

## ІМОВІРНІСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ І КЕРОВАНOSTI СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

© Бобало Ю.Я., 2007

**Викладено концепцію імовірнісного оцінювання ефективності проектних, виробничих і експлуатаційних систем забезпечення якості радіоелектронної апаратури. Наводяться варіанти імовірнісних оптимізаційних моделей таких систем з можливими контурами керування.**

**The concept of design, production and exploitation quality systems probabilistic estimation efficacy is proposed. The probabilistic optimization models of such systems with probable control contours are proposed.**

**Вступ і постановка задачі.** У сучасних умовах серед традиційних техніко-економічних показників переважаючого значення набувають показники якості продукції, які визначають її потенційну конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Процеси проектування, виготовлення і експлуатації все більше розглядаються у ракурсі гарантованого виконання ними вимог щодо забезпечення заданих показників якості виробів за одночасного дотримання норм і вимог стосовно інших показників. На таких концептуальних засадах будується сучасна науково-технічна стратегія створення нової високоякісної техніки. Велика кількість різноманітних задач, які при цьому виникають, вимагають системного підходу до їх постановки і знаходження оптимальних розв'язків. В зв'язку з цим виникла потреба у розробленні методології і придатних для практики методів оцінювання, моделювання і комплексної оптимізації технологічних процесів з метою забезпечення їх ефективності, тобто забезпечення потрібного рівня якості виробів за раціонального використання всіх видів ресурсів.

**Імовірнісне моделювання ефективності процесів забезпечення якості.** Ефективність системи забезпечення якості радіоелектронної апаратури, як і інших технічних пристроїв, є однією з головних її характеристик, яка визначається її спроможністю розв'язувати поставлену перед нею задачу проектування і виготовлення потрібної кількості продукції з заданими техніко-економічними параметрами. В теорії ефективності ця властивість розглядається у двох аспектах – як функціональна і як економічна ефективність. У цій роботі функціональна ефективність характеризується прямим ефектом, який досягається у процесі функціонування системи, – тобто випуском продукції з заданим рівнем якості у широкому розумінні цього слова. Економічна ефективність визначається сумарними виробничими витратами на забезпечення якості виробів під час їх проектування, виготовлення та гарантійного обслуговування. Отже, ефективність є комплексною характеристикою, яка поєднує функціональну ефективність з економічною ефективністю і саме у такому виді використовується під час моделювання і комплексної оптимізації проектних і виробничих систем. Розгляд цих складових окремо є суто формальним.

При дослідженні ефективності проектно-виробничих системи виникають як мінімум дві задачі: пряма і зворотна. Пряма задача – задача аналізу полягає в оцінці результату функціонування системи за відомих її властивостей і умов функціонування. Зворотна задача – задача синтезу

націлена на визначення характеристик системи, за яких ефективність буде максимальною або оптимальною в сенсі вибраного критерію.

Згідно з загальними принципами оцінки якості складних систем критерію ефективності системи  $S$  можна надати такий зміст.

Вектор показників, які характеризують якість процесу проектування і виготовлення апаратури, подається багатокомпонентним  $n$ -вимірним вектором  $Q$ :

$$Q = [q_1, q_2, \dots, q_n]^T. \quad (1)$$

Фізичний зміст компонент  $q_1, q_2, \dots, q_n$  вектора  $Q$  визначається метою проведення процесу і його спроможністю виконувати поставлені завдання. Ними можуть бути: точність розрахунків під час проектування схем, конструкцій і технологічних операцій, оцінки шорсткості поверхонь деталей після механічної обробки, якісні показники електропровідного рисунка друкованих плат, похибки формування дифузійного шару, дефектність паяних з'єднань тощо. Вектором допустимих значень показників  $q_1^D, q_2^D, \dots, q_n^D$  є:

$$Q^D = [q_1^D, q_2^D, \dots, q_n^D]^T. \quad (2)$$

У загальному випадку вектори  $Q$  і  $Q^D$  є випадковими, а їх компоненти характеризуються неперервними розподілами і тому як показник ефективності процесу доцільно використовувати імовірність виконання завдання  $P_{в.з.}$ :

$$P_{в.з.} = P(\mathcal{Q} \in \{\mathcal{Q}^D\}). \quad (3)$$

Отже, процес створення радіоелектронної апаратури може розглядатись як деяка сукупність проектних, технологічних і контрольних операцій, які реалізуються системою забезпечення якості виробів, тобто системою  $S$ . Ця організаційна сукупність людей та матеріальних засобів має у своїй діяльності головну мету – провести процес в такий спосіб, щоб забезпечити потрібну якість виробів за обумовлених або мінімальних витрат. Процес забезпечення якості виробів на стадії виготовлення має структуру, адекватну до технологічного процесу, але на відміну від нього представляється послідовністю формалізованих процедур формування та контролю якості на усіх стадіях виробництва з використанням єдиного універсального критерію якості. Таким критерієм є рівень дефектності об'єктів виробництва – деталей, вузлів, блоків та інших конструкційно-технологічних компонентів, а також виробу загалом після проведення відповідних технологічних та контрольних процедур.

Вимоги до якості завжди мають односторонні обмеження і тому якщо область допустимих значень показників  $q_1, q_2, \dots, q_n$  обмежити граничними значеннями  $q_1^G, q_2^G, \dots, q_n^G$ , вектор яких  $Q^G$ , то імовірність виконання системою  $S$  поставленого завдання щодо забезпечення якості  $P_{в.з.}$  визначиться умовою

$$P_{в.з.} = P(Q < Q^G) \quad \text{або} \quad P_{в.з.} = P(Q > Q^G). \quad (4)$$

Поява дефектів в процесі проектування, виробництва і експлуатації виробів є подією, протилежною до події відсутності дефектів, і враховуючи стохастичну природу цих подій, імовірність появи дефектів  $P_{\text{деф}}$  можна визначити в такий спосіб:

$$P_{\text{деф}} = 1 - P_{в.з.},$$

тобто

$$P_{\text{деф}} = 1 - P(Q < Q^G) = P(Q > Q^G) \quad (5)$$

або

$$P_{\text{деф}} = 1 - P(Q > Q^G) = P(Q < Q^G). \quad (6)$$

Імовірність предикату  $\mathcal{Q} < \mathcal{Q}^G$ , тобто імовірність  $P(\mathcal{Q} < \mathcal{Q}^G) = P_{в.з.}$  з врахуванням в загальному випадку стохастичної природи векторів  $\mathcal{Q}$  і  $\mathcal{Q}^G$  у вигляді інтеграла Стильєса, визначається так:

$$P_{вз} = \begin{cases} P(\mathcal{G} < \mathcal{G}^r) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F_{\mathcal{G}}(Q^r) dF_{\mathcal{G}^r}(Q^r); \\ P(\mathcal{G}^r > \mathcal{G}) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} R_{\mathcal{G}^r}(Q) dF_{\mathcal{G}}(Q); \end{cases} \quad (7)$$

де  $F_{\mathcal{G}}(Q^r) = P(\mathcal{G} < Q^r)$ ,  $R_{\mathcal{G}^r}(Q) = P(\mathcal{G}^r > Q)$  – умовні імовірності, а  $dF_{\mathcal{G}^r}(Q^r) \approx P(\mathcal{G}^r = Q^r)$ ,  $dF_{\mathcal{G}}(Q) \approx P(\mathcal{G} = Q)$  – імовірності відповідних означених гіпотез;  $\wedge$  – символ випадкової події, вектора, параметра.

Наведені постановка і вирішення цієї задачі відносяться до категорії кількісного n-компонентного оцінювання ефективності системи забезпечення якості виробів. За значного числа n визначати  $P_{вз}$  за наведеними формулами доволі складно. Задача істотно спрощується, якщо компоненти векторів  $Q$  і  $Q^r$  є незалежними. Тоді формула для визначення імовірності виконання системою завдання  $P_{вз}$  набуває вигляду

$$P_{вз} = \begin{cases} P(\mathcal{G} < \mathcal{G}^r) = \prod_{i=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} F_{\mathcal{G}_i}(q_i^r) dF_{\mathcal{G}_i^r}(q_i^r), \\ P(Q^r > \mathcal{G}) = \prod_{i=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} R_{\mathcal{G}_i}(q_i) dF_{\mathcal{G}_i}(q_i). \end{cases} \quad (8)$$

Тобто задача зводиться до обчислення n інтегралів Стильєса і до їх перемноження.

Якщо компоненти векторів  $Q$  і  $Q^r$  є залежними, то визначення імовірності  $P_{вз}$  може здійснюватись завдяки використанню методу головних компонент, який дає можливість зменшити розмірність цих векторів. Теоретичні основи методу викладені в [1, 2], а його застосування разом з елементами теорії випробувань та контролю технічних систем – у [3, 4].

Процес забезпечення якості РЕА на всіх стадіях життєвого циклу формалізується процесом функціонування системи  $S$  такої структури:

$$S = \{S_{\Pi}(S_{схп}, S_{стп}, S_{кп}, S_{тп}), S_{B}(S_{т1}, S_{т2}, \dots, S_{тn}), S_{K}(S_{к1}, S_{к2}, \dots, S_{кn}), S_{E}(S_{E1}, S_{E2}, \dots, S_{En}), S_{R}(S_{R1}, S_{R2}, \dots, S_{Rn})\}. \quad (9)$$

Інтегрованим показником якості системи  $S$  в загальному випадку є показник  $Q(\Pi, T, K, E, R)$ ,

що залежить від відповідних показників якості процесів проектування  $\Pi=[n_1, n_2, \dots, n_n]$ , технологічних і контрольних процедур  $T=[t_1, t_2, \dots, t_n]$  і  $K=[k_1, k_2, \dots, k_n]$ , процесів експлуатації  $E=[e_1, e_2, \dots, e_n]$  і процесів забезпечення ресурсами  $R=[r_1, r_2, \dots, r_n]$ .

Виконання поставленого завдання системою  $S$  зводиться до виконання нею умови:

$$P = P\{Q(\Pi, T, K, E, R) \geq Q\} \geq P, \quad (10)$$

де  $Q^r$  – граничне значення показників якості;  $P_{вз}$  і  $P_{вз.зад}$  – імовірність виконання системою поставленого системі  $S$  завдання і її задане значення.

Умову (10) можна розглядати як критерій виконання системою  $S$  поставленого завдання, а аргументи  $\Pi, T, K, E, R$  – як параметри, що визначають відповідні контури керування системами. Отже, варіантність управління системою і варіантність відповідних оптимізаційних задач визначаються комбінаціями показників якості, які використовуються як параметри оптимізації. Такими варіантами можуть бути:

– управління процесами проектування

$$P = P\{Q(\Pi, T, K, E, R) \geq Q\} \geq P;$$

$$n_i \in G_{n_i};$$

$$(t_i \in G_{t_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (e_i \in G_{e_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (11)$$

$$(\kappa_i \in G_{\kappa_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (r_i \in G_{r_i \text{ доп}}^{\partial}) = \text{const};$$

– управління технологічними процесами

$$P = P\{Q(\Pi, T, K, E, R) \geq Q\} \geq P; \quad ;$$

$$(n_i \in G_{n_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (e_i \in G_{e_i}^{\partial}) = \text{const};$$

$$t_i \in G_{t_i}^{\partial}; \quad (r_i \in G_{r_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (12)$$

$$(\kappa_i \in G_{\kappa_i}^{\partial}) = \text{const};$$

– управління процесами контролю

$$P = P\{Q(\Pi, T, K, E, R) \geq Q\} \geq P; \quad ;$$

$$(n_i \in G_{n_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (e_i \in G_{e_i}^{\partial}) = \text{const};$$

$$(t_i \in G_{t_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (r_i \in G_{r_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (13)$$

$$\kappa_i \in G_{\kappa_i}^{\partial};$$

– управління процесами експлуатації

$$P = P\{Q(\Pi, T, K, E, R) \geq Q\} \geq P; \quad ;$$

$$(n_i \in G_{n_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad e_i \in G_{e_i}^{\partial}$$

$$(t_i \in G_{t_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (r_i \in G_{r_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (14)$$

$$(\kappa_i \in G_{\kappa_i}^{\partial}) = \text{const};$$

– управління процесами ресурсного забезпечення

$$P = P\{Q(\Pi, T, K, E, R) \geq Q\} \geq P; \quad ;$$

$$(n_i \in G_{n_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (e_i \in G_{e_i}^{\partial}) = \text{const};$$

$$(t_i \in G_{t_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad r_i \in G_{r_i}^{\partial}; \quad (15)$$

$$(\kappa_i \in G_{\kappa_i}^{\partial}) = \text{const};$$

– комбіноване управління процесами проектування та технологічними процесами

$$P = P\{Q(\Pi, T, K, E, R) \geq Q\} \geq P; \quad ;$$

$$n_i \in G_{n_i}^{\partial}; \quad (e_i \in G_{e_i}^{\partial}) = \text{const};$$

$$t_i \in G_{t_i}^{\partial}; \quad (r_i \in G_{r_i}^{\partial}) = \text{const}; \quad (16)$$

$$(\kappa_i \in G_{\kappa_i}^{\partial}) = \text{const};$$

– комплексне управління процесами забезпечення якості на всіх стадіях життєвого циклу

$$P = P\{Q(\Pi, T, K, E, R) \geq Q\} \geq P; \quad ;$$

$$n_i \in G_{n_i}^{\partial}; \quad e_i \in G_{e_i}^{\partial};$$

$$t_i \in G_{t_i}^{\partial}; \quad r_i \in G_{r_i}^{\partial}; \quad (17)$$

$$k_i \in G_{k_i}^{\partial}.$$

Зрозуміло, що вибір того чи іншого варіанта управління процесом забезпечення якості залежить від комплексу техніко-економічних можливостей конкретного виробництва, зокрема його організаційної досконалості і ресурсного забезпечення [4].

**Висновок.** Імовірність виконання завдання  $P_{в.з}$  є універсальною мірою ефективності процесу і може використовуватись під час його покрокового і наскрізного аналізу. Введення поняття такого процесу і його моделювання дає змогу аналітично відображати динаміку формування якості виробів упродовж усього життєвого циклу, знаходити критичні точки в його структурі в аспекті забезпечення якості, розв'язувати задачі комплексної оптимізації і проводити прогноз якості виробів, починаючи з найперших стадій проектування і виробництва, як то вхідний контроль матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів, і закінчуючи завершальними стадіями.

1. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. – М.: Физматгиз, 1963. – 500 с. 2. Рао С.Р. Линейные статистические методы и их применение. – М.: Наука, 1968. – 548 с. 3. Элементы теории испытаний и контроля технических систем / В.И. Городецкий, А.К. Дмитриев, В.М. Марков и др.; Под ред. Р.М. Юсупова. – Л.: Энергия, 1978. – 192 с. 4. Бобало Ю.Я., Киселичник М.Д., Недоступ Л.А. Системний аналіз якості виробництва прецизійної радіоелектронної апаратури. – Львів: "Львівська політехніка", 1996. – 168 с.

УДК 621.372.2

**В.І. Оборжицький**

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра радіоелектронних пристроїв та систем

## **МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ПРОМЕНЕВИХ ПЕРЕМИКАЧІВ З УЗГОДЖУВАЛЬНИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ**

© Оборжицький В.І., 2007

**Запропоновано методи визначення електричних параметрів багатоканальних перемикачів променевого типу, вхідне узгодження яких забезпечується за допомогою трансформуючих ланок, увімкнених у кожен з вихідних каналів пристрою між розгалужувачем і комутуючими елементами.**

**The methods for calculation of electrical parameters of single pole multi-throw switches, the input matching of which is provided by means the transforming circuits inserted between branching and commutating elements in each of device output arm, are offered.**

**Вступ.** Багатоканальні мікрохвильові перемикачі застосовуються у структурах високо-частотних трактів радіоелектронних систем різноманітного призначення. До найпоширеніших схемних рішень багатоканальних конструкцій, особливо виготовлених за технологією інтегрованих НВЧ-мікросхем, належать перемикачі променевого типу, що зумовлено простотою їх реалізації, можливістю застосування різних видів комутуючих елементів (ключів), найчастіше р-і-п-діодів, польових транзисторів з бар'єром Шотки в ключовому режимі, ключів, виготовлених за технологією мікроелектромеханічних систем (МЕМС), а також можливістю забезпечити задані властивості в широкій смузі частот. Але водночас в процесі проектування таких пристроїв необхідно