

Ю. Я. БОБАЛО, канд. техн. наук, проф., НУ «Львівська Політехніка»

ІМОВІРНІСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

Викладено концепцію імовірнісного оцінювання ефективності проектних, виробничих і експлуатаційних систем забезпечення якості радіоелектронної апаратури. Наводяться імовірнісні оптимізаційні моделі таких систем з можливими контурами керування.

Изложена концепция вероятностного оценивания эффективности проектных, производственных и эксплуатационных систем обеспечения качества радиоэлектронной аппаратуры. Приводятся вероятностные оптимизационные модели таких систем с возможными контурами управления.

The probability evaluation concept of the effectiveness of the design, production and operational systems for quality control of radio electronic equipment has been described. The probability optimization models of such systems with possible control loops are given.

Вступ і постановка задачі. В 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 при одночасному дотриманні 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 рішень. 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 при раціональному використанні всіх видів ресурсів.

Процес створення радіоелектронної апаратури може розглядатись як деяка сукупність проектних, технологічних і контрольних операцій, які реалізуються системою забезпечення якості виробів, тобто системою. Ця організаційна сукупність людей та матеріальних засобів має у своїй діяльності головну мету - провести процес таким чином, щоб забезпечити потрібну якість виробів при обумовлених або мінімальних витратах. Процес забезпечення якості виробів на стадії виготовлення має структуру адекватну до технологічного процесу, але на відміну від нього представляється послідовністю процедур формування та контролю якості на всіх стадіях виробництва з використанням єдиного універсального критерію. Таким критерієм є рівень дефектності об'єктів виробництва - деталей, вузлів, блоків

і інших конструкційно-технологічних компонентів, а також виробу в цілому після проведення відповідних технологічних та контрольних процедур [1].

Ефективність системи забезпечення якості радіоелектронної апаратури, як і інших технічних пристроїв, є однією з головних її характеристик, яка визначається її спроможністю вирішувати поставлену перед нею задачу проектування і виготовлення потрібної кількості продукції з заданими техніко-економічними параметрами. В теорії ефективності ця властивість розглядається у двох аспектах, а саме, як функціональна і як економічна ефективність. В даній 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 при їх проектуванні, виготовленні та гарантійному обслуговуванні. Таким чином ефективність є комплексною характеристикою, яка поєднує функціональну ефективність з економічною ефективністю і саме у такому виді використовується при моделюванні і комплексній оптимізації проектних і виробничих систем.

Розробка моделі процесу оцінювання якості. Згідно з загальними принципами оцінки якості складних систем критерію ефективності системи можна надати наступний зміст. Вектор показників, які характеризують якість процесу проектування і виготовлення радіоелектронної апаратури, представляється багатокомпонентним вектором $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$. Фізичний зміст компонент вектора Q визначається метою проведення процесу і його спроможністю виконувати поставлені завдання. Ними можуть бути, наприклад, точність розрахунків при проектуванні схем, конструкцій і технологічних операцій, оцінки шорсткості поверхонь деталей після механічної обробки, якісні показники електропровідного рисунку друкованих плат, похибки формування дифузійного шару, дефектність паяних з'єднань і інші. Вектором допустимих значень показників є $Q^0 = [q_1^0, q_2^0, \dots, q_n^0]$.

Вимоги до якості завжди мають односторонні обмеження і тому якщо область допустимих значень показників $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ обмежити граничними значеннями $Q^z = (q_1^z, q_2^z, \dots, q_n^z)$, то імовірність виконання системою поставленого завдання щодо забезпечення якості $P_{6.3}$ визначиться умовою $P_{6.3} = P(Q < Q^z)$, або $P_{6.3} = P(Q > Q^z)$.

Поява дефектів в процесі проектування, виробництва і експлуатації виробів є подією, що протилежна до події відсутності дефектів, тож імовірність появи дефектів можна визначити як $P_{def} = 1 - P_{6.3}$, тобто $P_{def} = P(Q > Q^z)$, або $P_{def} = P(Q < Q^z)$.

Імовірність події $P(Q < Q^z) = P_{6.3}$ у вигляді інтегралів Стильєса визначається наступним чином:

$$P_{6.3} = \begin{cases} P(\hat{Q} < \hat{Q}^z) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F_{\hat{Q}}(Q^z) dF_{\hat{Q}}(Q^z), \\ P(\hat{Q}^z > \hat{Q}) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} R_{\hat{Q}}(Q) dF_{\hat{Q}}(Q), \end{cases} \quad (1)$$

де $F_{\hat{Q}}(Q^z) = P(\hat{Q} < Q^z)$, $R_{\hat{Q}}(Q) = P(\hat{Q}^z > Q)$ - відповідні умовні імовірності, \wedge - символ випадкового вектора.

Наведені постановка і вирішення цієї задачі відносяться до категорії кількісного багатокомпонентного оцінювання ефективності системи забезпечення якості виробів. Задача суттєво спрощується, якщо компоненти вектора Q є незалежними. Тоді формула для визначення імовірності виконання системою завдання $P_{6.3}$ набуває наступного вигляду:

$$P_{6.3} = \begin{cases} P(\hat{Q} < \hat{Q}^z) = \prod_{i=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} F_{\hat{q}_i}(q_i^z) dF_{\hat{q}_i}(q_i^z), \\ P(Q^z > \hat{Q}) = \prod_{i=1}^n \int_{-\infty}^{\infty} R_{\hat{q}_i}(q_i) dF_{\hat{q}_i}(q_i). \end{cases} \quad (2)$$

В загальному випадку визначення імовірності $P_{6.3}$ може здійснюватись шляхом використання методу головних компонент, який дозволяє зменшити розмірність цих векторів. Теоретичні основи методу викладені в [2,3], а його застосування разом з елементами теорії випробувань та контролю технічних систем розглянуто у [1,4].

Розробка моделі процесу забезпечення якості. Процес забезпечення якості РЕА на всіх стадіях життєвого циклу формалізується процесом функціонування системи, інтегрованим показником якості якої в загальному випадку є показник $Q(\Pi, T, K, E, R)$, що залежить від відповідних показників якості процесів проектування Π , технологічних і контрольних процедур T і K , процесів експлуатації E і процесів забезпечення ресурсами R . Виконання поставленого завдання системою зводиться до виконання нею умови:

$$P_{6.3} = P\{Q(\Pi, T, K, E, R) \underset{<}{>} Q^z \geq P_{6.3 \text{ зад}}\} \quad (3)$$

де Q^z - граничне значення показників якості; $P_{6.3}$ і $P_{6.3 \text{ зад}}$ - імовірність виконання системою поставленого системою завдання і її задане значення.

Умову (3) можна розглядати як критерій виконання системою поставленого завдання, а аргументи Π, T, K, E, R - як параметри, що визначають відповідні контури керування системами. Таким чином варіантність управління системою і варіантність відповідних оптимізаційних

задач визначаються комбінаціями показників якості, які використовуються як параметри оптимізації. Такими варіантами можуть бути:

- управління процесами проектування:

$$P_{\text{вз.}} = P\{Q(\Pi_{\text{var}}, T, K, E, R) \underset{<}{>} Q^* \geq P_{\text{вз.зад.}}\}, \quad (4)$$

де $n_i \in G_{n_i}^0$; $(t_i \in G_{t_i}^0) = \text{const}$; $(e_i \in G_{e_i}^0) = \text{const}$; $(\kappa_i \in G_{\kappa_i}^0) = \text{const}$; $(r_i \in G_{r_i, \text{дон}}^0) = \text{const}$;

- управління технологічними процесами:

$$P_{\text{вз.}} = P\{Q(\Pi, T_{\text{var}}, K, E, R) \underset{>}{<} Q^* \geq P_{\text{вз.зад.}}\}, \quad (5)$$

де $(n_i \in G_{n_i}^0) = \text{const}$; $(e_i \in G_{e_i}^0) = \text{const}$; $t_i \in G_{t_i}^0$; $(r_i \in G_{r_i}^0) = \text{const}$; $(\kappa_i \in G_{\kappa_i}^0) = \text{const}$;

- управління процесами контролю:

$$P_{\text{вз.}} = P\{Q(\Pi, T, K_{\text{var}}, E, R) \underset{<}{>} Q^* \geq P_{\text{вз.зад.}}\}, \quad (6)$$

де $(n_i \in G_{n_i}^0) = \text{const}$; $(e_i \in G_{e_i}^0) = \text{const}$; $(t_i \in G_{t_i}^0) = \text{const}$; $(r_i \in G_{r_i}^0) = \text{const}$; $\kappa_i \in G_{\kappa_i}^0$;

- управління процесами експлуатації:

$$P_{\text{вз.}} = P\{Q(\Pi, T, K, E_{\text{var}}, R) \underset{<}{>} Q^* \geq P_{\text{вз.зад.}}\}, \quad (7)$$

де $(n_i \in G_{n_i}^0) = \text{const}$; $e_i \in G_{e_i}^0$; $(\kappa_i \in G_{\kappa_i}^0) = \text{const}$;

- управління процесами ресурсного забезпечення:

$$P_{\text{вз.}} = P\{Q(\Pi, T, K, E, R_{\text{var}}) \underset{<}{>} Q^* \geq P_{\text{вз.зад.}}\}, \quad (8)$$

де $(n_i \in G_{n_i}^0) = \text{const}$; $(e_i \in G_{e_i}^0) = \text{const}$; $r_i \in G_{r_i}^0$; $(\kappa_i \in G_{\kappa_i}^0) = \text{const}$;

- комбіноване управління процесами проектування та технологічними процесами:

$$P_{\text{вз.}} = P\{Q(\Pi_{\text{var}}, T_{\text{var}}, K, E, R) \underset{<}{>} Q^* \geq P_{\text{вз.зад.}}\}, \quad (9)$$

де $n_i \in G_{n_i}^0$; $(e_i \in G_{e_i}^0) = \text{const}$; $t_i \in G_{t_i}^0$; $(r_i \in G_{r_i}^0) = \text{const}$; $(\kappa_i \in G_{\kappa_i}^0) = \text{const}$;

- комплексне управління процесами забезпечення якості на всіх стадіях життєвого циклу:

$$P_{\text{вз.}} = P\{Q(\Pi_{\text{var}}, T_{\text{var}}, K_{\text{var}}, E_{\text{var}}, R_{\text{var}}) \underset{<}{>} Q^* \geq P_{\text{вз.зад.}}\}, \quad (10)$$

де $n_i \in G_{n_i}^0$; $e_i \in G_{e_i}^0$; $t_i \in G_{t_i}^0$; $r_i \in G_{r_i}^0$; $\kappa_i \in G_{\kappa_i}^0$.

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

Висновки. Імовірність виконання завдання є універсальною мірою ефективності процесу забезпечення якості виробництва радіоелектронної апаратури і може використовуватись при його покроковому і наскрізному аналізі. Введення поняття такого процесу і його математичне моделювання дозволяє досліджувати динаміку формування якості виробів упродовж усього життєвого циклу, знаходити критичні точки в його структурі в аспекті забезпечення якості, вирішувати задачі комплексної оптимізації і прогнозувати якість виробів, починаючи з найперших стадій проектування і виробництва, як то вхідний контроль матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів, і закінчуючи завершальними стадіями експлуатації.

Список літератури: 1. Бобало Ю.Я., Кіселічник М.Д., Недоступ Л.А. Системний аналіз якості виробництва прецизійної радіоелектронної апаратури. – Львів: Держ. ун-т "Львівська політехніка", 1996. – 168 с. 2. Андерсен Т. Введение в многомерный статистический анализ. – М.: Физматгиз, 1963. – 500 с. 3. Рао С.Р. Линейные статистические методы и их применение. – М. Наука, 1968. – 548 с. 4. 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.

Надійшла до редколегії 28.01.09