

УДК 621.317.7.002.004+658.562

Л. Недоступ., М. Кіселичник

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ  
РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ**

© Недоступ Л., Кіселичник М., 2001

**Викладено підхід до оцінки ефективності та сумарної імовірності виконання задачі, що базується на використанні апріорної і апостеріорної інформації про закони розподілу параметрів на основних стадіях виробництва і в процесі експлуатації РЕА.**

Існують різні підходи до кількісної оцінки ефективності виробництва радіоелектронних пристроїв (РЕП). Більшість з них базується на визначенні очікуваного ефекту, тобто результату проведення технологічних процесів. Таким ефектом можна вважати виконання головного завдання виробництва – забезпечення заданих властивостей виробів, тобто забезпечення їх якості [1]. В цьому полягає технічний або функціональний аспект ефективності.

Поряд з функціональною ефективністю користуються поняттям економічної ефективності, що відображає зміну виробничих та експлуатаційних витрат при зміні параметричних властивостей пристроїв. Такий розподіл є досить умовним, оскільки розглядати окремо функціональну і економічну ефективність часто недоцільно або взагалі неможливо [1].

З урахуванням цього найповнішою об'єктивною мірою ефективності технологічних процесів може бути прийнята імовірність виконання конкретної виробничої задачі при мінімальних витратах

$$P_{в.з} = P(\vec{X}_{\langle n \rangle} \subset \{X_{\langle n \rangle}^{\text{доп}}\}) \geq P_{в.з.зад} \quad (1)$$

$$C = C(C_v, C_e) \rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $P_{в.з}$  – імовірність виконання задачі при проведенні технологічного процесу. Вона являє собою імовірність знаходження випадкового вектора  $X_{\langle n \rangle} = [X_1, X_2, \dots, X_n]$  в області допустимих значень  $\{X_{\langle n \rangle}^{\text{доп}}\}$ ,  $X_i, i = \overline{1, n}$  – показники якості виробів;  $P_{в.з.зад}$  – задане значення імовірності виконання задачі;  $C$  – сумарні виробничі витрати;  $C_v$  – виробничі витрати на проведення контролю і усунення дефектів під час виробництва пристроїв;  $C_e$  – виробничі витрати на усунення дефектів в процесі експлуатації пристроїв (витрати на гарантійне обслуговування).

Імовірність виконання задачі  $P_{в.з}$  може розглядатись як імовірність забезпечення працездатності виробів і в загальному вигляді буде зображена виразом:

$$P_{в.з} = \int_G \dots \int f(X_1, X_2, \dots, X_n) dX_1, dX_2, \dots, dX_n \quad (3)$$

де інтегрування ведеться по області  $G$ , зображеній множиною  $\{X_{\langle n \rangle}^{\text{доп}}\}$ ;  $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$  –

густина імовірності системи  $n$  випадкових величин, що є компонентами вектора  $\vec{X}_{\langle n \rangle}$ .

Розглянемо можливі варіанти оцінки ефективності формування і контролю властивостей пристроїв під час їх виготовлення.

Якщо обмеження, які встановлюються на показники якості пристроїв, одностороннього характеру, наприклад, обмеження зверху, вираз (1) можна переписати у вигляді:

$$P_{в.з} = \left( \vec{X}_{<п>} < \left\{ \vec{V}_{<п>} \right\} \right) \geq P_{в.з.зад} \quad (4)$$

де компоненти вектора  $V_{<п>}[v_1, v_2, \dots, v_n]$  – це гранично допустимі значення показників якості, що визначають межі області  $G$ .

Часто критерієм придатності пристрою до експлуатації є знаходження показника  $X$  в заданих  $\Delta_1$  і  $\Delta_2$ . Тоді імовірність  $P_{в.з}$  може бути розрахована за формулою:

$$P_{в.з} = P(\Delta_1 \leq \Delta_2) = \int_{\Delta_1}^{\Delta_2} f(x) dx \quad (5)$$

або

$$P_{в.з} = F(\Delta_2) - F(\Delta_1) \quad (6)$$

де  $F(\cdot)$  – значення функції розподілу показника  $x$  в точках  $\Delta_1, \Delta_2$ .

При нормальному розподілі

$$P_{в.з} = \Phi\left(\frac{\Delta_2 - m_x}{\sigma_x}\right) - \Phi\left(\frac{\Delta_1 - m_x}{\sigma_x}\right) \quad (7)$$

де  $\Phi(\cdot)$  – значення функції Лапласа для відповідного аргумента;  $m_x$  і  $\sigma_x$  – параметри розподілу випадкових величин  $X$ .

Практика приладобудівних підприємств показує, що щодо формування заданих метрологічних властивостей виробів найважливішими операціями технологічного процесу є операції виготовлення деталей та вузлів, складання, електричного монтажу, регулювання і технологічного припрацювання пристроїв. У зв'язку з цим показники ефективності виробництва можуть бути визначені з врахуванням ряду складових, таких, як:

$P_{в.з.в}, C_v$  – показники ефективності виготовлення деталей, вузлів і пристроїв загалом, що охоплюють операції формування, надання деталям потрібних механічних, електричних, магнітних та інших властивостей, підготовки поверхні, нанесення покриття, складання вузлів та пристроїв, електричного монтажу тощо, а також операції вхідного контролю матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів поопераційного і вихідного контролю;

$P_{в.з.р}, C_p$  – показники ефективності регулювання пристроїв;

$P_{в.з.п}, C_p$  – показники ефективності технологічного припрацювання.

Виконання задач під час виготовлення деталей і вузлів, а також операцій їх збирання, монтажу, регулювання і технологічного припрацювання можна розглядати як незалежні сумісні події. Тоді сумарна імовірність виконання задачі  $P_{в.з}$  визначатиметься виразом:

$$P_{в.з} = P_{в.з.в} + P_{в.з.р} + P_{в.з.п} - P_{в.з.в} P_{в.з.р} - P_{в.з.в} P_{в.з.п} - P_{в.з.р} P_{в.з.п} + P_{в.з.в} P_{в.з.р} P_{в.з.п} \quad (8)$$

Показники ефективності вказаних стадій технологічного процесу  $P_{в.з.в}, P_{в.з.р}, P_{в.з.п}$  можуть також розглядатись як імовірності виконання задач за умови мінімуму сумарних виробничо-експлуатаційних витрат і за аналогією з (1) і (2) мають вигляд:

а) показники ефективності виготовлення складальних одиниць, складання і монтажу пристроїв:

$$P_{в.з,в,i} = P(\overset{\rightarrow}{X}_{\langle п \rangle в,i} \subset \{\overset{\rightarrow}{\text{доп}} X_{\langle п \rangle в,i}\}) \geq P_{в.з,в,i} \text{ зад} \quad (9)$$

$$C_{в,i} = C(C_{в,i}, C_{е в,i}) \rightarrow \min, \quad (10)$$

де  $P_{в.з,в,i}$ ,  $P_{в.з,в,i}$  – фактична і задана імовірності відповідності показників якості виробів допустимим значенням на етапі виготовлення деталей, вузлів і пристроїв;

$\overset{\rightarrow}{X}_{\langle п \rangle в,i} = [X_{в,i,1}, X_{в,i,2}, \dots, X_{в,i,n}]$  – вектор показників якості за і-ю властивістю п-го виробу;

$\left\{ \overset{\rightarrow}{\text{доп}} X_{\langle п \rangle в,i} \right\}$  – множина допустимих значень показників якості за і-ю властивістю;

$C_{в,i}$  – сумарні виробничі витрати на етапі виготовлення деталей, вузлів, пристроїв загалом з урахуванням контролю якості проведення операцій і усунення дефектів під час виробництва і експлуатації, що стосуються і-ї властивості пристроїв;

$C_{в,i}$  – витрати при виготовленні деталей, вузлів і пристроїв з врахуванням контролю і усунення дефектів, що стосуються і-ї властивості;

$C_{е в,i}$  – виробничі витрати на усунення дефектів виготовлення деталей, вузлів, пристроїв, виявлених в процесі експлуатації, що стосуються і-ї властивості.

Якщо позначити:

$f(X_{в,i}, t_{в})$  – густину розподілу і-го контрольованого параметра,  $t_{в}$  – час контролю,  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  – межі встановленого допуску та імовірність виконання задачі, що визначається за формулою:

$$P_{в.з,в,i} = P(\Delta_1 \leq X < \Delta_2) = \int_{\Delta_2}^{\Delta_1} (X_{в,i,t} - t_{в}) dx$$

б) показники ефективності технологічного припрацювання

$$P_{в.з,п,i} = P(\overset{\rightarrow}{X}_{\langle п \rangle п,i} \subset \{\overset{\rightarrow}{\text{доп}} X_{\langle п \rangle п,i}\}) \geq P_{в.з,п,i} \text{ зад} \quad (11)$$

$$C_{п,i} = C(C_{вп,i}, C_{еп,i}) \rightarrow \min \quad (12)$$

де  $P_{в.з,п,i}$ ,  $P_{в.з,п,i}$  зад – фактична і задана імовірність виконання задачі технологічного припрацювання пристрою;

$X_{\langle п \rangle п,i} = [X_{п,i,1}, X_{п,i,2}, \dots, X_{п,i,n}]$  – вектор показників і-ї властивості п-виробів, що пройшли припрацювання;

$C_{п,i}$ ,  $C_{вп,i}$ ,  $C_{еп,i}$  – виробничі витрати, що характеризують етап технологічного припрацювання пристроїв;

в) показники ефективності регулювання:

$$P_{в.з,р,i} = P(\overset{\rightarrow}{X}_{\langle п \rangle р,i} \subset \{\overset{\rightarrow}{\text{доп}} X_{\langle п \rangle р,i}\}) \geq P_{в.з,р,i} \text{ зад} \quad (13)$$

$$C_{р,i} = C(C_{вр,i}, C_{ер,i}) \rightarrow \min \quad (14)$$

де  $P_{в.з,р,i}$ ,  $P_{в.з,р,i}$  зад – фактична і задана імовірність виконання задачі при регулюванні пристроїв;

$X_{\langle n \rangle p, i} = [X_{p, i 1}, X_{p, i 2}, \dots, X_{p, i n}]$  – вектор показників  $i$ -ї властивості  $n$ -виробів, що пройшли регулювання;

$\xrightarrow{\text{доп}} \{X_{\langle n \rangle p, i}\}$  – множина допустимих значень показників  $i$ -ї властивості регульованих виробів ;

$C_{п.і}, C_{в.п.і}, C_{в.п.і}$  – виробничі витрати, що характеризують етап регулювання пристроїв.

Розглянемо можливість визначення імовірності виконання задачі під час найважливіших технологічних операцій. Як було визначено, в множині технологічних операцій формування властивостей пристроїв, операцій регулювання і технологічного припрацювання характеризуються підвищеною значущістю. Це пояснюється тим, що показники точності і надійності пристроїв часто залежать від параметрів вказаних операцій. Виявивши ці залежності, процедури регулювання і технологічного припрацювання можна використовувати для забезпечення і покращання, зокрема, метрологічних властивостей виробів.

Ефективними засобами є встановлення обґрунтованих виробничих допусків на вихідні параметри і вибір оптимальної тривалості та режимів припрацювання [1]. Оптимальне технологічне припрацювання забезпечує стабілізацію вихідних параметрів пристроїв і зменшує імовірність появи метрологічних відмов. Регулювання пристроїв з врахуванням встановлених виробничих допусків на вихідні параметри може також оцінюватись імовірністю виконаної задачі, яка, на відміну від (13), є умовною імовірністю, яка визначається виразом:

$$P_{в.з.р.і} = P(\overset{\rightarrow}{X_{\langle n \rangle p}}(t_p) \subset \{\overset{\rightarrow{\text{доп в}}}{X_{\langle n \rangle p}\} / \overset{\rightarrow}{X_{\langle n \rangle p}}(t) \subset \{\overset{\rightarrow{\text{доп}}}{X_{\langle n \rangle p}\}) \quad \forall t = [t_p - T_{\text{гар}}] \quad (15)$$

де  $T_{\text{гар}}$  – гарантований час роботи пристрою без метрологічної відмови за  $i$ -ю властивістю;

$\xrightarrow{\text{доп в}} \{X_{\langle n \rangle p, i}\}$  – множина допустимих значень показників  $i$ -ї властивості, яка визначається виробничим допуском.

Якщо  $n=1$ , імовірність  $P_{в.з.р.і}$  визначається за формулою:

$$P_{в.з.в.і} = \int_{\Delta_1}^{\Delta_2} f(X_{p,i}, t=t_p) dx \quad (16)$$

де  $f(X_{p,i}, t=t_p)$  – густина розподілу  $i$ -го параметра після операції регулювання;  $t_p$  – час регулювання;  $\Delta_1, \Delta_2$  – межі встановленого допуску на регульований параметр пристрою.

У разі застосування технологічного припрацювання пристроїв середньою тривалістю  $t_p^c$ , необхідною і достатньою для стабілізації їх вихідних параметрів, формула імовірності виконання задачі набуває вигляд:

$$P_{в.з.п.} = P(\overset{\rightarrow}{X_{\langle n \rangle p}}(t=t_p^c) \subset \{\overset{\rightarrow{\text{доп}}}{X_{\langle n \rangle p}\}) \geq P_{в.з.п.зад} \quad (17)$$

$$\frac{d\alpha(t)}{dt} \leq \varepsilon, t = [t_p^c, T_{\text{гар}}]$$

де  $\varepsilon$  – задане число,  $\alpha(t)$  – квантиль розподілу параметрів у момент  $t$ .

Якщо позначити

$f(X_{пi}, t=t_p^c)$  і  $f(X_{пi}, t=T_{\text{гар}})$  – густини розподілу параметра  $X_{пi}$  в момент  $t_p^c$  в  $T_{\text{гар}}$ ;  $\Delta_1, \Delta_2$  – межі допуску, що задається на параметр  $X_{пi}$  на стадії припрацювання, то  $P_{в.з.п.і}$  визначається за формулою:

$$P_{в.з.п.і} = \int_{\Delta_1}^{\Delta_2} (X_{п.і}, t) = t_p dx .$$

Функції  $\alpha_i(t)$  отримують апроксимацією відповідних статичних залежностей.

Число  $\epsilon$  виконує роль міри достатності припрацювання для стабілізації їх вихідних параметрів. Воно визначає тривалість і режими припрацювання виробів, а отже, і витрати на його проведення. Якщо ефективність припрацювання недостатня, тобто якщо  $P_{в.з.п.і} < P_{в.з.п.і \text{ зад}}$ , вони можуть бути змінені. Визначення оптимальних значень  $\epsilon$  є самостійним завданням і в цій роботі не розглядається.

Викладений підхід до оцінки ефективності  $P_{в.з.ві}$ ,  $P_{в.з.рі}$ ,  $P_{в.з.п.і}$ , а також сумарної імовірності виконання задачі  $P_{в.з}$  базується на використанні апіорної і апостеріорної інформації про закони розподілу параметрів на основних стадіях виробництва і під час експлуатації.

Імовірнісний підхід до оцінки ефективності забезпечення якості пристроїв на основних стадіях технологічного процесу їх серійного виробництва детально описано в [2].

1. Недоступ Л.А. Оптимизация контроля, регулировки и технологической приработки приборов. Львов. 1987. 2. Бобало Ю.Я., Киселичник М.Д., Недоступ Л.А. Системний аналіз якості виробництва прецизійної радіоелектронної апаратури. Львів, 1998.

УДК 681

О. Овсяк

Українська академія друкарства

## АЛГОРИТМИ ГРАФІЧНОГО ІНТЕРФЕЙСУ ТРАНСЛЯТОРА

© Овсяк О., 2001

Описано [1] систему моделювання електромеханічних схем друкарських машин, яка базується на використанні комп'ютерної графіки відомої [2] інтегрованої системи ACCEL EDA.

### Блок – схеми системи

Загальна схема, яка базується на використанні для моделювання електромеханічних схем друкарських машин інтегрованої системи ACCEL EDA, наведена на рис.1.

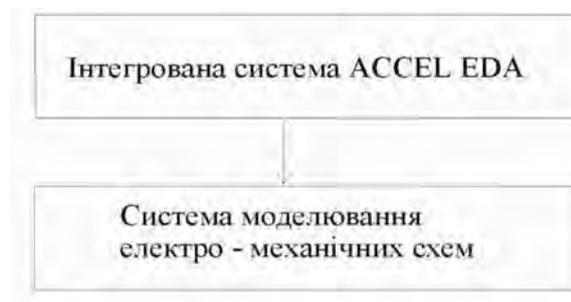


Рис. 1. Загальна схема

Для проектування схеми в системі ACCEL EDA спочатку в підсистемі корпусів створюється нова база даних. Після цього рисують корпус мікросхеми і записують в створену