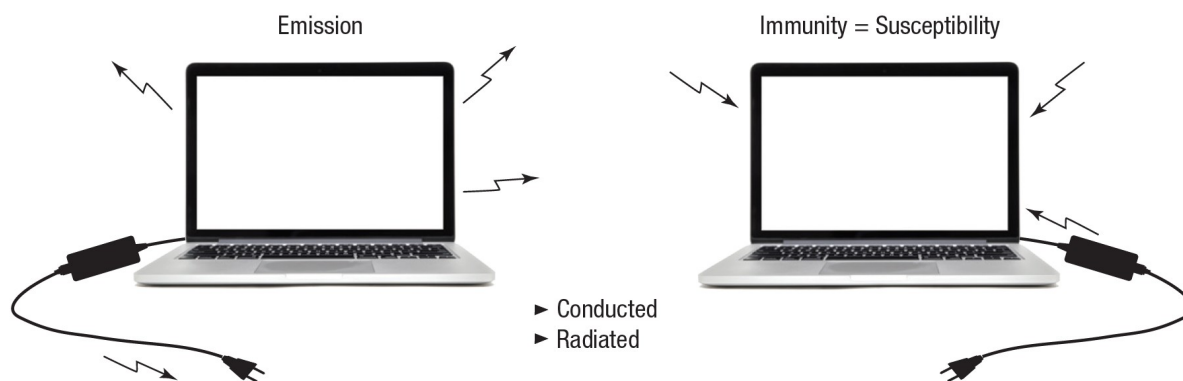


Proceduri EMC

Introducere în măsurarea emisiilor radiate și conduse

Mulți producători utilizează sisteme de măsurare (EMI) pentru a evalua emisiile EMI conduse și radiate înainte de a trimite produsul lor la un laborator specializat pentru testarea completă a conformității. Testarea emisiilor conduse se concentrează asupra semnalelor nedorite care apar în rețeaua de alimentare în curent alternativ generate de echipamentul testat (DUT). Intervalul de frecvență pentru aceste măsurători comerciale este în general de la 9 kHz la 30 MHz. Testarea emisiilor radiate caută semnalele emise de DUT prin aer. Intervalul de frecvență pentru aceste măsurători se situează între 30 MHz și 1 GHz și poate ajunge la 6 GHz, 18 GHz și chiar mai mult. Această testare preliminară se numește testare precompliance. De notat că standardele sunt disponibile contra cost, așa că au fost preferate trimiteri către prezentările disponibile pe Internet.

Mai jos se ilustrează relația dintre emisiile radiate, imunitatea radiată, emisiile conduse și imunitatea condusă. Imunitatea radiată este capacitatea unui dispozitiv sau a unui produs de a rezista câmpurilor electromagnetice radiate. Imunitatea condusă este capacitatea unui dispozitiv sau a unui produs de a rezista la perturbații electrice din rețeaua de alimentare în curent alternativ sau pe liniile de date.



Măsurătorile complete de conformitate necesită utilizarea unui receptor care îndeplinește cerințele stabilite în [CISPR16-1-1](#), un loc de testare suprafață deschisă calificat (OATS) sau o cameră semi-anechoică, o antenă și [catarg pentru antenă](#), o [masă rotativă](#) pentru DUT, pentru maximizarea semnalelor emise. Efortul principal se focalizează pe asigurarea preciziei și repetabilității. Cu respectarea deplină a standardului, receptorul poate fi înlocuit cu un analizor de spectru cu sensibilitate corespunzătoare, cu benzi de rezoluție și detectori specifici EMC.

Măsurătorile de precompliance sunt destinate să ofere o aproximație a performanței EMI a DUT. Costul efectuării testelor de precompliance reprezintă o fracțiune din costul testării conformității complete care folosește o facilitate mult mai scumpă.

În zona de măsurare trebuie acordată multă atenție la detalii cum ar fi planul de masă și reflexia obiectelor, care influențează precizia măsurării. Componentele utilizate în sistemele precompliance de măsurare a emisiilor radiate și conduse sunt următoarele: analizor de spectru cu aplicație de măsurare EMI [N6141C](#), rețea de stabilizare a impedanței de linie ([LISN](#)), [limitator de semnale tranzitorii](#) și [antene](#). Pentru a izola problemele identificate, se folosesc sonde de câmp apropiat electric și magnetic [N9311X-100](#)

Măsurarea emisiilor conduse

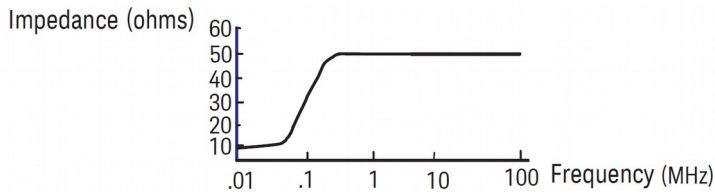
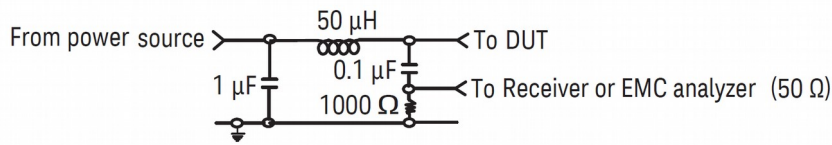
Se conectează analizorul de spectru la limitator, LISN și DUT așa cum se arată mai jos. Cablul de alimentare dintre dispozitivul testat (DUT) și LISN este cât mai scurt posibil pentru că poate deveni o antenă, dacă este mai lung decât este necesar. Se măsoară semnalele de pe linia de alimentare cu DUT oprit. Dacă sunt semnale care se apropie de liniile limită stabilite, este posibil să fie necesară o ecranare suplimentară. Nu se utilizează ferite pe cablul de alimentare, deoarece semnalele de mod comun generate de DUT pot fi suprimate, modificând valoarea măsurată. Aplicația de măsurare EMI de la Keysight utilizează în intervalul de frecvență de la 150 kHz la 30 MHz un tabel de scanare predefinit pentru a facilita selectarea timpilor de măsurare și benzilor de rezoluție corecte.

X-Series analyzer with N6141C
EMC measurement application

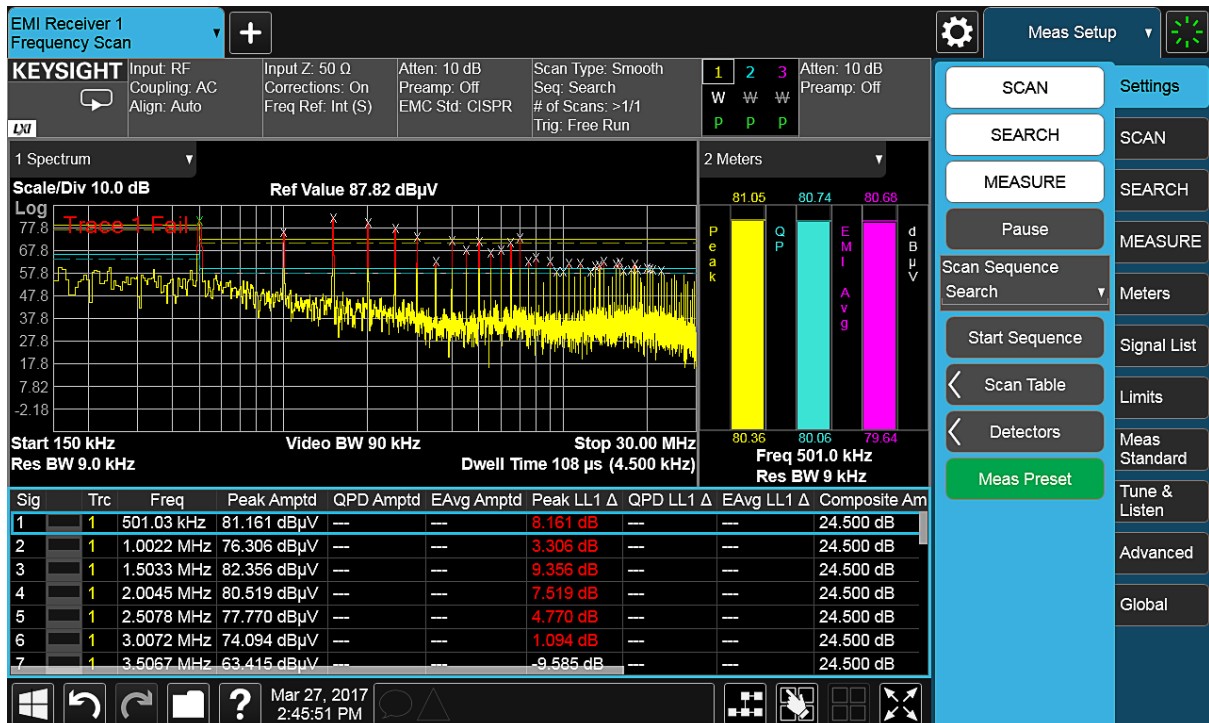


Încărcarea liniilor limită și a factorilor de corecție. Pentru emisiile conduse sunt două linii limită EN55022 Clasa A detector cvasi-vârf și EN55022 Clasa A EMI detector de valoare medie. Factorii de corecție pentru LISN și limitatorii semnalelor tranzitorii se găsesc în memoria analizorului.

Line Impedance Stabilization Network (LISN)



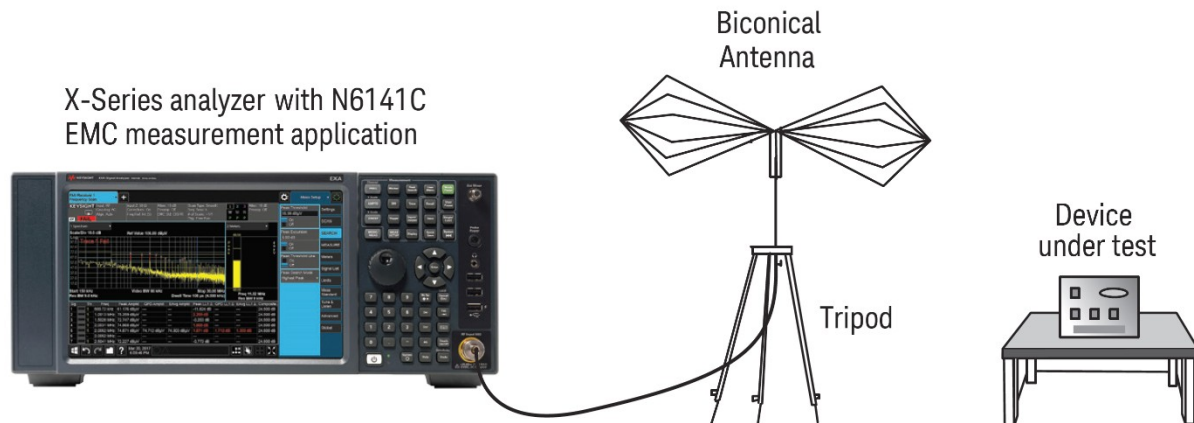
După pornirea DUT se caută semnale deasupra liniilor limită. Acesta este un moment bun pentru a verifica că intrarea analizorului de semnal nu este supraîncărcată, trecând atenuatorul de intrare pe valoare mai mare: în cazul în care nivelurile de afişare nu se schimbă, atunci nu există nici o condiție de suprasarcină, iar dacă se modifică afişajul, atunci trebuie mărită atenuarea. Semnalele deasupra liniei limită vor fi listate.



Măsurarea emisiilor radiate

Distanța dintre antena și DUT este reglementată. Dacă spațiul este limitat, atunci antena poate fi mutată mai aproape de DUT și limitele trebuie modificate pentru a reflecta noua poziție. De exemplu, dacă antena este mutată de la 10 metri la 3 metri, atunci amplitudinea trebuie ajustată cu 10,45 dB. Este important ca antena să nu fie plasată în câmpul apropiat al dispozitivului radiant definit de $\lambda/2\pi$ ca de exemplu 3 metri pentru 15,9 MHz. Cele mai multe emisii radiate se măsoară de la 30 MHz.

Pentru a evita erori de măsură se recomanda utilizarea [radiatorului de referință](#) plasat în locul DUT, un generator de impulsuri scurte legat la o antenă care emite linii spectrale multiple.



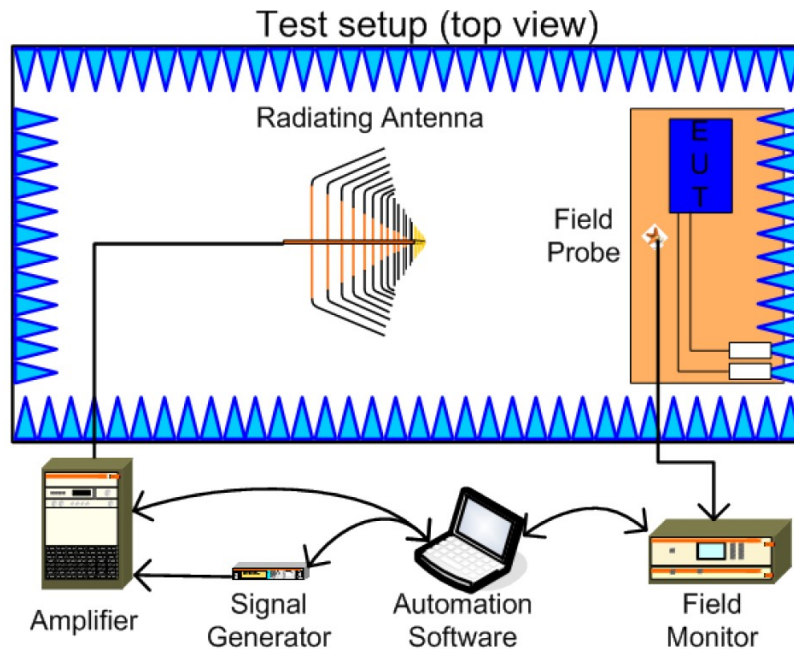
În acest fel se pot detecta erori în conexiunea echipamentelor și se asigură că măsurarea odată pornită se vor recepționa semnalele emise de DUT. Radiatorul de referință are și ieșire coaxială pentru verificarea operării LISN. Cu masa rotativă dispozitivul testat se rotește după fiecare set de măsurători pentru a detecta emisia cea mai puternică. În cazul spațiului deschis se înregistrează întâi semnalele mediului care urmează să fie scăzute pentru a determina emisiile DUT.

Metode de testare a imunității radiate

Există două metode general acceptate pentru a determina intensitatea câmpului; metoda cu buclă închisă și metoda de substituție. În timp ce fiecare metodă are avantajele și dezavantajele sale, în cele din urmă standardul de testare va determina ce metodă va fi utilizată.

Metoda cu buclă închisă

În această metodă, o sondă de câmp RF este poziționată în fața sau în partea de sus a DUT în timpul testării imunității. Câmpul este ajustat la intensitatea dorită pentru fiecare frecvență din gama de frecvențe de testare. Deoarece sonda de câmp utilizează diode, nu poate măsura cu precizie un semnal RF modulată, trebuie fie să se aplice factori de corecție pentru citirile sondei, fie să se efectueze măsurători utilizând doar un semnal CW (undă continuă) și să se aplice modulația ulterior, în timpul testului real.

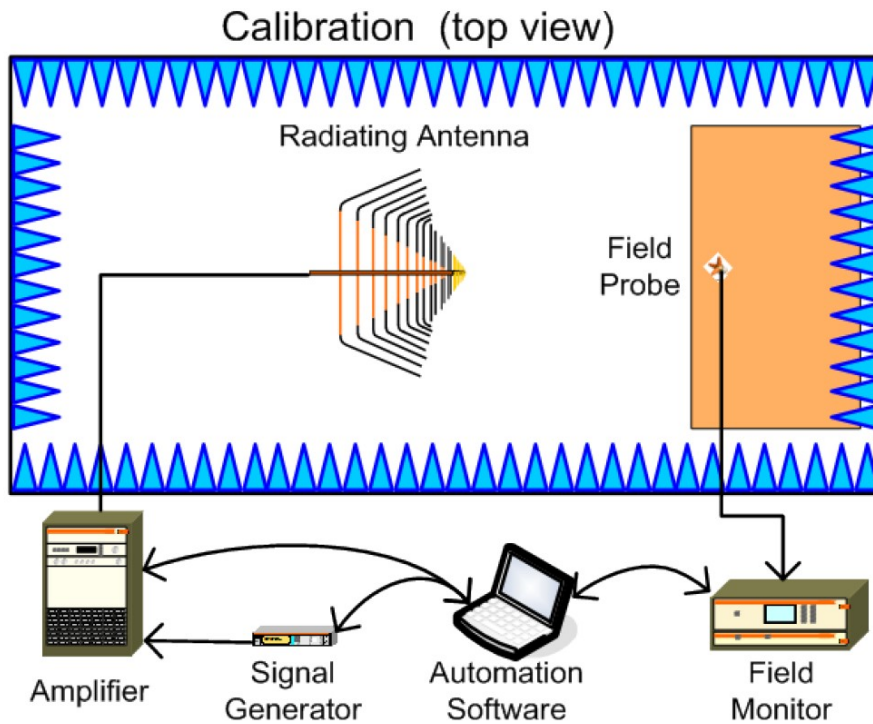


Metoda cu buclă închisă oferă o citire în timp real a intensității câmpului, precum și o corelație directă între nivelul instantaneu al câmpului și funcționarea dispozitivului testat (DUT). Metoda cu buclă închisă se dovedește a fi cea mai rapidă metodă, deoarece nu este nevoie de timp suplimentar pentru a calibra și a egaliza câmpul RF. Această metodă este o alegere bună pentru testarea DUT de dimensiuni mici care au o suprafață reflectorizantă relativ mică cu efect minim asupra câmpului RF. Dacă mărimea EUT crește, se ajunge la un punct în care reflexiile pe suprafața reflectorizantă mai mare a DUT vor avea un efect vizibil asupra intensității câmpului. Undele staționare care rezultă creează o situație instabilă prin care citirile sondei pot varia dramatic atunci când se schimbă poziția sau în funcție de frecvență. Pe scurt, rezultatele sunt imprevizibile și, cel mai probabil, nereproductibile de la o instalare la alta, ca să nu mai vorbim de la un laborator la alt laborator.

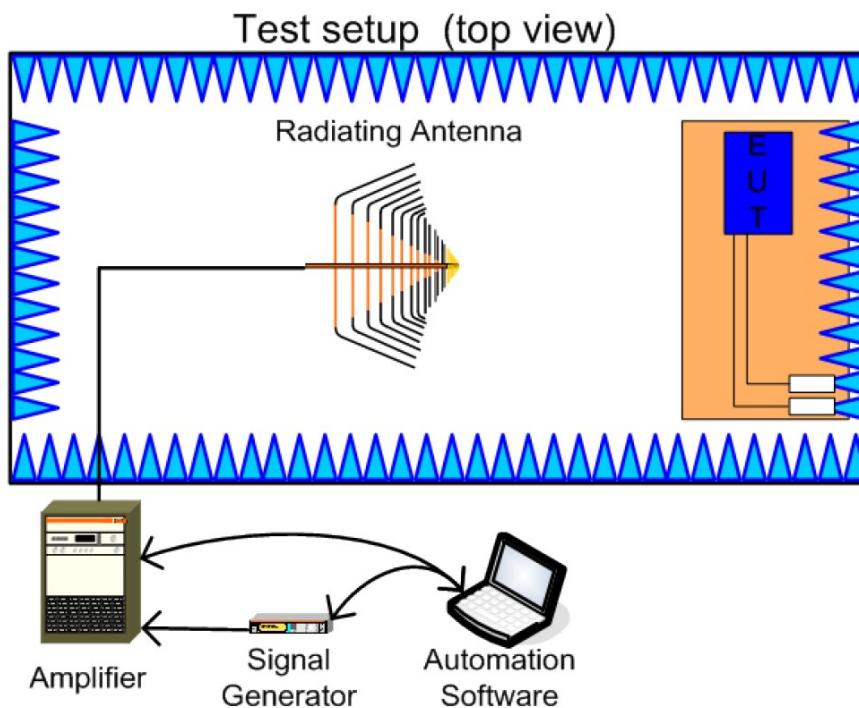
MIL-STD-461 este un exemplu în care metoda cu buclă închisă este obligatorie.

Metoda substituției

În această metodă câmpul RF este mai întâi calibrat, fără DUT, pe o suprafață pătrată 1,5 x 1,5 m, în 16 puncte echidistante. Pentru fiecare frecvență se reglează nivelul generatorului RF pentru a obține intensitatea de câmp cerută și se înregistrează valoarea.



Toate citirile sunt efectuate cu un semnal CW pentru a asigura măsurări precise. Folosind datele de calibrare ale câmpului, se execută testul de imunitate reală cu DUT în poziția de testare



Generatorul furnizează pentru fiecare frecvență înregistrată în timpul fazei de calibrare nivelul micșorat de 1,8 ori și cu modulația de amplitudine cu indice de 80%

aplicată. (Nivelul de vârf a semnalului modulat MA 80% este de 1,8 ori mai mare decât nivelul purtătoarei)

Deoarece această metodă nu necesită monitorizarea câmpului în timpul testului, erorile de măsură rezultate din reflexiile DUT sunt eliminate.

Un dezavantaj al metodei de substituție este că trebuie alocate câteva ore pentru a efectua faza de calibrare a câmpului înainte de executarea efectivă a încercării.

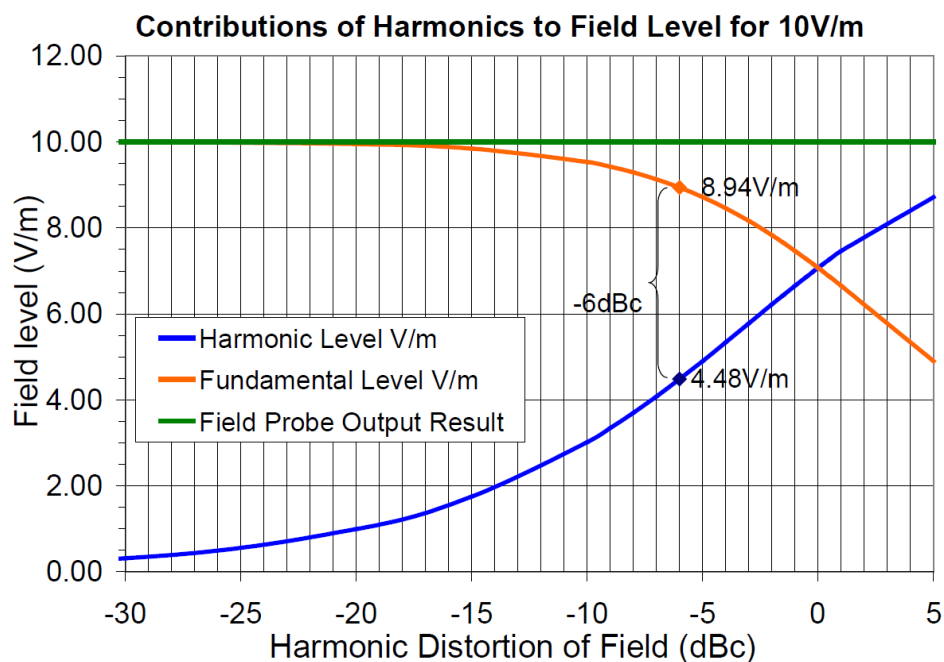
Chiar și așa, această metodă a fost acceptată și este menționată în multe standarde de testare EMC.

Deși nu este necesar, o sondă de câmp este adesea folosită în timpul testului de imunitate radiată doar pentru a monitoriza câmpul RF. Acest feedback direct asigură performanța sistemului. De exemplu, o simplă defecțiune a echipamentului de încercare, defectarea cablului sau chiar eroarea umană ar putea fi evitată prin simpla monitorizare a câmpului în timpul testului.

Atât IEC 61000-4-3 cât și DO160 utilizează metoda substituției, dar utilizează diferite proceduri de calibrare.

Efectul armonicelor

Sonda de câmp RF citește energia totală, dacă amplificatorul RF funcționează în saturație sau prezintă armonici, câmpul va consta în mai mult decât doar frecvența de testare. De exemplu, frecvența de testare fundamentală ar putea conține o a doua armonică de doar 3 dB față de nivelul fundamentalei. Acest semnal de ieșire cuplat la o antenă obișnuită, care prezintă câștiguri crescătoare în funcție de frecvență ar putea să genereze un câmp unde nivelul armonice este mai mare decât nivelul fundamentalei și nivelul câmpului măsurat ar fi mult mai mare decât câmpul real la frecvența fundamentală dorită.

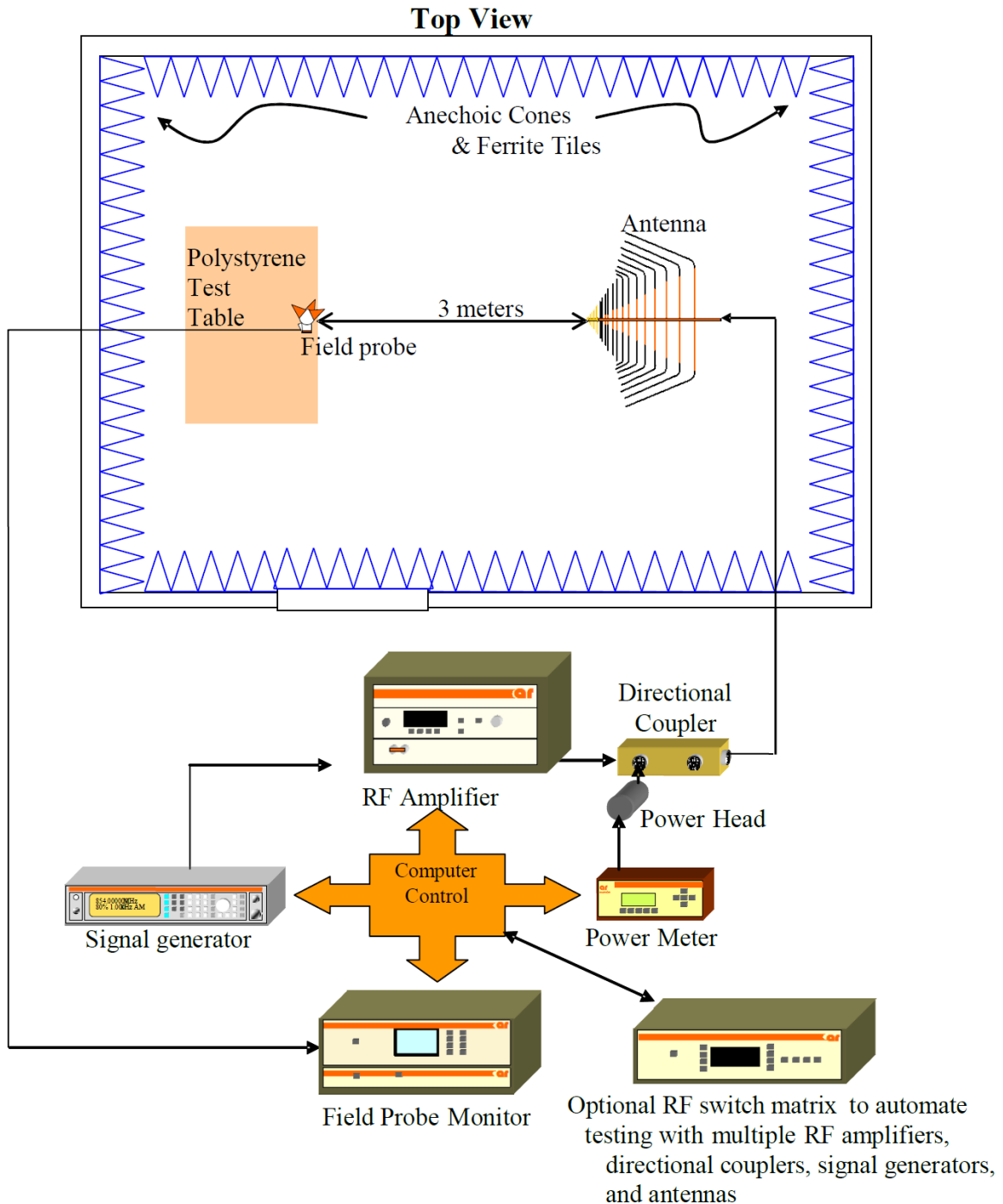


Dacă această sursă de eroare nu este înțeleasă și controlată, rezultatele testului de imunitate sunt invalidate. Cea mai simplă modalitate de a minimiza erorile legate de armonici este selectarea unui amplificator RF cu armonice scăzute, fie să se lucreze

mult sub punctul de saturație al amplificatorului. În cazul în care aceste măsuri de precauție nu sunt practice, trebuie aplicate filtre trece jos pentru a absorbi energia armonicelor.

O configurație tipică pentru imunitate radiată este data mai jos.

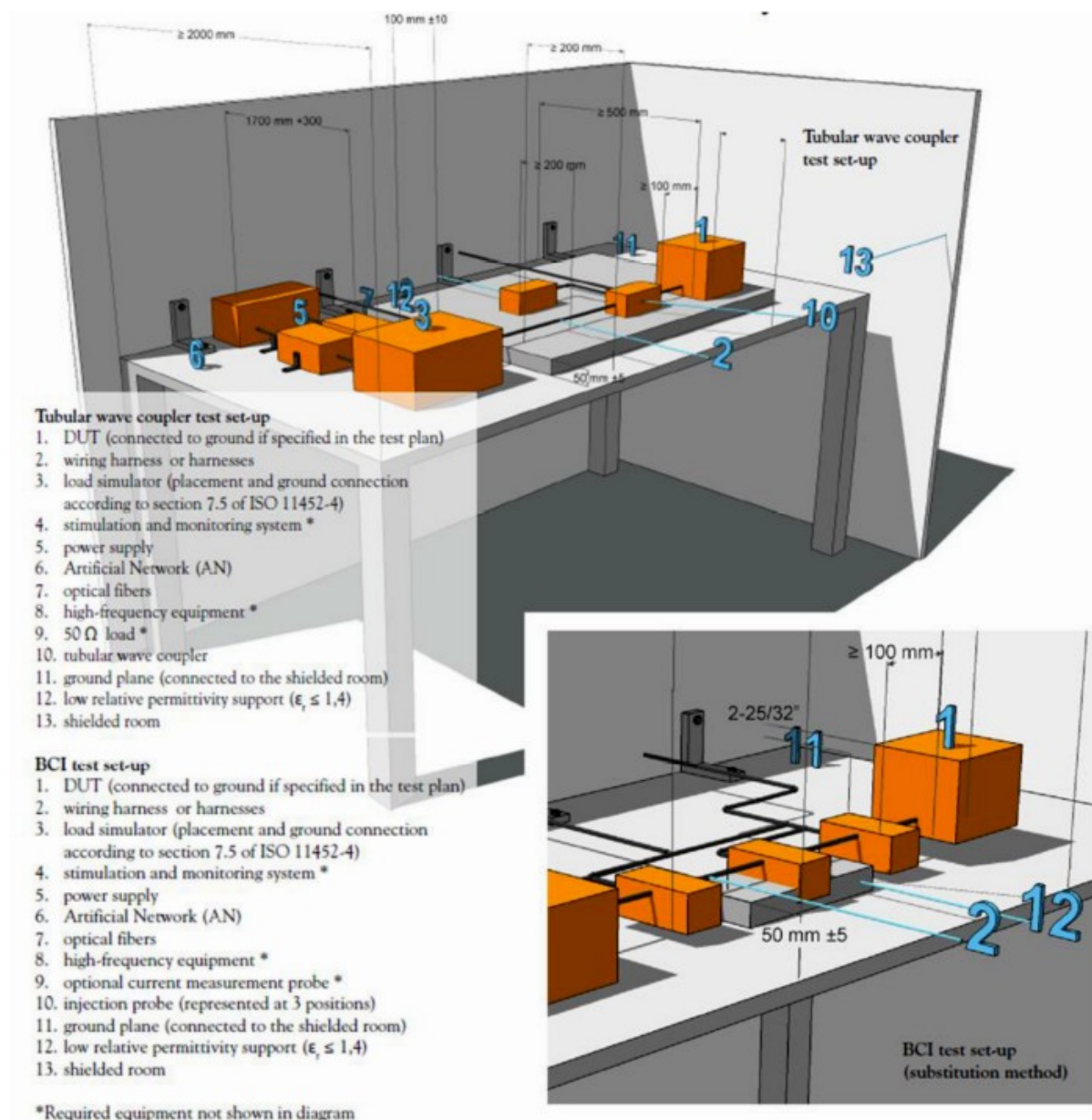
[Matricea de comutare RF](#) care suportă puteri de sute de wați, automatizează comutarea sistemelor cu amplificatoare RF, cuploare direcționale, generatoare de semnal și antene multiple. [Matricile de comutare](#) au variante care pot fi configurate de utilizator.

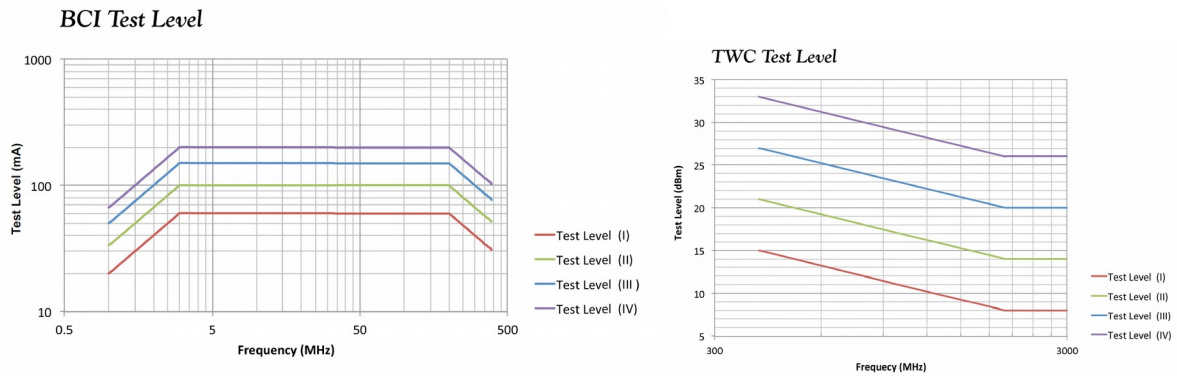


Imunitate condusă

Sistemul de testare pentru imunitatea condusă (CI), oferit de AR va satisface cerințele de imunitate conduse cerute de multe standarde pe o gamă de frecvență de la 10 kHz până la 3 GHz și va genera niveluri de câmp până la 500 mA. Deoarece sistemul acoperă o bandă largă de frecvență, pot fi utilizate atât metodele de injecție în cabluri în vrac (BCI), cât și metodele de injecție cu cuplaje tubulare (TWC). Ca exemple, vedeți mai jos limitele realizabile de BCI și TWC pentru automobile.

În figura de mai jos este un aranjament tipic pentru testarea imunității



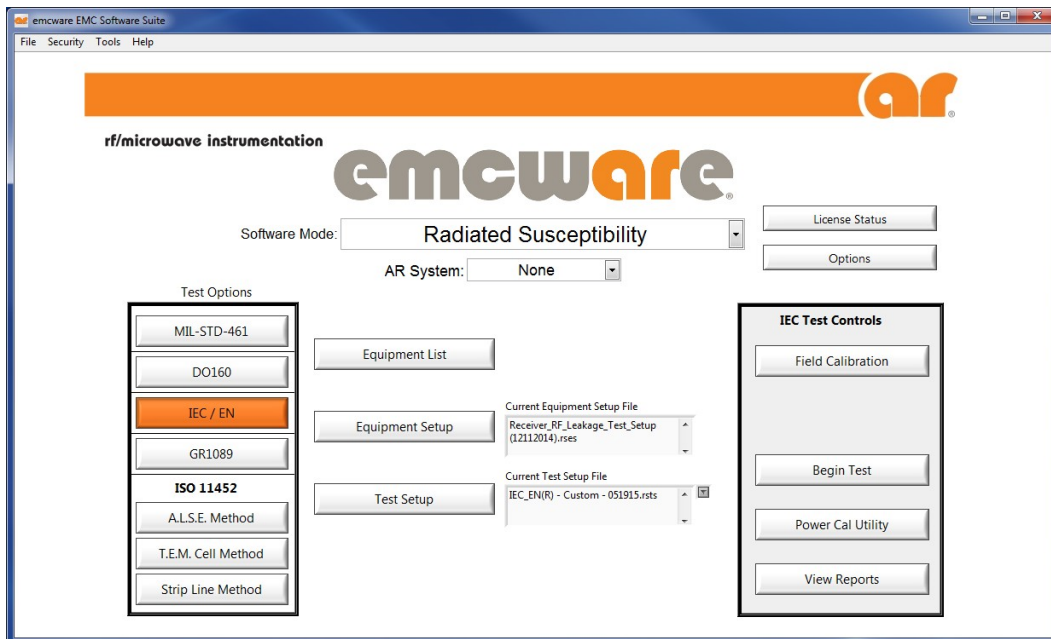


Echipamentele necesare sunt prezentate mai jos. Sistemul AR include generatorul, power-metrul și amplificatorul împreună într-un singur echipament. [Accesoriile sistemului](#) includ cabluri, sonde de injecție BCI, sonde de monitorizare, atenuatoare și sarcini terminale. Sonda de injecție care este inductivă este conectată la amplificatorul de putere printr-un atenuator de putere care micșorează puterea reflectată spre amplificator și mărește curentul injectat.



Emcware

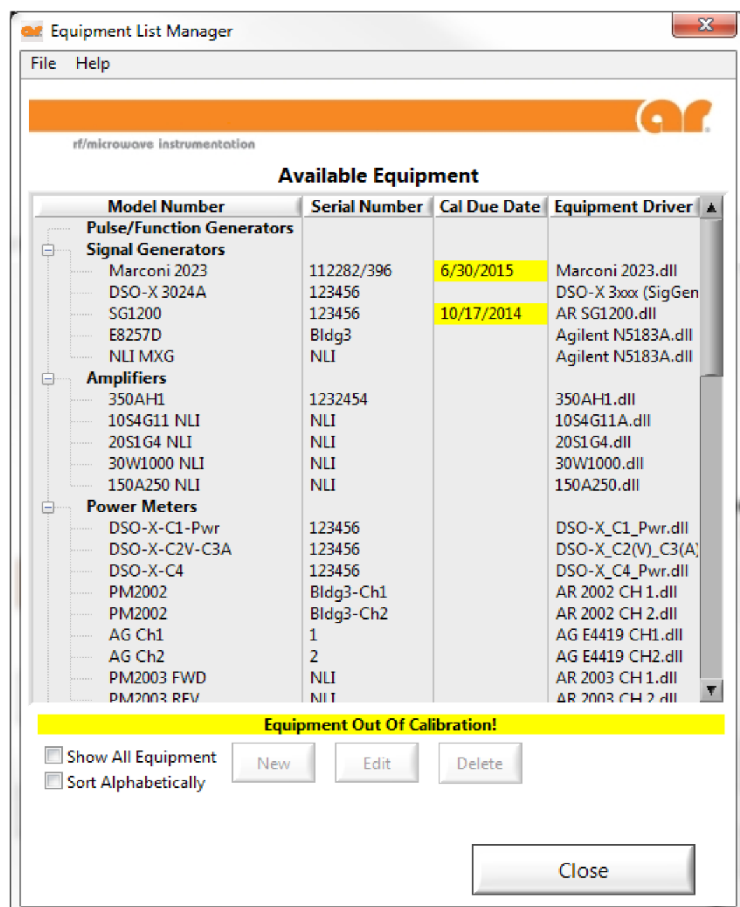
Emcware de la AR RF / Microwave Instrumentation's, este un pachet software de testare a compatibilității electromagnetice cuprinzător și gratuit, care include rutine de automatizare pentru Imunitatea Radiată (RI), Imunitatea Conduasă (CI), Emisiile Radiate și Emisiile Conduse. În cadrul acestor patru categorii de test, există peste 500 de configurații de testare predefinite deja construite în **emcware**.



În plus, **emcware** vă permite să înregistrați, să stocați și să vă mențineți toate echipamentele în lista dedicată a echipamentelor disponibile.

Fereastra principală **emcware** permite utilizatorului să identifice cu ușurință ce tip de test va fi efectuat (RI, CI, RE sau CE), să selecteze categoria standard EMC și să editeze alte opțiuni globale. **Emcware** pune accent pe organizare pentru că este direct proporțională cu productivitatea.

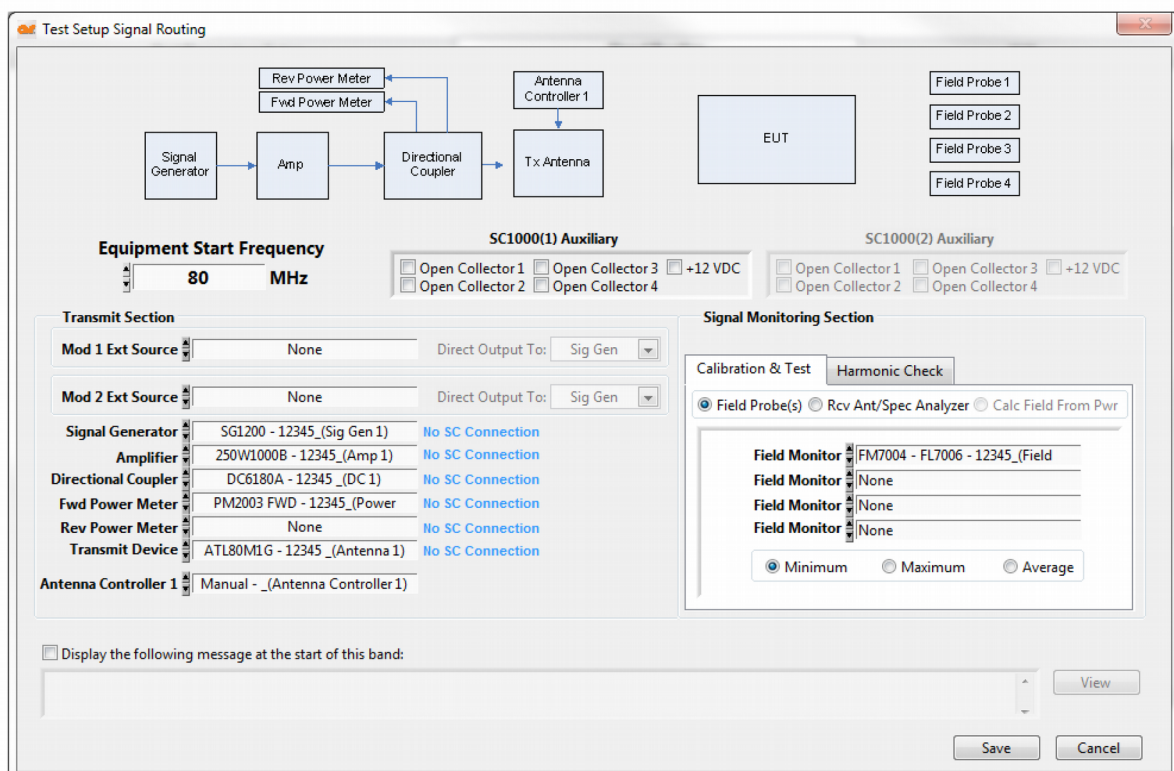
Funcția „Lista de echipamente (disponibile)” permite utilizatorului să introducă și să stocheze o mulțime de informații referitoare la toate echipamentele necesare pentru testare inclusiv datele de calibrare. Datele de calibrare sunt introduse de utilizator pentru fiecare echipament nou, iar **emcware** oferă avertismente utilizatorului atunci când calibrarea a expirat sau este aproape de expirare. Datele de calibrare pot include valorile atenuării, factorii de corecție a frecvenței, pierderile de inserție pe cabluri, factorii de antenă, etc.



Aceste date pot fi introduse manual sau pot fi importate direct în emcware. Odată introduse, datele pot fi modificate în orice moment, toate modificările sunt aplicate imediat tuturor setărilor de testare relevante.

O altă caracteristică cheie a listei de echipamente este lista extinsă a driverelor echipamentelor. Emcware este conceput pentru a fi folosit "Out of the Box", pentru a controla majoritatea echipamentelor utilizatorilor pentru că are o bibliotecă de peste 300 de drivere de echipamente ale producătorilor cunoscuți, lista completă ce se găsește în fișa de specificații a emcware disponibilă pe www.arworld.us.

Odată ce echipamentul a fost încărcat în lista de echipamente, se poate începe procesul de selecție a echipamentului pentru testele dorite. Acest lucru se face în fereastra de configurare a echipamentelor, unde se poate defini un ansamblu specific de echipamente care să fie utilizat pentru un anumit test. Odată finalizată, lista echipamentelor este salvată și poate fi rechemată ulterior. În funcție de tipul de test EMC care urmează să fie efectuat, lista de echipamente se va ajusta pentru a permite utilizarea numai a echipamentelor relevante pentru test. Mai jos se prezintă un exemplu de fereastră de configurare a echipamentelor pentru testarea RI.



În plus față de selectarea echipamentului, fereastra de configurare permite și alte câteva funcții utile:

- În cazul în care echipamentul poate fi controlat la distanță, după ce utilizatorul atribuie adresa echipamentului se pot trimite comenzi individuale la echipament pentru a verifica comunicarea și operabilitatea.
- În cazul setărilor echipamentelor pentru testele RI și CI, butonul System Test permite utilizatorului să verifice comunicarea și operabilitatea întregului sistem; să genereze câmpuri electromagnetice sau injecții pentru a se asigura că toate echipamentele funcționează corect.
- Dacă setul include un controler de sistem SC1000 sau similar de la AR, conexiunile pentru comutatoarele RF sunt definite în fereastra de configurare

a echipamentelor. Odată ce toate echipamentele sunt selectate și verificate, utilizatorul poate începe calibrarea intensității câmpului dacă efectuează teste de imunitate sau poate trece direct la testarea emisiilor dispozitivului testat (DUT).

Alte utilități ale emcware

Mai jos se dă o fereastră de test RI.

În plus față de monitorizarea activă a tuturor parametrilor relevanți, **emcware** are un instrument unic de întocmire a Raportului de Eveniment folosit pentru a documenta orice anomalie observată de utilizator. Odată selectată funcția Raport de Eveniment, testul este întrerupt la acea frecvență, permițând utilizatorului să caute anomalii în frecvență și în amplitudine pentru a determina dacă există într-adevăr o eroare a DUT sau o depășire a limitei de test. Dacă anomalia în cauză este cu adevărat un eșec DUT, utilizatorul poate alege să documenteze rezultatul care urmează să fie afișat în raport. În caz contrar, utilizatorul poate alege să continue testul exact de unde a rămas.



După terminarea testului, utilizatorul poate alege să producă un raport. Funcția de raportare **emcware** oferă utilizatorului un raport complet al tuturor informațiilor referitoare la test și echipamentul testat, prin apăsarea unui buton. Aceasta include un rezumat detaliat al testelor, starea testului, parametrii de încercare utilizați, datele înregistrate, datele tabelare înregistrate și configurarea echipamentului, inclusiv toate echipamentele utilizate în cadrul testului.

Emisii radiate

Pe lângă testele de imunitate, **emcware** oferă de asemenea teste pentru emisii radiate și conduse. Similar cu testele de imunitate, aplicația de emisii a emcware include setări de testare pre-încărcate pentru CISPR, MIL-STD-461, DO-160 și multe alte standarde uzuale. Prin selectarea tipului de testare, **emcware** încarcă toți parametrii de explorare corespunzători și tabelele de test. Testarea emisiilor în **emcware** respectă aceleași principii pentru selectarea și configurarea echipamentelor ca și testarea imunității, dar, începând cu testul de configurare, pachetul de emisii începe să se diferențieze. Fereastra de configurare a testelor în porțiunea de emisii a **emcware** este în esență doar legată de rutarea semnalului. În fereastra de testare, utilizatorului are o listă cu instrumentele pentru automatizarea testării, tipul de raportare și elemente de personalizare.

Utilizatorul are flexibilitatea de a încărca și de a manipula liniile limită, de a adăuga excepții în banda frecvență industrială, științifică și medicală (ISM), de a regla parametrii de explorare și de a efectua măsurători ambientale, pre-scanare și finale. În timpul efectuării măsurătorilor, emcware oferă o posibilitate de investigate care permite unui utilizator să efectueze măsurători suplimentare într-o zonă de interes și să înregistreze informațiile pentru includerea în raportul final. Odată ce scanarea este completată, emcware permite utilizatorului să selecteze cu ușurință punctele de interes pentru măsurarea finală, atunci când este cazul. De asemenea, utilizatorul poate adăuga scanarea cu date suplimentare din alte polarizări (orizontală/verticală), configurații EUT etc. Toate aceste informații pot fi apoi adăugate la un raport complet, similar cu rapoartele de imunitate descrise mai devreme.

Concluzie

Atunci când se alege un pachet software de testare EMC, trebuie să luați în considerare mai mulți factori. Ce tipuri de testare trebuie efectuate? Ce nivel (conformitatea, preconformitatea, acceptarea contractului etc.) trebuie efectuat? Software-ul va crește calitatea testelor, reducând totodată timpul general de testare? AR RF / Microunde Instrumentation **emcware** poate fi răspunsul la toate aceste întrebări, toate la cost zero pentru utilizator. Dacă doriți să aflați mai multe, nu ezitați să contactați unul dintre inginerii noștri la telefon +40212110883 sau să vizitați site-ul www.arworld.us.

Parteneriate Keysight Technologies in domeniul compatibilitatii electromagnetice

Keysight și partenerii de soluții lucrează împreună pentru a ajuta clienții să atingă performanțele unice în design, fabricație, instalare și în suport. Pentru a afla mai multe despre aceste programe, parteneri și soluțiile Keysight, vizitați:

www.keysight.com/find/solutionspartner

Keysight Technologies and [ETS-Lindgren](#)

ETS-Lindgren și Keysight Tehnologies oferă flexibilitatea necesară pentru a vă asigura că produsele dvs. respectă cele mai recente standarde CISPR. Aplicația software [TILE!™ \(Total Integrated Lab Environment\)](#) de la ETS-Lindgren combinată cu receptorul N9038A ([Keysight MXE EMI](#)) permite adaptarea cu ușurință la noile cerințe - atât acum cât și în viitor.

Parteneriatul ETS-Lindgren și Keysight oferă:

- Măsurători de compatibilitate electromagnetică coforme cu standardele CISPR
- Oferă o soluție completă incluzând camere (semi)anecoice, antene, catarg pentru antene, mese rotitoare și accesorii de testare de la ETS-Lindgren
- Asigură respectarea standardelor CISPR și a altor standarde internaționale



Keysight MXE este mai mult decât un receptor EMI compatibil cu [CISPR](#), el dispune de analize de semnal din seria X și afișaje de măsurare grafică pentru o examinare mai ușoară a detaliilor semnalului. MXE este pe deplin compatibil cu [CISPR 16-1-1](#) 2010 și oferă precizie și sensibilitate deosebită, meniuri extinse de diagnoză integrate pentru rezolvarea problemelor EMI, toate tipurile de detectoarele necesare și două intrări independente cu game de frecvență și preselecțiile standardizate. MXE vă permite navigarea fără probleme între modurile de funcționare de receptor și analizorul de spectru pentru a accelera evaluarea semnalului.

Keysight Technologies and [Frankonia EMC Test-Systems GmbH](#)

Parteneriatul Frankonia și Keysight oferă:

- Măsurători EMC conduse și radiate în conformitate cu standardele CISPR, FCC, MIL și EN
- Măsurători de imunitate la standardele IEC, ISO și MIL
- Folosirea generatorului de semnal analogic EXG și a receptorului N9038A (MXE EMI) de la Keysight
- Masuratori automate cu aplicația software Frankonia EM-LAB și RF-LAB
- Controlul software al mesei rotitoare și al catargului de antenă
- Certitudinea că produsele dvs. respectă toate standardele EMC relevante

Pentru testele de imunitate de până la 40 GHz, Frankonia integrează generatoare de semnal, cum ar fi și generatorul de semnal analogic [EXG RF](#) și [power-metrele](#) de la Keysight Technologies. Sistemele de testare a imunității pot fi complet automatizate cu software-ul de control Frankonia RF-LAB. Sistemele de testare a imunității de la

