

УДК 621.372

Є.Я. ВАВРУК, А.О. МЕЛЬНИК

*Національний університет “Львівська політехніка”, Україна***ПІДВИЩЕННЯ КОНТРОЛЕЗДАТНОСТІ СИСТЕМ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ЯДЕР**

Проаналізовано особливості контролю і діагностики систем опрацювання сигналів. Розглянуто шляхи підвищення їх контролездатності шляхом використання діагностичних ядер. Наведено результати досліджень на прикладі системи опрацювання радіолокаційної інформації.

діагностичне ядро, метод діагностування, система опрацювання сигналів, надійність**Вступ**

Системи опрацювання сигналів (СОС) є однією з складових частин великих технічних комплексів, що використовуються в багатьох галузях народного господарства та військової техніки. Здебільшого такі комплекси працюють у важких експлуатаційних умовах в режимі реального часу (РРЧ) і характеризуються підвищеними вимогами щодо їх надійності. Це пов'язано, насамперед, з важливістю проблем, що вирішуються комплексами, трудностю доступу до апаратних засобів (наприклад, в космічній техніці), їх високою вартістю. На достовірність роботи СОС впливають як зовнішні чинники (завади різного типу), характер оброблюваної інформації (вид сигналу, висока частота, багатоканальність, великий об'єм), так і сама технічна реалізація (алгоритми опрацювання, використання елементів високого рівня інтеграції: програмовані процесори опрацювання сигналів – DSP, програмовані логічні елементи – ПЛІС). Тому важливою є проблема підвищення контролездатності, забезпечення контролю і діагностування СОС в РРЧ, вирішення якої дозволяє не тільки досягнути високих функціональних властивостей систем, але й принести вагомий економічний ефект.

Проблема підвищення контролездатності СОС. Проблема підвищення контролездатності СОС полягає в забезпеченні їх тривалого

функціонування в поєднанні з високою надійністю, готовністю і зручністю обслуговування. Одним з шляхів її вирішення є організація контролю і діагностування (КіД). Причому, засоби КіД повинні задовольняти такі вимоги: забезпечення роботи в РРЧ, висока гнучкість, можливість перевірки складних вузлів; розвинуте математичне і програмне забезпечення, мінімальні додаткові діагностичні і контролюючі апаратні і програмні засоби, можливості перевірки вхідних та вихідних сигналів, забезпечення контролю і діагностування апаратури в важких (промислових) умовах експлуатації, мінімальні трудозатрати на підготовку і проведення контролю і діагностування.

Аналізуючи ці вимоги, які інколи є взаємовиключаючими, стає зрозумілою важливість вирішення проблеми побудови оптимальних засобів КіД. Хоча для контролю працездатності СОС використовуються різні методи параметричного, функціонального контролю, контролю за характеристиками вихідних сигналів системи і за показниками якості [1], відсутніми є загальні підходи до реалізації методів і вузлів КіД з врахуванням властивостей роботи в РРЧ і умов експлуатації відповідних систем. Розробниками здебільшого розглядаються задачі контролю і діагностики тільки окремих груп алгоритмів і їх програмної чи апаратної реалізації [2, 3], або теоретичні основи організації систем з підвищеною

завадостійкістю. Тому дослідження в даному напрямку представляють певну зацікавленість як в теоретичному плані, так і в плані практичної реалізації.

Постановка задачі. Проаналізувати різні принципи організації діагностування і вибрати той з них, який забезпечує роботу в РРЧ і можливість перевірки параметрів вхідних сигналів системи при мінімальних додаткових апаратних і програмних засобах на засоби КіД.

Опис структури технічного комплексу

Варіант структурної схеми комплексу, до складу якого входить СОС, наведено на рис. 1, де Д – давачі, П – приймач, ВАО – вузол аналогового опрацювання, ВД – вузол дискретизації, ВК – вузол керування, ВР – вузол реєстрації, відображення, додаткового опрацювання, ВП – виконавчий пристрій, $\vec{x} = \{x_1, \dots, x_n\}$ – дискретна вибірка. Блок давачів виконує функції перетворення вхідних даних $\alpha_i(t)$ в вихідні сигнали $S_1(\alpha_i, \beta, t)$, де β – вектор неінформаційних параметрів сигналів. В приймачі виконується попереднє опрацювання суміші сигналів і завад $\xi(t) = S_1(\alpha_i, \beta, t) + n_1(t)$, різні типи фільтрації зовнішніх $n_1(t)$ і внутрішніх $n_2(t)$ завад, нормування вихідних процесів і аналогово-цифрове перетворення $x(t)$. Функції інших вузлів залежать від області застосування комплексу. Причому частина обчислювальних функцій і алгоритмів виконується вузлами СОС і ВК. В даній структурі вузли ВД, СОС, ВК можуть бути реалізовані на базі DSP і ПЛІС. В СОС виконуються алгоритми як первинного так і вторинного опрацювання інформації.

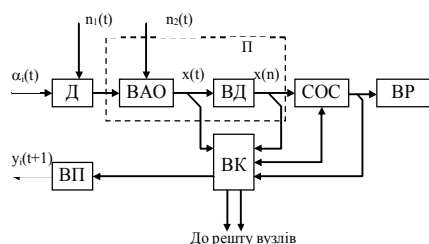


Рис. 1. Структурна схема технічного комплексу

Комплекс (рис. 1) можна представити як динамічну систему, основною характеристикою якої є оператор, за допомогою якого вхідні сигнали $z(t)$ перетворюються у вихідні $y(t)$: $y(t) = A(t, u)z(t)$. Оператор $A(t, u)$ залежить від часу t , вектора випадкових параметрів u і є математичним описом роботи реальної системи. Для контролю її працездатності можна використати один з методів контролю (параметричний, функціональний, контроль за характеристиками вихідних сигналів системи і за показниками якості) в залежності від необхідної глибини і швидкості проведення процесу діагностування.

Організація процесу діагностування. Місце СОС в загальній структурі комплексу (рис. 1) показує, що стосовно системи опрацювання сигналів можна використати один з принципів організації діагностування: централізоване, розкручування і розподілене діагностичного ядра. Хоча, як комплекс, так і система можуть бути розбиті на декілька контурів контролю, в кожному з яких може використовуватися свій принцип (діагностичне ядро), необхідно прагнути забезпечити можливість проведення діагностики шляхом використання тільки одного з них. Розглянемо можливість використання кожного з принципів окремо для комплексу і окремо для СОС.

Принцип централізованого діагностування передбачає задання одним з активних модулів (процесорів) діагностичної процедури і збирання на цьому ж модулі інформації результатів контролю і про стан всіх решти пристроїв.

Принцип розкручування полягає в тому, що на кожному наступному кроці діагностичної процедури діагностичне ядро і апаратура, яка була перевірена за його допомогою, утворюють засоби діагностування для наступної частини апаратури.

Принцип розподіленого діагностичного ядра полягає в розбитті апаратури на такі модулі (процесори), які були б здатними здійснювати

взаємне тестування за певними законами. Тобто, такий модуль повинен реалізовувати не тільки свої робочі алгоритми, але й алгоритми тестового діагностування інших модулів.

Виходячи з структури технічних комплексів обробки сигналів і структури СОС та основних ознак принципів діагностування можна зробити такі висновки:

- внаслідок багатопроцесорної і багатомодульної організації технічного комплексу, частина вузлів якого не має програмної підтримки, застосування принципу централізованого діагностування є проблематичним;

- для комплексу оптимальним варіантом процесу діагностування є аналіз параметрів вихідних сигналів $y_i(t + 1)$ при поступленні вхідних даних $\alpha_i(t)$;

- для складових частин комплексу, зокрема і СОС -- використання принципів розкручування і розподіленого діагностичного ядра.

При цьому гостро стоїть проблема надійності діагностичного ядра, яку можна забезпечити шляхом застосування відмовостійких методів побудови пристроїв (процесорів) і/чи мінімізації його апаратних засобів. Пам'ятаючи, що однією з умов забезпечення підвищеної контролездатності СОС була визначена процедура перевірки достовірності роботи вхідних каналів (вихід вузла ВД, рис. 1) доцільно забезпечити введення діагностичного ядра у вхідний канал СОС (рис. 2), де КМ – комутатор.

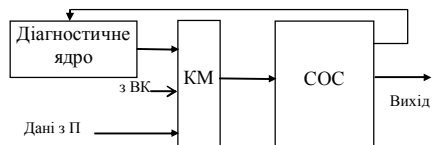


Рис.2. Схема під'єднання діагностичного ядра

Притому ніяких додаткових функціональних вузлів діагностування всередині СОС не повинно встановлюватися і не повинна змінюватися конфігурація зв'язків між основними вузлами системи.

В залежності від режиму роботи на СОС поступають дані з приймача (режими функціонування) або з діагностичного ядра (режими контролю).

Головними складовими частинами діагностичного ядра є генератор тестових сигналів (ГТС) та вузол аналізу (ВА). Причому на виході генератора сигналів забезпечується повна імітація (розрядність, форма, частота) вихідних сигналів приймача. Це дає можливість перевірити вхідний тракт (стосовно СОС) технічного комплексу у псевдореальному часі.

Реалізація запропонованих рішень. Як СОС розглядалась система опрацювання сигналів радіолокаційного комплексу у складі [4]: процесор ортогональних перетворень (ПОП), процесор визначення віддалі (ПВВ), процесор визначення кутових координат (ПВКК), пороговий пристрій (ПП), вузол виявлення сигналу (ВВС), вузол керування та синхронізації (ВКС), вузол інформаційного обміну (ВІО), процесор вторинного опрацювання інформації (ПВОІ). Основні вузли системи СОС реалізовані на базі інтегральних схем (ІС) ПЛІС сімейства FLEX10K (ф. Altera) і DSP типу ADSP-2181, ПВОІ – на базі ЕОМ промислового виконання, а саме: ПОП і ПВКК реалізовані на ІС типу ADSP-2181 та FLEX10K, ПВ, ВВС, ВКС, ПП – на ІС типу FLEX10K. До складу ГТС входять ІС типу ADSP-2181 та мікросхеми постійної та оперативної пам'яті (ОЗП), до складу ВА – ІС типу ADSP-2181 та ОЗП. В структури ГТС і ВА введені вузли виправлення помилок (коректуючі коди) та окремі схеми, що самоперевіряються. Тим самим забезпечується відносна відмовостійкість елементів діагностичного ядра. Аналіз функціональних можливостей використаної елементної бази показує, що частина вузлів є по суті апаратно реалізована (вузли без процесорів) і тому не можна використати всіх переваг методу розподіленого ядра. Тому певна частина вузлів

системи при використанні методу розподіленого ядра не зможе бути перевірена. В цьому випадку необхідне використання комбінованих методів діагностування.

В процесорі вторинного опрацювання обчислюються дані (здебільшого сигнали, що поступають на СОС, і роботу самої системи можна описати у формалізованому вигляді) і формуються всі тестові масиви. Головними вузлами (діагностичним ядром системи) при використанні методу розкручення є ПВОІ, ГТС та ВА. На початковому етапі перевіряються в тестовому режимі елементи ПВОІ, канали передачі інформації від ПВОІ до ГТС і від ГТС до ВА, елементи пам'яті ГТС і ВА. При правильній їх роботі стверджується, що діагностичне ядро є працездатним і здійснюється поступова перевірка основних вузлів і процесорів СОС. Зміна тестових даних, що необхідні для наступної перевірки, формуються в процесорі вторинного опрацювання інформації і передаються в діагностичне ядро. Результати діагностування поступають на ВА діагностичного ядра. В вузлі аналізатора отримані дані додатково обробляються і систематизуються, що дозволяє зменшити обсяг діагностичних даних, що передаються від ВА до ПВОІ і прискорити процес діагностування.

Слушно зауважити, що вагомим недоліком є використання в ПВОІ, як головного елемента діагностичного ядра, ЕОМ промислового виконання, яка не є відмовостійкою.

Результати досліджень розробленої системи показали:

– використання методу розкручення забезпечує перевірку 100% вузлів СОС, методу розподіленого ядра – 84%;

– при реалізації діагностичних ядер за методом розкручення і методом розподіленого ядра відношення додаткових апаратних затрат становить 1,22 : 1.

Висновки

Реалізація запропонованих рішень дозволяє:

– проводити діагностування СОС в режимі псевдореального часу (часові параметри ідентичні параметрам робочих режимів, а тривалість діагностування визначається необхідною кількістю тестів для виявлення місця дефекту) без суттєвих додаткових апаратних і програмних затрат;

– не змінювати конфігурацію зв'язків між основними елементами системи під час виконання режиму діагностування;

– перевіряти достовірність даних, що поступають на вхід СОС;

– оперативно змінювати набір тестових і діагностичних масивів.

Подальші дослідження повинні бути направлені на пошук нових алгоритмів діагностування СОС і розробку системи з можливістю автоматичної реконфігурації при виявленні несправностей. Перспективними є дослідження в проблеми передачі тестових масивів по каналах зв'язку (наприклад, діагностування космічної апаратури), що підвищить ефективність діагностування і значно скоротить обсяг додаткових апаратних затрат.

Література

1. Щербаков Н.С. Достоверность работы цифровых устройств. – М.: Машиностроение, 1989. – 224 с.
2. Jun-Fu Li, Shyue-Kung Lu, Shih-Arn Hwang, Cheng-Wen Lu. Easily Testable and fault-tolerant FFT butterfly network // IEEE Trans on circuits and systems. – Sept. 2000. – Vol. 4. – P. 919-929.
3. G.Robert Redinbo, Ranjit Manomohan. Fault Tolerance in Computing, Compressing and Transmitting FFT Data // IEEE Trans on communication. – Dec. 2001. – Vol. 49. – P. 2095-2105.
4. Ваврук Є.Я. Деякі аспекти організації контролю і діагностики систем та процесорів опрацювання інформації у режимі реального часу // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2005. – № 546. – С. 23-29.

Надійшла до редакції 6.03.2006

Рецензент: д-р техн. наук, доцент Р.Б. Дунець, Національний університет "Львівська політехніка", Львів.