

## ПОБУДОВА СТРУКТУРИ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ

*В. М. Галай, к.т.н., доц.*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

*пр. Першотравневий, 24, 36011, м. Полтава, Україна*

*E-mail: oyo@ukr.net*

*А. М. Сільвестров, д.т.н., проф.*

*Національний технічний університет України "КПІ"*

*пр. Перемоги, 37, 03056, Київ, Україна*

Розкрито підхід до побудови структури ієрархічних систем діагностики технічних об'єктів різного призначення.

**Ключові слова:** діагностика, ієрархія, оптимізація, модель, ідентифікація.

**Вступ.** Розроблення, виробництво й експлуатація складних об'єктів і систем обумовили необхідність створення автоматизованих систем контролю й діагностики як засобу для оперативного отримання інформації про технічний стан і прийняття на цій основі відповідних рішень. З метою підвищення надійності й конкурентоздатності на ринку продукції [1] перспективними є ієрархічні системи, побудовані на основі інформаційних технологій.

**Аналіз попередніх досліджень.** Як показує огляд інформаційних джерел, просліджується тенденція до створення ієрархічних комп'ютерних комплексів, що забезпечують підтвердження справності об'єкта діагностики або вказують на невідповідність стандартам допуску [2, 3]. Тому узагальнення підходу до розроблення структури ієрархічних систем діагностики є важливою задачею.

**Мета роботи.** Розглянути задачу оптимізації алгоритмів діагностування у вигляді трьох підзадач і відповідно структуру систем у вигляді трьох підсистем: оцінювання діагностичних параметрів, показників працездатності й ефективності діагностування. Розробити функціональну схему систем діагностики, що реалізувала б ці процеси.

**Матеріал і результати дослідження.** Під ієрархічними розуміють системи діагностування, в яких для вирішення задачі діагностики використовується ієрархічна діагностична модель, яку отримують або в процесі діагностування, або на етапі проектування алгоритмів діагностування. В останньому випадку в систему діагностування включаються засоби автоматизованого проектування алгоритмів діагностування. Ієрархія в розглянутому випадку полягає в отриманні оптимальних за показником ефективності діагностування  $I$  і витратним показником діагностичної моделі  $(\Sigma, \beta)$ , алгоритму  $Opt$  з параметрами алгоритму  $\alpha$ , оцінювання параметрів  $\beta$  діагностичної моделі, критерію оптимальності оцінювання діагностичних параметрів  $\iota$ , алгоритму прийняття рішень про працездатність  $\tilde{W}$ .

Розглянемо задачу оптимізації алгоритмів діагностування за показником ефективності діагностування. Уявимо задачу діагностування у вигляді трьох підзадач і відповідно систему діагностики у вигляді трьох відповідних їм підсистем:

– підсистеми оцінювання діагностичних параметрів  $\beta$ ;

– підсистеми оцінювання показників працездатності  $w$ ;

– підсистеми оцінювання ефективності діагностування  $I$ .

Кожна із підсистем має моделі відповідного показника і формувачі показників. У підсистемі оцінювання критерію працездатності входить блок прийняття рішень про придатність. Елементи перших двох рівнів утворюють замкнену за показником якості систему із зворотнім зв'язком (рис. 1).

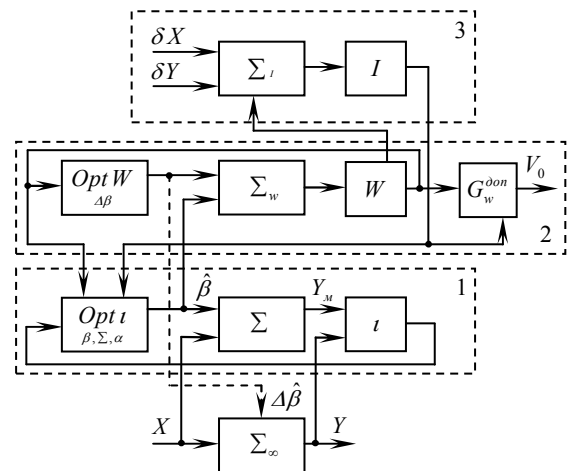


Рисунок 1 – Рівні оптимізації в ієрархічній системі діагностування

На рис. 1  $\Sigma_\infty$  – реальний об'єкт діагностування;  $\iota$  – показник оптимальності оцінювання діагностичних параметрів;  $W$  – показник працездатності об'єкта, що діагностується;  $I$  – показник ефективності діагностування;  $G_w^{don}$  – допустима область, визначаюча працездатність об'єкта;  $\Sigma_w$ ,  $\Sigma_i$  – моделі показників працездатності й ефективності;  $Opt W$ ,  $Opt t$  – оптимізатори показників якості;  $X$  – вхідні сигнали об'єкта, що діагностується;  $Y$  – вихідні сигнали об'єкта, що діагностується.

При діагностуванні будується оптимальна за показником модель  $(\Sigma, \beta)$ , визначається належність критерію працездатності  $W$  до допустимої області  $G_w^{don}$ , приймається рішення про придатність об'єкта і, при необхідності, видається інформація  $\Delta\beta$  для усунення параметричного дефекту.

У блоці ( $I$ ) оцінювання діагностичних параметрів на оптимізатор  $Opt$ , як зворотний зв'язок, поступає значення показника  $l$ . Оптимізатор знаходить діагностичну модель  $(\Sigma, \beta)$ , оптимальну за  $l$ . При цьому з об'єкту, що діагностується, надходить вхідна дія  $X$  і реакція  $Y$ . Це дозволяє оптимізатору  $Opt$  шляхом вибору структури  $\Sigma$  і вектора параметрів  $\beta$  наблизити реакцію діагностичної моделі  $Y_m$  до реакції реальної системи. Для того, щоб на множині моделей  $\{\Sigma, \beta\}$  знайти оптимальну за показником  $I$  модель, у підсистему ідентифікації діагностичної моделі у вигляді корегувального зворотного зв'язку вводиться значення основного критерію  $I$ .

Діагностичні параметри надходять у підсистему оцінювання показника працездатності, де формується показник якості функціонування об'єкта, що діагностується, при оцінених значеннях діагностичних параметрів. Інформація про значення показника працездатності  $W$  надходить у блок оцінювання ефективності діагностування, де формується оцінка показника ефективності. Після досягнення заданого значення  $I$  в блоці прийняття рішень формується рішення про придатність САК, що діагностується, і, при необхідності, інформація  $\Delta\beta$  для усунення параметричних дефектів об'єкта, що діагностується (параметричної корекції).

У загальному випадку задача композиції підсистем з порівневою оптимізацією за критеріями верхніх рівнів у єдину багаторівневу адаптивну систему вирішується шляхом реалізації в ній вирішального правила відносно оптимізованого функціонала, використовуючи принцип раціонального ускладнення. Такий підхід дозволяє знизити розмірність задачі вибору з множини

$$\Omega = \{\Sigma, \beta, Opt, \alpha, l, W, \tilde{W}, I\}$$

оптимальної підмножини:

$$\Omega^* = \{\Sigma^*, \beta^*, Opt^*, \alpha^*, l^*, \tilde{W}^*, I^*\} = \arg \min_{\Omega} I.$$

Це робить задачу такою, що практично реалізується. У цьому випадку чисельне вирішення задачі шукається у вигляді композиції умовно оптимальних рішень.

Для можливості практичного застосування принципів ієрархічності в мікропроцесорних системах діагностування необхідна фіксація деяких елементів множини  $\Omega$ , виходячи з особливостей задачі, що вирішується.

Як правило, на практиці структура діагностичної моделі  $\Sigma$  і вигляд показника працездатності об'єкта  $W$ , що діагностується, задаються, виходячи із апріорних відомостей про реальну систему. Виходячи із цих даних, можуть бути попередньо отримані умови працездатності  $\tilde{W}$ , які використовуються в процесі діагностування. Крім цього, часто існують фізичні обмеження на область можливих змін діагностичних параметрів об'єкта  $\beta \in G_{\beta}$ , що контролюється, і критерію працездатності  $W \in G_w$ .

Таким чином, задача вибору оптимальної підмножини з множини  $\Omega$  прийме вигляд:

$$\Omega^* = \{\beta^*, Opt^*, \alpha^*, l^*\} = \arg \text{ext}_{\Omega} I, \quad (1)$$

$$\beta \in G_{\beta}, W \in G_w.$$

Чисельне вирішення цієї задачі представляє вирішальне правило  $\{\beta_k, Opt_k, \alpha_k, l_k\}$  відносно основного показника  $I$ :

$$\{\beta_0, Opt_0, \alpha_0, l_0\} \subseteq \{\beta_1, Opt_1, \alpha_1, l_1\} \subseteq \dots$$

$$\dots \subseteq \{\beta_k, Opt_k, \alpha_k, l_k\};$$

$$\inf I_0 \geq \inf I_1 \geq \dots \geq \inf I_k.$$

Для реалізації (2) система діагностування повинна містити множини параметрів діагностичних моделей  $\{\beta\}$ , множини методів оцінювання діагностичних параметрів  $\{Opt, \alpha\}$ , множини критеріїв оцінювання  $\{l\}$  і алгоритм їх взаємодії, який призведе до вирішення задачі (1). Прискорення процесу відшукування  $\Omega^*$  досягається введенням метрики для простору  $\beta \times Opt \times \alpha \times l$  і упорядкуванням множини  $\{\beta, Opt, \alpha, l\}$ .

Процес знаходження оптимальної підмножини  $\Omega^*$ , згідно принципу багатократної адаптивності [4], може бути реалізований у вигляді композиції двох вирішальних правил:

$$\{\beta_{kn}\}, n = 1, 2, \dots \text{ відносно } l_k;$$

$$\{Opt_k, \alpha_k, l_k\}, k = 1, 2, \dots \text{ відносно } I.$$

Функціональна схема системи діагностування, яка реалізує вказані процеси, приведена на рис. 2.

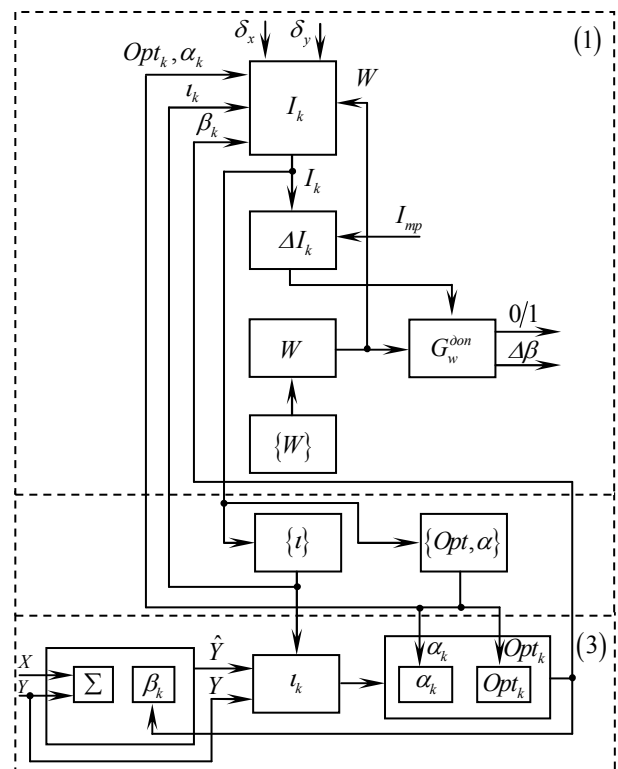


Рисунок 2 – Функціональна схема ієрархічної системи діагностування

У частині (3) системи діагностування реалізуються рішачим правилом  $\{\beta_{kn}\}$  відносно  $t_k$ . Інші елементи  $\{\Sigma, Opt_k, \alpha_k, t_k\}$  повинні бути задані. У частині (2) системи діагностування містяться множини  $\{t\}$ ,  $\{Opt, \alpha\}$  і реалізуються рішачим правилом  $\{Opt_k, \alpha_k, t_k\}$  відносно  $I$  при заданому критерію працездатності  $W$ . У частині (1) системи оцінюється належність заданого із множини  $\{W\}$  критерію діагностування допустимої області і значення критерію ефективності діагностування  $I_k$ . Якщо значення  $I_k$  не задовольняє необхідному, вибираються нові елементи множини  $\{Opt, \alpha\}$ ,  $\{t\}$ , доки значення  $I_k$  буде не гірше необхідного або до завершення перебору всіх елементів множини частини (2). Така організація взаємодії елементів системи на етапі проектування або на етапі функціонування дасть можливість вибрати із допустимої множини елементів алгоритм діагностування, який має потрібну ефективність за мінімальних затрат на його реалізацію.

**Висновки.** На основі декомпозиції задачі оптимізації алгоритмів діагностування на три підзадачі розроблено узагальнену ієрархічну структуру сис-

теми діагностування, прийнятну для діагностики різних технічних систем.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Локазюк В.М., Савченко Ю.Г. Надійність, контроль, діагностика і моделювання ПК: Навч. Посібник для вузів / за ред. В.М. Локазюка. – К.: Академія, 2004. – 375 с.
2. Пронякін В.И. Проблемы диагностики циклических машин и механизмов // Измерительная техника, 2008. – № 10. – С. 9–13.
3. Щербакова Г.Ю. Прогнозирование надежности ИЭТ при отбраковке с помощью помехоустойчивой кластеризации // 17 міжнар. конф. з автомат. управління “Автоматика – 2010”. Тези доповідей. Том 1. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – С. 172–174.
4. Сильвестров А.Н., Папченко О.М. Многократно адаптивные системы идентификации. – К.: Техніка, 1983. – 111 с.

Стаття надійшла 16.06.2011 р.  
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.  
Чорним О.П.

## ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРЫ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ

*В. Н. Галай, к.т.н., доц.*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

*пр. Первомайский, 24, 36011, г. Полтава, Украина*

*E-mail: oyo@ukr.net*

*А. Н. Сильвестров, д.т.н., проф.*

*Национальный технический университет Украины “КПИ”*

*пр. Победы, 37, 03056, Киев, Украина*

Раскрыт подход к построению структуры иерархических систем диагностики технических объектов разного назначения.

**Ключевые слова:** диагностика, иерархия, оптимизация, модель, идентификация.

## MAKING A STRUCTURE OF HIERARCHICAL DIAGNOSTIC SYSTEMS

*V. Galay, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof.*

*Poltava National University named after Yuri Kondratyuk*

*pr. Pershotravnevyi, 24, 36011, Poltava, Ukraine*

*E-mail: oyo@ukr.net*

*A. Silvestrov, D.Sc. (Eng.), Prof.*

*Ukrainian National Technical University “Kyiv Polytechnical Institute”*

*pr. Peremohy, 37, 03056, Kyiv, Ukraine*

The open method of making a structure of target-oriented diagnostic systems of technical objects intended for different purposes.

**Key words:** diagnosis, hierarchy, optimization, model, identification.