



SISTEMA NAZIONALE PER L'ACCREDITAMENTO DI LABORATORI

DT-0004

**LINEE-GUIDA
PER LA TARATURA DI STRUMENTI NEL SETTORE
DELLA COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA E DEI
CAMPI ELETTROMAGNETICI AMBIENTALI**

Sommario

Per le misurazioni nel settore della compatibilità elettromagnetica (EMC) e dei campi elettromagnetici ambientali viene sovente usata strumentazione per la quale non è agevole trovare centri di taratura accreditati. Inoltre, nel settore in questione sono talvolta necessarie anche verifiche delle postazioni di prova. Lo scopo di questo documento è di fornire una guida ai laboratori interessati ad un accreditamento nel settore delle prove EMC e della misura dei campi elettromagnetici ambientali, relativamente alle procedure per la taratura, il controllo e la verifica degli strumenti utilizzati. Esso fornisce inoltre indicazioni pratiche sui casi nei quali è ammissibile la taratura interna e su quelli nei quali è raccomandata la taratura presso centri SIT, sui parametri degli strumenti che devono essere verificati e sull'intervallo di taratura raccomandato.

INDICE

	<u>pagina</u>
SOMMARIO	1
1 INTRODUZIONE	4
2 TERMINOLOGIA	5
2.1 CONFERMA METROLOGICA	5
2.2 TARATURA	5
2.3 VERIFICA DI TARATURA	5
2.4 VERIFICA DELLA POSTAZIONE DI PROVA	6
2.5 REGOLAZIONE	6
3 MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE TARATURE, DELLE VERIFICHE DI TARATURA, DELLE VERIFICHE DELLE POSTAZIONI DI PROVA	7
3.1 TARATURA	7
3.2 VERIFICA DI TARATURA	9
3.3 VERIFICA DELLA POSTAZIONE DI PROVA	9
4 GUIDA OPERATIVA	10
4.1 CLASSIFICAZIONE DEGLI STRUMENTI.....	10
4.2 STRUMENTI DI CATEGORIA 1	10
4.2.1 Ricevitori per misure EMC	10
4.2.2 Analizzatori di spettro	11
4.2.3 Analizzatori di disturbi (clickmetri)	11
4.2.4 Strumenti per la misura di armoniche.....	11
4.2.5 Strumenti per la misura dei flicker	12
4.3 STRUMENTI DI CATEGORIA 2	12
4.3.1 Generatori di segnali sinusoidali	12
4.3.2 Amplificatori a radiofrequenza.....	12
4.3.3 Generatori di scariche elettrostatiche (ESD)	13
4.3.4 Generatori di transitori veloci (Fast transient / Burst).....	13
4.3.5 Generatori di impulsi da sovratensione (Surge).....	14
4.3.6 Generatori di buchi di tensione, brevi interruzioni e variazioni di tensione.....	14
4.3.7 Generatori di transitori lungo le linee di alimentazione.....	15
4.3.8 Generatori di corrente (frequenza di rete).....	16
4.3.9 Bobine di induzione (frequenza di rete)	16
4.3.10 Generatori di corrente impulsiva	16
4.3.11 Generatori di corrente sinusoidale smorzata	17
4.3.12 Bobine di induzione (alta frequenza)	17
4.3.13 Oscilloscopi.....	17
4.3.14 Misuratori di potenza	18
4.4 STRUMENTI DI CATEGORIA 3	18
4.4.1 Reti artificiali	18
4.4.2 Reti artificiali asimmetriche.....	19
4.4.3 Sonde di tensione	19
4.4.4 Pinze assorbenti	19
4.4.5 Sonde di corrente	19
4.4.6 Antenne lineari (del tipo a dipolo).....	20
4.4.7 Antenne a stilo.....	21
4.4.8 Antenne a telaio	21
4.4.9 Reti di accoppiamento / disaccoppiamento (CDN)	21
4.4.10 Sensori e misuratori di campo elettromagnetico.....	21

4.4.11	<i>Attenuatori, cavi coassiali e guide d'onda</i>	22
4.4.12	<i>Accoppiatori direzionali</i>	22
4.5	STRUMENTI DI CATEGORIA 4.....	23
4.5.1	<i>Siti per misure di emissione</i>	23
4.5.2	<i>Camere anecoiche per misure di immunità</i>	23
4.5.3	<i>Voltmetri, multimetri, impedenzimetri</i>	23
4.5.4	<i>Analizzatori di rete</i>	23
4.6	STRUMENTI DI CATEGORIA 5.....	24
4.6.1	<i>Ricevitori e analizzatori di spettro</i>	24
4.6.2	<i>Antenne</i>	25
4.6.3	<i>Sensori e misuratori di campo elettromagnetico</i>	25
4.6.4	<i>Sensori e misuratori di campo elettrico a bassa frequenza</i>	26
4.6.5	<i>Sensori e misuratori di campo magnetico a bassa frequenza</i>	26
4.6.6	<i>Attenuatori e cavi coassiali</i>	27
5	BIBLIOGRAFIA	28
6	ORGANISMI DI ACCREDITAMENTO EQUIVALENTI AL SIT	30

1 INTRODUZIONE

Per molti tipi di apparecchiature utilizzate nelle misure di compatibilità elettromagnetica (EMC) e di campi elettromagnetici ambientali non è immediata l'applicazione del concetto di taratura e, sovente, non è agevole trovare centri in grado di effettuare tarature accreditate. Questo documento nasce pertanto come strumento di aiuto e guida a fronte della eterogenea situazione relativa alla gestione delle tarature da parte dei laboratori accreditati per prove in questi settori e dei relativi criteri di giudizio applicati dagli ispettori degli organismi di accreditamento, in assenza di riferimenti normativi internazionali.

Il documento prende in esame la strumentazione utilizzata per prove EMC e per la misura di campi elettromagnetici ambientali, fornendo indicazioni pratiche relativamente a:

- casi nei quali è ammissibile o consigliata la taratura interna e casi nei quali è raccomandata la taratura esterna presso i centri SIT o equivalenti;
- grandezze e parametri degli strumenti che devono essere verificati;
- intervallo di taratura raccomandato.

E' importante sottolineare che, quando si rivolge ad enti esterni al fine di ottimizzare i costi e le prestazioni dei servizi richiesti, il Laboratorio deve rimanere ampiamente coinvolto nel processo di taratura specificando chiaramente le grandezze che intende tarare, i campi di misura di ciascuna grandezza ed i limiti di accettabilità dei risultati della taratura, in funzione delle esigenze di utilizzo. Deve inoltre valutare le incertezze di misura che l'ente esterno può offrire poiché queste ultime possono avere un impatto notevole sulla incertezza di misura che il Laboratorio dichiara.

La valutazione dell'incertezza associata alle misure è argomento trattato in documenti specifici [1] [2], o nelle stesse norme che descrivono le prove.

Nel presente documento si prendono in considerazione le principali prove EMC tralasciando altre prove normate per le quali le tarature possono comunque sempre essere eseguite seguendo le indicazioni fornite da questo documento.

E' opportuno sottolineare che il documento è inevitabilmente incompleto non potendo coprire tutta la vasta e crescente gamma di strumenti per misure EMC. Esso dovrà quindi essere periodicamente integrato ed aggiornato.

2 TERMINOLOGIA

Nel presente documento si utilizza la seguente terminologia:

2.1 Conferma metrologica

Insieme di operazioni richieste per assicurare che un'apparecchiatura per misurazione sia conforme ai requisiti relativi all'utilizzo previsto.

NOTA 1 La conferma metrologica comprende: la taratura, la verifica di taratura, la verifica del rispetto dei requisiti metrologici relativi all'utilizzo previsto (verifica di corretto funzionamento o idoneità all'uso), la regolazione, la riparazione e conseguente nuova taratura, eventuale etichettatura o marcatura pertinente.

NOTA 2 La conferma metrologica implica l'elaborazione di adeguata documentazione che fornisca l'evidenza oggettiva del rispetto, da parte dell'apparecchiatura per misurazione, dei requisiti pertinenti ai fini dell'utilizzo previsto.

NOTA 3 I requisiti relativi all'utilizzo previsto implicano generalmente un insieme di caratteristiche metrologiche quali, per esempio: massimo errore ammesso (MPE), campo di misura, risoluzione, etc.

2.2 Taratura

Operazione eseguita in condizioni specificate che stabilisce una relazione tra i valori della grandezza, con le rispettive incertezze di misura, forniti da campioni di misura, e le corrispondenti indicazioni di uno strumento di misura, comprensive delle incertezze di misura associate.

NOTA 1 Una taratura può essere espressa mediante una dichiarazione, una funzione di taratura, un diagramma di taratura, una curva di taratura, o una tabella di taratura. In alcuni casi essa può consistere in una correzione additiva o moltiplicativa, accompagnata dall'incertezza di misura associata.

NOTA 2 La taratura non dovrebbe essere confusa con la regolazione di un sistema di misura, che in alcuni settori è spesso chiamata erroneamente «auto-taratura», e neppure con la verifica dello stato di taratura.

NOTA 3 Nella terza edizione del Vocabolario Internazionale di Metrologia (ISO/IEC Guide 99:2007 (VIM), adottata a livello nazionale come UNI CEI 70099:2008) la taratura, oltre a quanto sopra specificato prevede, in una seconda fase, l'utilizzo delle informazioni per stabilire una relazione che consente di ottenere un risultato di misura a partire da una indicazione.

2.3 Verifica di taratura

Operazione mediante la quale si verifica se le indicazioni fornite da un dispositivo per misurazione, in corrispondenza di una serie assegnata di valori misurati noti, sono contenuti entro un diagramma di taratura preassegnato.

NOTA 1 La verifica di taratura viene effettuata per mantenere la fiducia nello stato di taratura dell'apparecchiatura, come previsto al paragrafo 5.5.10 della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

NOTA 2 Per "valore misurato" si deve intendere un valore della grandezza che rappresenta il risultato di misura.

NOTA 3 Per "diagramma di taratura" si deve intendere l'espressione grafica della relazione tra l'indicazione ed il corrispondente risultato di misura, ovverosia la striscia di piano nello spazio (indicazione; risultato di misura) che rappresenta la relazione tra la stessa indicazione e l'insieme dei valori misurati di una grandezza. È evidente che ad una indicazione corrispondano più valori misurati e che l'ampiezza della striscia, per una data indicazione, sia generalmente associata all'incertezza strumentale.

2.4 Verifica della postazione di prova

Insieme di operazioni che consistono nel controllare il corretto funzionamento della postazione di prova in accordo con quanto prescritto dalle procedure interne o dalle norme di riferimento (p. es. CEI EN 61000-4-3, CEI EN 61000-4-6, CEI EN 55022).

2.5 Regolazione

Insieme di operazioni compiute su un dispositivo per misurazione per imporgli di fornire determinate indicazioni in corrispondenza di specifici valori del misurando.

NOTA Le operazioni di regolazione vengono generalmente condotte prima dell'esecuzione delle prove e non sono sostitutive delle tarature o delle verifiche di taratura.

Esempio L'operazione eseguita sui ricevitori o gli analizzatori di spettro quando, dopo un opportuno periodo di stabilizzazione termica, si attiva su di essi la funzione (ad esempio, "autocal") che allinea la risposta dei circuiti dello strumento in modo che l'indicazione fornita coincida con i valori prefissati dei segnali di riferimento interni.

3 MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE TARATURE, DELLE VERIFICHE DI TARATURA, DELLE VERIFICHE DELLE POSTAZIONI DI PROVA

3.1 Taratura

La taratura delle apparecchiature di misura deve essere effettuata in modo da garantirne l'idoneità in relazione all'uso previsto.

Nel caso degli strumenti di misura utilizzati per la compatibilità elettromagnetica i parametri da tarare e le tolleranze o le incertezze prescritte sono generalmente specificate dalla normativa di riferimento.

Per gli strumenti di impiego generico, quali ad esempio gli oscilloscopi o gli amplificatori, le esigenze della taratura devono essere specificate dall'utilizzatore dello strumento, in relazione agli utilizzi previsti. Se un oscilloscopio viene utilizzato per la taratura di un generatore di disturbi impulsivi, dovrà essere verificata la risposta all'impulso, mentre per un impiego generico può essere sufficiente una verifica di conformità alle specifiche dichiarate dal costruttore, eventualmente limitata alle scale normalmente utilizzate.

In ogni caso, per un'efficace gestione delle attività connesse alla taratura, è necessario operare come indicato di seguito.

- 1) Definire i parametri da tarare ed i criteri di accettabilità dei risultati della taratura, in funzione dell'utilizzo cui è destinato lo strumento. E' opportuno definire a priori anche le azioni da intraprendere in caso di risultati non accettabili (introduzione di fattori di correzione, riparazione o sostituzione dello strumento, ecc.).
- 2) Comunicare al centro di taratura i parametri che devono essere tarati e le eventuali norme di riferimento.
- 3) Al rientro dello strumento verificare che i risultati riportati nel certificato di taratura siano contenuti entro i limiti di accettabilità prefissati. Il controllo di rispondenza può essere eseguito con l'ausilio di una tabella comparativa con i valori prescritti ed i risultati ottenuti.

La verifica di rispondenza deve essere oggetto di registrazione e deve essere sottoscritta dalla persona responsabile dell'esecuzione del controllo. Può essere accettabile una firma di avvenuta verifica sul certificato di taratura. In caso di risultati non accettabili, prima di utilizzare lo strumento, devono essere intraprese le azioni previste dal Laboratorio.

La taratura può avvenire con tre modalità:

- a) presso un centro SIT, presso un Istituto Metrologico Primario (ad esempio INRIM, NPL, PTB, NIST) o presso il fabbricante dello strumento qualora disponga di un centro SIT accreditato per le relative grandezze;

- b) presso il Laboratorio stesso (taratura interna) con campioni di riferimento tarati presso un centro SIT. I campioni di riferimento sono usati esclusivamente per la taratura e non possono essere impiegati nelle normali operazioni di laboratorio;
- c) al fine di ridurre i rilevanti costi di taratura, come campioni di riferimento per le tarature interne possono anche essere usati strumenti normalmente installati nelle postazioni di prova del laboratorio, subito dopo che gli stessi siano stati sottoposti a taratura da parte di un centro SIT, prima che gli strumenti stessi siano reinserti nelle postazioni di prova e purché gli stessi presentino i requisiti richiesti (ad esempio, classe di accuratezza superiore a quella degli strumenti da verificare).

Nel caso delle tarature interne deve essere predisposta una procedura di taratura interna conforme al documento SIT 523 [3], contenente almeno i seguenti elementi:

- scopo
- riferimenti bibliografici
- apparecchiature impiegate
- descrizione delle operazioni di misura
- elaborazione dei dati
- valutazione dell'incertezza di taratura (si veda ad esempio il Doc. SIT 519 [4])
- i criteri di accettabilità dei risultati.

Le procedure di taratura interna sviluppate autonomamente dal laboratorio devono essere validate. La validazione deve fornire evidenza dell'adeguatezza del metodo adottato. Deve essere redatta una dichiarazione di validazione comprovante l'evidenza dell'idoneità del metodo (ISO/IEC 17025, punto 5.4.5). Se il metodo di misura utilizzato è "normalizzato" non è necessaria la validazione. Sono considerati metodi normalizzati quelli descritti in norme / guide nazionali e internazionali e pubblicazioni scientifiche (compresi libri di testo specialistici), o quelli sviluppati da istituti metrologici nazionali e laboratori di taratura accreditati in ambito EA.

Il SINAL potrà sottoporre le procedure interne di taratura all'esame di esperti del SIT per la verifica della rispondenza ai documenti suddetti.

Nota 1: Nella guida operativa (capitolo 4) verranno indicati dei casi particolari di strumenti la cui taratura è attualmente molto problematica a causa della mancanza di laboratori accreditati in ambito EA o comunque non in grado di soddisfare le esigenze per tutti i parametri e i campi di misura richiesti. In questi casi è consentito eseguire la taratura presso il costruttore dello strumento o un laboratorio di taratura purché essi utilizzino campioni di riferimento tarati e forniscano i valori di incertezza di misura.

Nota 2: Sono considerati equivalenti ai centri SIT i laboratori di taratura accreditati da organismi partecipanti all'accordo di mutuo riconoscimento con il SIT (vedere il capitolo 6).

Nota 3: I certificati relativi alle tarature effettuate presso centri SIT o equivalenti devono riportare il logo del SIT o dell'organismo equivalente. I certificati di taratura rilasciati dagli istituti metrologici primari non riportano il logo dell'organismo di accreditamento nazionale.

Questo documento suggerisce un intervallo di tempo massimo tra due tarature successive di uno strumento. Intervalli di taratura superiori dovrebbero essere giustificati dall'analisi della carta di controllo o delle variazioni dello stato di taratura dello strumento su un certo periodo di tempo e tenendo in debito conto eventuali cambiamenti nelle modalità di conservazione e di utilizzo dello strumento nel periodo di tempo considerato.

3.2 Verifica di taratura

La verifica di taratura può avvenire presso un centro SIT o un istituto metrologico primario oppure presso il fabbricante dello strumento o nel Laboratorio stesso purché si utilizzino strumenti tarati e procedure documentate. I risultati della verifica di taratura devono essere oggetto di registrazione.

3.3 Verifica della postazione di prova

La verifica della postazione di prova deve essere eseguita dal Laboratorio stesso utilizzando strumenti tarati.

4 GUIDA OPERATIVA

4.1 Classificazione degli strumenti

Gli strumenti di misura considerati in questo documento si possono suddividere nelle seguenti categorie:

- 1) strumenti di base per le misure di emissione, costituiti essenzialmente da ricevitori ed analizzatori di spettro;
- 2) strumenti di base per le misure di immunità e per la verifica delle forme d'onda dei segnali di prova, costituiti da generatori a radiofrequenza (RF), amplificatori, generatori di fenomeni impulsivi e oscilloscopi;
- 3) reti, sonde, cavi, accoppiatori e antenne ovvero tutti quei dispositivi necessari per prelevare il segnale da misurare nelle prove di emissione e per iniettare o irradiare il disturbo interferente nelle prove di immunità;
- 4) strumenti ausiliari: rientrano in questa categoria i siti di misura all'aperto (OATS), le camere semi-anecoiche (SAR), le camere completamente anecoiche (FAR), gli strumenti di uso non specifico per le prove EMC (es. voltmetri) nonché gli strumenti utilizzati come campioni di riferimento per le tarature interne e le verifiche delle postazioni di prova;
- 5) strumenti utilizzati per la misura dei campi elettromagnetici ambientali.

4.2 Strumenti di categoria 1

4.2.1 Ricevitori per misure EMC

Le caratteristiche elettriche dei ricevitori di misura sono descritte nella norma CISPR 16-1-1 [5]. In particolare essi devono essere tarati relativamente a:

- impedenza di ingresso (paragrafi 4.1, 5.1 e 6.1 della CISPR 16-1-1);
- accuratezza della risposta ai segnali sinusoidali e accuratezza degli attenuatori di ingresso (paragrafi 4.3, 5.3 e 6.3);
- accuratezza della risposta agli impulsi del rivelatore di quasi-picco (paragrafo 4.4) per frequenze fino a 1 GHz;
- accuratezza della risposta agli impulsi del rivelatore di picco (paragrafo 5.4) per frequenze fino a 1 GHz;
- accuratezza della risposta agli impulsi del rivelatore di valore medio (paragrafo 6.4) per frequenze fino a 1 GHz;
- larghezza di banda dei filtri a media frequenza (paragrafi 5.2.1 e 6.2.1).

La taratura dei ricevitori deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

La CISPR 16-1-1 descrive inoltre una serie di altre caratteristiche importanti ai fini di una corretta misurazione che, pur non essendo oggetto di taratura, devono essere verificate dal personale del Laboratorio e delle quali si deve dare evidenza nel processo di conferma metrologica dello strumento. Esse sono:

- selettività totale (paragrafo 4.5.1);
- rapporto di reiezione alla frequenza intermedia (paragrafo 4.5.2);
- rapporto di reiezione alla frequenza immagine (paragrafo 4.5.3);
- risposte spurie (paragrafo 4.5.4).

4.2.2 Analizzatori di spettro

La taratura degli analizzatori di spettro utilizzati come ricevitori per misure EMC deve essere eseguita come indicato al paragrafo 4.2.1 di questo documento.

4.2.3 Analizzatori di disturbi (clickmetri)

Gli analizzatori di disturbi (clickmetri) devono essere conformi a quanto previsto nel paragrafo 9.1 della CISPR 16-1-1 [5] e devono essere verificati in accordo a quanto contenuto nel paragrafo 9.2 della stessa norma.

La taratura consiste nel verificare la capacità dello strumento di identificare e classificare correttamente i disturbi intermittenti: essa viene eseguita applicando all'analizzatore almeno i segnali di prova indicati ai punti da n. 1 a n. 8 della Tabella 14 e da n. 1 a n. 6 della Tabella F.1 dell'Allegato F.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.2.4 Strumenti per la misura di armoniche

Le caratteristiche della strumentazione di misura sono definite nella norma EN 61000-4-7 [6]. In particolare si deve verificare l'errore massimo di misura dell'apparecchiatura per tutte le armoniche richieste mediante un generatore ed un misuratore tarati, in accordo con il paragrafo 5.3 della norma.

La taratura di questi strumenti deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento. E' consentita l'applicazione della Nota 1 dello stesso paragrafo.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.2.5 Strumenti per la misura dei flicker

Il flickermetro deve essere tarato secondo le indicazioni fornite nella norma EN 61000-4-15 [7] verificando in particolare la risposta dello strumento in accordo alle Tabelle 1, 2 e 5.

La taratura di questi strumenti deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento. E' consentita l'applicazione della Nota 1 dello stesso paragrafo.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.3 Strumenti di categoria 2

L'impiego di generatori di segnale sinusoidale, di amplificatori a radiofrequenza e di generatori di segnali impulsivi è previsto da numerose norme CENELEC e ISO che descrivono prove di immunità.

4.3.1 Generatori di segnali sinusoidali

Al fine di ottimizzare i costi della taratura il Laboratorio deve individuare, in funzione dell'effettivo impiego dello strumento, i campi di misura di ciascuna grandezza oggetto della taratura e gli adeguati livelli di incertezza.

I generatori di segnali a radiofrequenza devono essere tarati relativamente a:

- livello del segnale di uscita (andamento in frequenza e dinamica);
- frequenza;
- profondità di modulazione (modulazione di ampiezza);
- frequenza del segnale modulante.

Per i generatori utilizzati nelle prove del settore automobilistico (norme ISO) che prevedono l'uso di modulazione ad impulsi si devono verificare anche le caratteristiche di tale modulazione.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.3.2 Amplificatori a radiofrequenza

Gli amplificatori di potenza a radiofrequenza vengono impiegati nelle prove di immunità irradiata e condotta per amplificare il livello del segnale di disturbo.

La norma EN 61000-4-6 [8] indica le caratteristiche del generatore di prova che comprende (Fig. 3 della norma citata): generatore RF, amplificatore di potenza, filtri ed attenuatori. In particolare si deve verificare che il livello delle armoniche sia almeno 15 dB sotto il livello della fondamentale.

La norma EN 61000-4-3 [9] richiede che il livello delle armoniche sia almeno 6 dB sotto il livello della fondamentale. Durante la verifica del livello di campo il Laboratorio dovrà inoltre controllare che l'amplificatore non sia in saturazione, come descritto nel punto j) del paragrafo 6.2.1 e nel punto m) del paragrafo 6.2.2 della norma di riferimento.

La verifica deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.3 di questo documento.

4.3.3 Generatori di scariche elettrostatiche (ESD)

Le caratteristiche richieste al generatore di scariche elettrostatiche sono descritte nel paragrafo 6.1 della norma EN 61000-4-2 [10] e le modalità per la loro verifica sono riportate nel paragrafo 6.2 della stessa norma. In particolare devono essere tarati il livello di tensione del generatore e i valori dei seguenti parametri della forma d'onda (scarica a contatto):

- valore del primo picco della corrente di scarica;
- tempo di salita;
- valore della corrente a 30 ns;
- valore della corrente a 60 ns.

Le verifiche sopra indicate possono essere eseguite anche sui generatori ESD utilizzati per le prove nel settore automobilistico.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Prima della esecuzione della prova il laboratorio deve verificare la postazione di prova secondo quanto indicato nella norma di riferimento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno. Tale intervallo può essere esteso a 2 anni se si eseguono verifiche di taratura almeno trimestrali.

Gli strumenti utilizzati nelle operazioni di taratura interna (oscilloscopio, "target", attenuatore e cavo coassiale) devono avere le caratteristiche specificate nelle norme di riferimento e devono essere tarati con le modalità del paragrafo 3.1 a) di questo documento. In particolare l'oscilloscopio deve essere tarato secondo il paragrafo 4.3.13 di questo documento; per "target", cavo coassiale e attenuatori si deve misurare la funzione di trasferimento e la risposta in frequenza.

4.3.4 Generatori di transitori veloci (Fast transient / Burst)

Le caratteristiche richieste al generatore di transitori sono descritte nel paragrafo 6.1.1 della norma EN 61000-4-4 [11] e le modalità per la loro verifica sono riportate nel paragrafo 6.1.2 della stessa norma. In particolare devono essere tarati i valori dei seguenti parametri:

- valore del picco della tensione di uscita;
- tempo di salita degli impulsi;
- durata dell'impulso;

- frequenza di ripetizione degli impulsi (all'interno di un burst).

La taratura della rete di accoppiamento/disaccoppiamento viene eseguita misurando i parametri della forma d'onda dell'impulso sull'uscita destinata all'alimentazione dell'apparato in prova, come indicato nel paragrafo 6.2.2 della norma di riferimento.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Prima della esecuzione della prova il laboratorio deve verificare la postazione di prova secondo quanto indicato nella norma di riferimento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno. Tale intervallo può essere esteso a 2 anni se si eseguono verifiche di taratura almeno trimestrali.

Gli strumenti utilizzati nelle operazioni di taratura interna (oscilloscopio, terminazioni di carico e cavo coassiale) devono avere le caratteristiche specificate nelle norme di riferimento e devono essere tarati con le modalità del paragrafo 3.1 a) di questo documento. In particolare l'oscilloscopio deve essere tarato secondo il paragrafo 4.3.13 di questo documento; per terminazioni di carico e cavo coassiale si deve misurare l'attenuazione di inserzione in funzione della frequenza.

4.3.5 Generatori di impulsi da sovratensione (Surge)

Le caratteristiche richieste al generatore di impulsi sono descritte nei paragrafi 6.1.1 e 6.2.1 della norma EN 61000-4-5 [12] e le modalità per la loro verifica sono riportate nei paragrafi 6.1.2. e 6.2.2 della stessa norma. In particolare devono essere tarati i valori dei seguenti parametri:

- tensione di uscita a circuito aperto;
- corrente di uscita in cortocircuito;
- tempo di salita dell'impulso;
- tempo all'emivalore.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Prima della esecuzione della prova il laboratorio deve verificare la postazione di prova secondo quanto indicato nella norma di riferimento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno. Tale intervallo può essere esteso a 2 anni se si eseguono verifiche di taratura almeno trimestrali.

4.3.6 Generatori di buchi di tensione, brevi interruzioni e variazioni di tensione

Le caratteristiche richieste al generatore di buchi di tensione, brevi interruzioni e variazioni di tensione sono descritte nel paragrafo 6.1.1 della norma EN 61000-4-11 [13] e le modalità per la loro verifica sono riportate nel paragrafo 6.1.2 della stessa norma. In particolare devono essere verificati i valori dei seguenti parametri:

- le tensioni di uscita del generatore al 100 %, 80 %, 70 % e 40 % (valore efficace) della tensione di funzionamento; tali tensioni devono essere misurate in assenza di carico;
- la variazione del livello di uscita del generatore in funzione del carico per i seguenti valori di tensione di uscita del generatore: 100 %, 80 %, 70 % e 40 % (valore efficace) della tensione di funzionamento
- caratteristiche di commutazione del generatore, misurate con carico di 100 Ω:
 - a) tempi di salita e di discesa (sovraelongazione e sottoelongazione) per commutazioni a 90° e a 270°, dallo 0% al 100%, dal 100% al 70%, dal 100% al 40% e dal 100% allo 0%;
 - b) precisione dell'angolo di fase verificata per commutazioni dallo 0% al 100% e dal 100% allo 0%, in corrispondenza di 9 angoli di fase da 0° a 360° a passi di 45°.

La taratura deve essere eseguita come indicato nel paragrafo 3.1 a), b), o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno. Tale intervallo può essere esteso a 2 anni se si eseguono verifiche di taratura almeno trimestrali.

4.3.7 Generatori di transitori lungo le linee di alimentazione

Le caratteristiche richieste al generatore di transitori sono descritte nel paragrafo 5.6 della norma ISO 7637-2 [14] e le modalità per la loro verifica sono riportate nell'Allegato D della stessa norma. In particolare devono essere tarati i valori dei seguenti parametri:

- valore del picco della tensione di uscita;
- tempo di salita dell'impulso;
- durata dell'impulso.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno. Tale intervallo può essere esteso a 2 anni se si eseguono verifiche di taratura almeno trimestrali.

Gli strumenti utilizzati nelle operazioni di taratura interna (oscilloscopio e terminazioni di carico) devono avere le caratteristiche specificate nella norma di riferimento e devono essere tarati con le modalità del paragrafo 3.1 a) di questo documento. In particolare l'oscilloscopio deve essere tarato secondo il paragrafo 4.3.13 di questo documento; per le terminazioni di carico si deve misurare il valore di resistenza.

4.3.8 Generatori di corrente (frequenza di rete)

Le caratteristiche richieste al generatore di corrente da utilizzare per le prove di immunità al campo magnetico a frequenza di rete sono descritte nel paragrafo 6.1.1 della norma EN 61000-4-8 [15] e le modalità per la loro verifica sono riportate nel paragrafo 6.1.2 della stessa norma. In particolare devono essere verificati i valori dei seguenti parametri, rilevati con il generatore collegato alla bobina di induzione "standard" specificata al paragrafo 6.2.1.a):

- valore della corrente di uscita;
- fattore di distorsione totale.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.3.9 Bobine di induzione (frequenza di rete)

Le caratteristiche richieste alla bobina di induzione utilizzata per le prove di immunità al campo magnetico a frequenza di rete sono descritte nel paragrafo 6.2.1 della norma EN 61000-4-8 [15] e le modalità per la loro verifica nel paragrafo 6.2.2 della stessa norma.

In particolare deve essere verificato il fattore di bobina (rapporto fra campo magnetico e corrente iniettata nella bobina di induzione).

Il laboratorio deve eseguire la verifica come indicato al paragrafo 3.3 del presente documento prima dell'esecuzione della prova. La verifica deve essere eseguita con il generatore e la bobina utilizzati per la prova.

4.3.10 Generatori di corrente impulsiva

Le caratteristiche richieste al generatore di corrente impulsiva utilizzato per le prove di immunità al campo magnetico impulsivo sono descritte nel paragrafo 6.1.1 della norma EN 61000-4-9 [16] e le modalità per la loro verifica nel paragrafo 6.1.2 della stessa norma. In particolare devono essere verificati i valori dei seguenti parametri con il generatore collegato alla bobina di induzione "standard" specificata al paragrafo 6.2.1.a):

- valore del picco della corrente di uscita;
- tempo di salita;
- durata.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.3.11 Generatori di corrente sinusoidale smorzata

Le caratteristiche richieste al generatore di corrente sinusoidale smorzata per le prove di immunità al campo magnetico oscillatorio smorzato sono descritte nel paragrafo 6.1.1 della norma EN 61000-4-10 [17] e le modalità per la loro verifica nel paragrafo 6.1.2 della stessa norma. In particolare devono essere verificati i valori dei seguenti parametri con il generatore collegato alla bobina di induzione "standard" specificata al paragrafo 6.2.1a):

- valore del picco della corrente di uscita;
- smorzamento;
- frequenza di oscillazione;
- frequenza di ripetizione.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.3.12 Bobine di induzione (alta frequenza)

Le caratteristiche richieste alla bobina di induzione utilizzata per le prove di immunità al campo magnetico impulsivo e al campo magnetico oscillatorio smorzato sono descritte nel paragrafo 6.2.1 delle norme EN 61000-4-9 [16] ed EN 61000-4-10 [17] e le modalità per la loro verifica nel paragrafo 6.2.2 delle stesse norme. In particolare deve essere verificato il fattore di bobina (rapporto fra campo magnetico e corrente nella bobina di induzione).

Il laboratorio deve eseguire la verifica, come indicato al paragrafo 3.3 di questo documento, prima della esecuzione della prova.

4.3.13 Oscilloscopi

Gli oscilloscopi vengono utilizzati per la taratura interna e/o verifica della postazione di prova di tutti i generatori richiesti per scariche elettrostatiche, transitori veloci, surge e per tutte quelle prove di immunità che richiedono la misura di particolari forme d'onda. Possono inoltre essere utilizzati per misurare le emissioni condotte lungo le linee di alimentazione dei componenti installati a bordo di autoveicoli secondo la norma ISO 7637-2 [14].

Gli oscilloscopi devono essere tarati secondo le indicazioni della guida EURAMET/cg-07 [18], relativamente alle seguenti caratteristiche:

- impedenza di ingresso;
- base tempi;
- scala delle ampiezze ;
- banda passante;
- tempo di salita (risposta all'impulso o al gradino).

Eventuali sonde devono essere tarate seguendo le indicazioni specifiche delle norme che ne prescrivono l'uso.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.3.14 Misuratori di potenza

I misuratori di potenza sono usati per la misura della potenza incidente e riflessa nelle prove di immunità condotta e irradiata. La taratura deve essere eseguita con il sensore di misura collegato all'unità di elaborazione e presentazione del risultato nei campi di frequenza e di potenza di interesse. I parametri da tarare sono:

- fattore di taratura;
- coefficiente di riflessione;
- livello di uscita della sorgente di riferimento (se disponibile).

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4 Strumenti di categoria 3

4.4.1 Reti artificiali

Le reti artificiali (AMN o LISN) vengono utilizzate nelle misure di emissione per prelevare il disturbo condotto generato dall'apparato in prova e per definire l'impedenza della rete di alimentazione. Tali reti devono essere tarate secondo quanto previsto dalle rispettive norme come specificato nel seguito.

CISPR 16-1-2 [19]: è necessario misurare l'impedenza di ciascuna linea di alimentazione sulla presa destinata all'apparato in prova (EUT). Le tolleranze prescritte dalla norma per le reti a V sono pari a $\pm 20\%$ per il modulo e $\pm 11,5^\circ$ per la fase dell'impedenza, per qualsiasi valore di impedenza sul lato dell'alimentazione di rete. Nel caso in cui il requisito di impedenza non sia rispettato, il Laboratorio dovrà tenerne conto nella valutazione dell'incertezza associata alla misura di emissione condotta. Si deve inoltre misurare il fattore di divisione in tensione fra i terminali EUT e l'uscita RF.

EN 55025 [20]: si deve misurare l'impedenza sui morsetti destinati all'apparato in prova, con i morsetti di alimentazione della rete cortocircuitati. La tolleranza prescritta sul modulo dell'impedenza è pari a $\pm 20\%$ del valore nominale.

ISO 7637-2 [14]: si deve misurare l'impedenza sui morsetti destinati all'apparato in prova, con i morsetti di alimentazione della rete cortocircuitati. La tolleranza prescritta sul modulo dell'impedenza è pari a $\pm 10\%$ del valore nominale.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4.2 Reti artificiali asimmetriche

Le reti artificiali asimmetriche (AAN, ISN) vengono utilizzate nelle misure di emissione condotta descritte nella norma EN 55022 [21].

I requisiti delle reti sono descritti nel paragrafo 7.1 della CISPR 16-1-2 [19] e il metodo per la loro verifica è riportato nell'Allegato E della stessa norma. In particolare la taratura consiste nella misura dei seguenti parametri:

- modulo e fase dell'impedenza della rete;
- perdita di conversione longitudinale (LCL);
- fattore di divisione in tensione.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4.3 Sonde di tensione

Tali sonde devono essere tarate secondo quanto previsto al paragrafo 5.2.1 della CISPR 16-1-2 [19]. La loro perdita di inserzione deve essere misurata in un sistema con impedenza caratteristica pari a 50 Ω nel campo di frequenza da 9 kHz a 30MHz.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4.4 Pinze assorbenti

La pinza assorbente può essere tarata seguendo uno dei metodi descritti nel paragrafo 4.3 della CISPR 16-1-3 [22] e nell'Allegato B della stessa norma.

La taratura con il cosiddetto "metodo originale" fornisce direttamente il fattore di taratura della pinza e deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

La taratura può anche essere effettuata utilizzando il "jig" oppure il "dispositivo di riferimento" descritti nella norma. Tali metodi forniscono indirettamente il fattore di taratura della pinza attraverso misure e una successiva elaborazione dei risultati, come riportato nella norma. Queste tarature devono essere eseguite come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4.5 Sonde di corrente

Le sonde di corrente vengono utilizzate per misurare il valore della corrente iniettata nell'EUT in alcune prove di immunità quali quelle descritte nelle norme ISO 11452-4

[23] e la EN 61000-4-6 [8]. La taratura consiste nel misurare l'impedenza di trasferimento in funzione della frequenza utilizzando il metodo descritto nel paragrafo B6 della CISPR 16-1-2 [19] o quello descritto nel paragrafo B.2.3 della ISO 11452-4.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4.6 Antenne lineari (del tipo a dipolo)

Rientrano in questa categoria le antenna a dipolo, le biconiche, le log-periodiche e le cosiddette antenne ibride ("bi-log") tipicamente usate nelle misure di emissione irradiata.

Nel capitolo 4 della CISPR 16-1-4 [24] sono fornite le caratteristiche principali delle antenne EMC, senza indicare, per il momento, specifici metodi di taratura. La taratura delle antenne deve essere eseguita utilizzando uno dei metodi descritti nella norma ANSI C63.5 [25] e deve riguardare i seguenti parametri:

- coefficiente d'antenna;
- modulo del coefficiente di riflessione al connettore d'antenna.

In generale, per svincolarsi dalla particolare geometria di misura si determina il cosiddetto coefficiente d'antenna "free-space" o "near free-space", come indicato nella ANSI C63.5.

Nel caso di antenne utilizzate a distanza ravvicinata dall'EUT (ad esempio 1 m, come prescritto nella EN 55025), il coefficiente d'antenna deve essere determinato secondo le indicazioni della norma SAE ARP 958 [26] o delle specifiche norme di prova.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura massimo: 3 anni.

Per mantenere la fiducia nello stato di taratura dell'antenna si devono eseguire verifiche di taratura almeno semestrali, consistenti nella misura del modulo del coefficiente di riflessione, secondo le modalità indicate al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento. Il confronto dei dati attuali di tali verifiche con quelli storici deve essere utilizzato per mettere in evidenza eventuali anomalie nel funzionamento dell'antenna. Nel caso in cui queste si verificano (scostamenti eccessivi del dato misurato rispetto alla media dei dati storici) si dovrà eseguire la taratura completa e ridefinire l'intervallo di taratura.

La CISPR 16-1-4 descrive altre caratteristiche importanti ai fini di una corretta misurazione che, pur non essendo oggetto di taratura, devono essere verificate dal Laboratorio e delle quali si deve dare evidenza nel processo di conferma metrologica. Esse sono:

- bilanciamento del balun dell'antenna;
- rapporto di polarizzazione incrociata.

4.4.7 Antenne a stilo

Le antenne a stilo (attive e passive) utilizzate nella gamma di frequenza da 9 kHz a 30 MHz devono essere tarate come indicato nell'Allegato B della CISPR 16-1-4 [24], utilizzando il metodo di sostituzione con capacità equivalente. Si deve determinare il coefficiente d'antenna nella gamma di frequenze di interesse.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4.8 Antenne a telaio

Le antenne a telaio (attive e passive) utilizzate nella gamma di frequenza da 9 kHz a 30 MHz devono essere tarate utilizzando lo "Standard transmitting loop method", come indicato nelle norme IEEE ANSI C63.5 [25] e IEEE Std 291 [27], oppure il metodo del campo campione in cella TEM. Si deve determinare il coefficiente d'antenna nella gamma di frequenze di interesse.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4.9 Reti di accoppiamento / disaccoppiamento (CDN)

Le caratteristiche delle reti CDN e degli adattatori di impedenza richiesti dalla norma EN 61000-4-6 [8] devono essere verificate in accordo con il paragrafo 6.3 della suddetta norma. In particolare è necessario tarare i seguenti parametri:

- il modulo dell'impedenza di modo comune (Z_{ce}) delle CDN (i valori di riferimento sono indicati nella Tabella 3 del paragrafo 6.2 della norma);
- la perdita di inserzione degli adattatori di impedenza (il valore di riferimento è indicato nel paragrafo 6.3.1).

Il requisito dell'impedenza di modo comune deve essere rispettato sia con i morsetti della porta di ingresso (lato AE) della rete CDN aperti, sia con tali morsetti cortocircuitati verso massa.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4.10 Sensori e misuratori di campo elettromagnetico

I sensori e misuratori di campo elettromagnetico vengono utilizzati per caratterizzare l'area di campo uniforme (la cosiddetta "UFA") nei siti utilizzati per le prove di immunità irradiata.

La loro taratura consiste nel determinare il fattore di taratura (“calibration factor”) in funzione della frequenza, del livello dell'intensità di campo e dell'orientamento del sensore.

In generale la taratura deve essere eseguita seguendo le indicazioni della norma utilizzata per la specifica prova di immunità. In particolare la norma EN 61000-4-3 [9] prevede nell'Allegato I (paragrafo I.2) di eseguire la taratura nella gamma di frequenza di effettivo utilizzo con un passo di 50 MHz fino a 1 GHz e di 200 MHz per frequenze superiori, prescrivendo di eseguire la taratura stessa almeno ai livelli di campo pari a due volte il livello “limite” minimo e due volte il livello “limite” massimo utilizzati nella prova. Nel caso del livello di prova “4” la taratura può essere effettuata al valore di campo elettrico pari a 30 V/m. Si deve inoltre verificare la linearità, nel campo di utilizzo dello strumento, ad almeno una frequenza nella banda di impiego.

Infine, per quanto riguarda i sensori di tipo monoassiale o triassiale si raccomanda di determinare il fattore di taratura per ogni singolo asse. Per i sensori di tipo isotropico (ovvero dove non è possibile individuare in modo preciso la posizione degli assi) si raccomanda di determinare il fattore di taratura complessivo e di eseguire la verifica dell'isotropia.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4.11 Attenuatori, cavi coassiali e guide d'onda

Devono essere tarati quei dispositivi che hanno un impatto diretto sul risultato di misura e la cui perdita di inserzione e il cui disadattamento possono avere un valore rilevante sia sul risultato finale sia per quanto riguarda il calcolo dell'incertezza di misura. La taratura deve essere eseguita nel campo di frequenza di interesse e deve comprendere la misura della attenuazione di inserzione e del coefficiente di riflessione (modulo) alle porte di ingresso e di uscita.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.4.12 Accoppiatori direzionali

Gli accoppiatori direzionali sono usati per la misura della potenza diretta e riflessa nelle prove di immunità. In particolare è necessario tarare i seguenti parametri:

- coefficienti di accoppiamento diretto e riflesso;
- attenuazione di inserzione;
- direttività;
- coefficienti di riflessione ai connettori di ingresso e di uscita.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno

4.5 Strumenti di categoria 4

4.5.1 Siti per misure di emissione

Rientrano in questa categoria i siti di misura all'aperto, le camere semi-anecoiche e le camere completamente anecoiche utilizzate per le misure di emissione irradiata.

Si deve verificare la curva della NSA ("Normalised Site Attenuation") o della SA ("Site Attenuation") secondo quanto previsto dalla CISPR 16-1-4 [24]. I valori misurati devono essere compresi entro un intervallo di ± 4 dB rispetto ai valori teorici indicati nella suddetta norma.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 2 anni.

4.5.2 Camere anecoiche per misure di immunità

In generale la verifica del sito deve essere eseguita seguendo le indicazioni della norma utilizzata per la specifica prova di immunità. In particolare il paragrafo 6.2 della EN 61000-4-3 [9] descrive la procedura per la verifica dell'uniformità di campo (UFA).

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.5.3 Voltmetri, multimetri, impedenzimetri

Al fine di ottimizzare i costi della taratura il Laboratorio deve individuare, in funzione dell'effettivo impiego dello strumento, le grandezze da tarare, i campi di misura di ciascuna grandezza e gli adeguati livelli di incertezza.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.5.4 Analizzatori di rete

La taratura di un analizzatore vettoriale di reti è un problema complesso e deve seguire le linee guida di uno specifico documento EURAMET [28]. In genere essa non prevede l'invio dello strumento al Centro di taratura ma viene effettuata confrontando la risposta dello strumento con i valori noti di una serie di componenti coassiali di precisione. In estrema sintesi la taratura viene effettuata con l'impiego dei seguenti dispositivi tarati:

- un "calibration kit" (circuito aperto, cortocircuito, carico adattato) utilizzato per la messa in punto dell'analizzatore: esso permette di riferire lo strumento alle grandezze elettriche e fisiche fondamentali;
- un "verification kit", costituito da attenuatori, linee in aria e carichi disadattati di valore noto, per la verifica del sistema di misura e dei valori di incertezza dichiarati.

La taratura di questi dispositivi deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.6 Strumenti di categoria 5

Gli strumenti per la misura dei campi elettromagnetici ambientali hanno peculiarità simili a quelle richieste per le prove EMC pur differenziandosi da esse per alcuni aspetti fondamentali, quali:

- esecuzione di misure in siti aperti;
- rispondenza alle guide CEI 211-7[29] e CEI 211-6 [30], o a specifiche norme di settore quali ad esempio EN 50366 [31] e EN 50371 [32], anziché alle CISPR 16-1;
- esecuzione esclusivamente di misure di emissione irradiata in campo vicino e/o campo lontano e comunque senza fare riferimento al sito di misura CISPR.

Per i suddetti motivi gli strumenti di misura devono essere tarati come qui di seguito indicato.

4.6.1 Ricevitori e analizzatori di spettro

I ricevitori e gli analizzatori devono essere tarati in relazione ai seguenti parametri:

- accuratezza della risposta ai segnali sinusoidali non modulati (risposta in frequenza e linearità);
- accuratezza degli attenuatori di ingresso;
- impedenza di ingresso;
- larghezza della banda di risoluzione a 3 dB (RBW).

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

La CEI 211-7 [29] descrive inoltre una serie di altre caratteristiche importanti ai fini di una corretta misurazione che, pur non essendo oggetto di taratura, devono essere verificate dal Laboratorio e delle quali si deve dare evidenza nel processo di conferma metrologica dello strumento. Esse sono:

- rapporto di reiezione alla frequenza intermedia;

- rapporto di risonanza alla frequenza immagine;
- risposte spurie.

4.6.2 Antenne

Conformemente alla CEI 211-7 [29] le antenne vengono utilizzate per le misure selettive, le quali sono eseguite quasi sempre in condizioni di campo lontano e non in un sito di misura con piano riflettente normalizzato dal CISPR.

Le grandezze da tarare sono le seguenti:

- coefficiente d'antenna (o guadagno d'antenna) in condizioni di spazio libero in campo lontano;
- modulo del coefficiente di riflessione al connettore coassiale d'antenna.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura massimo: 3 anni.

Per mantenere la fiducia nello stato di taratura dell'antenna si devono eseguire verifiche di taratura almeno semestrali, consistenti nella misura del modulo del coefficiente di riflessione, secondo le modalità indicate al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento. Il confronto dei dati attuali di tali verifiche con quelli storici deve essere utilizzato per mettere in evidenza eventuali anomalie nel funzionamento dell'antenna. Nel caso in cui queste si verificano (scostamenti eccessivi del dato misurato rispetto alla media dei dati storici) si dovrà eseguire la taratura completa e ridefinire l'intervallo di taratura.

La CEI 211-7 descrive inoltre una serie di altre caratteristiche importanti ai fini di una corretta misurazione che, pur non essendo oggetto di taratura, devono essere verificate dal Laboratorio e delle quali si deve dare evidenza nel processo di conferma metrologica dello strumento. Tra queste sono di particolare importanza il rapporto di polarizzazione incrociata e il bilanciamento del balun dell'antenna.

4.6.3 Sensori e misuratori di campo elettromagnetico

La taratura dei sensori e misuratori di campo elettromagnetico consiste nel determinare il fattore di taratura ("calibration factor") in funzione della frequenza, del livello dell'intensità di campo e dell'orientamento del sensore. La risposta in frequenza del fattore di taratura deve essere valutata come previsto al paragrafo 11 della guida CEI 211-7 [29], nella gamma di frequenza di effettivo utilizzo e almeno ai livelli di intensità di campo prossimi ai valori "limite" della norma di riferimento. Si deve inoltre verificare la linearità, nel campo di utilizzo dello strumento, ad almeno una frequenza nella banda di impiego.

Infine, per quanto riguarda i sensori di tipo monoassiale o triassiale si raccomanda di determinare il fattore di taratura per ogni singolo asse. Per i sensori di tipo isotropico (ovvero dove non è possibile individuare in modo preciso la posizione degli assi) si raccomanda di determinare il fattore di taratura complessivo e di eseguire la verifica dell'isotropia.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

4.6.4 Sensori e misuratori di campo elettrico a bassa frequenza

La taratura deve essere eseguita come previsto al paragrafo 11.2 della guida CEI 211-6 [30].

La taratura dei misuratori di campo monoassiali e di ciascun asse dei misuratori di campo triassiali deve essere eseguita con campi elettrici sinusoidali ai livelli e alle frequenze di interesse per il Laboratorio. Devono essere tarate le seguenti grandezze:

- risposta in frequenza;
- linearità della scala.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento. E' consentita l'applicazione della Nota 1 dello stesso paragrafo.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

La CEI 211-6 descrive inoltre una serie di altre caratteristiche importanti ai fini di una corretta misurazione che, pur non essendo oggetto di taratura, devono essere verificate dal Laboratorio e delle quali si deve dare evidenza nel processo di conferma metrologica dello strumento. Tra queste è di particolare importanza la reiezione ai campi magnetici.

4.6.5 Sensori e misuratori di campo magnetico a bassa frequenza

La taratura deve essere eseguita come previsto al paragrafo 11.1 della guida CEI 211-6 [30]. La taratura può essere eseguita alle frequenze e ai livelli di interesse per il Laboratorio con uno dei tre metodi previsti dalla guida. Devono essere tarate le seguenti grandezze:

- risposta in frequenza;
- linearità della scala.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a) di questo documento. E' consentita l'applicazione della Nota 1 dello stesso paragrafo.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno.

La CEI 211-6 descrive inoltre una serie di altre caratteristiche importanti ai fini di una corretta misurazione che, pur non essendo oggetto di taratura, devono essere verificate dal Laboratorio e delle quali si deve dare evidenza nel processo di conferma metrologica dello strumento. Tra queste è di particolare importanza la reiezione ai campi elettrici.

4.6.6 Attenuatori e cavi coassiali

La taratura deve essere eseguita nel campo di frequenza di interesse e deve comprendere la misura della attenuazione di inserzione e del coefficiente di riflessione (modulo) alle porte di ingresso e di uscita.

La taratura deve essere eseguita come indicato al paragrafo 3.1 a), b) o c) di questo documento.

Intervallo di taratura raccomandato: 1 anno, con verifiche di taratura almeno semestrali.

5 BIBLIOGRAFIA

- [1] Documento SINAL DT-0002 (2000) "Guida per la valutazione e l'espressione dell'incertezza nelle misurazioni".
- [2] CISPR 16-4-2 (2003) "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling - Uncertainty in EMC measurements".
- [3] Documento SIT 523 (2005): "Guida e requisiti specifici per la stesura delle procedure tecniche".
- [4] Documento SIT 519 (2005): "Introduzione ai criteri di valutazione della incertezza di misura nelle tarature".
- [5] CISPR 16-1-1 (2007): "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus".
- [6] CEI EN 61000-4-7 (2003): "Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-7: Tecniche di prova e misura - Guida generale per le misure di armoniche e interarmoniche e relativa strumentazione, applicabile alle reti di alimentazione ed agli apparecchi ad esse connessi".
- [7] CEI EN 61000-4-15 (1999 + A1 2003): "Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4: Tecniche di prova e di misura Sezione 15: Flickermetro - Specifiche funzionali e di progetto".
- [8] EN 61000-4-6 (2007): "Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields".
- [9] EN 61000-4-3 (2006 + A1 2008): "Electromagnetic compatibility (EMC) -- Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test".
- [10] CEI EN 61000-4-2 (1996 + A1 1999 + A2 2001): " Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-2: Tecniche di prova e di misura. Prove di immunità a scarica elettrostatica".
- [11] CEI EN 61000-4-4 (2006-01): "Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-4: Tecniche di prova e di misura - Prova di immunità a transitori/treni elettrici veloci".
- [12] CEI EN 61000-4-5 (2007): " Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-5: Tecniche di prova e di misura. Prova di immunità ad impulso".
- [13] CEI EN 61000-4-11 (2006): "Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-11: Tecniche di prova e di misura. Prove di immunità a buchi di tensione, brevi interruzioni e variazioni di tensione".
- [14] ISO 7637-2 (2004): "Road vehicles - Electrical disturbances from conduction and coupling - Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only".

- [15] CEI EN 61000-4-8 (1997 + A1 2001): "Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-8: Tecniche di prova e di misura. Prova di immunità a campi magnetici a frequenza di rete".
- [16] CEI EN 61000-4-9 (1997 + A1 2001): "Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-9: Tecniche di prova e di misura. Prova di immunità a campo magnetico impulsivo".
- [17] CEI EN 61000-4-10 (1997 + A1 2001): "Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 4-10: Tecniche di prova e di misura. Prova di immunità a campo magnetico oscillatorio smorzato".
- [18] EURAMET/cg-07 (1997): "Calibration of Oscilloscopes".
- [19] CISPR 16-1-2 (2006): "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Conducted disturbances".
- [20] CEI EN 55025 (2003): "Caratteristiche di radiodisturbo per la protezione di ricevitori usati a bordo di veicoli e di imbarcazioni e su altri dispositivi - Limiti e metodi di misura".
- [21] CEI EN 55022 (1999 + A1, A2): "Apparecchi per la tecnologia dell'informazione - Caratteristiche di radiodisturbo - Limiti e metodi di misura".
- [22] CISPR 16-1-3 (2004): "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-3: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Disturbance power".
- [23] ISO 11452-4 (2005): "Road vehicles -- Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy -- Part 4: Bulk current injection (BCI)".
- [24] CISPR 16-1-4 (2008): "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Radiated disturbances".
- [25] ANSI C63.5 (2006): "American National Standard for Electromagnetic Compatibility - Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control - Calibration of Antennas (9 kHz to 40 GHz)".
- [26] SAE ARP 958 (2003): "Electromagnetic Interference Measurement Antennas; Standard Calibration Method".
- [27] IEEE Std 291 (1991): "IEEE standard methods for measuring electromagnetic field strength of sinusoidal continuous waves, 30 Hz to 30 GHz".
- [28] EURAMET/cg-12/v.01 (2007): "Guidelines on the Evaluation of Vector Network Analysers (VNA)".

- [29] CEI 211-7 (2001) "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz - 300 GHz con riferimento all'esposizione umana".
- [30] CEI 211-6 (2001) "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz con riferimento all'esposizione umana".
- [31] CEI EN 50366 (2004 + A1 2007): "Apparecchi per uso domestico e similare - Campi elettromagnetici - Metodi per la valutazione e le misure".
- [32] CEI EN 50371 (2004): "Esposizione umana ai campi elettromagnetici (10 MHz - 300 GHz) - Norma generica per dimostrare la conformità di apparecchi elettronici ed elettrici di bassa potenza ai limiti di base fissati per la popolazione".

6 ORGANISMI DI ACCREDITAMENTO EQUIVALENTI AL SIT

Gli elenchi aggiornati degli organismi di accreditamento che hanno stipulato accordi di mutuo riconoscimento con il SIT possono essere trovati sui siti Internet www.european-accreditation.org e www.ilac.org.

Sui siti internet di molti organismi nazionali di accreditamento è inoltre possibile reperire l'elenco dei centri di taratura per le diverse grandezze e/o tipologie di strumenti considerati in questo documento.



Sigla di Identificazione
SINCD - DT - 0004

Oggetto: Documento Tecnico

TITOLO: LINEE-GUIDA PER LA TARATURA DI STRUMENTI NEL SETTORE DELLA
COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA E DEI CAMPI
ELETTROMAGNETICI AMBIENTALI

ANNOTAZIONI:

1	17/12/08	Aggiornamento	P. BIANCO	G. MAZZA
0	17/02/04	-----	C. DIVO	S. ALLULLI
Rev.	Data	Descrizione	Convalida	Approvazione