

1. FIABILITATE, MENTENABILITATE, DISPONIBILITATE

Dezvoltarea rapidă a aparaturii electronice a condus la preocupări susținute în domeniul fiabilității produselor, de câteva zeci de ani fiabilitatea reprezentând o ramură separată a științei. Definirea fiabilității comportă două aspecte: unul cantitativ și unul calitativ. Din punct de vedere cantitativ, fiabilitatea unui dispozitiv (sistem) reprezintă probabilitatea $P(t)$ ca acesta să își îndeplinească funcțiunile pentru care a fost realizat, în mod corespunzător, până la momentul de timp t , în condiții de utilizare specificate.

În mod normal, un produs este însoțit de un manual tehnic, în care sunt specificate condițiile în care produsul poate lucra (temperatura, umiditatea, șocuri, tensiune de alimentare, etc.). La studiul fiabilității unui produs trebuie respectate condițiile specificate de fabricant.

Din punct de vedere calitativ, fiabilitatea reprezintă proprietatea, aptitudinea unui produs de a-și îndeplini în mod corespunzător funcțiunile pentru care a fost proiectat, o anumită perioadă de timp, în condiții de utilizare specificate.

Dintre obiectivele fiabilității trebuie amintite:

- studiul defectelor sistemelor (mecanisme de defectare, cauze, influența defectelor, combaterea lor);
- aprecierea comportării sistemelor în funcționare, în raport de condițiile de exploatare;
- realizarea unor modele fiabilistice ale produselor, pe baza cărora se calculează fiabilitatea lor, existând astfel posibilitatea comparării diferitelor variante și structuri.

Se observă că noțiunea de bază cu care operează fiabilitatea este defectul. Ca urmare a apariției unui defect, un sistem își poate pierde total capacitatea de funcționare (de exemplu: defectarea microprocesorului central la un microcalculator), sau își înrăutățește performanțele (de exemplu: defectarea unei unități de disc flexibil la un sistem cu mai multe unități).

Din punct de vedere probabilistic, un defect reprezintă un eveniment a cărui realizare conduce la modificarea performanțelor sistemului, în sensul înrăutățirii lor.

Starea de defecțiune a unui sistem poate fi părăsită ca urmare a unor acțiuni de reparare, sau nu, când defectul nu mai poate fi remediat (de exemplu: un circuit hibrid încapsulat ermetic, la care s-a defectat o componentă trebuie înlocuit integral). Dacă sistemul poate fi reparat, se spune că avem de-a face cu un proces de restabilire, fiind implicat conceptul de mentenabilitate, care reprezintă aptitudinea sistemelor, exprimată calitativ sau cantitativ, de a fi reparate, după apariția unui defect, ca urmare a unor acțiuni de mentenanță.

În tehnica de calcul mentenabilitatea se referă la module și sisteme și mai puțin la componente.

Starea de funcționare sau defectare a unui sistem este caracterizată la modul cel mai general, de conceptul de disponibilitate, concept ce înglobează atât fiabilitatea, cât și mentenabilitatea.

Prin definiție, din punct de vedere cantitativ, disponibilitatea reprezintă probabilitatea ca un sistem cu restabilire să se afle în funcțiune la momentul de timp t , în condiții de exploatare și de mentenanță specificate. Calitativ disponibilitatea reprezintă aptitudinea unui sistem cu restabilire de a fi în funcțiune la un moment de timp dat, în condiții de exploatare și de mentenanță date.

1.1 CATEGORII DE FIABILITATE

În funcție de modalitatea folosită pentru calculul fiabilității sistemelor, putem distinge mai multe categorii de fiabilitate:

- ***Fiabilitatea estimată*** - este fiabilitatea unui sistem calculată cu mijloace statistico-matematice. Utilizarea unui model matematic cât mai apropiat de sistemul real, conduce la rezultate cu un grad de încredere ridicat.
- ***Fiabilitatea extrapolată*** - reprezintă fiabilitatea unui sistem determinată prin extinderea fiabilității estimate la durate și condiții de exploatare diferite de cele folosite pentru obținerea fiabilității estimate. Gradul de încredere în rezultate depinde de realismul mecanismului de exploatare.
- ***Fiabilitatea precalculată (preliminară)*** - este fiabilitatea calculată pornind de la concepția sistemului, a bazei de date despre structura acestuia și despre condițiile de utilizare.
- ***Fiabilitatea tehnică (nominală)*** - reprezintă fiabilitatea determinată în urma încercărilor, în condiții de fabricație, în conformitate cu regimurile de funcționare prevăzute în documentația tehnică. Este, deci, fiabilitatea la producător.
- ***Fiabilitatea operațională*** - este fiabilitatea determinată prin prelucrarea datelor referitoare la un număr mare de produse, aflate la diverși beneficiari, în condiții reale de exploatare. Se mai numește fiabilitate reală, sau fiabilitate la beneficiar.

1.2 CLASIFICAREA SISTEMELOR DIN PUNCT DE VEDERE FIABILISTIC

Sistemele pot fi clasificate în mai multe categorii în funcție de comportarea în exploatare și de utilizarea lor, de modul de exploatare, de influența defecțiunilor asupra comportării sistemului.

- Funcție de **comportarea în exploatare și de utilizarea** lor, distingem:
 - a) *sisteme fără restabilire* - capacitatea de funcționare
 - b) nu se mai restabilește în procesul exploatării după apariția defecțiunii (de exemplu: componentele electronice);
 - c) *sisteme cu restabilire* - funcționarea poate fi reluată după apariția unei defecțiuni (de exemplu: prin înlocuirea unor componente).
- Funcție de **modul de exploatare**, deosebim:
 - a) *sisteme cu servire* - au personal de supraveghere a funcționării (de exemplu: în centrele de calcul);
 - b) *sisteme fără servire* - nu există personal pentru intervenții (de exemplu: sistemele aflate pe sateliți, sonde spațiale).
- Funcție de **influența defecțiunilor asupra comportamentului sistemului**, avem:
 - a) *sisteme simple* - la apariția unei defecțiuni sau își pierde capacitatea de funcționare, sau își continuă funcțiile la parametri normali (în acest caz existând facilități de tolerare a defectelor). Sunt sisteme cu două stări: funcționare, nefuncționare;
 - b) *sisteme complexe* - la apariția unei defecțiuni sistemul continuă să funcționeze, dar cu capacitate redusă (performanțe degradate). Această categorie de sisteme pot avea mai mult de două stări.

1.3 CLASIFICAREA DEFECȚIUNILOR

Pot fi puse în evidență mai multe categorii de defecțiuni, conform următoarelor criterii de clasificare:

- **Durata defecțiunii:**
 - a) *temporare*: se datorează unor factori perturbatori, sau unor regimuri anormale de lucru; dispar odată cu îndepărtarea cauzelor (de exemplu: blocarea unui calculator datorită unor paraziți pe rețea, ce au trecut prin sursa de alimentare);
 - b) *intermitente*: au un caracter temporar și sunt greu de depistat (de exemplu: contacte imperfecte, lipituri reci);
 - c) *rateuri*: au un caracter temporar de scurtă durată; sunt determinate de perturbații scurte și se înlătură de la sine;

- d) *stabile (definitive)*: dispar numai în urma reparării; sunt urmări ale modificărilor ireversibile din componente.
- **Legătura statistică între defecțiuni:**
 - a) *independente*: apariția defecțiunii nu este provocată de apariția unei alte defecțiuni;
 - b) *dependente*: apariția unei defecțiuni face mai probabilă apariția altor defecțiuni.
- **Legătura cauzală între defecțiuni:**
 - a) *primare*: nu sunt provocate de alte defecțiuni și pot cauza, ele însele, alte defecțiuni;
 - b) *secundare*: determinate de alte defecțiuni.
- **Ușurința de detectare:**
 - a) *evidente*: se descoperă prin control vizual sau la punerea sub tensiune (de exemplu: un modul ieșit din conector);
 - b) *ascunse*: se depistează cu aparate speciale.
- **Modul de apariție:**
 - a) *instantanee*: nu pot fi prevăzute în urma examinării caracteristicilor sistemului;
 - b) *progresive*: rezultat al avariei lente a parametrilor datorită uzurii și îmbătrânirii. Se pot detecta la verificările periodice.
- **Gradul de reducere a capacității de funcționare:**
 - a) *parțiale*: nu conduc la dispariția totală a funcției cerute; se reduce calitatea serviciilor, dar produsul poate fi încă folosit;
 - b) *totale*: produsul nu mai satisface funcția cerută și este scos din uz.
- **Caracterul defecțiunii:**
 - a) *catastrofală*: se pierde brusc capacitatea de funcționare (e instantanee și totală);
 - b) *parametrică*: are loc o depășire în timp a limitelor impuse parametrilor (e progresivă și parțială), conducând în timp la o defectare catastrofală.
- **Volumul și caracterul restabilirii:**
 - a) *dereglare*: regimul normal de lucru este alterat datorită ajustării necorespunzătoare a unor elemente de reglaj;
 - b) *deranjament (cădere)*: determinată de modificările ireversibile în structura unor componente; se poate înlătura numai prin înlocuirea elementului defect;
 - c) *avarie*: determinată de erori grave în exploatare sau de fabricația incorectă; necesită timp îndelungat pentru restabilire.

Multitudinea factorilor ce pot provoca apariția unei defecțiuni fac ca momentul de apariție al defecțiunii să poată fi considerat un eveniment aleator. Amploarea defecțiunii, ca și numeroasele acțiuni implicate în restabilire, conduc la modelarea timpului de reparare tot cu ajutorul evenimentelor aleatoare.

2. ELEMENTE DE FIABILITATE

Înainte de a trece la prezentarea bazelor matematice ale teoriei fiabilității, se vor enumera mărimile fundamentale de interes.

După cum s-a afirmat anterior, noțiunea de bază cu care se lucrează în fiabilitate este defecțiunea. Momentele de producere ale defecțiunilor sunt distribuite aleator în timp. Principala variabilă aleatoare, legată de defecțiuni, este T , timpul de funcționare fără defecțiuni.

Alte mărimi asociate sunt:

- $f(t)$ - **funcția densitate de probabilitate a defecțiunilor**; considerând intervalul $(t_i, t_i + \Delta t_i]$, $f(t)$ reprezintă raportul dintre viteza de variație a numărului de supraviețuitori în intervalul specificat și numărul de produse din lotul considerat în studiu, N .

$$f(t) = \frac{n(t_i) - n(t_i + \Delta t_i)}{\Delta t_i} \cdot \frac{1}{N}, t \in (t_i, t_i + \Delta t_i] \quad (2.1)$$

în care $n(t_i)$ reprezintă numărul de produse în stare de funcționare la momentul t_i ; $n(t_i + \Delta t_i)$ reprezintă numărul de produse în stare de funcționare la momentul $t_i + \Delta t_i$, iar $n(t_i) - n(t_i + \Delta t_i)$ reprezintă numărul de defecte (căderi) în intervalul $(t_i, t_i + \Delta t_i]$.

- $F(t)$ - **funcția de repartiție**, reprezentând probabilitatea ca sistemul să nu mai fie în stare de funcționare la momentul t .

$$F(t) = \int_0^t f(x) dx \quad (2.2)$$

- $R(t)$ - **funcția de fiabilitate a sistemului**, $R(t) = 1 - F(t)$, reprezentând probabilitatea ca sistemul să se afle în stare de funcționare la momentul t , el operând în condiții specificate.
- $z(t)$ sau $\lambda(t)$ - **rata căderilor (intensitatea defecțiunilor)**; reprezintă raportul dintre numărul de căderi în intervalul $(t_i, t_i + \Delta t_i]$ și numărul de specimene aflate în stare de funcționare la începutul intervalului, împărțit la lungimea intervalului. Caracterizează în mod dinamic viteza de producere a defecțiunilor.

$$z(t) = \frac{n(t_i) - n(t_i + \Delta t_i)}{n(t_i)} \cdot \frac{1}{\Delta t_i}, t \in (t_i, t_i + \Delta t_i] \quad (2.3)$$

Sunt valabile relațiile:

$$z(t) = \frac{f(t)}{R(t)}; R(t) = e^{-\int_0^t z(x) dx}; f(t) = z(t) \cdot e^{-\int_0^t z(x) dx} \quad (2.4)$$

- MTBF - *timpul mediu de bună funcționare*, definit astfel:

$$MTBF = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.5)$$

- MTTR - *timpul mediu de reparare*. Reprezintă media tuturor timpilor necesari pentru repunerea în funcționare a unui sistem, după apariția unei defecțiuni, considerând o perioadă de observare infinit de lungă.
- $A(t)$ - *funcția de disponibilitate a sistemului*. Reprezintă probabilitatea ca un sistem să fie funcțional la momentul t , avându-se în vedere și posibilitatea reparării sistemului, în caz de defecțiune.
- $A_t(\tau)$ - *disponibilitatea pe interval*. Este probabilitatea ca sistemul să funcționeze corect în intervalul $(t, t + \tau)$:

$$A_t(\tau) = \frac{1}{\tau} \int_t^{t+\tau} A(x) dx \quad (2.6)$$

- A - *coeficientul de disponibilitate*:

$$A = \lim_{t \rightarrow \infty} A(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.7)$$