

ECRANE ELECTROMAGNETICE

Subiecte

- 3.1. Generalități**
- 3.2. Atenuarea prin reflexie**
- 3.3. Atenuarea prin absorbție**
- 3.4. Materiale folosite pentru ecranare**
- 3.5. Ecranarea la înaltă frecvență**
- 3.6. Ecranarea cablurilor**

Evaluare: 1. Răspunsuri la întrebările și problemele finale
2. Discuție pe tema: "Ecranarea produselor electronice"

3.1. Generalități

Prin *ecran* se înțelege un perete conductor care separă spațiul în trei regiuni distincte: prima, în care se găsește sursa perturbatoare, a doua - ecranul și cea de-a treia, regiunea în care se găsește victima și care reprezintă spațiul protejat.

Ecranele pot fi *masive* sau sub formă de *peliculă/fole* (în general la frecvențe mai mari de 30 MHz). În cazul ecranării câmpurilor electrice, ecranul reprezintă o referință de potențial pentru toate cablurile, filtre etc., asigurând și calea de întoarcere a curenților paraziți.

Mecanismele protecției la acțiunea câmpurilor electromagnetice realizată de un ecran sunt prezentate în fig.3.1; ele se bazează pe fenomenul de *reflexie* a undelor la întâlnirea unei suprafețe de discontinuitate și respectiv, pe fenomenul de *absorbție* datorat propagării într-un mediu disipativ dat. Unda care reprezintă câmpul incident (electric, magnetic sau electromagnetic) și care se propagă în direcția ecranului, suferă o

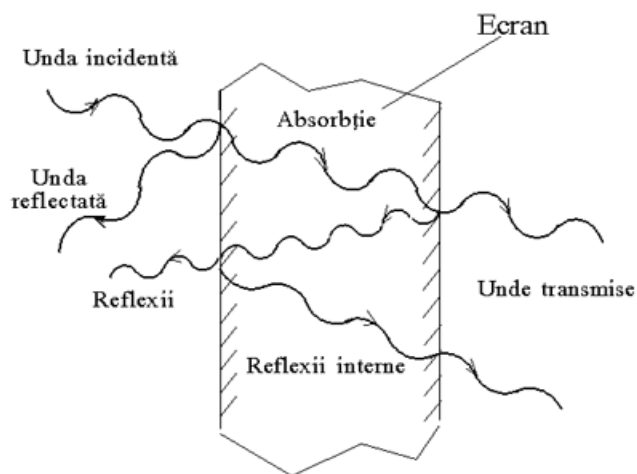


Fig.3.1. Acțiunea câmpului electromagnetic în ecran

Capitolul 3 **Ecrane electromagnetice**

primă reflexie la întâlnirea cu ecranul, apoi reflexii interne repetate în interiorul acestuia, o parte a unde fiind transmisă și în spațiul protejat. În afara reflexiilor multiple care au loc în ecran, unda incidentă suferă și un fenomen de absorbție, toate acestea făcând ca nivelul undelor transmise în spațiul protejat să fie mult mai redus în comparație cu nivelul unde incidente.

Eficiența ecranării se apreciază prin *atenuarea ecranului* (A_E este atenuarea pentru câmpul electric, iar A_H - atenuarea pentru câmpul magnetic) și este definită ca raportul dintre câmpul electromagnetic într-un punct din spațiul protejat fără ca ecranul să fie prezent și câmpul rezidual din același punct în prezența ecranului; atenuarea se poate exprima în dB:

$$\begin{aligned} A_E &= 20 \lg \frac{E_1}{E_2} \\ A_H &= 20 \lg \frac{H_1}{H_2} \end{aligned} \quad (3.1)$$

Trebuie observat că prezența ecranului perturbă câmpul; o valoare pozitivă corespunde atenuării câmpului electromagnetic și nu unui câștig. Dacă atenuarea este negativă, nu este vorba de o amplificare, ci de o redirecționare a câmpului (de exemplu, materialele magnetice pot să “canalizeze” câmpurile magnetice la frecvențe joase dintr-o anumită zonă a spațiului, producând astfel o întărire a câmpului numai în anumite zone și scăderea acestuia în exteriorul zonelor respective).

Așa cum rezultă din fig.3.1. atenuarea este produsă prin două fenomene: *atenuarea prin reflexie* (internă sau externă) și *atenuarea prin absorbție*.

3.2. Atenuarea prin reflexie

La incidența unei unde electromagnetice cu o suprafață de separare a două medii cu proprietăți electrice diferite - primul fiind *spațiul liber*, iar cel de-al doilea - *ecranul*, cele două componente, câmpul electric și câmpul magnetic, transmise în ecran, suferă modificări care pot fi apreciate prin intermediul comparării impedanțelor celor două medii. *Impedanța de suprafață* este definită prin raportul celor două câmpuri:

$$Z_s = \frac{E}{H} \quad (3.2)$$

și se măsoară în $\Omega \square$ (ohm/pătrat).

În curent continuu sau la frecvențe joase, impedanța de suprafață devine pur rezistivă; expresia *rezistenței de suprafață*

Capitolul 3

Ecrane electromagnetice

se poate deduce considerând un conductor în formă de placă pătrată, de latură a și grosimea g , rezultând:

$$Z_s = R_s = \frac{17 \cdot 10^{-6}}{\sigma_r \cdot g [mm]} \quad (3.3)$$

unde: σ_r este conductivitatea ecranului raportată la cupru.

La frecvențe ridicate, impedanța de suprafață a unui ecran devine independentă de grosimea ecranului și are expresia:

$$Z_s = \sqrt{\frac{\mu_0 \mu_r}{\epsilon_0 \epsilon_r - j/(\omega \rho)}} = \sqrt{\frac{j \mu_0 \mu_r \omega}{\sigma + j \omega \epsilon_0 \epsilon_r}} \quad (3.4)$$

La frecvențe ridicate, impedanța de suprafață este aproximativ egală cu impedanța intrinsecă a ecranului dacă grosimea ecranului este $g < 0,7\delta$, (unde δ este adâncimea de pătrundere) și este definită prin relația:

$$Z_i = 3,68 \cdot 10^{-7} \sqrt{\frac{\mu_r \cdot f}{\sigma_r}} \quad (3.5)$$

Pierderile prin reflexie sunt importante în cazul neadaptării între impedanțele celor două medii. La reflexia spațiu liber/ecran conductor, **componenta tangențială a câmpului electric și componenta normală a câmpului magnetic sunt nule la suprafața de separare** (fig. 3.2, suprafețele conductoare sunt "aspiratoare" de câmp electric și "patinatoare" de câmp magnetic). De asemenea, reflexia crește o dată cu σ , adică este mai bună pentru ecranele din cupru și aluminiu și mai slabă pentru cele din fier.

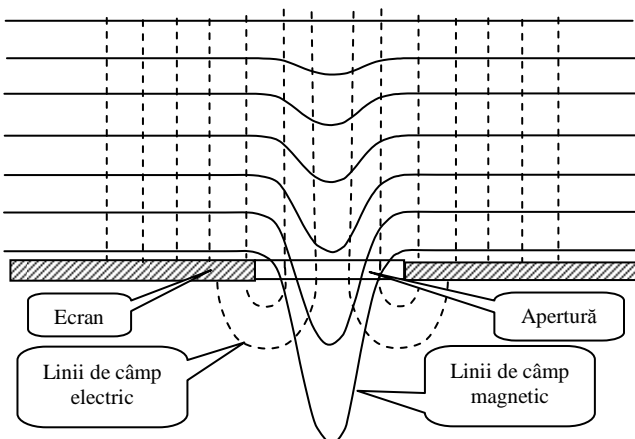


Fig. 3.2. Distribuția câmpului într-o apertură

Pentru deducerea intensității câmpului transmis se vor considera următoarele relații:

Capitolul 3
Ecrane electromagnetice

$$\begin{aligned} E_e &= E_1 - E_r, \\ H_e &= H_1 - H_r, \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$\frac{E_1}{H_1} = -\frac{E_r}{H_r} = Z_0, \quad \frac{E_e}{H_e} = Z_s$$

(semnul "-" de la E_r apare din cauza schimbării fazei câmpului reflectat). Din relațiile anterioare, se obține:

$$E_e = E_1 \frac{2Z_s}{Z_0 + Z_s} \quad (3.7)$$

Pe baza acestor relații se deduce atenuarea prin reflexie:

$$R_e = 20 \lg \frac{(Z_0 + Z_s)^2}{4Z_0 Z_s} \quad (3.8)$$

Revenind la relația (3.7), în *zona de câmp depărtat* undele sunt plane și impedanța mediului "1" este chiar *impedanța caracteristică a spațiului liber*: $Z_0 = 377 \Omega$; în acest caz, atenuarea prin reflexie se poate scrie:

$$R = 20 \lg \frac{94}{Z_s} = 168 - 10 \lg(f \cdot \mu_r \cdot \rho_r) \quad (3.9)$$

sau pentru materialele nemagnetice, bune conducătoare de electricitate (aluminiu, cupru):

$$R = 168 - 10 \lg f \quad (3.10)$$

unde f reprezintă frecvența unde incidente.

Aplicație: Să se determine atenuarea unui ecran din Cu cu grosimea de 0,8 mm la frecvența de 100 MHz.

Soluție: Este evident că la această frecvență $g > 0,7\delta$ ($\delta = 6,6 \mu\text{m}$; $\mu_r = 1$; $\sigma_r = 1$) și deci impedanța intrinsecă se poate calcula cu relația (3.5):

$$Z_i = 3,68 \cdot 10^{-7} \sqrt{\frac{\mu_r \cdot f}{\sigma_r}}$$

Atenuarea prin reflexie va fi:

$$R_e = 20 \lg \frac{(Z_0 + Z_s)^2}{4Z_0 Z_s} = 20 \lg \frac{Z_0}{4Z_s} = 100 \text{ dB}$$

Pentru *zona de câmp apropiat* se disting două cazuri:

1) *Cazul unui cuplaj capacitiv*, asociat unor tensiuni mari în antenă, conduce la impedanțe ale mediului de ordinul k Ω

Capitolul 3

Ecrane electromagnetice

care scad la circa 377Ω la o distanță de $\lambda/2\pi$ față de emițător. În acest caz atenuarea prin reflexie va fi:

$$R = 322 - 10 \lg(f^3 d^2 \mu_r \rho_r) \quad (3.11)$$

sau pentru materialele bune conducătoare de electricitate, ca: aluminiu, cupru etc.:

$$R = 322 - 30 \lg(f) - 20 \lg(d) \quad (3.12)$$

unde: d este distanța dintre emițător și victimă

2) *Cazul unui cuplaj inductiv*, (curenți mari în antenă), conduce la impedanțe reduse ale mediului, de ordinul zecilor de Ω ; în acest caz atenuarea prin reflexie devine:

$$R = 20 \lg \left[0,012 \frac{1}{d} \sqrt{\frac{\mu_r \rho_r}{f}} + 5,4d \sqrt{\frac{f}{\mu_r \rho_r}} + 0,35 \right] \quad (3.13)$$

Atenuarea prin reflexii multiple este corelată cu atenuarea prin absorbție care, așa cum se va vedea în continuare, depinde de adâncimea de pătrundere a câmpului în material. Atenuarea prin reflexii multiple este introdusă în calculul absorbției totale prin intermediul unei corecții C :

$$C = 6(A - 6) \quad (3.14)$$

Dacă atenuarea prin absorbție este mai mare de 6 dB, corecția pentru atenuarea prin reflexii multiple este 0 dB;

- **Care sunt motivele pentru care ecranele se construiesc din materiale conductoare?**
- **Explicați mecanismul de producere al atenuării prin reflexii multiple și motivați faptul că această atenuare este tratată în cadrul atenuării prin absorbție.**

3.3. Atenuarea prin absorbție

Fenomenul de absorbție a undelor în ecranele conductoare are la bază transformarea energiei acestora în căldură ca urmare a apariției curenților turbionari și de deplasare; atenuarea datorată absorbției se produce după o lege exponențială:

$$\begin{aligned} E(d) &= E(0) \exp(-d/\delta) \\ H(d) &= H(0) \exp(-d/\delta) \end{aligned} \quad (3.15)$$

unde: d reprezintă grosimea ecranului, iar δ este adâncimea de pătrundere a câmpului în material.

Rezultă că *factorul de atenuare prin absorbție* va fi:

Capitolul 3 Ecrane electromagnetice

$$A = 20 \lg \frac{E(0)}{E(d)} = 20 \lg \frac{H(0)}{H(d)} \approx 8,7 \frac{d}{\delta} \quad (3.16)$$

ceea ce corespunde la o atenuare de aproximativ 9 dB pentru fiecare δ din grosimea materialului. Prin urmare, atenuarea prin absorbție depinde de adâncimea de pătrundere, este proporțională cu grosimea ecranului și respectiv - prin δ - cu radicalul frecvenței, permeabilității și conductivității ecranului.

Datorită creșterii atenuării prin absorbție în funcție de frecvență, la peste 1 MHz, ecranele conductoare reprezintă bariere deosebit de eficiente atât pentru câmpurile electrice, cât și pentru câmpurile magnetice sau electromagnetice; atenuarea totală, A_t , a unui ecran se obține prin însumarea atenuărilor datorate reflexiilor și absorbției (în dB):

$$A_t = A + R. \quad (3.17)$$

În fig. 3.3. este prezentată atenuarea unor ecrane în funcție de frecvență; se observă atenuarea este mai mare la materialele magnetice, cu condiția ca acestea să nu se satureze.

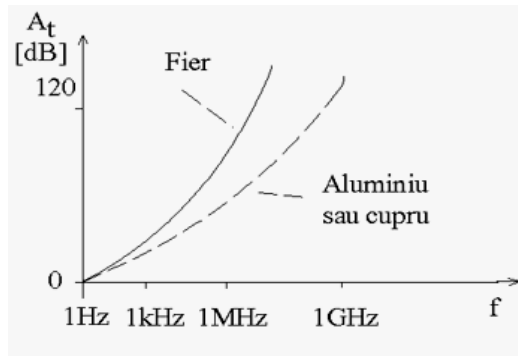


Fig.3.3. Atenuarea totală în funcție de frecvență

Considerațiile prezentate anterior au fost făcute pentru ecrane ideale și care au o suprafață infinită, în realitate atenuarea totală nedeșășind 200 dB, ea fiind diminuată de *aperturile* și *discontinuitățile* existente în ecran. Trebuie reținut că ecranul electric acționează prin *echipotențialitate* și el trebuie să fie legat în mod obligatoriu la masă pentru a permite scurgerea curenților capacitivi; la frecvențe înalte, în câmp depărtat, câmpul electric și câmpul magnetic sunt cuplate, atenuarea celor două câmpuri devenind egală, numai eventualele reflexii putând modifica local această egalitate.

Probleme mai complicate apar la ecranarea câmpurilor magnetice de joasă frecvență deoarece reflexia este slabă; ecranarea, în acest caz, se poate realiza cu materiale magnetice care să "aspire" câmpul magnetic, eventual cu mai multe ecrane

Capitolul 3

Ecrane electromagnetice

suprapuse (construcția în formă de "păpușă rusească"). De reținut că în curent continuu, câmpul magnetic nu poate fi atenuat, dar poate fi deviat!

Câmpurile de la suprafața ecranului nu sunt constante, ele concentrându-se în vecinătatea decupărilor și prezentând efecte de "umbră" în concavități. În fig.3.4 este prezentată structura câmpurilor: electric și magnetic în zona unei decupări; în zonele marcate cu **B** câmpul electric este intens - reprezentând zone cu densitate mare de curent ("zonă caldă"), în timp ce zona marcată cu **A** este o zonă cu densitate redusă de curent ("zonă rece"), recomandată pentru plasarea cablurilor.

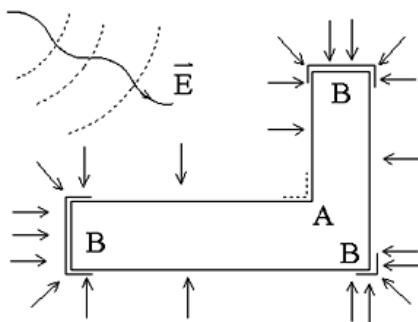


Fig.3.4. Efectul decupărilor

Scăderea eficienței ecranului din cauza aperturilor/fantelor depinde de raportul dintre dimensiunile acestora și $\lambda/2$, dar și de frecvența semnalului perturbator corelată cu zona de câmp. Dacă decupările sunt necesare, se recomandă să se confecționeze *subecrane* sau structuri *de tip fagure* care reprezintă ghiduri de undă. În figura 3.5 se prezintă distribuția câmpului magnetic în cazul unei plăci cu aperturi; pentru ghidul de undă prezentat, sub frecvența de tăiere, atenuarea ghidului de undă depinde de raportul dintre lungimea ghidului și diametrul/diagonala acestuia; astfel, pentru frecvențe mai mici decât 60 % din frecvența de tăiere, atenuarea ghidului este aproximativ:

$$A_g [dB] = 27 \frac{h}{g} \quad (3.18)$$

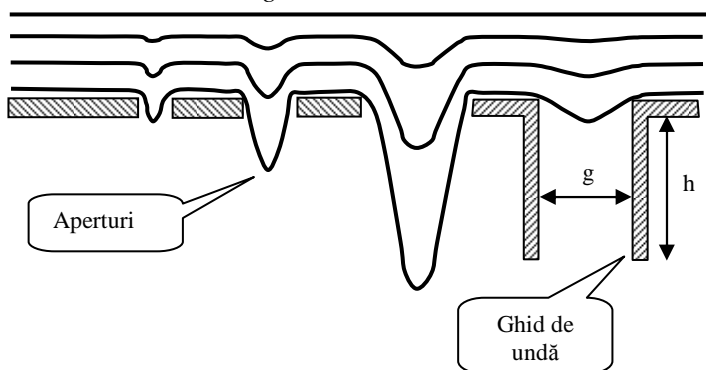


Fig. 3.5. Câmpul magnetic în aperturi și ghiduri de undă

Capitolul 3 Ecrane electromagnetice

- **Motivați de ce în cazul utilizării a două ecrane, dintre care unul este magnetic, se obișnuiește ca ecranul nemagnetic să fie pus spre sursa de perturbații.**

3.4. Materiale folosite pentru ecranare

Așa cum s-a arătat, ecranarea se poate face cu materiale conductoare magnetice sau nemagnetice; în cazul în care se dorește ecranarea câmpurilor magnetice de joasă frecvență este obligatorie folosirea materialelor magnetice. Principalele materiale folosite pentru *ecranarea magnetică* sunt:

Ecranarea cu "μ - metal" se folosește pentru incinte cu dimensiunile sub 1 m, grosimea materialului fiind de cel mult câțiva mm. Deoarece permeabilitatea relativă a acestui material este foarte mare, de ordinul zecilor de mii, există pericolul *saturării*, ceea ce conduce la creșterea grosimii ecranului în funcție de intensitatea câmpului magnetic. Permeabilitatea magnetică relativă scade în cazul prelucrării, a șocurilor sau a vibrațiilor, putând reveni la valoarea inițială prin tratament termic (încălzire la 1100°C și răcire lentă). Este un material scump și are proprietăți conductoare slabe.

Fierul moale, laminat la cald, are un conținut de carbon și azot sub 200 ppm; permeabilitatea relativă este de circa 1000, de unde rezultă că poate fi echivalat cu un ecran din μ - metal de 10 ori mai subțire. Este ieftin, putând fi folosit la realizarea unor ecrane mari și are o conductivitate electrică relativ bună.

La frecvențe de peste 1 MHz se folosesc de obicei *ecrane nemagnetice* din Al sau Cu sub formă de tablă, folie, hârtie aluminizată etc.

Aplicatie: Să se determine atenuarea (câmp depărtat) a unei folii de Cu de 35 μm la frecvența de 1 MHz.

Soluție: Atenuarea datorată reflexiei este:

$$R = 168 - 10 \lg f = 108 \text{ dB.}$$

Atenuarea prin absorbție este :

$$A = 8,7 d \sqrt{f \mu_r \rho_r} = 4,5 \text{ dB}$$

de unde rezultă o corecție de -3 dB și deci, atenuarea totală va fi:

$$A_t = 108 + 4,5 - 3 = 109,5 \text{ dB.}$$

3.5. Ecranarea la înaltă frecvență

O dată cu creșterea frecvenței se accentuează și pierderile în ecran și deci, crește eficiența ecranului; principala problemă care apare în acest caz este legată de *radiația fantelor*, adică a orificiilor, îmbinărilor și decupajelor practicate în ecran. Astfel,

Capitolul 3

Ecrane electromagnetice

pentru o decupare în formă dreptunghiulară (fig.3.6), apare o modificare a distribuției curentului din ecran; datorită modificării densității de curent din fața *murdară* a ecranului, fanta generează un câmp electric perpendicular pe lungimea fantei și un câmp magnetic paralel cu aceasta.

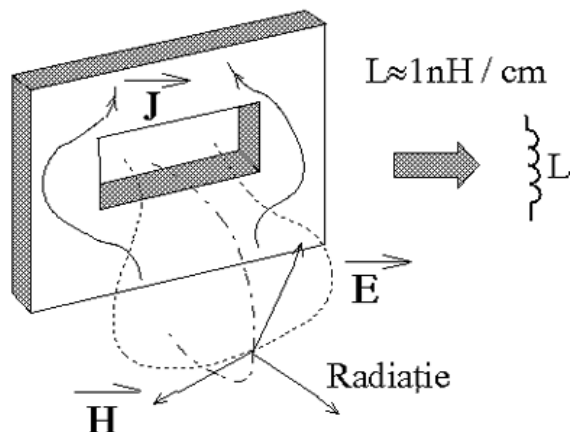


Fig.3.6. Efectul aperturilor

Impedanța câmpului electromagnetic radiat este mică, predominant magnetică; astfel, fantele din ecranele subțiri prezintă, până la *frecvența de rezonanță* ($l = \lambda/2$), o caracteristică inductivă și anume, $L = 1 \text{ nH/cm}$, adică de circa 10 ori mai mică decât cea a unui conductor de aceeași lungime, independentă de înălțimea și grosimea ecranului (fig. 3.6). Reducerea influenței fantelor se face prin contact electric direct (lipire, sudură, prindere cu șuruburi) sau prin efect de obstacol obținut prin suprapunerea marginilor plăcilor care trebuie să se îmbine.

Prinderea cu șuruburi este cea mai practică metodă care permite compensarea neregularităților mecanice și exercită o presiune mecanică corespunzătoare; sunt durabile în timp, simple la instalare și întreținere și au un preț de cost redus. Trebuie reținut că îmbinările, ca și aperturile, reduc eficiența ecranării cu circa 10 - 20 dB; atât îmbinările, cât și aperturile, trebuie să fie astfel orientate în raport cu curenții din ecran încât perturbarea acestora să fie minimă. De asemenea, conductorele, dacă nu este posibil să fie cât mai departe de îmbinări sau aperturi, se recomandă să fie așezate de-a lungul acestora. *Eficiența suprapunerii ecranelor* depinde de grosimea acestora, distanța dintre ele, precum și de suprafața zonei de suprapunere. În concluzie, fantele reduc eficiența ecranării, ele comportându-se ca niște veritabile antene, efectul lor putând fi atenuat prin măsuri constructive adecvate.

Din punct de vedere constructiv ecranele pot fi: *plăci* (chiar pelicule metalice) sau *cutii* (incinte – cutia Faraday). Principiul de acționare a plăcilor în calitate de ecran se bazează pe realizarea unui "*plan imagine*" conductor care produce un

Capitolul 3 **Ecrane electromagnetice**

efect reductor asupra zonei ecranate. În ceea ce privește ecranele realizate sub forma unor cutii metalice, trebuie să se țină seama de faptul că o cavitate goală prezintă o serie de *frecvențe proprii de rezonanță*, f_0 , date de expresia (în MHz):

$$f_0 = 150 \sqrt{\left(\frac{k}{l}\right)^2 + \left(\frac{m}{h}\right)^2 + \left(\frac{n}{w}\right)^2} \quad (3.19)$$

unde: l , h și w sunt dimensiunile în metri ale incintei (considerate paralelipipedică), iar k , m și n - numere întregi. Cea mai supărătoare este frecvența minimă de rezonanță.

3.6. Ecranarea cablurilor

În cele mai multe cazuri cablurile reprezintă antene de emisie/recepție deosebit de eficiente comparativ cu cutia echipamentelor. Pentru reducerea efectelor perturbatoare ale câmpurilor preluate/emise se folosesc *cablurile ecranate*.

Referitor la *ecranarea în câmp electric*, pot fi considerate două moduri de conectare pentru cablurile coaxiale. Astfel, în primul caz, ecranul nu este conectat la masă; în cel de-al doilea caz, când ecranul cablului este conectat la masă, capacitatea proprie a cablului apare în paralel pe impedanța de sarcină. Dacă capacitatea proprie a cablului este mult mai mare decât capacitatea corespunzătoare diafoniei capacitive, efectul tensiunii perturbatoare asupra impedanței de sarcină este redus deoarece curentul perturbator este obligat să se scurgă prin impedanța tresei la masă. De obicei, *atenuarea cablurilor coaxiale* la acțiunea câmpului electric este de circa 80 - 120 dB. Referitor la *ecranarea în câmp magnetic*, dacă se consideră un conductor sursă de perturbații parcurs de un curent și cablul coaxial victimă plasat în apropiere, se constată existența a două cuplaje inductive, unul față de tresă (ecran) și unul față de conductorul central. În practică, *frecvența de tăiere* a filtrului corespunzător unui cablu coaxial este de circa 1 kHz și depinde de construcția cablului.

La frecvențe înalte energia se propagă prin materialul izolator sub formă de câmp electromagnetic, conductoarele având doar rolul de ghidare a acestui câmp, ele suportând și pierderile prin efect Joule. Deoarece izolatorul are $\epsilon_r > 1$, viteza de propagare este mai mică decât viteza luminii.

Impedanța de cuplaj Z_k se definește ca raportul dintre căderea de tensiune pe unitatea de lungime și curentul care îl parcurge. În c.c., impedanța de cuplaj este chiar rezistența liniară a ecranului (caz valabil până la circa 1 MHz), însă în c.a. de înaltă frecvență contează forma constructivă a ecranului; de exemplu, pentru *cablurile cu tresă împletită*, la frecvențe peste 10 MHz, impedanța de cuplaj crește cu frecvența. *Cablurile de*

Capitolul 3 **Ecrane electromagnetice**

întăltă imunitate au impedanța de transfer sub $1 \text{ m}\Omega/\text{m}$ pentru frecvențe cuprinse între 1 și 10 MHz. Rezultă că, prin intermediul impedanței de cuplaj are loc în permanență un schimb de energie cu mediul ambiant, adică, semnalul util care se transmite pe o linie de transmisiune se transformă în zgomot, respectiv perturbațiile din exterior, se suprapun peste semnalul util. La frecvențe joase, cuplajul este predominant rezistiv și foarte slab. La frecvențe medii, cuplajul devine inductiv, nivelul crescând o dată cu frecvența; panta caracteristicii este cuprinsă între 20 și 40 dB/decadă în funcție de impedanțele generatorului și a sarcinii. La frecvențe ridicate, comportarea este inductiv-capacitivă, cu rezonanțe care pot reduce nivelul cuplajului.

Reducerea radiației emise sau captate de cabluri se realizează prin conectarea tuturor cablurilor la *placa de referință a potențialului*, de obicei, reprezentată de către panoul din spatele echipamentului; această placă trebuie să fie bună conducătoare de electricitate. Placa de referință a potențialului se leagă la șasiu, la ea fiind legate toate ecranele cablurilor de legătură, precum și filtrele; nici un cablu neecranat sau nefiltrat nu are voie să intre în interiorul echipamentului fără ca referința acestuia să fie legată la placa de referință a potențialului! Legarea la șasiu se face prin mai multe *puncte de impedanță mică* (șuruburi poziționate la 10 cm distanță unul față de altul).

În încheierea acestui capitol trebuie reținut că *ecranarea* este o soluție relativ scumpă și din această cauză este necesar ca *proiectarea mecanică* să fie adaptată astfel încât să rezolve cel puțin o parte dintre problemele de ecranare. De exemplu, dacă echipamentele au cutie din materiale plastice, interiorul acestora, de regulă, se metalizează. Merită a fi reținut faptul că *vopselele* și *lacurile* conductoare au o rezistență de suprafață de circa $1 \Omega/\square$, în timp ce *foliile metalice* au rezistența de suprafață mai mică decât $0,1 \Omega/\square$.

Coroziunea reduce eficiența ecranării datorită oxidării; de exemplu, tabla galvanizată la cald (mată) este izolatoare, iar tabla zincată se acoperă, în timp, cu oxid de zinc (izolator). Oxidul de argint este singurul oxid bun conducător de electricitate, dar nu și sulfura de argint (pasta neagră ce se formează la suprafața argintului), care este izolantă.

Apariția combinațiilor de tip metal-oxid-metal conduce la apariția unor structuri neliniare, numite de tip "*șurub ruginit*", cu o caracteristică oarecum asemănătoare diodelor, la care neliniaritatea depinde în primul rând de starea suprafețelor și presiunea de contact; aceste structuri generează componente armonice și produse de intermodulație și mai mult, pot fi variabile în timp, sensibile la vibrații (efectul de microfonie), la temperatură, umiditate, modificarea presiunii etc.

Cositorul, precum și aliajele sale sunt compatibile pentru lipire cu toate metalele, însă cositorul este uzat de vibrații, caz în care se transformă într-o pulbere care este izolantă și de asemenea, în aliajele cu plumb este neecologic.

Capitolul 3 **Ecrane electromagnetice**

Singurul material care nu ridică probleme în CEM este nichelul; este un material dur, greu de prelucrat și scump și de aceea este mai puțin folosit în practică. La alegerea materialelor pentru construirea ecranelor sau a subansamblelor acestora trebuie să se țină seama și de *compatibilitatea galvanică* pe baza *seriei electrochimice* prezentată în tabelul următor:

SERIA ELECTROCHIMICĂ				
Grupa 1	Grupa 2	Grupa 3	Grupa 4	Grupa 5
Magneziu	Aluminiu			
	Zinc	Oțel carbon	Nichel	
	Crom	Fier	Cositor	Cupru
	Fier galvanizat	Cadmium	Plumb	Argint
			Alamă	Paladiu
			Oțel inox	Platină
				Aur

Alegerea materialelor din seria electrochimică se va face astfel încât ele să fie din aceeași grupă sau cât mai apropiate.

În fig.3.7 sunt prezentate câteva variante constructive de îmbinări și montare a unor elemente specifice echipamentelor electronice în conformitate cu normele de compatibilitate

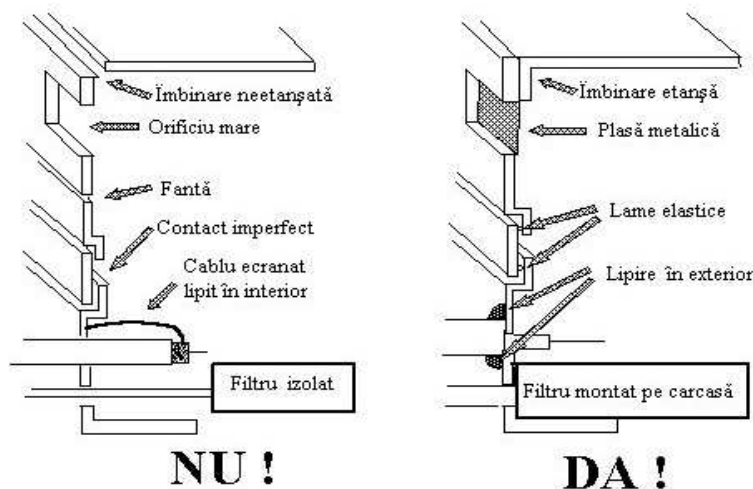


Fig. 3.7. Variante constructive pentru îmbinări și montare de elemente specifice

electromagnetică.

Întrucât una dintre cele mai importante probleme ale ecranelor închise rămâne cea a îmbinărilor, soluția de reducere a efectului de radiație a acestor deschideri o reprezintă folosirea *garniturilor*; garniturile trebuie să asigure o complianță mecanică bună, compresie corespunzătoare pentru a realiza o impedanță redusă într-o gamă largă de frecvențe, rezistență la coroziune (compatibilitate cu materialele de contact și cu mediul ambiant). De asemenea, prezintă importanță forma și

Capitolul 3

Ecrane electromagnetice

modul de pregătire a suprafeței pe care se așează, modul de asamblare/dezasamblare, realizarea etanșării, rezistența la foc.

Principalele tipuri de garnituri sunt:

- Polimerii conductivi; asigură o bună etanșare, au o compresie redusă, dar necesită o presiune de contact ridicată.

- Spume din polimeri conductivi; pot fi foarte ușoare și flexibile, cu compresie și presiune de contact reduse dar nu etanșează perfect și se uzează în timp.

- Grilele de metal sunt destul de rigide, dar realizează o bună adaptare de impedanță la ecranele din metal, conducând la atenuări de valori ridicate, însă etanșarea este slabă.

În cazul în care cablurile sunt acoperite cu măști metalice în formă de "U" (ecrane), care au și efect reductor, decupările acestora trebuie să fie efectuate după direcția axială, iar traseul cablurilor să fie cât mai apropiat de zonele de colț ale măștii.

ÎNTREBĂRI FINALE

1. **Ce se înțelege prin ecran și care este rolul său în cadrul echipamentelor electrice și electronice?**
2. **Pentru o singură undă incidentă, care este numărul undelor reflectate, respectiv, al undelor transmise?**
3. **Din ce cauză dacă în zona câmpului apropiat se cunoaște valoarea atenuării pentru un anumit câmp, nu se poate determina atenuarea câmpului complementar pe baza acesteia? Dar în câmp depărtat?**
4. **Se poate compara neadaptarea dintre impedanțele de suprafață a două medii cu neadaptarea de impedanță de la circuitele electrice?**
5. **Ce presupune o construcție a ecranului de tip "*papușă rusească*"?**
6. **Care sunt fenomenele specifice în cazul fantelor prin care se reduce eficacitatea ecranului?**
7. **În ce condiții "*μ-metalul*" își poate pierde proprietățile magnetice? un asemenea fenomen se produce rar?**
8. **Determinați frecvența proprie de rezonanță minimă pentru un echipament electronic cunoscut.**
9. **Din ce cauză la frecvențe ridicate un cablu coaxial are o comportare "*inductiv - capacitivă*"?**
10. **Care este importanța plăcii de referință a potențialului?**
11. **Ce importanță are "*Seria electrochimică*" pentru acoperirile metalice?**

Capitolul 3
Ecrane electromagnetice

REZUMAT

- *Ecranarea* separă mediul perturbator de mediul protejat și reprezintă o metodă eficientă de reducere a perturbațiilor emise/recepționate sub formă de câmp.
- *Eficiența ecranării* se evaluează pe baza atenuării ecranului; în *zona de câmp apropiat* atenuarea se determină pentru câmpul preponderent; în *zona de câmp depărtat*, ecranarea se poate determina pentru câmpul electric/magnetic, rezultatele fiind echivalente.
- Atenuarea undei incidente are loc prin: a) *reflexie*, la suprafața de separare dintre mediul exterior și ecran, b) *absorbție* datorită fenomenelor de disipare din ecran.
- În cazul atenuării prin reflexie se folosește *impedanța de suprafață* definită prin raportul celor două câmpuri de la suprafața mediului de separare; pentru atenuarea prin absorbție prezintă importanță *adâncimea de pătrundere* a câmpului în material.
- *Materialele* folosite pentru ecranare sunt materiale conductoare magnetice sau nemagnetice, alegerea acestora depinde de natura aplicației și prețul de cost.
- La *frecvențe ridicate*, prezența unor *fante* în ecran scade eficiența ecranării și reprezintă veritabile antene de emisie/recepție.
- *Cablurile ecranate* sunt eficiente atât pentru câmpul electric, cât și pentru câmpul magnetic.
- *Placa de referință a potențialului* reprezintă un ecran cu rolul de a asigura referința de potențial; deoarece ea asigură echipotențialitatea, la aceasta se vor conecta obligatoriu șasiul, ecranele cablurilor și filtrelor etc.
- Ecranul poate reprezenta o structură mecanică și de aceea trebuie să fie astfel construit încât să-și îndeplinească toate funcțiile.

TEMĂ: *Ecranarea produselor electronice*

- *Definirea noțiunii de ecranare*
- *Ecranarea blocurilor sensibile*
- *Construcția mecanică funcțională și ecranarea*