

Le Antenne di Riferimento

nella progettazione di

Antenne Professionali Custom

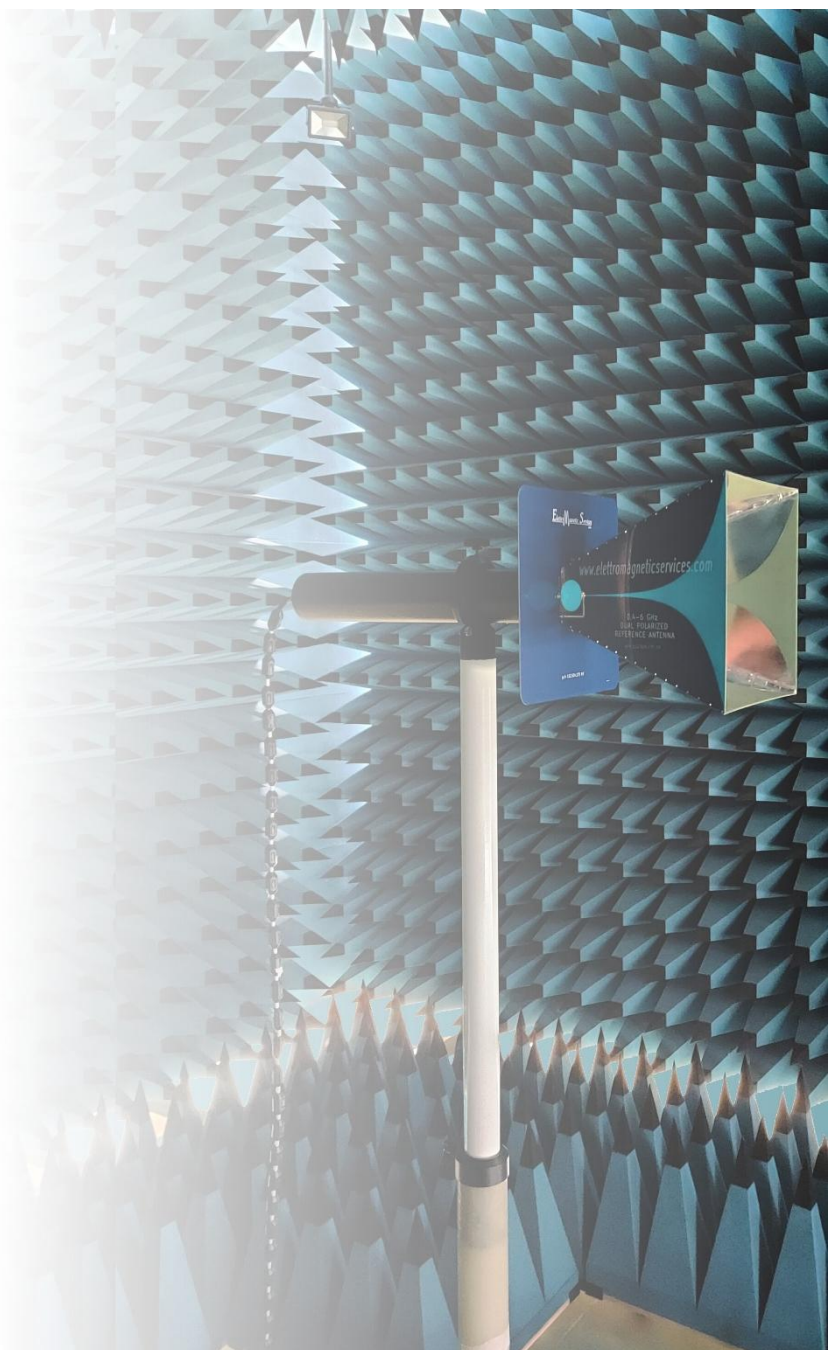
Ing. Francesco Zaccarini

Come già accennato in un precedente articolo (numero 7) in cui si parlava delle attrezzature di laboratorio, le **antenne di riferimento** permettono di eseguire le misure di caratterizzazione dei parametri di radiazione delle antenne e pertanto sono indispensabili nella progettazione di antenne professionali.

Le antenne di riferimento sono antenne che possiamo definire **calibrate**, ovvero di guadagno noto, caratterizzate da determinati accorgimenti che le rendono adatte ad essere utilizzate come elemento di paragone nella caratterizzazione di una qualsiasi altra antenna.

In questo articolo facciamo una breve panoramica su queste antenne, spiegandone le caratteristiche fondamentali nonché i criteri di scelta o di progetto.

In fondo, perché no, anche queste possono essere a tutti gli effetti definite *antenne professionali custom*.



1. Introduzione.

Nella progettazione di antenne professionali custom è fondamentale disporre di un proprio laboratorio ben attrezzato nel quale poter effettuare rapidamente ed accuratamente le misure necessarie alla caratterizzazione del prodotto, sia durante la fase di sviluppo che nella validazione finale.

Componenti fondamentali delle attrezzature di laboratorio sono le *antenne di riferimento*, che sono antenne le cui caratteristiche di radiazione, come ad esempio il guadagno, sono definite nella banda di funzionamento delle stesse. Un'antenna per questo scopo deve quindi essere accuratamente calibrata per le grandezze elettriche di interesse mediante delle misure che possono essere condotte sia esternamente all'azienda, eventualmente da parte di un ente certificato, sia internamente alla stessa, con una procedura di calibrazione espletata prima di ogni specifica misura.

Come riferimento non è sufficiente prendere una generica antenna, anche provvista di un documento di calibrazione che ne attesta i parametri elettrici: questa deve anche essere concepita e realizzata per rendere agevoli ed accurate le misure dei parametri elettrici d'interesse. Inoltre molto spesso, in funzione della banda di frequenza e della tipologia di antenna da testare, è più conveniente utilizzare un'antenna calibrata di un tipo piuttosto che di un altro, sia al fine di velocizzare le procedure di caratterizzazione sia per garantirne una maggiore accuratezza e ripetibilità, specialmente nel caso in cui si debba successivamente effettuare una certificazione presso un ente esterno abilitato.

In questa sede ci si propone di fare una breve rassegna sulle *antenne di riferimento* od *antenne calibrate* per misure in campo lontano, tralasciando, per ragioni di spazio, tutti quei dispositivi di misura per applicazioni particolari, spesso costituiti da sensori di piccole dimensioni rispetto alla lunghezza d'onda che integrano anche una parte attiva.

2. Tipologie di misura.

È possibile fare una prima suddivisione delle misure in due principali famiglie, che sono:

- *Misure di compatibilità e suscettibilità elettromagnetica (EMC);*
- *Misure di antenna.*

Le *misure di compatibilità e/o suscettibilità elettromagnetica* non riguardano l'argomento di questo articolo, ma possiamo brevemente dire che in questi settori esistono due tipologie di antenne di riferimento che dipendono dalle misure che si vogliono effettuare, ovvero:

- a) *Misure su emissioni radiate* da parte di dispositivi elettronici, come ad esempio la verifica di eventuali segnali spuri irradiati da un apparato: in questo caso si utilizzano spesso antenne di riferimento a larga banda che devono ricevere segnali generati dal dispositivo sotto misura o DUT;
- b) *Misure di immunità elettromagnetica*, ovvero la verifica del corretto funzionamento di un apparato elettronico in presenza di forti campi elettromagnetici: in questo caso le antenne di riferimento, collegate



Figura 1

Misure di immunità elettromagnetica sui dispositivi elettronici di un'autovettura mediante un'antenna logaritmica.

a generatori RF, devono essere in grado di generare, in una determinata regione di spazio dove viene collocato il DUT, dei valori di campo ben definiti e ripetibili (**Figura 1**).

Le *misure di antenna*, oggetto del presente articolo, riguardano invece tutte le misure volte a caratterizzare il comportamento radiativo delle antenne, sia in fase di progetto che di validazione finale. In questo caso le antenne di riferimento operano generalmente come riceventi (o comunque trasmettendo livelli di potenza molto bassi) dal momento che lo scopo di queste misure è sostanzialmente quello di definire le caratteristiche elettriche dell'antenna da testare (AUT), quali ad esempio il guadagno, i diagrammi di radiazione, la discriminazione della polarizzazione incrociata, l'*axial ratio* e così via.

3. Caratteristiche di un'antenna di riferimento.

La scelta corretta di un'antenna di riferimento permette sia di agevolare le misure sia di aumentarne l'accuratezza. In generale sono due i fattori principali da tener conto:

- Il tipo di antenna che si intende caratterizzare (AUT, *Antenna Under Test*);
- Il campo o setup di misura di cui si dispone.

Vediamo quindi quali sono i requisiti principali che un'antenna di questo tipo deve o dovrebbe avere, fermo restando che i suoi parametri elettrici devono essere noti e certi, indipendentemente dal fatto che l'antenna di riferimento sia stata certificata da un ente esterno o caratterizzata in proprio.

- Banda operativa.

Un'antenna di riferimento a larga banda, in grado di operare su più ottave, è spesso la soluzione più conveniente, in quanto permette di utilizzare lo stesso setup di misura per caratterizzare prodotti diversi. Nelle **Figura 2** e **Figura 3** è mostrata un'antenna con queste caratteristiche, operante tra 0.4 e 6 GHz, con le relative curve di guadagno nelle due polarizzazioni ortogonali.



Figura 2

Antenna di riferimento in doppia polarizzazione per la banda da 400 MHz a 6 GHz.

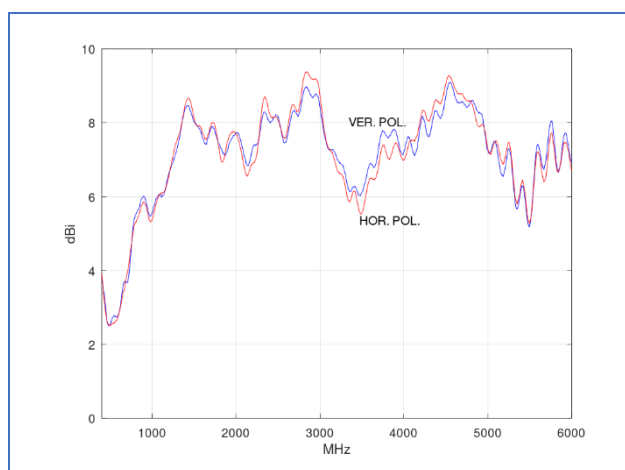


Figura 3

Curve di guadagno dell'antenna di Figura 2 nella banda da 400 MHz a 6 GHz.

Qualora si dovessero utilizzare bande di frequenza più strette, ad esempio per caratterizzare delle famiglie di prodotti operanti nelle bande *IoT*, è possibile optare per antenne di riferimento dedicate a quelle porzioni

di spettro. Le **Figure 4** e **5** riportano un esempio di antenna in doppia polarizzazione di questo tipo e la corrispondente curva di caratterizzazione relativa alla banda da 700MHz a 960MHz.

A volte un'antenna di riferimento a banda strettissima ($\approx 2\%$) ottimizzata per una particolare applicazione, come la misura del TRP a 169 MHz, permette di ottenere risultati più accurati e ripetibili (**Figura 7**).



Figura 4

Calibrazione di un'antenna di riferimento in doppia polarizzazione per le sole bande IoT da 690 a 960 MHz, eseguita utilizzando due esemplari identici della stessa antenna.

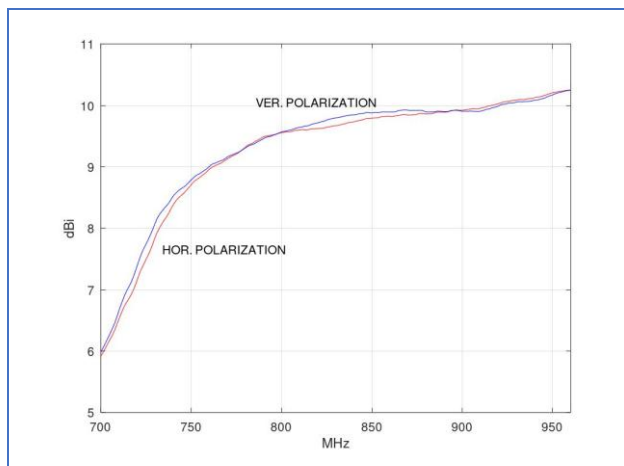


Figura 5

Curve di guadagno dell'antenna di Figura 4 nella banda 700÷960 MHz.

- Guadagno e diagrammi di radiazione.

La curva di guadagno è ovviamente il parametro più importante per un'antenna di riferimento e può essere fornita dal costruttore, da un ente certificatore esterno oppure ricavata sperimentalmente, utilizzando due antenne identiche prima di effettuare le misure.

A meno di non operare in setup all'esterno a distanze R piuttosto elevate, non è necessario avere antenne calibrate con elevati valori di guadagno, tanto che in alcuni casi l'antenna di riferimento può includere componenti o materiali dissipativi, sia per migliorarne l'adattamento su porzioni estese di banda sia per attenuare eventuali lobi laterali.

Il diagramma di radiazione desiderato consiste in un solo lobo principale, né troppo largo né troppo stretto (in funzione della distanza R del campo di misura), in modo da poter contare su un discreto filtro spaziale (reiezione dei raggi riflessi) sia una non criticità di puntamento verso l'AUT. Nelle misure in camera anecoica, a distanze R piuttosto piccole, larghezze di fascio tra 40° e 70° sono da considerarsi ottimali.

Diagrammi di radiazione troppo stretti possono risultare incompatibili in campi di misura con dimensioni limitate, in quanto aumentano la distanza di campo lontano e le difficoltà di puntamento verso l'AUT.

- Adattamento.

Contrariamente a quanto si possa pensare, nelle antenne di riferimento non è necessario avere un adattamento molto spinto, e valori di ROS in banda inferiori a $2 \div 2.5$ sono da considerarsi tipici. Infatti, nella misura della curva di guadagno dell'antenna si tiene conto del contributo peggiorativo dovuto al coefficiente di riflessione, riferendoci quindi al cosiddetto *realized gain*.

- Polarizzazione.

È importante che un'antenna di riferimento venga progettata con un'elevata discriminazione della polarizzazione incrociata, che dovrebbe essere di almeno 25 o 30 dB, in particolare nel caso in cui si debbano misurare antenne per applicazioni dove la purezza della polarizzazione caratteristica dell'AUT è un requisito importante, come radar o SAR.

Nel caso dell'antenna di **Figura 2**, è possibile far vedere la curva di XPD misurata nella banda di frequenza da 350 MHz a 6 GHz (**Figura 6**).

Questa antenna, progettata e realizzata ad hoc all'interno della nostra azienda, consiste in due coppie di antenne *Vivaldi* mutuamente ortogonali ed integra uno switch RF che permette l'acquisizione delle componenti H e V del campo in modalità automatica, senza dover modificare manualmente il setup di misura.

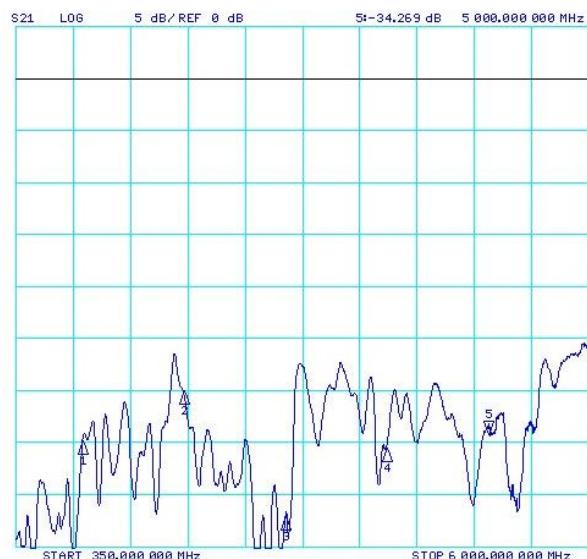


Figura 6

Misura di XPD dell'antenna di **Figura 2**.

A tal proposito vi sono numerose antenne di riferimento in doppia polarizzazione, ovvero provviste di due connettori separati per la polarizzazione H e la polarizzazione V, così da migliorare velocità ed accuratezza nelle misure delle componenti separate del campo.

- Dimensioni ed altri requisiti meccanici.

In linea di principio, un'antenna con determinate caratteristiche di guadagno e larghezza di fascio in banda, può essere realizzata in differenti modi, partendo da tipologie diverse di sorgenti.

Nell'operare questa scelta, nel progetto di un'antenna di riferimento, è necessario chiedersi dove si trova, e come varia in banda, il centro di fase dell'antenna: è infatti importante scegliere un elemento radiante con un centro di fase più facilmente definibile ed il più possibile costante in banda rispetto ad altre strutture dove ciò non accade. Questo permette di definire con maggior precisione una sezione di riferimento rispetto alla quale poter misurare la distanza geometrica R del radiocollegamento tra l'antenna (o il dispositivo) sotto misura e l'antenna calibrata.

Infatti, per calcolare l'attenuazione di spazio libero, è necessario conoscere il parametro geometrico R il più accuratamente possibile e per questo spesso è meglio utilizzare un'antenna calibrata di tipo *broadside* rispetto ad una di tipo *endfire*, o comunque un'antenna per la quale sia chiaramente definibile una sezione di riferimento, rispetto alla quale il centro di fase si discosta poco in banda, come ad esempio le antenne a bocca radiante.

Come regola empirica quindi, nel caso di antenne *endfire* quali Yagi o logaritmiche, è meglio privilegiare un'antenna la cui dimensione fisica L_L lungo la direzione di massima radiazione sia il più possibile piccola rispetto alla lunghezza R del radiocollegamento ($L_L \ll R$).

Si ricorda altresì che, nel campo di misura adottato, deve sempre essere $R \gg L$ dove L rappresenta la massima dimensione dell'antenna, ma qui ovviamente ci si riconduce ai requisiti di campo lontano.

Riguardo alla qualità costruttiva, un'antenna di riferimento viene concepita e realizzata in modo da poter essere robusta ed indeformabile, in quanto potenzialmente soggetta a frequenti montaggi e smontaggi nel corso dell'allestimento di un setup di misura. Col termine *indeformabile*, poco ortodosso ma significativo, si intende un elemento radiante le cui caratteristiche elettriche non siano sensibili ad una eventuale modifica involontaria della geometria dell'elemento stesso, o comunque costruito in modo che questo non accada.

Spiegandoci meglio, se ad esempio come antenna di riferimento si utilizza una Yagi costruita con degli elementi molto sottili, un eventuale piegatura accidentale di un elemento può portare ad una alterazione del guadagno dell'antenna e ad una conseguente perdita della calibrazione.

Non ultimo requisito che un'antenna di riferimento deve avere è un'interfaccia meccanica che ne agevoli le frequenti operazioni di montaggio, orientamento e puntamento all'interno del setup di misura.

La progettazione di sistemi di fissaggio che permettano un agevole e ripetibile posizionamento dell'antenna calibrata è fondamentale per garantire accuratezza nelle misure e rappresenta un aspetto non trascurabile nello sviluppo di prodotti ad hoc per questa applicazione.

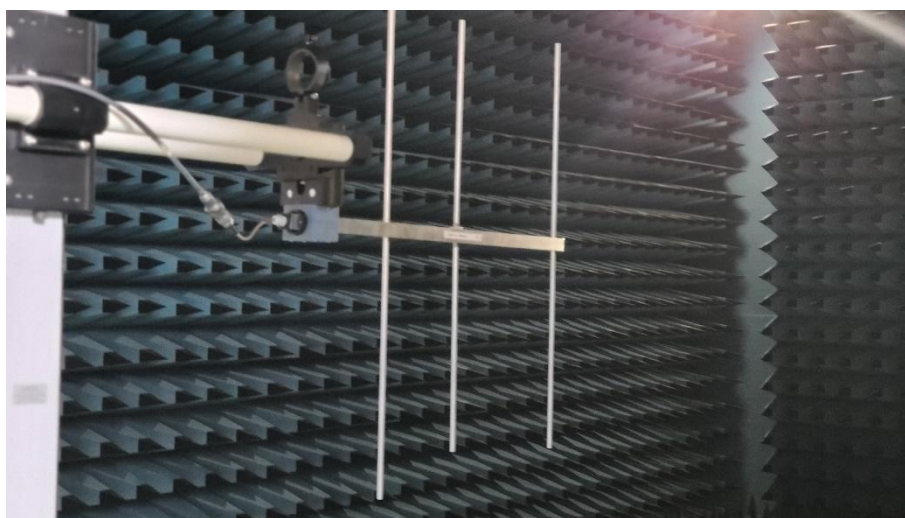


Figura 7

Antenna di riferimento a banda strettissima ($\approx 2\%$) realizzata ad hoc per misure di TRP su contatori del gas in banda 169 MHz.

4. Conclusioni.

L'allestimento di un setup di misura dei parametri d'antenna in campo lontano richiede esperienza e soprattutto la conoscenza dell'ambiente in cui si opera: possedere una sensibilità personale sul tipo di dati che si acquisiscono in un determinato contesto viene prima di ogni ragionamento di tipo accademico o di certificazione. A volte infatti si tende di più a preoccuparsi della carta che non dei numeri riportati su di essa. Proprio in concomitanza della redazione del presente articolo, parlando con un cliente che si occupa di *Smart Metering*, abbiamo appreso che delle misure di TRP effettuate sul medesimo dispositivo da laboratori diversi hanno portato a risultati (anche molto) differenti. Addirittura, misure ripetute da uno stesso laboratorio a distanza di tempo sullo stesso DUT hanno dato esiti diversi.

Ma come è possibile? Senza addentrarci in questioni che potremmo definire delicate e che da sole porterebbero a scrivere un intero articolo, possiamo solo concludere che, per quanto se ne dica, da un punto di vista operativo la scelta dell'antenna di riferimento è dipendente dal setup di misura, ovvero il setup di misura deve essere allestito tenendo conto del tipo di antenna di riferimento in uso.

Dopo aver dato un'infarinatura sulle antenne di riferimento e sulla loro importanza nelle misure d'antenna, terminiamo qui l'articolo con questo spunto di riflessione.

A cosa serve caratterizzare un'antenna?

A prescindere o meno da ogni certificazione ufficiale, la possibilità di effettuare misure certe e ripetibili è un requisito fondamentale per essere in grado di sviluppare prodotti altamente performanti, specie quando essi devono far fronte ad applicazioni specifiche e particolari come nel caso delle antenne custom.

È quindi possibile concludere questa breve disamina sulle antenne di riferimento con un suggerimento importante per chiunque necessiti di un'antenna professionale custom: accertarsi sempre che il fornitore a cui ci si affida per tale esigenza abbia al suo interno know-how e attrezzature di laboratorio adeguate ad effettuare misure d'antenna affidabili nel corso di tutte le fasi di progettazione e caratterizzazione del prodotto.



*Tutte le informazioni e le esperienze riportate in questo articolo sono frutto dell'attività di **progettazione, sviluppo e realizzazione di antenne custom professionali** svolta da [ElettroMagnetic Services Srl](#) con il metodo [AntennaSuMisura](#).*

*Per **domande, chiarimenti o approfondimenti** in merito a questo o ad altri argomenti riguardanti le **antenne professionali** scrivi a bollini@elettromagneticservices.com*

Grazie per il tempo che hai dedicato alla lettura di questo articolo.

Trovi l'elenco completo delle nostre pubblicazioni tecniche cliccando qui:

<https://www.elettromagneticservices.com/news>



by

ElettroMagnetic Services
SRL

Trasmettiamo la tua eccellenza!