

оператора належить Q_2 , а значить, є вірогідним. Потім виконується рангований термальний оператор $q := r$, а $r \in Q_2$ (а не Q_4 , як у випадку 1), та після його виконання $q \in Q_2$. Отож, r та q набувають значень із заданої секвенційної області, тому є вірогідними. За ознакою циклу $c(r \neq 0)$ відбувається перехід на другий цикл знаходження остачі від ділення p на q .

На другому циклі $p \in Q_2$ (а не Q_1 , як першому циклі). Остача від ділення знову може дорівнювати або не дорівнювати нулю. А ці два випадки ми вже розглянули і встановили вірогідність моделі.

Теорема доведена.

Висновки

1. Структури лінгвістичного, математичного, інформаційного і алгоритмічного забезпечення систем автоматизації проектувальних робіт можуть бути подані формулами теорії секвенційних алгоритмів.

2. Вірогідність математичних моделей структур лінгвістичного, математичного, інформаційного і алгоритмічного забезпечення систем автоматизації проектувальних робіт може бути доведена складною сукупною математичною інструкцією.

3. Встановлення вірогідності математичних моделей ще до практичної реалізації і апробації моделей забезпечує виявлення і виведення синтаксичних, семантичних і алгоритмічних помилок.

1. Овсяк В. Алгебра алгоритмів-секвенцій // Зб. наук. праць "Комп'ютерні технології друкарства". 1999. №3. С.3–13. 2. Математическая энциклопедия. Т.5. М.: Советская энциклопедия, 1984. 3. Успенский В.А., Семенов А.Л. Теория алгоритмов: основные открытия и приложения. М.: Наука, 1987.

УДК 621.396.6.004

К. Касьян

Запорізький державний технічний університет

ПРОБЛЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

© Касьян К., 2001

Проаналізовано проблеми і сучасні підходи до діагностування радіоелектронних пристроїв. Обґрунтовано необхідність створення методів і засобів діагностування технічного стану радіоелектронних пристроїв, які б орієнтувалися на безперервний інформаційний супровід пристроїв протягом всього життєвого циклу, починаючи від технічного завдання до припинення.

Аналізуючи проблему діагностування радіоелектронних засобів, потрібно відзначити два її аспекти: науковий, або теоретичний і виробничий, або практичний. З наукового погляду технічна діагностика за останні три десятиріччя розглядалася у багатьох роботах. Їх умовно можна поділити на роботи з розроблення універсальних, фундаментальних методів і роботи з розроблення спеціалізованих, вузькоспрямованих методів.

Практичне застосування універсальних методів діагностування зіштовхується з великими труднощами через складність врахування тих або інших конкретних особливостей об'єктів діагностування, що, як правило, робить неможливим їхнє широке впровадження.

Спеціалізовані методи, що розроблені під конкретний клас приладів, не дають змоги робити узагальнення на ширший клас об'єктів.

Отже, неконкретність перших та неінваріантність других методів робить актуальною проблему створення методів діагностування радіоелектронних приладів (РЕП), позбавлених цих недоліків.

Характеризуючи стан проблеми в промисловості, необхідно також відзначити два аспекти.

По-перше, вузьке і обмежене розуміння надійності як безвідмовності: $P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \dots P_n(t)$, де n – кількість структурних одиниць РЕП, призводило до неправильного висновку, що засоби діагностування, які є однією з структурних одиниць РЕП, зменшують загальну надійність. Виходячи з цього, намагалися мінімізувати засоби діагностування, а часто і зовсім відмовлялися від цих засобів, що, безумовно, знижувало ремонтпридатність РЕП, а отже, і загальну надійність пристрою.

Справді, кількісно ремонтпридатність визначається часом відновлення

$$T_{\epsilon} = T_n + T_y, \quad (1)$$

де T_{ϵ} – час відновлення РЕП, T_n – час пошуку дефекту в РЕП, T_y – час усунення дефекту в РЕП.

Час відновлення відіграє важливу роль в забезпеченні коефіцієнта готовності РЕП, що регламентується технічним завданням на нього:

$$K_{\Gamma} = \frac{T_H}{T_H + T_B}, \quad (2)$$

де T_n – час напрацювання між відмовами.

Час усунення дефекту T_y для вибраного конструктивного виконання може бути визначений заздалегідь і прийматися постійним: $T_y = const$. Як правило $T_n \gg T_y$, тому можна прийняти $T_{\epsilon} \approx T_n$.

Виникає протиріччя. Для підвищення ремонтпридатності і забезпечення необхідного коефіцієнта готовності K_{ϵ} необхідне введення додаткових вбудованих засобів діагностування, що, своєю чергою, погіршує безвідмовність РЕП.

Оскільки безвідмовність регламентується в ТЗ на РЕП і вона, безумовно, забезпечується при проектуванні пристрою, можна поставити завдання визначення рівня контролепридатності, відповідного досягнутому рівню безвідмовності (рис.1).

При $K_{\Gamma} \rightarrow 1$ K також повинен прямувати до 1. Для визначення достатнього рівня контролепридатності необхідно знайти вигляд функції

$$f : P(t) \rightarrow K \Big|_{K_{\Gamma} = K_{\Gamma \text{ ном}}} \quad (3)$$

Це дало б змогу знайти компромісний рівень контролепридатності K , що при заданому обмеженні на коефіцієнт готовності K_{Γ} (а значить, і на T_n і на ремонтпридатність) мінімізував би необхідну надмірність РЕП.

Однак так завдання в промисловості не ставиться, і рівень контролепридатності визначають на основі існуючих аналогів і евристичної посилки про його достатність або недостатність.

По-друге, протягом життєвого циклу РЕП виконавці відповідних етапів науково-дослідної роботи, проектування, виробництва та експлуатації мають вузьку спеціалізацію.

Схемотехнік розробляє структурні, функціональні та електричні принципові схеми РЕП. Конструктор, отримавши варіант електричної принципової схеми з переліком елементів, займається вибором конструкції, як правило, типової, та процедурами компоновання, розміщення, трасування. Технолог організує технологічну підготовку виробництва і розробку оснащення для наведеної конструктивної реалізації РЕП, здійснює прив'язку варіанта конструкції до можливостей конкретного виробництва тощо.

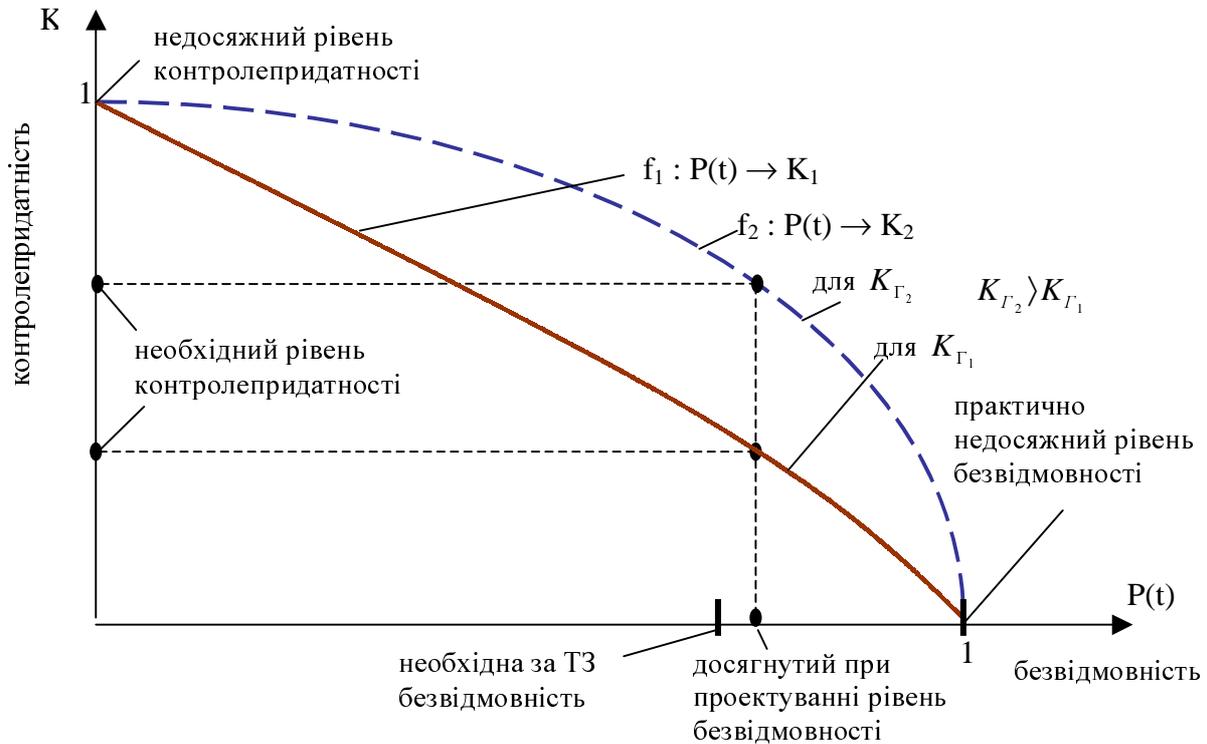


Рис. 1 Залежність показника контролепридатності РЕП від досягнутого рівня безвідмовності при різних необхідних коефіцієнтах готовності

При такій вузькоспеціалізованій організації життєвого циклу досягається максимальна ефективність виконання тих або інших робіт за етапами. Однак очевидно і те, що ця ефективність локальна. Якщо розглянути організацію робіт життєвого циклу відносно глобальної ефективності всього процесу від зародження ідеї і формування ТЗ до припинення експлуатації, можна відзначити, що між етапами виникають інформаційні розриви, зв'язані з різними інформаційними мовами дослідника, розробника-схемотехніка, конструктора, технолога, виробничника, випробувача та експлуатаційника.

Вимушене переформатування інформації на стиках етапів життєвого циклу, хоча і усуває інформаційну розривність, але зберігає на цих дільницях викиди інформаційних напружень. Чим менша амплітуда викидів інформаційних напружень між етапами, тим вища ефективність організації життєвого циклу РЕП.

Розуміння цього зумовило інтерес до створення інтегрованих САПР, що в єдиному циклі дали б змогу створювати і схему, і конструкцію, які одразу пристосовані до наявних можливостей і обмежень виробництва. І тут були досягнуті певні успіхи, наприклад, пакет проектування РЕП OrCAD 9.1 (Design Lab). Але загалом проблема залишилася невирішеною. Проблема полягає в тому, що організація життєвого циклу повинна базуватися на двох принципах:

1. Інформаційне середовище від зародження ідеї і формування ТЗ до припинення експлуатації повинно бути безперервним і не мати розривів. Для цього необхідно, щоб формати інформації на стиках етапів були уніфіковані.

2. Інформаційне поле протягом життєвого циклу повинно бути регулярним (рівномірним). Для цього необхідно згладити (мінімізувати) інформаційні напруження, де б вони не виникали.

Розглянемо, яка ж ситуація з діагностичним забезпеченням життєвого циклу РЕП з позицій принципів, що були сформульовані.

Незважаючи на ряд державних стандартів, що регламентують і упорядковують роботи з діагностичного забезпечення розробок, вони не знайшли належного використання в промисловості. Підхід до стандартів залишається формальним, а конкретні заходи щодо діагностичного забезпечення починають застосовуватися, як правило, на етапі технологічної підготовки виробництва. Розробники ж обмежуються укладанням так званих таблиць характерних несправностей, що є невід'ємною частиною інструкції з експлуатації, інструкції з настроювання і регулювання та ТУ для апаратури спеціального призначення або частиною паспорта для апаратури побутового призначення.

Цілком природно, що при такому підході інформаційне напруження посилюється в міру наближення до етапів приймально-здавальних випробувань і особливо на стадії експлуатації, коли недостатня увага до питань діагностування на більш ранніх етапах обертається невиправдано високими витратами (див. таблицю).

Міра економічних збитків, завданих відмовою одного елемента

Радіоелектронні засоби	Відносна міра економічних збитків, завданих відмовою одного елемента (у відносних одиницях)			
	Заміна елемента	Заміна вузла	Переперевірка і ремонт РЕП	Натурні випробування і ремонт або випробування
РЕП широкого застосування	1	2.5	2.5	25
РЕП промислового призначення	2	12.5	22.5	207
РЕП військового та космічного призначення	7.5	7.5	150	10 ⁶

За деякими джерелами співвідношення вартості виявлення і локалізації несправності "елемент-функціональний вузол-РЕП" становить 1:10:100. Отже, вартість зростає кожний раз на порядок, а в складних РЕП – навіть на два. Оцінки вартості діагностування у відсотках від вартості повного життєвого циклу РЕП змінюються від порівняно низького значення (менш ніж 10%) до надзвичайно високого (більш ніж 60%) відповідно до етапу життєвого циклу і вартості діагностування на цих етапах.

Для підвищення ефективності організації всього життєвого циклу РЕП необхідно вирішувати питання діагностичного забезпечення, починаючи з найперших етапів проектування.

Отже, проблема полягає у створенні методів і засобів діагностування технічного стану радіоелектронних пристроїв, що орієнтувалися б на безперервний інформаційний супровід РЕП протягом всього життєвого циклу, починаючи від зародження ідеї і формування ТЗ до припинення експлуатації.

Загальним завданням діагностування РЕП є визначення виду технічного стану пристрою і у випадку несправності або непрацездатності – уточнення причин даного стану з глибиною пошуку відмови до рівня комплектуючого елемента. Розв'язання цієї задачі припускає наявність математичної моделі РЕП, що залежить від властивостей і особливостей пристрою, що діагностується, цільового змісту процедури діагностування та умов його здійснення.

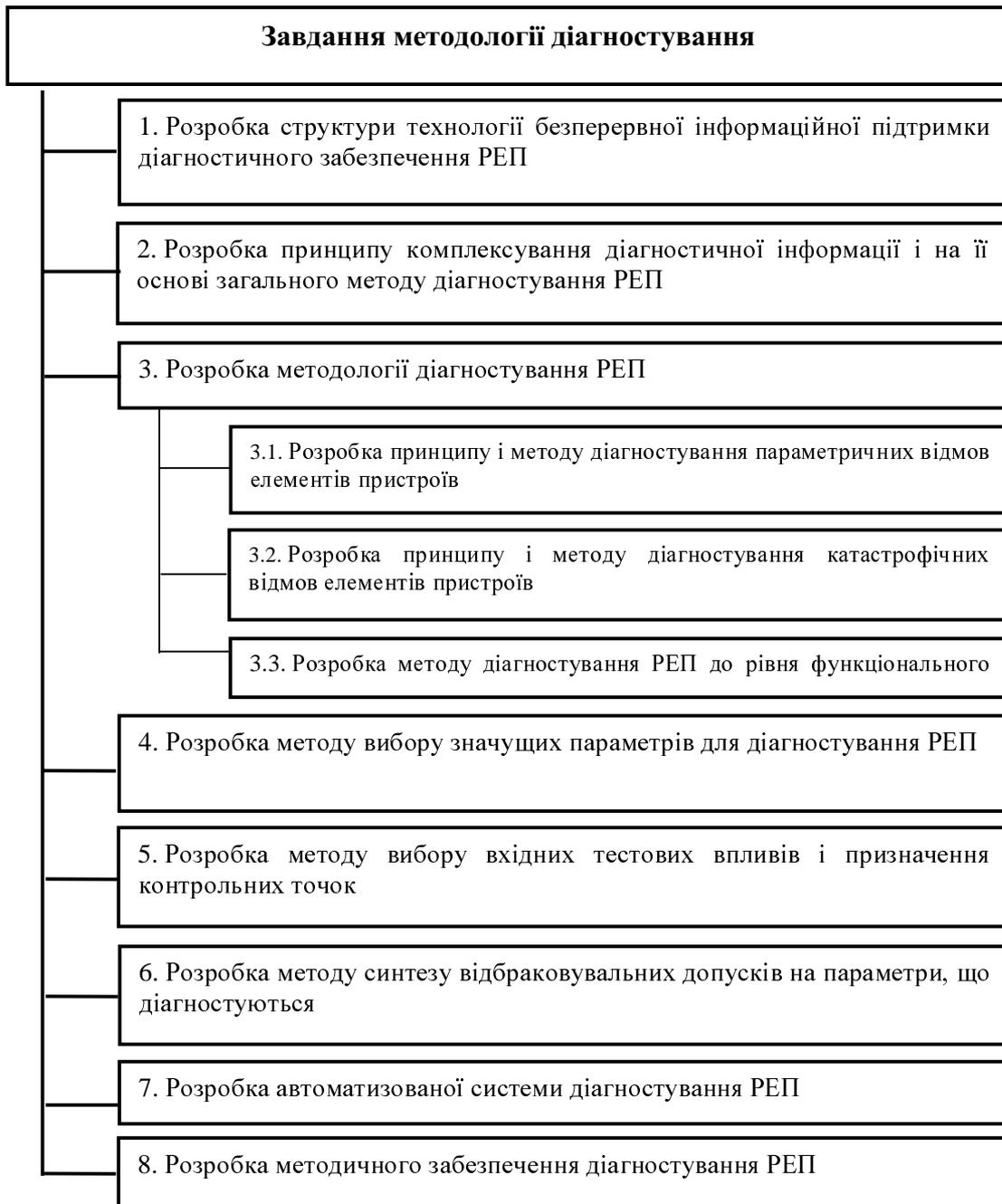


Рис.2. Структура завдань методології діагностування РЕП

Отже, для визначення технічного стану РЕП необхідно розробити діагностичну модель, що дає змогу:

- визначати вигляди дефектів, що можна коректно ідентифікувати;
- вибирати вектор вхідних тестових впливів для ефективного виявлення дефектів;
- призначати контрольні точки для забезпечення необхідної діагностованості пристрою;
- розраховувати вектор відбракувальних допусків на параметри, що діагностуються;
- визначати, якими засобами і як організувати діагностичне забезпечення протягом життєвого циклу РЕП.

В структурованому вигляді ці завдання наведено на рис. 2.

УДК 621.396.6.004

М. Касьян

Запорізький державний технічний університет

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО АНАЛІЗУ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЛАДІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ДІАГНОСТУВАННЯ

© Касьян М., 2001

Запропоновано метод автоматизованого аналізу і забезпечення електричних характеристик приладів функціонального перетворення із забезпеченням діагностування до рівня елемента схеми, що дає змогу визначати технічний стан приладу на стадіях виробництва та експлуатації.

Прилади функціонального перетворення (ПФП) сигналів являють собою клас приладів, розроблених за власним функціональним призначенням для формування і перетворення модульованих сигналів у радіопередавальних приладах і для перетворення з метою одержання інформації в радіоприймальних приладах. На літаках, надводних та підводних кораблях ПФП є відповідальними вузлами, що вимагають підвищеної надійності. Під час експлуатації через певний інтервал часу, виконуючи регламентні роботи, найчастіше перевіряють тільки вихідні характеристики таких вузлів у робочих режимах.

Для підвищення надійності та якості проєктованих ПФП розроблений метод автоматизованого аналізу і забезпечення електричних характеристик із діагностуванням приладів на етапі проєктування з наступним визначенням технічного стану приладу до рівня комплектуючого елемента на стадіях виробництва та експлуатації.

На етапі проєктування вирішується завдання забезпечення діагностування ПФП. За спроектованою електричною схемою і конструкцією розраховуються його вихідні характеристики і їхні функції чутливості до зміни параметрів елементів схеми, що діагностуються. З функцій чутливості складається тестова матриця і визначається її ранг. Схема підлягає діагностуванню тільки тоді, коли ранг тестової матриці не менший від кількості параметрів, що діагностуються. Такий підхід дає змогу вибрати ефективні тестові впливи та вихідні характеристики, достатні для однозначного визначення всіх параметрів, що діагностуються.