

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВА РАДІОАПАРАТУРИ

УДК 621.396

### ОРГАНІЗАЦІЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ З УРАХУВАННЯМ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ

*Мірських Г.О., Могильний С.Б., Уткін Д.М.*

*Показано, що при організації життєвого циклу радіоелектронного засобу доцільно розглядати його як підсистему, яка входить до складу інтегрованої системи поруч з підсистемою, що виконує функції діагностування*

#### **Вступ. Постановка задачі**

Збільшення кількості радіоелектронних засобів (РЕЗ), що оточують сучасну людину в повсякденному житті, їх схемне та конструктивне ускладнення, підвищення важливості для людини функцій, що виконуються цими РЕЗ, висуває ряд проблем, серед яких особливого змісту набуває проблема якості. Можна без перебільшення сказати, що від якості РЕЗ сьогодні залежить не лише комфорт окремої людини, а, в дечому, і сам факт існування людства. Задача забезпечення якості тісно пов'язана з задачею контролю характеристик РЕЗ на всіх стадіях життєвого циклу, що, звичайно, приводить до необхідності вирішення задач технічної діагностики, розробки систем діагностування РЕЗ. Відомо, що для ефективного вирішення задач технічної діагностики, як з метою контролю якості на стадії виробництва, так і з метою забезпечення заданого рівня готовності та ремонтпридатності на стадії експлуатації, необхідно щоб вказані стадії були забезпечені належними методами та технічними засобами. Мірою ефективності цих методів та засобів є перевернення доходів від зниження ризиків виробника і споживача для стадії виробництва та збільшення коефіцієнта готовності для стадії експлуатації [1] над витратами на розробку і експлуатацію самої системи діагностування (СД). Крім того, слід враховувати і те, що необачливе, наднеобхідне введення до складу РЕЗ спеціальних елементів, призначених для забезпечення роботи системи діагностування, може призвести до негативних наслідків, наприклад, до зниження надійності РЕЗ. Щоб уникнути вказаних негативних наслідків і отримати максимальний ефект від використання СД, необхідна розробка відповідної методології, як основи організації життєвого циклу РЕЗ.

#### **Інформаційна основа організації життєвого циклу РЕЗ і СД**

Будемо паралельно розглядати життєвий цикл двох систем. Перша система – РЕЗ, а друга – СД. Звичайно життєві цикли цих двох систем взаємопов'язані, адже перша система (система *A*) обумовлює структуру і сам факт існування системи другої (системи *B*), і навпаки – система *B*, обумовлює існування системи *A* саме в такому стані, як вона є. В цих умовах можна

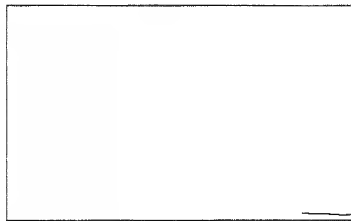
говорити про інформацію, яку несе система  $A$  відносно системи  $B$  [2]. Міра цієї інформації може бути визначена, як

$$J_B(A) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P(A_i B_j) \ln \frac{P(A_i B_j)}{P(A_i) P(B_j)}, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість можливих варіантів реалізації системи  $A$ ;  $m$  – кількість можливих варіантів реалізації системи  $B$ ;  $P(A_i)$  – імовірність реалізації системи  $A$  в  $i$ -му варіанті;  $P(B_j)$  – імовірність реалізації системи  $B$  в  $j$ -му варіанті;  $P(A_i B_j)$  – спільна імовірність реалізації системи  $A$  в  $i$ -му варіанті при реалізації системи  $B$  в  $j$ -му варіанті.

Перш ніж перейти до аналізу співвідношення (1) розглянемо рис.1, де наведено залежності кількості  $N$  та вартості  $C$  варіантів, доступних для реалізації системи, від часу  $T$ , що пройшов з початку проектних робіт.

Видно, що чим більше часу пройшло з початку виконання робіт, тим менше залишається можливих варіантів  $N$  реалізації системи і тим більше стає їх вартість  $C$ . Останнє суттєво пов'язане з переглядом прийнятих на ранніх стадіях рішень при необхідності внесення змін до проекту



З урахуванням (1) виділимо три можливих види організації розробки систем  $A$  і  $B$ .

1) При розробці однієї з систем, інформація про систему другу взагалі не використовується:  $P(A_i B_j) = P(A_i) P(B_j)$  і  $J_A(B) = 0$ . Звичайно, за таких умов можна досягти позитивного результату в розробці лише однієї системи, як такої, але неможлива реалізація вихідних умов – необхідності існування обох систем, при залежності "життєдіяльності" однієї системи від "життєдіяльності" другої.

2) Розробка системи  $B$  починається після повного визначення варіанту реалізації системи  $A$ :  $P(A_i) = 1$  і  $P(A_i B_j) = P(B_j) P(A_i/B_j) = P(A_i) P(B_j/A_i)$ , звідки  $P(B_j/A_i) = P(B_j) P(A_i/B_j)$ . Тобто, якщо варіант реалізації системи  $A$  залишається незмінним при реалізації системи  $B$ , то  $P(A_i/B_j) = 1$  і приходимо до розглянутого вище випадку повної незалежності життєвих циклів систем. Припущення ж  $P(A_i/B_j) < 1$  показує, що реалізація системи  $B$  з більшою чи меншою ймовірністю призведе до коригування системи  $A$ , розробка якої по-більшості завершена, а це неминуче призведе до значного зростання вартості реалізації системи  $A$  (див. рис.1).

3) Розробка систем  $A$  і  $B$  починається на етапі, коли для кожної з них кількість можливих варіантів реалізації достатньо велика, тобто на ранніх

стадіях життєвого циклу обох систем. Цьому випадку відповідають: мінімальні значення  $P(A_i), P(B_j)$  (кількість можливих варіантів  $n, m$  виконання тої чи іншої системи на ранніх стадіях проектування, за звичай, достатньо велика, і ймовірність вибору саме одного з них, звичайно, мала); максимальне значення  $P(A_i B_j)$  (кількість доступних і "взаємопогоджених" варіантів реалізації обох систем найбільша на ранніх стадіях проектування, що надає максимальних можливостей одночасного підбору прийнятних варіантів реалізації обох систем, надалі ця кількість обмежується і кількість варіантів "підбору" знижується). За вказаних умов величина взаємної інформації буде значною, що дає можливість при реалізації однієї системи коригувати реалізацію другої, забезпечуючи збіг "життєвих інтересів" (конструктивно-технологічного виконання і експлуатації) обох систем.

З наведеного видно, що позитивних результатів одночасно в розробці і РЕЗ і відповідної СД (для забезпечення життєвого циклу цього РЕЗ) можна досягти за умови, якщо розробка СД починається на ранніх стадіях проектування РЕЗ. При цьому максимальна ефективність досягається при організації сумісного життєвого циклу вказаних систем, розглядаючи кожну з них як підсистему деякої системи РЕЗ-СД. Причому обидві підсистеми мають бути рівноправні на більшості етапів їх життєдіяльності (адже саме за умов рівноправності – рівноймовірності – відтворення складових двоелементної системи досягається максимальна взаємна інформативність підсистем [2], а отже і максимальна ефективність рішень, що приймаються відносно їх конструкції, технології, експлуатації).

Такий підхід накладає певні умови на характер та зміст окремих етапів робіт з проектування. Це пов'язане, перш за все з тим, що для початку проектування СД необхідна інформація про структурування РЕЗ, яке має бути проведене вже на етапі системотехнічного проектування (розробки структурної і функціональної схем). Останнє не суперечить загальним положенням відносно методології конструювання РЕЗ, але вимагає її визначеної варіативності, а саме: етап системотехнічного проектування РЕЗ має бути безпосередньо пов'язаний з етапом його структурування. Причому в процесі структурування РЕЗ мають бути враховані вихідні дані для проектування СД і, в першу чергу, глибина діагностування [3], а також основні конструктивні рішення, від яких залежить конфігурація елементів обміну інформацією між РЕЗ і СД. Відмітимо, що такий підхід до проектування РЕЗ повністю відповідає умовам комплексного забезпечення інформаційної підтримки життєвого циклу виробів, яке на сьогодні дедалі більше стає однією з обов'язкових умов перебування виробів на міжнародному ринку.

#### **Коефіцієнт готовності і надійність системи РЕЗ-СД**

Впровадження системи діагностування РЕЗ, з метою раціональної організації процесів технічного обслуговування та ремонту, за звичай, вима-

гає введення до схеми РЕЗ додаткових елементів (апаратних витрат), призначених виключно для забезпечення вказаних процесів. Це, звичайно, знижує безвідмовність  $P(t)$  РЕЗ, але не тільки не знижує, але й підвищує, в цілому, його надійність за рахунок підвищення ремонтопридатності і, відповідно, коефіцієнта готовності  $K_T$ . Однак величини  $P(t)$  і  $K_T$  задані технічним завданням на розробку РЕЗ і мають бути безумовно забезпечені. Прийнявши наведену методику організації життєвого циклу, задані технічним завданням параметри  $K_T$  і  $P(t)$  повинні виконуватись відносно системи РЕЗ-СД. При цьому для вирішення вказаної задачі слід на ранніх стадіях проектування системи РЕЗ-СД визначитись з рівнями безвідмовності її складових частин (підсистем). Припустивши експоненціальний закон розподілення відмов, не важко показати, що інтенсивність відмов  $\Lambda$  системи РЕЗ-СД, якою задана величина безвідмовності  $P(t)$ , можна визначити як

$$\Lambda = \lambda_{\text{РЕЗ}} + \lambda_{\text{СД}}, \quad (2)$$

де  $\lambda_{\text{РЕЗ}}$  - інтенсивність відмов підсистеми РЕЗ;  $\lambda_{\text{СД}}$  - інтенсивність відмов підсистеми СД (апаратних витрат на забезпечення виконання функцій діагностування). Зважаючи на те, що величина інтенсивності відмов радіоелектронного об'єкту характеризує обсяг апаратних витрат на його реалізацію, відношення  $\delta = \lambda_{\text{СД}} / \lambda_{\text{РЕЗ}}$  буде характеризувати відносні апаратні витрати на систему діагностики (припущено, що для реалізації підсистем СД і РЕЗ використані близькі за своїми властивостями комплектуючі). Звичайно,  $0 \leq \delta < 1$ , причому  $\delta = 0$  означає відсутність введення спеціальних елементів для діагностики стану окремих вузлів РЕЗ, а  $\delta = 1$  означає, що кількість додатково введених елементів для діагностики стану РЕЗ приблизно співпадає з кількістю елементів самого РЕЗ.

Для характеристики достовірності (повноти) контролю, за звичай, вводять параметр  $\alpha$ , який характеризує ймовірність недопущення системою діагностики помилки – не визначення відмови, що виникла, або надання інформації про наявність відмови, яка не відбулася. Оцінку апаратних витрат на організацію діагностування РЕЗ здійснюють на підставі евристичних моделей [4]: логарифмічної при  $\alpha \leq 0,98$  і ступенцевої при  $\alpha > 0,98$ .

Згідно логарифмічної моделі

$$\delta = \frac{1}{a} \ln \frac{1}{1-\alpha}; \quad \alpha = 1 - e^{-a\delta}, \quad (3)$$

де  $a$  – параметр моделі, що визначається експериментально для різних класів РЕЗ, залишаючись в діапазоні 5...10.

Згідно зі ступенцевою моделлю

$$\delta = \alpha^m, \quad \alpha = \delta^{1/m}, \quad (4)$$

де  $t > 1$  - параметр, що визначається експериментальним шляхом і залишається приблизно однаковим для апаратури одного класу.

Співвідношення (2) - (4) разом з заданими параметрами  $P(t)$ ,  $K_r$ ,  $\alpha$  дозволяють в повній мірі сформулювати вимоги відносно системи РЕЗ-СД і оптимізувати конфігурацію останньої, починаючи зі стадії розробки функціональної схеми, наприклад передбачити необхідність збільшення надійності окремих складових РЕЗ, щоб компенсувати вклучення елементів СД.

### Висновки

При організації життєвого циклу РЕЗ, який з метою підвищення коефіцієнта готовності супроводжується СД доцільно розглядати комплексну систему, що складається з двох підсистем – безпосередньо з РЕЗ і відповідної СД, до складу якої входять спеціальні елементи вбудовані в РЕЗ. Такий підхід дозволяє розпочати розробку СД на ранніх стадіях проектування РЕЗ, забезпечивши умови для оптимізації параметрів як РЕЗ так і СД, при мінімальних матеріальних витратах.

### Література

1. Долматов А.В., Кофанов Ю.Н., Увайсов С.Ю. Организация жизненного цикла изделий радиоэлектроники с учетом задач диагностики. // Качество ИПИ-технологии. - 2005, № 1. С.14-19.
2. Склад Б. Цифровая связь. М.: Изд. дом "Вильямс", 2004. 1104 с.
3. Уткін Д.М., Мірських Г.О. Діагностування радіоелектронної апаратури в інструментальному середовищі LabVIEW. // Вісник Нац. техн. ун-ту України "Київ. політехн. ін-т". Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування. - 2007.-Вип.35. С. 88-93.
4. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-програмных комплексов. СПб.: "Питер". 2005. – 479 с.

<b>Ключові слова:</b> радіоелектроніка, радіоелектронний засіб, діагностика, контроль	
Мирских Г.А., Могильный С.Б., Уткин Д.Н.	Mirskikh G.A., Mogylnyi S.B., Utkin D.N.
<b>Организация жизненного цикла радиоэлектронных средств с учетом системы диагностики</b>	<b>Organisation of the life circle with account of the diagnostic system</b>
Показано, что при организации жизненного цикла радиоэлектронного устройства целесообразно рассматривать его как подсистему, которая входит в состав интегрированной системы наряду с подсистемой, выполняющей функции диагностики	It is shown, that at organization of life cycle of the radioelectronic device it is expedient to consider it as a subsystem, which is included into structure of the integrated system alongside with a subsystem carrying out function of diagnostics

УДК 621.314

## ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЄМНІСНОГО НАКОПИЧУВАЧА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ

Зінковський Ю.Ф., Смолянінов В.Г., Біденко В.А.

*Наведена методика вибору величини ємності і параметрів напруги форсуемого конденсатора-накопичувача електромагнітних виконуючих пристроїв РЕЗ за допомогою номограм.*

До складу радіоелектронних засобів (РЕЗ) часто входять електромагнітні виконуючі пристрої (механізми та двигуни), для підвищення швидкості спрацювання яких при зменшенні енергетичних витрат використовують