

LUCRARE DE LABORATOR

CALCULUL INDICATORILOR DE FIABILITATE PRIN METODA  
NEPARAMETRICĂ

I. INTRODUCERE TEORETICĂ

1. Scopul lucrării

Calculul indicatorilor de fiabilitate ai componentelor electronice pe baza rezultatelor experimentale, prin metoda neparametrică.

2. Date inițiale

Rezultatele experimentale necesare calculului indicatorilor de fiabilitate se obțin în urma unei încercări efectuate în condiții de laborator asupra unui eșantion de volum prelevat în mod aleator din lotul omogen de componente care trebuie caracterizat.

Ele constau din momentele  $t_i$ ,  $i=1,2,3,\dots,r$  la care se defectează componente din eșantion.

Pentru identificarea acestor momente este necesar să fie precis definit criteriul de defectare.

În scopul creșterii volumului materialului experimental, componentele defectate pot fi înlocuite cu altele noi. În practică nu se recurge decât rareori la înlocuirea componentelor defectate. De aici rezultă condiția  $r \leq n$ .

În lipsa unui utilaj de încercare capabil să înregistreze automat defectarea unei componente, momentele  $t_i$  sunt dificil de determinat. Se recurge la măsurarea tuturor componentelor încercate la momentele  $t_j$ ,  $j=1,2,\dots,k$ , identificându-se la fiecare măsurare numărul total de componente defectate conform criteriului adoptat.

Această măsură se aplică în cazul în care defectarea componenteii nu este totală (întrerupere, scurtcircuit), ci se produce prin depășirea limitelor admise ale parametrilor care caracterizează componenta.

Pentru efectuarea analizei defectelor este necesar să se păstreze identitatea fiecărei componente în timpul încercării.

3. Estimarea indicatorilor de fiabilitate

Valorile adevărate ale indicatorilor de fiabilitate nu pot fi calculate deoarece nu se cunosc datele experimentale asupra totalității componentelor care trebuie caracterizate, ci numai asupra unui eșantion prelevat aleator dintre acestea. Se pot

calcula *valori orientative* ale indicatorilor de fiabilitate, numite *estimații*. În cazul când se calculează o singură valoare, aceasta se numește *estimație punctuală*.

Indicatorii de fiabilitate pot fi estimați cu interval de încredere dacă se calculează limitele unui interval, care să conțină valoarea adevărată a indicatorului cu o probabilitate impusă  $(1 - \alpha)$  numită *nivel de încredere*.

Intervalul de încredere bilateral simetric este definit de una din relațiile:

$$P(\theta < \theta_{\inf}) = P(\theta > \theta_{\sup}) = \alpha / 2 \quad (1)$$

Intervalul de încredere unilateral este definit de una din relațiile:

$$P(\theta > \theta_{\inf}) = 1 - \alpha \quad (2)$$

$$P(\theta < \theta_{\sup}) = 1 - \alpha$$

În relațiile (1) și (2),  $\theta$  reprezintă valoarea unui indicator oarecare de fiabilitate, iar  $\theta_{\sup}$ ,  $\theta_{\inf}$  valorile superioare, respectiv inferioare.

### 3.1. Estimarea neparametrică a indicatorilor de fiabilitate

Metodele neparametrice de estimare a indicatorilor de fiabilitate se aplică în cazul când *nu este posibilă identificarea legii de distribuție a timpului de funcționare*.

Valorile estimate prin metode neparametrice nu pot fi extrapolate pentru intervale de timp diferite de durata încercării.

În continuare se arată relațiile de calcul pentru estimarea neparametrică a 3 indicatori principali de fiabilitate.

$$\hat{R}(t) = \frac{n - r}{n} \quad (3)$$

În cazul când ultima din cele  $r$  defectări coincide cu momentul  $t$  se utilizează relația:

$$\hat{R} = \frac{n - r + 1}{n + 1} \quad (4)$$

Intervalul de încredere bilateral simetric care conține funcția de fiabilitate cu probabilitatea  $(1 - \alpha)$  se calculează cu ajutorul relațiilor:

$$\sum_{k=0}^r C_n^k (1 - R_{\inf})^k R_{\inf}^{n-k} = \frac{\alpha}{2} \quad (5)$$

$$\sum_{k=0}^r C_n^k (1 - R_{\sup})^k R_{\sup}^{n-k} = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

Limita inferioară a intervalului de încredere unilateral rezultă din relația:

$$\sum_{k=0}^r C_n^k (1 - R_{\text{inf}})^k = \frac{\alpha}{2} \quad (6)$$

Pentru rezolvarea ecuațiilor (5), (6) se utilizează tabelele funcției de repartiție tip Poisson [Gnedenko, Beleaev, Soloviev: Metode matematice în teoria siguranței, Ed. Tehnica, 1968].

Densitatea de probabilitate  $f(t)$  și rata de defectare  $z(t)$  nu pot fi estimate ca valori instantanee.

Se pot calcula estimațiile punctuale ale valorilor medii  $\bar{r}$  și  $\bar{z}$  considerate constante în intervalul suficient de mic  $(t, t + \Delta t)$ .

Rezultă :

$$\hat{f}(t, t + \Delta t) = \frac{n(t) - n(t + \Delta t)}{n(t) \Delta t} \quad (7)$$

$$\hat{z}(t, t + \Delta t) = \frac{n(t) - n(t + \Delta t)}{n(t) \Delta t} \quad (8)$$

sau:

$$\hat{z}(t, t + \Delta t) = \frac{\hat{f}}{\hat{R}}$$

În relațiile (7) și (8),  $n(t)$  reprezintă numărul componentelor aflate în bună stare de funcționare la momentul  $t$ .

## II. Desfășurarea lucrării

(1) Se efectuează o încercare de fiabilitate asupra a 1000 de tranzistoare. Tranzistoarele supuse încercării se măsoară la intervale de 100 de ore. Numărul tranzistoarelor defecte identificate la fiecare măsurătoare e dat de tabelul 2.

$t_i$	$r$
100	50
200	90
300	122
400	147
500	167
600	184
700	200
800	216
900	231
1000	245
1100	260
1200	274

$t_i$	$r$
1300	288
1400	301
1500	315
1600	328
1700	341
1800	354
1900	368
2000	380
2100	392
2200	405
2300	417
2400	430
2500	444
2600	460
2700	480
2800	505
2900	535
3000	575

1) Să se calculeze indicatorii de fiabilitate întocmind un tabel de forma:

$t_i$	$r$	$\Delta r(\Delta t_i)$	$n(t_i)$	$\hat{F}(t_i)$	$\hat{R}(t_i)$	$\hat{f}(t_i, t_i+\Delta t)$	$\hat{z}(t_i, t_i+\Delta t)$
-------	-----	------------------------	----------	----------------	----------------	------------------------------	------------------------------

2) Să se reprezinte pe același grafic funcția de repartiție și funcția de fiabilitate.

3) Să se reprezinte pe același grafic densitatea de probabilitate a timpului de funcționare și rata de defectare.

4) Să se calculeze cuantilele de ordinul 0,1; 0,5; 0,9 ale timpului de funcționare.

5) Să se calculeze funcția de fiabilitate pentru un interval de funcționare între 500 și 1500 de ore.

6) Să se calculeze media timpului de funcționare.

### Indicație:

Se vor folosi următoarele formule de calcul pentru indicatorii de fiabilitate, unde:

$n$  - numărul inițial al produselor supuse experimentului;

$r$  - numărul total (cumulat) al produselor defecte identificate la momentul  $t$ ;

$n(t)$  - numărul produselor aflate în stare de funcționare la momentul  $t$ ;

$\Delta r(\Delta t)$  - numărul produselor defectate în intervalul  $(t, t+\Delta t)$ ; notația indică faptul că  $\Delta r$  este funcție de  $\Delta t$ .

**Funcția de repartiție a timpului de funcționare:**

$$\hat{F}(t) = \frac{r}{n}$$

**Funcția de fiabilitate:**

$$\hat{R}(t) = 1 - \hat{F}(t) = \frac{n - r}{n}$$

**Densitatea de probabilitate a timpului de funcționare:**

$$\hat{f}(t, t + \Delta t) = \frac{n(t) - n(t + \Delta t)}{n \cdot \Delta t} = \frac{\Delta r(\Delta t)}{n \cdot \Delta t} \quad [\text{h}^{-1}]$$

**Rata defectărilor:**

$$\hat{z}(t, t + \Delta t) = \frac{n(t) - n(t + \Delta t)}{n(t) \cdot \Delta t} = \frac{\hat{f}(t, t + \Delta t)}{\hat{R}(t)} \quad [\text{h}^{-1}]$$

$\hat{t}_\alpha$  - **cuantila de ordinul  $\alpha$**  a timpului de funcționare - momentul la care  $\hat{F}(\hat{t}_\alpha) = \alpha$  (momentul la care apar  $n \cdot \alpha$  defecte)

**Funcția de fiabilitate pe un interval:**

$$\hat{R}(t_1, t_2) = \frac{\hat{R}(t_2)}{\hat{R}(t_1)}$$

Rezolvarea acestor cerințe se poate face folosind un program de calcul tabelar (ex: Excel) sau, alternativ, o aplicație concepută pentru această lucrare de laborator.

**Instalare aplicație folosită în laborator:**

- Se descarcă:

[http://www.euroqual.pub.ro/wp-content/uploads/caf\\_L2\\_aplicatie.zip](http://www.euroqual.pub.ro/wp-content/uploads/caf_L2_aplicatie.zip)

și se dezarchivează într-un folder la alegere (ex. C:\CAF\L2)

- Pentru sistemele de operare ulterioare Windows 7 este necesară rularea acestei aplicații în cadrul *DosBox* - se va descărca și instala această aplicație de la adresa:

<https://sourceforge.net/projects/dosbox/files/dosbox/0.74-3/DOSBox0.74-3-win32-installer.exe/download>

În aplicația DosBox se execută:

mount X: C:\CAF\L2 [Enter]

X: [Enter]

calcstat [Enter]

- Se introduce  $N=1000$
- Estimare -> *neparametrică*
- Calcul -> *pe intervale*
- Număr intervale de grupare -> 30
- Se introduc numărul de defecte în interval și mărimea intervalului (100 de ore)

## (2) Problemă

Rezultatele experimentale obținute într-o încercare de fiabilitate trunchiată fără înlocuire efectuată asupra unui eșantion de  $n=200$  de tranzistoare vreme de 1000 de ore sunt prezentate în tabel.

Interval de timp (ore)	0 - 100	100 - 200	200 - 400	400 - 600	600 - 800	800 - 1000
Număr de defectări în interval	5	7	5	2	1	2

(1) Calculați:

$$\begin{aligned} &\hat{F}(200); \hat{R}(600); \hat{F}(1500); \hat{f}(200,400); \hat{Z}(100,600); \hat{R}(200,600); \\ &\hat{m}; \hat{\sigma}; \\ &\hat{t}_{0,05}; \hat{t}_{0,1}; \hat{t}_{0,2} \end{aligned}$$

(2) Să se reprezinte grafic funcția de fiabilitate și rata de defectare a tranzistoarelor.