

УДК 621.3

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ МЕТОДОМ ВИКИДІВ ПРИ ДВОСТОРОННЬОМУ ОБМЕЖЕННІ

П. М. Заярнюк, к. т. н. М. Д. Кіселичник, д. т. н. Л. А. Недоступ

Національний університет «Львівська політехніка»

Україна, м. Львів

mkiselychnyk@polynet.lviv.ua, zayarnyukpm@gmail.com

В роботі описано метод прогнозування параметричної надійності радіоелектронної апаратури, побудований на основі теорії викидів випадкових процесів. Наведено аналітичні залежності для визначення параметрів викидів випадкового процесу зміни визначального параметра РЕА при двосторонньому обмеженні. Запропоновано ряд спрощень для полегшення обчислень параметрів мерехтливих відмов.

Ключові слова: мерехтливі відмови, прогнозування надійності, дрейф параметрів.

Випадкові процеси дрейфів параметрів радіоелектронної апаратури (РЕА) є різними за своїм характером. У випадку швидких дрейфів параметрів надійність РЕА легко прогнозується з використанням методу квантильних зон [1]. Процеси, що є стаціонарними або подібними до стаціонарних, спрогнозувати за допомогою методу квантильних зон не вдасться, оскільки їх квантильні зони не перетинають допускові рівні. Такі процеси характеризуються короткочасними викидами за допусковий рівень, при цьому пристрій може вважатись як працездатним, так і навпаки, в залежності від його функцій. Спрогнозувати надійність апаратури у випадку таких мерехтливих відмов важко.

Цю задачу дозволяє вирішити застосування теорії викидів. Метод є досить важким стосовно розрахунків, але дозволяє передбачити кількість викидів та їх тривалість незалежно від характеру дрейфу параметрів. Такий підхід у випадку одностороннього обмеження визначального параметра розглянуто нами у [2]. Але у багатьох реальних процесах виникає необхідність у двосторонньому обмеженні.

Метою нашої роботи є розробка методу прогнозування надійності за визначальними параметрами РЕА при стаціонарних та квазістаціонарних характерах процесу дрейфу визначального параметра при його двосторонньому обмеженні.

Принципи проведення розрахунків лишаються такими як і у випадку одностороннього обмеження. Так, кількість викидів за час T визначається наступними рівняннями:

$$\begin{aligned}
 n_n(T) &= \int_0^T \int_0^\infty v \cdot f(x = \Delta_2, v, t) dv dt \quad \text{— для додатних викидів;} \\
 n_n(T) &= \int_0^T \int_{-\infty}^0 v \cdot f(x = \Delta_1, v, t) dv dt \quad \text{— для від'ємних викидів;} \\
 n(T) &= n_n(T) + n_n(T) \quad \text{— загальна кількість викидів,}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де $n(T)$ – кількість викидів на протязі часу T ; x — значення випадкового параметра; v — швидкість зміни випадкового параметра; $f(x=\Delta, v, t)$ — сумісна щільність розподілу випадкової величини x , швидкості її зміни v із зміною у часі t , при виході випадкового параметра x за допусковий рівень Δ ; Δ_1, Δ_2 — нижній та верхній допускові рівні.

Відмінність полягає у необхідності проведення розрахунків для двох допускових рівнів з урахуванням напрямку викиду та їх подальшому додаванні.

Визначення середньої тривалості викидів проводиться за наступними рівняннями:

$$t_{\text{вик},n}(T) = \int_0^T \int_{\Delta_2}^\infty f(x, t) dx dt, \quad t_{\text{вик},n}(T) = \int_0^T \int_0^{\Delta_1} f(x, t) dx dt. \quad t_{\text{вик}}(T) = t_{\text{вик},n}(T) + t_{\text{вик},n}(T).
 \tag{2}$$

Тривалість одного викиду визначається через відношення загальної тривалості викидів до їх кількості:

$$t_{\text{сер},n}(T) = \frac{t_{\text{вук},n}(T)}{n_n(T)}, \quad t_{\text{сер},n}(T) = \frac{t_{\text{вук},n}(T)}{n_n(T)}, \quad t_{\text{сер}}(T) = \frac{t_{\text{вук}}(T)}{n(T)} = \frac{t_{\text{вук},n}(T) + t_{\text{вук},n}(T)}{n_n(T) + n_n(T)}. \quad (3)$$

Отримані залежності дозволяють спрогнозувати тривалість викидів, їх кількість та тривалість одного викиду на проміжку від 0 до T за умови відомого закону розподілу випадкового параметра x та його швидкості зміни v в залежності від часу t .

За умови відсутності можливостей визначення тримірному закону розподілу впроваджуються наступні припущення та спрощення:

— тримірна щільність розподілу може бути розписана як добуток щільностей розподілу випадкового параметра та його швидкості зміни із часовими залежностями математичних очікувань та дисперсій обох;

— закон розподілу швидкості зміни випадкової величини приймається аналогічним до закону розподілу випадкової величини або нормальним;

— якщо обидва закони розподілу нормальні — дисперсія швидкості визначається через кореляційну функцію випадкової величини;

— у випадку нестационарного процесу математичне очікування швидкості визначається як похідна від математичного очікування випадкового параметра по часу.

Отже, такий метод прогнозування надійності за визначальним параметром дозволяє прогнозувати мерехтливі відмови при стаціонарних, квазістаціонарних та квазідетермінованих процесах дрейфів визначальних параметрів. Неточності при прогнозуванні мерехтливих відмов вносяться лише неточностями та припущеннями при визначенні законів розподілу випадкового процесу.

У порівнянні із методом квантильних зон [1], цей метод є більш ефективним і дозволяє прогнозувати надійність при стаціонарних процесах дрейфів, проте він є більш складним, потребує інформацію про закон розподілу швидкості зміни визначального параметра, а в разі відсутності цієї інформації необхідно робити припущення, крім того потребує часових затрат при розрахунку навіть на сучасних ЕОМ.

Представлена в статті модифікація методу дозволяє прогнозувати надійність при двосторонньому обмеженні для стаціонарних і нестационарних процесів і процесів із періодичними складовими.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Bobalo Y., Kiselychnyk M., Nedostup L., Zayarnyuk P. Forecasting the quasi-deterministic parameters' drifts of radioelectronics apparatus on the basis of quantile zones techniques // *Przeglad Elektrotechniczny* – 2013.– N 2a.– P. 270–272.
2. Недоступ Л. А., Киселичник М. Д., Заярнюк П. М. Дослідження методу побудованого на основі теорії викидів для прогнозування мерехтливих відмов // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.*– 2013.– № 6/12 (66).– С. 116–119.
3. Тихонов В. И. Выбросы случайных процессов.– Москва: Наука, 1970.
4. Недоступ Л. А., Киселичник М. Д., Бобало Ю. Я. Основы надійності радіоелектронних пристроїв.– Львів: ВДУ «ЛП», 1998.
5. Свешников А. А. Прикладные методы теории случайных функций.– Москва: Наука, 1968.
6. Волков Л. И., Шышкевич А. М. Надежность летательных аппаратов.– Москва: Высшая школа, 1975.

P. M. Zayarnyuk, M. D. Kiselychnyk, L. A. Nedostup

Reliability analysis of electronic equipment using the theory of runs with bilateral constraint.

This paper describes a method of predicting parametric reliability of radioelectronic devices, based on the theory of runs of stochastic processes. A number of solutions are proposed to facilitate calculations of shimmering failures parameters. Analytical models for prediction of emission parameters of stochastic drift processes for bilateral constraint are shown.

Keywords: *shimmering failure, reliability analysis, parameter drift.*