

# NORME DE COMPATIBILITATE ELECTROMAGNETICĂ

## Generalități

Dacă la începutul transmisiilor radio lumea tehnicienilor s-a confruntat cu problemele de protecție a radiodifuziunii, apariția în 1989 a *Directivei de Compatibilitate Electromagnetică* (89/336/CEE), a condus la rezolvarea unor noi probleme: armonizarea diferitelor reglementări tehnice din domeniu ale statelor membre. Directiva CEM, bazată pe așa numitele “cerințe esențiale”, cu caracter obligatoriu, a trebuit să fie transpusă ca lege națională de toate statele UE până la 1 iulie 1991, iar prevederile sale aplicate de la 1 ianuarie 1992. Din cauza unor dificultăți de natură tehnică și de punere în practică, acest ultim termen a fost prelungit cu o perioadă de tranziție până la 1 ianuarie 1996. Începând cu această dată, toate aparatele, echipamentele, sistemele electrice/electronice au trebuit să îndeplinească cerințele Directivei CEM pentru a putea fi comercializate. Directiva lăsa pe seama standardelor, și în primul rând al standardelor europene armonizate, sarcina de a defini cerințele tehnice care să conducă la obținerea unui nivel de protecție impus. Având în vedere progresele, dar și cerințele înregistrate în domeniu, în anul 2004 a fost aprobată și publicată o nouă directivă, *Directiva EMC 2004/108/CE*, care înlocuiește vechea directivă și care trebuie să fie aplicată începând cu data de 20 iulie 2007[Ruc].

Rezolvarea problemelor de compatibilitate electromagnetică a stat în atenția organismelor internaționale sau naționale care, pe măsura dezvoltării domeniului și apariției unor noi cerințe, au elaborat o serie de normative. Sursa principală a normelor de compatibilitate electromagnetică o reprezintă *Comisia Electrotehnică Internațională* (International Electrotechnical Commission - IEC), care are ca misiune promovarea, coordonarea și evaluarea conformității standardelor în domeniul electrotehnicii, electronicii și al tehnologiilor aferente la modul general; unele domenii specifice ca: telecomunicațiile sau vehiculele cu motor sunt controlate de organisme specializate. Fondată în 1906, în prezent conține comitete de electrotehnică naționale din peste 50 de țări. Abordarea problemelor de compatibilitate propriu-zise, la nivel mondial, a început în anul 1934 prin înființarea *CISPR - Comitetul Internațional Special al Perturbațiilor Radioelectrice* (Comité International Special des Perturbations Radioelectrique), în prezent, existând următoarea structură de lucru (fig. 1), în care organismele au următoarele semnificații:

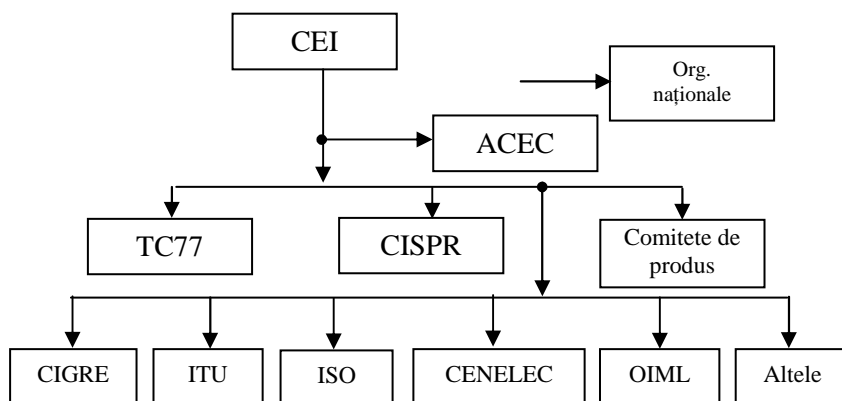


Fig. 1. Structura organismelor cu atribuții în domeniul CEM

- Comitetul Consultativ de Compatibilitate Electromagnetică (ACEC - Advisory Committee on Electromagnetic Compatibility),
- Comitetul Tehnic nr. 77 (Technical Committee No. 77 - Electromagnetic Compatibility),
- Conferința Internațională a Sistemelor Electrice Mari de Înaltă Tensiune (CIGRE - International Conference on Large High-voltage Electric Systems),
- Uniunea Internațională de Telecomunicații (ITU - International Telecommunication Union),
- Organizația Internațională pentru Standardizare (ISO - International Organisation for Standardization),
- Comitetul European de Coordonare a Normelor Electrice (CENELEC - Comité Européen de Coordination des Normes Electriques),
- Organizația Internațională de Metrologie Legală (OIML - International Organization of Legal Metrology).

Referitor la *CT 77 - Compatibilitate electromagnetică*, creat în 1973, în cadrul acestuia funcționează următoarele subcomitete (SC): SC 77A - "Fenomene de joasă frecvență", SC 77B - "Fenomene de înaltă frecvență", SC 77C - "Fenomene tranzitorii de mare putere", subcomitete care au rolul de a elabora standarde și rapoarte tehnice în domeniul CEM, cu un accent deosebit pe aspectele destinate aplicării acestora de către comitetele tehnice de produs și pe aplicarea Directivei CEM și a altor directive ale CE care conțin referiri la CEM. Standardele sunt necesare pentru a face ca rezultatele testelor să fie comparabile, indiferent de producător sau de laboratoarele care le efectuează; pentru CEM, standardele, dar și alte publicații din domeniu, stabilesc regulile generale care trebuie să fie îndeplinite pentru obținerea cerințelor de compatibilitate electromagnetică.

În principiu, normele CEI sunt recomandări care reprezintă stadiul tehnic actual și care pot să fie folosite ca referințe; ele pot primi statut legal dacă sunt introduse în legislația unei țări prin legi sau decrete și au un rol important în

documentele contractuale comerciale. În Uniunea Europeană, prin intermediul CENELEC, ele sunt publicate ca standarde europene (EN), cu rolul de armonizare a standardizării în toate țările comunitare.

*Standardele specifice CEM* se referă la:

- terminologie (61000-1-y),
- descrierea fenomenelor CEM (61000-2-y),
- descrierea și clasificarea mediului electromagnetic ambiant (61000-2-y),
- specificarea nivelurilor de compatibilitate (61000-3-y),
- cerințe generale pentru limitele de emisie (61000-3-y),
- niveluri de testare cu privire la imunitatea echipamentelor (61000-4-y),
- tehnici de testare și măsurare (61000-4-y),
- ghiduri și instrucțiuni de instalare (61000-5-y).

Referitor la *subcomitetele CISPR*: SC CISPR/A – "Măsurarea perturbațiilor radioelectrice și metode statistice", elaborează standarde privind cerințele aplicabile instrumentelor de măsurare a perturbațiilor și a imunității și echipamentele auxiliare acestora, precum și metodele statistice de eșantionare și de estimare a incertitudinii de măsurare, în timp ce, SC CISPR/B – are ca domeniu "Perturbațiile referitoare la ISM, linii electrice aeriene, echipamente de înaltă tensiune și echipamente pentru tracțiunea electrică", SC CISPR/D – "Perturbațiile referitoare la vehiculele cu motoare cu ardere internă și echipamentele electrice/electronice amplasate pe acestea", SC CISPR/F – "Perturbațiile referitoare la aparatele de uz casnic, unelte, echipamente de iluminat și aparate similare", SC CISPR/H – "Limite pentru protecția serviciilor radio", SC CISPR/I – "CEM pentru echipamentele de tehnologia informației, echipamentele multimedia și receptoare"; fiecare subcomitet elaborează standarde privind limitele și metodele de măsurare a perturbațiilor emise de produsele care intră sub incidența subcomitetului respectiv. Standardele elaborate sunt în același timp "de bază" și "de familie de produse". Unele subcomitete (SC/F, SC/I) elaborează și standarde de imunitate. SC/H elaborează standardele generice de emisie (în colaborare cu TC77).

În ceea ce privește *structura CENELEC*, organizată, de asemenea, sub forma unor comitete tehnice, acestea au ca domeniu de activitate: CT 210 – "Compatibilitate electromagnetică" - elaborarea de standarde și rapoarte tehnice în domeniul compatibilității electromagnetice (CEM), cu un accent deosebit pe aspectele destinate aplicării acestora de către comitetele tehnice de produs și pe aplicarea Directivei CEM și a altor directive ale CE care conțin referiri la CEM, precum și coordonarea activității CEM în cadrul CENELEC, CT 9X – "Aplicații electrice și electronice în domeniul feroviar" și CT 95 – "Relee de măsurare și echipamente de protecție" care elaborează standardele CEM de produs/familie de produse sau cerințele CEM incluse în standardele care intră sub incidența respectivului CT/SC.

Merită aici a fi amintit și *Institutul European de Standardizare pentru Telecomunicații* (ETSI - European Telecommunications Standards Institute), care prin CT ERM – "Compatibilitate electromagnetică și probleme ale spectrului radio" are ca

domeniu de activitate elaborarea standardelor CEM armonizate cu Directiva CEM și cu Directiva R&TTE.

În afara acestor organisme mai pot fi citate ca reprezentative: Institutul de Standardizare Național American/Institutul Inginerilor Electrotehniști și Electroniști (ANSI/IEEE - American National Standards Institute/Institute of Electrical and Electronic Engineers) sau organismele militare care au emis standarde proprii (MIL - STD - Military Standard). De asemenea, efectul câmpului electromagnetic asupra populației sau, mai general, asupra lumii vii, privind efectele posibile și interacțiunea cu funcțiile fiziologice și mentale, este subiectul unui număr important de studii pentru lumea științifică și medicală.

Pe plan național, *Asociația de Standardizare din România* (ASRO), are următoarele comitete: CT 30 – "Compatibilitate electromagnetică" cu rolul de elaborare de standarde și rapoarte tehnice în domeniul compatibilității electromagnetice (CEM), cu un accent deosebit pe armonizarea standardelor românești cu cele elaborate de CENELEC (CT210) și CT 6 – "Radiocomunicații", CT 23 – "Măsură și comandă în procesele industriale", CT 292 – "Echipamente electrice pentru autovehicule" și CT 128 – "Relee electrice", cu atribuții privind elaborarea de standarde CEM de produs/familie de produse, armonizate cu standardele elaborate de CEN, CENELEC sau ETSI în domeniul de activitate al comitetului respectiv. Datorită angajamentelor asumate de țara noastră în procesul de integrare în Uniunea Europeană, standardele române trebuie armonizate cu cele elaborate de CEN/CENELEC sau ETSI, prin cele trei metode aprobate în cadrul ASRO: anunț, filă de confirmare și traducere. Atunci când se efectuează traduceri de standarde privind compatibilitatea electromagnetică a produselor, diferitele comitete tehnice ale ASRO apelează la consultarea specialiștilor din domeniu. Separat de această activitate, CT30 participă și la discutarea și votarea standardelor elaborate de CEI și CENELEC, în cadrul comitetelor tehnice corespondente ale acestor organizații.

## **Standardizarea CEM**

Obiectivul principal al standardizării este acela de coordonare și realizare a unor referințe în domeniu pentru producători și utilizatori. Aceste norme se referă la echipamente sau sisteme electrice și electronice de joasă tensiune, utilizate în rețele de alimentare rezidențiale, publice sau industriale, existând și posibilitatea de stabilire a unor standarde diferite pentru unele domenii specifice ca: aparatura militară, navală, medicală etc. Standardele reprezintă numai un aspect al problemelor de CEM și o pre-cerință care trebuie îndeplinită, evident dacă există cunoștințele tehnologice și soluțiile tehnice necesare.

Publicațiile CEM de bază pot fi clasificate în:

- publicații referitoare la limitele nivelului de emisie,
- publicații referitoare la testare (termen ce se referă în special la imunitate, cu caracter de test de tip "trece/nu trece") și măsurare,

- ghiduri de instalare, având scopul de a obține performanțe CEM optime.

Pe de altă parte publicațiile pot fi referințe de bază dedicate problemelor generale și aplicabile tuturor produselor (descrierea mediului ambiant, tehnici de măsurare și testare etc.) și standarde care se aplică direct produselor, fie generice (generale), fie unor produse specifice. Din acest punct de vedere, standardele CEM se clasifică în:

- *standarde de bază*, care definesc obiectul și noțiunile caracteristice;

- *standarde generale sau generice*, în care sunt precizate problemele specifice, parametrii și caracteristicile ce trebuiesc îndeplinite, metodele de determinare a acestora;

- *standarde pentru familii de produse sau dedicate unor produse*, cu specificarea caracteristicilor și a metodelor de testare adecvate.

Standardele de bază prezintă, de obicei, separat, pentru fiecare fenomen perturbator, definiția și descrierea fenomenului, metodele de măsurare și testare în mod detaliat, precum și instrumentația de testare; ele pot să prezinte, de asemenea, date, domenii și niveluri de testare pentru caracteristicile echipamentelor de măsurare sau metode de măsurare, dar nu conțin limite prescrise și criterii de performanță. Standardele generale și cele de produs fac referință la standardele de bază, fără repetarea părților conținute de acestea; rezultă că o declarație de conformitate a produselor cu standardele de bază nu are nici o semnificație.

Suplimentar, în afara definiției de mai sus, pot exista ca standarde de bază și cele care se referă la: terminologia specializată sau cele care se referă la descrierea și clasificarea mediului înconjurător.

Standardele generale definesc un set de cerințe sau limite de compatibilitate electromagnetică și indică testele standardizate care se aplică produselor ce se folosesc într-un mediu dat; ele nu includ teste și metode de măsurare detaliate, ci fac referință la standardele de bază. În cazul în care este necesar, aceste standarde pot conține și unele informații speciale. Dacă un produs se poate folosi atât în mediile rezidențiale cât și în mediile industriale, pentru el se vor lua în considerare cele mai severe limite din cadrul standardelor respective, care să pună în evidență situația cea mai dezavantajoasă din exploatare.

Subiectele standardelor de bază (seria CEI 61000, dezvoltată de CT77), cuprind:

- subiecte generale ca: terminologie sau protecție,

- descrierea mediului electromagnetic (fenomene și niveluri),

- recomandări de limitare a nivelului emisiilor de perturbații electromagnetice,

- valori recomandate pentru testele de imunitate,

- tehnici de măsurare și de testare,

- ghiduri de instalare și metodele de atenuare a perturbațiilor.

În tabelele 1 ÷ 6 sunt prezentate publicațiile de bază pentru compatibilitatea electromagnetică emise de CEI (în varianta EN). Astfel, în tabelul 1 sunt cuprinse publicațiile cu caracter general, în tabelul 2 sunt prezentate publicațiile referitoare la

mediul ambiant electromagnetic și nivelurile de compatibilitate, în tabelul 3 - publicațiile privind nivelul de emisie, în tabelul 4 - publicațiile referitoare la tehnicile de măsurare ale perturbațiilor emise, în tabelul 5 - publicațiile cu privire la tehnicile de testare a imunității, iar în tabelul 6 - publicațiile ce cuprind ghiduri de instalare și metode de protecție și reducere a nivelului perturbațiilor.

*Tabelul 1. Publicații de bază CEM cu caracter general*

<b>Publicația</b>	<b>Subiect</b>
<b>Terminologie</b> Guide 107	Raport privind publicațiile CEM
<b>Considerații generale</b> EN 60050(161)	Vocabularul electrotehnic internațional (cap.161)
EN 61000-1-1	Aplicarea și interpretarea definițiilor și termenilor CEM
EN 61000-1-2	

*Tabelul 2. Publicații de bază CEM: Mediu ambiant – Niveluri de compatibilitate*

<b>Publicația</b>	<b>Subiect</b>
<b>General</b> EN 61000-2-5	Clasificarea mediilor electromagnetice ambiante
<b>Perturbații conduse de JF</b> EN 61000-2-1	Descrierea mediului electromagnetic în rețelele publice de joasă tensiune
EN 61000-2-2	Niveluri de compatibilitate în rețelele publice de joasă tensiune
EN 61000-2-4	Niveluri de compatibilitate în rețelele de înaltă tensiune
EN 61000-2-6	Estimarea nivelurilor de emisie în zonele industriale
EN 61000-2-8	Căderi de tensiune, întreruperi scurte
EN 60725	Impedanța de referință pentru rețelele de joasă tensiune
<b>Perturbații radiate de JF</b> EN 61000-2-7	Câmpuri magnetice de joasă frecvență
<b>Perturbații conduse / radiate de ÎF, ESD</b> EN 61000-2-3	Descrierea perturbațiilor conduse și radiate de ÎF
<b>HEMP</b> EN 61000-2-9	Descrierea perturbațiilor radiate
EN 61000-2-10	Descrierea perturbațiilor conduse
EN 61000-2-11	Clasificarea mediului ambiant

Tabelul 3. Publicații de bază CEM: Emisie

Publicația	Subiect
<b>Perturbații conduse de JF</b> EN 61000-3-2 EN 61000-3-3 EN 61000-3-4 EN 61000-3-5 EN 61000-3-6 EN 61000-3-7  EN 61000-3-8	Limite pentru emisiile armonice în curent ( $n \leq 40$ ), $I \leq 16A$ Limite pentru fluctuațiile de tensiune și flicker, $I \leq 16A$ Limite pentru emisiile armonice în curent ( $n \leq 40$ ), $I > 16A$ Limite pentru fluctuațiile de tensiune și flicker, $I > 16A$ Limite pentru emisiile armonice la medie și înaltă tensiune Limite pentru fluctuațiile de tensiune și flicker la medie și înaltă tensiune  Niveluri de emisie, benzi de frecvențe și niveluri ale perturbațiilor pentru semnalizarea în instalațiile de joasă tensiune
<b>Perturbații conduse de ÎF</b> CISPR 11 Amd. 1, 2  CISPR 14-1 CISPR 22 Amd. 1, 2	Limite pentru echipamentele RF industriale, științifice și medicale, 0,15 - 30 MHz Limite pentru aplicațiile casnice și similare, 0,15 -30 MHz Limite pentru echipamentele IT, 0,15 - 30 MHz
<b>Perturbații radiate de ÎF</b> CISPR 11 Amd. 1, 2  CISPR 14-1 CISPR 22 Amd. 1, 2	Limite pentru echipamentele RF industriale, științifice și medicale, 30 - 1000 MHz Limite pentru aplicațiile casnice și similare, 30 - 1000 MHz Limite pentru echipamentele IT, 30 - 1000 MHz

Tabelul 4. Publicații de bază CEM: Tehnici de măsurare – Emisie

Publicația	Subiect
<b>Perturbații conduse de JF</b> EN 61000-4-7 EN 61000-4-15  <b>Perturbații conduse / radiate de ÎF</b> CISPR 16-1 CISPR 16-2	Armonici, interarmonici Flickermetru  Perturbații radio și măsurarea imunității aparatelor Metode de măsurare a perturbațiilor și imunității

Tabelul 5. Publicații de bază CEM: Tehnici de testare – Teste de imunitate

Publicația	Subiect
<b>General</b> EN 61000-4-1  <b>Perturbații conduse de JF</b> EN 61000-4-11 EN 61000-4-13 EN 61000-4-14	Teste de imunitate  Căderi de tensiune, întreruperi scurte Armonici, interarmonici Fluctuații ale tensiunii

EN 61000-4-16	Perturbații conduse, c.c. - 150 kHz
EN 61000-4-17	Ondulația surselor de c.c.
EN 61000-4-27	Dezechilibrul sistemelor trifazate
EN 61000-4-28	Variația frecvenței rețelei
EN 61000-4-29	Căderi de tensiune, întreruperi scurte
<b>Perturbații radiate de JF</b>	
EN 61000-4-8	Câmpuri magnetice de frecvența rețelei
<b>Perturbații conduse de ÎF</b>	
EN 61000-4-4	Salve de impulsuri (bursts),
EN 61000-4-5	Impulsuri energetice 1,2/50 μs, 8/20 μs
EN 61000-4-6	Curenți induși, 0,15-80 (230) MHz
EN 61000-4-12	Unde oscilatorii
<b>Perturbații radiate de JF</b>	
EN 61000-4-3	Câmpuri electromagnetice, 80-1000 MHz
EN 61000-4-9	Câmp magnetic în impuls, 6,4/16 μs
EN 61000-4-10	Câmp magnetic oscilator amortizat
EN 61000-4-20	Celule TEM
EN 61000-4-21	Camere reverberante
EN 61000-4-26	Calibrarea senzorilor
<b>Descărcări electrostatice</b>	
EN 61000-4-2	Test de imunitate ESD
<b>HEMP</b>	
EN 61000-4-23	Dispozitive de protecție la perturbațiile HEMP radiate
EN 61000-4-24	Dispozitive de protecție la perturbațiile HEMP conduse
EN 61000-4-25	Cerințe pentru echipamente și sisteme

*Tabelul 6. Publicații de bază CEM: Ghiduri de instalare și protecție*

<b>Publicația</b>	<b>Subiect</b>
<b>Instalare</b>	
EN 61000-5-1	Considerații generale
EN 61000-5-2	Pământare și cablare
EN 61000-5-6	Influențe externe (filtre, ecrane, limitatoare)
<b>HEMP</b>	
EN 61000-5-3	Conceptul de protecție împotriva HEMP
EN 61000-5-4	Dispozitive de protecție împotriva perturbațiilor HEMP radiate
EN 61000-5-5	Dispozitive de protecție împotriva perturbațiilor HEMP conduse

Cu toate că se referă cu precădere la protecția radiorecepției, normele emise de către CISPR rămân și în continuare, deosebit de importante pentru compatibilitatea electromagnetică, subiectele câtorva dintre acestea fiind prezentate în tabelul



Tabelul Standarde CISPR

Publicația	Subiect
CISPR 16	Tehnici de măsurare pentru emisie și imunitate Instrumente de măsurare și specificații pentru locul de măsurare și calibrare Analiza statistică a datelor, inclusiv incertitudinea de măsurare
CISPR 11	Interferențe de RF ale aparatelor industriale, științifice și medicale, emisii de ÎF
CISPR 12, 21, 25	Interferențe produse de motoarele vehiculelor, emisii de ÎF
CISPR 13, 20	Interferențe referitoare la receptoarele radio-TV, emisii de ÎF
<b>Interferențe referitoare la aplicațiile casnice, mașini unelte, echipamente de iluminare și aparate similare</b>	
CISPR 14	Emisii ale aplicațiilor casnice etc.
CISPR 14-2	Imunitatea aplicațiilor casnice etc.
CISPR 15	Caracteristicile perturbațiilor de RF pentru echipamentele de iluminat și echipamentele similare
CISPR 22, 24	Interferențe referitoare la echipamentele de tehnologia informației

*Standardele generice* se referă la un mediu electromagnetic dat și sunt aplicabile pentru toate echipamentele instalate în acel mediu; ele sunt standarde duble referitoare la nivelul emisiilor și respectiv, la imunitate, iar ca mediu electromagnetic, acesta poate fi: mediul rezidențial, comercial și de industrie "ușoară" (cu consum energetic redus și alimentare de la rețeaua de joasă tensiune) și mediul industrial. Aceste standarde sunt gândite astfel încât cerințele impuse să asigure un echilibru optim între considerațiile de natură tehnică și cele de natură economică și se aplică atunci când nu există standarde de produs. În tabelul 8 sunt prezentate principalele standarde generice.

Tabelul 8. Standarde generice CEM

Publicația	Subiect
<b>Mediu rezidențial, comercial și de industrie ușoară</b> EN 61000-6-3 EN 61000-6-1	Emisie Imunitate
<b>Mediu industrial</b> EN 61000-6-4 EN 61000-6-2	Emisie Imunitate

În ceea ce privește *standardele pentru produse și familii de produse* (produse similare), ele precizează cerințele și testele specifice pentru echipamentele considerate. Ca și *tipuri de perturbații electromagnetice*, pot fi considerate:

1. Fenomenele de joasă frecvență în conducție: componente armonice și interarmonice, sisteme de semnalizare în rețeaua de alimentare, fluctuații, căderi și întreruperi ale tensiunii, dezechilibru în rețelele trifazate, variații ale frecvenței rețelei;
2. Fenomenele de radiație la frecvențe joase: câmpuri electrice și/sau magnetice, continue sau de regim tranzitoriu;
3. Fenomenele de înaltă frecvență în conducție: tensiuni sau curenți prin cuplaj direct sau induși, în regim de undă continuă, semnal modulată, regim tranzitoriu unipolar sau oscilant, singular sau în salve;
4. Fenomenele de radiație la frecvențe înalte: câmpuri electric, magnetic sau electromagnetic, în undă continuă sau modulată sau de regim tranzitoriu;
5. Descărcările electrostatice;
6. Impulsul electromagnetic nuclear la înaltă altitudine (High-altitude nuclear electromagnetic pulse - HEMP).

Trebuie remarcat faptul că fenomenele considerate sunt în domeniul de frecvențe: 0 Hz – zeci de GHz, însă conform normelor CISPR, frecvența minimă este considerată 9 kHz, de unde delimitarea pentru "frecvențe joase" sau "frecvențe înalte".

Cele mai cunoscute *standarde militare* de compatibilitate electromagnetică sunt: MIL - STD - 461, 462, 463, care se referă la caracteristici de interferență electromagnetică, cerințe pentru echipamente, subsisteme și sisteme, precum și la metodele de măsurare a interferențelor electromagnetice. Din comparația standardelor militare cu cele civile, rezultă multe similități, dar și diferențe în ceea ce privește tehnica de testare, gama de frecvențe acoperită și limitele corespunzătoare nivelurilor de severitate.

Din considerente practice, așa cum se știe, produsele se clasifică în următoarele categorii: componente, echipamente, sisteme și instalații; în general, normele CEM se referă la echipamente dar, mai nou și la instalații, în special din punctul de vedere al emisiilor de perturbații, ceea ce implică și efectuarea măsurărilor "in situ".

### **Standarde generice**

Ca și idee generală, ar fi bine ca fiecare produs sau familie de produse să aibă un standard CEM propriu, ceea ce este greu de realizat și necesită o lungă perioadă de timp. Ca alternativă, au fost realizate standardele generice, care se aplică produselor ce funcționează într-un mediu electromagnetic particular și pentru care nu există standarde de produs; în ele sunt specificate cerințele esențiale și procedeele de testare, fără să fie incluse detaliat metodele de măsurare și de testare. Aceste standarde pornesc de la standardele CEM de bază și conțin un număr limitat de cerințe referitoare la emisie și imunitate, astfel încât să optimizeze raportul dintre complianța cu normele de compatibilitate electromagnetică și cerințele tehnico-economice.

Spre exemplificare, dacă se consideră porturile unui echipament, referitor la problemele de emisie, trebuie specificate:

- nivelul armonicelor în tensiunea de alimentare,
  - fluctuații produse în tensiunea de alimentare,
  - nivelul perturbațiilor transmise prin conducție în gama de frecvențe: 0,15 – 30 MHz,
  - nivelul pentru perturbațiile transmise prin radiație în gama de frecvențe: 30 – 1000 MHz,
- iar referitor la testele de imunitate:
- nivelul armonicelor din tensiunea de alimentare,
  - fluctuații, căderi de tensiune, întreruperi produse în tensiunea de alimentare,
  - câmpuri magnetice de joasă frecvență,
  - nivelul perturbațiilor transmise prin conducție în gama de frecvențe: 0,15 – 80 MHz,
  - nivelul pentru perturbațiile transmise prin radiație în gama de frecvențe: 80 – 1000 MHz,
  - supratensiuni și salve de impulsuri,
  - descărcările electrostatice.

În ceea ce privește îndeplinirea *criteriilor de performanță* la imunitate, pot fi considerate următoarele situații:

- A.** aparatul continuă să funcționeze conform scopului propus, în timpul și după testare (efecte minore, fără să apară funcționări eronate),
- B.** aparatul continuă să funcționeze conform scopului propus după testare, însă în timpul testului au apărut anumite degradări ale performanțelor specificate de producător (efecte funcționale majore, dar autosesizate de echipamentul testat),
- C.** aparatul și-a pierdut temporar starea de funcționare în timpul și după testare, dar poate să-și revină prin autocontrol sau ca urmare a intervenției operatorului (efecte funcționale critice, constând în operații eronate și care necesită intervenții manuale).

Evident că, în decursul testării, pot să apară și situații de defectare a echipamentului testat, care necesită înlocuiri de componente.

Criteriile de performanță date de standardele generale de imunitate specifică baza de determinare a unor dereglări acceptabile ale performanțelor echipamentelor când acestea sunt supuse unor fenomene CEM, ele fiind diferențiate prin natura fenomenelor electromagnetice relevante astfel:

- *Criteriul de performanță A* se folosește pentru echipamentele ce sunt expuse la fenomene electromagnetice continue;
- *Criteriul de performanță B* este utilizat pentru echipamentele care sunt supuse unor regimuri de natură tranzitorie, ca: descărcări electrostatice, regimuri tranzitorii rapide sau căderi de tensiune ale surselor de alimentare cu durată mai mică de 10 ms;
- *Criteriul de performanță C* se ia în considerare în cazul echipamentelor sau sistemelor care trebuie să suporte căderi sau întreruperi ale tensiunii de alimentare cu durate mai mari de 100 ms, fără afectarea funcționării corecte.

În concluzie, standardele generice servesc ca referințe de bază pentru standardele de produs sau se pot aplica în mod direct, în cazul absenței standardelor de produs. Tabelele 9 și 10 prezintă, sub formă informativă, standardele referitoare la testarea imunității pentru mediile rezidențiale, comerciale și de industrie ușoară, respectiv, mediul industrial; nivelurile corespunzătoare fenomenelor electromagnetice sunt valori tipice și nu reprezintă valorile maxime, valori care pot fi preluate din standardele corespunzătoare (61000-2-x sau 61000-4-y).

Tabelul 9. Mediu rezidențial, comercial sau de industrie ușoară

Standard	Fenomen/Port	Unitate	Nivel tipic	Nivel de testare (EN 61000-6-1)	Crit. perform.
EN 61000-4-13	Armonica 3-a	% Un	8	fără test	-
	Armonica 5-a	% Un	6	fără test	-
EN 61000-4-11	Variații tensiune c.a.	$\Delta\%$ Un	10 la 95	30 / 60	B/C
		per.	0,5 la 150	0,5 / 5	
EN 61000-4-11	Înteruperi tensiune c.a. >95%	per.	2500	250	C
EN 61000-4-14	Fluctuații c.a.	$\Delta$ Un%	+10, -10	fără test	-
EN 61000-4-8	Câmp magnetic frecv. rețelei	A/m	0,5 la 5	3	A
EN 61000-4-6	Perturbații conduse (0,15 - 80 MHz) - Rețea c.a. pe MC - Rețea c.c. pe MC - Rețea contr./semnal - Cond. pământ	V cu MA (1 kHz)	1 la 10	3	A
			1 la 10	3	A
			1 la 10	3	A
			-	3	A
EN 61000-4-3	Câmp RF (80 - 1000 MHz)	V/m mod	3 la 5	3	A
	Câmp RF tel. numerică 0,9 (1,8) GHz	V/m mod	3 la 10	3	A
EN 61000-4-5	Imp. energetic 1,2/50 (8/20) - Rețea c.a. FP - Rețea c.a. FF - Rețea c.c. FP - Rețea c.c. FF - Contr./semnal FP - Contr./semnal FF	kV	1 la 2	$\pm 2$	B
			0,5 la 1	$\pm 1$	B
				$\pm 0,5$	B
				$\pm 0,5$	B
			1	-	-
			0,5	-	-
EN 61000-4-4	Salve de impulsuri	kV	1 la 2  0,5 la 1	$\pm 1$	B
	- Rețea c.a.			$\pm 0,5$	B
	- Rețea c.c.			$\pm 0,5$	B
	- Rețea contr./semnal - Cond. pământ			$\pm 0,5$	B
EN 61000-4-12	Sinus amortizat	kV	1 la 4		
	- 0,1 MHz (c.a)			fără test	-
	- 1 la 5MHz (control)			fără test	-
EN 61000-4-2	ESD aer	kV	4 la 8	$\pm 8$	B
	contact			$\pm 4$	B

Tabelul 10. Mediu industrial

Standard	Port	Unitate	Nivel tipic	Nivel de testare (EN 61000-6-2)	Crit. perform.
EN 61000-4-13	Armonica 3-a	% Un	10	fără test	
	Armonica 5-a	% Un	8	fără test	
EN 61000-4-11	Variații tensiune c.a.	$\Delta\%$ Un	10 la 95	30 / 60	B/C
		per.	0,5 la 300	0,5 / 50	
EN 61000-4-11	Înteruperi tensiune c.a. >95%	per.	2500	250	C
EN 61000-4-14	Fluctuații c.a.	$\Delta$ Un%	+10 -15	fără test	-
EN 61000-4-8	Câmp magnetic frecv. rețelei	A/m	10 la 30	30	A
EN 61000-4-6	Perturbații conduse (0,15 - 80 MHz) - Rețea c.a. pe MC - Rețea c.c. pe MC - Rețea contr./semnal - Cond. pământ	V cu mod. în ampl. (1 kHz)	1 la 10	10	A
			1 la 10	10	A
			1 la 10	10	A
			-	10	A
EN 61000-4-3	Câmp RF (80 - 1000 MHz)	V/m mod	10	10	A
	Câmp RF tel. numerică 0,9 (1,8) GHz	V/m mod	-	fără test	-
EN 61000-4-5	Imp. energetic 1,2/50 (8/20) - Rețea c.a. FP - Rețea c.a. FF - Rețea c.c. FP - Rețea c.c. FF - Contr./semnal FP - Contr./semnal FF	kV	2 la 4	$\pm 4$	B
			0,5 la 2	$\pm 2$	B
				$\pm 0,5$	B
				$\pm 0,5$	B
			1 la 2	$\pm 1$	B
			0,5 la 1	$\pm 1$	B
EN 61000-4-4	Salve de impulsuri	kV			
	- Rețea c.a.		2 la 4	$\pm 2$	B
	- Rețea c.c.		2 la 4	$\pm 2$	B
	- Rețea contr./semnal		1 la 2	$\pm 1$	B
	- Cond. pământ			$\pm 1$	B
EN 61000-4-12	Sinus amortizat	kV			
	- 0,1 MHz (c.a)		1 la 4	fără test	-
	- 1 la 5MHz (control)		0,5 la 2	fără test	-
EN 61000-4-2	ESD aer	kV	4 la 8	$\pm 8$	B
	contact			$\pm 4$	B

Tabelele 11 și 12 se referă la limitele de emisie pentru principalele fenomene electromagnetice din mediile rezidențiale, comerciale și de industrie ușoară, respectiv, mediul industrial.

Tabelul 11. Mediu rezidențial, comercial sau de industrie ușoară (EN 61000-6-3)

Port	Limite		Standard
Rețea c.a.	n = 2 la 40	Standard de referință	EN 61000-3-2
	50/s la 0,7/min	Standard de referință	EN 61000-3-3
	0,15 la 0,5 MHz limitele descresc liniar cu logf	Cvasi-vârf 66 la 56 dB( $\mu$ V) Medii 56 la 46 dB( $\mu$ V)	CISPR 22 Clasa B
	0,5 la 5 MHz	Cvasi-vârf 56 dB( $\mu$ V) Medii 46 dB( $\mu$ V)	
	5 la 30 MHz	Cvasi-vârf 60 dB( $\mu$ V) Medii 50 dB( $\mu$ V)	
0,15 la 30 MHz	Interferențe discontinue	CISPR 14	
Linii semnal, control	0,15 la 0,5 MHz limitele descresc liniar cu logf	Cvasi-vârf 40 la 30 dB( $\mu$ A) Medii 30 la 20 dB( $\mu$ A)	CISPR 22 Clasa B
- rețea c.c.			
- input / output			
- alte porturi	0,5 la 30 MHz	Cvasi-vârf 30 dB( $\mu$ A) Medii 20 dB( $\mu$ A)	
Carcasă	30 la 230 MHz	Cvasi-vârf 30 dB( $\mu$ V/m) la 10 m	CISPR 22 Clasa B
	230 la 1000 MHz	Cvasi-vârf 37 dB( $\mu$ V/m) la 10 m	

Tabelul 12. Mediu industrial (EN 61000-6-4)

Port	Limite		Standard
Rețea c.a.	n = 2 la 40	Standard de referință	EN 61000-3-2
	50/s la 0,7/min	Standard de referință	EN 61000-3-3
	0,15 la 0,5 MHz	Cvasi-vârf 79 dB( $\mu$ V) Medii 66 dB( $\mu$ V)	CISPR 11
	0,5 la 5 MHz	Cvasi-vârf 73 dB( $\mu$ V) Medii 60 dB( $\mu$ V)	
	5 la 30 MHz	Cvasi-vârf 73 dB( $\mu$ V) Medii 60 dB( $\mu$ V)	
0,15 la 30 MHz	Zgomot în impuls	CISPR 14	
Linii semnal, control	0,15 la 0,5 MHz	Standard de referință	
- rețea c.c.			
- input / output			
- alte porturi	0,5 la 30 MHz		
Carcasă	30 la 230 MHz	Cvasi-vârf 30 dB( $\mu$ V/m) la 30 m	CISPR 11
	230 la 1000 MHz	Cvasi-vârf 37 dB( $\mu$ V/m) la 30 m	

## Standardele de produs și familii de produse

*Standardele de produs și familii de produse* sunt aplicabile unui grup de produse care au în comun anumite caracteristici generale, funcționează în medii electromagnetice similare și au un domeniu de aplicare asemănător. Ca exemplu de produse similare, se pot considera: instrumentele de măsurat, monitoarele, mașinile de spălat etc., iar ca familii de produse: echipamentele electrice casnice, echipamentele medicale etc. Aceste standarde pot fi de sine stătătoare (de exemplu, CISPR 24 – care se referă la limitele și metodele de măsurare pentru caracteristicile de imunitate ale echipamentelor de tehnologia informației) sau sub forma unor clauze speciale în cadrul unor standarde mai generale de produs, care conțin și cerințe de natură mecanică, climatică, funcțională etc. (de exemplu, EN 62053-21, referitor la cerințele particulare pentru contoarele statice de energie activă, clasa 1 și 2).

Desigur, standardele de produs trebuie să fie cuprinzătoare, să ia în considerare toate problemele referitoare la emisie și la imunitate, cu observația că nu toate tipurile de perturbații sunt relevante pentru un anumit produs și un mediu dat. Ele nu trebuie să fie diferite de standardele de bază decât în cazuri bine justificate (de exemplu, echipamentele medicale) și nu conțin detalii referitoare la metodele de măsurare și de testare.

*Standardele pentru familii de produse* definesc cerințele de compatibilitate electromagnetică specifice atât pentru imunitate, cât și pentru emisie, precum și procedurile precise de testare; ele nu includ, în mod normal, detalii privind metodele de măsurare sau testare, ori în ceea ce privește instrumentele de testare, dar fac trimiteri la standardele de bază, respectiv, generale, cu care sunt corelate sub aspectul tipurilor de teste și al limitelor impuse. În mod excepțional și în cazuri bine justificate, standardele pentru familii de produse pot să conțină metode de testare specifice.

*Standardele de produs* sunt asemănătoare standardelor pentru familii de produse, dar mult mai restrânse și conțin: definiția tipului de produse acoperit de standard, descrierea condițiilor de folosire a produselor, de mediu, precum și unele fenomene speciale. Pentru fenomenele care nu sunt conținute în standardele generale este necesară descrierea detaliată a testelor, în timp ce pentru fenomenele acoperite de acestea, se pot accepta, numai în mod justificat, noi proceduri de testare sau alte niveluri pentru rezultatele testării.

În cazul în care se fac referiri la alte standarde se acceptă numai trimiterile la recomandările oficiale (CEI, CENELEC, CCIR etc.), cu indicarea documentului și a datei elaborării acestuia; în cazul unor documente neaprobată se face reproducerea integrală a textului utilizat.

Standardele de produs au următoarea structură:

- Scopul standardului (la ce produs se referă, gama de frecvențe etc.),
- Documente normative de referință (standarde și alte documente),
- Specificația produsului/familiei de produse (cu precizarea clară a ceea ce este conținut, dar și ceea ce este exclus),

- Modul de funcționare și funcțiunile produsului,
- Specificarea mediului electromagnetic în care produsul urmează a fi instalat,
- Cerințe speciale (protecție etc.),
- Limitele emisiilor și testele de emisie,
- Cerințele de imunitate și testele de imunitate (cu precizarea clară a criteriilor de acceptare).

Principalele *familii de produse*, conform Ghidului CEI 107 sunt:

- Echipamente casnice și comerciale (altele decât ITE),
- Echipamente industriale (altele decât ITE),
- Echipamente pentru tehnologia informației (Information technology equipment - ITE),
- Echipamente pentru telecomunicații,
- Receptoare radio-TV și echipamentele asociate,
- Echipamente pentru trafic și transport,
- Echipamente pentru utilități (electricitate, gaz, apă etc.),
- Echipamente conectate la sistemele publice de medie și înaltă tensiune,
- Echipamente medicale,
- Echipamente științifice.

Tendențele actuale de dezvoltare ale standardizării CEM sunt orientate în direcția abordării și aplicării globale a standardelor CEM. De asemenea, este necesară "aducerea la zi" a standardelor, corespunzător progreselor tehnologice și științifice, precum și acumulării de experiență în domeniu. Ca subiecte noi care sunt abordate de comitetele de specialitate CEM, pot fi citate:

- Extinderea domeniului de frecvențe (limita superioară) de la 1 GHz la câțiva GHz (CISPR se referă la 400 GHz!),
- Compatibilitatea electromagnetică a instalațiilor și realizarea măsurărilor "in situ",
- Punerea de acord a standardelor pentru echipamentele industriale și de telecomunicații.

## **Metode de măsurare a caracteristicilor de perturbare electromagnetică**

Metodele de măsurare a caracteristicilor de perturbare electromagnetică urmăresc determinarea nivelului perturbațiilor electromagnetice emise **prin conducție sau prin radiație** de către echipamentele ce se testează. Prin norme se stabilesc echipamentele ce urmează a fi testate, mărimile ce urmează a fi determinate, limitele între care acestea pot să varieze, metodele de măsurare, condițiile și locul în care se efectuează măsurările, caracteristicile principale ale mijloacelor de măsurare și auxiliare folosite etc. În continuare vor fi prezentate principalele aspecte privind măsurarea caracteristicilor de perturbare electromagnetică.



## Metode de măsurare a caracteristicilor de perturbare electromagnetică transmise prin conducție

Din cauza gradului mare de interconectare a echipamentelor, în special prin intermediul rețelelor de alimentare dar și de altă natură, problema perturbațiilor emise prin conducție a impus elaborarea unui număr mare de norme.

Întrucât rețelele de alimentare reprezintă una dintre căile principale de transmitere a perturbațiilor emise prin conducție, în vederea asigurării reproductibilității măsurărilor, s-au standardizat valorile impedanței echivalente acestora; astfel, în figura 2 sunt prezentate schemele electrice pentru impedanța standardizată a unor rețele în funcție de domeniul de frecvențe în care sunt utilizate, după cum urmează:

- a) rețea de alimentare de tensiune joasă, 10.....150 kHz;
- b) rețea de alimentare de tensiune joasă, 0,15...30 MHz;
- c) rețea de alimentare industrială ( $I > 16A$ ), 0,15.....30 MHz;
- d) rețea *clasică* de 150  $\Omega$ , 0,15.....30 MHz.

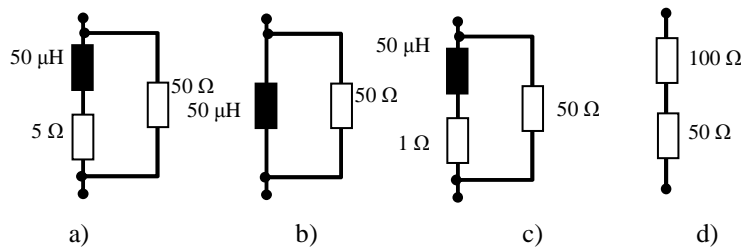


Fig. 2. Impedanțe echivalente ale rețelelor

În schemele din figură, rezistorul de 50  $\Omega$  reprezintă impedanța de intrare a receptorului de măsurare; ultima schemă - varianta e - reprezintă un compromis între impedanța la înaltă frecvență a cablurilor libere care este de circa 500  $\Omega$  și cea a cablurilor folosite la transportul energiei electrice, cu valoarea de circa 40  $\Omega$ .

Limitele pentru nivelul perturbațiilor emise prin conducție sunt date pentru grupe de produse; de exemplu, EN 55013 stabilește nivelurile limită maximă pentru tensiunea perturbatoare transmisă în rețea de televizoare, receptoare și echipamente asociate, iar pentru echipamentele de tehnologie informatică, prin norma EN 55022 care clasifică mai întâi aceste echipamente în clasă A - dacă distanța de testare este de 30 m și în clasă B - dacă distanța de testare este de 10 m. Ambele norme prevăd că în cazul variației indicației instrumentului de măsurat, citirea acestuia reprezintă valoarea maximă observată în decurs de 15 s, valorile extreme de durată scurtă fiind ignorate.

Trebuie observat că ambele norme se "opresc" la 30 MHz; explicația acestei limite constă în faptul că la frecvențe de peste 30 MHz, deoarece dimensiunile

geometrice devin comparabile cu lungimea de undă, toate conductoarele se transformă în antene, iar energia perturbațiilor se transmite prin radiație.

Pentru unele echipamente, ca, de exemplu, în cazul radioreceptoarelor și al televizoarelor, normele pot prevedea și măsurări suplimentare; astfel, norma EN 55013 prevede și limitele tensiunilor perturbatoare la terminalul de antenă. Deoarece impedanța nominală a intrării de antenă este de 75 Ω, iar receptoarele de măsurare au o altă impedanța de intrare Z, limitele date se recalculează cu formula:

$$L_R [dB\mu V] = L_m [dB\mu V] + 10 \lg \frac{Z}{75} \quad (1)$$

Deoarece în cazul prezentat anterior echipamentele trebuie să se găsească în situația cea mai defavorabilă, adică în condiții de recepție, pentru a putea cupla la borna de antenă concomitent generatorul de semnal și receptorul de măsurare, se folosesc *cuploare direcționale*.

În ceea ce privește aparatura de măsurare, normele recomandă folosirea receptoarelor de măsurare cu detector de valori cvasi-vârf sau valori medii, în gama de frecvențe impusă; impedanța de intrare, împreună cu circuitele de adaptare trebuie să asigure un raport de undă staționară mai mic de 2,0:1 pentru o atenuare de 0 dB și mai mic de 1,2:1, pentru atenuări mai mari sau egale cu 10 dB.

Alimentarea echipamentului testat se face printr-o rețea artificială standardizată, de regulă (50 Ω) | (50 μH) în configurație V, eventual, împreună cu un filtru de rețea corespunzător. Măsurările se fac, de obicei, în camere ecranate, echipamentul de testat, normele impunând ca legăturile să fie cât mai scurte, inclusiv, cu referire la modul în care se face legătura de pământare.

Trebuie menționat că, în general, echipamentele trebuie să corespundă și altor norme; de exemplu, pentru echipamentele specificate în acest paragraf trebuie luate în considerare și norma EN 60555 privind nivelul componentelor armonice emise, respectiv, a fluctuațiilor de tensiune sau alte norme care pot prezenta importanță pentru produsele testate.

De asemenea, trebuie luat în considerare faptul că, în funcție de normele care se folosesc, nivelurile impuse pot fi diferite. În figura 3 se prezintă comparativ nivelurile de emisie impuse prin standardele europene EN – care sunt armonizate cu normele CISPR, vechile standarde germane – VDE și cele conform normei americane FCC, toate valorile fiind măsurate în concordanță cu norma CISPR 16, cu detector de valori cvasi-vârf; în figură, clasa A se referă la standardele EN 55011, EN 55022 – clasa A și EN 55081 – 2, iar clasa B, la standardele EN 55011, EN 55022 – clasa B, EN 55013, EN 55014 și EN 55081 – 1. În cazul în care măsurările se fac cu un detector de valori medii, valorile vor fi diferite cu 13 dB pentru clasa A și cu 10 dB pentru clasa B, sub valorile pentru detectoarele de valori cvasi-vârf.

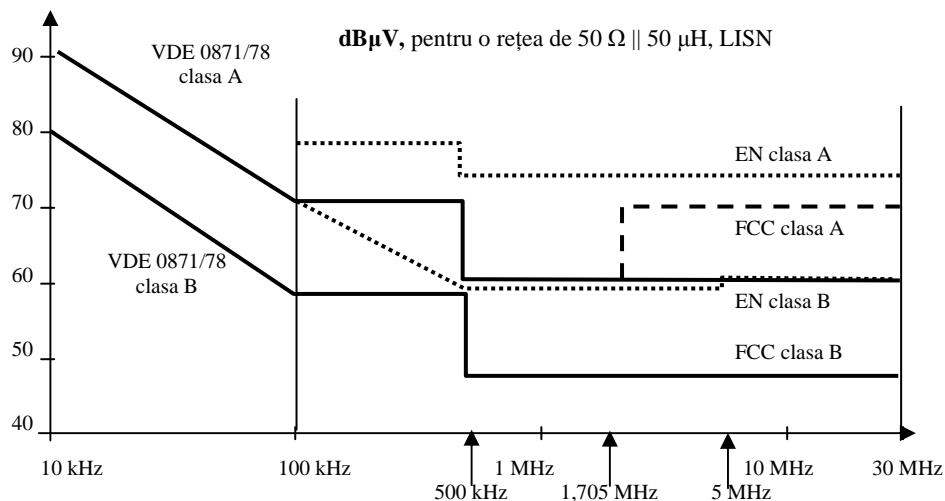


Fig. 3. Limitele de emisie prin conducție

### Metode de măsurare a caracteristicilor de perturbare electromagnetică transmise prin radiație

În afara altor prevederi, pentru compatibilitatea electromagnetică prezintă importanță câmpurile electromagnetice radiate având frecvența superioară valorii de 30 MHz. Perturbațiile radiate se determină, de obicei, în două moduri:

- măsurarea perturbațiilor radiate (disturbance radiation) la distanțe standard sub formă de câmp electric (engl. cabinet radiation);
- măsurarea puterii perturbațiilor radiate de cablurile echipamentului testat (disturbance power).

#### a) Măsurarea câmpului perturbator radiat

Măsurarea câmpului perturbator radiat se efectuează în anumite condiții, care se referă la caracteristicile mediului de măsurare, distanța la care se execută (3 m, 10 m sau 30 m), caracteristicile echipamentului de măsurare etc. Pentru exemplificare, la echipamentele informatice, limitele pentru câmpul electromagnetic perturbator radiat sunt date în tabelul 12; pentru echipamentele în clasa A, măsurarea se face la o distanță de 30 m, în timp ce pentru echipamentele din clasa B, măsurarea se efectuează la o distanță de 10 m.

În cazul în care nivelul perturbațiilor exterioare este prea mare, pentru clasa A se admite ca măsurarea să se facă și la distanța de 10 m, respectiv, la 3 m - pentru clasa B; în acest caz, limitele câmpului electric perturbator  $L_x$  se calculează cu relația:

$$L_x = L_0 \frac{d_0}{d_x} \quad (2)$$

unde:  $L_0$  este limita impusă prin norme pentru distanța  $d_0$ , iar  $L_x$  - limita corespunzătoare noii distanțe  $d_x$ .

Tabelul 12. Valori limită pentru nivelul perturbațiilor radiate

Domeniul de frecvențe [MHz]	Valori limită (dB( $\mu$ V/m)) cvasi-vârf	
	Clasa A	Clasa B
30-230	30	30
230-1000	37	37

Măsurările se pot efectua într-un spațiu de testare în câmp deschis - OATS, care poate fi acoperit cu materiale nemetalice, sau în camere anecoide. Locul de măsurare trebuie să fie plat și fără obiecte reflectorizante; în apropierea echipamentului și a antenei nu trebuie să existe obiecte metalice cu dimensiuni mai mari de 50 mm. Echipamentul de testat și antena se așează pe o suprafață metalică plană cu dimensiunile de 6 m  $\times$  9 m, așa cum precizează norma EN 55013; în figura 4 se prezintă modul de aranjare geometrică a schemei de măsurare.

Înlocuind echipamentul care se testează cu un generator de semnal și o antenă de emisie identică cu cea de recepție, se poate verifica atenuarea măsurată a locului,

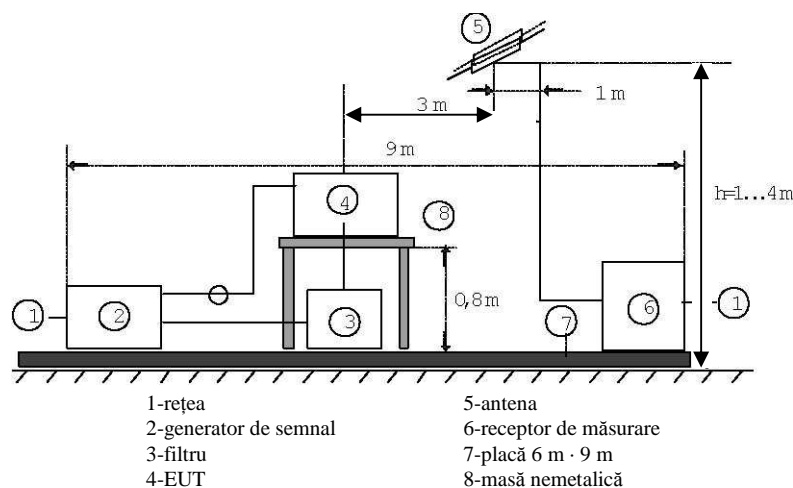


Fig. 4. Măsurarea perturbațiilor radiate.

care nu trebuie să difere cu mai mult de 3 dB față de valoarea teoretică.

În cazul în care se folosesc atenuatoare sau adaptoare pentru antene, la indicațiile obținute pentru emisie și pentru recepție trebuie scăzute, respectiv adunate,

atenuările corespunzătoare acestora. Antenele sunt, de obicei, de tip dipol, însă pot fi folosite și alte tipuri de antene, caz în care trebuie luat în considerare câștigul și de asemenea, să se țină seama și de caracteristica de directivitate.

Înălțimea antenei de recepție este variată, pentru polarizare orizontală între 1 și 4 m, iar pentru polarizarea verticală, între 2 și 4 m, pentru obținerea valorii maxime, măsurarea făcându-se pentru diferite valori ale frecvenței. Pentru a lua în considerare situația cea mai defavorabilă care poate să apară, se ia cea mai mare valoare obținută din toate măsurările și se compară cu limitele stabilite prin norme. Normele prevăd modul în care se efectuează legăturile, poziționarea echipamentelor care se testează, poziționarea echipamentelor de măsurare necesare, a unor anexe ale acestora etc. Precizările făcute în norma EN 55022 pentru echipamentele informatice, nu diferă prea mult de cele cuprinse în norma EN 55013, diferența esențială fiind distanța de măsurare diferită, care în acest caz este de 10 m, respectiv de 30 m.

#### b) Măsurarea puterii perturbațiilor radiate

Pentru unele aplicații este mai important să se măsoare puterea perturbațiilor radiate decât intensitatea câmpului electromagnetic. Astfel, în norma EN 55013 sunt prezentate limitele pentru nivelul puterii perturbațiilor radiate de echipamentele asociate aparatelor radio-TV ca, de exemplu, amplificatoare de audiofrecvență, pickup-uri, etc. cu excepția înregistratoarelor video.

Măsurarea puterii perturbațiilor emise se face cu ajutorul unui clește absorbant care se aplică succesiv pe toate conductoarele cu lungimi mai mari de 25 cm, ecranate sau neecranate și care pot fi conectate la echipament. Pe fiecare conductor se deplasează cleștele absorbant pe o distanță egală cu jumătate din lungimea de undă a fiecărei frecvențe măsurate, începând cu poziția cea mai apropiată de carcasa EUT. Dacă este necesar, conductoarele pot fi prelungite, astfel încât lungimea conductorului să fie de minim jumătate din lungimea de undă (la 30 MHz lungimea minimă este de circa 5 m). Cea mai mare dintre toate valorile obținute, pentru fiecare conductor și frecvență măsurată, se compară cu limitele impuse de norme.

În timpul măsurării, EUT este plasat pe o masă nemetalică cu înălțimea de 0,8 m, legăturile fiind astfel făcute încât cleștele absorbant să se deplaseze orizontal; nu se admit obiecte metalice sau persoane la o distanță mai mică de 0,8 m de EUT. Pe cabluri se plasează inele din ferite absorbante pentru eliminarea eventualelor perturbații suplimentare ce ar influența măsurarea. Norma precizează și alte condiții necesare a fi îndeplinite în timpul efectuării măsurărilor.

### **Metode de măsurare a caracteristicilor de perturbare electromagnetică pentru echipamentele ISM**

Echipamentele industriale, științifice și medicale (ISM) sunt definite în mod separat prin norma CISPR 11 întrucât ele reprezintă o sursă importantă de perturbații electromagnetice. Conform acestei norme echipamentele ISM sunt acele echipamente care sunt proiectate să genereze și/sau să folosească local energia de radiofrecvență

pentru scopuri industriale, științifice, medicale, casnice sau similare acestora, cu excepția domeniilor telecomunicațiilor și tehnologiei informatice, respectiv a unor aplicații acoperite prin alte norme.

După modul în care se vehiculează energia electromagnetică, echipamentele ISM se clasifică în două grupe:

- *grupa 1*, care conține echipamentele ISM în care în mod intenționat se generează și/sau se folosește energia de radiofrecvență cuplată prin conducție și care este necesară funcționării interne a echipamentului;

- *grupa a 2-a*, care cuprinde echipamentele ISM în care energia de radiofrecvență este generată și/sau folosită în formă de radiație electromagnetică pentru tratarea sau prelucrarea materialelor, aici intrând și instalațiile de prelucrare prin electroeroziune.

Așa cum rezultă din aceste definiții, din grupa 1 fac parte echipamentele de laborator, medicale și științifice ca: generatoare de semnal, receptoare de măsurare, frecvențmetre, analizoare spectrale, echipamente pentru analize chimice, microscopie electronică, surse în comutație (dacă nu sunt încorporate într-un alt echipament) etc.; din grupa a 2-a fac parte echipamentele de călire prin inducție și de încălzire a materialelor dielectrice cu curenți de înaltă frecvență, cuptoarele cu microunde industriale sau casnice, aparatura medicală pentru tratament terapeutic de radiofrecvență, instalațiile de sudură, instalațiile de prelucrare prin electroeroziune etc.

După destinație, echipamentele ISM se clasifică în:

- *echipamente de clasă A* ce urmează a fi folosite în alte locuri decât cele casnice;

- *echipamente de clasă B* care sunt folosite în medii casnice și în locuri care sunt direct conectate la rețelele electrice de joasă tensiune.

Echipamentele de clasă A pot fi măsurate fie în spații special amenajate (în condiții de laborator), fie la locul de instalare (in situ), în timp ce echipamentele de clasă B pot fi măsurate numai în spații special amenajate.

Pentru a reduce interferența cu comunicațiile radio, Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor (ITU) a alocat anumite benzi de frecvențe și puterile disponibile în care trebuie să funcționeze echipamentele ISM. În cadrul normei sunt stabilite limitele perturbațiilor electromagnetice care pot fi emise de către aceste echipamente prin conducție sau prin radiație, în funcție de grupa și clasa echipamentului.

În locul în care se efectuează măsurările, nivelul emisiei trebuie să se distingă față de zgomotul ambiental; pentru a fi îndeplinită această condiție, norma specifică faptul că zgomotul ambiental trebuie să fie cu cel puțin 6 dB mai mic decât nivelul limită impus, această cerință nefiind necesară dacă nivelul total măsurat, format din emisie și zgomotul ambiental, nu depășește limitele precizate de norme.

Măsurările se efectuează folosind o rețea artificială pentru tensiuni perturbatoare nesimetrice de tip "V", cu impedanța de  $50 \Omega \parallel 50 \mu\text{H}$ ; în mod normal, lungimea cablului trebuie să fie de 1 m, ceea ce depășește această lungime urmând a fi strânsă într-o buclă cu diametrul de cel mult 40 cm. Legarea la pământ a

echipamentului se face obligatoriu, prin cabluri cât mai scurte, la punctul de masă al rețelei artificiale.

În ceea ce privește perturbațiile de natură electromagnetică radiate, norma precizează că sub 30 MHz, limitele se referă la componenta magnetică a radiației care se măsoară cu ajutorul unei antene de tip cadru, între 30 MHz și 1 GHz - limitele se referă la componenta de câmp electric a radiației electromagnetice care se determină cu antene de tip dipol simetric, iar peste 1 GHz - limitele se referă la puterea perturbației electromagnetice radiate, fără specificarea tipului de antenă care ar trebui utilizată. Pentru banda de frecvențe 1 - 18 GHz, limita de putere a câmpului electromagnetic perturbator radiat pentru măsurările "in situ" este de 57 dB(pW), iar peste 18 GHz limitele încă nu sunt stabilite.

Măsurările trebuie făcute atât pentru planul de polarizare orizontal, cât și planul de polarizare vertical, norma făcând precizări referitoare la caracteristicile locului de măsurare, dispunerea echipamentelor și a antenelor etc. Măsurarea frecvenței se va face cu precizie ridicată; norma precizează că eroarea de măsurare a frecvenței nu trebuie să depășească 1/10 din eroarea cu care se determină frecvența centrală a benzii de frecvențe pentru care a fost proiectat echipamentul.

O atenție deosebită trebuie acordată condițiilor de încărcare a echipamentelor; ele trebuie să lucreze în condiții normale, în conformitate cu datele tehnice ale produselor, aceasta presupunând, fie operarea pe sarcina reală, fie operarea pe sarcină artificială, măsurările efectuându-se la puterea nominală și respectiv, la jumătate din valoarea acesteia.

Dacă pentru echipamentele industriale, științifice, de laborator și de măsurare nu apar probleme deosebite, pentru echipamentele medicale se recomandă să se utilizeze sarcini artificiale; acestea trebuie să fie cu caracter rezistiv și capabile să absoarbă puterea maximă de ieșire debitată de echipament. De exemplu, pentru echipamentele medicale la care sarcina (pacientul) se cuplează capacitiv, ea este înlocuită prin două discuri metalice plate, cu diametrul de  $170 \pm 10$  mm, între care se poate plasa un circuit format din becuri electrice (pentru puteri cuprinse între 100 și 300 W se pot folosi patru becuri de 110 V/60 W, în paralel). În cazul în care echipamentul lucrează pe o sarcină inductivă, în bobina acestuia se introduce un cilindru din material izolator cu diametrul de 10 cm, umplut cu o soluție de apă distilată, cu 9 g clorură de sodiu/litru; o metodă asemănătoare se aplică și în cazul verificării cuptoarelor cu microunde. Aceste sarcini artificiale trebuie să fie cu caracter rezistiv și capabile să absoarbă puterea maximă de ieșire debitată de echipament.

Deoarece multe echipamente au alimentarea nestabilizată, în cadrul măsurărilor pot să apară concomitent fenomene de modulație în amplitudine și în frecvență cu frecvența rețelei, fenomene care conduc la generarea unor componente spectrale adiacente; pentru a putea pune în evidență aceste componente spectrale, trebuie folosite analizoare spectrale de bandă largă.

Există situații în care măsurările se efectuează în prezența unor semnale radio puternice provenite de la emițătoarele radio-TV din zonă; dacă pentru măsurările

efectuate asupra unui echipament cu un receptor de măsurare, valorile cvasi-vârf se modifică cu mai puțin de  $\pm 0,5$  dB, atunci intensitatea câmpului electric perturbator poate fi calculată cu expresia:

$$E_p = E_t - E_r \quad (3)$$

unde:  $E_p$  reprezintă intensitatea câmpului electric perturbator,  $E_t$  - intensitatea câmpului electric total măsurat, iar  $E_r$  - intensitatea câmpului electric produs de emițătorul radio-TV. Această formulă este valabilă pentru semnalele provenite de la emițătoarele radio-TV având o amplitudine totală de cel mult două ori amplitudinea câmpului electromagnetic perturbator care se măsoară.

În ceea ce privește atenuarea locului de măsurare în câmp deschis, neregularitățile locului, fenomenele de absorbție, împrăștiere și ecranare, toate acestea, pot introduce abateri importante față de valorile obținute prin calcul; pentru distanțe mai mari de 30 m față de sursa de perturbații, intensitatea câmpului electric, la o înălțime dată, variază cu  $1/D^n$ , unde  $D$  este distanța față de sursă, iar  $n$  un parametru egal cu circa 1,3 pentru arii de câmp deschis și 2,8 pentru zone urbane cu construcții dense. Pentru estimări, se poate lua în considerare o valoare medie egală cu 2,2.

Pentru măsurările ce se efectuează "in situ", se prevede și o măsurare a perturbațiilor emise la o distanță de 30 m de la exteriorul peretelui clădirii în care echipamentul este instalat; numărul măsurărilor ce trebuie efectuate în plan azimutal se alege în mod rezonabil, dar nu mai puțin de patru, alese după direcții ortogonale, respectiv, după direcția în care se află stațiile de emisie radio-TV din zonă.

Efectul de ecranare al construcțiilor variază în limite largi, el depinzând de materialele de construcție, grosimea pereților, numărul și suprafața ferestrelor etc. În general, se poate considera că atenuarea minimă a construcțiilor este mult mai mare decât 10 dB.

## Teste de imunitate

Standardul internațional de bază care prezintă în ansamblu *testele de imunitate electromagnetică* este CEI 61000-4-1; el se referă la testele de imunitate pentru echipamentele/aparatele și/sau sistemele electrice și/sau electronice conectate la rețea, în mediul lor electromagnetic, pe rețelele de control și de comunicații, fiind luate în considerare atât fenomenele de conducție, cât și cele de radiație.

Testele și nivelurile de severitate pentru un produs particular depind, în general, de condițiile ambientale de natură electromagnetică și de instalare. Din punctul de vedere al eșalonării în timp, testele se pot efectua în timpul proiectării sau pe durata fabricării produsului, teste de tip și teste de lot; numărul testelor de lot este mai redus decât numărul testelor de tip.

*Selecția testelor* se face în funcție de:



- tipul și nivelul perturbațiilor care pot afecta echipamentul;
- condițiile ambientale;
- constrângerile economice.

În cadrul normei se fac recomandări privind testele care trebuie folosite pentru următoarele *categorii de echipamente*:

- echipamente care se instalează în rețelele electrice publice de distribuție de joasă tensiune, fie pentru aplicații private care au, în general, un nivel de cerințe mai redus, fie pentru aplicații speciale (profesionale), care presupun o utilizare particulară și o perioadă lungă de funcționare fără supraveghere și care necesită condiții mai severe de îndeplinit în raport cu cele precedente;
- echipamente care se instalează în rețele electrice de joasă tensiune industriale și în rețelele de control industrial;
- echipamente care se instalează în centralele electrice unde, din cauza comutărilor și a defectelor caracteristice, pot să apară efecte specifice sau extreme. Echipamentele de prelucrare și stocare a informațiilor, precum și echipamentele medicale nu sunt incluse în clasificarea prezentată, ele fiind considerate cu localizare specială, caracterizate prin metode de instalare și testări specifice.

În ceea ce privește *selectarea gradelor de severitate*, se recomandă să se țină seama de următoarele aspecte:

- gradul de siguranță în funcționare cerut de utilizator în conformitate cu cerințele ambientale specifice;
- condițiile ambientale care indică nivelul perturbațiilor;
- constrângerile economice (selectarea unor niveluri de testare extreme poate conduce la produse neeconomice).

Factorii prezentați nu pot fi considerați independenți; ei acționează împreună sau interacționează ca, de exemplu, siguranța în funcționare cu constrângerile de natură economică. Alegerea testelor de imunitate corespunzătoare produsului este o sarcină a producătorului sau subiect de înțelegere între producător și beneficiar, în ambele cazuri urmărindu-se optimizarea tehnico - economică.

*Evaluarea rezultatelor testării* se clasifică pe baza condițiilor de lucru și a specificațiilor funcționale; astfel, pot rezulta:

- performanțe normale în cadrul limitelor specificate;
- degradare temporară, întreruperea funcționării sau pierderea performanțelor cu revenire după încetarea testului;
- degradare temporară, întreruperea funcționării sau pierderea performanțelor care necesită intervenția operatorului sau resetarea sistemului;
- degradare temporară, întreruperea funcționării sau pierderea performanțelor care nu este recuperabilă din cauza distrugerii echipamentului sau a componentelor acestuia, a programului software sau a pierderilor de date.

Raportul de testare trebuie să cuprindă condițiile de testare, rezultatele obținute la probele efectuate, precum și eventuale interpretări ale acestora. În cadrul normei CEI 1000-4-1 sunt prezentate succint testele de imunitate care pot fi aplicate echipamentelor, indicându-se: scopul testului, gama de aplicare, caracteristicile mărimilor perturbatoare, schema de principiu a echipamentului de testare, nivelurile de severitate etc. De asemenea, în cadrul standardului se fac trimiteri și la alte norme care prezintă în mod detaliat testele specifice, unele dintre ele urmând a fi prezentate în continuare.

Principalele teste de imunitate în compatibilitatea electromagnetică ce se efectuează asupra echipamentelor electrice și electronice sunt:

1) *Încercarea de imunitate la descărcările electrice* (CEI 61000-4-2), care se realizează sub formă de:

- *descărcări de contact;*
- *descărcări în aer.*

Nivelurile de severitate ale normei, precum și tensiunile de încercare pentru descărcările electrice sunt prezentate în tabelul 13.

*Tabelul 13. Niveluri de severitate pentru ESD*

Nivel de severitate	Tensiunea de încercare în (kV)	
	Descărcare de contact	Descărcare în aer
1	2	2
2	4	4
3	6	8
4	8	15
x	Special	Special

Testele pot fi realizate în condiții de laborator sau în locul unde este instalat echipamentul; în cazul testelor efectuate în condiții de laborator, se realizează un plan de referință cu ajutorul unei plăci metalice depuse pe podea, cu grosimea de minimum 0,25 mm, dacă este din aluminiu sau cupru și respectiv, 0,65 mm, pentru alte metale. Suprafața plăcii de referință este de minimum 1 m<sup>2</sup>, dar mai mare cu minimum 0,5 m decât marginile echipamentului care se testează.

Echipamentul ce urmează a fi testat se plasează izolat față de planul de referință, pe un suport de circa 0,1 m grosime sau pe o masă izolatoare cu înălțimea de circa 0,8 m; în cazul folosirii mesei, pe ea se așează un *plan de cuplare orizontal*

(horizontal coupling plane - HCP), cu dimensiunile 1,6 m × 0,8 m, pe care se așează izolat EUT.

În cazul descărcărilor în aer sunt necesare următoarele condiții climatice:

- temperatura ambiantă: 15°C la 35°C;
- umiditatea relativă: 30 % la 60 %;
- presiunea atmosferică: 86 kPa la 106 kPa.

Tensiunea de încercare va fi crescută de la valoarea minimă la valoarea corespunzătoare nivelului de testare, pentru a putea determina pragul de imunitate. Testul se realizează cu descărcări singulare, recomandându-se un interval de circa 1 s între două impulsuri succesive. Pentru descărcările de contact, apropierea electrodului se va efectua cât mai repede posibil, fără a cauza distrugerii mecanice. Dacă carcasa/cutia echipamentului este acoperită cu materiale de protecție izolatoare, fără specificarea caracterului izolator al acestora (de exemplu, vopsea), electrodul va trebui să penetreze acest strat.

Standardul precizează că se efectuează un număr de minimum 10 descărcări în fiecare punct testat (față a echipamentului), pentru fiecare nivel de tensiune și respectiv, polaritate a descărcării, prelucrarea rezultatelor făcându-se statistic.

Testarea se va face pe baza unui *plan de testare* care cuprinde: condițiile de utilizare ale EUT, punctele în care urmează să se efectueze probele, precum și tipul descărcării, nivelul de testare care urmează a fi aplicat și numărul descărcărilor pentru fiecare punct. Nivelul de testare se alege în funcție de condițiile de instalare, de folosire și ambientale; astfel, pentru medii care folosesc materiale antistatice ca, de exemplu, lemn, beton, ceramică etc., se consideră, de regulă, nivelul 1 sau 2; pentru mediile în care sunt folosite materiale sintetice, se aplică nivelul 3 sau 4.

Impulsul se simulează pe o sarcină de 330 Ω || 150 pF și are timpul de creștere cuprins între 0,7 și 1 ns. Efectul descărcărilor poate fi atât prin conducție (în cazul descărcărilor de contact), cât și prin radiație (în special, pentru descărcările în aer), cu observația că, uneori, efectul poate fi distructiv.

2) *Încercarea de imunitate la câmpurile electromagnetice de radiofrecvență radiate* (CEI 61000-4-3) se realizează în câmp electromagnetic uniform. Banda de frecvențe a câmpului electromagnetic este cuprinsă între 80 și 1000 MHz, frecvența modificându-se în trepte suficient de fine pentru acoperirea întregului spectru, semnalul emis fiind modulat MA cu un semnal modulator de 1 kHz cu gradul de modulare de 80 %. Încercările se fac în spații speciale, ca, de exemplu, în camere anecoide; în spațiul de măsurare trebuie să se asigure o *arie uniformă* (uniform area) care este o suprafață verticală cu dimensiunile minime de 1,5 m × 1,5 m, în care se admit, pe 75 % din suprafața acesteia, cel mult variații ale câmpului electromagnetic cuprinse între 0 și + 6 dB. Echipamentul care urmează a fi testat se plasează în aria uniformă, astfel încât să fie iluminat frontal de câmpul electromagnetic.

Pentru a asigura reproductibilitatea măsurărilor este necesară calibrarea periodică a spațiului de măsurare, metodele fiind destul de laborioase.

În tabelul 14 sunt prezentate nivelurile de severitate pentru acest test.

Tabelul 14. Niveluri de severitate pentru imunitate la câmpul electromagnetic

Nivel	Intensitatea câmpului electric (V/m)
1	1
2	3
3	10
x	Special

Selectarea nivelurilor de testare se poate realiza după apartenența mediului ambiant în care urmează să fie instalat echipamentul la una din clasele următoare:

- *Clasa 1*: mediu ambiant cu nivel de radiație electromagnetică scăzută;

- *Clasa 2*: mediu ambiant cu nivel de radiație electromagnetică moderată; în zonă sunt folosite aparate radio de emisie - recepție de putere mică. Este o zonă tipică comercială.

- *Clasa 3*: mediu ambiant cu nivel de radiație electromagnetică severă; în zonă sunt folosite aparate radio de emisie - recepție cu puterea de peste 2 W, există în apropiere stații de emisie radio-TV puternice sau echipamente ISM. Este o zonă tipică industrială.

- *Clasa x*: condițiile sunt negociate între beneficiar și producător.

Testul de imunitate pentru perturbațiile de radiofrecvență transmise prin conducție se realizează în banda de frecvențe 0,150 - 80 MHz în conformitate cu norma CEI 61000-4-6 și conține multe asemănări cu norma prezentată anterior, diferențele rezultând din faptul că pentru acest test, semnalul de testare se injectează în porturile EUT; testarea se poate efectua, în acest caz, în laboratoare ecranate.

3) *Încercarea de imunitate la impulsurile tranzitorii rapide și la salve de impulsuri* (CEI 1000-4-4) este una dintre cele mai relevante probe de CEM; testul se realizează prin injectarea prin porturile EUT, adică, conductoarele de alimentare și respectiv, pe liniile de intrare/ieșire de semnal, date și control, a unor impulsuri tranzitorii electrice rapide în salve (burst); semnificativ pentru acest test este timpul de creștere scurt al impulsurilor, rata lor de repetiție și energia redusă.

Tensiunea de testare se aplică prin rețea de cuplare/decuplare sau prin cuplaj capacitiv. Generatorul acestor tensiuni de testare trebuie să aibă impedența de ieșire de  $50 \Omega + 20\%$  într-o bandă de frecvențe cuprinsă între 1 și 100 MHz, el funcționând asincron în raport cu rețeaua de alimentare.

Testul poate fi realizat în condiții de laborator sau pentru echipamentele instalate. Condițiile de efectuare a testului, condițiile climatice, precum și planul de efectuare a testării sunt asemănătoare încercării de imunitate la descărcările electrostatice. În conformitate cu norma, testul se aplică pentru porturile de alimentare, porturile de intrare/ieșire pentru comunicații, de date, măsurare, control și de semnalizare, precum și pentru portul de pământare.

Selectarea nivelului de severitate al probei se realizează în funcție de condițiile electromagnetice ambientale; astfel, pe baza practicii privind instalarea echipamentelor, pot fi considerate următoarele niveluri:

*Nivelul 1: Mediu ambiental bine - protejat*, care conține instalații care se caracterizează prin următoarele atribuții:

- eliminarea totală a impulsurilor în salve din sursele de putere în comutație și circuitele de control;

- cablurile surselor de alimentare de putere sunt ecranate și pământate la ambele capete la pământul de referință al instalației, iar sursele de alimentare sunt protejate cu ajutorul filtrelor. Reprezentativă pentru acest mediu ambiant este o cameră a unui centru de calcul.

*Nivelul 2: Mediu protejat*, pentru care instalația este caracterizată prin următoarele atribute:

- eliminarea parțială a impulsurilor în salve din sursele de putere în comutație și circuitele de control, în care se folosesc cel mult relee (nu și contactoare);

- separarea tuturor circuitelor sensibile de alte circuite asociate cu condiții ambientale cu grad ridicat de severitate;

- separarea fizică a cablurilor de putere și de control neecranate de cablurile de semnal și comunicații. Camerele de control din întreprinderile industriale și centralele electrice îndeplinesc aceste condiții.

*Nivelul 3: Mediul industrial tipic* este caracterizat prin următoarele particularități:

- nu se realizează eliminarea impulsurilor în salve din sursele de putere în comutație și circuitele de control și în care se folosesc cel mult relee (nu și contactoare);

- separarea redusă a circuitelor industriale de alte circuite asociate cu condiții ambientale cu grad ridicat de severitate;

- separarea cablurilor pentru sursele de putere, control, semnal și linii de comunicații;

- disponibilitatea sistemului de pământare reprezentat prin conducte, conductoare de pământare în cablurile pozate și rețea proprie de pământare. Reprezentative pentru acest tip de mediu ambiental sunt halele industriale și camerele de relee din stațiile de înaltă tensiune.

*Nivelul 4: Mediul industrial sever* este caracterizat prin următoarele atribute:

- nu se realizează eliminarea impulsurilor în salve din sursele de putere în comutație și circuitele de control și în care se folosesc atât relee, cât și contactoare;

- nu se realizează separarea circuitelor industriale de alte circuite asociate cu condiții ambientale cu grad ridicat de severitate;

- nu există separarea cablurilor pentru sursele de putere, control, semnal și linii de comunicații;

- folosirea cablurilor multiple pentru linii de control și semnal (în comun).

*Nivelul 5* se referă la situații speciale care se negociază între producător și beneficiar.

4) *Încercarea de imunitate la impulsuri energetice de regim tranzitoriu* (CEI 61000-4-5), poate fi distructivă pentru echipamentele neprotejate corespunzător. După efectuarea testului, produsul se poate prezenta în următoarele situații:

- a) *conservarea performanțelor;*
- b) *a suferit erori reversibile, care au revenit după testare;*
- c) *prezintă erori ireversibile, dar care pot fi eliminate;*
- d) *prezintă deteriorare.*

Testarea se face cu impulsuri de tensiune care au timpul de creștere de 1,2  $\mu$ s și durată, la 1/2 din amplitudine, de 50  $\mu$ s, sau impulsuri de curent cu timpul de creștere de 8  $\mu$ s și durată de 20  $\mu$ s. Cuplarea generatorului la echipamentul care se testează se face prin condensatoare de 9 sau 18  $\mu$ F, prin arestor (tub cu descărcare în gaze) sau transformator cu raportul de transformare 1:1.

Pentru porturile de semnal care folosesc cabluri lungi se consideră impulsul de tensiune dat de norma CEI/CCIT care stabilește timpul de creștere de 10  $\mu$ s, iar durată impulsului la 1/2 din amplitudine egală cu 700  $\mu$ s. Semnalul se poate aplica pe modul comun sau pe modul diferențial și are, în funcție de nivelul de severitate, amplitudinile prezentate în tabelul 15.

*Tabelul 15. Niveluri de severitate pentru impulsul energetic*

<b>Nivel de severitate</b>	<b>Tensiunea de testare în gol +10 % pe MC (kV)</b>	<b>Tensiunea de testare în gol +10 % pe MD (kV)</b>	<b>Curent de scurtcircuit +10 % pe MC (kA)</b>	<b>Curent de scurtcircuit +10 % pe MD (kA)</b>
1	0,5	0,25	0,25	0,125
2	1,0	0,5	0,5	0,25
3	2,0	1,0	1,0	0,5
4	4,0	2,0	2,0	1,0
5	Se negociază	Se negociază	Se negociază	Se negociază

Având în vedere severitatea acestui test, echipamentele se clasifică în:

*Nivelul 1* - echipamente care funcționează în mediu interior, cu tensiuni de alimentare în curent continuu sau curent alternativ mai mici decât 100 V.

*Nivelul 2* - echipamente care funcționează în mediu interior, cu tensiuni de alimentare în curent continuu sau curent alternativ mai mici decât 300 V.

*Nivelul 3* - echipamente care funcționează în mediu interior cu tensiuni de alimentare cuprinse între 300 și 600 V.

*Nivelul 4* - echipamente care funcționează în mediu exterior cu tensiuni de alimentare în curent continuu sau curent alternativ mai mici decât 600 V.

*Nivelul 5* - echipamente care funcționează în condiții speciale care se negociază.

Selectarea nivelului de severitate se face și în funcție de clasa de severitate a instalației în care urmează să fie montat echipamentul; astfel, conform acestei norme, clasificarea instalațiilor în funcție de mediul ambiant considerat este următoarea:

- *Clasa 0: Mediu ambiant electric bine-protejat*; toate cablurile ce intră în incinta considerată sunt prevăzute cu protecții la supratensiune atât în circuitul primar, cât și în circuitul secundar. Echipamentele electronice sunt interconectate printr-un sistem de pământare eficient care nu este influențat în mod esențial de instalația de putere sau trăsnete. Echipamentele electronice conțin surse de alimentare proprii. În asemenea instalații, supratensiunile energetice care pot să apară nu depășesc 250 V.

- *Clasa 1: Mediu ambiant electric parțial-protejat*; toate cablurile care intră în incinta considerată sunt prevăzute cu protecții la supratensiune în circuitul primar. Echipamentele electronice sunt interconectate la un sistem de pământare de tip rețea care nu este influențat în mod esențial de instalația de putere sau trăsnete. Echipamentele electronice conțin surse de alimentare independente. Operațiile de comutare pot genera perturbații în incintă. În asemenea instalații, supratensiunile energetice care pot să apară nu depășesc 500 V.

- *Clasa 2: Mediu ambiant electric unde cablurile sunt complet separate și cu trasee scurte*; instalația este conectată prin cabluri separate la sistemul de pământare al instalației de putere, în care pot să apară tensiuni perturbatoare generate de către ea însăși sau de trăsnet. Echipamentele electronice conțin surse de alimentare separate de alte circuite, cel mai adesea, cu ajutorul unui transformator. Instalația nu are circuite de protecție, dar este corect distribuită. În asemenea instalații, supratensiunile energetice care pot să apară nu depășesc 1 kV.

- *Clasa 3: Mediu ambiant electric unde cablurile de putere și de semnal sunt pozate în paralel*; instalația este conectată la sistemul de pământare al instalației de putere, în care pot să apară tensiuni perturbatoare generate de către ea însăși sau de trăsnet. Curenții din circuitul de pământare, operațiunile de comutare și trăsnetul pot genera tensiuni perturbatoare cu amplitudine relativ mare în sistemul de pământare. Echipamentele electronice protejate și echipamentele electrice mai puțin sensibile sunt conectate la aceeași rețea de alimentare. Cablurile de interconectare pot fi parțial exterioare, dar situate în apropierea rețelei de masă. Sarcinile inductive sunt prezente în instalație. În asemenea instalații, supratensiunile energetice care pot să apară nu depășesc 2 kV.

- *Clasa 4: Mediu ambiant electric unde interconexiunile sunt realizate cu cabluri exterioare de-a lungul cablurilor de putere*, iar cablurile sunt folosite atât pentru circuite electrice, cât și pentru circuitele electronice; instalația este conectată la sistemul de pământare al instalației de putere în care pot să apară tensiuni perturbatoare generate de către ea însăși sau de trăsnet. Curenți de ordinul kA din

circuitul de pământare, operațiunile de comutare și trăsnetul pot genera tensiuni perturbatoare cu amplitudine relativ mare în sistemul de pământare. Echipamentele electronice și echipamentele electrice sunt conectate la aceeași rețea de alimentare. Cablurile de interconectare pot fi pozate în exterior, chiar dacă aparțin unor echipamente de tensiune înaltă. Un caz special pentru acest tip de mediu este atunci când echipamentul electronic este conectat la o rețea de telecomunicații într-o zonă dens populată, în care nu există un sistem de pământare unitar, eventual, sunt folosite mijloace improvizate ca, de exemplu, conducte metalice, cabluri etc. În asemenea instalații, supratensiunile energetice care pot să apară nu depășesc 4 kV.

- *Clasa 5: Mediu ambiant electric pentru echipamente electronice conectate la cablurile de telecomunicații care se intersectează cu rețelele electrice aeriene în zonele cu populație redusă*; toate cablurile sunt protejate în circuitul primar. Din cauza curenților mari din circuitele de pământare, condițiile pentru acest mediu sunt severe și conduc la încadrarea în clasa 4.

5) *Încercarea de imunitate la câmpurile magnetice de frecvența rețelei* (CEI 61000-4-8), permite demonstrarea insensibilității echipamentelor la acțiunea câmpurilor magnetice de putere produse de curenții din conductoarele rețelei de alimentare sau fluxurile magnetice de dispersie ale transformatoarelor care se află în vecinătatea acestora; în practică, se disting două situații:

- un curent în condiții normale de funcționare produce un *câmp magnetic staționar*, de obicei, de amplitudine redusă;

- curentul care apare în condiții de defect produce un *câmp magnetic cu amplitudinea mare de scurtă durată*, până când va acționa dispozitivul de protecție (de la câteva milisecunde, în cazul protecției cu siguranțe fuzibile, la câteva secunde, în cazul protecției prin releu).

Testul se realizează prin *metoda imersiei*, dacă EUT se introduce în centrul unei bobine plate sau prin *metoda proximității* (nerecomandată), dacă echipamentului ce urmează a fi testat, i se aplică un câmp magnetic local cu ajutorul unei bobine mici pentru a-i determina aria sensibilă. Testul se realizează atât pentru *câmpuri magnetice staționare* cu frecvența de 50 sau 60 Hz, cât și pentru *câmpuri magnetice de scurtă durată* - 1 la 3 s, având aceleași frecvențe; intensitatea câmpului magnetic în funcție de nivelul testării este prezentată în tabelul 16.

Generatorul folosit în cadrul testului trebuie să furnizeze curentul necesar în bobina care creează câmpul magnetic; bobina poate fi cu o spiră sau mai multe spire, confecționate din material nemagnetic, cu o secțiune suficientă pentru a permite poziționarea EUT. Condițiile de măsurare sunt asemănătoare cu celelalte probe, cu condiția ca valoarea câmpului electromagnetic din laborator să fie cu cel puțin 20 dB mai mică decât valoarea corespunzătoare nivelului de testare.

Nivelul de testare se alege în funcție de condițiile ambiante și instalația din care urmează să facă parte echipamentul; astfel, pe baza practicii de instalare, s-au stabilit următoarele clase:



- *Clasa 1*: Mediu ambiant unde se folosesc dispozitive sensibile cu fascicul de electroni;
- *Clasa 2*: Mediu ambiant bine protejat, în care lipsesc transformatoarele de putere și nu se găsesc în apropiere linii de înaltă tensiune;
- *Clasa 3*: Mediu ambiant protejat, în care se asigură în spațiile comerciale și în alte locuri câmpuri magnetice reduse;
- *Clasa 4*: Mediu ambiant industrial tipic;
- *Clasa 5*: Mediu ambiant industrial sever;
- *Clasa x*: Mediu ambiant special. Încercările de imunitate la câmpuri magnetice în impuls și respectiv, în regim oscilant sunt specifice pentru echipamentele care urmează a fi utilizate în stațiile de înaltă tensiune.

*Tabelul 16. Niveluri de severitate pentru câmpul magnetic*

Nivel	Intensitatea câmpului magnetic staționar (A/m)	Intensitatea câmpului magnetic de scurtă durată (A/m)
1	1	Nu se aplică
2	3	Nu se aplică
3	10	Nu se aplică
4	30	300
5	100	1000
x	Special	Special

## Calitatea sistemelor energetice

O normă foarte importantă din punctul de vedere al compatibilității electromagnetice, care definește metodele de măsurare și interpretare a rezultatelor privind *parametrii de calitate în sistemele de energie electrică*, mono și trifazate de 50/60 Hz, este EN 61000-4-30. Caracteristic pentru această normă este faptul că ea nu specifică date de proiectare sau exploatare, ci doar modul de măsurare a caracteristicilor, fără a indica limite sau praguri.

Parametrii de calitate incluși în acest standard sunt:

- dezechilibrul tensiunilor în rețelele trifazate,
- valoarea tensiunilor din rețea,
- componentele armonice de curent și tensiune,
- flickerul,
- nivelul interarmonicelor,
- variațiile bruște ale tensiunii (căderi și creșteri),
- schimbările rapide ale tensiunii,

- întreruperi ale tensiunii,
- semnalele de semnalizare din rețea,
- tensiunile de regim tranzitoriu.

Norma EN 61000-4-30 se referă, cu precădere, la acuratețea și metodologia măsurărilor. În acest sens, sunt definite două clase de echipamente de măsurat în funcție de performanțele de măsurare:

- *Echipamentele de clasă A*, considerate ca referință, sunt folosite în cazul efectuării unor măsurări precise.
- *Echipamentele de clasă B*, folosite pentru indicatorii de performanță, se folosesc pentru supravegheri statistice, identificarea problemelor și alte aplicații care nu necesită o acuratețe prea ridicată.

Domeniile de măsurare care trebuie să fie acoperite de echipamentele de clasă A, respectiv de clasă B, sunt prezentate în tabelul 1

*Tabelul 1 Domenii de măsurare pentru echipamentele de clasă A, respectiv de clasă B*

Parametrul	Domeniu	
	Echip. clasă A	Echip. clasă B
Frecvența	42,5 Hz – 57,5 Hz pentru sisteme de 50 Hz	Idem
Tensiunea (val. staționară)	0 - 200% Un	0 - 150% Un
Flicker (termen scurt)	0 - 20 %	0 – 4%
Dezechilibru	0 - 5%	Idem
Armonici (THD)	De 2 ori valoarea din CEI 61000-2-4, clasa 3	Idem
Interarmonici	De 2 ori valoarea din CEI 61000-2-4, clasa 3	Idem
Tensiune de semnalizare	0 - 9% Un	Idem
Tensiunea de regim tranzitoriu conform CEI 61180	6 kV vârf	-
Tensiunea de regim tranzitoriu rapid	4 kV vârf	-

În conformitate cu cerințele normei, echipamentele de clasă A trebuie să măsoare tensiunea cu o acuratețe de 0,1 %, ceea ce înseamnă că pentru o frecvență de 50 Hz, sunt necesare 256 de eșantioane într-o perioadă (pentru echipamentele în clasă B se admite o acuratețe de 1 %).

Acuratețea măsurării se consideră pentru un interval de timp continuu de 10 perioade, adică 200 ms; măsurările propriu-zise se efectuează pentru intervale de timp (timp de observare), de 3 secunde (150 de perioade pentru 50 Hz), 10 minute și respectiv, 2 ore. Variațiile de tensiune și întreruperile se consideră prin raportarea la valoarea efectivă a unei semialternanțe. Timpii de observare de mai sus rezultă pe baza acumulărilor unor intervale de timp de 10 perioade.

În ultima perioadă, o serie de echipamente și sisteme sunt prevăzute la intrare cu circuite de limitare a regimului tranzitoriu din rețea; întrucât aceste circuite sunt plasate în paralel pe rețeaua de alimentare, în acest caz, măsurarea regimului tranzitoriu într-un nod al rețelei, poate să nu conducă la rezultate concludente; din acest motiv, măsurarea impulsurilor de curent poate să fie mult mai concludentă în ceea ce privește caracterizarea regimului tranzitoriu.

În continuare sunt prezentate unele dintre *metodele de detecție* a regimurilor tranzitorii:

1. *Metoda comparației* – când regimul tranzitoriu depășește un prag fixat;
2. *Metoda anvelopei* – similară metodei comparației, dar cu eliminarea fundamentalei;
3. *Metoda ferestrei ajustabile* – valorile instantanee sunt comparate cu valorile corespunzătoare ale perioadei anterioare;
4. *Metoda derivatei* ( $du/dt$ ) – la depășirea unui prag pentru valoarea derivatei;
5. *Metoda valorii efective* – se bazează pe o eșantionare rapidă și calcularea valorii efective pe intervale de timp mult mai mici decât o perioadă care se compară cu un prag prestabilit;
6. *Metode ce includ caracteristica de frecvență* bazate pe transformata Fourier rapidă, transformata wavelet, transformata  $s$  etc.

În ceea ce privește *metodele de clasificare* a impulsurilor generate de regimul tranzitoriu, după realizarea detecției prin procedeele prezentate anterior, aceasta se realizează pe baza unor parametri prestabiliți:

- valoarea de vârf a tensiunii/curentului;
- valoarea de depășire a unor praguri de tensiune;
- timpul de creștere ( $du/dt$ );
- parametrii de frecvență (componentele spectrale);
- durata, deși este o mărime greu de definit;
- gradul de amortizare;
- frecvența apariției;
- energia sau puterea disponibilă sau transmisă;
- caracterul continuu (în fiecare perioadă) sau singular (cu caracter imprevizibil).

Parametrii specificați anterior pot fi folosiți la clasificarea regimurilor tranzitorii în termeni statistici.

*Monitorizarea calității puterii* transmise prin rețeaua de alimentare cu energie electrică presupune utilizarea unor echipamente care să aibe următoarele caracteristici:

- să fie portabile, robuste și ușoare,
- să fie simple ca utilizare,
- să permită achiziționarea datelor într-o perioadă cât mai lungă de timp,
- să înregistreze doar perturbațiile care depășesc un anumit prag prestabilit,
- să fie alimentate de la UPS pe perioada întreruperilor alimentării cu energie electrică.

Având în vedere faptul că funcționează o perioadă îndelungată și de regulă, fără supraveghere, amplasarea echipamentului de monitorizare trebuie să fie astfel făcută încât să prezinte siguranță maximă și posibilități minime de risc, inclusiv în ceea ce privește deconectarea. În zona de amplasare, echipamentul de monitorizare nu trebuie să fie expus la o încălzire excesivă, umezelii sau prafului, câmpurilor electromagnetice puternice, șocurilor și vibrațiilor sau să existe posibilitatea pierderii informației achiziționate prin intervenția unor persoane neautorizate.

Referitor la traductoarele utilizate, ele trebuie să fie astfel realizate încât să permită utilizarea întregului domeniu de măsurare al echipamentului, într-o bandă de frecvențe care să permită observarea fenomenelor tranzitorii și măsurarea componentelor armonice. Ca traductoare de tensiune, se pot folosi traductoarele de tip transformator, limitate ca domeniu de frecvențe la câțiva kHz, divizoarele de tensiune capacitive, sau divizoarele de tensiune rezistive compensate cu frecvența. Răspunsul în frecvență al traductoarelor capacitive este de sute de kHz, dar pot prezenta fenomene rezonante. O mare atenție trebuie acordată traductoarelor folosite pentru regimurile tranzitorii din punctul de vedere al acoperirii domeniului de măsurare, fără distorsionarea semnalului; ele trebuie să aibă o caracteristică de frecvență (amplitudine și fază), care să nu conducă la modificarea formei semnalelor monitorizate.

În ceea ce privește traductoarele de curent, gama dinamică a acestora trebuie să fie cuprinsă între 0 A și curentul de scurtcircuit posibil în rețeaua monitorizată, de obicei de 20 de ori mai mare decât valoarea nominală a rețelei. Traductoarele de curent se realizează, de obicei, sub forma unor transformatoare de curent (eventual, de tip clește), uneori cu două miezuri sau două înfășurări secundare, una fiind pentru curenții mari (de 20-30 de ori curentul nominal). Măsurarea curenților de regim tranzitoriu se realizează cu traductoare de tip șunt sau transformator, proiectate pentru frecvențe înalte. Șunturile coaxiale prezintă dezavantajul necesității inserției în circuit, iar semnalul de ieșire nu este izolat de circuitul de putere, dar pe de altă parte, ele nu sunt susceptibile la saturație sau magnetizare reziduală ca transformatoarele de curent. Pentru transformatoarele de curent, înfășurarea primară are una sau două spire și lucrează pe sarcină redusă de valoare mică (regim de scurtcircuit). Avantajul acestor traductoare constă în izolarea circuitului de măsurare de circuitul de putere și o gamă dinamică mult mai mare. În mod obișnuit, transformatoarele de curent au banda de frecvențe de câțiva kHz; variantele optice (bazate pe efectul Faraday), sau cele bazate pe efectul Hall, pot avea banda de frecvențe de ordinul MHz. Pentru regimul

tranzitoriu, pot să apară probleme suplimentare; pentru traductoarele de tip transformator se recomandă un raport de transformare ridicat (de exemplu, 2000:2), un flux magnetic remanent redus, sub 10 % din fluxul magnetic de saturație, un volum mare al miezului, flux de scăpări redus și impedanță mică a secundarului. O altă cerință se referă la produsul curent - timp care trebuie să fie cât mai mare și timpul de creștere (de ordinul zecilor de ns), respectiv, de cădere, care trebuie să fie de ordinul zecilor de procente /  $\mu$ s.

Monitorizarea rețelelor de alimentare permite, printre altele și analiza evenimentelor petrecute pe baza datelor stocate în timpul supravegherii; în acest sens se folosește așa numita "semnătură" a calității puterii, sub forma unei reprezentări grafice a evenimentului din rețea, adesea însoțită și de tabele cu valorile numerice. De obicei, în diagramă, se prezintă – pentru circa un sfert din durata reprezentării – forma semnalului înainte de apariția evenimentului, respectiv, forma semnalului după producerea evenimentului. Pe de altă parte, dacă monitorizarea se face într-un singur punct al rețelei, există posibilitatea de realizare a unor statistici referitoare la parametrii determinați sau să se efectueze o contorizare și tabelare a evenimentelor. Dacă monitorizarea se face pentru o rețea, este necesar ca datele preluate din diferite noduri să fie clasificate pe baza unor anumite criterii, iar în prelucrarea statistică să se introducă anumiți coeficienți de ponderare.

Realizarea monitorizării unui site presupune cunoașterea istoriei site-ului și a echipamentelor instalate, precum și a evenimentelor care au avut loc în zona respectivă (*ce, când, unde, de ce, cum?*). După inspectarea site-ului, se stabilesc punctele în care urmează să se facă monitorizarea. Periodic, se analizează datele stocate și se corelează cu datele referitoare la simptomele prezentate de echipamente și istoria site-ului. Pe baza concluziilor, se pot stabili măsuri de protecție și îmbunătățire a calității alimentării, respectiv, de reducere a nivelului perturbațiilor și diminuarea numărului evenimentelor nedorite.

Se recomandă ca supravegherea să înceapă din punctul comun de distribuție a energiei electrice, însă este posibilă și plasarea echipamentelor de monitorizare în punctele considerate nevralgice după efectuarea analizei site-ului și a echipamentelor conectate. Monitorizarea în mai multe puncte oferă mai multe date și face posibilă o mai bună corelare a fenomenelor. Perioada de monitorizare trebuie să fie suficient de lungă astfel încât să acopere "timpul de producție", dar nu mai puțin de o săptămână.

Este evident că interpretarea rezultatelor nu poate fi făcută decât de persoane pregătite în domeniu, experți care să aibe cunoștințe de electrotehnică, energetică și nu în ultimul rând, de compatibilitate electromagnetică. Nu întotdeauna este posibilă stabilirea unor soluții de rezolvare a problemelor pe baza analizei evenimentelor monitorizate și stabilirii corelației între ele; de multe ori, măsurile se iau "din aproape în aproape", în sensul că după fiecare intervenție este necesară o nouă monitorizare pentru a putea analiza efectul produs, operația repetându-se până la rezolvarea integrală a problemei.

## Controlul complianței cu normele CEM

O noțiune importantă pentru compatibilitatea electromagnetică o reprezintă *nivelul de compatibilitate* definit ca nivelul specificat al perturbațiilor electromagnetice care este folosit ca nivel de referință pentru stabilirea limitelor de emisie și imunitate. Prin convenție, acest nivel este ales astfel încât să existe o mică probabilitate ca el să fie depășit de nivelul actual al perturbațiilor în condiții date. Distribuția de probabilitate depinde de metodele folosite în evaluarea nivelului perturbațiilor (preluarea eșantioanelor în timp, locație și intervale etc.); în mod normal, nivelul de compatibilitate se definește pentru un nivel de încredere de 95 %.

Conform Directivei CEM, producătorii trebuie să ia toate măsurile necesare pentru asigurarea complianței produselor cu cerințele de protecție prevăzute de Directivă și descrise în *Declarația de conformitate*. Încă înainte de adoptarea Directivei CEM, organismele de standardizare au prevăzut includerea în prevederile de calitate a unor norme CISPR; aceste prevederi cereau ca cel puțin 80 % din seria de fabricație să corespundă cu un nivel de încredere de 80 % (regula 80/80), ceea ce echivalează cu: o probabilitate de 95 % din întreaga producție are asigurată complianța în limitele specificate.

Testele se efectuează pe un lot preluat aleator din produsele realizate, prelucrarea rezultatelor efectuându-se prin metode statistice. Mărimea eșantionului este cuprinsă între 5 și 12 produse din fiecare tip (pentru situații speciale se admit și numai 3 sau 4 produse care se testează). Pentru un eșantion format din  $n$  produse, pentru care nivelul individual al perturbațiilor este  $x_n$ , testul este concludent dacă este îndeplinită relația:

$$L \geq \bar{x} + kS_n \quad (4)$$

unde:  $L$  este limita nivelului de perturbații impusă prin norme,  $\bar{x}$  - valoarea medie a eșantionului,  $S_n$  - eroarea medie pătratică:

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

iar  $k$  - un factor corespunzător unei distribuții de probabilitate de tip *Student* pentru un nivel de încredere de 80 % și pentru care cel puțin 80 % dintre produse se încadrează în limite; valorile parametrului  $k$  în funcție de numărul de produse din eșantion  $n$ , sunt prezentate în tabelul 18.

Tabelul 18. Valorile parametrului *k*

<b>n</b>	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>k</b>	2,04	1,69	1,52	1,42	1,35	1,3	1,27	1,24	1,21	1,20

Acest procedeu se poate aplica pentru evaluarea emisiilor, dar nu și pentru evaluarea imunității. Un alt procedeu, bazat pe o lege de distribuție binomială, care va fi prezentat în continuare, se poate folosi atât în cazul emisiilor cât și la testarea imunității; procedeul presupune înregistrarea testelor de cădere pentru un eșantion format din *n* produse și în final conduce la același rezultat ca și "legea 80/80". Condiția de îndeplinire a cerințelor de complianță este analizată de condiția ca un număr de produse din eșantion care au nivelul de imunitate sub valorile impuse din norme sau care depășesc limitele de emisie, să fie mai mic decât valoarea parametrului *c* dependent de *n*, conform tabelului 19.

Tabelul 19. Valorile parametrului *c*

<b>n</b>	7	14	20	26	32
<b>k</b>	0	1	2	3	4

În anumite condiții, unele standarde EN permit ca testarea să se efectueze pentru un singur produs însă, în acest caz, acestea trebuie repetate periodic pe eșantioane extrase aleator din producție.

## Declarația de conformitate

Așa cum s-a precizat, *standardele armonizate* pentru CEM sunt publicate de următoarele organisme:

- Comitetul european pentru standardizare în electrotehnică (European Committee for Electrotechnical Standardization - CENELEC)
- Institutul european pentru standardizare în telecomunicații (European Telecommunications Standards Institute - ETSI)
- Comitetul european pentru standardizare (European Committee for Standardization - CEN)

Informații detaliate referitoare la politica UE privind standardele armonizate se pot obține pe site-urile: [http://europa.eu.int/comm/enterprise/electr\\_equipment](http://europa.eu.int/comm/enterprise/electr_equipment), <http://www.newapproach.org>, iar lista standardelor armonizate este disponibilă pe site-ul <http://europa.eu.int/comm/enterprise/newapproach/standardization/harmstds/reflist/emc.html> și respectiv, [www.cenelec.org](http://www.cenelec.org), [www.etsi.org](http://www.etsi.org) (gratuit), [www.cenorm.be](http://www.cenorm.be).

Selecția standardelor armonizate corespunzătoare unui produs este responsabilitatea producătorului. Pentru acoperirea completă a cerințelor de protecție

CEM, de cele mai multe ori este necesar să se aplice mai multe standarde. În general, trebuie să fie luate în considerare următoarele aspecte:

- emisiile de înaltă frecvență (referitor la protecția radiorecepției),
- emisiile de joasă frecvență în rețeaua de alimentare (armonici, fluctuații de tensiune),
- imunitatea la fenomenele CEM permanente sau tranzitorii.

Aplicarea concomitentă a mai multor standarde este necesară și în cazul aparatelor cu caracter multifuncțional, de exemplu, în cazul unui receptor radio care are și funcția de alarmă. În acest sens, se pot găsi informații utile în Ghidul 25 CENELEC-„Folosirea standardelor CEM pentru aplicarea Directivei CEM”, Ghidul 24 CENELEC în care se explică structura standardelor CEM și ETSI TR 102070-1, pentru aplicarea standardelor armonizate la echipamentele de telecomunicații.

În figura 5 se prezintă o schemă simplificată privind parcursul necesar pentru asigurarea compliancei cu normele CEM.

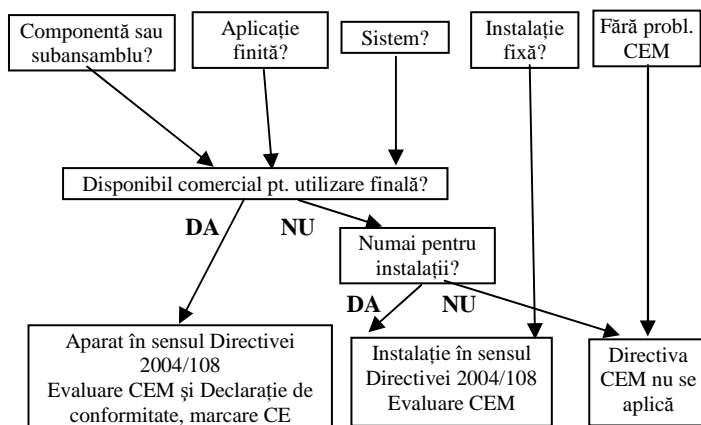


Fig. 5. Aplicarea Directivei CEM

O fază deosebit de importantă în analiza compliancei este întocmirea *Documentației tehnice* în scopul realizării și de a permite evaluarea conformității aparatului cu cerințele CEM. Ea trebuie să conțină toate detaliile tehnice necesare:

- Identificarea produsului descris în documentația tehnică, fără ambiguități.
- O descriere generală a produsului; cantitatea de informații depinde de complexitatea aparatului.

– Dacă au fost aplicate standarde armonizate în totalitate, trebuie precizate atât standardele, cu datele complete (inclusiv anul apariției), cât și rezultatele obținute.

– Dacă standardele armonizate au fost aplicate parțial sau nu au fost aplicate, atunci este necesară includerea în documentația tehnică și a descrierii procedeele parcurse pentru asigurarea cerințelor CEM. Această documentație referitoare la tehnica de evaluare a cerințelor CEM trebuie să conțină rapoartele de testare, calculele de proiectare făcute, examinări etc.



Complianța unui aparat cu normele CEM se atestază prin **Declarația de conformitate** a producătorului sau a reprezentantului său autorizat în CE. Întocmirea declarației de conformitate se face în concordanță cu următoarele standarde:

- EN ISO/IEC 17050-1:2005 Evaluarea conformității. Declarația de conformitate a producătorului. Cerințe generale. Documentația aferentă.
- EN ISO/IEC 17050-2:2005 Evaluarea conformității. Declarația de conformitate a producătorului. Documentația aferentă.
- Ghidul 16 CENELEC pentru implementarea noii Directive de joasă tensiune cu privire la Declarația de conformitate CE.

**Declarația de conformitate trebuie să conțină:**

- O referire la noua Directivă CEM 2004/108/EC,
- Identificarea aparatelor ca tip, serie, număr serial etc.,
- Numele și adresa producătorului,
- Numele și adresa reprezentantului autorizat (dacă e cazul),
- Date referitoare la specificațiile pentru care s-a declarat conformitatea,
- Data emiterii declarației,
- Identitatea și semnătura persoanei împuternicite să facă declarația.

Cerințele suplimentare pentru informare care însoțesc fiecare aparat:

- Identificarea tipului, seriei și a numărului de serie,
- Numele și adresa producătorului,
- Numele și adresa reprezentantului autorizat (dacă e cazul) sau a persoanei autorizate dacă producătorul nu este stabilit în CE,
- Instrucțiuni de folosire în conformitate cu scopul pentru care a fost produs aparatul,
- Precauții specifice pentru asigurarea conformității cu cerințele de protecție CEM, instalare, utilizare și întreținere,
- Indicații clare privind restricțiile de utilizare dacă complianța nu este asigurată în mediile rezidențiale.

Dacă apar probleme de necomplianță ca, de exemplu, reclamarea interferențelor, autoritățile pot să ceară evidența referitoare la asigurarea complianței, să inițieze și să evalueze complianța, dacă e cazul.

*Standardele pentru instalații* nu pot să acopere toate problemele specifice unei anumite locații; de aceea, este necesar să se precizeze câteva principii pe baza cărora se poate demonstra că instalația corespunde principiului "bunei practici ingineresti" care presupune:

- Referitor la emisii: s-au luat măsuri corespunzătoare pentru protecția față de sursele de perturbații CEM, în faza de proiectare, prin introducerea de filtre, dispozitive de absorbție, dispozitive de limitare etc.

- În ceea ce privește cuplajele și protecția la radiații: s-au luat măsurile necesare în raport cu distanțele dintre surse și victime, selectarea cablurilor și a conectorilor, masa echipotentială, ecrane etc.

- Problemele de imunitate: s-au luat măsuri corespunzătoare pentru asigurarea faptului că echipamentele sensibile sunt protejate împotriva diferitelor tipuri de perturbații care pot să apară în mediul respectiv. Din acest punct de vedere, este necesar să se precizeze limitele "geografice" ale instalației fixe pentru stabilirea exactă a condițiilor date de mediul ambiental.

În analogie cu aparatele, este necesar să se identifice și să se asigure protecțiile necesare pentru:

- Porturile/interfețele prin care perturbațiile conduse (de joasă sau înaltă frecvență), pot să afecteze instalația fixă,
- Mecanismele de cuplaj cu mediul ambiental,
- Radiațiile către sau dinspre mediul ambiental.

Ca observație, autoritățile pot să impună măsuri adecvate pentru a asigura compliancea instalațiilor cu cerințele de protecție CEM. În ceea ce privește aparatele utilizate la realizarea instalațiilor, acestea nu necesită: îndeplinirea cerințelor esențiale, efectuarea evaluării de conformitate și marcaj CE, dar necesită: posibilitatea de identificare, inclusiv numele și adresa producătorului; documentația acestora trebuie să fie însoțită de: identificarea instalației fixe în care aparatele urmează să fie instalate, identificarea caracteristicilor de compatibilitate ale instalației și indicarea măsurilor ce trebuie luate pentru a nu se compromite conformitatea instalației.

În final, referitor la modul de efectuare a măsurărilor și a testelor merită a fi menționat faptul că, diferența între "a treia parte", adică un laborator de testare CEM și Comisia/organismul de notificare, este aceea că ultimul este desemnat de o autoritate competentă a țărilor membre CE ca având atribuții în verificarea documentației tehnice. Acest organism trebuie să fie competent, independent, imparțial și integru.