

Fig. 2 - Test immunità radiata su componente

terà e sarà preoccupazione del costruttore e non tanto del legislatore la verifica di suscettibilità (condotta e radiata)”. Il problema non è però trasferibile alla sfera della qualità del prodotto o a quella della immagine del “brand” perché se un sistema frenante o “drive-by-wire” o una sospensione attiva manifestano un malfunzionamento per via di un disturbo, nasce un problema di sicurezza delle persone a bordo e la sicurezza “non ha (quasi) prezzo”. Ne consegue che la legislazione, apparentemente uscita dalla porta rientra dalla finestra (un po’ come nel settore civile dove alcune prove di EMC di cui alcuni costruttori si erano sbarazzati con forte azione di lobbying da parte delle loro associazioni sono state

reintrodotte in forma un po’ camuffata come regole di sicurezza). Le minacce (cioè i disturbi elettromagnetici) sono tante e di livello elevato. Il veicolo si muove e la mobilità lo può portare in zone con campi elettromagnetici intensi: ad esempio sotto linee ad alta

tensione o sotto ripetitori o in vicinanza di stazioni radar.

Una curiosità: in USA vengono eseguite prove di immunità radiata pulsata con campi di centinaia di volt per metro e in Europa ci si chiede che senso abbia sostenerne il costo, con il pensiero che corre anche ai passeggeri sottoposti ai medesimi campi. Sono invece situazioni reali che si incontrano in America quando si attraversano i ponti: se sotto sta passando una nave con il radar acceso, per qualche breve periodo il campo può raggiungere questi livelli così apparentemente estremi.

Più vicino alla realtà locale, sono riportati parecchi casi di veicoli di vecchia generazione che si bloccavano nei parcheggi di un aeroporto e si rimettevano miracolosamente a funzionare (dopo aver pagato il traino!) nel garage distante qualche centinaio di metri. È evidente che le case costruttrici di veicoli non si possono permettere una pubblicità negativa per cui stabiliscono sempre nuove prove e con margini di sicurezza crescenti il cui risultato è che le omologazioni dei prodotti automotive diventano impegnative sia sotto il profilo tecnico sia dal lato economico. Il che accresce il peso delle prove EMC rispetto a prove di altro tipo, di per sé molto numerose nell’automotive. Le prove EMC automotive a livello componente sono simili a quelle militari in quanto esistono molti parallelismi tra un veicolo civile e un veicolo (o un aereo) militare. Vi sono miriadi di componenti a contatto uno dell’altro a formare sistemi



Fig. 3 - Veicoli in camera semianecoica

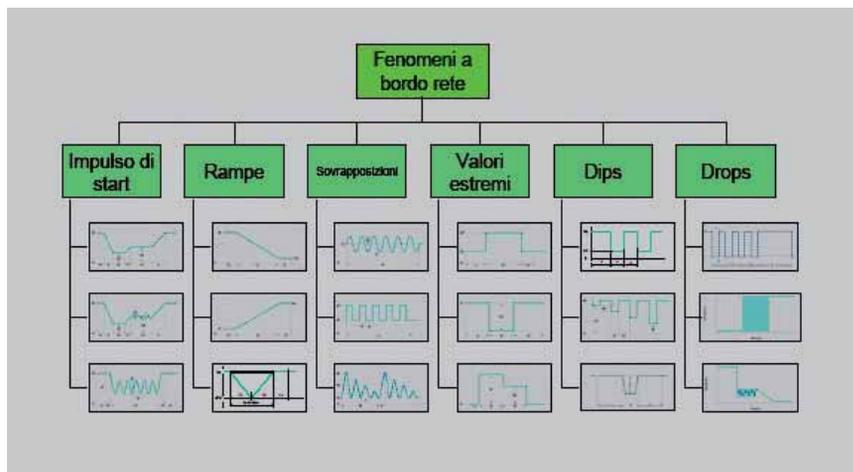


Fig. 4 - Tipologia e forme delle tensioni

complessi, mezzi mobili che si possono trovare in zone delicate (aereo in aeroporto, auto presso sito collinare con tanti ripetitori radio/TV) e quindi test di immunità a 100 o 200 V/m o bande estese fino a molti GHz; vi sono quindi distanze di prova corte, 1 metro, a differenza del civile, 3 o 10 metri, camere piccole, meno performanti e meno costose rispetto a quelle per gli ambienti industriali o residenziali.

Nell'ambiente militare una volta (non più tanto ora) valeva la seguente regola: se l'LRU (Light Replaceable Unit), cioè l'apparato di bordo, supera le prove, una volta integrato nel sistema quest'ultimo funzionerà sicuramente senza ulteriori prove. Le prove, si pensava, simulano così bene le condizioni di bordo che non c'è più bisogno di prova finale a livello globale di sistema.

La complessità dei sistemi rende le prove non più così rappresentative (distanze, orientamenti e cablaggi cambiano) per cui, sfruttando la disponibilità di laboratori per prove di sistema costosi, ma accessibili, vengono sottoposte a prove EMC anche le vetture complete come verifica finale cautelativa.

Tipi di test

La classificazione delle prove nel settore automotive non si scosta da quella degli altri settori:

- emissione condotta e irradiata;
- immunità condotta e irradiata comprese le scariche elettrostatiche condotte e

irradiate. Nel rispetto di parallelismi ed equivalenze effettivamente esistenti, le modalità delle singole prove sono comunque diverse da quelle del settore residenziale/industriale e diverse sono, per lo più, le apparecchiature componenti i set-up di prova. La stessa marcatura, obbligatoria per legge, porta al simbolo "E" o "e" (a seconda che sia o meno esteso ai Paesi ONU), da distinguere dal corrispondente CE. Diverse quindi le specifiche e in parte gli enti normatori. A eccezione delle prove di emissione che sono

ancora regolate da specifiche (dedicate) del comitato CISPR, le prove di immunità sono regolate dall'organismo ISO. In entrambi i tipi di prova i set-up sono definiti in modo molto rigoroso e dettagliato. In seguito si farà riferimento principalmente alle prove richieste dalla direttiva automotive (marcatura E), ricordando tuttavia che per il primo equipaggiamento i costruttori di veicoli impongono dei test a livelli molto più severi, sia per crearsi dei margini propri, sia per tenere conto di funzioni critiche per la sicurezza, funzioni non protette sufficientemente dai limiti di prova della direttiva.

Emissioni condotte

Scopo di una prova di emissione condotta è limitare lo spettro dei disturbi emessi sulle linee di alimentazione collegate alla batteria di bordo. L'alimentazione da batteria corrisponde alla rete elettrica per il settore civile e poiché gli utenti incominciano a essere molto numerosi (quante apparecchiature sono alimentate

Tabella 1

TEST	TEST FAMILY	INTERNATIONAL SPEC.	NOTE
EMISSIONS			
Radiated RF		CISPR 25:2008 (ed.3) CISPR25:2002 (ed.2)	2004/104/EC Directive requires
Conducted RF		CISPR 25:2008 (ed.3)	Not required from 2004/104/EC directive
Conducted transient		ISO7637-2:2004	
RADIATED IMMUNITY			
RF immunity		ISO11452-2 e -3	
Magnetic field immunity		ISO11452-8	
CONDUCTED IMMUNITY			
Susceptibility		ISO11452-4	BCI
Transient		ISO7637-2 e -3	pulses 1, 2, 3,4,5
COUPLED TRANSIENTS			
Inductive coupled transients		ISO7637-2	pulses 3a/3b
ESD			
ESD		ISO10605	air and contact discharge

da batteria in un veicolo moderno?) bisogna fare in modo che la sovrapposizione degli spettri di tutte le apparecchiature si mantenga al di sotto, con un certo margine di sicurezza, rispetto al livello di disturbo che le apparecchiature tollerano come dimostrato poi dal test di immunità condotta.

Il rilievo della tensione di alimentazione su un certo periodo di tempo mostra molte perturbazioni dovute ad accensioni e spegnimenti, carica da parte dell'alternatore, disconnessione improvvisa della batteria, avvio del motore e così via. Oggi esistono strumenti raffinati capaci di registrare questi andamenti con banda di frequenza così larga e capacità di memorizzazione così estesa che non sfuggono né i transitori rapidi (tipo burst) né le fluttuazioni di lungo periodo né i disturbi RF persistenti (sia di banda stretta dovuti a switching o oscillatori e quarzi con relative armoniche, sia di larga banda dovuti ad esempio a motori a spazzole). Per cui si possono iniettare sul dispositivo i disturbi che incontrerà effettivamente dopo installazione su un particolare veicolo. Le prove richieste sono comunque soltanto rappresentative dei fenomeni reali, sono degli standard presi come riferimento, e i dispositivi hanno soltanto l'obbligo di superare le prove richieste dalle normative.

Le prove sono di due tipi:

- sinusoidali continue sulla banda fino a 108 MHz per inglobare le frequenze delle radio FM, con uso di ricevitore;
- transitorie alla apertura e chiusura dell'interruttore di accensione (normate da ISO anziché da CISPR = unica eccezione) con uso di LISN e oscilloscopio.

Emissioni irradiate

Principalmente le prove devono proteggere gli strumenti più sensibili e cioè i ricevitori di bordo. Inizialmente c'era la radio, ma adesso ci sono anche per esempio il GPS, il GSM, il Bluetooth per cui la banda di misura arriva oggi al GHz e domani arriverà a frequenze superiori.

Fig. 5 - Registrazione disturbi

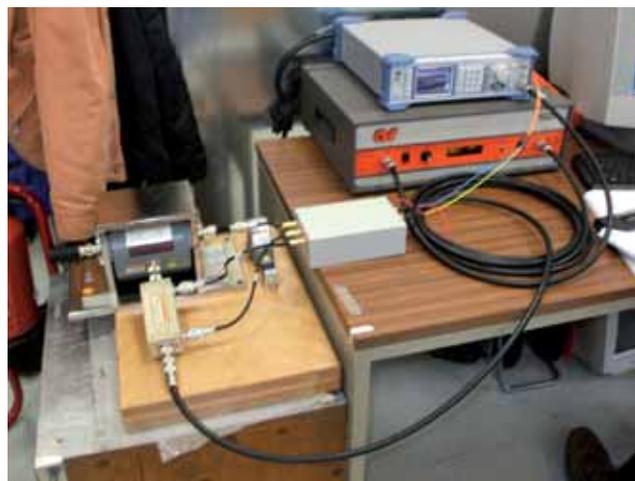


Fig. 6 - Componenti per un test di BCI

L'esecuzione richiede un ambiente idoneo (camera semianecoica), una antenna e un ricevitore.

Immunità condotta

Le prove sono molte e si suddividono in:

- prove impulsive (di breve durata);
- prove sinusoidali di Bulk Current Injection (BCI).

Le prove impulsive, estese a volte anche alle linee di segnale, corrispondono, sebbene con parametri diversi, alle prove di Burst, Surge, PQT delle norme CENELEC 61000-4-4,-5 e -11. La prova di BCI corrisponde alla EN61000-4-6 con iniezione del disturbo di modo comune sinusoidale modulato in corrente (anziché in tensione) tramite pinza (anziché CDN). Caratteristica di tale prova è che ogni costruttore ha apportato delle varianti rendendo la vita più difficile al fornitore che voglia installare il suo componente su veicoli di diverse case e nazionalità. Le prove condotte sono estremamente importanti perché simulano la maggior parte dei disturbi reali. È vero che esistono anche le prove irradiate, ma la maggior parte dei disturbi non si registra alle alte frequenze, ma alle basse per cui

si accoppia tramite i fili elettrici e quindi l'accoppiamento è di tipo condotto.

Immunità irradiata

La prova irradiata estende alle alte frequenze (alcuni GHz) la banda della BCI (tipicamente fino a 200 o 400 MHz) e richiede la camera semianecoica oltre al sistema di generazione e misura del campo elettromagnetico. Il livello di prova, come anche per la BCI, dipende dalla criticità delle funzioni espletate dal dispositivo.

Scariche elettrostatiche

Sia il passeggero che entra nel veicolo sia il manutentore possono caricarsi a livelli di parecchi chilovolt e creare una minaccia ESD quando toccano i dispositivi elettronici di bordo.

Le prove vengono eseguite sia a contatto sia in aria e con diverse reti di scarica. Come per le altre prove di immunità i livelli sono più alti di quelli CENELEC.

La progettazione

Caratteristica della progettazione elettronica di bordo è di dover pensare a:

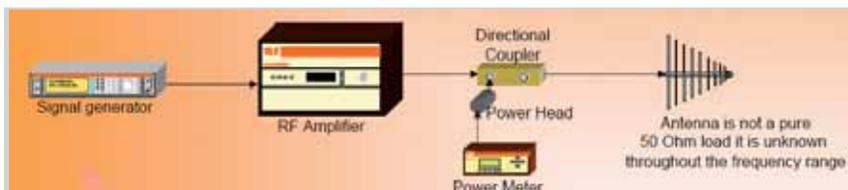


Fig. 7 - Set up per immunità irradiata

- produzioni di massa con numeri molto grandi di pezzi;
- prezzi unitari del prodotto molto bassi;
- condizioni ambientali molto impegnative. Rispetto al settore militare l'ambiente è parimenti severo, ma prezzi e quantità sono opposti. L'azienda produttrice deve comunque comprendere che il proprio impegno (e i rischi associati) è proporzionale al prodotto di prezzo unitario per quantità.

Nel militare i prezzi sono elevati e le quantità minime, e si sa che la progettazione deve essere molto curata per minimizzare i rischi di non conformità e riprogetti.

Nell'automotive il progetto deve essere curato altrettanto bene perché con le quantità in gioco i rischi economici associati a ritorni in garanzia o, peggio, perdita di immagine, sono insopportabili per qualunque società produttrice.

Il punto è che anche se il prezzo di produzione deve essere basso, la progettazione non può essere superficiale ed economica perché deve considerare dall'inizio tutti gli aspetti associati alla funzionalità primaria tra cui anche la compatibilità elettromagnetica (altri aspetti sono l'affidabilità, la manutenzione e così via).

La compatibilità elettromagnetica deve essere oggetto del progetto e non diventare un problema quando, in sede di omologazione, a linea di produzione già avviata, le prove non vengono superate. Masse, filtri, schermature, separazioni di cavi, scelta di frequenze, tutto deve essere analizzato dal primo istante. È l'unica condizione per fare in modo che eventuali problemi siano intercettati il



Fig. 8 - Esempio di dispositivi elettronici

più presto possibile. La teoria del ciclo di vita insegna che il costo minimo si ha quando si profonde il massimo impegno al momento della partenza: il costo della soluzione del problema cresce enormemente con il trascorrere del tempo, fino a essere massimo, e spesso economicamente non tollerabile, quando il problema viene sollevato dalla rete di assistenza con il prodotto già venduto in migliaia di pezzi.

Una progettazione EMC accurata consente anche di conoscere meglio il comportamento del proprio prodotto ed è un fattore tranquillizzante per l'azienda.

Le prove armonizzate sono rappresentative del mondo reale e spesso il loro superamento è anche garanzia che oltre al rispetto dei requisiti contrattuali il costruttore non avrà sorprese. Oggi tuttavia non sono infrequenti i casi di costruttori ai quali vengono segnalati malfunzionamenti dovuti ad accoppiamenti elettromagnetici prima inesistenti. Come esempio si cita la presenza di onde elettromagnetiche un po' dappertutto dovute per esempio a WiFi, WiMax, radar. Il costruttore può mostra-

re la sua certificazione di prova, ma il cliente che ha problemi nell'impiego dell'apparecchiatura non si accontenta di un pezzo di carta. La conoscenza approfondita ottenuta da una progettazione EMC dedicata aiuta a cavarsi d'impiccio anche in questi casi, che altrimenti diventano subito imbarazzanti e costosi da risolvere.

Vale forse la pena di dire che non c'è niente di magico dietro o dentro le prove EMC. Una progettazione curata e ben eseguita consente sempre al progettista di uscire indenne da una campagna di prove di omologazione.

La tabella 1 associa a ciascuna famiglia di prove la specifica principale. La marcatura E, applicabile alla Comunità Europea, richiede l'applicazione della maggior parte di esse.

Come già anticipato esistono parecchie altre specifiche adottate da costruttori di veicoli o autorità nazionali con cui ci si dovrà confrontare per vendite come primo equipaggiamento o in Paesi extra CEE.

TESEO
readerservice.it n. 33