Моделі надійності параметричного синтезу компоненів

Лазько О.В.

Національний Університет «Львівська політехніка» ,ol.lazko@gmail.com

Вступ

Проблему моделювання надійності систем сумісно працюючих компонентів розглянуто у полі співвідношення їх стикувальних параметрів Хк-1,вих і Хк,вх з відповідними щільностями їх розподілів f(Хк-1,вих) і f(Хк,вх). Вид законів розподілів стикувальних параметрів компонентів Хк-1,вих і Хк,вх не змінюється в процесі експлуатації пристроїв, а самі значення цих параметрів можуть бути змінними у часі [1].

У роботі розглянуто найбільш типові комбінації таких розподілів та проведено оцінку імовірності безвідмовної роботи .

Нормальний розподіл

$$f(X_{к-1,\,вих}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{X_{к-1,\,вих}}} e^{-\frac{(X_{к-1,\,вих} - m_{X_{к-1,\,вих}})^2}{2\sigma^2_{X_{к-1,\,вих}}}} \qquad (1)$$

$$f(X_{к,\,вх}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{X_{к,\,вх}}} e^{-\frac{(X_{к,\,вх} - m_{X_{к,\,вх}})^2}{2\sigma^2_{X_{к,\,вх}}}} . \qquad (2)$$

імовірність безвідмовної роботи P(t) визначається залежністю 3

$$P(t) = \begin{cases} 0, & -\infty < t < 0 \\ \frac{1}{2} + \Phi\left[\frac{m_{к.вх}(t) - m_{к-1.вих}(t)}{\sqrt{\sigma^2_{X_{к.вх}} + \sigma^2_{X_{к-1.вих}}(t)}}\right], & 0 \le t < \infty \end{cases} \qquad (3)$$

Розподіл Релея.

Якщо стикувальні параметри $X_{к-1,вих}$ і $X_{к,вх}$ компонентів розподілені за законом Релея, то їх щільності описуються формулами 4 та 5

$$f(X_{к-1,вих}) = \frac{X_{к-1,вих}}{C^2} e^{-\frac{X^2_{к-1,вих}}{2C^2}} \qquad (4)$$

$$f(X_{к,вх}) = \frac{X_{к,вх}}{\mu^2} e^{-\frac{X^2_{к,вх}}{2\mu^2}} \qquad (5)$$

відповідно

$$P(t) = \begin{cases} 0, & -\infty < t \le 0 \\ 1 - \frac{1}{1\eta^2\varphi^2(t)}, & 0 < t < \infty \end{cases} \qquad (6)$$

Логарифмічно-нормальний розподіл

Щільності логарифмічно нормальних розподілів стикувальних параметрів компонентів описуються формулами 7 та 8

$$f(X_{к-1,вих}) = \frac{1}{X_{к-1,вих}\sqrt{2\pi \ln\left\{\frac{\sigma^2_{X_{к-1,вих}}}{m^2_{X_{к-1,вих}}}+1\right\}}} \times$$

$$\times \exp\left\{-\frac{\ln X_{к-1,вих} - \ln m_{к-1,вих} + \frac{1}{2}\ln\left\{\frac{\sigma^2_{X_{к-1,вих}}}{m^2_{X_{к-1,вих}}}+1\right\}}{2\ln\left\{\frac{\sigma^2_{X_{к-1,вих}}}{m^2_{X_{к-1,вих}}}+1\right\}}\right\}; \quad (7)$$

$$f(X_{к,вх}) = \frac{1}{X_{к,вх}\sqrt{2\pi \ln\left\{\frac{\sigma^2_{X_{к,вх}}}{m^2_{X_{к,вх}}}+1\right\}}} \times$$

$$\times \exp\left\{-\frac{\ln X_{к,вх} - \ln m_{к,вх} + \frac{1}{2}\ln\left\{\frac{\sigma^2_{X_{к,вх}}}{m^2_{X_{к-1,вих}}}+1\right\}}{2\ln\left\{\frac{\sigma^2_{X_{к,вх}}}{m^2_{X_{к,вх}}}+1\right\}}\right\} \quad (8)$$

Імовірність безвідмовної роботи системи сумісно працюючих компонентів визначиться інтегралом – формула 9

$$P(t) = 0,5 + \Phi\left(-\frac{m_{к.вх} - m_{к-1.вих}}{\sqrt{\sigma^2_{X_{к.вх}} + \sigma^2_{X_{к-1.вих}}}}\right) \quad (9)$$

де $\Phi\left(-\frac{m_{к.вх} - m_{к-1.вих}}{\sqrt{\sigma^2_{X_{к.вх}} + \sigma^2_{X_{к-1.вих}}}}\right)$ – функція Лапласа.

Розподіл Вейбулла.

Щільності розподілів стикувальних параметрів описуються формулами 10 та 11:

$$f(X_{к-1,вих}) = \frac{a}{X_{0,к-1,вих}} \cdot X^{a-1}_{к-1,вих}\, e^{-\frac{X^a_{к-1,вих}}{X_{0,к-1,вих}}} \quad (10)$$

$$f(X_{к,вх}) = \frac{a}{X_{0,к,вх}} \cdot X^{a-1}_{к,вх}\, e^{-\frac{X^a_{к,вх}}{X_{0,к,вх}}} \quad (11)$$

Імовірність безвідмовної роботи P(t)

$$P(t) = 1 - \frac{1}{\eta^a + 1} \qquad \eta = \frac{m_{X_{к,вх}}}{m_{X_{к-1,вих}}}$$

.Приклади оцінювання імовірності безвідмовної роботи за допомогою програмного комплексу AVALON [2] приведені на рис.1.

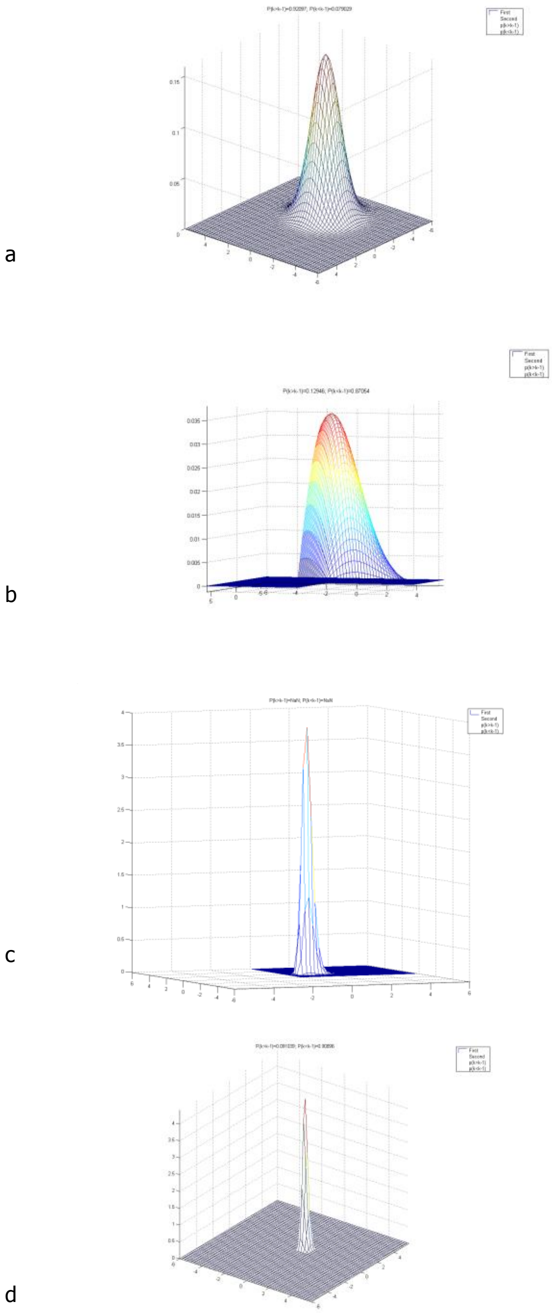

Рис.1. Приклади оцінювання імовірності безвідмовної роботи за допомогою програмного комплексу AVALON для нормального (a), Релея (b), логарифмічно-нормального (c) та закону Вейбулла (d)

Висновок

Показано методику визначення імовірності безвідмовної роботи для типових співвідношень стикувальних параметрів компонентів. Сформульовано рекомендації, що дають можливість підвищити імовірність безвідмовної роботи, зокрема використання квазінормальних математичних розподілів, таких як моделі Грамма-Шарльє та Еджворта[3].

Література

[1] Лазько О. Композиції початкових розподілів параметрів РЕП і розподілів їх відхилень у процесі експлуатації //Вісник ДУ "Львівська політехніка" Електроенергетичні та електромеханічні системи. □ Львів, 2000. — №400. — С.66-70.

L. Nedostup, Yu. Bobalo, O. Lazko. Reliability software AVALON. Proceeding of V International Workshop “CPEE2003”. – Jaglivetz (Ukraine).–2003. P.62-63.

Лазько О. Моделювання квазінормальних розподілів параметрів пристроїв рядами Грама-Шарльє та Еджворта // Вісник ДУ "Львівська політехніка". Електроенергетичні та електромеханічні системи. □ Львів, 1999. □ №372. □ С.86-91.

ISBN 978-5-8114-1068-2