

УДК 621.326

Б.А. Чуй, Д.П. Білостоцький, Я.В. Зерук, Т.С. Дубиняк канд. техн. наук, доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ Й ІМОВІРНІСТЬ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОЕКТОВАНОГО ВИРОБУ

B.A. Chyu, D.P. Bilostockuy, Y.V. Zeryk, T.S. Dubyniak Ph.D, Assoc.Prof.

CALCULATION OF RELIABILITY AND PROBABILITY OF TROUBLE-FREE OPERATION OF ELEMENTS OF THE DESIGNED PRODUCT

Надійність – це здатність пристрою (елементу або системи) виконувати задані функції. Надійність визначається безвідмовністю в роботі та ремонтпридатністю. Оскільки відмови та відновлення працездатності є випадковими подіями в тому плані, що місце та час їх виникнення неможливо прогнозувати точно, надійність кількісно оцінюється імовірнісними характеристиками.

Імовірність безвідмовної роботи (ІБР) елемента $p(t)$ або системи $p_c(t)$ – це імовірність того, що в межах заданого напрацювання t при визначених умовах експлуатації не виникне жодної відмови. Інтенсивність відмов $\lambda(t)$ – умовна щільність імовірності виникнення відмов пристрою, що визначається для певного моменту часу при умові, що до цього моменту відмови не виникали.

Залежність між інтенсивністю відмов та імовірністю безвідмовної роботи може бути отримана як:

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] \quad (1)$$

Надійність по раптовим експлуатаційним відмовам ($\lambda_0 = \text{const}$) розраховують для періоду нормальної експлуатації, коли первинний термін експлуатації (входження в режим) вже закінчився, а відмови по зношуванню та старінню ще не наступили. Для складної різнотипної апаратури інтенсивність відмов системи можна вважати постійною також і на ділянці зношування.

В основу розрахунку покладений принцип визначення показників надійності системи по характеристикам надійності комплектуючих елементів, що дає можливість здійснювати розрахунок в процесі проектування апаратури, яка складається з відомих елементів та вузлів. Для цього необхідно уточнити отримані вище вирази для показників надійності елементів $p(t)$, T_{CP} , з урахуванням постійності інтенсивності відмов.

Формула для імовірності безвідмовної роботи набуває вигляду:

$$p(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] = \exp(-\lambda_0 t) \quad (2)$$

Середнє напрацювання до відмови тоді можна знайти:

$$T_{CP} = \int_0^{\infty} p(t) dt = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda_0 t) dt = \frac{1}{\lambda_0} \quad (3)$$

Згрупувавши рівнонадійні елементи, отримаємо:

$$p_c(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j\right) \quad (4)$$

де λ_{0j} – інтенсивність відмов j -ої групи; N_j – кількість елементів j -ої групи;
 m – кількість груп рівнонадійних елементів.

Інтенсивність відмов пристрою в цілому:

$$\lambda_C = \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j \quad (5)$$

Наближений розрахунок надійності виконується на етапі технічного проектування за вищенаведеними формулами. Значення λ -характеристик (інтенсивності відмов) елементів пристрою визначаються з довідникових даних. При уточненому розрахунку надійності враховують вплив умов експлуатації, температури та електричного режиму із застосуванням наступних співвідношень:

$$p_c(t) = \exp\left(-k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right) \quad (6)$$

$$\lambda_C = k_\lambda \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j \quad (7)$$

$$\lambda_j = \lambda_{0j} \alpha_j \quad (8)$$

$$k_\lambda = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3} \quad (9)$$

де λ_j – інтенсивність відмов j -ої рівнонадійної групи елементів при експлуатації в заданих умовах; λ_{0j} – те ж саме, але при експлуатації в номінальному режимі; α_j – поправочний коефіцієнт інтенсивності відмов j -ої групи, який враховує вплив температури оточуючого середовища та електричне навантаження елементу.

Поправочний коефіцієнт k_λ враховує умови експлуатації радіо електронної апаратури (РЕА); $k_{\lambda 1}$ – вплив механічних факторів (вібрації, ударні навантаження), $k_{\lambda 2}$ – вплив кліматичних факторів (температура, вологість), $k_{\lambda 3}$ – умови роботи при пониженому атмосферному тиску.

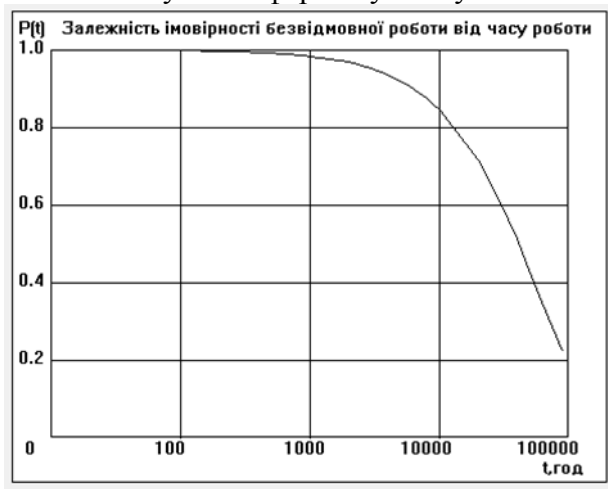


Рисунок 1. Графік залежності $P = f(t)$

Розрахунок надійності РЕА суттєво скорочується при використанні комп'ютерної програми NAD_Release. Для того, щоб розрахунок був ефективним, до програми висуваються наступні вимоги: Збереження результатів розрахунку у вигляді файлу з можливістю виведення на друк, а також із можливістю подальшої обробки результатів іншими програмами (наприклад в програмі MatchCAD). Результати які виводяться у файл, що дає можливість опрацювати вибрані коефіцієнти і побудувати криву розподілу.

При розрахунку надійності пристрою, було розраховано всі елементи враховуючи коефіцієнти механічних впливів, вологості і температури і було розраховано середнє напрацювання до відмови 17229.4 год.

Література

1. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. –М.: Сов. Радио, 1985.