X^{(\omega_j)}}\}, \check{A}, T)$, где $T = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N\}$, $\tau_i = 1 \vee 0$ в зависимости от того, используется ли признак v_i словаря V_c в дальнейшем или нет).

СФА предназначена для формирования алфавита классов. В том случае, когда понятие класса совпадает с понятием диагноза (например, в дифференциальной диагностике), то говорят о формировании алфавита диагнозов.

Рассмотрим функциональное описание системы СФА. Пусть задано множество объектов $\Omega_O = \{\omega_{1,O}, \omega_{2,O}, \dots, \omega_{M,O}\}$ (обучающая выборка), а также множество возможных решений $L = \{l_1, l_2, \dots, l_R\}$, которые могут быть приняты СПР и ПД по результатам решения задачи распознавания. Пусть множество $G = \{g_1, g_2, \dots, g_S\}$ задает возможные варианты разбиения обучающей выборки Ω_O на классы:

$$G_k : \Omega_{i,o}^{G_k} \cap \Omega_{j,o}^{G_k} = \emptyset; \quad \Omega_{i,o}^{G_k} \neq \emptyset; \quad \bigcup_{i=1}^{m_k} \omega_{i,o}^{G_k} = \omega_o; \quad i, j = \overline{1, m_k}; \quad i \neq j; \quad k = \overline{1, S}.$$

Далее строится описание θ_{i,G_k} на языке словаря $V_{c,T}$ каждого класса $\Omega_{i,o}^{G_k}$; $i, j = \overline{1, m_k}$ с учетом диагностической модели, либо непосредственно по выборке Ω_O , либо с помощью процедур обучения:

$$\theta_{i,G_k} = R^{СФА}(V_{c,T}, G_k, A).$$

Системой классификации образов (СКО) решается традиционная задача распознавания образов — построение решающих правил, обеспечивающих минимизацию ошибок при распознавании неизвестных объектов. Система СКО осуществляет следующие функции (при этом система СПР и ПД задает набор решающих функций H [5—7]). Вновь поступающий объект $\omega_{j,\varepsilon}$, принадлежащий множеству объектов $\Omega_\varepsilon = \{\omega_{1,\varepsilon}, \omega_{2,\varepsilon}, \dots, \omega_{N,\varepsilon}\}$ (экзаменационная выборка), описывается на языке словаря

признаков V_{CT} как $\theta_{\omega_j, \vartheta}^{V_{CT}}$ (формируется СФС), затем определяется его принадлежность к одному из

классов $\theta_{i, G_k} : R^{CKO}(\theta_{\omega_j, \vartheta}^{V_{CT}}, \rho, H, \theta_{i, G_k}) = \theta_{\omega_j, \vartheta}^{V_{CT}} \in \theta_{i, G_k} \Leftrightarrow \rho(\theta_{\omega_j, \vartheta}^{V_{CT}}, \theta_{i, G_k}) = \max_{i=1, m_k} \rho(\theta_{\omega_j, \vartheta}^{V_{CT}}, \theta_{i, G_k})$,

где $\rho(\theta_{\omega_j, \vartheta}^{V_{CT}}, \theta_{i, G_k})$ – некоторая мера сходства $\theta_{\omega_j, \vartheta}^{V_{CT}}$ и θ_{i, G_k} $i = \overline{1, m_k}$.

Обнаружено, что тенденция формального переноса методов и алгоритмов обработки сигналов из одной области в другую, без учета специфики информационных сигналов в конкретной предметной области, приводит к существенному снижению эффективности функционального диагностирования объектов. Для решения указанной проблемы необходимо дальнейшее развитие теории цифровой обработки сигналов на основе предложенной обобщенной функционально-структурной модели функционального диагностирования объектов, проведение комплекса исследований по разработке и внедрению методов, алгоритмов анализа сигналов, ориентированных на применение в конкретных предметных областях и обладающих широкими функциональными возможностями.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов.— Москва: Техносфера, 2007.
2. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов.—Москва: ООО «Бином-Пресс», 2007.
3. Горелик А. Л., Скрипкин В. А. Методы распознавания.— Москва: Высш. шк., 1989.
4. Балицкий Ф. Я., Барков А. В., Баркова Н. А. и др. Вибродиагностика.— Т. 7. Кн. 2 // В кн.: Неразрушающий контроль: Справочник.— Москва: Машиностроение, 2006.
5. Пономарева О. В. Развитие теории спектрального анализа дискретных сигналов на конечных интервалах в базе параметрических ДЭФ // Цифровая обработка сигналов.— 2010.— № 2.— С. 7—12.
6. Пономарев В. А., Пономарева О. В. Параметрическое дискретное преобразование Фурье // Тр. Российского научно-технич. общества радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова. Серия: Цифровая обработка сигналов и ее применение.— Москва.— Вып. XII-1.— 2010.— С. 139—140.
7. Пономарева О. В. Быстрое параметрическое дискретное преобразование Фурье действительных последовательностей // Цифровая обработка сигналов.— 2012.— № 2.— С. 7—12.

V. A. Ponomarev, O. V. Ponomareva, A. V. Ponomarev

Generalized functional and structural model of information-measuring systems for functional diagnosis of objects.

The organization (in the broadest sense of the word) of information-measuring systems for functional diagnostics of objects has been studied on the basis of the analysis of the current state of development of this class of systems. Their structural and algorithmic description is base on the system approach. The problems that should be solved to improve the efficiency of this type of diagnosis are stated.

Keywords: *sensors, information-measuring system, functional diagnostics, facilities, structural and algorithmic description of systems, pattern recognition.*