

Apparecchiature e procedure per la valutazione delle prestazioni della stazione di misura multibanda

M. Bini, D. Andreuccetti, A. Ignesti, L. Pieri, S. Priori

IFAC–CNR, Via Panciatichi, 64, 50127 Firenze
m.bini@ifac.cnr.it

Abstract – This short paper describes the realization of an apparatus for testing the measuring capabilities of a multi-band measuring station that is part of a network for monitoring the level of electromagnetic (EM) fields dispersed in the environment by the various type of EM sources used in telecommunications (radio and TV broadcasting, radio-base stations for cellular phones, etc.). One of the innovative characteristics of the measuring station is that it can make selective measurements of the signal intensity (using rms values) in all the frequency bands of interest in telecommunications (100 kHz ÷ 3 GHz), independently of the frequency and modulation of the received signal. To this end, the testing system is equipped with a set of signal generators, that are suitably modulated to simulate the real signals with regard to frequency and bandwidth. The output signal is split into two equal parts: one is fed to the measuring station being tested, and the other to a reference bolometer. The results are then compared and their consistency is evaluated.

Introduzione

La rete di monitoraggio progettata all'interno del progetto *Salvaguardia dell'uomo e dell'ambiente dalle emissioni elettromagnetiche* è costituita da un insieme di stazioni di misura multibanda (SMMB) dotate di selettività in frequenza, collegate ad una centrale di controllo che provvede alla raccolta, elaborazione e presentazione dei dati misurati[1]. La SMMB – che grazie alle sua capacità di effettuare misure *a banda stretta* permette di misurare i contributi di singole sorgenti in tutte le bande di interesse – costituisce il punto di forza di questa rete. Essa ha una struttura modulare, nella quale si riconoscono questi sub-assiemi: *sensori; ricevitore e Unità di Governo Locale (UGL)*; dispositivi (Tx/Rx) di *collegamento con la centrale di controllo*. Si tratta di un sistema abbastanza complesso, che necessita di un insieme di verifiche che ne valutino il corretto funzionamento.

Apparecchiature e metodi per la valutazione delle prestazioni della SMMB

La procedura più naturale per sottoporre a verifica la SMMB sarebbe, ovviamente, quella di: (a) posizionare la stazione in un sito nel quale siano presenti campi EM significativi per intensità e distribuzione spettrale; (b) effettuare una misura con la SMMB e un'altra con strumentazione calibrata; (c) confrontare i risultati delle due misure e valutarne il livello di

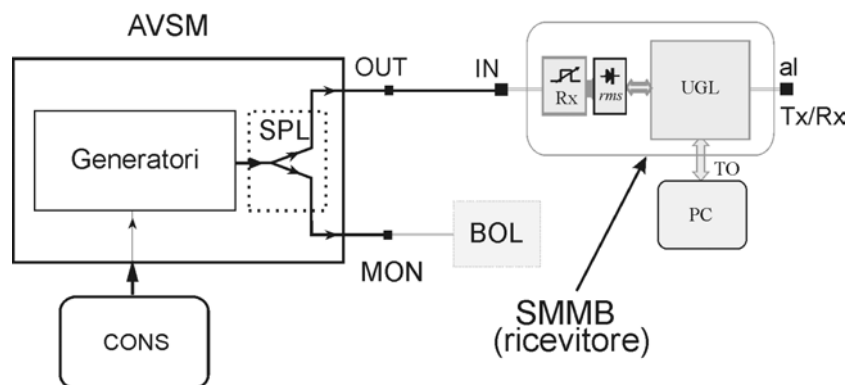


Figura 1. Uso della AVSM per il test del blocco "ricevitore–UGL" di una SMMB; un calcolatore (PC) è collegato all'interfaccia *operatore* (TO) della stazione di misura.

concordanza. Questa procedura però, oltre a richiedere il reperimento di un sito idoneo (vi siano segnali significativi; sia facilmente raggiungibile; si riesca a eseguire le misure di confronto in maniera agevole) presenta almeno altri due aspetti critici: (1) per eseguire la prova è necessario che la SMMB sia già stata completamente assemblata; (2) il test coinvolge la SMMB nel suo insieme, così che, in caso di malfunzionamento, può essere difficile risalire all'elemento che lo ha provocato (che cosa non ha funzionato correttamente: il sensore? Il ricevitore? il sistema di rivelazione? E così via).

Una approccio alternativo, che presentiamo in questo articolo, consiste nel trarre vantaggio dalla modularità della stazione di misura e sottoporre a verifica in laboratorio ogni suo sub-assieme (sensori, ricevitore ecc.), in una situazione sperimentale controllata.

Alcuni sub-assiemi possono essere testati con procedure, sia pure complesse, ma sostanzialmente standard. Tali sono ad esempio i test sui sensori o quelli sul sistema di comunicazione che collega la SMMB con la centrale di controllo. I sensori possono essere provati in camera anecoica o in una cella di calibrazione e il sistema di trasmissione può essere verificato come sub-assieme a sé stante, senza che la sorgente dei segnali sia la SMMB.

Un discorso più delicato va invece fatto per il ricevitore e per il sistema di rivelazione, i quali debbono fornire una misura corretta del vero valore efficace (rms) associato al segnale, qualsiasi sia la frequenza e il tipo di modulazione. Per far fronte a questo tipo di verifica, abbiamo progettato un'apparecchiatura ad hoc che nel seguito indicheremo con l'acronimo AVSM (Apparecchiatura per la Verifica di Stazioni Multibanda).

L'AVSM è costituita da un insieme di generatori in grado di produrre segnali con caratteristiche (di frequenza, tipo di modulazione, occupazione di banda ecc.) tali da rappresentare in maniera significativa quelli immessi nell'ambiente dalle sorgenti di campo EM. Inoltre, l'AVSM permette di confrontare la risposta della SMMB a questi segnali con quella di un misuratore a *vero valore efficace (rms)*.

La **Figura 1** mostra un esempio di impiego della AVSM, che ci aiuta a chiarire ciò di cui stiamo parlando. L'AVSM (rappresentata dal blocco di sinistra) è costituita dal sub-assieme "Generatori", da uno splitter, che divide il segnale in uscita in due parti uguali, e dalla Consolle di controllo (CONS). Una delle due uscite (OUT) dello splitter va alla SMMB in prova e l'altra (MON) è collegata ad un *bolometro* (BOL), che costituisce il misuratore di

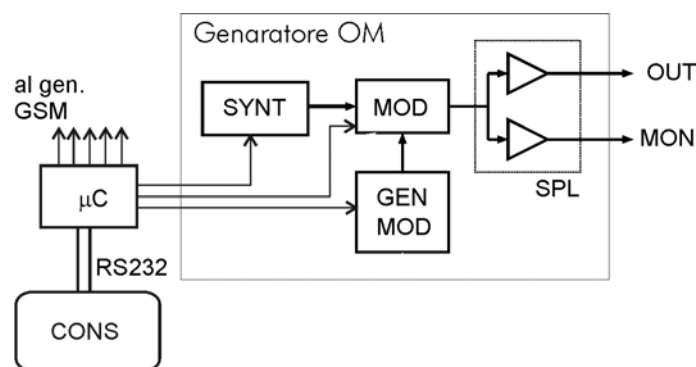


Figura 2. Schema a blocchi del generatore per la banda OM.

Legenda: SYNT = oscillatore sintetizzato; MOD = modulatore; GEN MOD = generatore dei segnali di modulazione; SPL = splitter; µC = microcontrollore; CONS = Consolle di Controllo del generatore; MON = monitor (bolometro)

riferimento per la misura del valore efficace (*rms*) del segnale.

La SMMB sotto prova o meglio il blocco ricevitore-UGL¹ è mostrato sulla destra della **Figura 1**. I dati misurati dalla stazione vengono immagazzinati nella sua memoria, letti con un PC collegato all'interfaccia TO e confrontati con quelli misurati dal bolometro (BOL).

Nella versione in via di realizzazione il sub-assieme "Generatori" è costituito di fatto da due moduli: un generatore nella gamma delle trasmissioni radio in onda media modulate in ampiezza (radio AM-OM), che va da 530 kHz a 1600 kHz, e un altro di frequenza molto più alta e modulazione più complessa, adatto a simulare le stazioni radio base della telefonia cellulare GSM900.

Generatore di segnali AM-OM. Il generatore (schema a blocchi in **Figura 2**) copre la banda 530 kHz ÷ 1.6 MHz, occupata dalle trasmissioni radio a modulazione di ampiezza (AM) in onda media (OM). Si tratta di un intervallo di frequenze di notevole interesse, dato che i trasmettitori OM sono fra le sorgenti ambientali più potenti.

La portante in uscita dal sintetizzatore è inviata al modulatore di ampiezza che utilizza per la modulazione una delle forme d'onda prodotte dal generatore (GEN MOD), oppure una proveniente da un ingresso esterno. Il segnale è infine inviato alle due uscite OUT e MON, dopo essere stato diviso in due parti uguali dallo splitter (SPL), realizzato con due amplificatori operazionali in configurazione buffer.

Tutte le funzione del generatore (frequenza di lavoro, profondità di modulazione, scelta

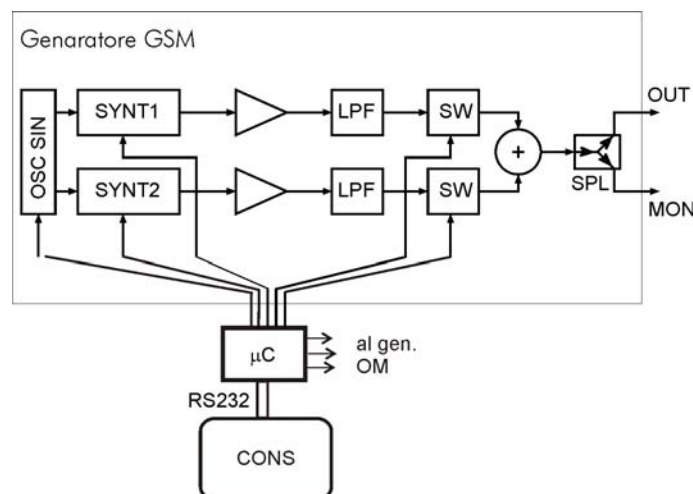


Figura 3. Schema del generatore di segnali GSM. SINT1 e SINT2 = oscillatori sintetizzati; LPF = Low Pass Filter; SW = interruttore a diodi PIN; SPL = splitter;

del tipo di segnale modulante) sono gestite dal microcontrollore (μC), i cui comandi vengono impostati dall'operatore mediante la Consolle.

L'*oscillatore sintetizzato* è realizzato secondo lo schema classico di VCO controllato a PLL con divisori programmabili che permettono di scegliere la frequenza a passi di 10 kHz².

Il *modulatore* fa ricorso ad un amplificatore operazionale a transconduttanza variabile il cui guadagno viene controllato dal segnale modulante.

¹ La SMMB è priva del sensore e del sub-assieme Tx/Rx, per il collegamento con la centrale di controllo. Come già abbiamo detto questi due sub-assiemi possono essere testati con procedure standard e quindi, nella verifica delle prestazioni della SMMB, la prova sul blocco ricevitore-UGL deve essere considerata quella più significativa.

² Nell'attuale realizzazione il divisore programmabile utilizza una catena di divisori che a salti successivi porta la frequenza prescelta dalla banda AM-OM fino ai 10 kHz dell'oscillatore di riferimento. Per le versioni successive, se si riterrà necessario avere una scansione della banda AM-OM a passi inferiori degli attuali 10 kHz, questo potrà ottenersi senza grandi difficoltà abbassando la frequenza dell'oscillatore di riferimento e aumentando i bit della catena dei divisori.

Generatore di segnali GSM. Il modulo in via di realizzazione (schema a blocchi in **Figura 3**) riguarda le frequenze 935÷960 MHz, assegnate ai 124 canali di downlink del GSM900, e può essere modulato in modo da simulare il segnale reale sia per quanto riguarda gli slot temporali, sia per l'occupazione di banda di ogni canale.

Il generatore si basa su due oscillatori sintetizzati a PLL (SYNT1 e SYNT2), la cui frequenza può essere impostata su uno qualsiasi dei 124 canali. Ciascun oscillatore può essere modulato in frequenza tramite l'oscillatore (OSC SIN) che fornisce un'oscillazione sinusoidale di frequenza 135.4 kHz ed ampiezza tale da provocare una deviazione di ± 67.7 kHz. Inoltre, ogni oscillatore è seguito (dopo un blocco "amplificatore in saturazione-filtro passa basso", per garantire ampiezza costante) da un interruttore a diodo PIN (SW), che simula gli slot temporali della modulazione TDMA ($577 \mu\text{s}$, time slot; $8 \times 0.577 = 4.616$ ms, trama o frame).

Consolle di controllo. È lo strumento attraverso il quale l'operatore impartisce i comandi all'AVSM e ne controlla il funzionamento. In sostanza, si tratta di un programma in Visual Basic™, che gira sotto Windows su un normale PC, connesso all'AVSM attraverso la porta seriale. Mediante la sua interfaccia grafica (**Figura 4**) l'operatore può impostare parametri e funzioni dell'AVSM. I due pulsanti in alto a sinistra consentono di attivare il generatore AM-OM e quello GSM.

La sezione AM-OM permette di impostare la frequenza dell'oscillatore (fra 530 e 1600 kHz), il tipo di modulazione (tono puro a 800Hz o 2kHz, onda quadra, nessuna, esterna), e la sua profondità.

La sezione GSM è divisa in due parti, una per ogni oscillatore. Si può scegliere: il numero di canale; se è presente o no la modulazione di frequenza; quali e quanti sono i time slot attivi.

Dei due oscillatori, uno viene usualmente utilizzato con tutti e otto i time slot attivi (*canale di broadcasting*), mentre l'altro può avere attivi da uno a otto time slot. Queste scelte permettono di simulare il tipo di segnale presente in prossimità di una stazione radio base in varie situazioni di traffico.

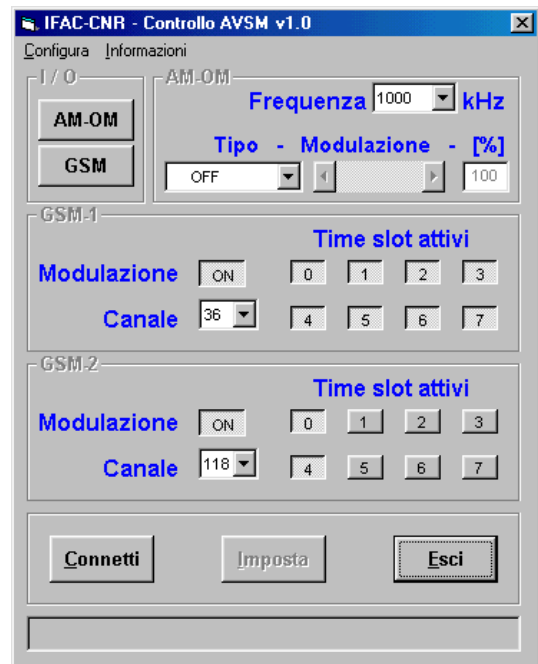


Figura 4. Interfaccia grafica della consolle di comando

Conclusioni e lavoro futuro

Abbiamo presentato la realizzazione di una apparecchiatura per verificare le prestazioni di misura di una SMMB. Il cuore di questa apparecchiatura è costituito da un insieme di generatori in grado di simulare i segnali associati ai campi presenti nell'ambiente nelle varie bande di interesse. Al presente sono stati realizzati i moduli relativi alle radio AM-OM e al GSM900. In ambedue i casi i segnali prodotti dai generatori hanno caratteristiche di frequenza e modulazione idonee a simulare le caratteristiche significative dei segnali reali.

Il lavoro proseguirà sottoponendo a test con questa configurazione di AVSM la SMMB, non appena questa sarà disponibile. Se sarà ritenuto necessario la AVSM verrà corredata di altri moduli di generatori, come quello per le radio FM e i ripetitori TV.

Bibliografia

- [1] Rete di monitoraggio di campi elettromagnetici dispersi nell'ambiente: specifiche tecniche, IROE Technical Report RR/ICEMM/02.02, Febbraio 2002