



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCATRONICA

TESI DI LAUREA TRIENNALE

**NORME DI BASE DELLE PROVE DI
IMMUNITÀ AI DISTURBI
ELETTROMAGNETICI**

Relatore: Dott. Ing. ALESSANDRO SONA

Tutor aziendale: Ing. RENZO BEGHETTO

Laureando: ENRICO TAGLIAPIETRA

Matricola 579620-IMC

ANNO ACCADEMICO 2010-2011

Indice

Indice	i
Elenco delle figure	iii
Elenco delle tabelle	v
Introduzione	vii
1 Direttive Europee e Marcatura CE	1
1.1 Laboratorio di certificazione	3
1.2 Attività di laboratorio	4
2 Norme di base delle prove di immunità	7
2.1 EN 61000-4-2 Scarica elettrostatica (ESD)	7
2.2 EN 61000-4-3 Immunità irradiata	11
2.3 EN 61000-4-4 Burst	15
2.4 EN 61000-4-5 Surge	19
2.5 EN 61000-4-6 Correnti iniettate	22
2.6 EN 61000-4-11 Microinterruzioni e variazioni di tensione	24
3 Esempio di applicazione delle norme di base	27
3.1 Norma di prodotto CEI EN 55014-2	27
3.2 Criteri di valutazione delle prove	28
3.3 Applicazione delle prove alle diverse categorie di apparecchiature	29
3.4 Livelli di prova	30
3.4.1 Scariche elettrostatiche:	30
3.4.2 Immunità irradiata:	31
3.4.3 Transitori veloci (burst):	31
3.4.4 Disturbi impulsivi (surge):	32
3.4.5 Correnti iniettate:	32
3.4.6 Interruzioni e buchi di tensioni:	32
3.5 Esempio pratico di applicazione delle prove	33
3.5.1 Scariche elettrostatiche	33
3.5.2 Immunità irradiata	33
3.5.3 Transitori veloci (burst)	33
3.5.4 Disturbi impulsivi (surge)	34
3.5.5 Correnti iniettate	34
3.5.6 Buchi e interruzioni di tensione	34
4 Esempio di test report	35
Conclusioni	71

Elenco delle figure

1.1	Marchio CE	2
2.1	Andamento della scarica elettrostatica specificata nella norma	8
2.2	Esempio di generatore di scariche elettrostatiche utilizzato in laboratorio e schema circuitale	9
2.3	Tipi di puntali per la pistola del generatore di scariche, (a) puntale utilizzato per la prova a contatto, (b) puntale utilizzato per la prova in aria	9
2.4	Set-up per la prova di laboratorio	10
2.5	La camera anecoica	12
2.6	(a) antenna utilizzata per le basse frequenze, 80-1000MHz (b) antenna utilizzata per le alte frequenze, 1400-2700MHz	12
2.7	(a) generatore di segnale, (b)amplificatori utilizzati in laboratorio	13
2.8	Onda del segnale applicato per la prova di immunità irradiata	13
2.9	Tarature del campo, dimensioni della zona di campo uniforme	14
2.10	Set-up per le prove di laboratorio	15
2.11	Forma d' onda di un singolo impulso in un carico di 50Ω	16
2.12	Transitori veloci /burst	16
2.13	Foto e schema circuitale semplificato di un generatore di burst	17
2.14	Rete di accoppiamento/disaccoppiamento	18
2.15	Foto e schema di costruzione della clamp	18
2.16	Set-up per le prove di laboratorio	19
2.17	(a) Onde di tensione $1,2/50\mu s$, (b) di corrente $8/20\mu s$ disponibili all'uscita del generatore	20
2.18	Foto e schema circuitale semplificato di un generatore di surge	21
2.19	(a) segnale a radiofrequenza non modulato, (b) segnale a radiofrequenza modulato in AM all'80%	23
2.20	Esempio di CDN (a) e di pinza di corrente (b) utilizzate in laboratorio	23
2.21	Foto di un generatore di segnale (a) e di un amplificatore (b) utilizzati in laboratorio per eseguire la prova delle correnti iniettate	24
2.22	Strumento utilizzato in laboratorio per eseguire la prova delle microinterruzioni e variazioni di tensione	25

Elenco delle tabelle

3.1	Livelli di disturbo per la prova delle scariche elettrostatiche	31
3.2	Caratteristiche del disturbo per la prova di immunità irradiata	31
3.3	Caratteristiche del disturbo per la prova di burst per linea di segnale e di controllo (lunghezza > 3m)	31
3.4	Caratteristiche del disturbo per la prova di burst per EUT con alimentazione di ingresso/uscita in c.c.	31
3.5	Caratteristiche del disturbo per la prova di burst per EUT con alimentazione di ingresso/uscita in c.a.	31
3.6	Livelli di impulsi per la prova di surge	32
3.7	Caratteristiche del disturbo per la prova delle correnti iniettate	32
3.8	Caratteristiche della variazione di tensione per eseguire la prova delle interruzioni e buchi di tensione, 1 periodo= $1/50 = 20\text{ms}$	32

Introduzione

Il numero elevato di beni prodotti negli ultimi decenni e le relative evoluzioni tecnologiche hanno messo a disposizione delle apparecchiature elettroniche con potenzialità sempre maggiori e con caratteristiche sempre più sofisticate, come ad esempio una maggiore capacità elaborativa, un minore consumo, una maggiore flessibilità nella loro utilizzazione, ecc.; in contrapposizione ha però reso queste apparecchiature sempre più sensibili ai disturbi elettromagnetici, rendendo necessario porre delle condizioni da rispettare da parte di un qualsiasi apparato nel suo comportamento nei confronti di questi disturbi.

Le condizioni da soddisfare vengono regolate dalla Direttiva Europea 2004/108, che stabilisce due importanti requisiti che tutte le apparecchiature immesse sul mercato europeo devono rispettare:

1. ogni apparecchiatura non deve superare un fissato limite nell'entità dei disturbi da essa generati. Tale limite è in funzione del tipo di apparecchiatura e delle caratteristiche dell'ambiente dove è destinata a funzionare.
2. ogni apparecchiatura deve essere in grado di funzionare correttamente anche in presenza di disturbi elettromagnetici, purché non superiori a limiti stabiliti. Anche questi limiti dipendono dalla tipologia dell'apparecchiatura e dal luogo di funzionamento.

La prima condizione prende il nome di emissioni nel senso che il funzionamento di un'apparecchiatura è compatibile con quello di altre apparecchiature poste nelle vicinanze.

La seconda condizione si riferisce all'immunità ed esprime la capacità di un'apparecchiatura a funzionare nonostante la presenza di disturbi; si può esprimere tale caratteristica anche in forma complementare indicando la suscettibilità dell'apparecchiatura ad essere influenzata dai disturbi elettromagnetici.

Lo scopo della presente tesi è quello di illustrare i principali aspetti relativi all'immunità ai disturbi elettromagnetici che ogni prodotto deve soddisfare per ricevere la marcatura CE, per poter così essere immesso nel mercato della Comunità Europea.

Il ciclo di immissione di un prodotto nel mercato è influenzato da varie componenti. Fra queste, troviamo l'attività svolta da un laboratorio accreditato come CMC. La tempistica e i costi previsti dai costruttori dell'apparecchio possono subire sostanziali modifiche in base a quali sono i risultati delle prove richieste dalle normative. L'obiettivo di un'azienda, quindi, è di presentarsi ai test di laboratorio con un prodotto che superi le prove al primo tentativo. Ciò accade quasi mai, perciò, per evitare di allungare considerevolmente i tempi e i costi, le aziende con più capitale disponibile si stanno attrezzando di propri laboratori interni che possano compiere delle preverifiche, evidenziare i problemi presenti e modificare l'apparecchio ancor prima di rivolgersi al laboratorio accreditato, cosa importante, mentre si lavora ancora in fase di progettazione. Compiere modifiche, mentre il prodotto è ancora un prototipo, comporta dei vantaggi economici notevoli rispetto a coloro che operano interventi su un prodotto finito. Le aziende che non possono sostenere la spesa di un laboratorio interno proprio, si appoggiano a laboratori accreditati per eseguire delle prove che mirano al presunto lato debole dell'EUT, così da poter ricevere una nota informativa contenente i risultati dei test e individuare gli interventi da compiere.

La tesi è sviluppata principalmente in tre parti; nella prima parte si andrà a raccontare l'evoluzione storica delle Direttive Europee, le funzioni di un laboratorio per la certificazione CE e i requisiti che deve possedere per riceverne l'accreditamento da parte degli appositi enti (ACCREDIA). Nella seconda parte si andranno ad enunciare le principali norme di base per l'immunità elettromagnetica soffermandosi in particolare su quanto prescritto dalle norme per eseguire correttamente le prove, il layout della prova per poterla eventualmente ripetere in un secondo momento qualora c'è ne fosse la necessità e sono

illustrati i tipi e i livelli di disturbi applicati. Per alcune prove è inoltre presente una breve descrizione su come eseguire correttamente la taratura della prova stessa. Nella terza ed ultima parte si prenderà in esame una norma per la compatibilità elettromagnetica, la CEI EN 55014-2 una norma di prodotto che tratta l'immunità ai disturbi elettromagnetici degli elettrodomestici e degli apparecchi simili per uso domestico, apparecchi destinati agli addetti dei negozi, all'industria leggera e alle fattorie.

Si concluderà la tesi con un esempio pratico dell'applicazione della suddetta norma ad un oggetto che si è testato in azienda durante il periodo di stage.

Presentazione azienda presso la quale ho svolto lo stage

L'azienda presso la quale è stato svolto lo stage è "CMC Centro Misure per la Compatibilità s.r.l." con sede a Thiene per una durata di 250 ore. L'impresa è un laboratorio di misure indipendente, nato nel 1995 in cui si eseguono prove, misure e certificazioni di apparecchi e sistemi elettrici ed elettromeccanici per la verifica dell'adempimento alle direttive:

- 89/336/CEE relativa alla compatibilità elettromagnetica;
- 2004/108/CE nuova direttiva per la Compatibilità Elettromagnetica;
- 2004/104/CE compatibilità elettromagnetica per autoveicoli e loro componenti;
- 97/24/CEE compatibilità elettromagnetica per veicoli 2 o 3 ruote e loro componenti;
- 99/05/CEE apparecchiature radio e terminali di telecomunicazione;
- 93/42/CEE dispositivi medici;
- 2006/95/CE sicurezza elettrica;
- 98/37/CEE direttiva macchine;
- 2000/14/CEE emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature;
- 89/106/CEE direttiva prodotti da costruzione.

Il laboratorio vanta varie certificazioni: dal Ministero delle Poste e Telecomunicazioni per l'esecuzione di prove secondo le norme ETS per la marchiatura CE degli apparecchi radio-trasmittenti; dal Sistema Italiano di Accreditamento (ACCREDIA), certificato n. 0168, in conformità alla UNI ISO/IEC 17025, norma per la garanzia di qualità specifica per i laboratori di prova; è approvato SASO (SAUDI ARABIAN STANDARDS ORGANIZATION) per l'esecuzione di prove su prodotti destinati al mercato degli Emirati Arabi ed è qualificato RINA per l'esecuzione di test funzionali e di immagazzinamento a bassa temperatura, a calore secco e umido su sistemi di segnalamento, telecomunicazioni e controllo comando.

Il laboratorio CMC collabora con Enti di Certificazione (TÜV-GS, ecc.) per l'ottenimento di marchi per la Sicurezza Elettrica; è accreditato TÜV Rheinland Appointed Laboratory per l'esecuzione delle prove necessarie per la certificazione TÜV su apparecchi di riscaldamento domestico a combustibile solido (es. stufe a legna, a pellets, caminetti, ecc.), è inoltre riconosciuto dalla Federal Communications Commission, che permette di eseguire prove al fine della certificazione FCC degli apparecchi elettronici, infine il laboratorio è accreditato per Industry Canada (IC).

CMC fornisce consulenza relativa alle normative in base alla tipologia del prodotto; alla preparazione della documentazione tecnica relativa alle prove per la stesura del fascicolo tecnico; alla definizione, progettazione e revisione del prodotto con assistenza per le

eventuali modifiche da apportare per rientrare nei requisiti richiesti dalle normative. Inoltre offre un servizio di misure in sito esterno per macchine non trasportabili e stesura del Technical Construction File; certificazione dei Technical Construction File per l'estensione della marcatura CE a famiglie di prodotti. Il laboratorio è diviso in quattro reparti: uno per l'esecuzione di prove di compatibilità elettromagnetica, l'altro per le prove di sicurezza elettrica e ambientali, uno vibrazioni e uno prove di combustione.

Nella parte di compatibilità sono collocate tre camere per le misure: una anecoica per prove di immunità a disturbi a radiofrequenza, una semianecoica usata principalmente per misurare le emissioni irradiate e la potenza di disturbo; e una camera schermata utilizzata per prove di emissioni di disturbi condotti. Inoltre sono presenti varie postazioni per eseguire le altre prove previste dalle norme di base: il generatore di burst e di surge, il generatore per le scariche elettrostatiche, i generatori e gli amplificatori per i disturbi a radiofrequenza, il generatore per le microinterruzioni, e il misuratore di campo elettromagnetico. Nella parte di sicurezza sono presenti i macchinari utilizzati per le prove di sicurezza: una camera per prove di umidità, una camera climatica per prove di temperatura, e una camera per prove del grado IP degli involucri. Vi sono inoltre: strumenti per la misura delle correnti di dispersione, strumenti per la verifica a terra di protezione e della rigidità dielettrica degli isolamenti, apparecchi a molla per la prova d'urto, utensili dinamometrici, apparecchi per prove di resistenza al calore e di infiammabilità del materiale.

Nella parte del laboratorio di vibrazioni è presente una camera con uno shaker per eseguire test sia sull'asse orizzontale che su quello verticale. La parte di prove di combustione è dotata di tutta la strumentazione necessaria (es. termocamera, bilancia elettronica di precisione, sistemi di acquisizione dati termici, sistema di analisi dei gas di scarico, apparato di scarico fumi a tiraggio regolabile... ecc.), per svolgere un'analisi completa di apparecchiature di riscaldamento domestico alimentate a combustibile solido. E' dunque possibile effettuare la messa a punto e la verifica di conformità di stufe a pellets, a legna, di termo camini, ecc. secondo le rispettive norme di prodotto valide sia a livello europeo (EN 14785, EN 13240...) che a livello locale (es. BAFA tedesco ecc.).

Direttive Europee e Marcatura CE

La continua diffusione di apparecchiature elettriche o elettroniche ha reso necessario la creazione di apposite organizzazioni di controllo dei prodotti a tutela del consumatore. Il costruttore e il progettista, nel costruire un apparecchio, hanno come obiettivo primario creare un prodotto funzionale con un prezzo competitivo per il mercato, spesso trascurando la parte relativa al rispetto dell'utilizzatore e dell'ambiente nel quale andrà a funzionare. Qualsiasi prodotto elettrico o elettronico durante il suo normale funzionamento produce un campo elettromagnetico che si propaga nell'ambiente circostante. Tale campo se di valore elevato può creare malfunzionamenti nelle apparecchiature circostanti e mettere in pericolo la sicurezza delle persone che si trovano nelle vicinanze. Ecco allora la nascita di normative che regolamentano tali aspetti, diversi a seconda del tipo di prodotto e dell'ambito in cui viene usato. Tali leggi prendono nome di Direttive e pongono dei limiti che costringono il costruttore a considerare già in fase di progettazione l'idoneità del proprio prodotto nell'ambiente in cui lo si vuole far operare e alla sicurezza dell'utente.

Al momento attuale, nell'ambito della Comunità Europea, esistono Direttive che fissano dei vincoli (di emissioni e di immunità) da rispettare per poter rendere qualsiasi prodotto elettrico o elettronico commercializzabile ed utilizzabile nell'intero territorio della Comunità stessa. Prima di arrivare a questo risultato esisteva una vecchia regolamentazione, chiamata "Vecchio Approccio", secondo la quale ogni Nazione fissava in modo autonomo i vincoli che le apparecchiature dovevano rispettare se operavano nel loro territorio. Di conseguenza, poteva verificarsi che il medesimo prodotto, potenzialmente pericoloso per gli utilizzatori o dannoso per l'ambiente, fosse ritenuto sicuro in un Paese perché conforme ai requisiti tecnici ivi richiesti, contrariamente al giudizio di un altro. Questo tipo di regolamentazione andava a danneggiare il libero mercato della Comunità, infatti, un qualsiasi prodotto doveva rispettare sia le leggi dello stato produttore, sia quelle dell'eventuale stato in cui si voleva esportarlo. Il costruttore doveva, quindi, conoscere a priori la nazione dove intendeva mettere in vendita il suo prodotto, altrimenti adeguare le sue caratteristiche a quel particolare mercato comportava un aumento dei costi. Per ovviare a tali inconvenienti uno degli obiettivi che la Comunità Europea si è posta nel trattato di Roma del 1957 è stato di ottenere la libera circolazione dei beni nel suo territorio, stabilendo le condizioni che ogni prodotto doveva soddisfare per poter circolare nel mercato comune senza nessun blocco, doganale o normativo. I risultati inizialmente ottenuti sono stati notevolmente inferiori alle aspettative e solo nel 1985 la Comunità ha proposto un diverso modo di procedere, che prende il nome di "Nuovo Approccio" con lo scopo di eliminare o almeno attenuare i vari inconvenienti sorti. Con il nuovo approccio la Comunità Europea emana delle Direttive, nelle quali sono indicate in forma qualitativa, e non quantitativa, gli aspetti che regolano l'immissione dei prodotti nel mercato della comunità. Ad esempio in una Direttiva vengono stabiliti alcuni criteri generali per tutte le apparecchiature medicali, in un'altra viene preso in considerazione il comportamento dell'apparecchiatura sottoposta a disturbi elettromagnetici oppure a problemi relativi alla sicurezza. Per verificare se un prodotto è conforme a quanto prescritto dalla Direttiva, e cioè se l'apparecchio può entrare in commercio, sono state previste varie procedure ognuna delle quali va applicata in base alla specifica situazione in cui ci si trova. Si distinguono i prodotti in due tipi: non innovativi e innovativi. I primi devono sottostare a delle Direttive ognuna delle quali fa riferimento a delle norme, sempre emanate dalla Comunità Europea, che prendono il nome di armonizzate. Le norme armonizzate non prendono in considerazione il singolo oggetto, ma un gruppo di oggetti

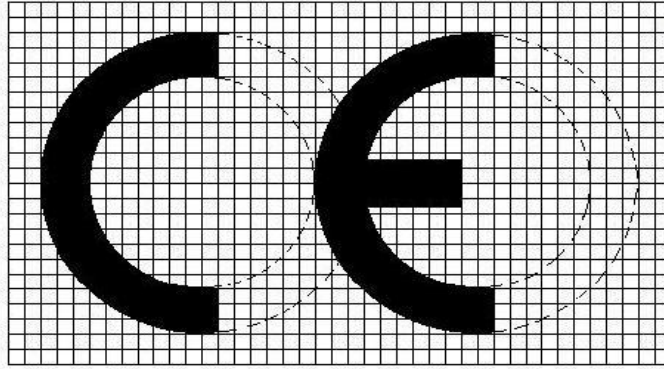


Fig. 1.1: Marchio CE

aventi certe caratteristiche. Esse quindi stabiliscono i vincoli che tali famiglie di prodotti devono rispettare per superare le prove di conformità e quindi essere immesse nel mercato. Ad esempio, tutte le apparecchiature destinate a funzionare in un ambiente residenziale avranno vincoli diversi rispetto ai prodotti inseriti nell'ambiente industriale. Le norme armonizzate si suddividono in due diverse categorie: di prodotto e generiche.

Nelle prime vengono fissati i requisiti relativi ad una certa categoria di prodotti o alla famiglia di tali prodotti; ad esempio le apparecchiature per la trasmissione dei dati o quelle per l'illuminazione. Le seconde invece, stabiliscono i requisiti relativi all'ambiente di utilizzo (residenziale, commerciale, dell'industria leggera e dell'industria pesante) e vengono applicate in assenza delle norme di prodotto.

Le norme armonizzate fanno a loro volta riferimento alle norme di base, quest'ultime definiscono, per ogni disturbo EMC considerato, la metodologia, la strumentazione e la configurazione di base della prova. Tali norme sono emanate da un'apposita organizzazione internazionale, la IEC (International Electrotechnical Commission).

Nel caso di un nuovo prodotto da immettere nel mercato dove, le rispettive norme armonizzate non sono ancora esistenti, si crea la necessità da parte dell'azienda produttrice di rivolgersi ad un apposito Notified Body, un organo competente in materia, che fornirà in base al tipo di apparecchio, un suo parere sulle prove da svolgere che avranno carattere di norma e saranno riconosciute nella Comunità Europea. La Comunità Europea emana in continuazione nuove norme oppure compie variazioni su quelle già esistenti quindi sia i produttori che i laboratori devono avere un valido piano di aggiornamento per evitare che un prodotto non soddisfi ad alcune delle norme in vigore all'atto della sua immissione nel mercato comune.

Una volta realizzato il prodotto, i costruttori dovranno quindi eseguire delle prove per poterlo certificare e immetterlo nel mercato all'interno della Comunità. Tali prove vengono seguite da appositi laboratori accreditati che sono in possesso della strumentazione e delle metodologie adeguate per compiere questi test. Se il prodotto supera le prove, il laboratorio rilascia una dichiarazione di conformità e autorizza la marcatura CE (Fig.1.1). Questo marchio non è di qualità, ma di conformità, cioè certifica la conformità del prodotto elettrico o elettronico al rispetto delle Direttive Europee opportune. Tale marcatura va posta in forma visibile ed indelebile sul prodotto, e se ciò non è possibile, sull'imballaggio, oppure sul foglio illustrativo, o sul manuale delle istruzioni. I caratteri CE devono avere una forma stabilita dalla Comunità Europea ed in ogni caso non devono essere inferiori a 5mm di altezza.

1.1 Laboratorio di certificazione

Per essere commerciabile qualsiasi prodotto deve prima essere conforme agli standard imposti dalla Comunità Europea e quindi marcabile con la sigla CE. Per fare ciò il prodotto deve essere sottoposto ad una serie di prove prescritte dalla norma che si è deciso di applicare. Dato l'alto costo che l'azienda dovrebbe sostenere per avere un laboratorio proprio dove eseguire i test, la maggior parte delle ditte si rivolgono ad appositi laboratori certificati che testano il loro prodotto. Un laboratorio certificato deve possedere una serie di requisiti essenziali per poter rilasciare la dichiarazione di conformità alle aziende che si rivolgono. Le apparecchiature devono essere specifiche per le prove con un grado di precisione e taratura sempre corrette come specificato da norma. Un altro fattore importante è l'aggiornamento continuo della conoscenza delle norme non solo per quanto riguarda le nuove normative che regolarmente vengono create, ma anche per quanto riguarda l'aggiornamento delle normative già esistenti che regolarmente vengono modificate e aggiornate alla tecnologia del momento. Un ultimo fattore non trascurabile, è il personale dell'azienda che deve essere qualificato per svolgere le prove come stabilito dalle norme. Per quanto riguarda la strumentazione, il loro costo è molto elevato in quanto i limiti di errore sulle misure concessi dalle norme sono abbastanza restrittivi e le ditte specializzate nella realizzazione di questi strumenti sono molto poche, facendo aumentare ancora di più il prezzo del prodotto. Le continue tarature obbligatorie per la correttezza delle prove devono essere effettuate periodicamente con un costo relativamente alto in quanto i laboratori abilitati a tarare tali strumenti sono rarissimi. Questi sono i principali motivi per cui la maggior parte delle aziende si rivolgono ad appositi laboratori certificati. Per poter essere definito tale un laboratorio di certificazione deve ricevere l'accreditamento da parte del Sistema Italiano di Accreditamento (ACCREDIA); l'iter di certificazione prevede che siano verificate le norme di base cioè le singole prove che il laboratorio è in grado di eseguire. La certificazione viene periodicamente controllata da appositi tecnici che supervisionano i laboratori controllando che le prove vengano eseguite come da norma prescritto, che gli strumenti, le tarature e il sito di prova siano a norma. Il costruttore una volta realizzato il prodotto deve decidere a quali norme sottoporlo. A tale scopo ci sono vari fattori da valutare come ad esempio: la funzione che esso svolge, l'ambiente in cui verrà impiegato e una volta analizzate tali caratteristiche il costruttore sceglierà la norma da applicare. Se un'azienda non sa di preciso il luogo dove il suo apparecchio andrà a funzionare, se è abbastanza certa della qualità del suo prodotto, può procedere applicando una norma più restrittiva in modo che, una volta commerciabile possa avere un ampio campo di applicazione in caso contrario i laboratori certificati possono aiutare il cliente con apposite consulenze specifiche. Una volta decise le norme a cui bisogna sottoporre il prodotto, l'apparecchio viene portato in laboratorio dove appositi tecnici gli allegano una "commessa". All'interno di essa vengono riportati tutti i dati necessari per stilare il report finale, per ogni prova vengono riportate: le condizioni di funzionamento, il layout della prova, le condizioni ambientali (temperatura, pressione e umidità), la modalità con cui si compie la prova (i valori di limite e di disturbo applicati) e la norma di base applicata. Una volta eseguite tutte le prove stabilite dalla norma, se l'esito è risultato positivo il laboratorio rilascia un test report dove vengono riportate tutte le prove eseguite con i relativi risultati, in caso contrario bisogna apportare qualche modifica per risolvere gli eventuali problemi e successivamente ripetere la prova che hanno dato esito negativo. L'azienda costruttrice, una volta in possesso di tale documento, ha la concessione di marchiare il proprio prodotto CE e di poterlo così commerciare in tutta la Comunità Europea.

1.2 Attività di laboratorio

Una volta che il costruttore ha scelto le norme che l'oggetto (chiamato anche Equipment Under Test, EUT) deve rispettare, il laboratorio inizia a svolgere la propria attività. L'ordine di esecuzione delle prove è deciso nella maggior parte dei casi dall'operatore che esegue i test, tranne in rare occasioni dove è l'azienda a richiedere una certa sequenza di lavoro. La scelta di tale sequenza è molto importante e richiede la conoscenza del prodotto. Infatti ogni prova ha un proprio grado di pericolosità nei confronti dell'EUT e logicamente è buona norma lasciare per ultimi quei test che potrebbero danneggiare-distruggere il prodotto o cambiarne il funzionamento in maniera irreversibile. Al momento della consegna, il responsabile dell'azienda costruttrice dell'oggetto illustra ai tecnici del laboratorio il modo di funzionamento e le parti che lo compongono. A tale scopo in particolari occasioni, il cliente sceglie di rimanere a fianco del tecnico durante le prime prove. Molto importante è l'esperienza dell'operatore. Le prove con maggior probabilità di insuccesso sono caratteristiche di famiglie di prodotti. Un operatore esperto, conoscendo tali problemi saprà meglio riconoscere le prove più dannose per l'oggetto.

Un esempio di prova pericolosa è quella dell'impulso di surge (EN 61000-4-5). Essa pone l'EUT sotto forte stress energetico; infatti, simula la scarica dovuta alla caduta di un fulmine. In molti casi può essere distruttiva per l'EUT. È di comprensione immediata evitare di eseguire tale prova per prima in quanto, se l'esito fosse negativo, non si potrebbe proseguire con le altre prove e sarebbe necessario attendere l'arrivo di un nuovo oggetto identico con cui continuare i test. Eseguendola per ultima invece si hanno già i risultati delle prove precedenti e le possibili anomalie riscontrate in esse. Quindi anche in caso di rottura del prodotto sottoposto alla scarica di surge, si potranno indicare le varie direzioni da prendere per risolvere tutti i problemi, evitando al cliente di dover portare più volte lo stesso prodotto in laboratorio. Alla fine delle analisi preliminari, ad ogni EUT viene associato un foglio di prova in cui sono annotate le sue caratteristiche principali (il tipo di alimentazione, i tipi di cavi di collegamento), i valori ambientali del sito di misura al momento della prova, la strumentazione usata, i livelli di prova e i test fatti sul dispositivo. L'importanza del foglio è dovuta al fatto che, oltre a riportare i risultati, permette la riproducibilità delle misure ovvero contiene tutte le informazioni che permette, qualora ce ne fosse bisogno, la ripetizione della prova nelle stesse identiche condizioni di quella precedente. Ogni anomalia accertata durante la prova deve essere registrata.

Dopo queste prime fasi si può procedere ad affrontare il primo test, cioè quello ritenuto meno pericoloso dall'operatore e che individua eventuali errori grossolani di progettazione. Raramente un prodotto riesce a superar tutte le prove al primo tentativo. È buona cosa effettuare le prove di contabilità in fase di progettazione, per poter così effettuare eventuali interventi prima della messa in produzione. Si possono evitare così scomode soluzioni di riepilogo (aggiunta di filtri, schermi, ferriti, ecc.) a prodotto finito. Quando è stata eseguita tutta la sequenza di prove richieste dalla norma di prodotto e l'esito di ognuna di esse è stato positivo, si procede dando il via libera alla marchiatura CE. Se anche una sola prova non viene superata, il laboratorio avverte il cliente, il quale dovrà trovare una soluzione al problema effettuando degli accorgimenti e delle eventuali modifiche all'EUT. Logicamente, tali interventi saranno facilmente eseguibili se il prodotto è ancora in fase di progettazione. In caso contrario si rischia di dover sostenere costi talvolta d'elevato valore.

Per questo motivo molte aziende preferiscono rivolgersi al laboratorio di misura non appena hanno un prototipo del prodotto, richiedendo l'esecuzione di prove di prequalifica. Quest'ultime daranno una visione più completa e veritiera dei comportamenti dell'EUT in presenza di disturbi ed indicheranno al consumatore la via da seguire e le eventuali modifiche da apportare per ottenere un prodotto definitivo da sottoporre alle prove di qualifica. CMC permette ai clienti di assistere alle prove effettuate sui propri prodotti, così

da far loro conoscere i risultati in tempo reale. In caso di problemi possono apportare delle modifiche, ripetere la prova e valutarne subito i nuovi esiti. Per questioni di riservatezza, l'accesso ai locali di misura della CMC viene consentito solo al personale autorizzato. Un eventuale cliente può accedervi solo in un lasso di tempo prenotato e solo dopo aver firmato un documento, denominato "impegno di riservatezza", con cui viene vietata la diffusione di informazioni sui prodotti di altre aziende presenti nel laboratorio. Se il cliente non riesce a risolvere i propri problemi, potrà avvalersi dei consigli e delle soluzioni proposte dagli operatori del laboratorio che con la loro esperienza potranno consigliare il cliente sulle soluzioni migliori per risolvere il problema minimizzando il costo e i tempi di permanenza del prodotto in azienda.

Norme di base delle prove di immunità

Le norme di base vengono emanate dall'organizzazione internazionale avente nome IEC (International Electrotechnical Commission). Queste norme tralasciano riferimenti a singoli prodotti o a famiglie di prodotti, ma stabiliscono i vincoli sulle caratteristiche della strumentazione, sulle strutture e metodi di misura. Esse descrivono in maniera dettagliata come deve essere preparato l'ambiente dove si andranno ad effettuare le misure indicando le dimensioni di un eventuale piano di massa, l'altezza e posizione in cui deve venir posto l'oggetto, la disposizione dei vari cavi, i ranges di temperatura pressione e umidità, gli strumenti da utilizzare, i generatori di misura e la loro eventuale distanza dall'oggetto. Per quanto riguarda i generatori, nelle norme di base vengono indicati tutti i valori da applicare, le forme d'onda e i tempi del segnale che farà da disturbo. Nelle norme di base vengono specificate varie classi, ognuna delle quali prevede un certo livello di disturbo da applicare. Sarà compito della norma di prodotto, indicare la classe da usare per l'EUT preso in considerazione, a seconda dell'ambiente in cui l'oggetto svolgerà la sua funzione, praticamente indica il livello della norma di base che bisogna applicare, ad esempio, se il prodotto sarà installato in un ambiente (es. industria pesante) dovranno venir applicati livelli di disturbo superiori rispetto ad oggetti installati in ambienti poco disturbati (es. ambiente domestico). In definitiva, in una prova con stesso set-up e modalità, a variare sono i livelli di disturbo da applicare in base all'EUT da testare. I costruttori sono i responsabili della scelta del grado di severità a cui viene sottoposto il proprio prodotto, decidendo i livelli delle norme di base da applicare tenendo conto del tipo di prodotto che si vuole commercializzare e in che ambiente farlo operare. L'obiettivo delle norme di base è quello di fornire un riferimento comune a tutti i comitati interessati dall'IEC.

2.1 EN 61000-4-2 Scarica elettrostatica (ESD)

La norma EN 61000-4-2, descrive i metodi e i livelli di prova con cui è possibile verificare l'immunità di apparecchiature elettriche o elettroniche alla scariche elettrostatiche (ESD). La scarica elettrostatica avviene quando, tra due corpi vicini o a contatto, ha luogo un trasferimento di cariche. L'entità di tale fenomeno dipende da vari fattori come la quantità di carica immagazzinata nei due corpi, il materiale, la forma, le dimensioni, la distanza e il modo in cui vengono a contatto. In molti casi la scarica non necessita di un contatto fisico, ma solo della vicinanza perché l'aria non ha rigidità dielettrica (E_r) infinita, ma circa pari a 25kV/cm nel caso di aria secca. Quindi se il corpo elettricamente caricato genera un campo maggiore del dielettrico dell'aria la scarica avviene prima del contatto fisico. Il corpo umano è una delle cause principali delle scariche elettrostatiche che interessano le apparecchiature elettroniche, infatti, può essere considerato come un corpo conduttore. Alcune parti dell'abbigliamento umano sono soggette ad accumuli di carica (es. suola di gomma) e per induzione si creano degli altri accumuli anche sulla superficie dell'uomo facendolo risultare un corpo carico e quindi possibile fonte di ESD.

Le scariche elettrostatiche, a prima vista, possono sembrare fenomeni poco importanti, ma invece non vanno sottovalutate in quanto anche se di brevissima durata, possono raggiungere elevati valori di corrente (sulla decina di ampere). L'andamento della scarica (Fig.2.1) specificato nella norma rappresenta un andamento il più veritiero possibile che comprende una gamma abbastanza ampia tra le infinite scariche esistenti in natura in quanto le variabili in gioco sono molte e ogni scarica ha valori diversi.

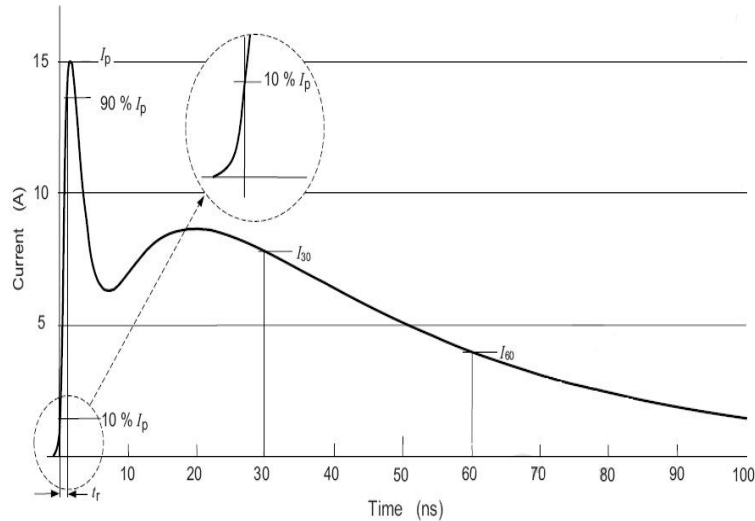


Fig. 2.1: Andamento della scarica elettrostatica specificata nella norma

Un picco di correnti così elevato anche se di brevissima durata passando per l'EUT provoca cambiamenti di funzionamento e di stato e in base alla robustezza dell'apparecchio sotto test si possono avere vari effetti come ad esempio: rottura di componenti, innalzamento della temperatura e conseguente fusione di alcuni componenti, generazione di f.e.m. (forza elettromotrice) indotte sui vari componenti dei circuiti che disturbano il corretto funzionamento, generazione di falsi segnali e variazione di bit. Una corretta progettazione richiede quindi il raggiungimento di soluzioni che rendano immune il dispositivo alle scariche elettrostatiche.

Le scariche possono essere classificate in due categorie: dirette o indirette. Le prime sono quelle inviate direttamente all'oggetto da testare mentre le seconde sono quelle applicate al piano di riferimento di massa. Le scariche dirette si suddividono a loro volta in due categorie: in aria o a contatto. La scarica in aria viene effettuata in prossimità delle parti isolate dell'involucro dell'EUT (le parti plastiche), mentre la scarica a contatto viene eseguita su qualsiasi parte metallica e conduttrice accessibile dall'utente anche in fase di manutenzione come, ad esempio le viti e la carcassa. La norma EN 61000-4-2 ha lo scopo di valutare il comportamento dell'EUT alle scariche elettrostatiche provocate principalmente dalle cariche accumulate sul corpo umano. Lo strumento che genera la scarica è così composto (Fig.2.2):

Gli elementi che compongono tale circuito sono: DC HV = generatore ad alta tensione; R_c = resistore di carica; R_d = resistore di scarica; $C_s + C_d$ = condensatore di accumulo dell'energia. R_d e C_s rappresentano il corpo umano dal punto di vista elettrico e valgono rispettivamente 330Ω e 150pF .

Lo strumento per eseguire tale prova si presenta ai nostri occhi con le sembianze di una pistola collegata ed un apposito generatore per la regolazione dei vari livelli di scarica e inoltre, ha in dotazione due diversi puntali (Fig.2.3), a seconda del tipo di scarica che si vuole effettuare (in aria o a contatto). Le dimensioni e le varie caratteristiche di ciascun puntale (es. angolo e raggio di curvatura, ecc.) sono specificati nella norma.

Allestimento della prova

Per eseguire il test, oltre ad essere in possesso di un generatore di scariche, bisogna disporre anche di un sito di prova adatto. La norma, infatti, prevede disposizioni ben precise su come deve essere allestita la postazione in cui viene eseguito la prova (Fig.2.4). Sul pavimento del laboratorio deve essere installato un piano di terra di riferimento avente dimensioni minime

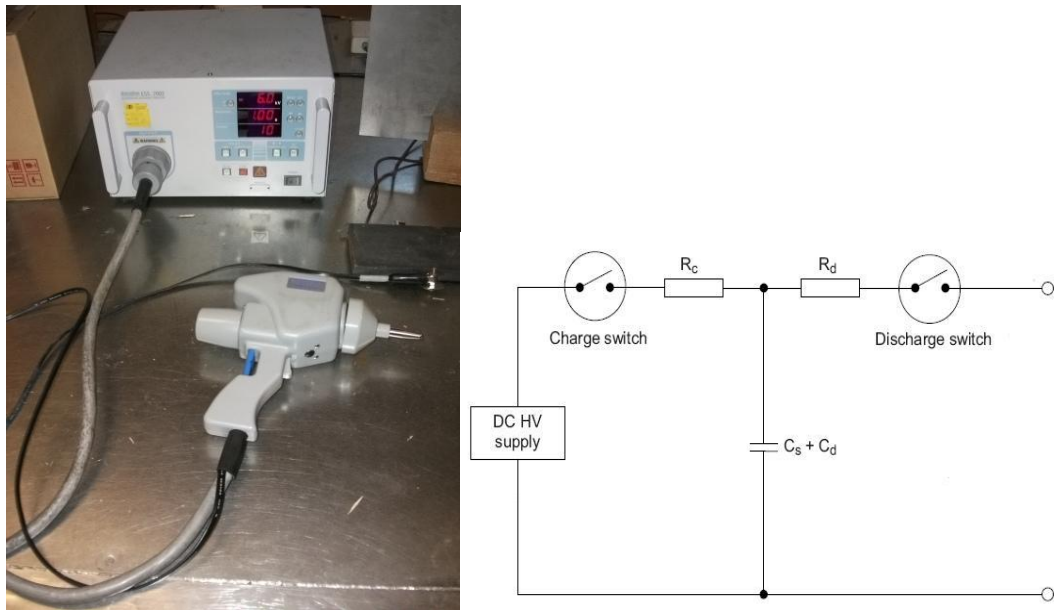


Fig. 2.2: Esempio di generatore di scariche elettrostatiche utilizzato in laboratorio e schema circuitale

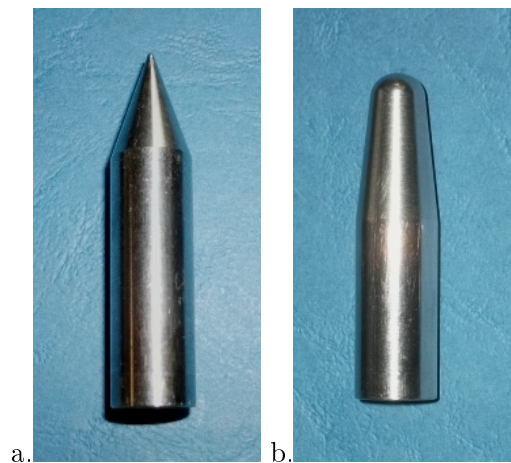


Fig. 2.3: Tipi di puntali per la pistola del generatore di scariche, (a) puntale utilizzato per la prova a contatto, (b) puntale utilizzato per la prova in aria

di $1m^2$. Quest'ultimo è una lamina metallica, avente spessore di 0.25mm nel caso in cui si usi rame o alluminio, oppure di 0.65 mm se si usano altri materiali. Una volta posto l'EUT sopra di esso, è necessario che il piano sporga di almeno 0.5m su tutti i lati del prodotto e che sia collegato fisicamente al sistema di protezione di terra, inoltre il dispositivo deve trovarsi ad una distanza minima di 1m dalle pareti del laboratorio. Per quanto riguarda il generatore la norma impone che il cavo di ritorno della scarica deve essere collegato al piano di riferimento e non deve superare i 2m di lunghezza inoltre, l'EUT deve essere posizionato sopra un supporto isolante posto sopra il piano di riferimento di altezza 10cm e deve essere alimentato e funzionante per tutta la durata della prova. L'alimentazione dell'apparecchio sotto test deve essere fornita da un'apposita presa dove anche il riferimento di massa è collegato al piano di massa per ridurre al minimo la lunghezza e l'impedenza della terra.

Una volta realizzato il set-up appena descritto, si inizia ad eseguire la prova. Come primo passo; l'operatore deve individuare i punti di applicazione delle scariche a contatto (viti e parti metalliche) e dove vanno applicate quelle in aria (parte di materiale plastico),

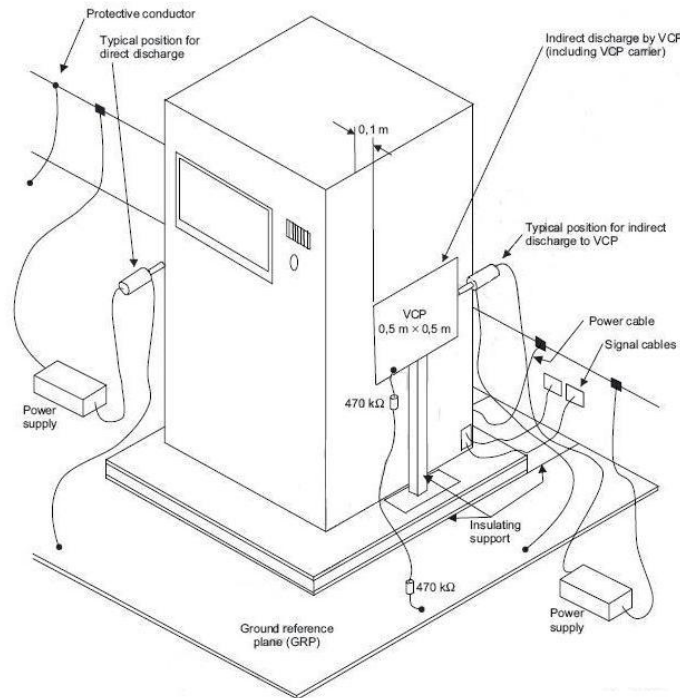


Fig. 2.4: Set-up per la prova di laboratorio

fatto ciò si procede all'iniezione. Le scariche a contatto si devono effettuare con la punta appuntita, a gruppi di 10 con un tempo minimo tra una scarica e la successiva di un secondo. Tale operazione va eseguita per entrambe le polarità. La prova appena descritta simula la scarica che si crea quando un corpo umano carico elettricamente viene a contatto con la parte metallica dell'apparecchio. Se il prodotto è composto anche da parti plastiche o da qualsiasi altro materiale isolante, bisogna effettuare anche la prova delle scariche in aria, simile alla prova delle scariche a contatto. Per questo tipo di prova, dopo aver cambiato la punta del generatore con quello sferico, si individuano sull'EUT alcuni punti critici, ad esempio le parti plastiche vicino ai circuiti elettronici, i pulsanti, i display e i punti di congiura tra due parti dell'involucro e fatto ciò si applicano le scariche avvicinando ripetutamente il puntale carico al valore settato. Di norma il valore delle scariche in aria è superiore di quelle a contatto in quanto la potenza iniettata è sicuramente minore. Le scariche in aria simulano l'avvicinamento alle parti immuni alle scariche a contatto dell'oggetto da parte di un corpo carico elettricamente.

Oltre a queste due prove, la norma EN 61000-4-2 prevede un'altra prova: la scarica elettrostatica indiretta. Essa valuta il comportamento dell'EUT qualora nelle vicinanze ci sia la presenza di un altro corpo carico. Quest'ultimo viene simulato con un piano di dimensioni 0,5 x 0,5m, realizzato con lo stesso materiale del piano di riferimento e collegato ad ogni estremità ad esso tramite un resistore di valore 470Ω . La prova si esegue ponendo il piano verticale ad una distanza di 10 cm dall'apparecchio sotto test e si effettuano le scariche su tale piano con lo stesso settaggio e la stessa modalità delle scariche a contatto. Nel caso in cui l'apparecchio da testare sia un oggetto da tavolo (PC, robot da cucina, ecc.), la prova va eseguita sopra un tavolo e, le disposizioni e il metodo di esecuzione della prova specificate nella norma sono simili a quelle appena descritte per gli apparecchi a pavimento.

Il comportamento che il dispositivo deve avere perché la prova si possa ritenere superata non è quello di funzionamento perfetto. Le norme di prodotto prevedono varie classi di EUT, ognuno dei quali deve avere un certo comportamento per passare il test, ad esempio ci sono prodotti a cui viene richiesta la corretta funzionalità per tutto il tempo di prova,

altri possono perdere funzionalità, ma ripristinarsi automaticamente una volta tolto il disturbo altri ancora è consentito il ripristino manuale dopo il disturbo per riprendere la propria funzionalità. Per valutare il risultato della prova bisogna valutare bene gli effetti delle scariche sull'EUT e conoscere la categoria in cui viene fatto rientrare dal costruttore. È compito del responsabile del prodotto decidere la categoria all'interno della quale considerare il dispositivo, in base al tipo di ambiente in cui opererà. In definitiva i prodotti sensibili al disturbo elettrostatico saranno considerati idonei solo se gli ambienti in cui verranno impiegati risulteranno essere poco disturbati.

2.2 EN 61000-4-3 Immunità irradiata

La norma EN 61000-4-3 tratta l'immunità irradiata di apparecchiature elettriche o elettroniche sottoposte a campi elettromagnetici irradiati, fornendo le specifiche necessarie per eseguire questo tipo di prova. Per capire l'importanza della prova di immunità irradiata basta pensare all'ambiente in cui la maggior parte dei prodotti vengono installati e fatti funzionare. La maggior parte dei luoghi oramai sono interessati dalla presenza di campi elettromagnetici di varie intensità che possono influenzare il funzionamento dell'oggetto, provocando malfunzionamenti indesiderati pericolosi per chi li sta utilizzando. Queste radiazioni sono generate da sorgenti appositamente costruite per irradiare dei segnali come ad esempio, stazioni radio, trasmettitori televisivi, piccoli ricetrasmittitori, ripetitori usati nel settore telefonico. Esistono sorgenti che creano in modo del tutto involontario del campo elettromagnetico irradiato come le apparecchiature, durante il loro normale funzionamento. La maggior parte dei dispositivi in esercizio, infatti, sono interessati da dei disturbi che si sviluppano nei conduttori e nelle parti elettriche e da qui vengono irradiati nell'ambiente circostante. È importante che il prodotto sia immune a tali campi e che quindi non subisca variazioni di funzionamento.

Il parametro utilizzato per misurare il campo elettromagnetico è l'intensità, e viene valutata in $\frac{V}{m}$. La sua misura è molto complessa in quanto richiede strumentazione sofisticata e costosa e inoltre è influenzata da molti parametri come l'ambiente circostante che distorce e/o riflette le onde del campo. Per eseguire tale prova si deve utilizzare un'apposita stanza al cui interno venga riprodotto un ambiente stabile e senza riflessioni. Questo tipo di stanza prende il nome di camera anecoica, essa simula uno spazio infinito intorno all'oggetto, e quindi evitando riflessioni indesiderate al suo interno e assorbendo tutti i campi generati all'esterno della camera.

La camera anecoica (Fig.2.5) è una particolare stanza con pareti e pavimento formate da piastrelle di ferrite e quest'ultime ricoperte da coni realizzati con un impasto di ferrite. L'uso della ferrite impedisce il formarsi di onde elettromagnetiche riflesse all'interno della camera, infatti, essa è un materiale che assorbe l'onda elettromagnetica senza che vi sia riflessione, inoltre i coni hanno una forma tale per cui la riflessione viene ancora più resa difficile. Un'altra caratteristica della camera anecoica è quella di essere schermata; ovvero tutte le sue pareti sono realizzate in materiale conduttore e poste a terra, annullando così i disturbi creati da un campo esterno alla stanza.

All'interno della camera si trova un piano girevole sul quale è posto un tavolo in materiale non conduttore di dimensioni fissate da norma (80 x 150cm) con un'altezza di 80cm dal piano di massa. Dalla parte opposta della stanza è posta un'antenna che permette di irradiare un segnale con il range di frequenza desiderato. A causa del range molto elevato non si può utilizzare sempre la stessa antenna. Si usa un'antenna logperiodica (Fig.2.6) per range di frequenza che va da 80 a 1000MHz mentre per le frequenze superiori ai 1000MHz e cioè per i range di frequenza che vanno da 1400 a 2000MHz e da 2000 a 2700MHz. si usa un'antenna a trombino (Fig.2.6). L'antenna è collegata ad un generatore (Fig.2.7) e ad un amplificatore (Fig.2.7) di segnale posti entrambi all'esterno della camera. Il primo

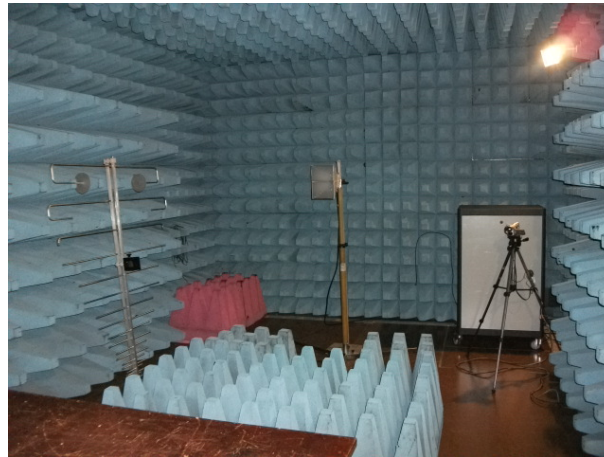


Fig. 2.5: La camera anecoica

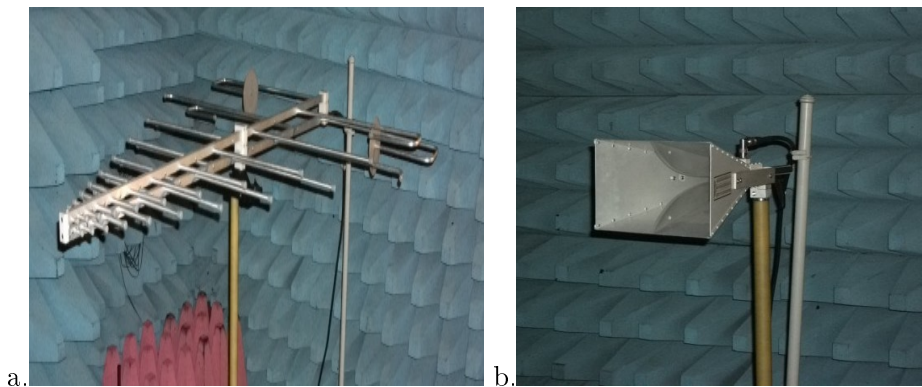


Fig. 2.6: (a) antenna utilizzata per le basse frequenze, 80-1000MHz (b) antenna utilizzata per le alte frequenze, 1400-2700MHz

ha il compito di fornire il disturbo desiderato mentre il secondo provvede all'amplificazione di tale disturbo. Essendo il range di frequenze molto ampio l'amplificatore amplifica correttamente per una gamma di frequenze abbastanza ridotto, nasce così la necessità di utilizzare più amplificatori in base alle frequenze da iniettare. Il tipo di segnale di disturbo (Fig.2.8) viene descritto all'interno della norma EN 61000-4-3, esso è un segnale sinusoidale di frequenza variabile fra 80 e 1000MHz, modulato in ampiezza all'80% con una modulante sinusoidale di frequenza 1kHz. Lo stesso viene applicato anche per le emissioni nelle gamme di frequenze superiore al 1000MHz. Periodicamente e ogni qualvolta si apportano delle modifiche alla camera, è necessario una ricalibrazione del sistema, ovvero una taratura per rendere il campo uniforme. La norma prevede che il campo elettromagnetico sia uniforme per un'area di 150 x 150cm sopra il tavolo. Di seguito è illustrata l'operazione di taratura a intensità di campo costante.

Un campo è considerato uniforme se la sua ampiezza, nell'area sopra definita, è compresa tra 0 e +6dB del suo valore nominale per il 75% della superficie. L'area sopra il tavolo viene suddivisa in 16 punti (Fig.2.9), distanti tra loro di 50cm, coprendo così l'intero spazio richiesta dalla norma. Successivamente si prepara un misuratore di campo su un apposito sostegno in materiale non conduttore in modo che l'apparecchio venga a coincidere con uno dei 16 punti e si regola la frequenza di uscita del generatore di segnale al valore minimo dell'intervallo delle frequenze di prova. Fatto ciò, si regola la potenza diretta all'antenna generante il campo in modo che l'intensità di campo ottenuta sia uguale all'intensità di campo richiesta per la prova E_c e infine, la frequenza viene fatta aumentare con passi

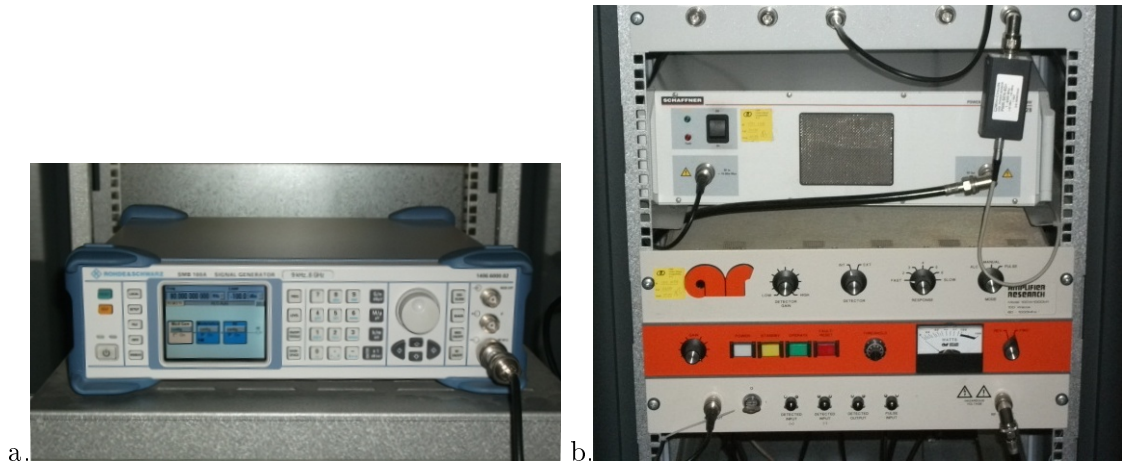


Fig. 2.7: (a) generatore di segnale, (b) amplificatori utilizzati in laboratorio

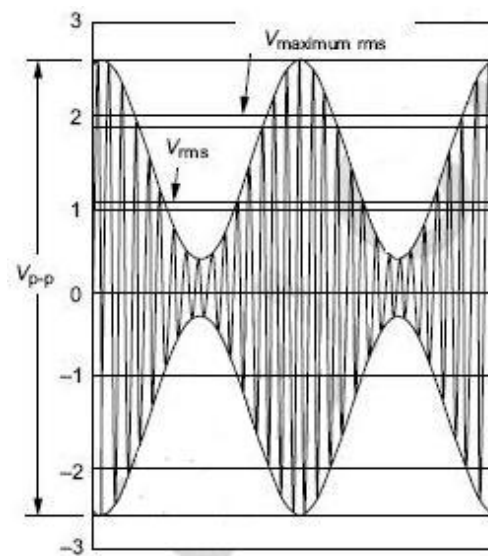


Fig. 2.8: Onda del segnale applicato per la prova di immunità irradiata

dell'1% del valore precedente affinché non superi il valore massimo dell'intervallo di prova. Vengono registrati i valori d'intensità di campo e la potenza letta da un altro strumento detto power meter.

Questo procedimento va ripetuto per ognuno dei 16 punti. Finita questa fase, per ciascuna frequenza si ordina in modo crescente le 16 letture di potenza diretta e cominciando dal valore più alto si verifica se almeno 11 delle letture inferiori a questo valore sono comprese nella tolleranza da -6 a 0dB. Nel caso non lo siano si ripete la stessa procedura partendo dalla lettura immediatamente inferiore e così via; bisogna tenere conto vi sono solo cinque possibilità per ciascuna frequenza, cioè si possono eliminare massimo quattro valori. Terminata la procedura, cioè se almeno 12 valori sono compresi nella tolleranza di 6dB si deve annotare la massima potenza diretta corrispondente a tali valori.

La procedura va ripetuta per entrambe le polarizzazioni dell'antenna, per ogni amplificatore e per ogni valore di campo richiesto dalle prove.

Le antenne e i cavi che sono stati usati per definire il campo tarato devono essere usati per le prove. Poiché sono usati gli stessi cavi e le stesse antenne, le perdite dei cavi ed i fattori di antenna delle antenne che generano il campo non devono essere tenuti conto.

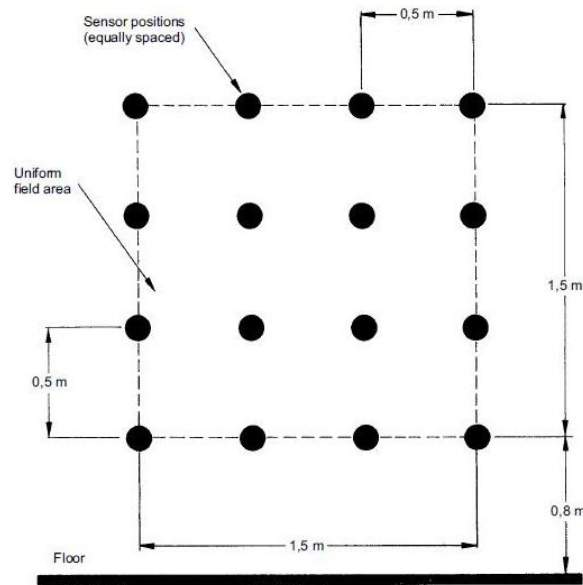


Fig. 2.9: Tarature del campo, dimensioni della zona di campo uniforme

Per quanto possibile deve essere registrata l'esatta posizione dei cavi e delle antenne che generano il campo, poichè anche piccoli spostamenti possono influenzare significativamente il campo.

Allestimento della prova

Per svolgere il test l'EUT viene portato all'interno della camera anecoica e posizionato sopra il tavolo così da trovarsi in corrispondenza della zona calibrata. Se le dimensioni e il peso dell'oggetto sotto test non lo consentono, il tavolo va tolto e l'oggetto va posizionato direttamente sopra la pedana. La norma impone che il dispositivo venga posto con un solo lato rivolto verso l'antenna e che quest'ultima deve essere posizionata in una delle due polarità: orizzontale o verticale. I cavi di alimentazione o di segnale dell'EUT vengono esposti per un metro al campo elettromagnetico dopo di che possono essere disaccoppiati con apposite ferriti per fermare gli eventuali disturbi che si andrebbero a propagare nel resto del cavo. A questo punto si alimenta l'apparecchio e lo si mette in funzione. Durante il test, la camera dovrà essere chiusa e nessun operatore potrà rimanervi all'interno. Per verificare il funzionamento dell'EUT, viene usata una telecamera con cui controllare i cambiamenti di stato visibili oppure vengono utilizzati degli strumenti da collegare sulle uscite dell'apparecchio come oscilloscopio, analizzatore di spettro o amperometro. Una volta predisposto il tutto e dopo aver chiuso la camera, si procede all'emissione del disturbo desiderato tramite l'uso di un programma su PC. Il generatore di segnale produce un'onda sinusoidale con frequenza variabile tra 80 e 1GHz, 1.4 e 2.7GHz (questo range a volte si suddivide a sua volta in due parti 1.4 - 2GHz e 2 - 2.7GHz), modulata in ampiezza all'80% da un'onda sinusoidale a 1kHz. Le norme specificano che il disturbo emesso venga applicato all'EUT partendo da 80MHz e incrementando la frequenza ogni 3s di un valore pari all'1% della frequenza precedente. Questo segnale sarà inviato ad un apposito amplificatore che provvederà ad inviare all'antenna un livello di energia tale da produrre il valore di campo elettromagnetico desiderato. Quest'ultimo in base alla norma da applicare può avere un valore di intensità da 1 a 10V/m. A questo punto inizia la prova. Conclusa la spazzolata sull'intero range di frequenza, la prova va ripetuta cambiando il lato dell'EUT sul quale si invia il disturbo; la norma prescrive che la prova venga effettuata su ogni lato dell'oggetto sotto test, cosa possibile fare facilmente grazie alla pedana girevole. Una volta concluse le

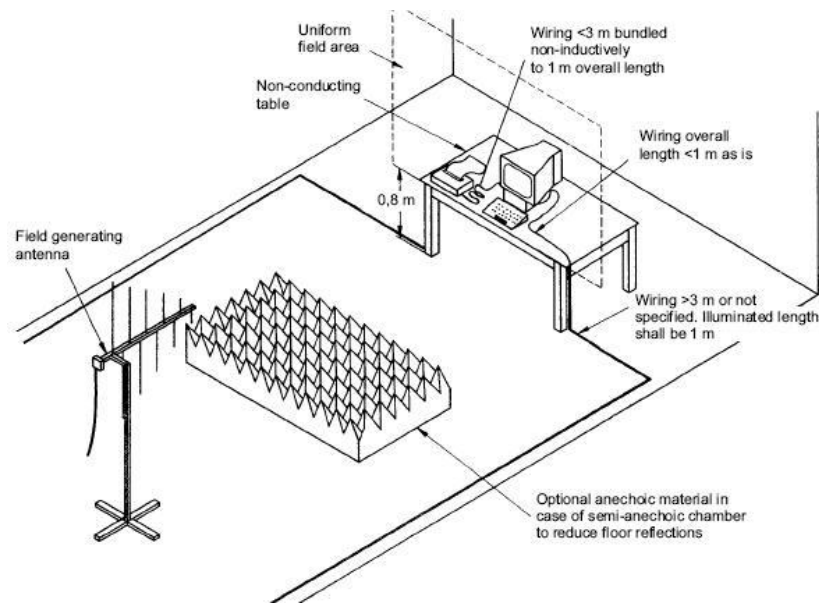


Fig. 2.10: Set-up per le prove di laboratorio

quattro spazzolate, una per ogni lato dell'EUT, bisogna ripetere il tutto mettendo l'antenna nell'altra polarizzazione. È immediato capire che questo test può durare parecchie ore. La prova viene considerata superata quando il dispositivo sotto test funzioni senza particolari problemi, oppure con le variazioni accettate dalle norme.

2.3 EN 61000-4-4 Burst

La norma EN 61000-4-4 tratta l'immunità ai transitori veloci ed ai treni d'impulsi. Lo scopo della norma è di andare a valutare il comportamento delle apparecchiature elettriche ed elettroniche sottoposte a disturbi transitori su porte di alimentazione, di segnale e di controllo. Questi tipi di disturbi sono generati da brusche variazioni di tensioni e correnti dovute alla commutazione di un interruttore, all'interruzione di carichi induttivi, a rimbalzi dei contatti di un relè, ecc. Ogni pacchetto (burst) è composto da parecchi impulsi (picchi di tensione) di breve durata e modesto contenuto energetico. Tali disturbi vanno ad agire sulle altre apparecchiature collegate alla rete, in particolare sulle parti digitali (microcontrollori o microprocessori), provocando la creazione di falsi segnali o il cambiamento di alcuni bit dei segnali di comunicazione portando ad un mal funzionamento del dispositivo sotto test.

La norma EN 61000-4-4 indica le caratteristiche dei disturbi da usare durante le prove (Fig.2.11) e le modalità di esecuzione dei test. Il disturbo a cui si deve sottoporre l'EUT viene riprodotto in laboratorio servendosi di un apposito generatore.

Il valore del tempo di salita, cioè il tempo che il segnale impiega per passare dal 10% al 90% del valore massimo, deve risultare pari a 5ns con una tolleranza massima del 30%. La durata viene calcolata misurando la distanza fra i due passaggi per il 50% del valore massimo e deve essere pari a 50ns con tolleranza massima del 30%. Il singolo impulso può essere sia positivo che negativo e viene fatto in modo che solo al termine del suo transitorio possa venir generato un nuovo impulso. La norma specifica anche le caratteristiche del singolo pacchetto e del treno di impulsi (Fig.2.12). Il burst ha durata di 15ms e si ripete ogni 300ms. Nelle prove di norme più comuni ogni treno di impulsi è composto da 75 picchi di tensione con un tempo tra due impulsi pari a 200µs (maggiore della durata di un singolo impulso) che equivale ad avere una frequenza di 5kHz (1/0.2 ms). La norma specifica anche i valori dei livelli dell'impulso riferendosi ad una situazione di generatore

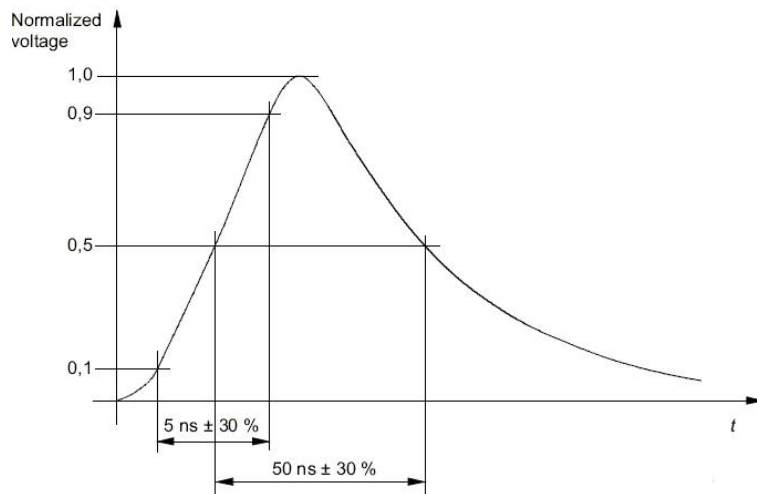


Fig. 2.11: Forma d'onda di un singolo impulso in un carico di 50Ω

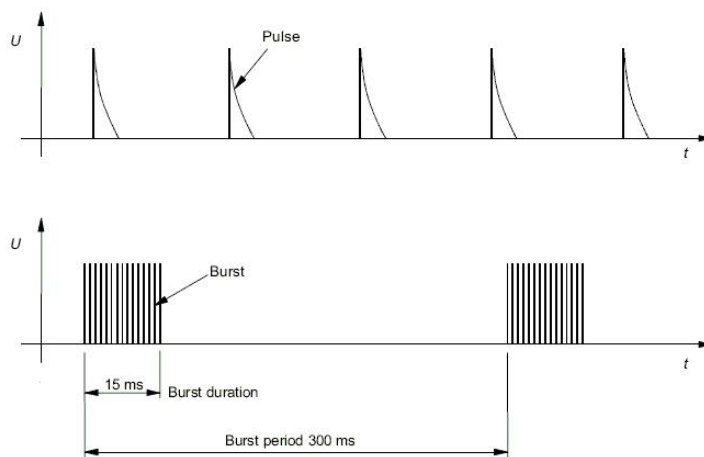


Fig. 2.12: Transitori veloci /burst

funzionante a vuoto. I livelli specificati dipendono dall'EUT sotto test e dall'ambiente di installazione, come logico non sarà possibile installare un EUT in un ambiente che richiede un livello più severo rispetto a quello usato nella prova, è quindi compito del costruttore far eseguire i test con i livelli di severità corretti in base al mercato che avrà il suo prodotto.

Il generatore utilizzato durante la prova deve essere in grado di ricreare il segnale specificato dalla norma. Riportiamo di seguito la foto dello strumento utilizzato in laboratorio e lo schema circuitale semplificato del generatore di burst.

Quest'ultimo è composto da: un generatore di alta tensione U , il quale carica, attraverso il resistore R_c , un condensatore di accumulo di energia C_c . Il resistore R_s fissa la durata dell'impulso, R_m serve per l'adattamento di impedenza e C_d come condensatore di blocco della corrente continua.

Come già detto, la norma EN 61000-4-4 oltre a descrivere le caratteristiche del disturbo, indica anche le modalità di svolgimento della prova. Il disturbo va applicato sull'alimentazione e su tutte le porte di I/O. Per verificare il comportamento dell'EUT in presenza di un treno di impulsi nell'alimentazione, dobbiamo assicurarci che non siano presenti altri disturbi indesiderati su quest'ultima, i quali potrebbero alterare la prova e allo stesso tempo bisogna impedire che i disturbi generati dall'apparecchio vadano ad inquinare la rete di alimentazione. Per questi motivi l'EUT viene collegato alla rete tramite un ulteriore rete

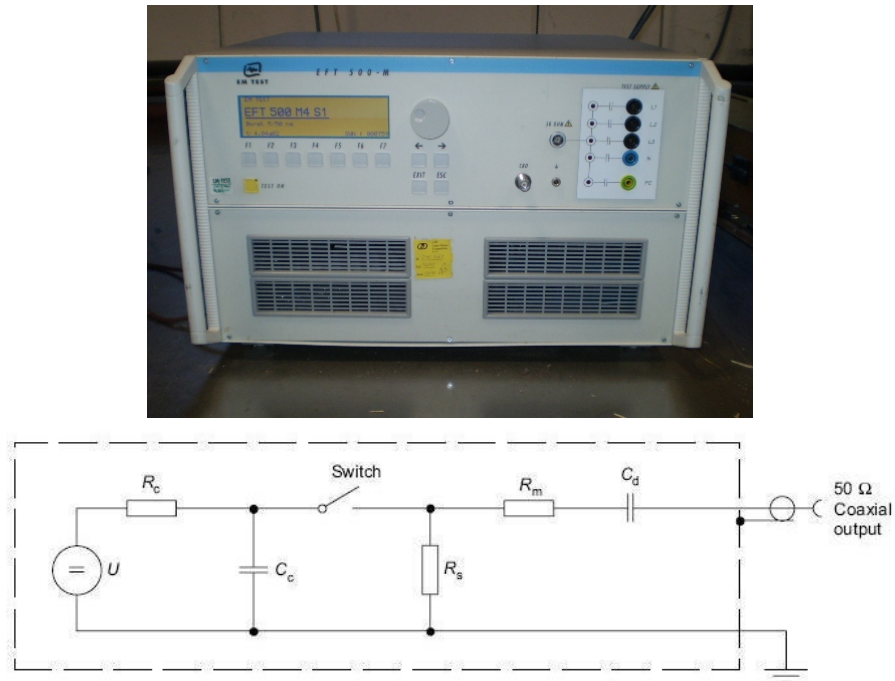


Fig. 2.13: Foto e schema circuitale semplificato di un generatore di burst

di accoppiamento/disaccoppiamento (Fig.2.14)¹ la quale hanno funzione di filtro e vanno a bloccare i disturbi da rete a dispositivo e viceversa. Così facendo si ha la certezza che l'unico disturbo è quello fornito dal generatore di burst e che la rete di alimentazione non verrà inquinata. Il generatore di burst è riferito a terra, quindi il disturbo si applica tra le linee e terra. Nel caso la norma preveda di verificare il comportamento dell'EUT sottoponendo a disturbo le linee di segnale o di I/O, è necessario usare una particolare pinza (clamp) (Fig.2.15), di lunghezza pari ad un metro, che inietta il disturbo nei cavi tramite l'effetto capacitivo che si crea tra pinza e cavo. Di norma il disturbo si propaga sulle linee di segnale proprio a causa di questo tipo di accoppiamento.

Esternamente, la pinza è di materiale non conduttivo (legno), mentre nella parte interna è costituita da tre lastre metalliche che vanno ad avvolgere il cavo creando l'accoppiamento del disturbo con la linea del segnale. I burst vengono applicati sulle lamine metalliche; che con la parte metallica presente nei cavi passati all'interno della clamp creano due armature di un condensatore. Si crea così l'effetto capacitivo che permette al treno di impulsi di propagarsi all'interno del cavo I/O e arrivare all'EUT. La norma specifica la dimensione delle superfici metalliche perché assicuri una capacità C di valore variabile da 50 a 200pF.

Allestimento della prova

La prova viene eseguita sopra un piano di riferimento collegato a terra di materiale e dimensioni analoghe a quelle usate per la EN61000-4-2 (scariche elettrostatiche). Anche in questa prova, fra l'EUT e il piano viene interposto un altro piano isolante di altezza 10cm per evitare accidentali messe a terra della carcassa esterna dell'apparecchio sotto test.. La norma prescrive anche la lunghezza del cavo di alimentazione che non deve eccedere i 50cm e la distanza minima fra l'intero sistema di misura e l'ambiente circostante (Fig.2.16). L'alimentazione del dispositivo va collegata al generatore di burst il quale, al suo interno, contiene anche il circuito di accoppiamento/disaccoppiamento.

¹ Il circuito disaccoppiatore permette di isolare la rete di alimentazione dai disturbi generati dalla prova e viceversa, il circuito accoppiatore ha invece il compito di accoppiare il disturbo di burst con l'alimentazione

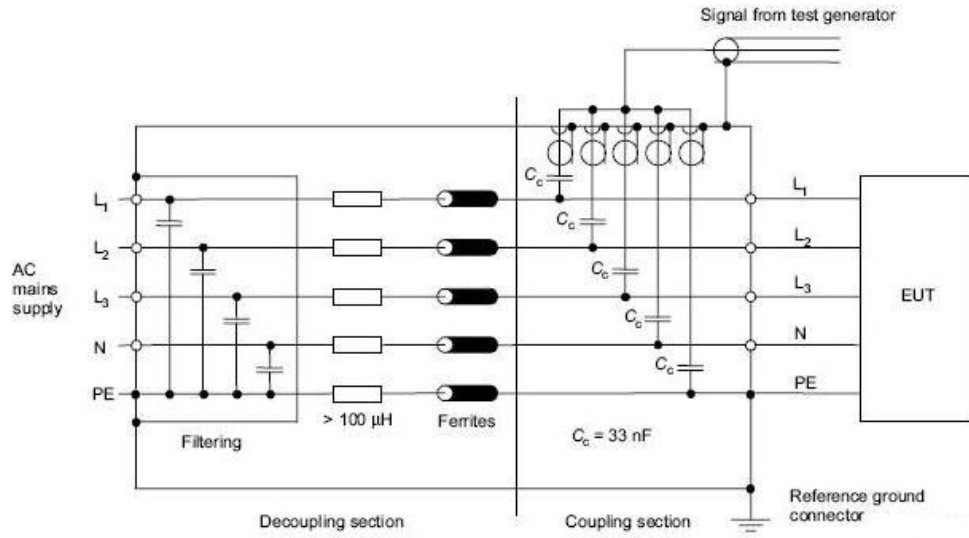


Fig. 2.14: Rete di accoppiamento/disaccoppiamento

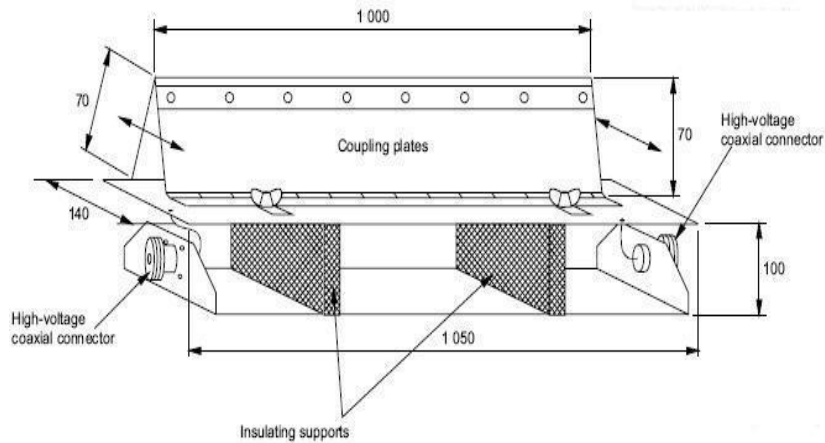


Fig. 2.15: Foto e schema di costruzione della clamp

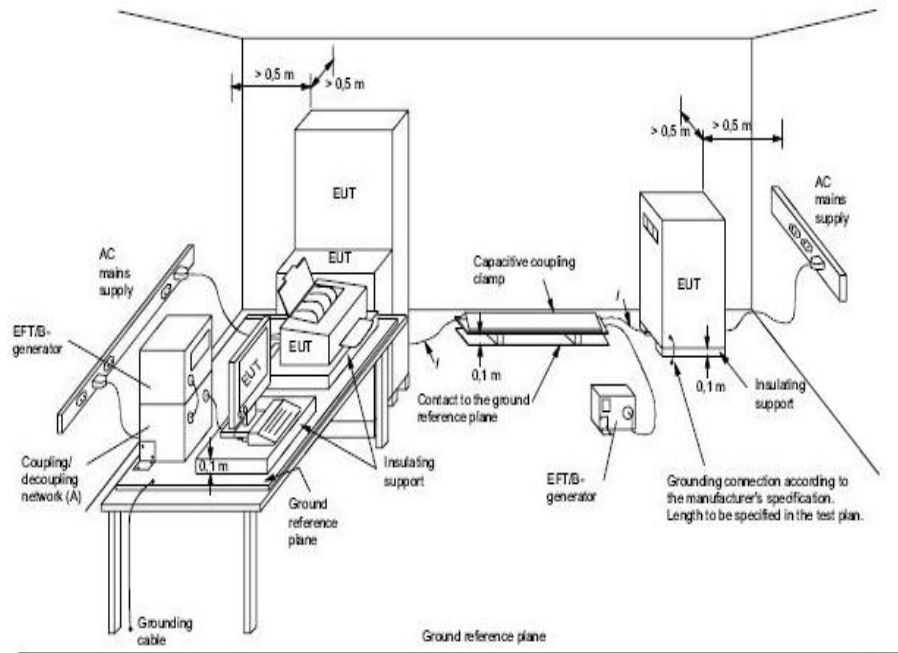


Fig. 2.16: Set-up per le prove di laboratorio

La durata della prova e tutte le caratteristiche del disturbo sono definite dalle norme. Il disturbo deve essere applicato a tutte le combinazioni possibili tra le linee di alimentazione, ad esempio nel caso di EUT con alimentazione dotata di fase (L), neutro (N) e terra (PE), i treni di burst saranno iniettate su N, L, PE, L-N, L-PE, N-PE e L-N-PE. Dopo aver impostato il generatore di burst, grazie all'uso di un PC, si può iniziare la prova. Se il test viene prescritto anche per le linee di segnale, si predispone la clamp come visto in precedenza. Il disturbo verrà iniettato nelle lamine metalliche e, per effetto capacitivo, nel cavo dell'EUT.

La prova sarà superata se il comportamento del dispositivo sotto test non subisce alcuna modifica oppure se ne subisce, quest'ultima deve essere all'interno dei limiti specificati dalla norma.

2.4 EN 61000-4-5 Surge

La norma EN 61000-4-5 esplicita l'immunità agli impulsi ad alta tensione. In essa troviamo la descrizione del tipo di disturbo da utilizzare nella prova e la modalità con cui bisogna procedere nell'esecuzione del test. Come in ogni prova, lo scopo è quello di verificare il comportamento dell'EUT sottoposto ad un disturbo ben preciso, in questo caso, una tensione impulsiva ad alto contenuto energetico generato da effetti di commutazione e di fulminazione, tale test non prevede di provare la capacità di sopportare sollecitazioni ad alta tensione da parte dell'isolamento.

La norma fa distinzione di alcuni tipi di transistori di commutazione:

- circuiti risonanti generati da dispositivi di commutazione, come i tiristori;
- disturbi generati dalla commutazione di sistemi di potenza;
- variazioni di carichi rilevanti nel sistema di distribuzione dell'alimentazione;

dell'EUT.

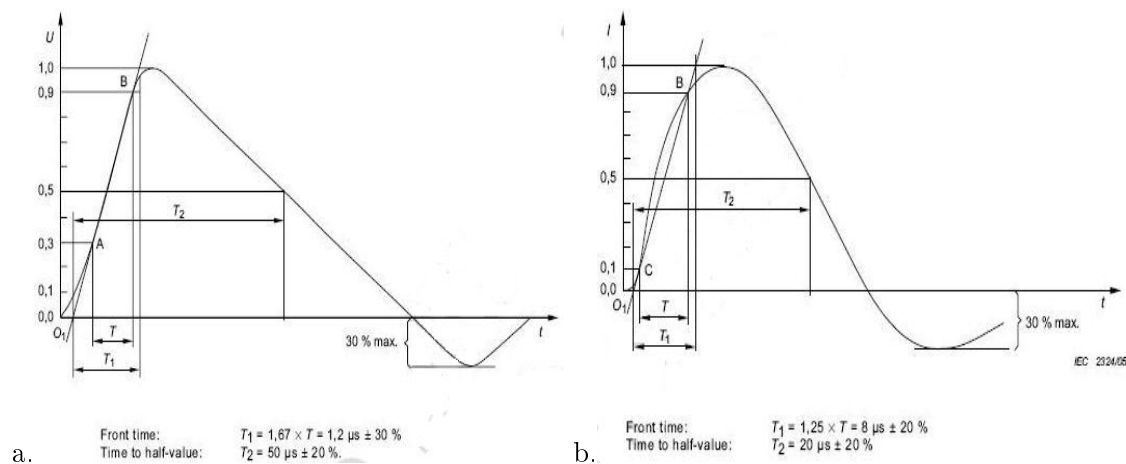


Fig. 2.17: (a) Onde di tensione $1,2/50\mu\text{s}$, (b) di corrente $8/20\mu\text{s}$ disponibili all'uscita del generatore

- vati guasti di sistema come cortocircuiti e archi voltaici verso la messa a terra dell'installazione.

Vengono analizzati anche i principali meccanismi per cui la fulminazione crea tensioni impulsive:

- scarica diretta di un fulmine sui circuiti esterni (all'aperto) che inietta alte correnti le quali, circolando attraverso la resistenza di terra o l'impedenza del circuito esterno, producono alte tensioni nel circuito stesso;
- scarica di fulmine indiretta (ovvero una scarica tra o all'interno di nubi o su oggetti circostanti che produce un campo elettromagnetico) che induce tensioni /correnti sui conduttori all'esterno e/o all'interno di edifici;
- circolazione di corrente di fulmine nel terreno, risultato di scariche dirette a terra nelle vicinanze, che si accoppia con i percorsi comuni di terra del sistema di messa a terra dell'installazione.

Le caratteristiche del generatore di prova sono tali da simulare il più possibile i fenomeni appena citati.

Come nel caso dei burst anche la norma EN61000-4-5 descrive accuratamente il genere di disturbo da utilizzare nel corso della prova. Viene specificato la forma d'onda da applicare con i relativi tempi di salita e di discesa. Il disturbo interessa sia l'alimentazione che le linee di segnale. La norma descrive che il generatore di impulsi fornisca un impulso di tensione $1,2/50\mu\text{s}^2$ (in condizioni di circuito aperto, Fig.2.17) ed un'impulso di corrente $8/20\mu\text{s}$ in corto circuito (Fig.2.17), l'impedenza di uscita del generatore è di $2\Omega^3$. Sono previsti anche altri tipi di impulsi, caratterizzati sempre da diversi tempi di salita e all'emivalore.

²Il primo numero ($1,2\mu\text{s}$) rappresenta il tempo del fronte di salita T_1 ed è un parametro virtuale definito come 1.67 (1.25 per l'impulso di corrente) volte l'intervallo T tra gli istanti in cui l'impulso è al 30% e al 90% del valore di picco, mentre il secondo numero ($50\mu\text{s}$) rappresenta il tempo all'emivalore T_2 di un impulso, definito come l'intervallo di tempo tra l'origine virtuale O_1 e l'istante in cui la tensione/corrente è diminuita alla metà del valore di picco.

³Per convenzione l'effettiva impedenza di uscita del generatore di impulsi è ottenuta calcolando il rapporto tra la tensione di picco di uscita a circuito aperto e la corrente di cortocircuito. Essa può variare in base all'applicazione della tensione di prova, esempio 2Ω rappresenta l'impedenza di sorgente della rete di alimentazione in bassa tensione, mentre 12Ω ($10\Omega + 2\Omega$) rappresenta l'impedenza di sorgente tra la rete di alimentazione in bassa tensione e terra.

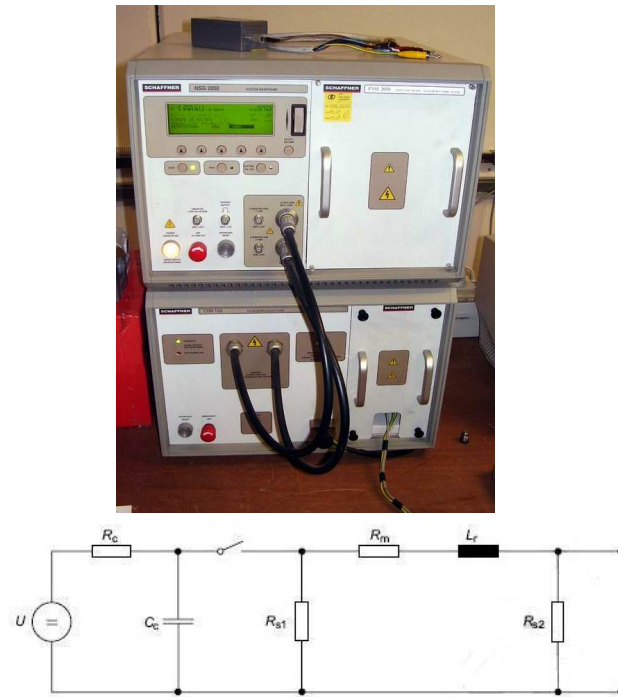


Fig. 2.18: Foto e schema circuitale semplificato di un generatore di surge

La forma dell'impulso di surge differisce da quello di burst solo per quel che riguarda i tempi, infatti per questo tipo di prova la durata dell'impulso è dell'ordine dei μs e non dei ns come per la prova precedente. Si ha quindi un tempo di salita più alto e una maggior durata del picco di tensione col conseguente innalzamento dell'energia e un effetto più grave in termini di energia da sopportare da parte dell'EUT. Un'altra differenza rispetto al burst sta nel fatto che non vi sono treni di picchi, ma singoli impulsi distanziati decine di secondi uno dall'altro. La norma fissa una durata massima di intervallo tra un picco e il successivo pari a 60s, precisa che il numero di impulsi da applicare per ogni polarità è di 5 e inoltre specifica i valori dei livelli dell'impulso riferendosi alla situazione di generatore funzionante a vuoto. I livelli dipendono dall'EUT e dall'ambiente in cui verrà installato. Il generatore di surge con lo schema di principio di Fig.2.18 è formato da: una sorgente di alta tensione U , un resistore R_c che serve a caricare il condensatore di immagazzinamento di energia C_c , il resistore R_s che serve per la regolazione della durata dell'impulso, R_m utile per l'adattamento di impedenza e l'induttanza L_r utile per la regolazione del tempo di salita. Questo tipo di generatore è molto simile a quello di burst in quanto anche in questo caso viene usata una rete di accoppiamento/disaccoppiamento (Fig.2.14) per evitare di inquinare la rete di distribuzione dell'alimentazione e per non avere disturbi aggiuntivi provenienti dalla rete stessa.

Essendo la prova molto lunga in quanto deve essere eseguita in maniera differenziale fra le varie linee e in modo comune con il riferimento di terra entrambi con specifici sfasamenti; per applicare i surge si utilizza un apposito programma per PC che svolge il lavoro in automatico una volta che l'operatore ha impostato i valori come da norma prescritto.

Allestimento della prova

Il set up per eseguire il surge è molto simile a quello richiesto per il burst. Tra le varie differenze la più importante è la possibilità di eseguire la prova senza il piano di riferimento, anche se comunque è consentito l'uso del banco di prova del burst. Dopo aver collegato l'EUT tramite la rete di accoppiamento/disaccoppiamento del generatore di surge, si pro-

cede all'alimentazione del dispositivo. La norma prevede che il disturbo venga applicato singolarmente tra P e N, tra P e terra e tra N e terra (3 prove). Nei sistemi trifase le prove saranno sei: tra ogni coppia di linee e tra linea e terra. In ogni prova ci saranno 5 impulsi di tensione per ogni polarità e per tre valori (0° , 90° , 180° , 270°) di fase dell'alimentazione. Essendo obbligatorio l'intervallo tra un impulso e il successivo di 1 minuto, una prova su un sistema bifase ha la durata di 90 minuti. La prova del surge è una fra le più pericolose perché vi sono in gioco picchi di tensione ad alto contenuto energetico dannosi sia per l'EUT sia per l'operatore. Non è raro che il dispositivo si danneggi gravemente e nel caso in cui il filo di terra dell'oggetto sia collegato male e ci sia il contatto accidentale tra operatore e carcassa, viene a crearsi una situazione molto pericolosa, infatti, l'impulso di surge sul corpo umano può avere conseguenze molto gravi. Anche in questa prova il dispositivo è idoneo se non presenta variazioni dal funzionamento corretto oppure presenta malfunzionamenti previsti e accettati dalla norma.

2.5 EN 61000-4-6 Correnti iniettate

La norma EN 61000-4-6 tratta l'immunità, degli apparecchi elettrici ed elettronici, ai disturbi elettromagnetici provenienti da trasmettitori a radiofrequenza (RF) con range di frequenza da 0.15 a 230MHz. Questa norma è collegata alla EN 61000-4-3 (immunità irradiata) in quanto il tipo di disturbo è uguale e l'unica differenza è il suo range di frequenza, molto più basso per la prova delle correnti iniettate. Questa diversità ha portato alla divisione delle due prove, infatti, per eseguire l'immunità irradiata a basse frequenze sarebbe necessario un'antenna troppo difficile da realizzare e una camera anecoica di dimensioni esagerate per poterla contenere. La prova delle correnti iniettate consiste nell'accoppiare il disturbo con tutti i cavi dell'EUT, sia di alimentazione che di segnale, praticamente si va a studiare il comportamento del dispositivo quando nei cavi vengono iniettate delle correnti armoniche, quindi l'EUT deve essere provvisto almeno di un cavo di alimentazione. Come già citato precedentemente il tipo di disturbo previsto dalla norma è identico a quello usato nella EN 61000-4-3, a differenza del range di frequenza. L'onda prodotta dall'apposito generatore ha quindi le seguenti caratteristiche (Fig.2.19): è sinusoidale con frequenza variabile da 0.15 a 230MHz, modulata in ampiezza all'80% su una modulante sinusoidale di frequenza pari a 1kHz. Per ottenere il valore del massimo o del minimo disturbo iniettato bisogna prendere il valore massimo dell'onda modulata e moltiplicarlo o per 1.8 per ottenere il massimo o per 0.2 per ottenere il minimo.

Il valore dell'intensità di campo varia in base al livello di severità a cui si vuole sottoporre l'EUT. In questa prova non è previsto l'uso di una camera anecoica, in quanto il disturbo viene iniettato nel cavo di alimentazione grazie ad una CDN (coupling decoupling network) e nei cavi di segnale tramite l'uso di una pinza di corrente. La CDN (Fig.2.20) è una scatola contenente un circuito accoppiatore/disaccoppiatore che ha la stessa funzione descritta nelle precedenti prove, è costituita da dei filtri che impediscono l'entrata di disturbi supplementari provenienti dalla rete e l'uscita del disturbo generato per la prova verso la rete. Tramite opportune impedenze, il disturbo prodotto dal generatore viene condotto direttamente nel cavo di alimentazione andando a influenzare l'EUT come da norma prescritto. Per fare il test sui cavi di segnale, l'EUT viene alimentato ugualmente tramite CDN mentre il disturbo viene indotto sul cavo per mezzo di una pinza di corrente (Fig.2.20). Tale oggetto permette di accoppiare il disturbo al cavo per via induttiva creando delle correnti parassite all'interno del cavo stesso. Essa è composta da una serie di toroidi in ferrite all'interno dei quali si fa passare il filo da testare; il disturbo da applicare viene collegato direttamente alle spire avvolte ai toroidi che lo iniettano sui cavi in prova.

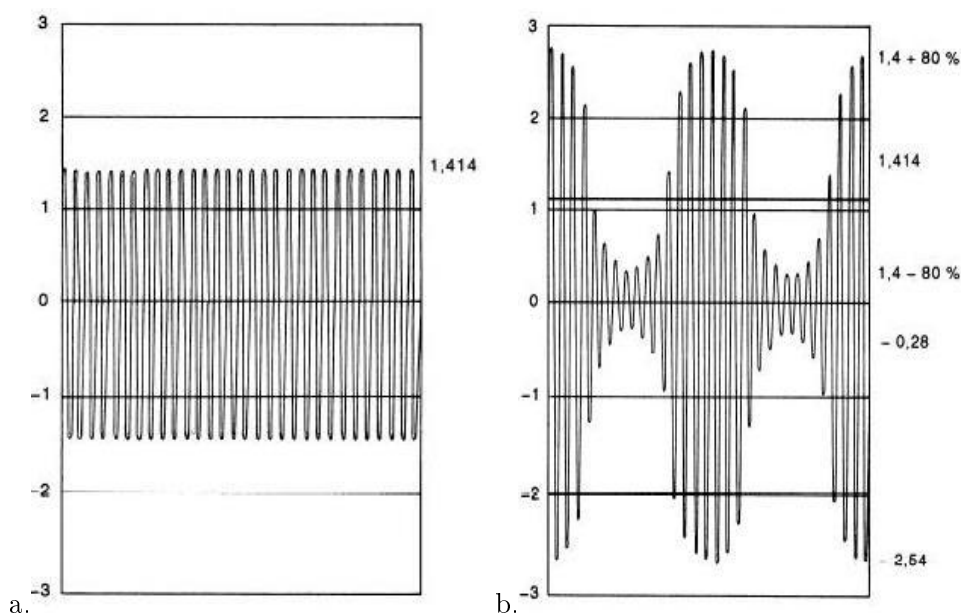


Fig. 2.19: (a) segnale a radiofrequenza non modulato, (b) segnale a radiofrequenza modulato in AM all'80%

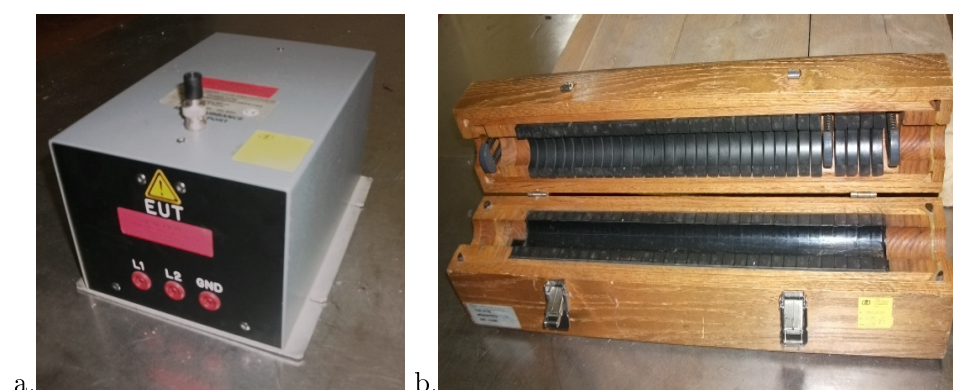


Fig. 2.20: Esempio di CDN (a) e di pinza di corrente (b) utilizzate in laboratorio

Allestimento della prova

La prova delle correnti iniettate deve essere eseguita sopra un piano metallico collegato a terra. L'EUT non è posto a diretto contatto con il piano di massa, ma viene messo sopra un supporto isolante di altezza 10cm. La norma prescrive che l'alimentazione del dispositivo sotto test non superi la lunghezza di 30cm, quindi, nel caso sia troppo lungo, l'operatore deve provvedere alla sostituzione del cavo.

L'alimentazione va collegata alla rete elettrica attraverso un apposita CDN che deve essere a diretto contatto con il piano di massa. Prima di procedere con la prova l'operatore deve individuare tutti i cavi da testare; se l'EUT ha solo il cavo di alimentazione, verrà eseguita una singola prova introducendo il disturbo nella CDN. Se sono presenti anche altri cavi, ad esempio di segnale o di controllo, le prove verranno fatte su ognuno di essi e il disturbo sarà applicato attraverso la pinza di corrente. Per procedere con la prova si mette in funzione l'EUT e, grazie ad un apposito programma per PC, si impostano i valori del disturbo da norma specificati. Il PC è collegato grazie ad un collegamento GPIB⁴ ad un

⁴GPIB (General Purpose Interface Bus) o IEEE-488 è lo standard maggiormente utilizzato per collegare insieme, con canale parallelo, sistemi programmabili autonomi.

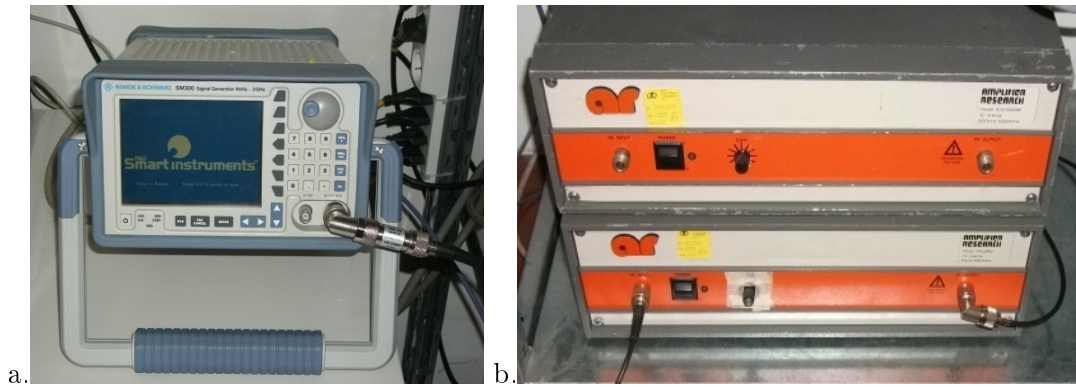


Fig. 2.21: Foto di un generatore di segnale (a) e di un amplificatore (b) utilizzati in laboratorio per eseguire la prova delle correnti iniettate

generatore di segnale che crea il segnale modulato da fornire in ingresso ad un amplificatore (Fig.2.21) che lo porterà al livello di test, di norma il segnale è fornito da una sinusoide, con frequenza variabile da 0.15 a 80MHz (o 230MHz per alcune norme di prodotto), modulata in ampiezza all'80% da un'altra sinusoide con frequenza 1kHz. L'intensità può variare da 3 a 10V/m. La prova parte da una frequenza di 0.15MHz e viene incrementata ogni 3s, dell'1% del valore precedente. Il test è superato se l'oggetto non varia il funzionamento o se le variazioni sono deboli ed entro i limiti consentiti dalla norma. La 61000-4-6 è una prova fra le più dispendiose in termini di tempo di esecuzione, perché le decadi da spazzolare sono circa tre e pur avendo un incremento esponenziale la prova dura circa 45 minuti.

2.6 EN 61000-4-11 Microinterruzioni e variazioni di tensione

La norma EN 61000-4-11 fa riferimento al comportamento di un'apparecchiatura elettrica o elettronica nel caso si verifichino variazioni della tensione di alimentazione o addirittura brevi tratti di totale assenza; inoltre, indica il corretto svolgimento della prova necessaria per verificare il funzionamento del dispositivo in queste particolari situazioni.

La rete di distribuzione dell'alimentazione ha l'obbligo di mantenere entro certe tolleranze i valori di tensione e di frequenza ($230 \pm 10\%$ - 50Hz) fornita dall'utente. La norma EN 61000-4-11 è resa necessaria dal fatto che, a causa di malfunzionamenti, guasti o di collegamenti improvvisi di grossi carichi da parte di particolari utenti, esistono dei lassi di tempo in cui l'alimentazione ha degli abbassamenti o addirittura dei buchi di tensione. La rete nazionale di distribuzione dell'energia elettrica si può approssimare con un generatore ideale di tensione con un'impedenza in serie. Il valore della tensione è dipendente dalla corrente assorbita dai carichi che sono connessi in un determinato momento alla rete, ciò significa che cambiando il numero e le caratteristiche dei sistemi utilizzatori collegati si verificherà una variazione di tensione della rete e conseguentemente una variazione dell'assorbimento da parte dei carichi. Un altro caso in cui possono crearsi disturbi alla rete è l'utilizzo degli interruttori, i quali faranno variare la richiesta di energia della rete e di conseguenza provocheranno variazioni di tensione; inoltre i comportamenti non lineari degli interruttori sono un'altra causa di instabilità che si ripercuote sulla rete di alimentazione. La possibilità di guasti o malfunzionamenti della rete di distribuzione con conseguenti variazioni percepite da tutti i carichi è un'altra delle maggiori cause di questo tipo di disturbi; infine possono verificarsi innalzamenti della tensione causata da fulmini sulla rete elettrica o nelle sue vicinanze.

La norma prescrive la tipologia del disturbo da applicare, i livelli di prova e le modalità di esecuzione delle prove a seconda delle diverse tipologie di prodotto. Il disturbo



Fig. 2.22: Strumento utilizzato in laboratorio per eseguire la prova delle microinterruzioni e variazioni di tensione

considerato è una variazione di tensione di alimentazione oltre il valore contrattuale. La durata minima specificata da norma è superiore a mezzo periodo e quella massima è di parecchi periodi (a seconda della norma da applicare). La prova richiede quindi l'utilizzo di generatori (Fig.2.22) in grado di fornire le variazioni desiderate per un tempo ben preciso, inoltre deve essere in grado di permettere l'interruzione ad un qualsiasi angolo di fase dell'alimentazione per ricercare così il caso peggiore.

Allestimento della prova

L'EUT dopo esser stato collegato al generatore di microinterruzioni e variazioni della tensione di rete viene alimentato. Il disturbo viene impostato seguendo le indicazioni date dalle norme e dal livello di severità scelto. Solitamente si effettuano misurazioni con questi quattro tipi di test:

- 0%:open: toglie completamente la tensione di alimentazione per un certo tempo;
- 0% short: toglie completamente la tensione di alimentazione per un certo tempo e mette in corto eventuali condensatori di mantenimento;
- 40%: abbassa fino al 40% il valore della tensione di alimentazione;
- 70%: abbassa fino al 70% il valore della tensione di alimentazione.

Ogni prova viene effettuata per due polarità : 0° e 180° ovvero nel punto di passaggio per lo zero della sinusoide di alimentazione e nel suo punto massimo. Il tutto va eseguito tre volte con intervalli di 60s da una variazione all'altra. L'operatore annota il comportamento durante tutto l'arco del test, ed in base al tipo di prodotto e alla categoria a cui appartiene, valuta se eventuali comportamenti anomali sono da ritenersi accessibili per il superamento della prova.

Esempio di applicazione delle norme di base

3.1 Norma di prodotto CEI EN 55014-2

La norma CEI EN 55014 è una norma di prodotto che riguarda la compatibilità elettromagnetica di elettrodomestici, utensili elettrici e apparecchi simili. Durante il periodo di stage, è stata fra le norme che più ho incontrato ed è un ottimo esempio per capire come vengono applicate le norme di base ai vari prodotti. L'obiettivo di questa norma è di stabilire una linea comune riguardante l'immunità elettromagnetica delle apparecchiature sopramenzionate, i limiti, i metodi di prova e l'interpretazione dei risultati. Tale norma si divide in due sezioni: la 55014-1, dedicata alle emissioni e la 55014-2 a cui verrà dedicato il resto del capitolo che riguarda le immunità. Quest'ultima tratta l'immunità ai disturbi elettromagnetici degli elettrodomestici e degli apparecchi simili per uso domestico e simili che utilizzano elettricità, come pure i giocattoli e utensili elettrici, la cui tensione nominale non superi i 250V per le apparecchiature monofase collegate tra fase e neutro e 480V per le altre.

Tali apparecchiature possono essere dotate di motori, elementi riscaldanti e loro combinazioni, possono contenere circuiti elettrici o elettronici, possono avere qualsiasi fonte di alimentazione (rete, batterie...). Anche gli apparecchi non adibiti ad uso domestico, ma che hanno ugualmente bisogno di un livello di immunità rientrano in questa norma come ad esempio, apparecchi destinati agli addetti dei negozi, all'industria leggera e alle fattorie, inoltre rientrano nella norma anche i forni a microonde per uso domestico e per ristorazione, piastre di cottura e forni scaldati mediante energia a radio frequenza, apparecchi di cottura ad induzione (a piastra singola o doppia), apparecchi a raggi ultravioletti (UV) e infrarossi (IR) per la cura della persona.

Gli apparecchi a cui non si applica la norma sono:

- apparecchi di illuminazione;
- apparecchiature progettate esclusivamente per l'utilizzo nell'industria pesante;
- apparecchiature destinate a far parte di una installazione elettrica fissa di edifici (ad esempio fusibili, interruttori, cavi e commutatori);
- apparecchiature destinate ad essere utilizzate in luoghi che presentano condizioni elettromagnetiche speciali, come la presenza di campi elettromagnetici elevati (ad esempio in prossimità di una stazione radiotrasmittente) o dove si registrano impulsi elevati sulla rete di alimentazione (per esempio in una stazione di generazione della potenza);
- ricevitori radiofonici e televisivi, apparecchi audio, video e strumenti musicali elettronici;
- apparecchiature elettromedicali
- elaboratori elettronici (personal computer) e apparati analoghi;
- radiotrasmittitori;
- apparecchiature costruite per essere utilizzate esclusivamente in veicoli.

La banda in cui vengono considerati i requisiti d'immunità va da 0 a 400GHz. Gli effetti dei fenomeni elettromagnetici legati alla sicurezza degli apparati sono esclusi da questa norma, inoltre non viene preso in considerazione il funzionamento anomalo delle apparecchiature dovuto ad esempio a guasti simulati nel circuito ai fini di prova.

Lo scopo della norma è quello di fissare, per tutti i dispositivi visti in precedenza, i requisiti d'immunità ai disturbi elettromagnetici di tipo continuo e transitorio, condotti e irradiati comprese le scariche elettrostatiche. La norma 55014-2 richiama quindi tutte le norme di base, già viste nel capitolo 3, e si basa su di esse per l'esecuzione delle prove. L'ordine delle prove non è fisso e viene deciso dall'operatore in accordo con il costruttore per lasciare eventuali prove pericolose per l'EUT alla fine del ciclo in modo che un eventuale guasto non comprometta il resto delle prove.

3.2 Criteri di valutazione delle prove

I vari risultati che si possono ottenere alla fine di una prova non sono di tipo numerico, ma si basano sul comportamento tenuto dall'EUT durante e dopo il test. Come già precisato nel capitolo precedente, alcuni prodotti per poter essere considerati idonei alla marcatura CE, non sono obbligati a dimostrarsi immuni ai vari disturbi gestiti dalla famiglia delle norme di base EN 61000-4-x. Capita spesso che l'EUT durante la prova, in particolari situazioni e condizioni di funzionamento sia oggetto a dei mutamenti di prestazioni o addirittura al reset e allo spegnimento, questo non implica la non conformità immediata dell'oggetto. Ogni EUT è regolato dalla propria norma di prodotto la quale prescrive il comportamento che esso può avere nelle varie prove. Questi criteri sono scelti dagli enti formatori in base a specifici parametri come: il tipo di ambiente in cui andrà ad operare, la funzione che deve svolgere, la potenziale pericolosità per l'utilizzatore...Per spiegare meglio questo concetto si consideri un utensile industriale. Quest'ultimo deve superare la prova delle scariche elettrostatiche indisturbato, altrimenti se così non fosse potrebbe diventare pericoloso per l'operatore che poi lo utilizza. Caso contrario è invece un biglietto di auguri musicale, questo anche se non supera tale prova non diventerebbe mai pericoloso per l'utilizzatore. Tutte le norme sull'immunità inoltre, richiedono che durante la sollecitazione l'EUT si trovi nella condizione di "caso peggiore". Ciò significa che devono preliminarmente essere individuate le condizioni di funzionamento dell'apparecchiatura più "sensibili" a quel tipo di disturbo. La condizione del caso peggiore varia anche nella stessa apparecchiatura al variare della tipologia del disturbo.

Le norme prevedono quattro tipi di categorie (A, B, C e D) con cui valutare i risultati della prova. È compito dell'operatore scegliere la categoria in cui far ricadere il tipo di funzionamento avuto dall'EUT durante e dopo il test. Di seguito vengono presentati i quattro criteri di valutazione.

- A. Il dispositivo in prova non risente della presenza del disturbo in quanto non si assiste ad alcun minimo malfunzionamento nè durante, nè dopo l'applicazione del disturbo stesso.
- B. Durante l'applicazione del disturbo, l'apparecchiatura subisce delle alterazioni nel suo funzionamento, che però cessano automaticamente a fine disturbo. In generale, l'alterazione della funzionalità non viene quantificata anche se a volte vengono fatte delle precisioni come, ad esempio, non devono verificarsi alterazioni del contenuto degli elementi di memoria presenti nel dispositivo durante l'applicazione del disturbo. Questa limitazione ha senso nel caso di apparecchiature che funzionano grazie ad un software.
- C. L'apparecchiatura sottoposta al disturbo subisce delle alterazioni del proprio funzionamento e, a fine sollecitazione, necessita di un intervento manuale da parte dell'utente

per ripristinare completamente la propria funzionalità. In alcuni casi tale intervento consiste nel reset del dispositivo, il quale può comportare una perdita di dati precedentemente immagazzinati. In altri casi può essere necessario ripristinare qualche funzionalità agendo sulla parte del dispositivo a ciò predisposta.

- D.** Il dispositivo sottoposto al disturbo perde le proprie funzionalità in modo permanente, senza permettere il ripristino se non con un intervento di sostituzione delle parti danneggiate. In questa classificazione rientra anche il caso in cui il disturbo vada a modificare o cancellare programmi e/o dati della parte software dell'EUT, impedendo il ripristino del sistema allo stato in cui si trovava nel momento precedente all'applicazione del disturbo.

La norma impone inoltre, che l'alterazione della funzionalità del dispositivo, originato dal disturbo, non sia causa di un eventuale funzionamento pericoloso per l'operatore o per le cose. Ad esempio un disturbo non deve provocare un surriscaldamento di qualche parte dell'EUT, col pericolo di provocare un incendio.

3.3 Applicazione delle prove alle diverse categorie di apparecchiature

Ogni norma di prodotto divide le proprie apparecchiature in categorie a seconda di fattori come l'ambiente dove saranno installate, la funzione e le proprie caratteristiche. I dispositivi compresi nella norma 55014-2 vengono catalogati in quattro categorie :

Categoria-1: apparecchi che non contengono alcun circuito elettronico di controllo, per esempio, apparecchi a motore, giocattoli, utensili, apparecchiature simili (quali radiatori UV e IR). I circuiti elettrici composti da componenti passivi (per esempio condensatori e induttanze per la soppressione dei radio disturbi, trasformatori di alimentazione e raddrizzatori alla frequenza di rete) non sono considerati circuiti di controllo. Esempi: apparecchi che contengono componenti quali motori elettrici, commutatori elettromeccanici, termostati e batterie (ricaricabili).

Categoria-2: apparecchiatura a motore con alimentazione di rete, utensili, apparecchi riscaldanti e apparecchiature elettriche simili alimentate da rete (per esempio radiatori UV, radiatori IR e forni a microonde) che contengono circuiti elettrici di controllo senza frequenza di clock interno o frequenza di oscillatore inferiore a 15MHz.

Categoria-3: apparecchi funzionanti a batteria (interne o esterne) che, nell'uso normale, non sono connessi alla rete e che contengono un circuito di controllo senza frequenza di clock interno o con frequenza di oscillatore inferiore a 15MHz. Questa categoria comprende gli apparecchi forniti con batteria ricaricabili che possono essere caricate collegando gli apparecchi alla rete di alimentazione. Tuttavia, questi apparecchi dovranno essere provati anche come apparecchi di categoria 2 mentre sono collegati alla rete di alimentazione.

Categoria-4: tutti i restanti apparecchi che sono compresi nella norma CEI EN 55014

In ognuna di queste categorie appena elencate la norma fornisce i requisiti richiesti per superare le prove di immunità:

1. Gli apparecchi della categoria 1 sono considerati conformi ai requisiti di immunità relativi, senza che vengano effettuate le prove.

2. Gli apparecchi della categoria 2 devono soddisfare i seguenti requisiti:
 - scariche elettrostatiche (EN 61000-4-2) con criterio di prestazione B;
 - transistori veloci (EN 61000-4-4) con criterio di prestazione B;
 - iniezione di corrente fino a 230MHz (EN 61000-4-6) con criterio di prestazione A;
 - tensioni ad impulso (EN 61000-4-5) con criterio di prestazione B;
 - interruzioni e buchi di tensione (EN 61000-4-11) con criterio di prestazione C.
3. Gli apparecchi della categoria 3 devono soddisfare i seguenti requisiti:
 - scariche elettrostatiche (EN 61000-4-2) con criterio di prestazione B;
 - transistori veloci (EN 61000-4-4) con criterio di prestazione B;
 - iniezione di corrente fino a 230MHz (EN 61000-4-6) con criterio di prestazione A.
4. Gli apparecchi della categoria 4 devono soddisfare i seguenti requisiti:
 - scariche elettrostatiche (EN 61000-4-2) con criterio di prestazione B;
 - transistori veloci (EN 61000-4-4) con criterio di prestazione B;
 - iniezione di corrente fino a 80MHz (EN 61000-4-6) con criterio di prestazione A;
 - campi elettromagnetici a radio frequenza (EN 61000-4-3) con criterio di prestazione A;
 - tensioni ad impulso (EN 61000-4-5) con criterio di prestazione B;
 - interruzioni e buchi di tensione (EN 61000-4-11) con criterio di prestazione C.

3.4 Livelli di prova

La norma EN 55014-2 copre una banda di frequenza che va da 0 a 400GHz e di conseguenza le prove si svolgono all'interno di questo range di frequenza. Il dispositivo da testare deve essere provato nella condizione di funzionamento, ritenuta dal costruttore, più sensibile al disturbo a cui verrà sottoposto o in alternativa nel funzionamento gravoso riscontrato dal tecnico di laboratorio dopo l'esecuzione di alcuni test preliminari. Nella prova deve essere ricreata la situazione più simile a quella dell'ambiente in cui il dispositivo verrà installato. La configurazione di prova, le condizioni e le prestazioni del dispositivo sotto test sono indicate dal suo costruttore e, quando questi sono stati decisi, per eseguire la prova, si tiene conto della norma di prodotto in cui è stato inserito l'EUT o in alternativa qualora non esistesse una specifica norma prodotta si utilizza la norma generica più adatta al luogo nel quale andrà ad operare (negli ambienti residenziali, commerciali e nell'industria leggera o ambienti industriali). Di seguito vengono presentati i livelli con cui si eseguono tutte le prove d'immunità per la norma sopra specificata.

3.4.1 Scariche elettrostatiche:

La norma di prodotto richiama la EN 61000-4-2. La modalità più usata è quella della scarica a contatto che si applica su ogni parte metallica del dispositivo accessibile all'utente e risulta ad essere la condizione più gravosa per l'EUT. Se vi sono parti non conduttive, vengono effettuate scariche indirette, ovvero le scariche vengono applicate su un piano di

accoppiamento verticale posto a 10cm e le scariche in aria. Vengono effettuate 20 scariche (10 per ogni polarità) per ciascuna modalità e i livelli di prova usati sono:

scarica in aria	$\pm 8\text{kV}$
scarica a contatto	$\pm 4\text{kV}$

Tab. 3.1: Livelli di disturbo per la prova delle scariche elettrostatiche

3.4.2 Immunità irradiata:

Si applica solo ai dispositivi di categoria 4, la norma richiama la EN 61000-4-3 e prevede una spazzolata su ogni lato dell'EUT e per entrambe le polarizzazioni dell'antenna. I valori di campo applicato sono:

frequenza di interesse	da 80 a 1000 MHz
percentuale dell'onda modulante	1kHz
percentuale di modulazione	80%
intensità del campo	3V/m

Tab. 3.2: Caratteristiche del disturbo per la prova di immunità irradiata

3.4.3 Transitori veloci (burst):

La norma fa riferimento alla EN 61000-4-4 e precisa tre casi di prova, a seconda delle porte da testare. Nelle tabelle si è indicato con Tr il tempo di salita e con Td il tempo di durata. I casi specificati sono i seguenti:

tensione di picco	$\pm 0.5\text{kV}$
Tr/Td	5/50 ns
frequenza di ripetizione	5kHz

Tab. 3.3: Caratteristiche del disturbo per la prova di burst per linea di segnale e di controllo (lunghezza > 3m)

tensione di picco	$\pm 0.5\text{kV}$
Tr/Td	5/50 ns
frequenza di ripetizione	5kHz

Tab. 3.4: Caratteristiche del disturbo per la prova di burst per EUT con alimentazione di ingresso/uscita in c.c.

tensione di picco	$\pm 0.5\text{kV}$
Tr/Td	5/50 ns
frequenza di ripetizione	5kHz

Tab. 3.5: Caratteristiche del disturbo per la prova di burst per EUT con alimentazione di ingresso/uscita in c.a.

3.4.4 Disturbi impulsivi (surge):

La norma richiama la EN 61000-4-5. La prova viene eseguita solo alla porte di alimentazione in c.a.. Vanno effettuati 5 impulsi per polarità aventi i seguenti valori di picco:

tensione di picco tra linea-linea	$\pm 1\text{kV}$
tensione di picco tra linea e terra	$\pm 2\text{kV}$

Tab. 3.6: Livelli di impulsi per la prova di surge

3.4.5 Correnti iniettate:

La norma fa riferimento alla EN 61000-4-6. A seconda della categoria di appartenenza dell'EUT, la spazzolata acquisisce valori diversi del range di frequenza, mentre gli altri valori d'interesse sono sempre uguali.

range di frequenza per EUT di categoria 2 e 3	0.15-230MHz
range di frequenza per EUT di categoria 4	0.15-80MHz
frequenza dell'onda modulante	1kHz
percentuale di modulazione	80%
tensione di picco della modulata per porte di controllo e porte di alimentazione DC	1V
tensione di picco della modulata per porte di alimentazione AC	3V

Tab. 3.7: Caratteristiche del disturbo per la prova delle correnti iniettate

3.4.6 Interruzioni e buchi di tensioni:

La norma richiama la EN 61000-4-11 e prevede la seguente tempistica per la variazione di tensione:

numero di periodi per tensione allo 0%	0,5
numero di periodi per tensione allo 40%	10
numero di periodi per tensione allo 70%	50

Tab. 3.8: Caratteristiche della variazione di tensione per eseguire la prova delle interruzioni e buchi di tensione, 1 periodo= $1/50 = 20\text{ms}$

3.5 Esempio pratico di applicazione delle prove

Si esplicita ora l'iter di un EUT che deve soddisfare la norma EN 55014-2 per poter acquisire la dichiarazione di conformità e ricevere la marcatura CE. Gli apparecchi in questione sono numerosi, infatti, tale norma è una fra le più usate, questo anche perché riguarda la grande categoria degli elettrodomestici. Si porta come esempio un EUT che ho testato durante il periodo di stage: un tostapane. Come prima cosa bisogna studiare l'apparecchio e classificarlo. Questo oggetto preso in considerazione è un elettrodomestico, con alimentazione AC (230V-50Hz), privo di linee di segnale, ha controlli elettronici di scongelamento, stop e riscaldamento, degli indicatori luminosi all'attivarsi di tale funzioni, una regolazione elettronica progressiva della tostatura e un sensore elettronico di cottura. La norma fa rientrare tale EUT nella categoria 2. Dopo aver fatto l'analisi dello strumento da testare, gli si allega un'apposita commessa dove verranno riportati tutti i dati ricavati durante le prove e dopo di ciò si può iniziare la sequenza di test richiesti dalla norma. L'ordine di esecuzione delle prove è a discrezione dell'operatore; per comodità riporto le prove con l'ordine sopra citato.

3.5.1 Scariche elettrostatiche

Il criterio minimo accettato dalla norma è il B. Dopo aver posizionato il dispositivo come specificato da norma, lo si alimenta e infine si procede all'iniezione delle scariche individuando prima di tutto le sue varie parti isolanti e conduttive. In questo tipo di oggetto non ci sono parti metalliche e quindi la prova delle scariche a contatto non si esegue. Si procede quindi con le scariche a contatto indirette, si pone un apposito piano verticale a 10cm dal tostapane e si applicano 10 scariche per polarità utilizzando il puntale appuntito e settando la pistola al valore stabilito da norma e cioè 4kV. Fatto ciò si passa all'iniezione delle scariche in aria sostituendo il puntale appuntito della pistola appena utilizzata con quello a punta sferica e settando il generatore a 8kV. Le scariche si effettuano su tutto l'involucro del dispositivo spostando la pistola su tutta la superficie per cercare eventuali punti dove si potrebbe verificare la scarica, in tali punti la norma prevede di far scaricare il potenziale verificando il comportamento dell'EUT. Una volta conclusa la prova si compila il foglio di prova dove vengono annotate eventuali anomalie da parte dell'EUT. In questo caso possiamo dire che non si è verificata nessuna anomalia durante il test e il foglio di prova viene compilato segnando delle A nelle voci di tutti i tipi di scariche eseguite. La prova relativa alla EN 61000-4-2 è conclusa e superata.

3.5.2 Immunità irradiata

Questo tipo di prova non viene eseguita in quanto la norma per gli oggetti appartenenti alla categoria 2 (come il nostro caso) non prevede questo tipo di test.

3.5.3 Transitori veloci (burst)

Per questo tipo di prova viene utilizzata la stessa postazione delle scariche e la norma ha ancora criterio di prestazione pari a B. Per effettuare il test, si alimenta il dispositivo collegandolo al circuito di accoppiamento/disaccoppiamento del generatore di burst. Si procede tramite un PC, a settare tale generatore ai seguenti valori: Tensione di picco = 1kV; frequenza di ripetizione = 5kHz; durata del disturbo = 120s; linee di applicazione del disturbo sono fase L1, neutro N, terra PE (il programma imposta autonomamente le varie combinazioni in entrambe le polarità: L1-N-PE, L1-PE, N-PE L1, N, PE). Lanciando l'apposito programma il disturbo viene applicato e, osservando il comportamento dell'EUT si trascrivono le eventuali anomalie sull'apposito foglio di prova. Per questo tipo di oggetto sotto test il disturbo viene applicato alla sola alimentazione, infatti, l'assenza

dei cavi di segnale rende inutilizzabile la clamp capacitiva. Non essendosi riscontrata nessuna anomalia dovuta anche all'assenza di parti elettroniche sensibili a tale test come i microprocessori, la prova è superata con criterio A. La prova relativa alla EN 61000-4-4 è conclusa e superata.

3.5.4 Disturbi impulsivi (surge)

Di norma questa prova in quanto pericolosa perché potrebbe danneggiare l'EUT. Il dispositivo viene collegato e alimentato attraverso un apposito generatore. La norma EN 61000-4-5 prevede che il generatore produca ogni minuto un impulso di surge. I valori di tensione saranno di 1kV tra le linee (fase - neutro) e di 2kV tra linea e terra (fase - terra e neutro - terra). Inoltre sono richiesti 5 impulsi per ogni combinazione, sia positivi che negativi, aventi sfasamento pari a 0°, 90°, 180° e 270° rispetto alla fase della sinusoide di alimentazione. Il criterio di prestazione è il B e visto l'assenza di anomalie anche per questo tipo test (grazie anche alla poca elettronica presente nell'oggetto in considerazione), la prova è conclusa ed è stata superata con criterio A.

3.5.5 Correnti iniettate

Il nostro EUT essendo classificato come apparecchio di categoria 2, la norma EN 61000-4-6 viene eseguita con un range che va da 0,15 a 230MHz. Il criterio per l'accettazione e il superamento del test è A. Il set-up di prova è simile a quello usato per il burst e per le scariche elettrostatiche. La prova viene effettuata tramite l'uso di una CDN la quale fornisce all'EUT sia l'alimentazione che il disturbo generato e modulato all'80% su una modulante di 1kHz, con un range di frequenza che va da 0,15 a 230MHz e un picco di tensione pari a 3V. Ogni 3s, la frequenza del segnale aumenta dell'1% rispetto al precedente. Durante la prova non si sono verificate anomalie, grazie anche all'assenza di circuiti elettronici ed elettrici sensibili a tale test come i motori ad inverter che consentono di avere varie velocità, quindi sul rapporto di prova si può annotare che tale la prova è conclusa e superata con criterio A.

3.5.6 Buchi e interruzioni di tensione

Il set-up utilizzato per questa prova è simile a quello utilizzato per il surge, in alcuni casi identico visto che ci sono generatori in grado di eseguire entrambe le prove. Il prodotto viene collegato e alimentato attraverso un apposito generatore. Programmando il generatore e avviando la prova, si sottopone l'EUT a delle interruzioni di alimentazione. La norma prevede di testare, per tre volte ciascun valore di tensione e per entrambe le fasi (0° e 180°). La norma di prodotto che abbiamo preso in considerazione prescrive una tensione di alimentazione allo 0% per un periodo, al 40% per 10 periodi e al 70% per 50 periodi. Si ricorda che un periodo della tensione di rete equivale a $1/50 = 20\text{ms}$. Il criterio di prestazione stabilito dalla norma di prodotto è C quindi la prova viene superata anche se dopo l'applicazione del disturbo è necessario un ripristino manuale dell'EUT. In corrispondenza del buco di tensione pari allo 0% e fase pari a 0°, il tostapane non risente del buco di tensione perciò il criterio di valutazione è A. Nel caso di buco di tensione pari allo 0% con fase pari a 180° e nei casi di diminuzione della tensione pari al 40% e 70% per entrambe le fasi, si verifica un riavvio dell'EUT e quindi il criterio di prestazione è il C. Si riportano i risultati riscontrati sull'apposito modulo delle prove e analizzando i dati si nota che anche quest'ultima prova è stata superata. A questo punto le prove d'immunità sono terminate, tutte con esito positivo. Se vengono vengono superate anche le prove di emissioni elettromagnetiche gestite dalla EN 55014-1 il prodotto è certificabile e può essere marcato CE.

Esempio di test report

Nelle seguenti pagine viene riportato interamente un esempio del documento di certificazione rilasciato dalla CMC. In esso viene attestato il superamento delle prove da parte del prodotto e rende possibile la sua marcatura CE. Se un EUT non supera positivamente tutte le prove, tale rapporto comporterebbe un prezzo eccessivo da sostenere per l'azienda e normalmente in tali casi si preferisce compilare un documento meno ufficiale, chiamato "Nota informativa", per informare il cliente dei problemi riscontrati e una linea guida da seguire per far sì che il prodotto superi le prove. Il report verrà stilato una volta che i problemi saranno risolti. Per ragioni di privacy, sono stati cancellati i dati relativi al nome del prodotto, della provenienza e le foto dell'apparecchiatura.



Independent Testing Laboratory
CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell' Elettronica, 12/C
 36016 Thiene (VI) - ITALY
 Tel./Fax +39 0445 367702
 www.cmcclab.it - info@cmcclab.it



LAB N° 0369

Accredited by ACCREDIA according to UNI CEI EN ISO/IEC 17025 cert. nr. 0168
 Accredited by Ministry of Communications - Notified Body EMC Directive 2004/108/EC n° NB 2044

TEST REPORT nr. R10148101	
Electromagnetic Compatibility (EMC)	
Test item	
Description.....:	TOASTER
Trademark.....:	
Model/Type.....:	
Test Specification	
Standard.....:	EN 55014-1:2006 + A1:2009 EN 61000-3-2:2006 + A1:2009 + A2:2009 EN 61000-3-3:2008 EN 55014-2:1997 + A1:2001 + A2:2008
Client's name.....:	
Address.....:	
Manufacturer's name : Same as client	
Address.....: --	
Report	
Tested by.....:	C. Panozzo - Technician
Approved by.....:	R. Beghetto - Laboratory Manager
Date of issue.....:	10.12.10
Contents.....:	35 pages

This test report shall not be reproduced except in full without the written approval of CMC.
 The test results presented in this report relate only to the item tested.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Index

1.	SUMMARY	3
2.	DESCRIPTION OF EQUIPMENT UNDER TEST (EUT)	5
3.	TESTING AND SAMPLING	5
4.	OPERATIVE CONDITIONS	5
4.1	EVALUATION CRITERIA FOR IMMUNITY TESTS	6
5.	PHOTOGRAPH(S) OF EUT	7
5.1	PHOTOGRAPH(S) OF EUT	7
5.2	PHOTOGRAPH(S) OF SETUP	8
6.	EQUIPMENT LIST	9
7.	MEASUREMENT UNCERTAINTY	12
8.	REFERENCE DOCUMENTS	13
9.	DEVIATION FROM TEST SPECIFICATION	14
10.	TEST CASE VERDICTS	14
11.	RESULTS	14
11.1	CONTINUOUS DISTURBANCE VOLTAGE TEST (1 50 KHZ – 30 MHz)	15
11.2	DISTURBANCE POWER TEST (30 – 300 MHz)	19
11.3	HARMONIC CURRENT EMISSIONS TEST	22
11.4	VOLTAGE FLUCTUATIONS AND FLICKER TEST (50 HZ)	24
11.5	ELECTROSTATIC DISCHARGE IMMUNITY TEST	26
11.6	ELECTRICAL FAST TRANSIENTS / BURST IMMUNITY TEST	28
11.7	SURGE IMMUNITY TEST	30
11.8	INJECTED CURRENTS IMMUNITY TEST	32
11.9	VOLTAGE DIPS, SHORT INTERRUPTIONS AND VOLTAGE VARIATIONS IMMUNITY TEST	34



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

1. Summary

Emission Test:

EN 55014-1:2006 + A1:2009
EN 61000-3-2:2006 + A1:2009 + A2:2009
EN 61000-3-3:2008

Test specifications	Environmental Phenomena	Port	Tests sequence	Result
EN 55014 -1	Continuous disturbance voltage	Mains terminals	5	Complies
		Load terminals	--	N.A. (++)
EN 55014 -1	Discontinuous disturbance voltage	AC mains	--	N.A. (+)
EN 55014 -1	Disturbance Power	Mains terminals	7	Complies
		Auxiliary Lead	--	N.A. (++)
EN 55014 -1	Radiated disturbance	Enclosure	--	N.A. (+++)
EN 61000-3-2	Harmonic current emissions	AC mains	2	Complies
EN 61000-3-3	Voltage fluctuations and flicker	AC mains	1	Complies

(+) Apparatus does not generate discontinuous disturbance

(++) Port Not Present

(+++) In agreement with figure 10 of EN 55014-1/A1 (2009)



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Immunity Test:				
EN 55014-2:1997 + A1:2001 + A2:2008 - Category II				
Test specifications	Environmental Phenomena	Port	Tests sequence	Result
EN 61000-4-2	Electrostatic discharge	Enclosure	7	Complies
EN 61000-4-3	Radiated electromagnetic field	Enclosure	--	N.A. (++)
EN 61000-4-4	Electrical Fast Transients	AC mains	4	Complies
		DC mains	--	N.A. (+)
		Signal/Control Line	--	N.A. (+)
EN 61000-4-5	Surge	AC mains	9	Complies
EN 61000-4-6	Injected currents	AC mains	8	Complies
		DC mains	--	N.A. (+)
		Signal/Control Line	--	N.A. (+)
EN 61000-4-11	Dips / Short interruptions	AC mains	3	Complies

(+) Port Not Present

(++) Apparatus classified as category II

This document aims to report the compatibility test results according to the 2004/108 EC Directive.
The Test Report was given to the Client representatives for necessary documentation of ratification of the tested equipment and it is valid for the CE marking.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

2. Description of Equipment under test (EUT)

Power supply : 230 V ~ 50 Hz single-phase + earth
Power cable : Unshielded
Serial Number : --
Components list : Annex 1

3. Testing and sampling

Date of receipt of test item : 28.10.10
Testing start date : 29.11.10
Testing end date : 30.11.10
Samples tested nr. : 1
Sampling procedure : Equipment used for testing was picked up by the manufacturer, at the end of the production process with random criterion
Internal identification : adhesive label with the product number P100960

4. Operative conditions

EUT exercising : Steady condition, toast cycles
Auxiliary equipment : None
Performance check for immunity test : Control of correct exercising
Test configuration : a) According to EN 55014-1 subcl. 5.2.2 EUT has been placed at 0,8 m from V- network
b) EUT classified as table top equipment



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

4.1 Evaluation criteria for immunity tests

<p>Criterion A</p>	<p>The apparatus shall continue to operate as intended during the test.</p> <p>No degradation of performance or loss of function is allowed below a performance level (or permissible loss of performance) specified by the manufacturer, when the apparatus is used as intended.</p> <p>If the minimum performance level or the permissible performance loss is not specified by the manufacturer then either of these may be derived from the product description and documentation and from what the user may reasonably expect from the apparatus if used as intended.</p>
<p>Criterion B</p>	<p>The apparatus shall continue to operate as intended after the test.</p> <p>No degradation of performance or loss of function is allowed below a performance level (or permissible loss of performance) specified by the manufacturer, when the apparatus is used as intended.</p> <p>During the test, degradation of performance is allowed, however.</p> <p>No change of actual operating state or stored data is allowed.</p> <p>If the minimum performance level or the permissible performance loss is not specified by the manufacturer then either of these may be derived from the product description and documentation and what the user may reasonably expect from the apparatus if used as intended.</p>
<p>Criterion C</p>	<p>Temporary loss of function is allowed, provided the function is self recoverable or can be restored by the operation of the controls, or by any operation specified in the instructions for use.</p>



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



5. Photograph(s) of EUT

5.1 Photograph(s) of EUT



CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



5.2 Photograph(s) of setup

Electrical fast transients

Injected currents



CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

6. Equipment list

Id. number	Manufacturer	Model	Description	Serial number
CMC 0001	Rohde & Schwarz	ESH330	EMC interference receiver	862024/003
CMC 0002	Rohde & Schwarz	ESH330	EMC interference receiver	826638/011
CMC 0003	SCHAFFNER	NSG 2025-4	Burst source with CDN	1010
CMC 0004	SCHAFFNER	NSG 435-01	ESD simulator	1166
CMC 0005	XITRON	2303	Harmonic & Flicker analyser	2503592013
CMC 0006	Chauvin Arnoux	CA43	Field meter	218541 RLV
CMC 0007	Rohde & Schwarz	SMY01	RF signal generators	841403/038
CMC 0009	Rohde & Schwarz	ESH2-15	Artificial network	839497/007
CMC 0010	Rohde & Schwarz	ESH3-12	Impulses limiting device	---
CMC 0012	Rohde & Schwarz	MD821	Absorbing clamp	838504/015
CMC 0013	Rohde & Schwarz	EZ-17	Current probe	840411/009
CMC 0014	Rohde & Schwarz	ESH2-13	Passive probe	---
CMC 0015	RKB	LOG801000	Log-periodic Antenna	---
CMC 0016	Rohde & Schwarz	HK116	Biconical antenna	839472/001
CMC 0017	Rohde & Schwarz	HL223	Log-periodic Antenna	825584/009
CMC 0018	SCHAFFNER	CDN 124	Coupling clamp	128
CMC 0019	FCC	FCC 801-M3-25	CDN Power Line	06
CMC 0021	CMC	TRB3 01	Balance-to-unbalance transformer	---
CMC 0022	Teseo	LA3 1	Loop antenna	3971
CMC 0024	CMC	CTL-01	Voltage change for USN	---
CMC 0025	Salmiraghi	1750-1	Hygro - Thermograph	323.601
CMC 0026	Chroma	C6330	Power supply source	653000095
CMC 0027	Amplifier Research	75A250	RF Amplifier	19349
CMC 0028	FCC	FCC-2031	Injection clamp	209
CMC 0029	Keytek	Cemaster	Surge, dips, burst source	9609258
CMC 0030	Rohde & Schwarz	ESPC	EMC interference receiver	844006/013
CMC 0031	Tektronix	TDS 210	Digital oscilloscope	8010352
CMC 0032	SCHAFFNER	NSG 2050	Surge source with CDN	200111-253AR
CMC 0033	Tektronix	P6015	High voltage probe	R0238/1
CMC 0034	Schwarzbeck	UHA 9105	Dipole	UHA 91052234
CMC 0037	Rohde & Schwarz	NRV5	Power meter	845127/023
CMC 0039	CMC	BI 01	Induction coil	---
CMC 0040	Walker Scientific	ELF 50-D	Magnetic field meter	K71484-290
CMC 0042	Fluke	Fluke 73	Multimeter	67771910
CMC 0151-751	CMC	LFXXX	Dummy lamp	---
CMC 0076	Airfude	25438	Barometer	---
CMC 0077	Fluke	Fluke-87	Multimeter	69050353
CMC 0078	Amplifier Research	100W1000M1	RF Amplifier	21849
CMC 0079	AH System, Inc	SAS-200/542	Biconical antenna	504
CMC 0080	AH System, Inc	SAS-200/510	Log periodic antenna	807
CMC 0081	AH System, Inc	SAS 200/550-1	Active Monopole Antenna	660
CMC 0082	AH System, Inc	SAS-200/560	Loop Antenna	635
CMC 0083	AH System, Inc	BCP-200/510	LF Current Probe	564
CMC 0084	AH System, Inc	BCP-200/511	HF/VHF Current Probe	579
CMC 0085	AH System, Inc	SAS-200/530	Broadband dipole	504
CMC 0086	CMC	RHCP01	Resistance 470Kohm	---
CMC 0087	CMC	RHCP01	Resistance 470Kohm	---
CMC 0088	CMC	LFA320	Dummy lamp	---
CMC 0089	CMC	CSTARTER	Capacitor 5000pF	---
CMC 0090	CMC	CSTARTER	Capacitor 5000pF	---
CMC 0091	CMC	DPLP	Dipole for Loop Antenna control	---
CMC 0094	Schwarzbeck	NINBM 8124-A	Artificial network	8126A161
CMC 0095	FCC	FCC 801-M3-16	CDN power line	9821



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0368

Id. number	Manufacturer	Model	Description	Serial number
CMC 1096	B & K	2260	Phonometer	1847463
CMC 1095	Decca	PA-50	Log-periodic antenna	34/17977 - b
CMC 1086	Giastronix	900	RF signal generator	323001
CMC 1087	Hewlett Packard	HP8563E	Spectrum analyzer	3846A09658
CMC 1088	Emco	3115	Horn antenna	9811-5622
CMC 1089	Farnel	LFM4	LF signal generator	531
CMC 110	CMC	OP8800	Open strip line 800mm	---
CMC 111	LEM HEME	PR 1001	Current probes	---
CMC 1112	Amplifier Research	DC3010	Directional coupler	15238
CMC 1114	Schwarzbeck	VHA 9109	Dipole	VHA 91091801
CMC 1116	CMC	8CIP01	Bulk current injection probe	---
CMC 1117	MARCONI	2019A	RF signal generator	118453/014
CMC 1118	Hewlett Packard	E3632A	Programmable power supply	KR75301881
CMC 1119	Hewlett Packard	HP8903B	Audio Analyzer	3011A09055
CMC 1120	FCC	FC130-A	Bulk Current Injection Probe	118
CMC 1121	Wavetek	LCR55	Bridge LCR	20104738
CMC 1122	Fluke	336	Amperometric clamp meter	81754972
CMC 1123	Rohde & Schwarz	SMU3	RF signal generator	100625
CMC 1124	Spin	AMTP42-20	Horn Antenna 18-26GHz	103
CMC 1125	SCHAFFNER	PNW 2003	Dips source	200234-0143C
CMC 1126	LDS + Dactron	V730-335+LASER	Vibration testing system	132+133+4512698
CMC 1127	SCHAFFNER	HLA3120	Loop Antenna	1191
CMC 1128	SCHAFFNER	CBAR428	RF Amplifier	1006
CMC 1129	Rohde & Schwarz	ESP17	Receiver	836.914/004
CMC 1130	SCHAFFNER	NSG 5000	Automotive Impulse Generator	02032579-1
CMC 1131	SCHAFFNER	CDN 500	Capacitive clamp	400-151/0128
CMC 1132	CMC	OP8150	Open strip line 150mm	---
CMC 1133	RIK	LOG8002500	Log-periodic Antenna	---
CMC 1135	LEM HEME	PR 30	Current Probe	P04217832830
CMC 1136	Schwarzbeck	VUL8 9136	Broadband Antenna	9136-205
CMC 1138	Agilent	33220A	Function / Arbitrary Waveform Gen.	MY44003979
CMC 1139	Wilcoxon	736	Accelerometer 101 mV/g	12245
CMC 1140	Wilcoxon	732A	Accelerometer 9.8 mV/g	1424
CMC 1141	Dytran	3023A1	Accelerometer Triaxial	383
CMC 1142	Narda	ELT-400+8-sensor	Exposure level tester	D-0034+D-0032
CMC 1143	EM TEST	DPA 500	Harmonic & Flicker analyser	0903 - 04
CMC 1144	Rohde & Schwarz	URV6	Power meter	881375/004
CMC 1145	Hewlett Packard	778D	Directional coupler	17237
CMC 1146	Amplifier Research	10W1000B	RF Amplifier	18451
CMC 1150	RIK	LOG3080	Log-periodic Antenna	---
CMC 1155	Chroma	61705	Power supply source	000000088
CMC 1156	Yokogawa	DL9040	Digital oscilloscope	91F643771
CMC 1158	CMC	ITF	Impedance	---
CMC 1159	Rohde & Schwarz	SM300	RF signal generator	1006114
CMC 1161	EM TEST	EFT 500 M4 S1	Burst source with CDN	V0739102946
CMC 1162	FCC	FCC 801-M2-16	CDN power line	07047
CMC 1163	NOISEKEN	ESS-2002+TC-815R	ESD simulator	ES30787336
CMC 1164	Rohde & Schwarz	ESU26	EMC interference receiver	100052
CMC 1170	Amplifier Research	PL7006	Field meter	0327425
CMC 1171	Schwarzbeck	88HA 9120 LFI(A)	Broadband Antenna	284
CMC 1172	Schwarzbeck	VH8D9124+88AL9136	Broadband Antenna	9134-037
CMC 1173	Luthi	CDN L-801 AF4	CDN I/O line	2481
CMC 1174	Luthi	CDN L-801 AF8	CDN I/O line	2482
CMC 1175	Luthi	CDN L-801 T2	CDN I/O line	2473
CMC 1176	Luthi	CDN L-801 T4	CDN I/O line	2475
CMC 1177	Luthi	CDN L-801 T8	CDN I/O line	2476



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0368

Id. number	Manufacturer	Model	Description	Serial number
CMC 1178	Schwarzbeck	STLP 9128 C	Broadband Antenna (150 - 4000 MHz)	086
CMC 1179	Frankonia	FL-250A	RF Amplifier	1023
CMC 1180	Milmeqa	RF350	RF Amplifier	1031422
CMC 1181	Milmeqa	A50822-200	RF Amplifier	1031424
CMC 1182	Milmeqa	A50206-50	RF Amplifier	1031425
CMC 1183	Minicircuits	PWR-35N1-5G+	Power sensor	0809070042
CMC 1184	ARRAY	3400A	Arbitrary Waveform Generation	TW00009184
CMC 1185	EM TEST	OCS 500 M6 S4	Oscillatory compact simulator	V0915104789
CMC 1187	Rohde & Schwarz	SM8100A	RF signal generator	102572
CMC 1190	Sain	AMDR-10180	Horn antenna	01-309-09
CMC 1193	Solar	6552-1A	BP Amplifier	---
CMC 1194	CMC	CDN 16 PL	CDN Power line	---
CMC 1195	Schwarzbeck	VULB 9118 E sp.	Log-periodic Antenna (50 - 2000 MHz)	827
CMC 1196	EM TEST	B5 200N	Electronic switch	V100510506
CMC 1197	EM TEST	UCS 200N	Pulse generator 1/2/3a/3b/6/7	V0825103901
CMC 1198	FCC	F - 55	RF Current Probe	100999
CMC 1199	EM TEST	CNI 503	CDN for Burst and Surge	V1026106843
CMC A001	Siye	F5123	Shield chamber	---
CMC A002	SIDT	951130	Anechoic chamber	---
CMC A007	CMC	10707	Semi-anechoic chamber	---
CMC A008	CMC	BPA	Track for absorbing clamp	---
CMC A013	CMC	TR01	Rotary motorized table	---
CMC A014	CMC	PM01	Antenna positioning Mast	---
CMC B026	Angelantoni	UY 245 IU	Climatic chamber	1059.78
CMC B067	Yokogawa	WT3000	Precision Power analyzer	91J815155

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

7. Measurement uncertainty

Test	Expanded Uncertainty	note
Conducted Emission		
(50Ω/50μH AMN) - (9 kHz – 150 kHz)	±2.9 dB	1
(50Ω/50μH AMN) - (150 kHz – 30 MHz)	±2.5 dB	1
[Voltage probe] - (150 kHz – 30 MHz)	±3.0 dB	1
(50Ω/5μH AMN) - (150 kHz – 108 MHz)	±2.6 dB	1
Discontinuous Conducted Emission		
Conducted Emission (50Ω/50μH AMN) - (150 kHz – 30 MHz)	±2.9 dB	1
Disturbance Power (30 MHz – 300 MHz)		
	±3.0 dB	1
Radiated Emission		
(0,150 MHz – 30 MHz)	±4.3 dB	1
(30 MHz – 1000 MHz)	±4.4 dB	1
(1 GHz – 6 GHz)	±3.5 dB	1
Electromagnetic field EMF		
	±18.6 %	1
Harmonic current emissions test		
	±2.3 %	1
Voltage fluctuation and flicker test		
	±5.2 %	1
Insertion loss test		
	±2.3 %	1
Radiated electromagnetic disturbance test (loop antenna)		
	±2.3 %	1
Radiated electromagnetic field immunity test		
	0.8 V/m at 3V/m	1
Pulse modulated radiated electromagnetic field immunity test		
	0.8 V/m at 3V/m	1
Injected currents immunity test		
	0.5 V at 3V	1
Bulk current		
	7.5 mA at 60 mA	1
Power frequency magnetic field immunity test		
	0.4 A/m at 3 A/m	1
Electrostatic discharge immunity test		
		2
Electrical fast transients / burst immunity test		
		2
Surge immunity test		
		2
Short interruption immunity test		
		2
Voltage transient emission test		
	±5 %	1
Transient immunity test		
		2

Notes

Note 1:

The expanded uncertainty reported according to EN55016-4-2(2004-10) is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor of k=2, providing a level of confidence of p = 95%

Note 2:

It has been demonstrated that the used test equipment meets the specified requirements in the standard with at least a 95% confidence, covering factor k = 2.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0368

8. Reference documents

Reference no.	Description
EN 55014-1:2006 + / A1:2009	Electromagnetic Compatibility - Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus. Part 1: Emission
EN 55014-2:1997 + / A1:2001 + / A2:2008	Electromagnetic Compatibility - Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus. Part 2: Immunity - Product family standard
EN 61000-3-2:2006 + / A1:2009 + / A2:2009	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3: Limits - Section 2: Limits for harmonic current emissions (equipment input current up to and including 16 A per phase)
EN 61000-3-3:2008	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-3: Limits - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current \leq 16 A per phase and not subject to conditional connection
EN 61000-4-2:2009	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 2: Electrostatic discharge immunity test
EN 61000-4-3:2006 + / A1:2008	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 3: Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test
EN 61000-4-4:2004	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test
EN 61000-4-5:2006	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 5: Surge immunity test
EN 61000-4-6:2009	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields
EN 61000-4-11:2004	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 11: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests
Internal Procedure PM001 rev. 2.0 (Quality Manual)	Measure procedure
Internal procedure INC M rev. 8.0 (Quality Manual)	Measurement uncertainty calculation



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

9. Deviation from test specification

In agreement with the client, emission tests were performed with peak detector .

At the frequencies where the measures exceed the limit or within 6 dB from it, the test was repeated with quasi-peak detector and/or average detector.

10. Test case verdicts

Test case does not apply to the test object..... : N.A.

Test item does meet the requirement..... : Complies

Test item does not meet the requirement..... : Does not comply

Test not performed : N.E.

11. Results

In this clause tests results are reported.

The evaluation of EUT performance during immunity test has been performed by members of CMC staff.

Measurement uncertainty is in accordance with document CMC INC_M rev. 8.0.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

11.1 Continuous disturbance voltage test (150 kHz – 30 MHz)

Test set-up and execution

- EN 55014-1 cl. 5, 7
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report

Test configuration and test method

Test site:
Shielded chamber (CMC A001)

Auxiliary equipment:
See clause 4 of this test report

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test equipment used

CMC S001, CMC S009, CMC S010
Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

Test specification

Frequency range: 150 kHz – 30 MHz
Port: Mains terminal
 Load terminals and additional terminals

Acceptance limits

Frequency range (MHz)	Limits for household and similar appliances			
	At mains terminal		At load terminals and at additional terminals	
	aB(μV) Quasi-peak	aB(μV) Average	aB(μV) Quasi-peak	aB(μV) Average
0,15 to 0,50	66 to 56	59 to 46	80	70
0,50 to 5	56	46	74	64
5 to 30	60	50	74	64

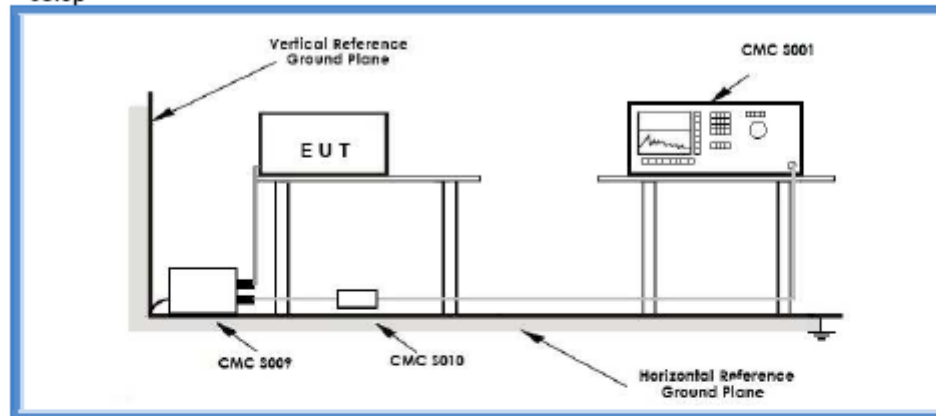


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0368

Setup



Result

Line	Graphs	Remarks	Result
N	G10148103	--	Complies
L1	G10148104	--	Complies
Remarks: --			

Graphs Legend

PK: Peak; QP [1s] (quasi-peak at 1 second) values are marked with a X
AV: Average; AV [1s] (average at 1 second) values are marked with a +



CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell'Electronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)

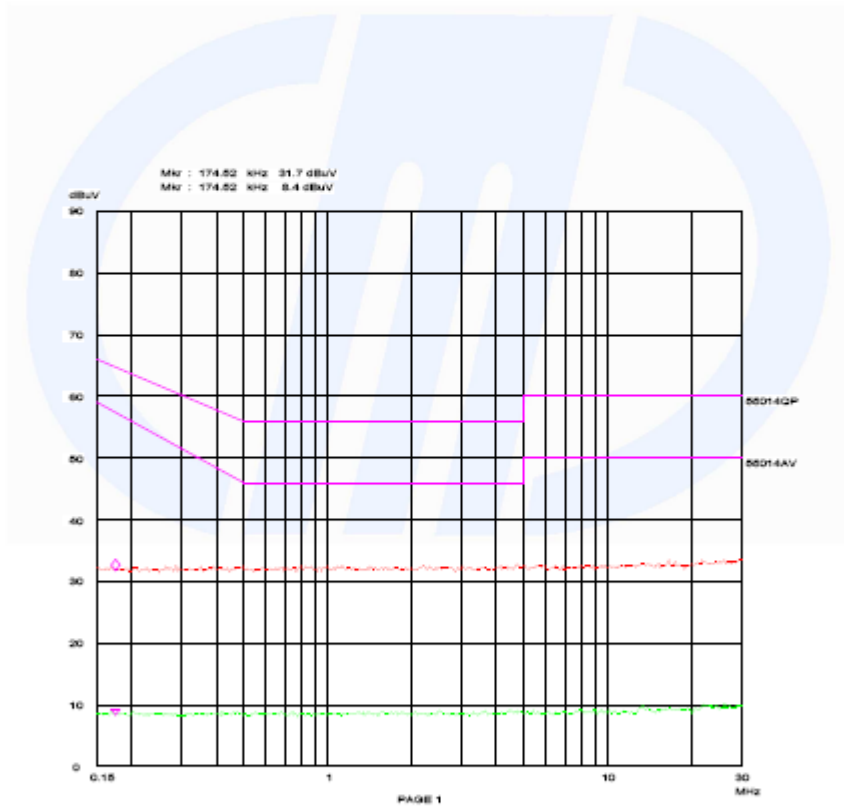


LAB N° 0168

Graphs

CMC Centro misure compatibilita srl
 Emission 0.15-30MHz

Op Cond: In funzione
 Operator: Panz. 10148103
 Test Spec: Line N



CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)

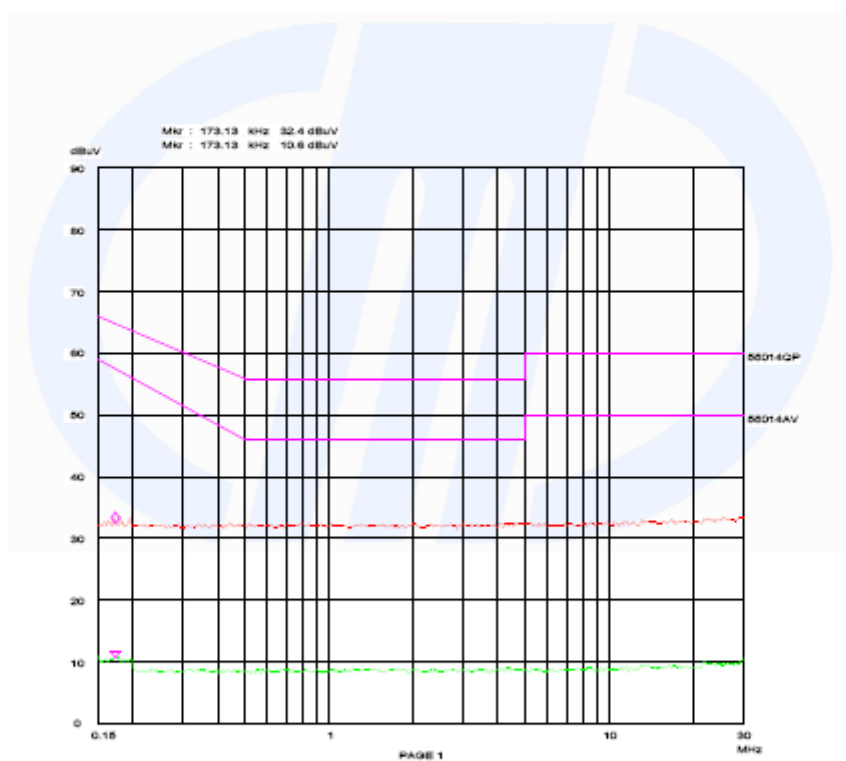


LAB N° 0168

CMC Centro misure compatibilita srl

Emission 0.15-30MHz

Op Cond: In funzione
Operator: Panz. 10148104
Test Spec: Line L



Result: The requirements are met



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

11.2 Disturbance power test (30 – 300 MHz)

Test set-up and execution

- EN 55014-1 cl. 6 , 7
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report

Test configuration and test method

Test site:
Semi-anechoic chamber (CMC A007)

Auxiliary equipment:
See clause 4 of this test report

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test equipment used

CMC S012, CMC S164, CMC A008
Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

Test specification

Frequency range: 30 MHz – 300 MHz
Port: Mains terminal
 Auxiliary lead

Acceptance limits

<i>Limits for household and similar appliances</i>		
<i>Frequency range (MHz)</i>	<i>dB(pW) Quasi-peak</i>	<i>dB(pW) Average</i>
30 to 300	45 to 55	35 to 45

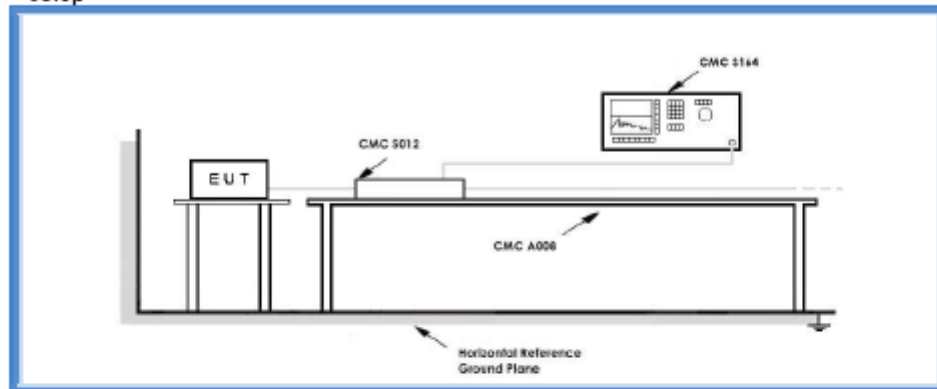


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0100

Setup



Result

Card	Graphs	Remarks	Result
Mains lead	G10148105	--	Complies
Remarks: --			

Graphs Legend

PK: Peak; QP [1s] (quasi-peak at 1 second) values are marked with a +
AV: Average; AV [1s] (average at 1 second) values are marked with a X



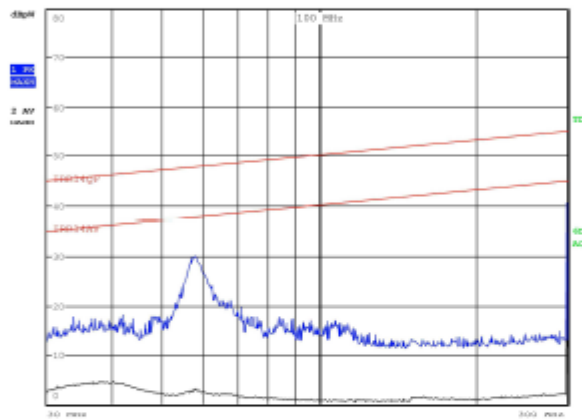
CMC
 Centro Misure Compatibilità S.r.l.
 Via dell'Electronica, 12/C
 36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Graphs

Meas Type Emission 30-300MHz
Equipment under Test
Manufacturer
OP Condition In funzione
Operator Panozzo 10148105
Test Spec
 Aim. AC



Final Measurement

Meas Time: 1 s
 Margin: 6 dB
 Peaks: 0

Result: The requirements are met

CMC Centro Misure Compatibilità S.r.l.



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

11.3 Harmonic current emissions test

Test set-up and execution

- EN 61000-3-2 cl. 6-7 - annexes A / C
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report

Test configuration and test method

Test site:
Test table "Harmonic current"

Auxiliary equipment:
See clause 4 of this test report

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test equipment used

CMC S143, CMC S155
Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

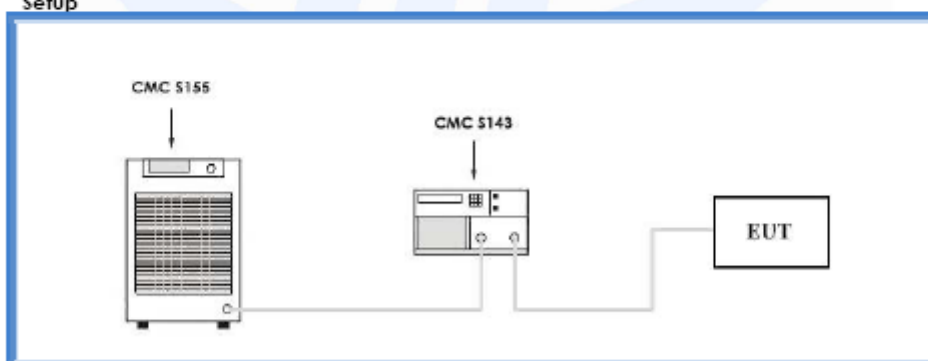
Test specification

Port: AC mains ;
Frequency range: 0 – 2 kHz
Class: A

Acceptance limits

See table result

Setup





CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0108

Result

Test Observation Time: 150s

Average harmonic current results				
Hn	Ieff [A]	Ieff [%]	Limit [A]	Result
1	2.487			
2	9.183E-3	0,9	1,08	PASS
3	6.852E-3	0,3	2,30	PASS
4	3.238E-3	0,8	4,30E-01	PASS
5	1.973E-3	0,2	1,14	PASS
6	1.302E-3	0,4	3,00E-01	PASS
7	1.210E-3	0,2	7,70E-01	PASS
8	1.075E-3	0,5	2,30E-01	PASS
9	813.300E-6	0,2	4,00E-01	PASS
10	728.184E-6	0,4	1,84E-01	PASS
11	721.002E-6	0,2	3,30E-01	PASS
12	592.544E-6	0,4	1,53E-01	PASS
13	519.081E-6	0,2	2,10E-01	PASS
14	807.688E-6	0,5	1,31E-01	PASS
15	478.919E-6	0,3	1,50E-01	PASS
16	459.431E-6	0,4	1,15E-01	PASS
17	426.684E-6	0,3	1,32E-01	PASS
18	436.603E-6	0,4	1,02E-01	PASS
19	502.638E-6	0,4	1,18E-01	PASS
20	378.628E-6	0,4	9,20E-02	PASS
21	380.485E-6	0,4	1,07E-01	PASS
22	368.375E-6	0,4	8,36E-02	PASS
23	438.259E-6	0,4	9,78E-02	PASS
24	355.784E-6	0,5	7,67E-02	PASS
25	350.688E-6	0,4	9,00E-02	PASS
26	358.517E-6	0,5	7,08E-02	PASS
27	344.235E-6	0,4	8,33E-02	PASS
28	389.450E-6	0,6	6,57E-02	PASS
29	343.800E-6	0,4	7,76E-02	PASS
30	329.670E-6	0,5	6,13E-02	PASS
31	318.818E-6	0,4	7,26E-02	PASS
32	362.695E-6	0,6	5,75E-02	PASS
33	344.339E-6	0,5	6,82E-02	PASS
34	318.556E-6	0,6	5,41E-02	PASS
35	317.325E-6	0,5	6,43E-02	PASS
36	311.624E-6	0,6	5,11E-02	PASS
37	346.475E-6	0,6	6,06E-02	PASS
38	317.799E-6	0,7	4,84E-02	PASS
39	304.645E-6	0,5	5,77E-02	PASS
40	311.295E-6	0,7	4,80E-02	PASS

Maximum harmonic current results				
Hn	Ieff [A]	Ieff [%]	Limit [A]	Result
1	2.667			
2	55.126E-3	3,4	1,62	PASS
3	28.205E-3	0,8	3,45	PASS
4	19.166E-3	3,0	6,45E-01	PASS
5	15.685E-3	0,9	1,71	PASS
6	11.651E-3	2,6	4,50E-01	PASS
7	10.028E-3	0,9	1,16	PASS
8	9.719E-3	2,8	3,45E-01	PASS
9	7.696E-3	1,3	6,00E-01	PASS
10	6.920E-3	2,5	2,76E-01	PASS
11	8.855E-3	1,4	4,95E-01	PASS
12	5.681E-3	2,5	2,30E-01	PASS
13	5.641E-3	1,8	3,15E-01	PASS
14	5.089E-3	2,6	1,97E-01	PASS
15	4.519E-3	2,1	2,25E-01	PASS
16	4.793E-3	2,8	1,73E-01	PASS
17	4.118E-3	2,1	1,90E-01	PASS
18	3.859E-3	2,5	1,53E-01	PASS
19	4.087E-3	2,3	1,78E-01	PASS
20	3.523E-3	2,6	1,38E-01	PASS
21	3.518E-3	2,2	1,61E-01	PASS
22	3.322E-3	2,6	1,25E-01	PASS
23	3.132E-3	2,1	1,47E-01	PASS
24	3.272E-3	2,8	1,15E-01	PASS
25	2.850E-3	2,1	1,35E-01	PASS
26	2.791E-3	2,6	1,06E-01	PASS
27	2.983E-3	2,4	1,25E-01	PASS
28	2.630E-3	2,7	9,88E-02	PASS
29	2.616E-3	2,2	1,16E-01	PASS
30	2.577E-3	2,8	9,20E-02	PASS
31	2.385E-3	2,2	1,09E-01	PASS
32	2.573E-3	3,0	8,63E-02	PASS
33	2.343E-3	2,3	1,02E-01	PASS
34	2.232E-3	2,7	8,12E-02	PASS
35	2.404E-3	2,5	9,84E-02	PASS
36	2.172E-3	2,8	7,67E-02	PASS
37	2.177E-3	2,4	9,12E-02	PASS
38	2.187E-3	3,0	7,26E-02	PASS
39	2.082E-3	2,4	8,65E-02	PASS
40	2.172E-3	3,1	6,90E-02	PASS

Result: The requirements are met



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

11.4 Voltage fluctuations and flicker test (50 Hz)

Test set-up and execution

- EN 61000-3-3 cl. 6 - annex A
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report

Test configuration and test method

Test site:
Test table "Voltage fluctuations and flicker"

Auxiliary equipment:
See clause 4 of this test report

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test equipment used

CMC S143, CMC S155, CMC S158
Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

Test specification

Port: AC mains ;
Frequency range: 50 Hz

Acceptance limits

Pst	Pit	dc	dmax	d(t)
<1	N.A.	< 3,3% Unom	< 4% Unom	Not > 3,3% for more than 500ms

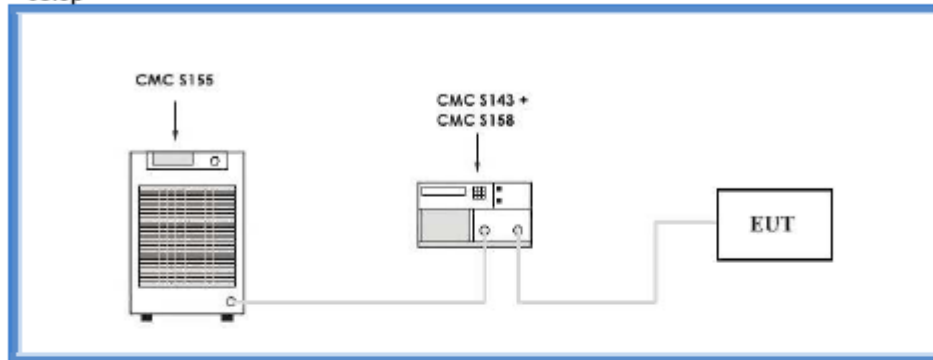


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Setup



Result

	EUT values	Limit	Result
Pst	0.274	1.00	PASS
dc [%]	0.587	3.30	PASS
dmax [%]	0.742	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Remarks: 1 toast per minute

Result: The requirements are met



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

11.5 Electrostatic discharge immunity test

Test set-up and execution

- EN 61000-4-2 cl. 7-8
- EN 55014-2 subcl. 5.1
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test specification

Port	Discharge method	Level (kV)	Repetition
Enclosure	Air	8	Single hit
Enclosure	Contact	4	10

Environmental conditions

Temperature (°C)	Atmospheric pressure (kPa)	Relative humidity (%)
19	100	60

Acceptance limits

Criterion B (See clause 4 of this test report)

Test configuration and test method

Test site:
Test table "Electrostatic discharge"

Auxiliary equipment:
See clause 4 of this test report

Test equipment used

CMC S163, CMC S086, CMC S087
Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

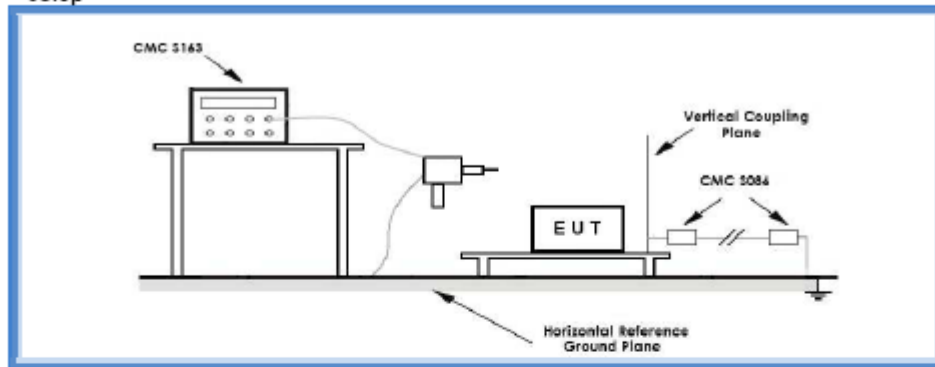


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0308

Setup



Result

Discharge	Position	Result		Remarks
		+ polarity	- polarity	
Contact Direct ESD (4 kV)	Enclosure	A	A	--
Contact Indirect ESD (4 kV)	Vertical coupling plane	A	A	--
Remarks: --				

Result: The requirements are met



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

11.6 Electrical Fast Transients / Burst immunity test

Test set-up and execution

- EN 61000-4-4 cl. 7-8
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report

Test configuration and test method

Test site:
Test table "Electrical Fast Transients / Burst"

Auxiliary equipment:
See clause 4 of this test report

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test equipment used

CMC S161, CMC S018
Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

Test specification

	Level	T_r/T_d	Frequency	Time
<input type="checkbox"/> Signal and control lines (EN 55014-2 subcl. 5.2 tab 2)	0,5 kV (peak)	5/50 ns	5 kHz	2 min.
<input type="checkbox"/> Input and Output DC power ports (EN 55014-2 subcl. 5.2 tab 3)	0,5 kV (peak)	5/50 ns	5 kHz	2 min.
<input checked="" type="checkbox"/> Input and Output AC power ports (EN 55014-2 subcl. 5.2 tab 4)	1 kV (peak)	5/50 ns	5 kHz	2 min.

Environmental conditions

Temperature (°C)	Atmospheric pressure (kPa)	Relative humidity (%)
19	100	60

Acceptance limits	Criterion B (See clause 4 of this test report)

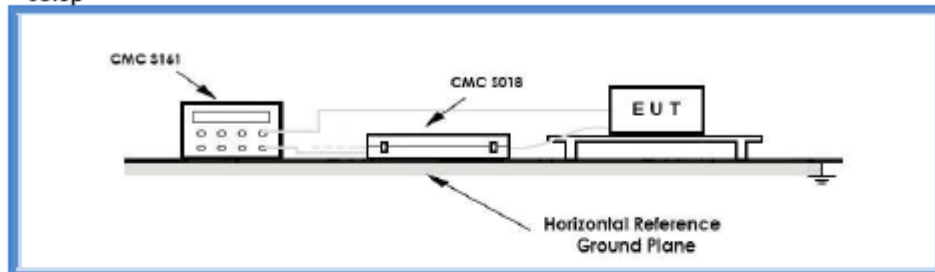


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Setup



Result

Line	Level (kV)	Result Polarity		Remarks
		Positive	Negative	
N	1	A	A	--
L1	1	A	A	--
N+L1	1	A	A	--
PE	1	A	A	--
L1+PE	1	A	A	--
N+PE	1	A	A	--
N+L1+PE	1	A	A	--
Remarks: --				

Result: The requirements are met



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0108

11.7 Surge immunity test

Test set-up and execution

- EN 61000-4-5 cl. 7-8
- EN 55014-2 subcl. 5.6 tab.12
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test specification

Port	Level	Pulse	Phase
AC mains	2 kV (L1/I2-PE) 1 kV (L1-L2)	1,2/50 (8/20) T _r /T _d μs	0°-90°-180°-270°

Environmental conditions

Temperature (°C)	Atmospheric pressure (kPa)	Relative humidity (%)
19	100	60

Acceptance limits	Criterion B (See clause 4 of this test report)
-------------------	--

Test configuration and test method

Test site:
Test table "Surge / Dips"

Auxiliary equipment:
See clause 4 of this test report

Test equipment used

CMC S032
Measurement uncertainty: See clause 7 of this test report

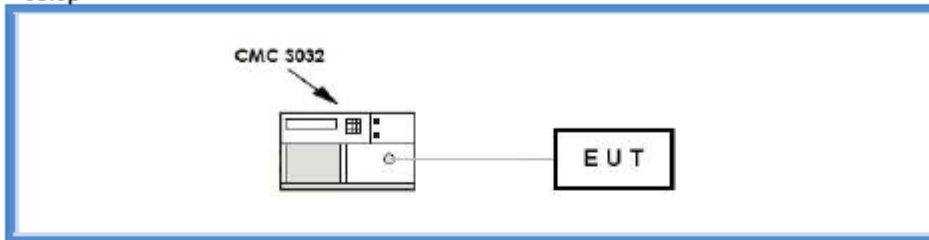


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0100

Setup



Result

Line	Level (kV)	Phase	Result Polarity		Remarks
			+	-	
L1 - L2	1	0°	A	A	--
		90°	A	A	--
		180°	A	A	--
		270°	A	A	--
L1 - PE	2	0°	A	A	--
		90°	A	A	--
		180°	A	A	--
		270°	A	A	--
L2 - PE	2	0°	A	A	--
		90°	A	A	--
		180°	A	A	--
		270°	A	A	--
Remarks: --					

Result: The requirements are met



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

11.8 Injected currents immunity test

Test set-up and execution

- EN 61000-4-6 cl. 7-8
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test specification

150 Ω source impedance; step: 1%; actuation time: 3 s; Modulation: 80% AM 1 KHz:

	Level	Frequency range
<input type="checkbox"/> Signal and control lines (EN 55014-2 subcl. 5.3 tab 5)	1 V r.m.s. (unmodulated)	150 kHz- 230 MHz
<input type="checkbox"/> Input and Output DC power ports (EN 55014-2 subcl. 5.3 tab 6)	1 V r.m.s. (unmodulated)	150 kHz- 230 MHz
<input checked="" type="checkbox"/> Input and Output AC power ports (EN 55014-2 subcl. 5.3 tab 7)	3 V r.m.s. (unmodulated)	150 kHz- 230 MHz

Environmental conditions

Temperature (°C)	Atmospheric pressure (kPa)	Relative humidity (%)
19	100	60

Acceptance limits

Criterion A. (See clause 4 of this test report)

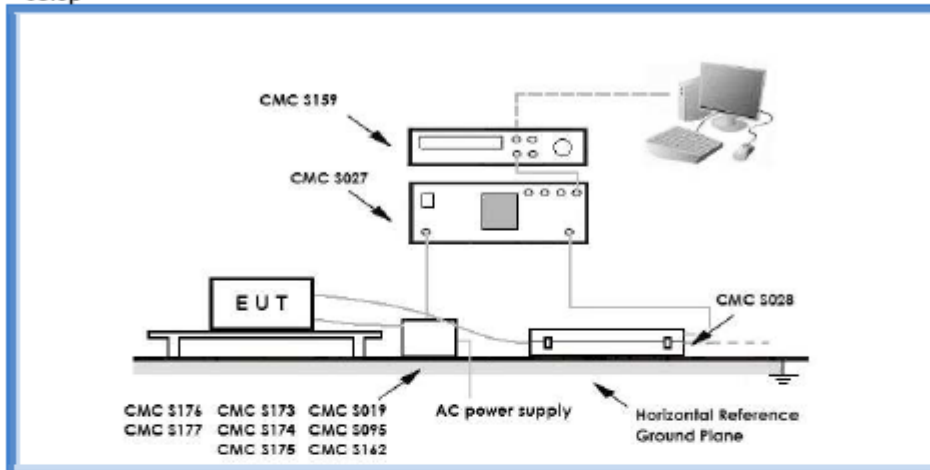


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Setup



Result

Port	V	Result	Remarks
AC mains	3	A	--
Remarks:	--		

Result: The requirements are met



CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell' Elettronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

11.9 Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity test

Test set-up and execution

- EN 61000-4-11 cl. 7-8
- EN 55014-2 subcl. 5.7 tab. 13
- Internal procedure PM001
- See clause 4 of this test report

EUT exercising

See clause 4 of this test report

Test specification

Port: AC mains; phase: 0°-180°

Level	0%	40%	70%
Duration	0.5 periods	10 periods	50 periods

Port: AC mains; phase: 0°-180°

Level	Duration
0%	0.5 cycle
40%	10 cycle for frequency 50 Hz 12 cycle for frequency 60 Hz
70%	25 cycle for frequency 50 Hz 30 cycle for frequency 60 Hz

Environmental conditions

Temperature (°C)	Atmospheric pressure (kPa)	Relative humidity (%)
19	100	60

Acceptance limits

Criterion C (See clause 4 of this test report)

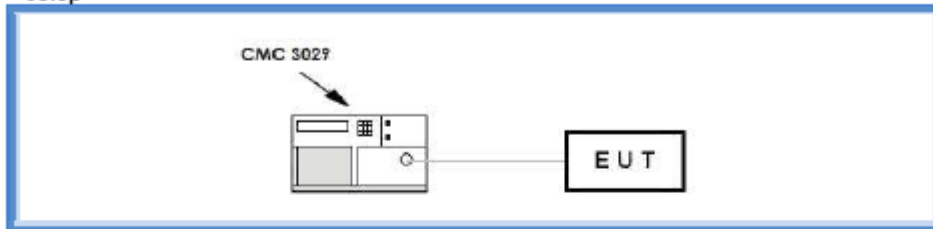


CMC
Centro Misure Compatibilità S.r.l.
Via dell'Electronica, 12/C
36016 Thiene (VI)



LAB N° 0168

Setup



Result

Level	Phase	Duration (periods)	Remarks	Acceptance limits	Result
0% open	0°	0,5	--	C	A
0% open	180°	0,5	Switching OFF of defrost or reheat led	C	C
0% short	0°	0,5	--	C	A
0% short	180°	0,5	Switching OFF of defrost or reheat led	C	C
40%	0°	10	Switching OFF of defrost or reheat led	C	C
40%	180°	10	Switching OFF of defrost or reheat led	C	C
70%	0°	25	Switching OFF of defrost or reheat led	C	C
70%	180°	25	Switching OFF of defrost or reheat led	C	C
Remarks: --					

Result: The requirements are met

Conclusioni

L'esperienza svolta presso l'azienda CMC è stata positiva in quanto ha permesso di capire le difficoltà che un nuovo prodotto deve superare per ricevere la marcatura CE e quindi di essere immesso nel mercato della Comunità Europea.

Si può facilmente intuire che il tempo richiesto per eseguire tutte le prove previste dalle norme applicate al prodotto sotto test è piuttosto consistente, oltre a richiedere una strumentazione di prestazioni elevate e quindi costosa.

Per l'esecuzione delle prove su un prodotto, normalmente si usa come unità di misura temporale una giornata lavorativa e spesso non è sufficiente una sola giornata per eseguire tutte le prove necessarie.

Lo scopo di questi laboratori è solamente quello di verificare se un prodotto soddisfa o meno quanto stabilito dalle norme. Se in qualche caso, che per altro si verifica con notevole frequenza, alcuni parametri non rispettano i criteri di accettazione delle norme, il laboratorio non è teoricamente tenuto a trovare quali sono i motivi di questa situazione non conforme ed indicare gli accorgimenti da adottare per rientrare nei limiti stabiliti. Il costruttore dovrebbe quindi provvedere ad introdurre qualche modifica al suo prodotto, e sottoporlo nuovamente alle prove di certificazione, con conseguente aumento dei costi, oltre ad un consistente dispendio di tempo dovuto anche ad un non trascurabile tempo di attesa per accedere al laboratorio.

Si può affermare quindi che la stesura di norme di compatibilità uniformi per la comunità e l'obbligo di rispettarle da parte delle aziende, ha chiaramente allungato i tempi e incrementato i costi sostenuti per arrivare ad immettere sul mercato il prodotto, ma ha reso possibile un fatto di grande importanza: la tutela della nostra salute e l'aumento dei vantaggi per chi compera, vista la maggior garanzia di acquistare prodotti di migliore qualità.

