

8.Aspecte și probleme EMC

8.1.Calitatea sistemelor PC AT și EMI

La asigurarea bunei funcționări a calculatoarelor concură foarte mulți factori. Firme de renume au ca și scop asigurarea calității calculatoarelor. Mulți cercetători și-au propus să studieze teoretic erorile și să găsească mijloace de reducere a lor. Este suficient să se răsfoiască colecția "IEEE Transaction on Computer" pentru a realiza importanța domeniului și forța tehnico- științifică angrenată în acest domeniu.

Buna funcționare a aparatelor electrice se asigură în mai multe faze:

- faza de proiectare
- faza de fabricare, prin controlul final realizat de producător
- faza de aprobare pentru comercializarea pe diferite piețe
- faza de utilizare

Majoritatea lucrărilor din "IEEE Transaction on Computer" abordează prima fază. Pentru a doua fază se construiesc sisteme de test și diagnostic sofisticate, de către firme specializate. De exemplu putem cita firma SCHLUMBERGER. Câteva din principiile testării sunt trecute în revistă în mai multe articole din (*TEST89), iar particularități ale testării în domeniul militar în (WITT89). Se poate cita în acest domeniu și o lucrare apărută la noi în 1989, (VLAD89). Firma Fluke Philips anunță seria 9400 de analizoare de defecte, apoi seria 9110, care detectează un procent de 80% din defectele plachetei.(*TBS92), (*TMN92). În țară, colectivul IPA Cluj a făcut primii pași în construirea unor teste automate, descrise de exemplu în teza de doctorat (PIT94).

În faza de aprobare, există instituții specializate care aplică sistemului studiat o gamă largă de teste pentru a verifica sistemul din punct de vedere calitativ. Domeniul care rămâne mai puțin acoperit este asigurarea bunei funcționări în timpul utilizării, în situații în care susceptibilitatea la perturbații a sistemului scade sau nivelul de perturbații crește peste limita admisă de fabricant.

Cauzele care pot produce nesiguranța în funcționare pot fi de natură hardware sau software. Diferența dintre aceste cauze este atât de mare încât este imposibil de abordat într-o tratare unitară (efectele fiind totuși foarte asemănătoare).

O mare parte a defectelor sistemelor PC AT sunt cauzate de interferența electromagnetică (EMI). Indicatorii de fiabilitate reflectă pe lângă calitatea intrinsecă a echipamentului și susceptibilitatea lui la EMI. Una din măsurile pentru mărirea siguranței în funcționare este redundanța.

Calitatea sistemelor PC AT este importantă pentru toți utilizatorii dar este esențială în aplicații speciale, cum ar fi în domeniul financiar-bancar, militar etc.

Calitatea este definită de standardul ISO 8402/1995, adoptat și în România, ca un ansamblu de caracteristici ale unei entități care îi conferă acesteia aptitudinea de a satisface necesități exprimate și implicite.

Pentru descrieri generale ale calității în termeni noncantitativi se folosește termenul de **dependabilitate**, utilizat pentru descrierea disponibilității și a factorilor care o influențează: fiabilitatea și mentenabilitatea.

Fiabilitatea $R(t)$ în sens cantitativ (GEB84) este probabilitatea ca sistemul să-și îndeplinească corect funcțiunile prevăzute pe o durată de timp dată, în condiții de exploatare specificate. Un indicator sugestiv al fiabilității este media timpilor de bună funcționare MTBF, definită ca:

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0} \quad (8.1)$$

t_i - durata de funcționare a unui element i din populația statistică N_0

N_0 - populația statistică

Mentenabilitatea este capacitatea unui produs de a fi menținut sau restabilit (repus în funcțiune) la starea de funcționare. Un indicator al mentenabilității este media timpilor de reparație, MTR:

$$MTR = \frac{\sum_{i=1}^r t_i}{r} \quad (8.2)$$

r - numărul de defecte

t_i - timpul afectat fiecărei repuneri în funcțiune

Din punct de vedere al mentenabilității, produsele se împart:

- produse cu funcție unică (simplă), la care prima defectare constituie și finalul duratei lor de viață. Elementele din structura calculatorului cu funcție unică sunt: placa de bază, memoria, unitatea de disc flexibil, unitatea de hard disc, cuplorul MIO.

- produse cu funcție repetată (cu reînnoire, restabilire), cum sunt sursa, tastatura, monitorul, imprimanta, cuplorul VGA etc.

Tendința tehnologică este integrarea cât mai largă a plăcilor, ceea ce a dus în ultimii ani (și evoluează încă) la migrarea elementelor din categoria celor cu restabilire în categoria celor cu funcție unică. Această tendință are ca și urmare micșorarea cheltuielilor de mentenanță. Asociat cu scăderea continuă a prețurilor elementelor calculatorului, bazată pe integrarea mai largă, se poate aprecia că pentru menținerea în funcțiune a unui calculator ca și sistem costurile mentenanței scad, chiar prin schimbarea elementelor cu funcție unică din structura lui.

În general, subansamblele cu funcție unică și MTBF mic au o pondere mică în structura calculatorului (placa MIO de exemplu), iar cele cu pondere mare în preț (hard discul de exemplu) are un MTBF mare.

Disponibilitatea reprezintă capacitatea unui produs de a-și îndeplini funcția specifică sub aspectele combinate de fiabilitate și mentenabilitate, într-un interval de timp specificat. Se definește coeficientul de disponibilitate K_D :

$$K_D = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} \quad (8.3)$$

Observație: pe perioada de viață a echipamentelor PC AT, prin excluderea perioadei de început când se manifestă viciile ascunse și a perioadei finale când apare uzura, se poate considera o distribuție exponențială a defectărilor.

Defectul este nesatisfacerea unei condiții sau a unei așteptări rezonabile referitoare la o utilizare prevăzută, inclusiv de securitate.

Funcționarea în regim de **securitate** este o funcționare în care riscul de vătămare (a persoanelor) sau de deteriorare (inclusiv a datelor) este limitat la un nivel acceptabil.

Un sistem PC AT poate fi privit ca format din componente, având o schemă de fiabilitate tip serie. În majoritatea cazurilor practice defectările componentelor sunt independente, ceea ce susține ipoteza schemei de tip serie. La o schemă de tip serie fiabilitatea sistemului $R_S(t)$ este:

$$R_S(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (8.4)$$

În ipoteza distribuției exponențiale a defectelor, MTBF pentru sistem va fi:

$$\frac{1}{MTBF_S} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTBF_i} \quad (8.5)$$

$MTBF_S$ este mai mic decât MTBF pentru fiecare subansamblu.

Rezultatele obținute pentru MTBF în urma unui studiu statistic asupra unei populații de 100 de sisteme PC AT timp de 4 ani sunt comparate în figura 8.1 cu datele de catalog. Se observă că datele experimentale dau un MTBF mai mare decât cel previzionat, ceea ce era de așteptat deoarece datele previzionate sunt de obicei pesimiste.

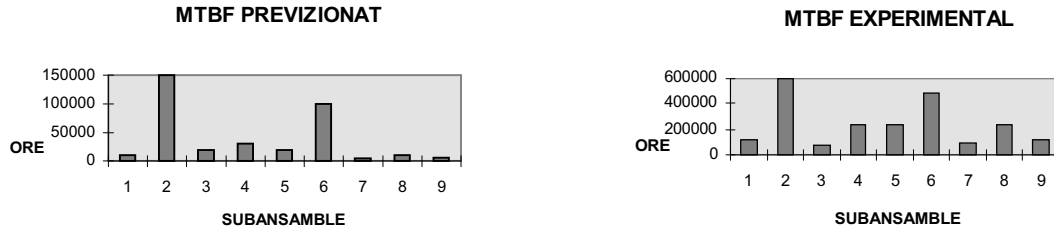
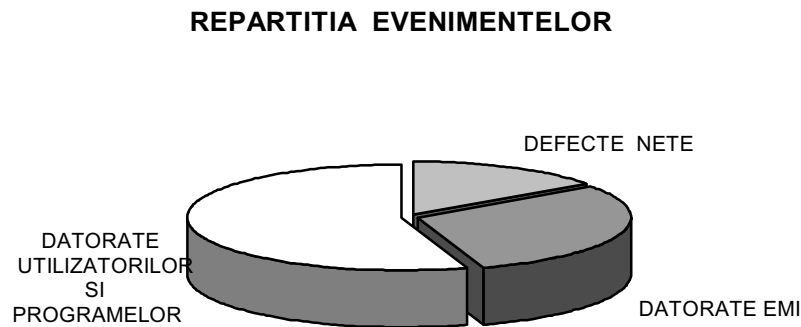


Figura 8.1

Subansamblele sunt după cum urmează: 1- sursa, 2- placa de bază și memoria, 3- placa I/O, 4- placa VGA, 5- unitatea de disc flexibil, 6- unitatea de hard disc, 7- tastatura, 8- monitorul, 9- imprimanta.

Un aspect de importanță majoră rezultat din urmărirea sistemelor a fost tipul evenimentelor apărute și repartiția lor procentuală, figura 8.2:

Figura 8.2



Ponderea cea mai mare o au evenimentele apărute datorită utilizării incorecte a calculatorului, programelor insuficient puse la punct, configurărilor incorecte, programelor virus, erorilor operatorilor. Ponderea acestor evenimente este în scădere, pe măsură ce crește pregătirea operatorilor.

O pondere îngrijorătoare o au evenimentele datorate interferenței electromagnetice (EMI), care dau un gen de defecte numite aleatoare sau intermitente, greu de diagnosticat și eliminat. Cauza principală a acestor evenimente este rețeaua industrială de curent alternativ și împământarea. Se impune din acest motiv un studiu adecvat al acestor defecte. Defectele nete au o pondere mică datorită MTBF-ului mare al componentelor.

Încercarea de determinare a fiabilității are drept scop stabilirea valorii unor indicatori de fiabilitate pentru un produs nou, indicatorii fiind informativi. Încercarea de conformitate are drept scop stabilirea dacă valoarea unor indicatori de fiabilitate este conformă cu valoarea prescrisă.

Încercările pot fi:

-în condiții de exploatare

-încercarea de anduranță, produsul funcționează în condiții speciale de exploatare, la solicitări maxime

-încercarea la oboseală sau accelerată în care solicitările sunt peste limita maximă

-încercarea în trepte, în care produsul este supus unor creșteri ale nivelului de solicitare, pe diferite perioade de timp.

Pentru sistemele PC AT fabricanții aplică un test numit "Burn In", de funcționare în regim de exploatare timp de 24 sau 48 de ore. În (MIT90) se arată că un mare număr de echipamente testate astfel nu îndeplinesc condițiile de calitate solicitate, de exemplu cele referitoare la compatibilitatea electromagnetică (EMC). Pentru aplicații speciale testarea în regim de exploatare nu este suficientă, se impune o testare prin încercări accelerate.

Sistemul PC AT are din punctul de vedere al securității în funcționare 2 elemente esențiale și totodată sensibile. Unul este sursa de alimentare deoarece prin ea se pot propaga perturbațiile de la rețeaua de alimentare spre unitatea centrală. Celălalt este hard discul deoarece este singurul subansamblu a cărui defectare poate duce la pierderea informațiilor.

În (OGR94c) și (OGR96) se arată o metodă de testare automată a surselor de alimentare într-un regim de încercări de anduranță. Sursa de alimentare supusă testului este încercată la variația tensiunii de alimentare, a sarcinii și a temperaturii, în cicluri succesive. Testul este condus de un calculator. Schema bloc a sistemului de testare este dat în figura 8.3:

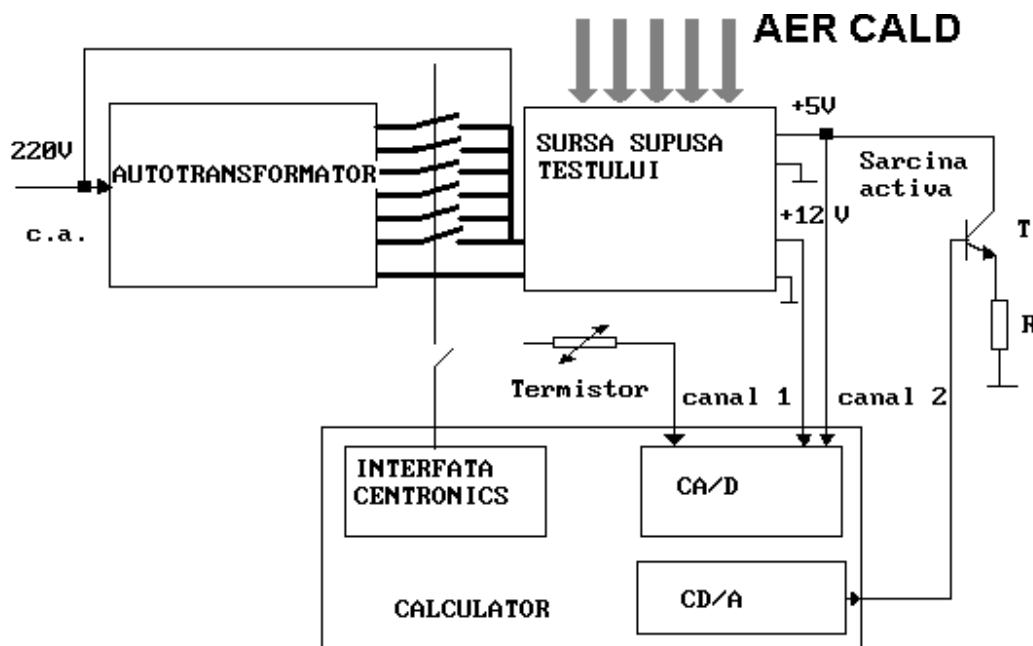


Figura 8.3

Prin interfața CENTRONICS calculatorul comută diferite tensiuni de alimentare la intrarea sursei printr-un autotransformator. Sarcina este modificată de la zero la încărcare maximă printr-un canal Digital/ Analogic al unei plăci de achiziții de date. Temperatura este modificată cu aer cald produs de un ventilator și o rezistență de încălzire comandate tot prin interfața CENTRONICS. Tensiunile de ieșire sunt urmărite cu două canale Analog/ Digitale ale plăcii de achiziție. Calculatorul conduce acest test în întregime, desenând curbele de variație ale tensiunii de ieșire funcție de tensiunea de intrare, sarcină și temperatură.

Redundanța protectivă

Realizarea **redundanței protective hardware** constă în adăugarea unor componente sau subansamble al căror rol pentru sistemul care funcționează corect este nesemnificativ, dar care în momentul apariției unui defect restabilesc funcționarea corectă (CAT89). Redundanța protectivă poate fi statică, dinamică sau hibridă.

La **redundanța protectivă statică**, numită și de mascare, defectele sunt mascate în cadrul modulului, astfel ale nu mai apar la ieșire. Cazul tipic este adăugarea de module suplimentare care preiau sarcina modulului defect. Cantitatea de hard necesară este cel puțin dublă față de cel în lipsa protecției.

Ca exemplu, în figura 8.4a se arată redundanța triplu modulară. Toate 3 modulele sunt sub tensiune, dacă se defectează unul, acesta este mascat.

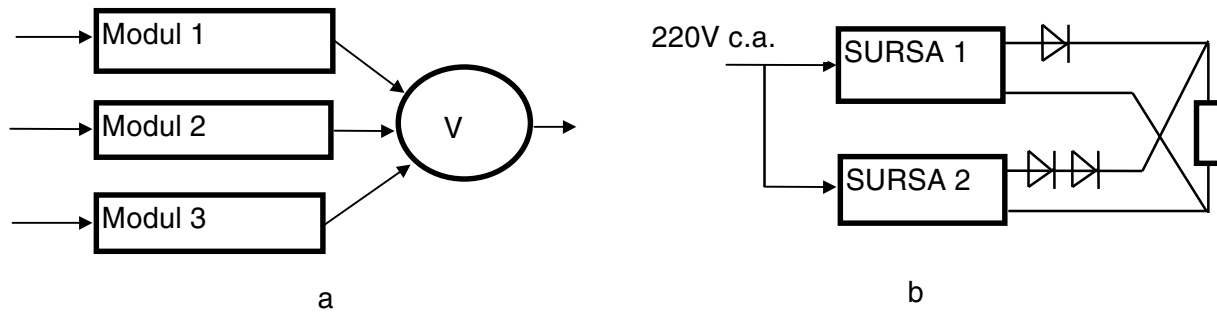


Figura 8.4

V este un circuit de votare majoritară. O aplicație practică este arătată în figura 8.4b, o sursă de alimentare dublă, la care defectarea uneia dintre surse nu are ca efect anularea tensiunii pe sarcină. Ambele surse sunt alimentate tot timpul. Diodele se pun pentru ca sursele să nu debiteze curent una în cealaltă și la defectarea uneia să nu se blocheze ieșirea celeilalte.

Redundanța protectivă dinamică implică un sistem de detectare a secvenței eronate la ieșirea unui modul și conectarea altui modul aflat în stare de așteptare. De exemplu eroarea de paritate la memorie este încadrată la acest tip de redundanță, dacă apariția ei comută o memorie aflată în așteptare. Modulele aflate în stare de așteptare pot să nu fie alimentate. Un mediu de calcul multiprocesor este potrivit pentru o asemenea implementare.

O combinație a celor două tipuri de redundanță realizează **redundanța protectivă hibridă**.

La apariția unei erori (defectarea unui modul) circuitul de votare majoritar maschează eroarea. Un semnal de reacție arată care dintre module a dat un răspuns eronat și circuitul de comutare îl scoate din circuit prin invalidare, figura 8.5:

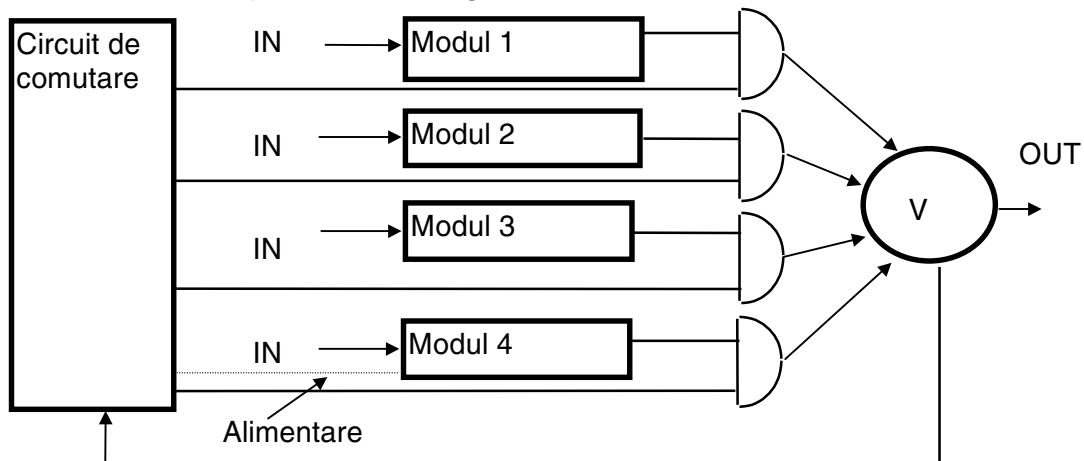


Figura 8.5

Ținând cont de importanța domeniului, există un congres internațional în acest domeniu, "International Symposium on Fault Tolerant Computers".

În cercetarea statistică efectuată a fost realizată o redundanță protectivă la cele două puncte importante ale sistemului PC AT și anume au fost cuplate două surse în paralel cu separare cu diode și două hard discuri. Cuplarea celor două surse în paralel nu mărește imunitatea sistemului la perturbațiile conduse prin rețeaua de alimentare, din acest punct de vedere fiind mai favorabilă utilizarea unei surse neîntreruptibile. Defectarea sursei nu duce în mod normal la pierderea informației, de aceea adăugarea redundantă a unei surse nu este utilă.

În locuri unde era importantă integritatea datelor s-a cuplat cel de al doilea hard disc în paralel cu primul, astfel încât ceea ce se scrie pe primul hard disc se scrie automat și pe al doilea, care se montează READ ONLY și care poate servi la reluarea lucrului în cazul defectării primului hard disc. Teoretic MTBF se îmbunătățește doar cu aproximativ 5%, dar este important că probabilitatea de pierdere a datelor devine foarte mică. Pe perioada de urmărire nu s-a înregistrat nici o pierdere de date, dar acest fapt este nesemnificativ din cauza perioadei scurte de urmărire.

Pentru a obține rezultate semnificative s-a recurs la încercări accelerate prin generarea de întreruperi scurte în tensiunea de alimentare a sistemului cu instalația descrisă în capitolul 5.

Concluzii

O pondere mare în totalul defectelor o au defectele aleatoare (intermitente) care sunt cauzate în principal de EMI. În aceste cazuri repunerea în funcțiune este mai dificilă, ea poate dura un timp mai îndelungat până sunt detectate cauzele defecțiunii și poate implica refaceri multiple ale informației.

În lucrarea (LAS88) s-au făcut determinări asupra unor calculatoare din clasa PDP 10/03. Astfel s-a determinat MTBF pentru componentele sistemului, apoi s-a calculat MTBF pentru sistem. Încercările efectuate au dus la un MTBF între 800-1600 ore, neținând seama de defectele intermitente. Dacă s-a ținut seama de defectele intermitente, valoarea MTBF a scăzut până la 44 de ore. Și în (ANS96) se descrie un studiu efectuat asupra unei rețele de calculatoare SUN-05, cu rezultate asemănătoare.

În lucrarea (GEB84), în capitolul 2 se abordează de asemenea problema redundanței protective statice cu circuite de votare dinamice și hibride. Sunt date și exemple de sisteme de calcul tolerante la erori. Este interesant principiul de bază al arhitecturii acestor sisteme: "Defecțiunile trebuie să fie considerate întâmplări normale, care pot coexista cu întreaga gamă de operații normale, cum sunt: alocarea resurselor, interpretarea comenzilor utilizatorului etc."

O lucrare vastă care abordează mărirea siguranței în transferul și procesarea datelor prin introducerea și procesarea unor informații redundante este (CRI93). Se precizează că un factor determinant în fiabilitatea sistemelor digitale îl au defecțiunile cu mod de manifestare tranzitoriu sau intermitent. Detecția acestor tipuri de erori presupune verificarea sistemului în timp real. Procedeele de creștere a fiabilității sunt specifice celor trei faze de realizare a unui produs: proiectarea logică, proiectarea tehnologică și realizarea constructivă. După realizarea constructivă sistemul se supune testului final de tip "burn-in". În faza de proiectare fiabilitatea sistemului poate fi mărită prin evitarea defectării sistemului respectiv prin toleranța la defectări. Scopul tezei (CRI93) este să propună o soluție originală pentru realizarea unui procesor cu autoverificare, ca element de bază în dezvoltarea unui sistem tolerant la defectări, deci abordează mărirea fiabilității sistemului în faza de proiectare logică. În acest scop lucrarea prezintă problematica utilizării redundanței informaționale la detecția și corecția erorilor, în particular realizarea controlului transferului de date și operațiilor aritmetice și logice pe baza codurilor cu resturi. Se detaliază apoi o metodă originală de a organiza și controla fluxul informațional prin semnături și o structură care poate realiza acest control în timp real.

Poate fi amintit un exemplu de defectare datorită EMI în 13 iunie 1995 când la Brașov a izbucnit o furtună deosebit de puternică, însoțită de descărcări electrice. Această furtună a produs pagube importante în rețelele de calculatoare care funcționau în acel moment. La Primăria Brașov de

exemplu au fost schimbate 5 plăci de rețea care s-au defectat prin mecanismul explicat în paragraful 3.4, figura 3.30.

8.2.Scurtcircuite. Siguranțe

Un scurtcircuit poate fi "depărtat", când limitarea curentului de scurtcircuit este realizată de impedanța rețelei, preponderent inductivă. Ponderea impedanței generatorului sincron este redusă, figura 8.6:

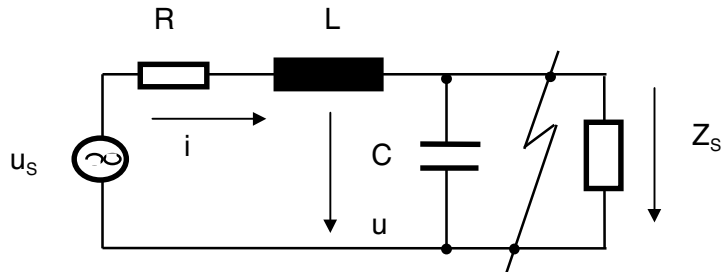


Figura 8.6

Curentul i se poate determina ca o soluție a unei ecuații diferențiale sau prin transformarea Laplace. Curentul i are un termen forțat $i_1(t)$ și un termen liber $i_2(t)$.

$$i = i_1(t) + i_2(t) = i_1(t) + Ae^{-t/T} \quad (8.6)$$

Pentru o sursă de tensiune alternativă sinusoidală u_s termenul forțat are o variație sinusoidală, figura 8.7:

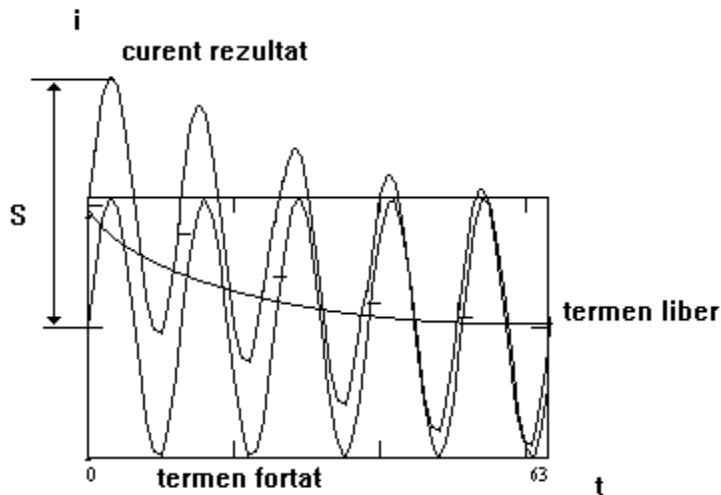


Figura 8.7

S este amplitudinea maximă a curentului la scurtcircuit, numită amplitudine de șoc.

Un scurtcircuit poate fi "apropiat", adică la limitarea curentului o pondere importantă o are impedanța internă a generatorului sincron.

După deconectarea unui receptor, la bornele întreruptorului (siguranței) tensiunea tranzitorie are un caracter oscilant amortizat, datorită componentelor cu caracter inductiv și capacitiv, figura 8.6, graficul tensiunii u în timp fiind dat în figura 8.8:

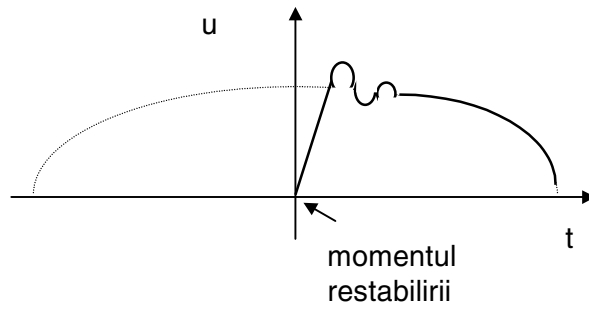


Figura 8.8

Siguranțe fuzibile

Siguranța fuzibilă este un aparat de comutație al cărui rol este de a deschide un circuit parcurs de curent, a cărui intensitate depășește o valoare prescrisă, prin fuziunea unui element dimensionat în acest scop.

Procesul topirii elementului fuzibil este arătat în figura 8.9:

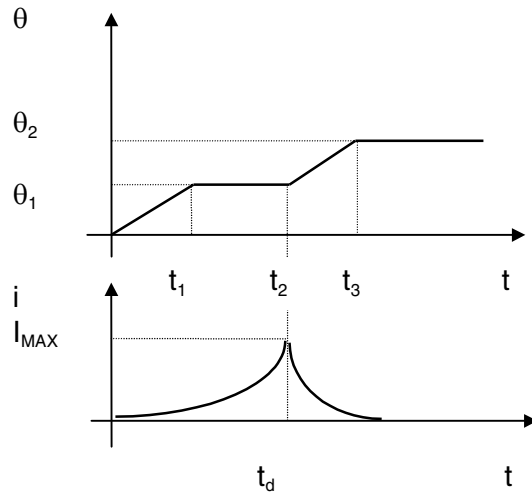


Figura 8.9

0-t₁ încălzirea firului la temperatura θ_1 .

t₁-t₂ topirea firului fuzibil, la o temperatură constantă.

t₂-t₃ încălzire până la temperatura θ_2 cu vaporizare.

t₃ începutul unui arc electric care se stinge când tensiunea crește peste o anumită limită, numită de instabilitate a arcului.

Arcul electric apare după topirea firului fuzibil din mediul granulos (nisip de cuarț). Transferul de căldură are loc prin conducție termică.

t_d- timp de deconectare

I_{max}- valoare maximă a curentului de scurtcircuit.

Efectele EMC sunt determinate de I_{max} și de t_d, măsura acestor efecte fiind integrala Joule sau integrala de curent:

$$J = \int_0^{td} i^2 dt \quad (8.7)$$

Un grafic al timpului de fuziune funcție de curentul de scurtcircuit este dat în figura 8.10:

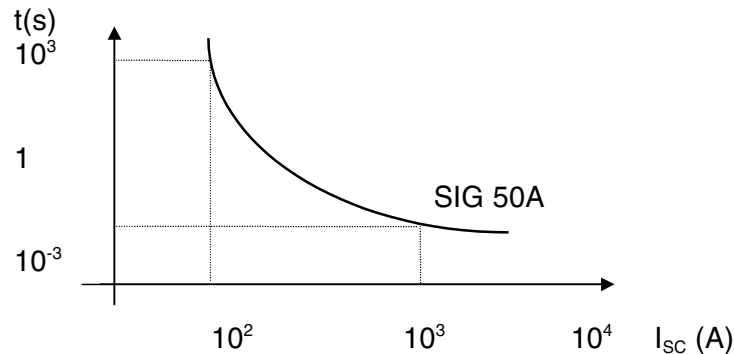


Figura 8.10

La un curent de 1000A timpul de deconectare este de zeci μ s, iar la 100A timpul este de zeci de minute. Timpul de deconectare depinde de curentul de scurtcircuit.

Pentru efectele scurtcircuitelor este importantă cunoașterea impedanței rețelei, Z_R . Aceasta a fost măsurată experimental și este (ASS94):

$$Z_R = 0,1 + 0,25j$$

Impedanța rețelei este afectată de prezența unui element perturbator, și are o formă ca cea dată în (ASS94). Impedanța rețelei se măsoară prin măsurarea factorului de reflexie în timp sau în domeniul frecvență. Măsurarea se realizează cu ajutorul unor impulsuri injectate în rețea prin filtre trece sus de bandă largă. Măsurarea se face apoi cu filtre trece bandă cu diferite frecvențe de trecere. Pentru a reduce eroarea sistematică de măsurare se realizează o corecție în trei puncte, care constă în efectuarea măsurărilor în scurtcircuit, în gol și cu o impedanță cunoscută. Măsurătorile realizate într-o clădire arată că impedanța are partea reală între 0.1 ohmi și 1.2k Ω și partea imaginară între -300ohmi și 300 ohmi. Cuplarea unui mic consumator poate modifica impedanța cu până la 30%. Cuplarea la o distanță mai mare de 8m de la locul măsurătorii nu influențează impedanța rețelei. Impedanța măsurată a rețelei depinde de banda de frecvențe în care se măsoară.

Efecte EMI

În mediul industrial, dar și în cel al utilizării casnice, o pondere mare în perturbațiile apărute o au defectele formei tensiunii rețelei, între care cele mai dese se consideră căderile scurte ale tensiunii. Se consideră că 90% din perturbațiile în funcționarea calculatoarelor se datorează unor defecte ale formei tensiunii de alimentare.

Unul dintre cele mai des întâlnite defecte este dispariția temporară sau atenuarea temporară a tensiunii. Se pot cita date statistice (OGR93b) care arată că frecvența de apariție a acestor defecte este destul de mare. Statistic, scăderile de tensiune scot un calculator din funcțiune de 62 de ori pe an. Chiar și pe teritoriul sistemului energetic federal din Germania s-au înregistrat 25000 defecte pe an, fără a lua în considerare căderile de scurtă durată (sub 1s).

În scopul evaluării stării rețelei în mediul industrial a fost realizată măsurarea unei valori medii a tensiunii rețelei printr-un sistem de achiziții de date. Sistemul constă într-un calculator compatibil PC AT și o placă de achiziții de date pe 12 biți care preia eșantioane cu viteza de 10 eșantioane /s

S-au făcut câteva măsurători la Electroprecizia SA Săcele, Brașov, la solicitarea Oficiului de calcul, din cauza deselor perturbări în exploatarea calculatoarelor din dotare. Cele două canale de achiziție au fost conectate la rețea și la ieșirea din convertorul de alimentare pentru a determina dacă

convertorul conduce perturbațiile sau le generează. În plus au fost supravegheate și tensiunile de +5V, +12V și masa pentru a putea stabili corelații între perturbațiile din rețea și funcționarea sursei sistemului.

Rezultatele acestor măsurători pe o perioadă de urmărire de o zi (17.03.1993) sunt:

-66 de căderi/oră de tensiune de ordinul zeci de volți (inclusiv căderi totale) cu durata 1-3 semiperioade;

-o cădere/oră de tensiune totală cu durata mare (2-5 semiperioade);

-o salvă de căderi de tensiune /oră;

-o modificare lungă (ordinul secundelor) a valorii medii;

-nu au fost înregistrate creșteri ale tensiunii.

Pe parcursul zilei s-au înregistrat și perturbări ale funcționării calculatoarelor datorate acestor întreruperi (2 RESET executate de sistem, ceea ce înseamnă o frecvență de 1 cădere la 4 ore). Unele întreruperi au putut fi puse în legătură cu pornirea unui utilaj de mare putere pentru tăierea tablelor groase, dar multe s-au datorat scurtcircuitelor din zone apropiate.

Pentru a avea un termen de comparație, s-a făcut o supraveghere antiperturbativă a rețelei într-o zonă neindustrială, la ore relativ "curate" din punct de vedere al perturbațiilor, după ora 15. Frecvența de apariție a căderilor a fost de o cădere la 1200s, cu durate care nu au depășit 2 semiperioade.

Soluția cea mai simplă pentru protejarea funcționării calculatoarelor este conectarea unei surse neîntreruptibile. O altă soluție este utilizarea unor elemente de înmagazinare a energiei de capacitate mai mari în sursele de alimentare, ceea ce duce la mărirea imunității la întreruperea tensiunii de alimentare.

Se pune problema unor soluții noi, care constau în scurtarea timpului de intrare în acțiune a siguranței în momentul unui scurtcircuit. Dacă măsurile clasice constau în apărarea împotriva perturbațiilor, prin această soluție se poate preveni apariția perturbațiilor.

Siguranțe electronice

Măsurarea timpului de răspuns a siguranțelor.

Pentru comparație este nevoie să se măsoare timpul de răspuns pentru siguranța fuzibilă și cea automată, precum și pentru diverse scheme de siguranțe electronice. În figura 8.11 se dă schema de principiu a dispozitivului de măsurare.

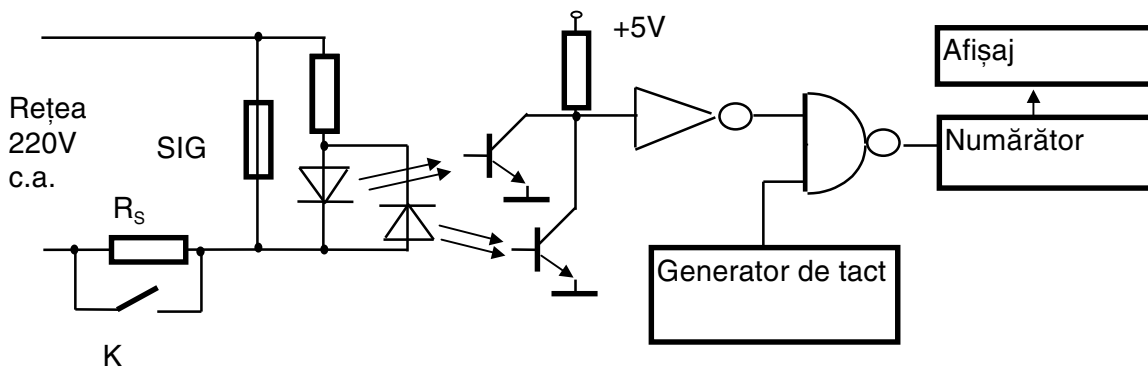


Figura 8.11

Cu comutatorul K se simulează un scurtcircuit al sarcinii R_s . În acest moment, prin optocuplor se validează impulsurile de la generatorul de tact. Validarea este valabilă până în momentul în care siguranța decuplează, întrerupând circuitul. În numărator rămân stocate N impulsuri, timpul de răspuns al siguranței fiind:

$$t = N(1/f), \text{ unde } f \text{ este frecvența generatorului de tact}$$

O nouă măsurătoare poate fi realizată după resetarea număratorului.

Dispozitiv de protecție pentru consumatori de putere mică (OGR94d), (MUN89)

Schema bloc este dată în figura 8.12.

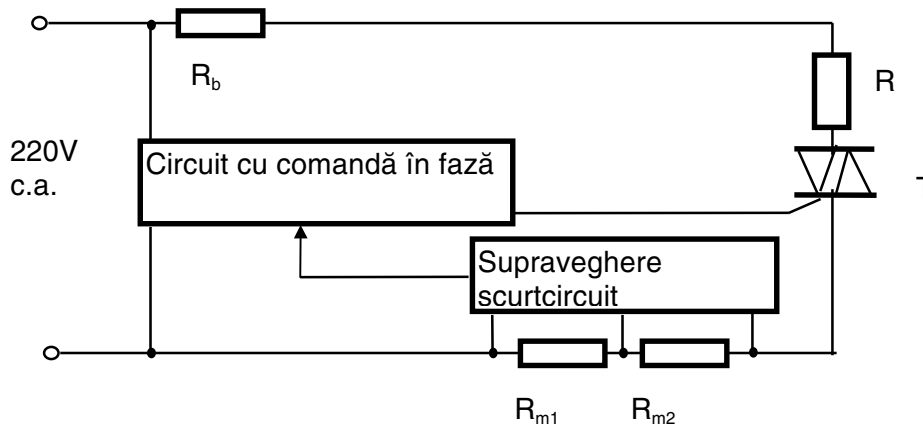


Figura 8.12

În circuitul consumatorului se introduc 2 rezistențe de măsură R_{m1} și R_{m2} și o rezistență de balast R_b care împreună limitează curentul prin triac la valoarea de scurtcircuit accidental (de regulă mai mare de aproximativ 10 ori decât curentul mediu maxim). Primul dezavantaj al acestui circuit este existența rezistențelor de măsură și balast, pe care se pierde energie.

Pentru circuitul de detectare a unui scurtcircuit, punctul dintre cele două rezistențe de măsură va fi masă. Un scurtcircuit ar putea surveni în oricare dintre alternanțe. Dacă în circuit ar exista o singură rezistență de măsură, tensiunea pe ea ar putea fi negativă sau pozitivă față de oricare dintre capete, și ar fi probleme pentru circuitul de intrare.

În figura 8.13 se detaliază circuitul de protecție:

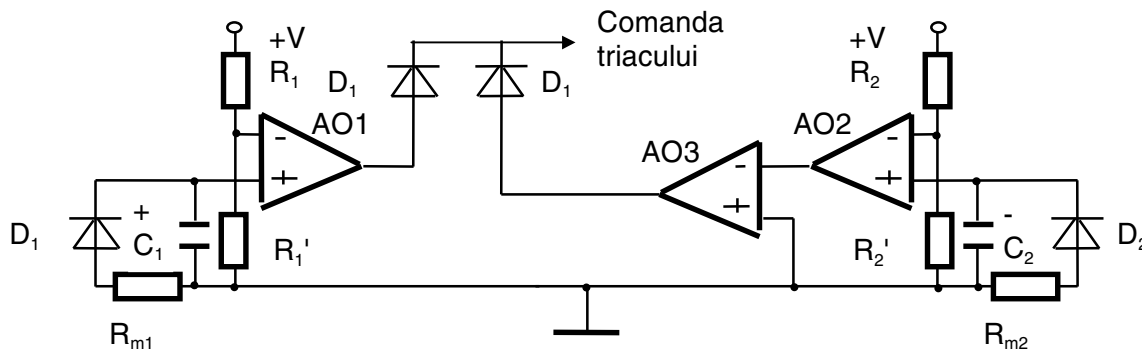


Figura 8.13

Când tensiunea pe R_{m1} depășește valoarea de prag cu o valoare pozitivă (în semiperioada pozitivă) comparatorul AO1 blochează impulsurile de comandă ale triacului. Condensatorul C_1 se încarcă prin D_1 cu o constantă de timp proporțională cu $R_{m1} \times C_1$, de ordinul zecilor de microsecunde. Descărcarea lui C_1 se face prin rezistența de intrare a lui AO1, deci foarte lent. Siguranța rămâne decuplată până la descărcarea lui C_1 sub valoarea de prag a comparatorului, moment în care se retestează existența scurtcircuitului. La fel se întâmplă și în semialternanța negativă, sesizată de ramura 2. Circuitul de comandă al triacului este realizat clasic, cu un circuit de comandă în fază AA145.

Timpul de răspuns al acestei siguranțe este de maximum 10ms, durata unei semiperioade. În cazul cel mai defavorabil, în care scurtcircuitul apare la începutul unei semiperioade, blocarea triacului se face la trecerea curentului anodic prin zero, deci la sfârșitul semiperioadei.

Prin cuplarea unei rezistențe în paralel cu condensatorul C_1 și C_2 se poate controla timpul după care se face retestarea scurtcircuitului.

Observație: o retestare periodică la intervale scurte de timp poate deveni mai puternic perturbantă decât utilizarea unei siguranțe fuzibile.

Experimentele s-au făcut cu un triac de 10A, TB10N6 și au pus în evidență eficacitatea siguranței la sarcini preponderent rezistive.

8.3. Linii electrice lungi

O linie electrică a cărei lungime este comparabilă cu lungimea de undă a semnalului se numește linie electrică lungă.

În cazul liniei lungi parametrii se consideră distribuiți (repartizați continuu în lungul liniei).

Problema liniei constă în determinarea tensiunii $u(x,t)$ la distanța x și momentul t , figura 8.14:

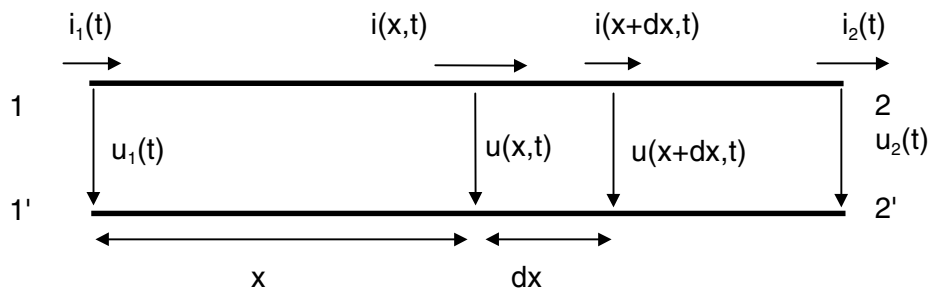


Figura 8.14

Se definesc parametrii specifici sau lineici, astfel:

$R_l = \lim \Delta R / \Delta x$, Δx tinde la 0 (ohmi/m) rezistența longitudinală

$L_l = \lim \Delta L / \Delta x$, Δx tinde la 0 (Henry/m) inductivitatea longitudinală

$C_t = \lim \Delta C / \Delta x$, Δx tinde la 0 (Farad/m) capacitatea transversală

$G_t = \lim \Delta G / \Delta x$, Δx tinde la 0 (S/m) conductanța transversală

Un tronson de linie de lungime dx poate fi transformat într-un cuadripol T și are schema echivalentă dată în figura 8.15:

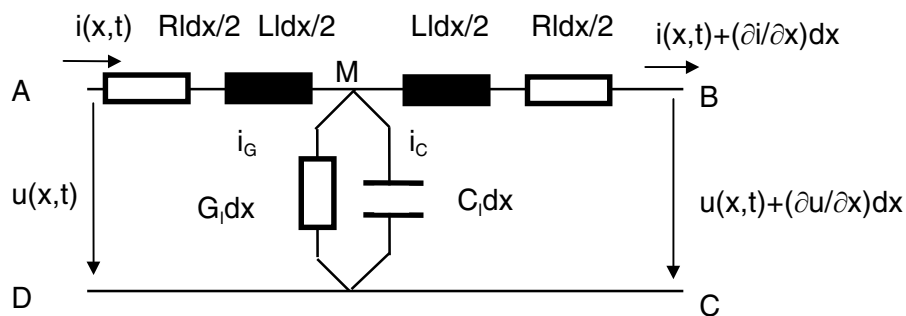


Figura 8.15

Teorema lui Kirchhoff pe conturul exterior dă:

$$-u + 2 \cdot i \cdot R_l \cdot dx/2 + 2 \cdot (L_l/2) \cdot dx \cdot \partial i / \partial t + u + (\partial u / \partial x) dx = 0 \quad (8.8)$$

$$- \partial u / \partial x = R_l \cdot i + L_l \cdot \partial i / \partial t \quad (8.9)$$

Scăderea tensiunii u pe unitatea de lungime a liniei este egală cu suma dintre căderile de tensiune rezistivă și inductivă (pe unitatea de lungime).

În nodul M:

$$-i + di_C + di_G + i + (\partial/\partial x)dx = 0 \quad (8.10)$$

$$i_C = C \cdot \partial u / \partial t \text{ și } i_G = G \cdot u$$

$$-\partial/\partial x = G_p \cdot u + C_p \cdot \partial u / \partial t \quad (8.11)$$

Scăderea curentului i pe unitatea de lungime a unui conductor al liniei este egală cu suma dintre curentul de pierderi prin izolantul dintre fire și curentul capacitiv (pe unitatea de lungime).

În regim armonic permanent, în complex, cele două ecuații devin:

$$-dU/dx = (R_p + j \cdot L_p \cdot \omega) I \quad (8.12)$$

$$-dI/dx = (G_p + j \cdot C_p \cdot \omega) U \quad (8.13)$$

Prin eliminarea unei necunoscute se obține ecuația telegrafiștilor.

$Z_p = R_p + j \cdot L_p \cdot \omega$ este impedanța lineică longitudinală

$Y_p = G_p + j \cdot C_p \cdot \omega$ este admitanța complexă lineică transversală

$$Z_c = ((R_p + j \cdot L_p \cdot \omega) / (G_p + j \cdot C_p \cdot \omega))^{1/2} \quad (8.14)$$

Z_c este impedanța caracteristică complexă a liniei

Dacă pe linie se transmite de la intrare un semnal cu un anumit spectru de frecvență, datorită vitezei de propagare care este diferită pentru fiecare armonică componentă, semnalul ajunge la ieșire cu un spectru de frecvență diferit și în consecință linia distorsionează semnalul.

Un caz particular este linia fără distorsiune (condiția Heaviside). Dacă:

$R_p/L_p = G_p/C_p$ viteza de fază nu va fi dependentă de frecvență și semnalul nu va fi distorsionat.

Observație: de regulă R_p/L_p este mai mare decât G_p/C_p , liniile având capacități mari și inductivități mici. Pentru a se forța condiția Heaviside se interpun pe cablu inele de ferită pe care se fac câteva înfășurări. De exemplu la cupla de monitor VGA există astfel de înfășurări într-o mică carcasă pe cablu. Un inel de ferită are și rolul de a micșora perturbațiile de mod comun sau diferențial prin mecanismul descris în cap. 4, figura 14.

Pentru a estima rezultatele transmisiei se pot face simulări în SPICE. Modelele din SPICE pentru linii de transmisie sunt:

T- linie de transmisie fără pierderi, la care se specifică frecvența semnalului transmis, impedanța caracteristică și lungimea liniei

O- linie de transmisie cu pierderi

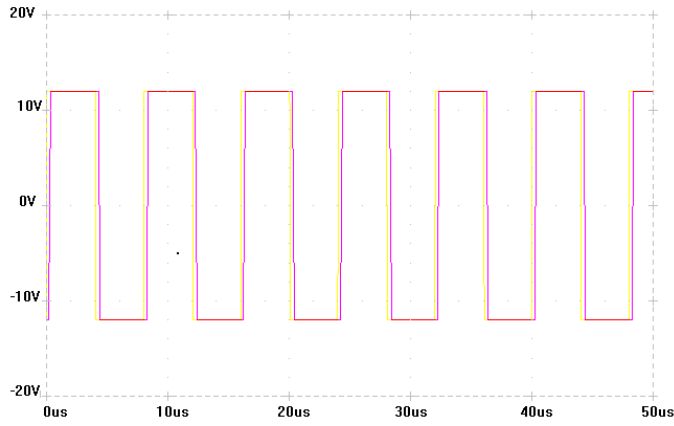
LTRA- model complet care ține cont de parametrii R , L , G , C . Cu acest model au fost implementate linii cu pierderi serie (RC uniforme), linii fără pierderi (LC) și linii RG (pierderi rezistive serie și paralele).

Un program în SPICE este dat în continuare:

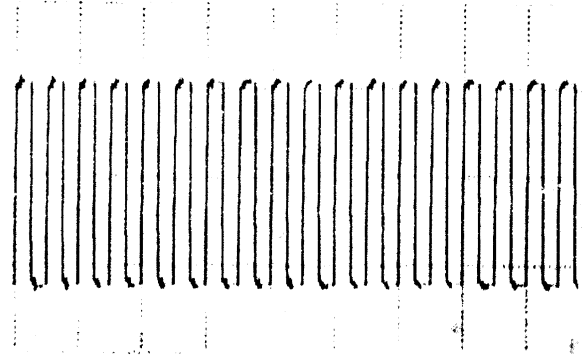
```
V1 1 0 PULSE -12V 12V 0 0 0 4u 8u
R1 2 0 500
T1 1 0 2 0 Z0=50 NL=0.025 F=100KHZ
.PROBE
.TRAN 40n 50u 0 0
.END
```

Programul este destinat aprecierii formei semnalului la o transmisie V24 cu nivele -12V, 12V, la frecvența maximă de transfer de 100Kbit/s.

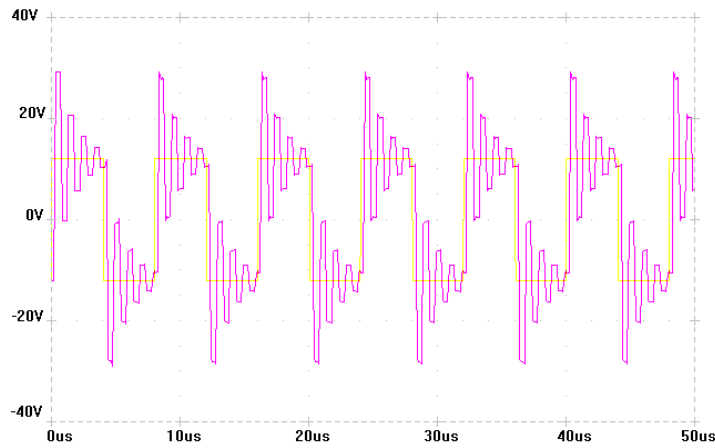
Rezultatele sunt date în figura 8.16 pentru o transmisie adaptată și se observă lipsa distorsiunilor, pentru o rezistență de sarcină mai mică și mai mare decât impedanța caracteristică. Se poate observa că apar distorsiuni majore în forma semnalului transmis, chiar folosind modelul fără pierderi. Alături se arată rezultate experimentale obținute folosind un cablu coaxial ecranat cu impedanța caracteristică de 50Ω (cablu de rețea Ethernet), vizualizate cu un osciloscop HAMEG cu imprimantă.



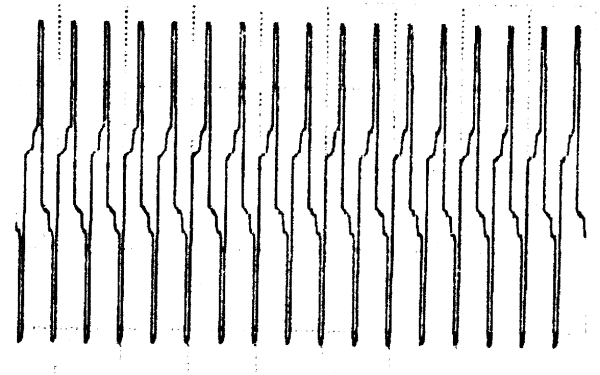
Simulare: $Z_C=50\Omega$; $R=50\Omega$



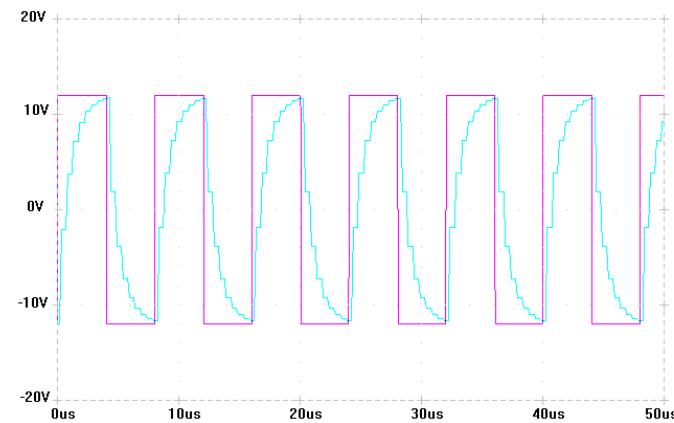
Experimental: $Z_C=50\Omega$; $R=50\Omega$



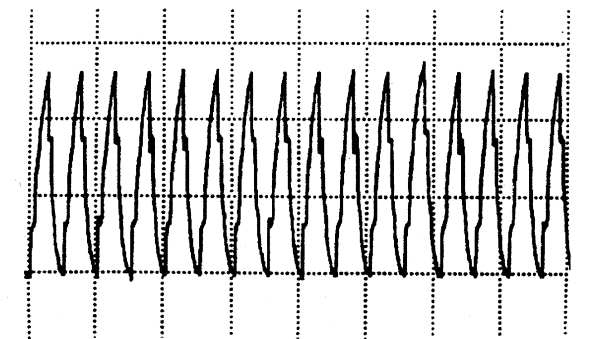
Simulare: $Z_C=50\Omega$; $R=300\Omega$



Experimental: $Z_C=50\Omega$; $R=300\Omega$



Simulare: $Z_C=50\Omega$; $R=30\Omega$



Experimental: $Z_C=50\Omega$; $R=30\Omega$

Figura 8.16

Multe din cercetările actuale de EMC se axează pe liniile lungi, așa cum este (DEU90) pentru transmisiile de date de mare viteză, (HAS93) pentru o tratare matematică și numerică. În (KAS93) se dă o metodă de măsurare pentru liniile lungi în cablurile multicondutor. În (KRE98) se tratează cablurile dublu ecranate cu plasă de cupru și ferită flexibilă.

8.4. Magistrala pentru avioane, MIL STD 1553

Complexitatea electronică la un avion a crescut continuu. Cablarea multor legături a devenit dificil de realizat, testat și depanat. Astfel, în 1978 a fost creată o magistrală cu mare imunitate la perturbații numită "Military Standard Aircraft Internal Time Division Command/ Response Multiplex Data Bus (*DDC87).

Magistrala este serială, transmisia este diferențială și bus-ul este dublat din motive de siguranță. Toate subsistemele cuplate au acces la toate transmisiile, figura 8.17:

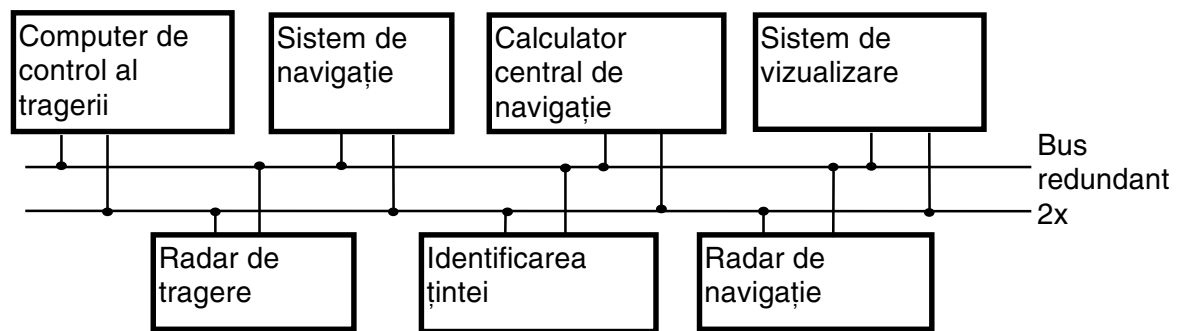


Figura 8.17

Fizic magistrala este realizată cu un cablu torsadat, apoi ecranat cu impedanța caracteristică 70Ω , figura 8.18:

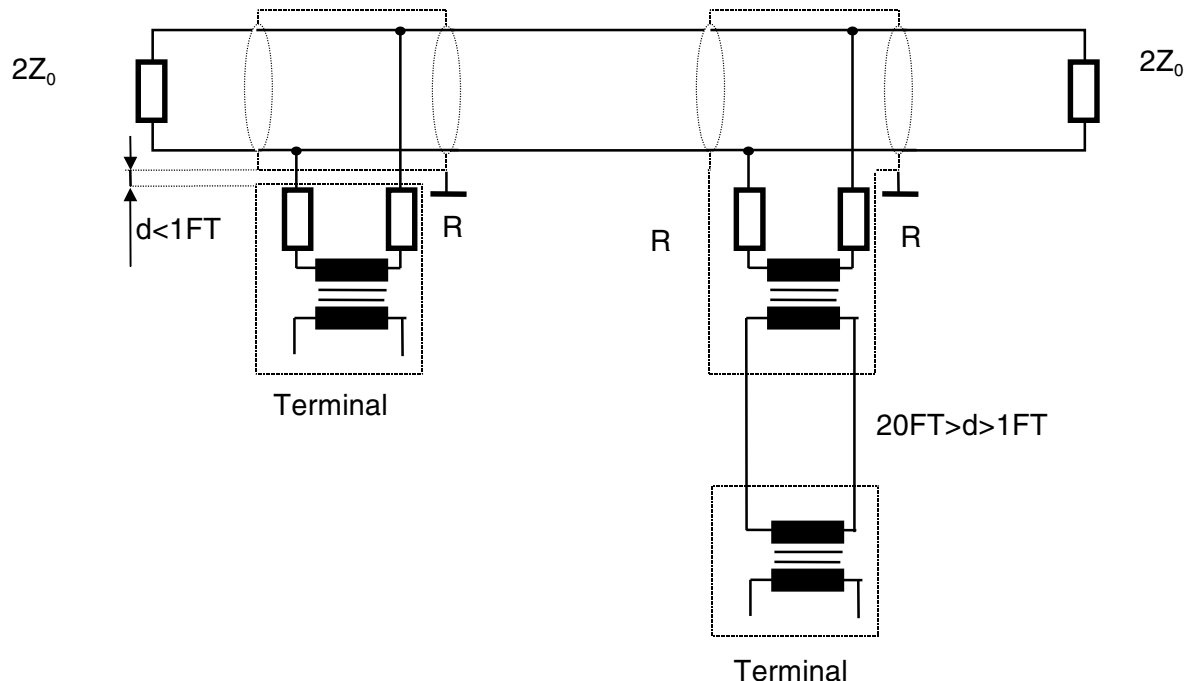


Figura 8.18

Modulele sunt izolate galvanic cu transformatoare. Transferul este half duplex, la un anumit moment datele pot circula într-un singur sens, transferul fiind bidirecțional. În ambele capete magistrala se termină cu rezistențe de adaptare. Transmisia este în buclă de curent, tensiunea pe magistrală fiind $1-20V_{VV}$ (figura 8.18):

Terminalele pot fi apropiate și se conectează ca în partea stângă a schemei din figura 8.18 sau depărtate și se conectează cu două separări galvanice. Conversia tensiune curent este realizată cu rezistențele R.

La magistrală se pot conecta 3 tipuri de terminale:

- controller de bus- inițiază transferul de date
- monitor de bus- poate extrage mesaje pe care să le stocheze pentru o folosire ulterioară
- terminal (RTU Remote Terminal Unit)

Accesul la bus este posibil numai la inițierea lui de un MASTER. O formă a controlului distribuit este posibil (Dynamic Bus Control) prin arbitrarea MULTI MASTER.

Transmisia se face în cod Manchester, cu o trecere prin 0 în fiecare celulă bit. Codul este autosincronizabil și neavând componentă de curent continuu este ideal pentru transmisia prin transformator. Rata de transfer maximă este de 1 Mbit/s cu o stabilitate în timp de 0,1%. Un 0 se codifică cu o trecere din 0 în 1. Un 1 se codifică cu o trecere din 1 în 0. Codificarea se face cu un front la mijlocul celulei bit, figura 8.19:

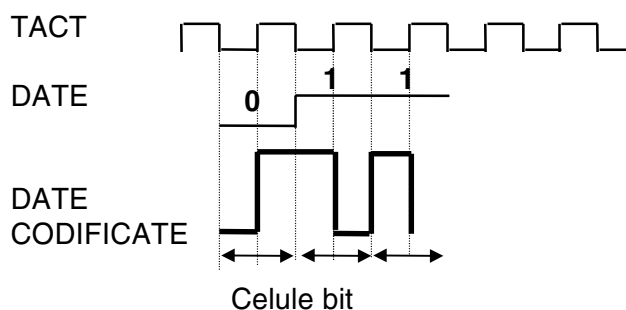


Figura 8.19

Fiecare cuvânt necesită o secvență inițială de sincronizare care este o succesiune invalidă în cod Manchester. Este o tranziție la $1,5 \times$ timpul de bit. Dacă acest $1,5$ bit este pozitiv, urmează o comandă sau stare, dacă este negativ urmează un cuvânt de date. Ultimul bit din cuvânt este bitul de paritate. Între fiecare mesaj și următorul trebuie să existe o pauză de cel puțin $4 \mu s$. Fiecare comandă solicită un răspuns în intervalul de timp $4-12 \mu s$. Lungimea unui cuvânt este de 16 biți de date. Cuvântul de comandă transmis de MASTER conține și adresa subsistemului cu care se dorește transferul de date.

Există circuite specializate (în tehnologie hibridă) ca interfață între acest bus și IEEE 488, VME și PC AT.

În ultimii ani în România s-au adoptat standarde noi, aliniat la standardele europene (*BUL98), astfel:

SR-CEI 1000-2-1/96 (IEC 1000-2-1)

SR-CEI 1000-2-2/96 (IEC 1000-2-2)
SR-EN 60555-1 (IEC 555-1)
SR-EN55011/97 (CISPR 11)
SR-CISPR 13+A1+A2/95 (CISPR 13)
SR-EN 55015/95 (CISPR 15)
SR-CISPR16-1/97 (CISPR 16-1)
SR-CISPR 17/95 (CISPR 17)
SR-CISPR 22/96 (CISPR 22)
Standarde în curs de publicare:
SR-CEI 50 (IEC 50)
SR-EN61000-3-2 (IEC 1000-3-2)
SR-ETS 300127 (ETS 300127) standarde de telecomunicații
SR-ETS 300386-1 (ETS 300386-1) standarde de telecomunicații
Proiecte de standarde:
SR-CEI 1000-2-5 (IEC 1000-2-5)
SR-EN 61000-3-3 (IEC 1000-3-3)
SR-EN 50081-1, SR-EN 50081-2 (IEC 1000-6)

Standardele CISPR (IGN96):

CISPR 11- Limite și metode de măsurare a caracteristicilor de perturbare radioelectrică pentru aparate industriale, științifice și medicale;
CISPR 12- Limite și metode de măsurare a caracteristicilor de perturbare radioelectrică pentru vehicule, bărci cu motor și mașini antrenate de motoare cu aprindere comandată;
CISPR 13- Limite și metode de măsurare a caracteristicilor de perturbare radioelectrică pentru receptoarele de radiodifuziune și televiziune și a echipamentelor asociate;
CISPR 14- Limite și metode de măsurare a caracteristicilor de aparatele electrocasnice, a utilajelor portative și a aparatelor electrice similare, relativ la perturbațiile radioelectrice;
CISPR 15- Limite și metode de măsurare a caracteristicilor de perturbare radioelectrică pentru lămpile fluorescente și corpuri de iluminat;
CISPR 16- Specificații ale CISPR pentru aparatele și metodele de măsurare a perturbațiilor radioelectrice;
CISPR 17- Metode de măsurare a caracteristicilor de antiparazitare ale dispozitivelor de reducere a perturbațiilor radioelectrice și ale filtrelor pasive;
CISPR 18/1,2,3- Caracteristicile de radio-interferență ale liniilor și echipamentelor de înaltă tensiune;
CISPR 19- Ghid de utilizare a metodei de substituție pentru măsurarea radiațiilor emise de cuptoare cu microunde la frecvențe de peste 1GHz;
CISPR 20- Limite și metode de măsurare a caracteristicilor de imunitate pentru receptoarele de radiodifuziune și televiziune și echipamentelor asociate;
CISPR 21- Perturbarea comunicațiilor radiotelefonice mobile în prezența zgomotelor în impuls; metode de apreciere a degradării și metode de ameliorare a funcționării;
CISPR 22- Limite și metode de măsurare a caracteristicilor de perturbare radioelectrică pentru echipamente informatice;
CISPR 23- Calculul valorilor limită pentru echipamentele industriale, științifice și medicale.