

Utilizzo di una cella di Helmholtz e di una cella Gtem per la verifica ed il controllo di qualità dei sensori di campo magnetico ed elettrico dell'Arpa Sicilia

Sansone Santamaria A.

Arpa Sicilia Str. Terr. di Palermo, via Nairobi n. 4, 90129 Palermo (PA), asansone@arpa.sicilia.it

RIASSUNTO

Le norme ISO prevedono che la strumentazione di misura venga sottoposta a periodica taratura presso Centri accreditati SIT ed a verifica periodica per garantire sia la rispondenza alle specifiche di fabbrica sia la costanza dei parametri di taratura.

Per i sensori di campo magnetico il più diffuso sistema di produzione di un campo magnetico di uniformità certificata è la Cella di Helmholtz.

Per i sensori di campo elettrico nel range di frequenza di maggiore utilizzo (1 Mhz – 3 Ghz) esistono diverse celle TEM, variabili per range di frequenza, oppure è possibile utilizzare una cella Gtem che permette con un'unica guida d'onda di coprire l'intero range di frequenza suddetto.

Arpa Sicilia, nell'ambito del progetto di aggiornamento della rete di monitoraggio e controllo dei campi elettromagnetici della Sicilia finanziata dalla C.E. nell'ambito del P.O.R. 2000-2006, si è dotata di una cella di Helmholtz e di una cella Gtem per attivare un programma di controllo di qualità dei sensori delle 80 centraline della rete di monitoraggio regionale gestita da Arpa Sicilia.

Nel presente lavoro sono presentati i risultati della messa a punto del sistema di controllo di qualità e delle attività di verifica effettuate su tutti i sensori di campo elettrico e magnetico dell'Arpa Sicilia.

MATERIALI E METODI

Arpa Sicilia nell'ambito del P.O.R. 2000-2006 si è dotata di 80 centraline PMM 8055 di monitoraggio dei campi elettromagnetici di cui 20 dotate di sensore PMM HP102 per i c.e.m. a frequenza industriale e 60 di sensore PMM Ep330.

Tutte le centraline vengono correntemente utilizzate in ambiente esterno ed esposte per mesi al sole ed alle intemperie, subiscono continui urti e vibrazioni dovuti alla manipolazione per il trasporto ed il posizionamento.

In tali condizioni sia l'elettronica sia i sensori sono sottoposti a stress meccanico e termico e possono subire delle alterazioni di comportamento se non delle rotture parziali come la modifica delle caratteristiche o il distacco dei contatti di uno dei tre sensori monoassiali (spire o dipoli).

Per i sistemi di misura del rumore è previsto, anzi prescritto, che siano dotati di un calibratore in modo da potere verificare sia prima sia dopo le misure la stabilità della sonda e la rispondenza delle misure al valore di calibrazione almeno per una frequenza (generalmente 1 kHz).

Per le sonde di campo elettrico e magnetico non è facilmente disponibile un "calibratore" che sia, peraltro, di sufficiente stabilità ed uniformità di campo.

L'intervallo di frequenza di utilizzo dei sistemi di monitoraggio richiede diverse sorgenti e/o ambienti per generare campi elettrici e magnetici in modo da disporre di segnali di riferimento da 50 Hz a circa 3 GHz.

La norme Iso prescrivono la verifica periodica della strumentazione di misura che, di norma, viene effettuata ogni due anni come indicato dalle norme CEI.

Tale intervallo è però troppo lungo soprattutto per strumentazione che viene utilizzata in campo e comunque non è sufficiente a garantire l'operatore da eventuali malfunzionamenti o guasti parziali.

La semplice verifica della calibrazione spesso non è nemmeno sufficiente per operare la misura soprattutto quanto si incontrano situazioni di misura nuove che richiedono uno studio preliminare del comportamento delle sonde o con nuovi segnali o in condizioni particolari.

Per tali motivi è necessario disporre di banchi di misura per la verifica periodica della strumentazione di misura dei campi elettrici e magnetici e per i test di risposta a particolari configurazioni di segnali.

Arpa Sicilia ha quindi deciso di dotarsi di due banchi di misura di riferimento uno per i 50 Hz ed uno per il range da 100 kHz a 3 GHz.

CELLA DI HELMHOLTZ

Per i sensori di campo magnetico come “calibratore” è stata scelta una cella di Helmholtz (fig. 1)

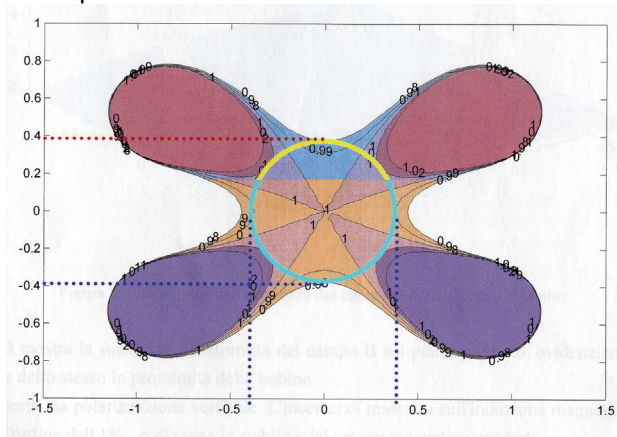
Fig 1 – La cella di Helmholtz



La cella in uso ad Arpa Sicilia è stata realizzata dal CNR IFAC che ha certificato una uniformità di campo del 2 % in una regione centrale di lato circa 12 cm (fig. 2).

Il campo è perpendicolare ai due avvolgimenti di spira e può variare da circa 10 nT a 30 μ T, può funzionare a batterie o tramite rete elettrica, può utilizzare quattro forme d'onda.

Fig 2 – Superficie iso-B entro il $\pm 2\%$ del valore a centro cella



Con la cella di Helmholtz Arpa Sicilia sottopone a verifica i sensori di campo magnetico a bassa frequenza, una volta l'anno quelli delle centraline di monitoraggio ed a seguito di constatazione di malfunzionamento o dopo interventi di manutenzione.

CELLA GTEM

Per i sensori di campo magnetico ad alta frequenza si possono scegliere due strategie:

- utilizzare diverse celle TEM in modo da coprire l'intero intervallo di frequenza dei sensori ad HF (da 100 kHz a 3 GHz);
- utilizzare una cella Gtem che permette di coprire l'intero intervallo di frequenza da alcuni MHz a circa 3 GHz.

Arpa Sicilia ha deciso di dotarsi di una cella Gtem ETS Lindgren 5405 che è mostrata in figura 3.

Fig 3 – Cella Gtem ETS Lindgren 5405



Per generare un segnale in cella è stato acquisito un generatore di segnale della R&S RF SMIQ03B che copre l'intervallo da 300 Hz a 3,3 GHz in diverse modulazioni (Am, Fm, CDMA, WCDMA, TDMA;.....)

Il segnale prelevato al generatore viene amplificato tramite uno dei seguenti amplificatori:

PMM 6000N	da	9 kHz	a	230 MHz
Frankonia	da	20 MHz	a	1 GHz
Amplifier research	da	800 MHz	a	3 GHz

Fig 4 – Il generatore di segnale R&S RF SMIQ03B e gli amplificatori PMM 6000N, Frankonia e Amplifier research



L'accoppiamento con la cella viene effettuato a seconda della frequenza con un due raccordi tarati a doppia T che permettono di prelevare a -40dB il segnale in ingresso o riflesso dalla cella.

Preliminarmente è stato condotto uno studio per verificare il comportamento della cella, l'andamento del campo elettrico in funzione della frequenza a parità di potenza del segnale di ingresso e l'andamento delle componenti del campo.

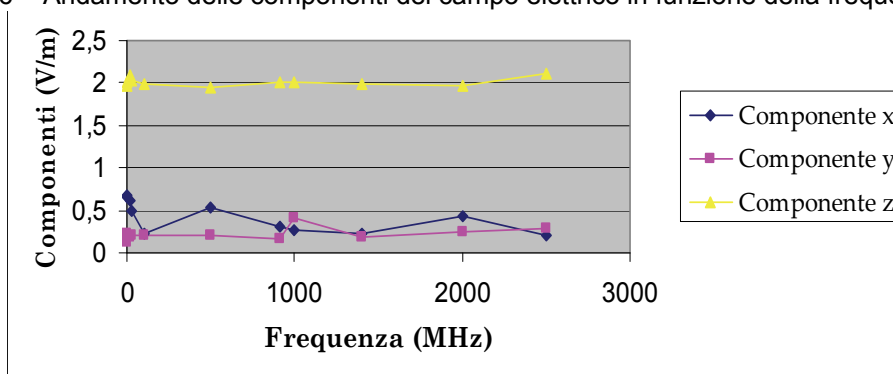
Per tale studio è stato utilizzato un sensore triassiale Holaday 61005 (fig. 5) di ridotte dimensioni che permette il trasferimento del segnale tramite fibra ottica.

Fig 5 – Il sensore triassiale Holaday 61005



Come è possibile verificare dalla fig. 6 il campo elettrico è quasi esclusivamente diretto lungo l'asse verticale (Z).

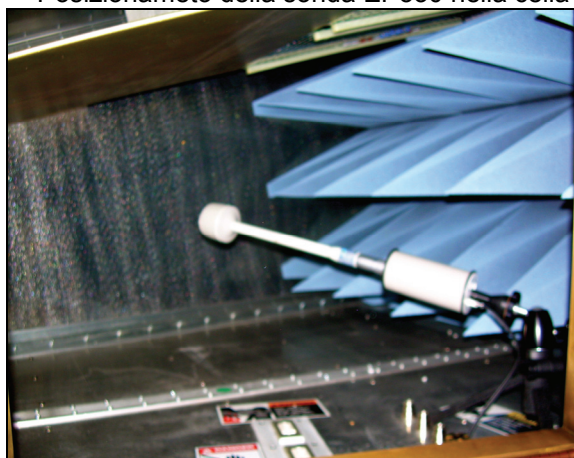
Fig 6 – Andamento delle componenti del campo elettrico in funzione della frequenza



Il posizionamento di minisensori triassiali come quello utilizzato per lo studio preliminare non presenta alcun problema, poiché il campo elettrico in cella è prevalentemente verticale ed è possibile ruotare i sensori di piccole dimensioni in modo da orientare volta per volta l'asse di interesse nella direzione del campo elettrico.

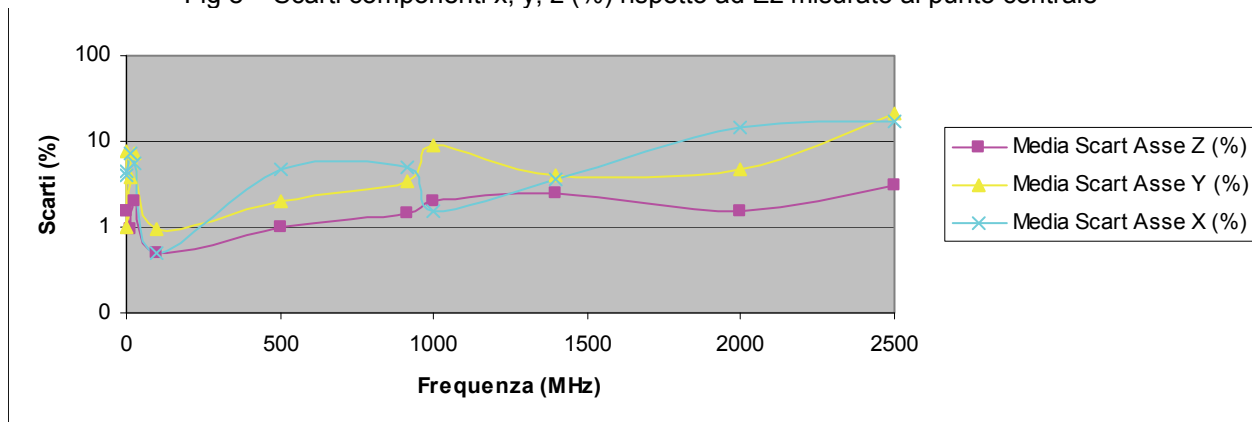
Per i sensori di maggiori dimensioni che richiedono peraltro l'utilizzo di un connettore in fibra ottica le dimensioni della cella acquisita non permettono di allineare i dipoli del sensore al campo e pertanto si può solo lavorare con il sensore posto diagonalmente a circa 45 gradi in modo da esporre tutti e tre i dipoli ad un campo intermedio, verificare il funzionamento di tutti e tre gli assi ed il campo totale restituito dal rivelatore

Fig 7 – Posizionamento della sonda EP330 nella cella Gtem



Le verifiche di uniformità della cella, le prove di variabilità del segnale riposizionando il sensore o variandone lungo i tre assi la posizione al variare della frequenza, hanno fornito eccellenti risultati che sono riportati in figura 8.

Fig 8 – Scarti componenti x, y, z (%) rispetto ad Ez misurato al punto centrale



Gli scarti dal valore nella zona centrale di uniformità sono ovviamente funzione della frequenza ma risultano quantificabili e comunque sempre inferiori al 10% della misura nel punto centrale.

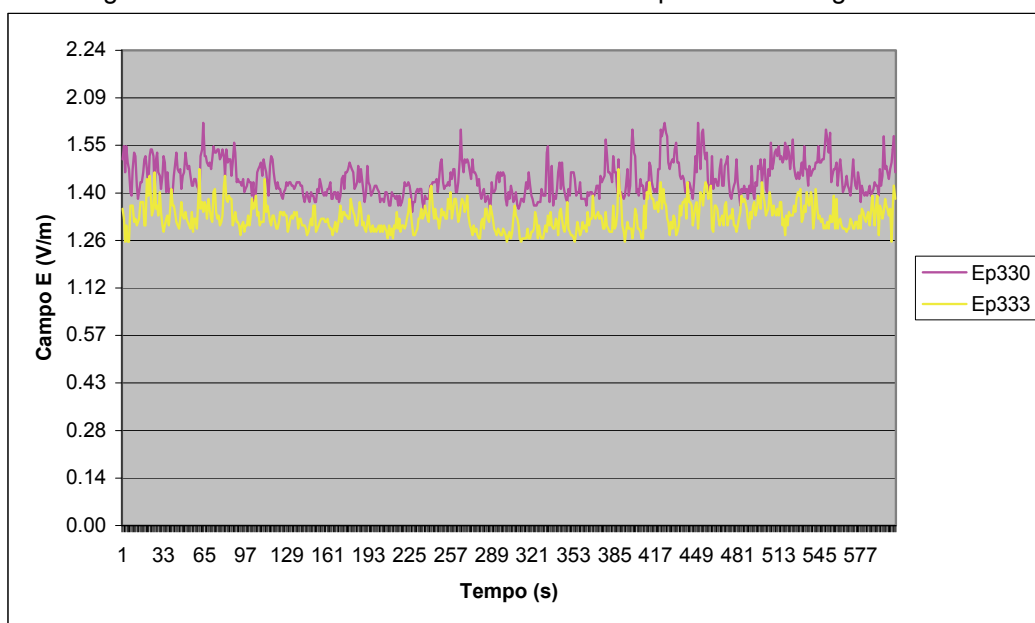
Dopo tale studio preliminare è stato implementato un protocollo di controllo annuale di tutti i sensori PMM EP 330 delle centraline di monitoraggio dell'Arpa Sicilia che ha permesso:

- di individuare singoli malfunzionamenti;
- di garantire la qualità del dato fornito anche in ragione del fatto che, per una questione di costi, tali sensori non sono sottoposti a taratura periodica avendo lo scopo di controllare la stabilità nel tempo di valori medio elevati di campo.

Il banco di misura è stato anche adoperato per la verifica del comportamento di sensori di campo elettrico classici a rivelatore a singolo diodo in presenza di campi modulati UMTS ed anche in presenza di una pluralità di segnali FM come era stato verificato in campo con il confronto con sensori di nuova generazione tipo PMM EP 333.

Di seguito (fig. 9) vengono mostrati i risultati ottenuti con l'EP330 e l'EP333 in presenza di segnali UMTS.

Fig 9 – Risultati ottenuti con EP330 ed EP333 in presenza di segnali UMTS



Con il sistema mostrato di seguito (fig. 10), che ha richiesto l'utilizzo di 4 generatori di segnale FM commerciali e di un filtro combinatore a cavità, è stato invece studiato il comportamento dei sensori a diodo singolo ed a ponte di diodi in ambiente multifrequenza.

Fig 10 – Il filtro a cavità e la Cella Gtem con i 4 generatori di segnale



I controlli dei sensori sono inoltre programmati dopo ogni intervento di manutenzione e dietro richiesta delle Strutture Territoriali a seguito di constatazione di anomalie o malfunzionamenti.

Tale programma di assicurazione di qualità ha permesso di mantenere un elevato standard di verifica delle prestazioni dei sensori di campo magnetico ed elettrico dell'Arpa di Sicilia e di individuare con certezza malfunzionamenti anche di limitata entità.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI:

L'utilizzo di una cella di Helmholtz e di una cella Gtem ha permesso ad Arpa di Sicilia di implementare la verifica dei sensori di campo elettrico e magnetico in modo da potere garantire il corretto utilizzo della strumentazione e di controllare la corretta esecuzione degli interventi di manutenzione effettuati.

Il banco di misura con la cella Gtem permette inoltre di verificare il comportamento dei sensori in condizioni di particolare complessità.

E' programmata l'acquisizione di un set di accessori (antenne, amplificatori,...) per la generazione di segnali, sia in cavo sia in aria, anche a frequenze da 3 GHz, attuale frequenza massima generabile, a 26 GHz per la verifica degli analizzatori e delle antenne per analisi in banda stretta.

Bibliografia

"Guida tecnica per la misura dei campi elettromagnetici compresi nell'intervallo di frequenza 100 kHz – 3 GHz in riferimento all'esposizione della popolazione". ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente)

Norma Italiana CEI 211 - 7 : " Guida per la misura e la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana" . Anno 2001

Angela Nothofer, Martin Alexander: " The Use of GTEM Cells for EMC Measurements". NPL (National Physical Laboratory).

Clemens Icheln "The construction and application of a Gtem cell". Master's thesis. Thecnical University of Hamburg.

Operation Manual “Model 5400 Series GTEM”. ETS - LINDGREN (An ESCO Technologies Company).

Gilberto Basso, Alessandro Gandolfo “EP333: una sonda innovativa per la misura di segnali a modulazione digitale e di segnali pulsati in genere”. PMM - Costruzioni Elettroniche Centro Misure Radioelettriche

D. Trinchero, C. Catalano “Verifica sperimentale delle prestazioni di misura di strumenti, sensori e centraline di monitoraggio, in presenza di segnali a radiofrequenza digitali e a larga banda”. Arpa Piemonte

Norma Italiana CEI 211-7/A Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell’intervallo di frequenza 10 kHz-300 GHz, con riferimento all’esposizione umana.

Appendice A: centraline di monitoraggio dei campi elettromagnetici a radiofrequenza: procedure e finalità di utilizzo. Anno 2006

G. Licitra, A. Barellini “Metodiche e strumenti per la misura dei campi elettromagnetici per sistemi UMTS: confronto e valutazioni”. Arpa Toscana

A. Sansone Santamaria, S. La Placa : *COMPORTAMENTO DELLE SONDE DI CAMPO ELETTRICO IN AMBIENTE MULTISORGENTE E MULTIFREQUENZA*” atti del Convegno Nazionale dell’Associazione Italiana di Radioprotezione svoltosi a Reggio Calabria dal 12 al 14 Ottobre 2011