

CONSIDERAȚII PRIVIND DISPONIBILITATEA SISTEMELOR MECANICE COMPLEXEⁱ

CONSIDERATIONS REGARDING THE AVAILABILITY OF COMPLEX MECHANICAL SYSTEMS

Constantin BUCURESCU

S. I. univ.dr.ing., Facultatea de Utilaj Tehnologic – Departamentul de Tehnologie Mecanică, Bucuresti, Romania

Rezumat: Această lucrare definește succint conceptul de disponibilitate a unui sistem și a principalilor indicatori de stare ai sistemelor mecanice complexe

Cuvinte cheie: indicatori, disponibilitate, sistem mecanic

Abstract: This paper succinctly defines the concept of a system availability and status of the main indicators of the complex mechanical systems.

Keywords: indicators, availability, mechanical system

1. ASPECTE GENERALE

Conceptul de „disponibilitate“ este un concept sintetic care permite caracterizarea unui sistem mecanic sub aspectul combinat al fiabilității, mentanabilității și optimizării mentenanței acestuia.

STAS 8174/3-1977 [78] definește disponibilitatea ca fiind „aptitudinea unui sistem de a-și îndeplini funcția specifică la un moment dat sau într-o perioadă de timp, considerând aspectele combinate de fiabilitate, mentanabilitate și mentenanță“.

Disponibilitatea unui sistem se poate exprima cantitativ prin probabilitatea:

$$A(t) = P(t > T_r) \quad (1)$$

în care T_r este o limită dată pentru ca sistemul să se afle în starea de reînnoire. Această relație scoate în evidență faptul că pentru cuantificarea disponibilității unui sistem nu se mai poate accepta ipoteza potrivit căreia reînnoirea se produce instantaneu, ci trebuie să se țină cont de duratele reînnoirilor.

Modelarea disponibilității sistemelor mecanice poate fi făcută la nivelul global al acestora sau la nivel structural, rezultatele ei fiind utilizate la planificarea resurselor mentenanței și la optimizarea politicilor de mentenanță.

ⁱ Comunicare prezentată la cel de-al XXI –lea Simpozion National de Utilaje pentru Constructii (SINUC), București, 10-11 decembrie 2015

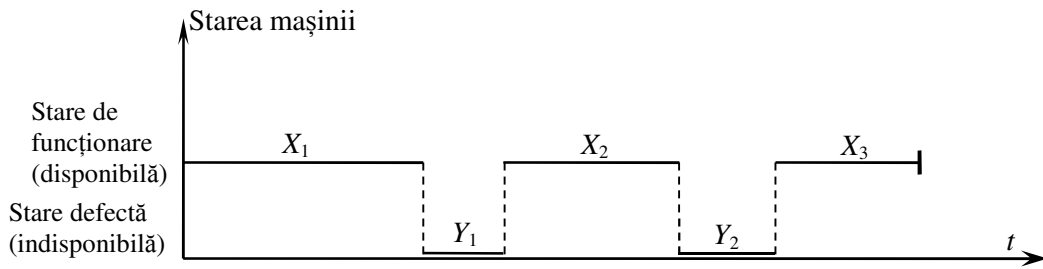


Fig. 1. Evoluția în timp a unui sistem mecanic cu posibilități de reînnoire analizat la nivel global

Pentru modelarea globală a disponibilității unui sistem mecanic, acesta trebuie privit ca o unitate înzestrată cu posibilități de reînnoire. Luând în considerație duratele de reînnoire, evoluția în timp a unui sistem reparabil poate fi reprezentată grafic ca în figura 1, în care s-a notat cu X_r , $r = 1, 2, \dots$ duratele de funcționare și cu Y_r , $r = 1, 2, \dots$ duratele de reînnoire. Atât X_r cât și Y_r sunt variabile aleatorii independente și prin urmare procesele alternante $\{X_r\}$ și $\{Y_r\}$ vor fi independente.

În cazul modelării structurale a disponibilității sistemelor se ține cont de faptul că acestea sunt alcătuite din mai multe subsisteme legate în serie în sens fiabilistic. În această ipoteză, un sistem mecanic format din n unități de asamblare este disponibil dacă fiecare din subsisteme se află în stare de funcționare. Dacă sistemul se află în stare defectă din cauza defectării unei anumite unități de asamblare nici o altă unitate de asamblare nu funcționează. După restabilire, unitățile de asamblare sunt aduse în stare ca și nouă.

În aceste condiții, în reprezentare grafică evoluția sistemului în timp poate fi cea din figura 2 în care se poate nota cu X_{kr} durata celei de-a r -a reparații a unității de asamblare k și cu Y_{kr} durata de restabilire a aceleiași unități de asamblare.

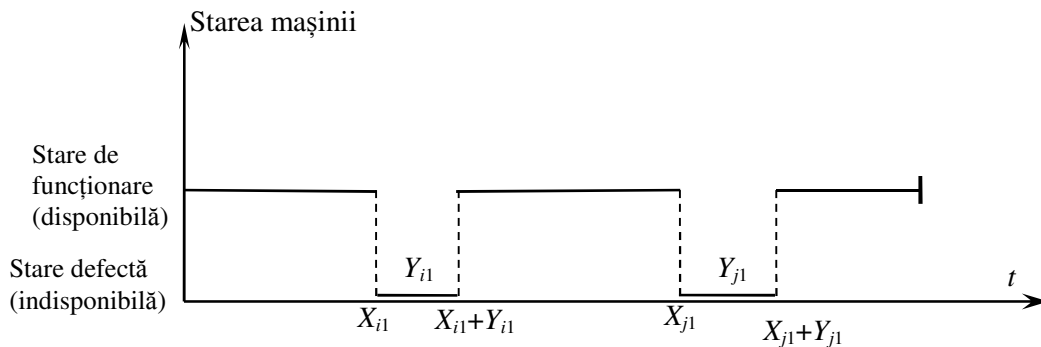


Fig. 2. Evoluția în timp a unui sistem mecanic cu posibilități de reînnoire analizat structural

Potrivit aceleiași figuri rezultă că unitatea de asamblare i se defectează la momentul X_{i1} iar sistemul va fi defect un timp Y_{i1} necesar restabilirii unității de asamblare defecte. Sistemul funcționează din nou de la momentul $X_{i1} + Y_{i1}$ până la momentul X_{j1} când unitatea de asamblare j se defectează. Restabilirea unității de asamblare j se reînnoiește în perioada de timp Y_{j1} și prin urmare sistemul reintră în funcțiune la momentul $X_{j1} + Y_{j1}$.

Duratele X_{kr} și Y_{kr} sunt variabile aleatorii considerate independente și în consecință procesele de reînnoire alternante $\{X_{kr}\}_{r=1,2,\dots}$ și $\{Y_{kr}\}_{r=1,2,\dots}$ vor fi independente.

În acest mod se poate analiza disponibilitatea structurală a sistemelor mecanice supuse unei mentenanțe perfecte.

2. INDICATORII DISPONIBILITĂȚII SISTEMELOR MECANICE COMPLEXE

Disponibilitatea oricărui sistem tehnic poate fi cuantificată prin trei indicatori specifici: disponibilitatea $A(t)$, disponibilitatea medie $\bar{A}(t)$ și coeficientul de disponibilitate A . Fiecare dintre acești indicatori prezintă o importanță practică deosebită, ei caracterizând local sau pe interval starea sistemului.

Pentru definirea celor trei indicatori asociem sistemului o funcție aleatoare $\xi(t)$ cu care putem caracteriza starea de funcționare a acestuia – disponibilitatea – respectiv starea de nefuncționare – indisponibilitate:

$\xi(t) = 0$, dacă sistemul este în stare de funcționare la momentul t ;

$\xi(t) = 1$, dacă sistemul este indisponibil la momentul t din cauza defectării.

Disponibilitatea, $A(t)$, reprezintă probabilitatea ca sistemul să fie în stare de funcționare la momentul t :

$$A(t) = P[\xi(t) = 0] \quad (2)$$

$A(t)$ reprezintă un indicator global al fiabilității sistemului înzestrat cu posibilități de reînnoire și poate fi exprimat cu relația:

$$A(t) = R(t) + \int_t^0 h_u(u) \cdot R(t-u) du \quad (3)$$

în care $R(t)$ reprezintă funcția de fiabilitate și $h_2(u)$ este densitatea punerilor în funcțiune.

Scriind transformata Laplace a relației (3) rezultă:

$$\begin{aligned} A^*(s) = R^*(s) + h_2^*(s)R^*(s) &= \frac{1 - f_1^*}{s} \left[1 + \frac{f_1^*(s)f_2^*(s)}{1 - f_1^*(s)f_2^*(s)} \right] = \frac{1 - f_1^*(s)}{s[1 - f_1^*(s)f_2^*(s)]} = \\ &= H_2^*(s) - H_1^*(s) + \frac{1}{s} \end{aligned} \quad (4)$$

Relația (4) este echivalentă cu:

$$1 - A(t) = H_1(t) - H_2(t) \quad (5)$$

Rezultă că indisponibilitatea $B(t) = 1 - A(t)$ la un moment oarecare t este egală cu diferența dintre numărul mediu de defectări și numărul mediu de puneri în funcțiune ale sistemului în intervalul $(0, t)$.

Disponibilitatea medie, $\tilde{A}(t)$, a sistemului în intervalul $(0, t)$ se definește prin relația:

$$\tilde{A}(t) = t^{-1} \int_0^t P[\xi(t) = 0] dt \quad (6)$$

Rezultă că disponibilitatea medie reprezintă din punct de vedere practic media duratei cumulate de funcționare raportată la durata calendaristică.

Coefficientul de disponibilitate, A , se definește prin relația:

$$A = \lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{A}(t) \quad (7)$$

Trecând la limită relația (3):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{A}(t) = \frac{m_1}{m_1 + m_2} = A$$

unde:

$$m_1 = \frac{\sum_r X_r}{r} \quad \text{și} \quad m_2 = \frac{\sum_r Y_r}{r} \quad (8)$$

și reprezintă media timpilor de funcționare respectiv media duratelor de reînnoire calculată după cea de-a „ r ”-a defectare (restabilire).

Se poate demonstra că valoarea asimptotică a disponibilității medii este apropiată de cea a coeficientului de disponibilitate, adică:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{A}(t) \cong A \quad (9)$$

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Bucurescu, C.** – *Fiabilitatea, mentenanța și disponibilitatea utilajelor tehnologice pentru construcții*. Ed. CONSPRESS, București, 2014.
- [2] **Barlow, R.E., Proschan, F.** – *Statistical Theory of Reliability and Life Testing Probability Models*. Holt, Rinehart and Winston, New-York, 1975.
- [3] **Cătuneanu, V.M., Mihalache, A.** – *Bazele teoretice ale fiabilității*. Ed. Academiei, 1983.
- [4] **Zevedei, N.I.** – *Tehnologia fabricării și reparării utilajului tehnologic*, I.C.B., București, 1984.
- [5] **Zevedei, N.I.** – *Cercetări în domeniul fiabilității și mentenabilității mașinilor de construcții*. Teză de doctorat, I.C.B., 1986.