МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.3.019

Ю.Я. Бобало, Л.А. Недоступ, М.Д. Кіселичник, О.В. Лазько
Національний університет "Львівська політехніка"
кафедра теоретичної радіотехніки і радіовимірювань

ІМОВІРНІСНА ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ, ВИЯВЛЕННЯ І ПРОПУСКУ ДЕФЕКТІВ НА СТАДІЯХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ РЕА

© Бобало Ю.Я., Недоступ Л.А., Кіселичник М.Д., Лазько О.В., 2007

Запропоновано новий підхід до формалізації процесів утворення дефектності і їх моделювання. Сформовано адекватні математичні моделі дефектності для завдань комплексної оптимізації.

The new approach to the formalization of defect formation procedure is proposed. High-adequate defect models are proposed for complex optimization problem solution.

Вступ. Запропоновано варіант наскрізного моделювання процесів проектування, серійного виробництва та експлуатацій радіоелектронної апаратури шляхом використання узагальнених універсальних показників якості – імовірнісні показники відносного вмісту дефектів, які реально виникають на будь-якій стадії життєвого циклу під час проведення процедур проектування, технологічного формування та підтримки заданих показників якості вихідного продукту.

Постановка задачі. Життєвий цикл радіоелектронної апаратури розглядається у складі стадій її проектування, вхідного контролю матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів, необхідних для її виготовлення, крокових підсистем технологічних та контрольних процедур стадії виробництва і стадії експлуатації [1]. Формалізовані структури підсистем проектування – $S_{пр}$, вхідного контролю – $S_{вх.к}$, крокових підсистем технологічних та контрольних процедур – $S_{к,і}$ та підсистеми експлуатації виробів – S_E показано на рис. 1 і 2.

Стадія проектування РЕА і технологічної підготовки виробництва

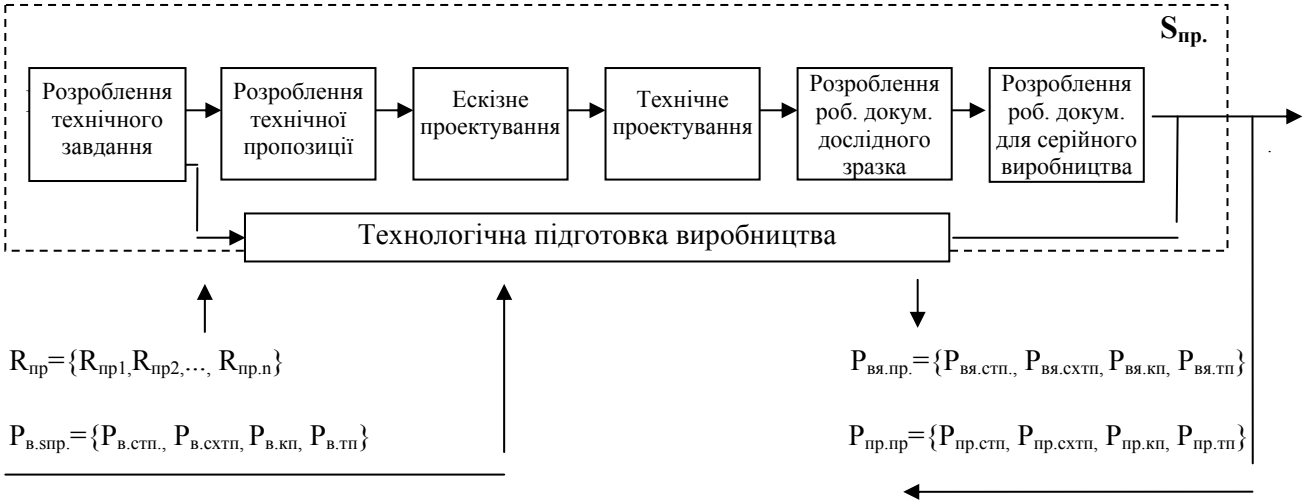

Рис. 1. Стадія проектування РЕА і технологічної підготовки виробництва

Якість продукту процесу проектування (підсистема $S_{пр}$) визначається якістю схемотехнічного, системотехнічного, конструкторського і технологічного проектування, які можуть бути виявлені на таких стадіях життєвого циклу – під час виготовлення та експлуатації виробів. При цьому матриця імовірності пропущених дефектів проектування $P_{пр.пр}$ набуває такого вигляду:

$$P_{пр.пр} = \begin{Vmatrix} P_{пр.СТП} & P_{пр.СТП.вх.к} & P_{пр.СТП1} & P_{пр.СТП2} & \cdots & P_{пр.СТПn} \\ P_{пр.С_хТП} & P_{пр.С_хТП.вх.к} & P_{пр.С_хТП1} & P_{пр.С_хТП2} & \cdots & P_{пр.С_хТПn} \\ P_{пр.КП} & P_{пр.КП.вх.к} & P_{пр.КП1} & P_{пр.С_хТП2} & \cdots & P_{пр.КПn} \\ P_{пр.ТП} & P_{пр.ТП.вх.к} & P_{пр.ТП1} & P_{пр.ТП2} & \cdots & P_{пр.ТПn} \end{Vmatrix} \quad \text{(матриця А)}$$

Матриця імовірності виявлених дефектів проектування $P_{вя}$ на стадіях проектування, вхідного контролю матеріалів, напівфабрикатів та електрорадіовиробів і впродовж повного технологічного процесу виготовлення апаратури набуває аналогічного вигляду:

$$P_{вя.пр} = \begin{Vmatrix} P_{вя.СТП} & P_{вя.СТП.вх.к} & P_{вя.СТП1} & P_{вя.СТП2} & \cdots & P_{вя.СТПn} \\ P_{вя.С_хТП} & P_{вя.С_хТП.вх.к} & P_{вя.С_хТП1} & P_{вя.С_хТП2} & \cdots & P_{вя.С_хТПn} \\ P_{вя.КП} & P_{вя.КП.вх.к} & P_{вя.КП1} & P_{вя.КП2} & \cdots & P_{вя.КПn} \\ P_{вя.ТП} & P_{вя.ТП.вх.к} & P_{вя.ТП1} & P_{вя.ТП2} & \cdots & P_{вя.ТПn} \end{Vmatrix} \quad \text{(матриця В)}$$

Для визначення стадії виникнення, пропущення та виявлення дефектів проектування використовуються такі позначення: $P_{пр.СТП}$, $P_{вя.СТП}$ – імовірності пропуску та виявлення дефектів на стадії системотехнічного проектування; $P_{пр.СТПвх.к}$, $P_{вя.СТПвх.к}$ – імовірності пропуску та виявлення дефектів системотехнічного проектування на стадії вхідного контролю матеріалів, напівфабрикатів та комплектуючих виробів; $P_{пр.СТПi}$, $P_{вя.СТПi}$ $i=\overline{1,n}$ – імовірності пропуску та виявлення дефектів системотехнічного проектування на стадіях виробництва; n – кількість кроків технологічного процесу; $P_{пр.КП}$ та $P_{вя.КП}$, $P_{пр.ТП}$ та $P_{вя.ТП}$ – імовірності пропуску та виявлення дефектів, допущених на стадіях конструкторського та технологічного проектування.

Стадія вхідного контролю

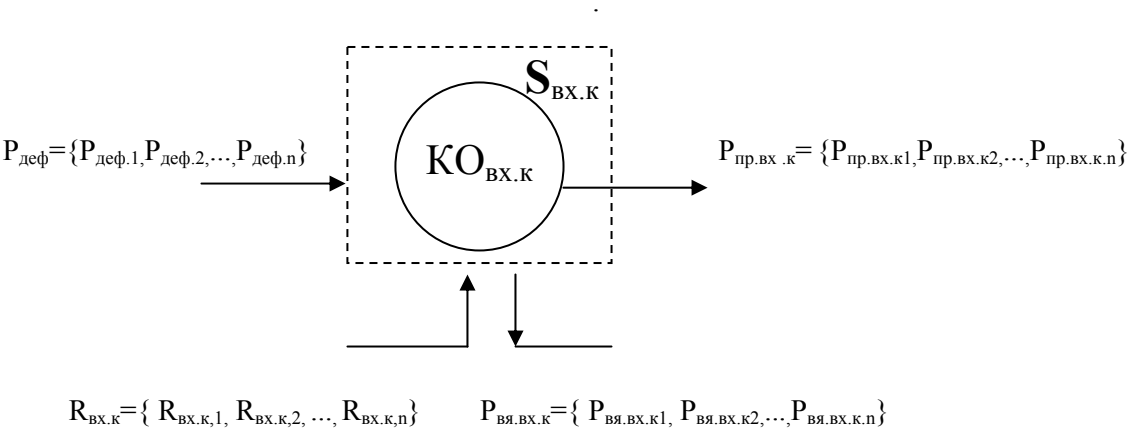

Рис. 2. Стадія вхідного контролю матеріалів, напівфабрикатів, електрорадіовиробів

Матриці пропуску та виявлення дефектів $P_{пр.вх.к}$ та $P_{вя.вх.к}$ за вхідного контролю матеріалів, напівфабрикатів і електрорадіоелементів (підсистема $S_{вх.к}$) є діагональними матрицями такого вигляду:

$$P_{пр.вх.к} = \begin{Vmatrix} P_{пр.вх.к.01} & & & & \\ & P_{пр.вх.к.12} & & & \\ & & P_{пр.вх.к.23} & & \\ & & & \cdots & \\ & & & & P_{пр.вх.к.nn} \end{Vmatrix} \quad \text{(матриця C)}$$

$$P_{вя.вх.к} = \begin{Vmatrix} P_{вя.вх.к.01} & & & & \\ & P_{вя.вх.к.12} & & & \\ & & P_{вя.вх.к.23} & & \\ & & & \cdots & \\ & & & & P_{вя.вх.к.nn} \end{Vmatrix} \quad \text{(матриця D)}$$

в яких перший числовий індекс визначає крок технологічного процесу, а другий числовий індекс визначає порядковий номер матеріалу, напівфабрикату та електрорадіоелемента, що підлягає контролю.

Стадія виробництва розглядається як сукупність крокових підсистем технологічних та контрольних процедур (рис. 3).

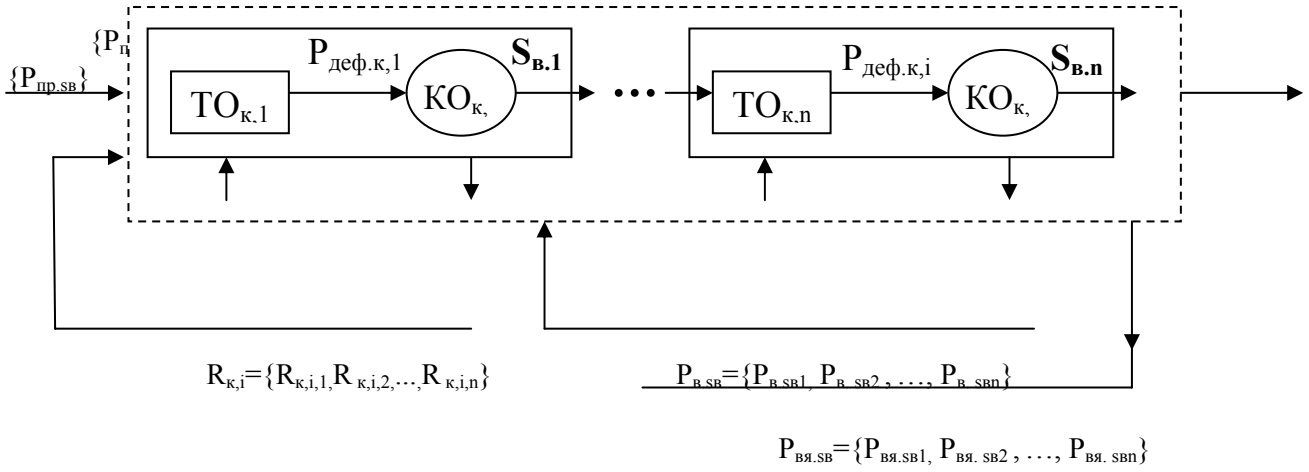

Рис. 3. Крокова підсистема $S_в$ технологічних $ТО_{к,n}$ та контрольних $КО_{к,n}$ процедур

Процес виготовлення апаратури, що складається з множини комбінацій технологічних та контрольних процедур (підсистема $S_в$), відображається матрицями ймовірностей пропущених та виявлених дефектів $P_{пр.вк,i}$ і $P_{вя.вк,i}$, які мають верхньотрикутну структуру:

$$P_{пр.в} = \begin{Vmatrix} P_{пр.в11} & P_{пр.в21} & P_{пр.в31} & \cdots & P_{пр.вn1} \\ & P_{пр.в22} & P_{пр.в32} & \cdots & P_{пр.вn2} \\ & & P_{пр.в33} & \cdots & P_{пр.вn3} \\ & & & & \vdots \\ & & & & P_{пр.вnn} \end{Vmatrix} \quad \text{(матриця E)}$$

$$P_{вя.в} = \begin{Vmatrix} P_{вя.в11} & P_{вя.в21} & P_{вя.в31} & \cdots & P_{вя.вn1} \\ & P_{вя.в22} & P_{вя.в32} & \cdots & P_{вя.вn2} \\ & & P_{вя.в33} & \cdots & P_{вя.вn3} \\ & & & & \vdots \\ & & & & P_{вя.вnn} \end{Vmatrix} \quad \text{(матриця F)}$$

Отже, матриці A, B, C та D, E, F можна розглядати як блоки синтезованих матриць ймовірностей пропуску дефектів на стадіях проектування, вхідного контролю та у процесі виробництва апаратури $P_{пр}$ (матриця M) і матриць ймовірностей виявлення дефектів на цих стадіях $P_{вя}$ (матриця N):

$$M = A + B + C$$
$$N = D + E + F$$

$$P_{пр} = \begin{Vmatrix} P_{пр.СТП} & P_{пр.СТП.вх.к} & P_{пр.СТП1} & P_{пр.СТП2} & \cdots & P_{пр.СТПn} \\ P_{пр.С_хТП} & P_{пр.С_хТП.вх.к} & P_{пр.С_хТП1} & P_{пр.С_хТП2} & \cdots & P_{пр.С_хТПn} \\ P_{пр.КП} & P_{пр.КП.вх.к} & P_{пр.КП1} & P_{пр.С_хКП2} & \cdots & P_{пр.КПn} \\ P_{пр.ТП} & P_{пр.ТП.вх.к} & P_{пр.ТП1} & P_{пр.ТП2} & \cdots & P_{пр.ТПn} \\ & P_{пр.вх.к.01} & P_{пр.11} & P_{пр.21} & \cdots & P_{пр.n,1} \\ & & P_{пр.вх.к.12} & P_{пр.22} & \cdots & P_{пр.n,2} \\ & & & P_{пр.вх.к.23} & \cdots & P_{пр.n,3} \\ & & & & & \vdots \\ & & & & & P_{пр.n,n} \end{Vmatrix} \quad \text{(матриця M)}$$

$$P_{вя} = \begin{Vmatrix} P_{вя.СТП} & P_{вя.СТП.вх.к} & P_{вя.СТП1} & P_{вя.СТП2} & \cdots & P_{вя.СТПn} \\ P_{вя.С_хТП} & P_{вя.С_хТП.вх.к} & P_{вя.С_хТП1} & P_{вя.С_хТП2} & \cdots & P_{вя.С_хТПn} \\ P_{вя.КП} & P_{вя.КП.вх.к} & P_{вя.КП1} & P_{вя.КП2} & \cdots & P_{вя.КПn} \\ P_{вя.ТП} & P_{вя.ТП.вх.к} & P_{вя.ТП1} & P_{вя.ТП2} & \cdots & P_{вя.ТПn} \\ & P_{вя.вх.к.01} & P_{вя.11} & P_{вя.21} & \cdots & P_{вя.n1} \\ & & P_{вя.вх.к.12} & P_{вя.22} & \cdots & P_{вя.n2} \\ & & & P_{вя.вх.к.23} & \cdots & P_{вя.n3} \\ & & & & & \vdots \\ & & & & & P_{вя.nn} \end{Vmatrix} \quad \text{(матриця N)}$$

Останній стовпчик матриці M відображає структуру дефектності виробів, що надходять до замовника. Під час експлуатації означені дефекти можуть стати потенціальними причинами відмов.

Матриці M і N за своєю суттю є математичними моделями пропущених і виявлених дефектів на стадіях проектування і виробництва життєвого циклу радіоелектронної апаратури.

Схема стадії експлуатації РЕА, яка зображена на рис.4, відображає процес виникнення відмов, спричинених дефектами проектування і виробництва, що надходять з n-кроку технологічного процесу.

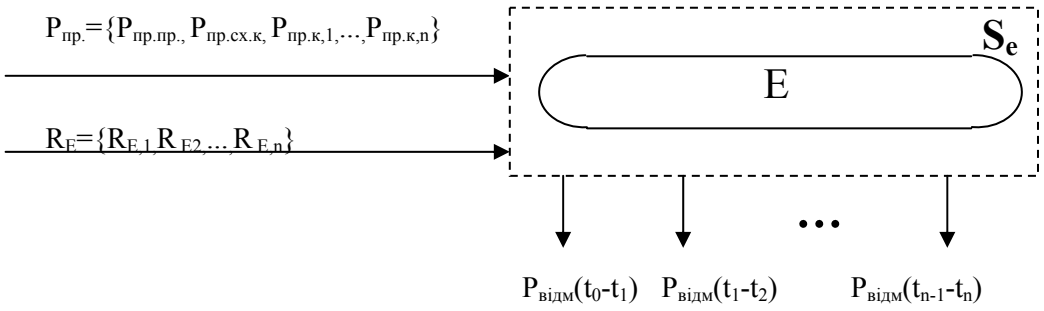

Рис. 4. Стадія експлуатації РЕА

Причинами відмов виробів під час експлуатації є також незадовільна якість ресурсів і порушення режимів і правил профілактики та ремонтів[*].

Висновок. Внаслідок проведених досліджень встановлено причини і джерела виникнення дефектів, що знижують загальний рівень якості та надійності радіоелектронних пристроїв. Викладений підхід до формалізації процесів утворення дефектності і їх моделювання є оригінальним, оскільки ґрунтується на вперше запропонованій структуризації дефектів з визначенням і кількісним оцінюванням їх адитивних і мультиплікативних складових. Це забезпечує, з одного боку, отримання більш адекватних математичних моделей дефектності порівняно з існуючими, а з іншого – дає змогу локалізувати джерела дефектів і охопити їх контуром керування за комплексної оптимізації.

[*] *Бобало Ю.Я., Кіселичник М.Д., Недоступ Л.А. Системний аналіз якості виробництва прецизійної радіоелектронної апаратури. – Львів: Вид-во Держуніверситету "Львівська політехніка", 1996. – 168 с.*