

REGLEMENTĂRI INTERNAȚIONALE PRIVIND INSTALAREA ANTENELOR LA BORDUL NAVELOR MARITIME

Prof. univ. dr. ing. Gheorghe SAMOILESCU¹, Dr. ing. Iancu CIOCIOI¹,
Drd. ing. Valentin NAE¹

¹Academia Navală Mircea cel Bătrân, Constanța, România

REZUMAT. Mediul electromagnetic propriu navei este extrem de complex fiind dependent de densitatea de echipamentelor de la bord, caracteristicile echipamentelor instalate precum și de parametrii tehnici ai antenelor. Un rol important în controlul mediului electromagnetic îl are dispunerea corespunzătoare a antenelor la bordul navei și reducerea cuplajului mutual între acestea.

Cuvinte cheie: mediu electromagnetic, antena, colocație.

ABSTRACT: The electromagnetic environment of the ship is extremely complex being dependent on the density of onboard equipment, the characteristics of installed equipment and the technical parameters of the antennas. An important role in controlling the electromagnetic environment has the proper disposition of antennas onboard the ship and the reduction of the mutual coupling between them.

Keywords: electromagnetic environment, antenna, colocation.

1. DEFINIREA MEDIULUI ELECTROMAGNETIC DE LA BORDUL NAVELOR MARITIME

Mediul ElectroMagnetic (MEM) de la bordul unei nave este caracterizat de existența sistemelor de propulsie, diferitelor sisteme de acționări electrice (încărcătură etc.), echipamentelor de navigație (pilot automat, sonde ultrason etc.), de radiocomunicații și radarelor de navigație etc.. Echipamentele ce funcționează la bordul unei nave acoperă o bandă de frecvențe cuprinse între 90 kHz (LORAN) până la aproximativ 10 GHz (radar). Deci, puntea navei reprezintă o concentrare de echipamente cu destinații, frecvențe, puteri și susceptibilități diferite, necesar a funcționa în același mediu electromagnetic.

Mediul electromagnetic de la bordul navei reprezintă un spațiu delimitat în care sunt surse de perturbații și receptori de perturbație, fiind definit de nivelele perturbative maxime în fiecare punct al spațiului precizat. Acest mediu electromagnetic poate fi împărțit în:

- *mediul electromagnetic propriu navei*, mediul determinat de emisiile intenționate și neintenționate ale sistemelor și echipamentelor de la bordul navei;
- *mediul electromagnetic extern navei*, mediul determinat de emisiile surselor externe navei.

Mediul electromagnetic propriu navei este extrem de complex deoarece este puternic dependent de:

- densitatea de echipamente de la bord;
- caracteristicile echipamentelor instalate (benzi de frecvență, puteri, tipuri de modulație etc.);
- proiectarea navei astfel încât intensitatea câmpului electromagnetic în interiorul acesteia să fie cât mai mică.

Caracterizarea mediului electromagnetic de la bord se face prin:

- parametrii tehnici ai emițătoarelor de la bord: nivelul puterii, tipul de modulație, frecvența de lucru, durata impulsurilor, frecvența de repetiție a impulsurilor;
- parametrii tehnici ai instalațiilor de antenă: tipul antenelor, polarizarea undelor, caracteristica de directivitate a antenelor (lob principal, lobi secundari), câștigul antenelor, modul de baleere al antenei, densitatea emițătoarelor, destinația echipamentelor.

Parametrii enumerați mai sus caracterizează mediul electromagnetic de la bord, în final, prin nivelul câmpului referitor la perturbațiile radiate.

Conform IEC 60533 (IEC 60533, Electrical and electronic installations in ships – Electromagnetic compatibility) zonele de la bordul navei, din punct al CEM, pot fi considerate astfel:

- *zona corespunzătoare punților și puntea de comandă*, zona din apropierea antenelor receptoa-

REGLEMENTĂRI INTERNAȚIONALE PRIVIND INSTALAREA ANTENELOR LA BORDUL NAVELOR

relor și/sau emițătoarelor și timonerie precum și camera de control a încărcăturii, caracterizate de echipamente pentru comunicații interioare, echipamente pentru procesarea semnalelor, echipamente de radiocomunicație și navigație, echipamente auxiliare și deschideri mari în structura metalică;

– *zona de distribuție generală a energiei* – alimentarea cu energie a consumatorilor obișnuiți;

– *zona de distribuție specială a energiei* – alimentarea cu energie a sistemelor de propulsie;

– *zona de cazare* – caracterizată de funcționarea echipamentelor aduse la bordul navei de echipaj și pasageri.

Datorită corpului metalic al navei și dispunerea la bord a antenelor emițătoarelor se creează zone cu un mediu electromagnetic diferit, ce depinde de calitatea ecranării. Din această cauză mediul electromagnetic de la bordul navei se poate împărți în două zone specifice numite: „*deasupra punții*” și „*sub punte*”.

Termenul „*deasupra punții*” se referă la echipamentele care sunt instalate în afara structurii metalice a navei. Mediul electromagnetic din zona „*deasupra punții*” este determinat de emisiile (radiațiile) echipamentelor de la bord ce au antenele dispuse în această zonă, echipamente ce reprezintă surse de perturbații electromagnetice (sunt denumite surse funcționale). Instalarea la bord a acestor echipamente este determinată de destinația și misiunile navei, precum și de reglementările internaționale privind siguranța navigației, inclusiv salvare.

În tabelul 1 sunt prezentate caracteristicile echipamentelor dispuse la bordul unei nave maritime în conformitate cu standardul IEC 60945 (*Echipamente și sisteme de navigație și radiocomunicații maritime. Reguli generale. Metode de încercare și rezultate impuse*), ceea ce scoate în evidență faptul că, la bordul unei nave există și receptoare ce au o importanță deosebită în asigurarea siguranței navigației (GPS, Inmarsat, NAVTEX), pentru care se iau măsuri de protecție la interferențe electromagnetice.

Tabelul 1. Caracteristicile echipamentelor dispuse la bordul unei nave maritime în conformitate cu standardul IEC 60945

| Fanda de frecvență | Tip echipament | Sensibilitatea receptorului | Puterea emițătorului |
|---------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 90 kHz – 110 kHz | LORAN | 20 μV/m | receptor |
| 283,5 kHz – 315 kHz | Navigație diferențială | 5 μV/m | receptor |
| 415 kHz – 535 kHz | Radiotelegrafie (UM) | 50 μV/m | 150 W |
| 490 kHz, 515 kHz | NAVTEX | 2 μV/m | receptor |
| 1605 kHz – 3800 kHz | Radiotelefonie (UM) | 25 μV/m | 400W |

| Fanda de frecvență | Tip echipament | Sensibilitatea receptorului | Puterea emițătorului |
|-------------------------|--|-----------------------------|----------------------|
| 4 MHz – 27,5 MHz | Radiotelegrafie și radiotelefonie (IF) | 25 μV/m | 1500 W p.e.p |
| 121,5 MHz – 165 MHz | EPIRB / ELT | emițător | 0,5 W |
| 156 MHz – 165 MHz | Radiotelefonie (FIF) | 2 μV/m | 25 W |
| 406,025 MHz | COSPAS-SARSAT EPIRB | emițător | 5 W |
| 1525 MHz – 1544 MHz | Inmarsat | 0,03 μV/m (-167 dBW) | receptor |
| 1575,42 MHz ± 1,023 MHz | GPS | 0,07 μV/m (-160 dBW) | receptor |
| 1602 MHz – 1615 MHz | GLONASS | 0,07 μV/m (-160 dBW) | receptor |
| 1626,5 MHz – 1646,5 MHz | Inmarsat | emițător | 25 W |
| 2,9 GHz – 3,1 GHz | Radar banda S | 1,4 μV/m (-134 dBW) | 25 kW - vârf |
| 9,3 GHz – 9,5 GHz | Radar banda X | 1,4 μV/m (-134 dBW) | 25 kW - vârf |
| 9,3 GHz – 9,5 GHz | SART | - 80 dB | 400 mW |

Termenul „*sub punte*” se referă la echipamentele care sunt instalate în interiorul corpului metalic al navei.

În tabelul 2 este prezentat nivelul câmpului electric generat de emițătoarele de la bordul navei în conformitate cu standardul IEC 60945 (măsurări efectuate la bordul a 12 nave comerciale de diferite tipuri).

Tabelul 2. Nivelul câmpului electric la bordul navei maritime

| | MF / HF (V/m) | VHF (V/m) | Stații radio portabile (V/m) |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------|------------------------------|
| Puntea de comandă | 0 – 80 (val. medie 17) | 1 | 10 |
| Suprastructuri ale punții de comandă | 4 – 100 (val. medie 27) | 1 | 10 |
| Puntea navei | 8 – 75 (val. medie 37) | 1 | 10 |

Măsurarea nivelului câmpului electric / electromagnetic de la bord în benzi de frecvență permite determinarea aportului fiecărei surse funcționale (echipament conectat la antene ce radiază unde electromagnetice), la mediul electromagnetic al navei. Măsurarea intensității câmpului electric datorat surselor funcționale de la bord are următoarele scopuri: determinarea nivelului maxim al câmpului în locul de instalare a unui echipament în vederea asigurării compatibilității electromagnetice (protecția la perturbații electromagnetice), protecția la radiații a personalului de la bord.

Mediul din zona „sub punte” este un mediu electromagnetic mult mai controlat datorită naturii de ecranare a corpului metalic și suprastructurii. În această zonă mediul este mult asemănător cu mediile industriale dar cu multe restricții referitoare la emisiile electromagnetice și imunitate. Mediul electromagnetic din zona „deasupra punții” este un mediu cu un nivel ridicat al câmpului electric. Echipamentele instalate în această zonă trebuie să aibă un nivel ridicat de imunitate și un nivel foarte scăzut al emisiilor neintenționate.

2. SURSE DE PERTURBAȚII ELECTROMAGNETICE DE LA BORDUL NAVEI

2.1. Clasificarea surselor de perturbații electromagnetice de la bordul navei

Echipamentele electronice de la bordul navei maritime pot fi perturbate de o mulțime de surse de perturbații, ce se pot întâlni în tot spectrul electromagnetic.

O clasificare a surselor de perturbații electromagnetice de la bordul navelor poate fi realizată pe baza standardului IEC 60533 (*Electrical and electronic installations in ships - Electromagnetic compatibility*):

- grupa A: echipamente de radiocomunicații și radionavigație;
- grupa B: echipamente generatoare sau convertoare de energie;
- grupa C: echipamente care funcționează cu energie de impulsuri;
- grupa D: echipamente de comutație și control;
- grupa E: echipamente de comunicații interioare, aparatura auxiliară din completul acestora și echipamente de procesare a datelor;
- grupa F: dotări și echipamente neelectrice;
- grupa G: echipamente (sisteme) integrate.

2.2. Antenele surselor funcționale și cuplajul mutual al acestora

Sursele funcționale de la bordul navei determină mediul electromagnetic propriu navei prin intermediul antenelor de emisie. Dacă sursele de radiație ar fi punctiforme ele ar genera în spațiul înconjurător unde sferice; la distanțe suficient de mari de sursă, undele sferice pot fi considerate unde plane, zona respectivă reprezentând câmpul depărtat; în apro-

pierea surselor structura câmpului este complexă formând zona câmpului apropiat. Trecerea de la câmpul apropiat la câmpul depărtat nu este abruptă, ci presupune o anumită zonă de tranziție. În literatura de specialitate se consideră că unda este plană dacă diferența de fază (valoarea medie) între undele ce sosesc în două puncte dispuse pe o dreaptă la distanța d (dreaptă perpendiculară pe direcția de propagare a undei), este mai mică sau egală cu $\pi/8$ ($22,5^\circ$), cea ce corespunde unei diferențe maxime de drum de $\lambda/2\pi$.

Norma CEI 61000-4-3, definește câmpul depărtat ca regiunea în care densitatea fluxului de putere provenită de la o antenă este aproximativ proporțională cu inversul pătratului distanței până la punctul de observare.

Spațiul din jurul antenei poate fi împărțit în trei regiuni (fig. 1), D fiind cea mai mare dimensiune a antenei ($D > \lambda$) [1].

– zona apropiată (zona din imediata apropiere a antenei în care predomină câmpul reactiv - până la o

distanță $R_1 < 0,62\sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$ - câmpul apropiat);

– zona de tranziție sau zona Fresnel (zona dintre câmpul apropiat, $R_1 = 0,62\sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$ și începutul

câmpului depărtat $R_2 = \frac{2D^2}{\lambda}$);

– zona depărtată – câmpul depărtat (regiunea Fraunhofer), zona care începe de la distanța

$R_2 = \frac{2D^2}{\lambda}$ (aceasta este o distanță la care razele undelor electromagnetice radiate de antenă sunt paralele).

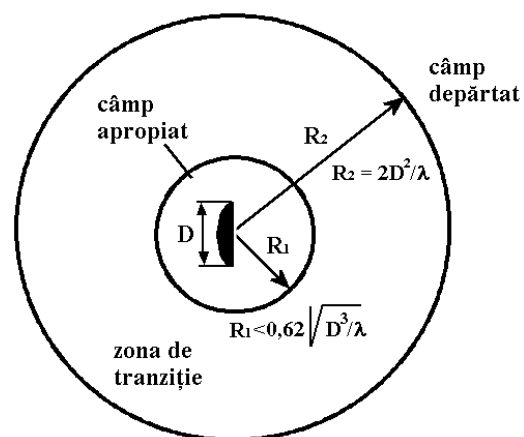


Fig. 1. Zonele de radiație ale unei antene.

Cunoașterea zonelor de radiație și a caracteristicilor de directivitate ale antenelor permit luarea

măsurilor pentru asigurarea compatibilității echipamentelor de la bordul navei și în special prin reducerea cuplajului dintre antene.

Pentru analiza cuplajului mutual dintre 2 antene monopoli cu o lungime de 8m a fost utilizat programul EXPERT MININEC [13].

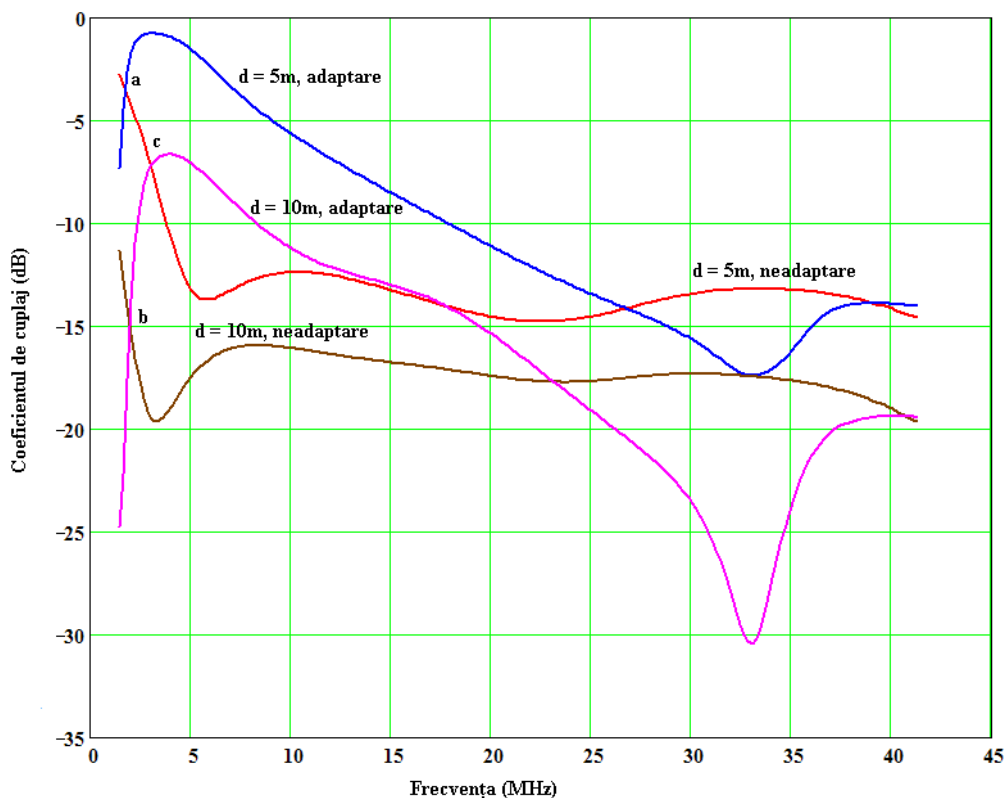


Fig. 3. Determinarea coeficientului de cuplaj pentru două antene monopoli (8 m) separate în plan orizontal (d - distanța dintre antene).

În analiza cuplajului s-au considerat două antene monopoli dispuse în plan orizontal la distanțe de 5m și 10m. Impedanța de acord a antenei receptoare este formată din $R = 50 \Omega$, $L = 1,2 \text{ mH}$ și $C = 0,04 \mu\text{F}$. Figura 3 prezintă variația coeficientului de cuplaj dintre cele două antene în banda 1,5 – 40 MHz). Se observă că prin neadaptarea între antena perturbatoare și impedanța de intrare a receptorului, se reduce cuplajul mutual dintre cele două antene și deci și gradul de perturbare a receptorului. Totuși există frecvențe la care coeficienții de cuplaj, pentru cele două cazuri (adaptare și neadaptare), sunt egali (punctele a, b și c – aproximativ 2 MHz și 3 MHz, pentru cazul analizat). Datorită faptului că antena este un circuit oscilant există posibilitatea ca și în cazul unui dezacord inițial, cuplajul mutual să devină mai strâns și deci să crească gradul de perturbare al echipamentelor chiar și în cazul separării în distanță al acestora (5 – 13 MHz, pentru cazul analizat).

Se observă că, în cazul unei separări în distanță de 5m a antenelor, în banda 27 – 38 MHz, cuplajul este mai slab pentru neadaptare decât în cazul adaptării. Același lucru se întâmplă pentru o separare de 10m în banda 23 – 41 MHz. Astfel se confirmă faptul că este necesar să se realizeze un management al frecvențelor

la bordul navei chiar și în cazul unei separări în distanță a antenelor echipamentelor.

În general, măsurile de reducere a cuplajului prin optimizarea amplasamentului fiecărei antene la bord rezolvă într-o anumită măsură problema perturbării reciproce în cazul unui sistem radiant instalat pe navă. Astfel de măsuri nu sunt aplicabile decât în cazul antenelor care lucrează în gamele VHF și UHF, unde distanțele dintre antene pot fi considerate mari în comparație cu lungimea de undă. În cazul echipamentelor din gama HF, aplicarea unor astfel de măsuri este practic imposibilă. Măsura cea mai viabilă pentru asigurarea compatibilității electromagnetice a sistemelor radiante de la bordul navelor este aceea a managementului frecvențelor de lucru și a puterilor de emisie. Astfel, printr-o cunoaștere a parametrilor tehnici ai echipamentelor și a cuplajului dintre antene (pentru o anumită amplasare a antenelor) se pot stabili constrângeri de utilizare a frecvențelor și puterilor de emisie.

Deci, o primă măsură în reducerea interferențelor electromagnetice dintre echipamentele dispuse la bordul navelor o reprezintă separarea în distanță a antenelor acestora în vederea reducerii cuplajului mutual, separare ce se poate realiza pe orizontală, pe verticală și pe diagonală.

3. REGLEMENTĂRI INTERNAȚIONALE PRIVIND INSTALAREA ANTENELOR LA BORDUL NAVELOR MARITIME

După cum a fost prezentat o atenție deosebită trebuie acordată instalării antenelor la bordul navei în scopul reducerii cuplajului mutual dintre acestea și protecției receptoarelor împotriva interferențelor electromagnetice. Cerințele privind asigurarea compatibilității echipamentelor de la bordul navelor maritime sunt prevăzute de SOLAS 1974 (*Safety of Life At Sea*, 1974), capitolul IV/6.2.1 și V/17 cu amendamentele ulterioare și rezoluțiile IMO (*International Maritime Organization*), A.694(17), A.813(19), A.698(17) și A.807(19), pentru tipurile de echipamente recomandate (impulse) a se instala la bord.

3.1. Disponibilitatea antenelor VHF

Antenele echipamentelor ce lucrează în banda VHF trebuie dispuse pe o suprastructură înaltă, cât mai liberă, și la o distanță de cel puțin 2 metri față de orice suprafață de reflexie (conductoare), recomandându-se ca la același nivel să nu fie mai mult de o antenă. În cazul în care la bord se instalează și antene pentru telefonie mobilă, antenele VHF au prioritate în respectarea regulilor de instalare, iar dacă acestea se instalează la același nivel distanța dintre ele trebuie să fie de cel puțin 5 metri. Polarizația antenelor trebuie să fie verticală. Conectarea antenelor la echipamente se va face printr-un cablu coaxial, dublu ecranat, cu o atenuare de maxim 3 dB.

Antena VHF a AIS-ului (*Automatic Identification System*) trebuie instalată astfel încât să fie izolată față de orice sursă de înaltă putere, precum radarul și emițătoarele de radiocomunicații de mare putere, fiind de preferat să se dispună la o distanță de cel puțin 3 metri (pe orice direcție) față de direcția de radiație maximă a caracteristicii de directivitate a antenei echipamentului de mare putere. Această antenă se va dispune, fără separare pe orizontală, la o distanță pe verticală (sus sau jos) de cel puțin 2 metri față de antena VHF a radiotelefonului de la bord. Dacă antena AIS-ului se dispune la același nivel cu alte antene, distanța față de acestea trebuie să fie de cel puțin 5 metri.

3.2. Disponibilitatea antenelor MF și HF

Aceste antene se vor dispune pe o suprastructură sau catarg construite în scopul de a sigura rezistența (protecția) necesară antenei, la oscilațiile navei (ruliu, tangaj) și vibrații. Antenele baston trebuie

instalate cât mai vertical posibil și dispuse pe înălțime la o distanță de cel puțin 1 metru (pe orice direcție) față de orice suprafață de reflexie (conductoare).

La instalarea antenelor verticale trebuie avută în vedere și raza de balansare (înclinare) a acestora. Lungimea minimă, recomandată, a antenelor verticale este de 8 metri.

Antenele filare trebuie protejate împotriva ruperii prin asigurarea unei legături slabe.

Antenele de emisie trebuie să aibă o rezistență de izolație cu pământarea de cel puțin 50 M Ω , atmosferă uscată, și nu mai puțin de 5 M Ω în condiții de umiditate (emițătorul se deconectează pentru măsurare).

3.3. Antenele receptoarelor

Ca o regulă generală toate receptoarele, inclusiv radiotelefonul maritim, vor avea antene proprii separate. Antenele pentru radiotelefon se vor dispune cât mai departe posibil față de antenele emițătoarelor MF/HF în scopul de a preveni blocarea receptorului.

3.4. Antenele echipamentelor de comunicație prin satelit

Ca o regulă generală, antenele echipamentelor de comunicații prin satelit trebuie dispuse astfel încât să asigure o legătură cu satelitul pe 360°, tot timpul. Se recomandă pentru INMARSAT-A și B, care au antene directive, ca legătura cu satelitul să fie menținută pentru o înclinare în plan vertical a antenei de -5°. La INMARSAT-C (antenă omnidirecțională) se recomandă ca legătura să fie menținută pentru o înclinare a antenei în plan vertical de -5° spre prova și pupa și de -15° spre babord și tribord. Reglementările internaționale ce se referă la instalarea antenelor echipamentelor de comunicații prin satelit sunt rezoluțiile IMO A.698(17), A.663(16), A.807(19) și Ghidul de realizare și instalare al INMARSAT.

La instalarea antenelor de comunicații prin satelit, la bordul navelor, se vor respecta următoarele cerințe:

- antena se va dispune în vârful catargului radarului; sau
- pe un postament de pe catargul radarului sau de pe (pe) puntea superioară a navei astfel încât:
- pentru antenele directive – zona moartă datorată construcțiilor, pe o distanță de 10 metri, este de maxim 6 grade;
- pentru antenele omnidirecționale - zona moartă datorată construcțiilor, pe o distanță de 1 metru, este de maxim 2 grade.

REGLEMENTĂRI INTERNAȚIONALE PRIVIND INSTALAREA ANTENELOR LA BORDUL NAVELOR

– antena trebuie instalată într-o zonă cu acces rapid;

– antena nu se dispune:

– în zone în care poate fi deteriorată datorită căldurii sau fumului;

– în același plan cu antena radarului;

– antena GNSS-ului (*Global Navigation Satellite System*) nu se dispune în apropierea sau în același plan cu antena INMARSAT;

– postamentul pe care se instalează antena echipamentului de comunicații prin satelit trebuie să reducă pe cât posibil vibrațiile care se transmit de la corpul navei la antenă;

– antena echipamentului INMARSAT trebuie să se dispună față de celelalte antene de la bord sau față de compasul magnetic la următoarele distanțe (în conformitate cu manualul de instalare al INMARSAT):

– ≥ 5 metri față de antena de HF;

– ≥ 4 metri față de antena de VHF;

– ≥ 3 metri față de compasul magnetic;

– antena echipamentului INMARSAT-C trebuie dispusă astfel încât să-și îndeplinească destinația pentru un ruliu și tangaj ale navei de 15° . În scopul de a realiza această cerință, antena se va dispune astfel încât obiectele sau construcțiile să nu fie mai sus de (-15°) față de linia orizontului antenei. Deoarece este dificil de îndeplinit această cerință pentru prova și pupa, rezoluțiile IMO A.663(16) și A.807(19) au redus limita sectorului liber la -5° pentru această direcție (prova – pupa);

– dacă la bordul navei se instalează două antene INMARSAT-C, distanța pe verticală între ele va fi de cel puțin 1 metru pentru a elimina interferențele;

Alte cerințe:

– cablurile pentru conectarea antenelor la echipamente vor fi dublu ecranate;

– în vederea realizării unui sector „mort”, datorat construcțiilor, de maxim 2° , distanța de siguranță la construcția respectivă se calculează astfel: $20 \times$ diametrul construcției (în metri);

– antenele echipamentelor care nu sunt prevăzute de rezoluțiile IMO, dar se utilizează la bord, nu trebuie să interfereze cu antenele echipamentelor prevăzute de reglementările internaționale. O atenție deosebită trebuie acordată telefoanelor mobile de la bord (în special

– echipamentelor GSM) deoarece pot interfera cu echipamentele de navigație (în special cu GNSS) și cu alte echipamente electronice.

3.5. Antenele echipamentelor radar

Rezoluția MSC.192(79) prevede ca instalarea la bord a antenei unui echipament radar trebuie realizată astfel încât sectoarele moarte să se reducă

la minim iar antena nu se va instala într-un sector orizontal format între linia prova și $22,5^\circ$ înapoia traversului în vederea determinării corespunzătoare a liniei prova. Antena se va instala într-o zonă liberă, fără orice suprastructură care poate determina reflexii, inclusiv alte antene, punți, marfă sau alte instalații. Înălțime la care se instalează antena radarului este în funcție de caracteristicile operaționale ale echipamentului privind detecția țintelor.

3.6. Instalarea cablurilor coaxiale

Cablurile coaxiale trebuie instalate în țevi separate și la o distanță de cel puțin 10 cm față de orice cablu de alimentare. Instalarea incorectă a acestor cabluri poate determina variația impedanței caracteristice a cablului determinând apariția undei reflectate, care va atenua semnalul de radiofrecvență și va reduce randamentul echipamentului de comunicații.

În antenele de VHF puterea reflectată nu trebuie să fie mai mare de 10% din puterea măsurată la ieșirea echipamentului.

Cerințe privind poziționarea și ecranarea cablurilor:

– cablurile se vor intersecta numai în unghi drept;

– dacă se va realiza numai o întoarcere (răsucire) a cablului, raza acesteia va fi 5 ori diametrul exterior al cablului;

– dacă se vor realiza mai multe întoarceri (răsuciri) ale cablului, raza acestora va fi de 10 ori diametrul exterior al cablului;

– când se utilizează cabluri flexibile raza de curbură (răsucire) va fi de 20 de ori diametrul exterior al cablului;

– fiderii de legătură cu antenele de recepție trebuie să fie cabluri coaxiale al căror ecran trebuie să fie pământat la unul din capete;

– toate cablurile pe o distanță de 2 metri față de antena emițătorului trebuie introduse în tub metalic și acesta pământat

3.7. Pământarea echipamentelor de la bord

Pământarea echipamentelor de la bordul navei trebuie realizată în concordanță cu Ghidurile pentru Pământarea Instalațiilor Maritime impuse de standardele internaționale. La pământarea echipamentelor de la bordul navelor trebuie avut în vedere:

– fiecare aparat al unui echipament trebuie să aibă pământare separată;

– antenele MF/HF de acord trebuie pământate cu bară de cupru sau bandă de cupru;

– bara sau banda de pământare trebuie să fie cât mai scurte posibil, nu trebuie să fie mai mari de 1 metru lungime și o lățime de cel puțin 60 mm;

– pentru o bandă mai mare de 5 metri lungime, lățimea trebuie să fie de cel puțin 100 mm (este relevantă pentru nave realizate din lemn sau materiale sintetice);

– barele sau benzile din cupru trebuie să fie acoperite cu oțel în scopul de a elimina coroziunea și vibrațiile și de a face o bună conexiune cu pământul;

– o atenție deosebită trebuie acordată pământării echipamentelor de pe navele pe corp de aluminiu sau cu suprastructură de aluminiu în vederea evitării coroziunii galvanice.

4. CONCLUZII

Mediul electromagnetic propriu navei este extrem de complex fiind dependent de densitatea de echipamentelor de la bord, caracteristicile echipamentelor instalate (în special ale emițătoarelor - benzi de frecvență, puteri, tipuri de modulație, durata impulsurilor, frecvența de repetiție etc.) precum și de parametrii tehnici ai antenelor (tipul antenelor, polarizarea undelor, caracteristica de directivitate a antenelor, câștigul antenelor, modul de baleere al antenei).

Din punct de vedere al nivelului câmpului electromagnetic în diferitele compartimente și punți ale navei, mediul electromagnetic de la bord se poate împărți în mediul electromagnetic de „deasupra punții” și mediul electromagnetic de „sub punte”. Aceste medii sunt caracterizate de nivele diferite datorită calității de ecran al corpului navei. În cazul în care ne referim la mediul extern acesta poate fi „împărțit” în mediul electromagnetic propriu al navei (mediul determinat de sursele funcționare de la bord – echipamente de radiocomunicații, echipamente de radiolocație etc.) și mediul extern navei determinat de emisiile surselor funcționale de pe navele din apropierea navei. Mediul propriu navei și mediul extern al navei formează mediul operațional, ce trebuie avut în vedere la protecția echipamentelor de la bord (EMRADHAZ – *ElectroMagnetic RADiation HAZard*), protecția personalului (HERP – *Hazard of Electromagnetic Radiation to Personnel*) și protecția combustibilului (HERF – *Hazards of Electromagnetic Radiation to Fuel*).

Clasificarea surselor de perturbații de la bord a fost realizată din punct de vedere al capacității de a genera perturbații și al sensibilității la acțiunea perturbațiilor pe baza standardelor IEC 60533 (*Electrical and electronic installations in ships - Electromagnetic compatibility*). În vederea realizării compatibilității electromagnetice a echipamentelor ce au antene de emisie și recepție, în orice analiză se vor

lua în calcul echipamentele din grupele A, C și G. Elementele din grupa F (dotări și echipamente neelectrice) se iau în calcul, la analiza compatibilității electromagnetice a echipamentelor de la bord, la dispunerea antenelor acestor echipamente în vederea eliminării radiatorilor secundari și evitarea zonelor moarte (zonelor de umbră).

Un rol important în controlul mediului electromagnetic îl are dispunerea corespunzătoare a antenelor la bordul navei (colocația antenelor) și reducerea cuplajului mutual între acestea (izolarea antenelor). Cunoașterea zonelor de radiație și caracteristicilor de directivitate ale antenelor permit luarea măsurilor pentru asigurarea compatibilității echipamentelor de la bordul navei și în special prin reducerea cuplajului dintre antene. În general, măsurile de reducere a cuplajului prin optimizarea amplasamentului fiecărei antene la bord rezolvă într-o anumită măsură problema perturbării reciproce în cazul unui sistem radiant instalat pe navă. Astfel de măsuri nu sunt aplicabile decât în cazul antenelor care lucrează în gamele VHF și UHF, unde distanțele dintre antene pot fi considerate mari în comparație cu lungimea de undă. În cazul echipamentelor din gama HF, aplicarea unor astfel de măsuri este dificilă. Măsura cea mai viabilă pentru asigurarea compatibilității electromagnetice a sistemelor radiante de la bordul navelor este aceea a managementului frecvențelor de lucru și a puterilor de emisie. Dar, o primă măsură în reducerea interferențelor electromagnetice dintre echipamentele dispuse la bordul navelor o reprezintă separarea în distanță a antenelor acestora, în vederea reducerii cuplajului mutual, separare ce se poate realiza pe orizontală, pe verticală și pe diagonală.

Cerințele privind asigurarea compatibilității echipamentelor de la bordul navelor maritime (inclusiv dispunerea antenelor), sunt prevăzute de SOLAS 1974 (*Safety of Life At Sea*, 1974), capitolul IV/6.2.1 și V/17 cu amendamentele ulterioare și rezoluțiile IMO (*International Maritime Organization*), A.694(17), A.813(19), A.698(17), A.663(16) și A.807(19), pentru tipurile de echipamente recomandate (impuse) a se instala la bord. Din regulile de dispunere a antenelor la bord se desprinde ideea că antenele echipamentelor de la bord nu se dispun în același plan cu antena echipamentului de radiolocație.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Balanais, C., *Antenna Theory – Analysis and Design*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [2] Richard, J., *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill, Inc. (third edition)
- [3] Schwab, J.A., *Compatibilitatea electromagnetica*, Editura Tehnică, București, 1996.
- [4] Tamaș, R., Sotir, A., Constantinescu, M., Alexa, M., *Compatibilitatea electromagnetica a mijloacelor electrice*

REGLEMENTĂRI INTERNAȚIONALE PRIVIND INSTALAREA ANTENELOR LA BORDUL NAVELOR

- și electronice de la bordul navelor*, Editura Muntenia, Constanța, 2004.
- [5] IMO, A.694(17) - *General requirements for shipborne radio equipment forming part of the GMDSS and for electronic navigational aids.*
- [6] IMO, A.813 (19) - *General requirement for electromagnetic compatibility (EMC) for all electrical and electronic ship's equipment.*
- [7] IMO, A.698(17) - *Ship earth stations capable of two-way communications.*
- [8] IMO, A.663(16) - *Performance standards for INMARSAT standard-C ship earth stations capable of transmitting and receiving direct-printing communications.*
- [9] IMO, A.807(19) - *Performance standards for INMARSAT-C ship earth stations capable of transmitting and receiving direct-printing communications* (Amended by MSC.68(68).
- [10] INMARSAT – *Maritime design and installation guidelines.*
- [11] IMO, SOLAS 1974 - *Safety of Life At Sea.*
- [12] *** MSC.192(79) - *Revised recommendation on performance standards for radar equipment.*
- [13] Valentin NAE, Iancu CIOCIOI, *Analiza cuplajului mutual al antenelor*, International Conference on Creative Collaboration through Supportive Technologies (ICCCST 2015), Universitatea Ovidius, Constanța, ISBN: 978-606-25-0190-1.
- [14] EXPERT MININEC

Despre autori

Prof. univ dr.ing. Gheorghe SAMOILESCU

Academia Navală „Mircea cel Bătrân”, Constanța, România

Cadru didactic - Departamentul Inginerie electrică și electronică navală.

Dr.ing Iancu CIOCIOI

Academia Navală „Mircea cel Bătrân”, Constanța, România

Cadru didactic asociat - Departamentul Inginerie electrică și electronică navală.

Drd. ing. Valentin NAE

Academia Navală „Mircea cel Bătrân”, Constanța, România

Cadru didactic asociat - Departamentul Inginerie electrică și electronică navală.