

УДК 629.07.5

І.М. Ключников, О.Л. Бурсала, І.В. Бойков

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ, ПОБУДОВАНИХ З OTS-КОМПОНЕНТІВ

Запропонована методика оцінки значень показників засобів контролю та діагностування для рішення задачі їх комплексування при побудові систем контролю та діагностування з раніше розроблених компонентів.

OTS-компоненти, контроль, діагностування

Вступ

Постановка проблеми та аналіз літератури.

Для сучасних технологій створення цифрових систем управління складними технічними процесами характерно застосування раніше розроблених компонентів. Такі компоненти отримали назву OTS (Off-The-Shelf), або «готові продукти з полиці» [1, 2]. Результати проведених робіт вказує на те, що застосування даної технології дозволяє створювати високонадійні системи на базі апробованих технічних рішень з великим досвідом експлуатації. Даний підхід реалізується через типізацію раніше розроблених компонентів, які включають і готові комерційні компоненти, та адаптацію їх до системних вимог.

Застосування раніше розроблених компонентів дозволяє застосовувати для організації контролю та діагностування (КД) створених на їх основі систем існуючих програмно-апаратних рішень (продуктів) [3]. Розроблена методика комплексування засобів контролю та діагностування при побудові систем контролю та діагностування [4] базується на знанні значень показників контролю та діагностування засобів, які аналізуються.

Метою статті є розробка методики оцінки значень показників засобів контролю та діагностування для рішення задачі їх комплексування при побудові систем КД з раніше розроблених компонентів.

Основна частина

До показників контролю та діагностування відносяться імовірність хибної відмови при контролі (α), імовірність невиявленої відмови при контролі (β), тривалість контролю (діагностування) (τ_k), повнота контролю (діагностування) (I_n), глибина пошуку місця відмови.

Серед показників, значення яких визначити найскладніше, є імовірність хибної відмови при контролі та імовірності невиявленої відмови при контролі, тобто показників, що найбільше впливають на готовність цифрових систем управління.

Визначимо формули по яких обчислюються значення для α , β при оперативному та періодичному контролі. Відповідно до [5] з урахуванням того що під засобами контролю розуміються програми-утиліти, тобто програмні засоби, при оперативному контролі значення α_0 обчислюють по формулі

$$\alpha_0 = P_B^{A3} P_3^{A3} (1 - P_D^{ПЗ}), \quad (1)$$

де $P_{B(3)}^{A3}$ – імовірність безвідмовної роботи (відсутності збоїв) апаратних засобів (об'єкту контролю); $P_D^{ПЗ}$ – імовірність відсутності прояву дефектів програмних засобів (засобів контролю).

Значення β для оперативного контролю дорівнює 0, тому що у випадку відмови апаратури обов'язково виникне порушення ходу програми КД і це проявиться на результаті контролю.

Для періодичного контролю

$$\alpha_{\Pi} = P_B^{A3} [0; t + \tau + \tau_k] P_3^{A3} [t; \tau + \tau_k] \times (1 - P_3^{A3} [t + \tau; \tau_k] P_D^{ПЗ} [t + \tau; \tau_k]), \quad (2)$$

де τ – час виконання програми (циклу обчислень); P_B^{A3} – імовірність безвідмовної роботи апаратних засобів; P_3^{A3} – імовірність відсутності збоїв апаратних засобів; $P_D^{ПЗ}$ – імовірність відсутності прояву дефектів програмних засобів.

$$\beta_{\Pi} = \left(1 - P_B^{A3} [0; t + \tau + \tau_k] P_3^{A3} [t; \tau + \tau_k] \right) \times \left(1 - I_n P_{\text{вияв}} P_3^{A3} [t + \tau; \tau_k] P_D^{ПЗ} [t + \tau; \tau_k] \right), \quad (3)$$

де I_n – повнота контролю; $P_{\text{вияв}}$ – імовірність виявлення відмов (здатність засобу до виявлення відмов).

Формул (2), (3) використовують для обчислення значень α , β всієї системи контролю та діагностування, до складу якої входить сам об'єкт КД і засоби КД. Для визначення значення α , β , які характеризують тільки засоби КД (програми КД) формул (2), (3) необхідно перетворити до вигляду:

$$\alpha_0 = 1 - P_D^{ПЗ}; \quad \alpha_{\Pi} = 1 - P_D^{ПЗ}(\tau_k); \quad \beta_{\Pi} = 1 - I_n P_{\text{обн}} \cdot (4)$$

Для визначення значення $I_{\text{пРобн}}$ введемо до розгляду три множини. До першої множини необхідно включити перелік всіх апаратних складових, які можуть входити до складу систем управління. Далі для кожної апаратної складової необхідно визначити склад тестів, виконання яких з високою імовірністю дає можливість виявити всі порушення від нормального функціонування. Так для проведення контролю процесора необхідно виконати тестування 16-розрядних регістрів процесора: BP, SP, SI, DI, CS, DS, SS, AX, DX, CX, ES, FS, GS; 32-розрядних регістрів: EAX, EDX, ECX, ESI, EBP, ESP, EDI; регістр прапорів: FLAGS, EFLAGS. Також в залежності від типу процесору сюди необхідно додати регістри співпроцесора, цілочісельні регістри MMX-розширення та регістри MMX-розширення з крапкою, що плаває. Також необхідно виконати перевірки правильності виконання інструкції цілочісельних команд, команд співпроцесора та команд MMX-розширення (для процесорів класу Pentium III та вище додатково контролюється виконання команд XMM-розширення). При виконанні перевірок цілочісельних команд контролюється правильність виконання інструкцій арифметичних, логічних, ланцюгових команд, команд пересилання даних, передачі управління та управління станом процесору.

Таким чином, формується множина H , яка складається з обладнання, що може бути входити до складу цифрових систем управління, та еталонного переліку перевірок, виконання яких дозволить забезпечити значення $I_{\text{пРвияв}} = 1$.

Множина A складається з переліку обладнання, яке входить до складу цифрових систем управління. Проекція множини H на множину A формує множину H^A , яка складається з переліку обладнання цифрових систем управління та переліку перевірок, виконання яких дозволить отримати значення $I_{\text{пРвияв}} = 1$ для реальної системи.

$$H^A = \{H_i^A \{S_j\}\}, \quad (5)$$

де S_j – j -та перевірка, яку необхідно виконати при контролі i -го обладнання.

Для програми-утиліти формується множина

$$H^{\Pi} = \{H_i^{\Pi} \{S_k\}\}, \quad (6)$$

де S_k – k -та перевірка, яка фактично виконується при контролі i -го обладнання.

Пересічення (5) та (6) формує множину перевірок, яка реалізується програмним засобом при контролі ЦСУ

$$S^K = H^{\Pi} \cap H^A. \quad (7)$$

Співвідношення потужностей множин (7) та (5) дорівнюватиме реальному значенню $I_{\text{пРвияв}}$

$$I_{\text{пРвияв}} = \text{card}(S^K) / \text{card}(H^A). \quad (8)$$

Для визначення імовірності відсутності дефектів програмних засобів, в даній роботі пропонується ви-

користувати метрики Холстеда [6]. В основі метрик Холстеда лежать поняття операнда та оператора.

Операнд є величина, що представляє собою об'єкт операції, що реалізує електронна обчислювальна машина в ході виконання програми (змінна).

Оператор є поняття, що означає відповідність між елементами двох множин X и Y , яке відносить кожному елементу x з X деякий елемент y з Y .

Вихідними даними для розрахунків метрик є:

- кількість простих операторів, що розличаються (словар операторів), η_1 ;
- кількість простих операндів, що розличаються (словар операндів), η_2 ;
- загальна кількість усіх операторів, N_1 ;
- загальна кількість усіх операндів, N_2 .

Відповідно до метрик Холстеда кількість помилок в програмі визначається виразом

$$B = V/3000 = E^{2/3}/3000, \quad (9)$$

де $V = N \log_2 \eta$ – об'єм; $N = \eta_1 \log_2 \eta_1 + \eta_2 \log_2 \eta_2$ – рівняння довжини програми (оціночне); $\eta = \eta_1 + \eta_2$ – словар; $E = V/L$ – зусилля на розробку програми; $L = 1/D$ – рівень програми; $D = (\eta_1/2)(N_2/\eta_1)$ – складність програми.

Пояснимо сутність визначення метрик на прикладі програми перевірки виконання операції при розрахунку виразу $y = (a + b)/c$, листинг якої наведено на рис. 1

Для приведеної програми $\eta_1 = 5$; $\eta_2 = 6$; $\eta = 11$; $N = 27,1$; $V = 93,8$. Тоді математичне сподівання кількості дефектів у наведеній програмі $B = 0,03127$.

Імовірність відсутності прояву дефектів програмних засобів контролю протягом часу проведення операцій контролю t визначається по формулі

$$P_{\text{д}}^{\text{ПЗ}}(\tau_k) = P_{\text{д}}^{\text{ПЗ}}(T > \tau_k) = \exp(-\lambda \tau_k), \quad (10)$$

де λ – інтенсивність прояву дефектів програмних засобів контролю.

Для визначення інтенсивності прояву дефектів програмних засобів скористаємося моделлю оцінки надійності програмних засобів Гелла-Окумото [7], згідно якої

$$\lambda(t) = KB \exp(-Kt), \quad (11)$$

де K – коефіцієнт пропорційності.

Тоді для приклада, що розглядається при невеликих t маємо $\lambda \rightarrow KB \approx 3 \cdot 10^{-7} \text{ c}^{-1}$.

Графік функції $P_{\text{д}}^{\text{ПЗ}}(t)$ представлений на рис. 2.

```

masm
model small
stack 256
.data
a db 4
b db 10
c db 2
y dw 0
rez db 7
.code
main:
xor ax,ax
mov al,a
cbw
movsx bx,b
add ax,bx
idiv c
mov bh,rez
xor ax,bh
mov ax,02h
exit:
mov ax,4c00h
int 21
end main
    
```

Рис. 1. Листинг програми перевірки

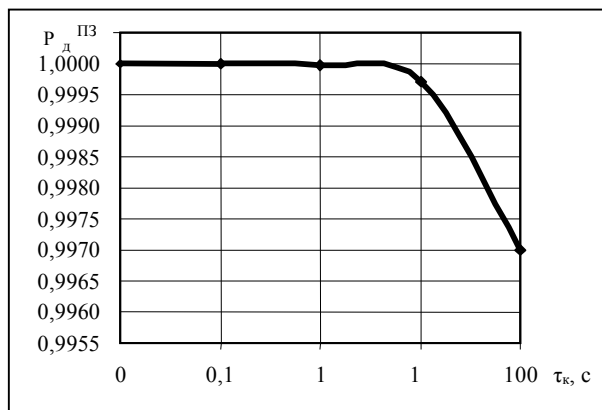


Рис. 2. Залежність імовірності відсутності прояву дефектів програмних засобів від часу проведення контролю

Таким чином, значення отримані по формулах (8) та (10) після підстановки в (4) дають можливість отримати значення α_0 , α_n та β_n для засобів контролю та діагностування, які аналізуються.

Висновки

Використання раніше розроблених компонентів для побудови цифрових систем управління дозволяє зменшити витрати, пов'язані з їх проектуванням та супроводженням. Використання даного підходу дає можливість застосовувати при контролі їх технічного стану існуючі програмні засоби контролю та діагностування: раніше розроблені компоненти. Запропонована методика визначення показників контролю та діагностування дозволяє отримувати чисельні значення таких показників, як імовірність хибної відмови при контролі (α), імовірність невиявленої відмови при контролі (β), тривалість контролю (діагностування) (τ_k), повнота контролю (діагностування) (I_n). Це дозволяє вирішувати задачу комплексування програмних засобів для побудови цифрових систем з високою готовністю.

Послідовність дій при визначенні значень показників контролю та діагностування описана в статті є

загальною для систем контролю та діагностування, які побудовані з використанням раніше розроблених компонентів. Процес визначення значень показників контролю та діагностування не є однозначним та може варіюватися при проведенні аналізу деяких програмних засобів контролю та діагностування.

Вдосконалення запропонованої методики для визначення значень деяких показників може бути проведено у напрямку детального аналізу вихідних кодів програмних засобів після проведення їх дезасемблювання.

Список літератури

1. Харченко В.С., Юрченко Ю.Б., Байда Н.К. Реализация проектов отказоустойчивых бортовых компьютеров КА с использованием электронных компонент Industry // *Технология приборостроения*. – 2002. – № 1. – С. 29-36.
2. Scott J.A., Preckshot G.G., Gallagher J.M. Using Commercial-Off-The-Shelf (COTS) Software in High-Consequence Safety Systems // *Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL*. – 122246. – 1995.
3. IAEA Working Materials. Scientific Basis and Engineering Solutions for Cost-Effective Assessments of Software-Based I&C Systems // *Proceeding of Coordinated Research Meeting, Vienna, Austria, 8 – 12 November, 1999*.
4. Зенович О.Є., Ключников І.М., Підгорбунський О.А. Методика вибору програмних засобів оцінки технічного стану цифрових систем // *Системи озброєння і військова техніка*. – 2005. – 3/4. – С. 83-85.
5. Харченко В.С. Основы технической диагностики систем летательных комплексов. – МО, 1991. – 106 с.
6. Использование метрик Холстеда при оценке безопасности критического программного обеспечения / В.С. Харченко, В.В. Скляр и др. // *Радиоэлектроника та комп'ютерні системи*. – 2003. – № 4 (4). – С. 145-150.
7. Харченко В.С., Скляр В.В., Тарасюк О.М. Методы моделирования и оценки качества и надежности программного обеспечения. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2004. – 159 с.

Надійшла до редколегії 23.02.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.