

Le celle GTEM e il loro impiego in prove di compatibilità elettromagnetica

Marco Dealessi
Sales manager

Giancarlo Cenni
Senior EMC specialist

TESEO

Le versioni più recenti delle specifiche di test per prove di emissione e immunità irradiata hanno introdotto ambienti di prova alternativi alla camera anecoica tradizionale. Questo primo articolo tratta la cella GTEM come strumento alternativo alla camera, preferito da molti laboratori per motivi economici e tecnici come descritto in seguito

Quando si affronta il tema delle prove EMC di tipo irradiato, il pensiero va subito alla camera schermata, in configurazione semianecoica o anecoica.

C'è tuttavia uno strumento, la cella GTEM, che nel corso del tempo ha guadagnato posizioni come sostituto preferenziale della camera. E non è sempre soltanto questione di risparmiare sul budget di spesa.

La cella GTEM, facilmente riconoscibile per la forma piramidale (Fig. 1), è molto più economica della camera, come si può immediatamente dedurre dalla dimensione più piccola e dalla conseguente minore quantità di materiale schermante e assorbente RF in essa contenuto, ma è anche molto più semplice e meno impegnativa nell'uso quotidiano da parte dell'ingegnere addetto alle prove di compatibilità elettromagnetica.

Cenni storici

La cella GTEM è stata inventata in tempi relativamente recenti e coperta da brevetto, il che ha contenuto il numero dei costruttori, che si mantiene esiguo



Fig. 1 - Cella GTEM

anche ora che i diritti derivanti dai brevetti dovrebbero essere ormai scaduti. L'invenzione ha subito rivestito una grande importanza pratica perché ha rappresentato un notevole passo avanti rispetto alla cella TEM di Crawford, quella a forma rastremata alle estremità. Nella sigla GTEM, "G" significa 1 GHz, per cui la banda di frequenza, che nella cella TEM si limitava a qualche (poche) centi-

naia di Megahertz, è stata estesa fino a 1 GHz, praticamente a copertura completa di tutta la banda in cui in tempi passati si concentravano le emissioni più pericolose o le principali suscettibilità dei dispositivi in prova.

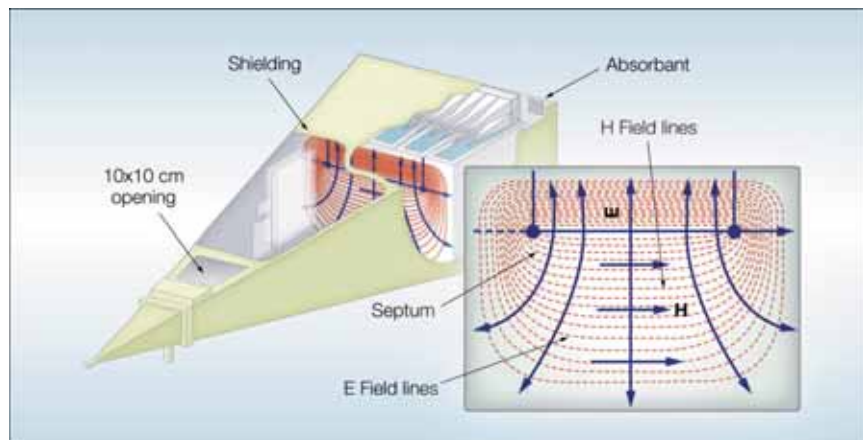


Fig. 2 - Linee di campo in GTEM

Dopo anni di sperimentazione da parte di istituti di mezzo mondo, alcuni anche italiani, la banda di lavoro arriva oggi tranquillamente a 3 o 4 GHz, con possibilità di andare oltre se si è pronti (e capaci) ad eseguire delle caratterizzazioni abbastanza specialistiche del comportamento della cella alle alte frequenze.

Configurazione

La cella GTEM è una camera schermata in piccolo con una minima quantità di materiali anecoici come rivestimento interno.

La cella TEM era semplicemente schermata, ma non anecoica, caratteristica che la limitava in frequenza, costituendo un handicap per la completezza delle prove irradiate che consentiva di eseguire.

Come camera schermata presenta tutti i problemi di passaggio dei cavi di segnale che si ritrovano anche in camera schermata, con necessità di filtrare l'alimentazione, filtrare segnali in bassa frequenza, convertire in fibra ottica quelli non filtrabili. Come esempio, una piccola telecamera per leggere il display di un

EUT che è ruotato per cui non risulta leggibile dalla finestra, dovrà essere collegata in fibra ottica per non disturbare la prova di emissione, e dovrà funzionare regolarmente in presenza del campo forte generato nella prova di immunità. Le problematiche sono le stesse, ma la soluzione è resa più difficile dagli spazi a disposizione, che sono veramente limitati rispetto alla camera anecoica.

La GTEM è una linea di trasmissione TEM (trasverso-elettro-magnetico), al pari di un cavo coassiale, con sezione trasversale crescente, terminata alla sua estremità (la base della piramide) da una rete di resistenze di adattamento alle basse frequenze e assorbitori, ferriti e/o piramidi poliuretatiche caricate in carbone, alle alte frequenze. Anche nella cella TEM la propagazione è identica, ma manca la terminazione, per cui all'esterno occorre collegare un carico a 50 Ohm che sopporti tutta la potenza iniettata al connettore di ingresso. Le linee di campo in una cella GTEM sono riportate in figura 2. La propagazione TEM è conosciuta alla perfezione per cui il comportamento della cella risulta noto in prova di emissione e il campo uniforme in prova di immunità.

Caratteristiche costruttive

La schermatura, che può essere valida fino a 18 GHz e oltre, è ottenuta da

lamiera metallica. Di particolare pregio le celle in acciaio INOX. La porta o sportello consente l'accesso all'interno per il posizionamento dell'EUT (equipment under test = oggetto in prova) e la configurazione del set-up di prova. La finestra può essere utile per vedere all'interno, ma può essere rimpiazzata dalla telecamera che comunque è indispensabile se si deve leggere un display dell'EUT.

Filtri, guide d'onda per cavi ottici, interruttori di protezione e così via sono accessori quasi sempre presenti.

Per la realizzazione occorre superare alcune difficoltà:

- il connettore di connessione alla strumentazione, sia per gli aspetti meccanici di robustezza che per l'adattamento di impedenza, perché in corrispondenza del connettore c'è una discontinuità forte nella sezione della linea, che deve manifestare un comportamento TEM fino ad alte frequenze per assicurare le prestazioni RF desiderate;
- il setto interno, corrispondente al conduttore centrale di un cavo coassiale, che è piatto, sottile e disassato per dare maggiore spazio all'EUT (Fig. 3): le sue discontinuità o deformazioni nei modelli più grandi richiedono nell'installazione anche misure riflettometriche oltre che di ROS;
- le terminazioni resistive con le connessioni multiple al setto (ancora punti

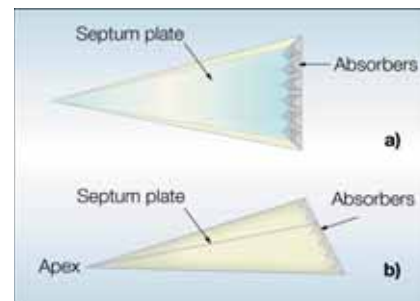


Fig. 3 - Il setto nella cella GTEM



Fig. 4 – Strumentazione da laboratorio per cella GTEM

di discontinuità di impedenza), e la transizione dalla bassa alla alta frequenza, quando la responsabilità di eliminare le riflessioni si trasferisce dalle resistenze concentrate agli assorbitori RF che rivestono la parete terminale.

Vantaggi e svantaggi dell'uso della cella GTEM

Tra i vantaggi si annovera la semplicità di impiego. Una prova di immunità può essere eseguita in modalità automatica tramite software di gestione su una o più bande di frequenza per semplice connessione dell'uscita dell'amplificatore al connettore della cella.

Nessun andirivieni da parte di due operatori con difficoltà di collegamento audio e video tra loro, nessuna antenna da posizionare esattamente, addirittura nessun sensore di campo per prove di pre-conformità come succede in camera anecoica (Fig. 4).

Un altro vantaggio è costituito dalla potenza contenuta degli amplificatori, in quanto la zona irradiata è piccola in confronto a quella della camera.

La prova di emissione irradiata comporta la rotazione soltanto su tre orientamenti ortogonali dell'EUT (Fig. 5) e l'acquisizione di tre spettri che vengono poi elaborati dal software di correlazione, che fornisce risultati da confrontare con quelli della camera.

Tra gli svantaggi, la possibile limitazione alle alte frequenze, l'impiego soltanto per EUT di piccole dimensioni, perché al crescere di queste la cella acquista dimensioni e costi comparabili con la camera anecoica, e la potenza degli amplificatori, che per quanto più bassa rispetto alla camera, non decresce con il

Un ulteriore svantaggio è il percorso dei cavi, che è diverso dalla camera (nella quale la normativa di prova ha creato un set-up obbligatorio di esposizione dei cavi che permette di confrontare tra loro tutti gli EUT in prova) sia come forma geometrica sia come esposizione al campo irradiato. In cella GTEM lo spazio per un percorso lineare dei cavi di collegamento di fronte all'antenna trasmittente non è infatti possibile per mancanza di spazio.

Conformità e pre-conformità

Nel conto dei vantaggi e degli svantaggi bisogna anche contabilizzare la rispondenza ai requisiti delle norme applicabili. Se il confronto viene eseguito con una camera semianecoica conforme per

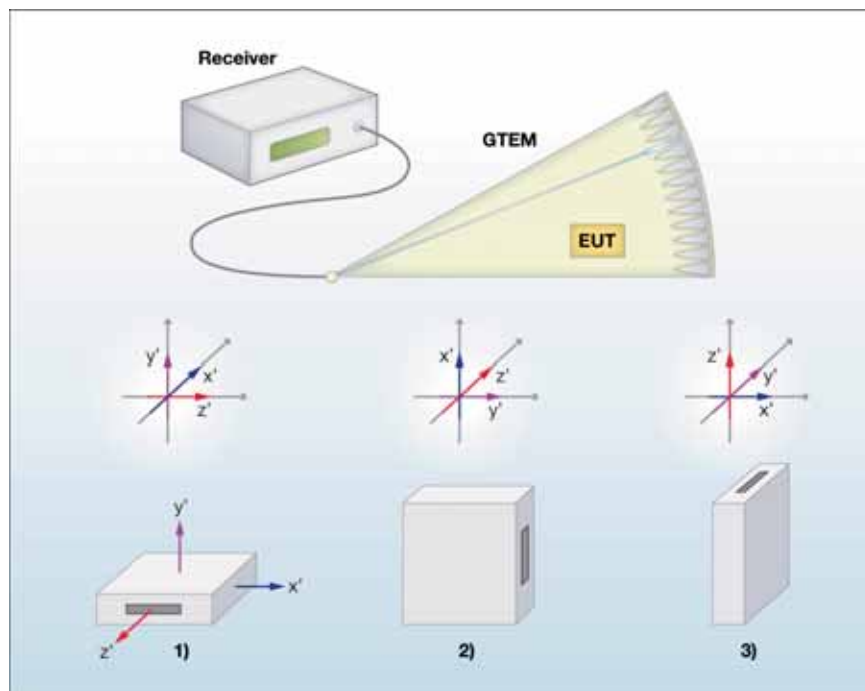


Fig. 5 – Emissioni radiate in GTEM - Rotazioni dell'EUT

crescere della frequenza, fenomeno che si registra in camera a causa della direttività delle antenne crescente con la frequenza. La cella GTEM è l'antenna trasmittente stessa, antenna a guadagno costante su tutta la banda di frequenza.

prove irradiate a 3 metri, ovviamente costosa, la cella è perdente per via della non conformità nella prova di emissione irradiata per marcatura CE. Il ragionamento da fare è il seguente:

- la cella GTEM è normata dalla specifica europea EN61000-4-20, ma non è richiamata da alcuna specifica di prodotto, per cui l'uso come strumento conforme per la marcatura non sarebbe formalmente consentito, almeno oggi, al di là della validità tecnica dello strumento. Se invece il termine di paragone è la meno costosa camera compatta, allora entrambi i contendenti sono alla pari



Fig. 6 – Sensore isotropico di campo elettrico e sua unità di interfaccia

come idoneità a eseguire prove conformi o di “pre-compliance”. Entrambi gli ambienti di prova sono classificabili come adatti (e tecnicamente validi) a prove di pre-conformità per le emissioni irradiate. Per le prove di immunità irradiata si ritiene genericamente conforme la cella, in quanto la metodologia di prova è molto simile a quella della camera (anche se il campo è sempre “lontano”). L'interpretazione è abbastanza condivisa nonostante una complicazione: la normativa EN61000-4-3 non cita più la GTEM perché è stata pubblicata

nel frattempo la EN61000-4-20, che tuttavia dovrebbe a rigore essere richiamata da norma di prodotto per diventare operativa.

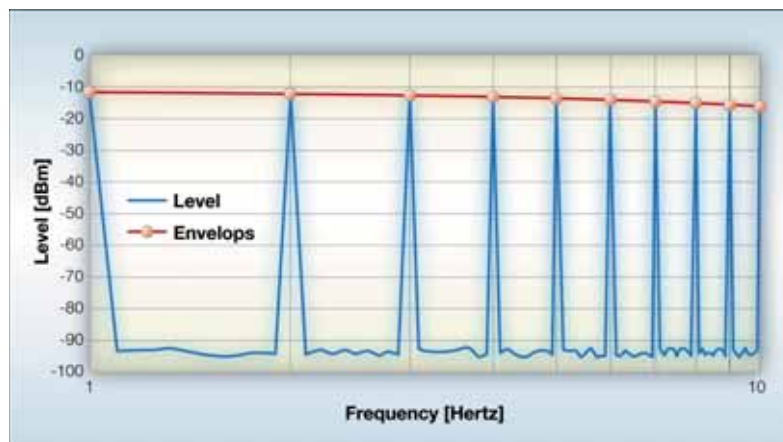
Dal punto di vista pratico per prove di immunità il campo può essere misurato con precisione sulla superficie frontale dell'EUT o in qualsiasi altro punto della zona di prova, per cui si conosce esattamente come si sta eseguendo la prova e non c'è ragione tecnica per mettere in forse la validità della prova al fine della conformità. Per la prova di emissione la modalità in cella è molto diversa dalla

prova in due polarizzazioni in camera (in cella si fanno tre rotazioni ortogonali dell'EUT, in camera due rotazioni dell'antenna oltre alle rotazioni dell'EUT), ma il software di correlazione fornisce la predizione del campo in camera con delle ipotesi (pari potenza irradiata e diagramma di radiazione di due dipoli, orizzontale e verticale) che non sempre sono esattamente vere.

Ci vorrebbe una maschera limite dedicata per le prove in GTEM, diversa da quella delle CISPR11 o 22, svincolando completamente la prova in cella da quel-



Fig. 7 – Radiatore di riferimento e suo spettro in frequenza



la in camera ed eliminando la necessità della correlazione.

Caratterizzazione della cella per massimizzare le prestazioni

Una buona conoscenza del comportamento della cella può permettere di ridurre le incertezze della misura.

Nelle prova di immunità è possibile mappare qualunque superficie o volume che sarà occupato dall'EUT tramite un sensore di campo con la stessa catena di generazione della prova di immunità irradiata.

Per ogni punto in cui si posiziona il sensore si traccia il diagramma livello del campo /frequenza (Fig. 6). È la stessa operazione di calibrazione richiesta in camera dalla EN61000-4-3 sotto la voce "uniformità di campo". Si possono così ottenere tramite il software il valore di campo desiderato per ogni punto selezionato o il campo minimo o medio su qualunque zona di interesse.

Nelle prove di emissione si può correggere il risultato della correlazione tramite un radiatore di riferimento. Si tratta di sorgente radiante il cui spettro è costituito da una fondamentale e da tutte le armoniche nella banda richiesta per la prova (Fig. 7). Il radiatore viene tarato

in sito aperto o camera conforme. Gli spettri risultanti dalla correlazione sono confrontati con la precedente calibrazione: alcune linee spettrali potranno essere amplificate, altre attenuate. La differenza degli spettri corrisponde alla differenza di propagazione e metodologia di prova tra camera e cella, e la si utilizza aggiungendola, come correzione, agli spettri dell'EUT in cella. A rigore, tale correzione sarebbe tale da eliminare tutti gli errori soltanto nel caso in cui il diagramma di radiazione dell'EUT fosse il medesimo di quello del radiatore, ma anche in presenza di diversi diagrammi radianti la correzione è normalmente tale da contribuire alla riduzione degli errori.

Altri impieghi della GTEM

Un altro valido impiego della cella GTEM è la calibrazione e verifica dei sensori di campo elettrico a larga banda o stretta, usati per misurare l'emissione delle antenne della telefonia mobile. I Centri di Taratura Accreditati sono i laboratori metrologici che si occupano della loro taratura.

In questi casi viene applicato il metodo di sostituzione del sensore e la cella GTEM è utilizzata solitamente nella banda di frequenza 200MHz-3GHz.

L'incertezza di taratura può dirsi equivalente (o prossima) a quella ottenuta in camera anecoica.

Come ulteriore possibilità d'uso della cella GTEM, vista inserita in una catena strumentale in grado di produrre intensi campi elettromagnetici in un ampio intervallo di frequenza in condizioni controllate e di ripetibilità, si evidenziano gli studi sugli effetti che l'irradiazione con onde elettromagnetiche a radiofrequenza produce su sistemi cellulari in vitro e sui tessuti biologici.

In questo articolo si è voluto fornire un quadro informativo più o meno esauriente su uno degli strumenti di misura ampiamente diffuso nei laboratori di compatibilità elettromagnetica.

Sicuramente la cella GTEM rappresenta una alternativa economica rispetto alla camera schermata/anecoica, specie se l'oggetto da testare ha dimensioni ridotte. L'ingombro della cella, cioè le sue limitate dimensioni fisiche, è un altro fattore che viene molto apprezzato quando gli spazi fisici da dedicare alla strumentazione di test sono esigui.

TESEO
 readerservice.it n. 32