



Lenovita' introdotte dalla UNI EN ISO 18233 Il Collaudo Acustico degli Edifici

a cura di : Franco Bertellino

Introduzione

La norma UNI EN ISO 18233:2006 Acustica - Applicazione di nuovi metodi di misurazione per l'acustica negli edifici e negli ambienti interni indica linee guida e specifica i requisiti per l'applicazione di nuovi metodi per la misurazione delle proprietà acustiche di edifici e di elementi di edificio.

Vengono indicati linee guida e requisiti per la scelta del segnale di eccitazione, l'elaborazione del segnale e del controllo ambientale unitamente ai requisiti per la linearità e l'invarianza temporale per i sistemi sottoposti a prova. La norma si applica alla misurazione dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti adiacenti e di facciata, al tempo di riverberazione ed altri parametri acustici di ambienti, alla misurazione dell'assorbimento acustico nella camera riverberante e alla misurazione del fattore di smorzamento. La norma specifica metodi di misurazione da utilizzare **in alternativa** ai metodi specificati in norme che trattano di metodi classici come la UNI ISO 140 (tutte le parti), la UNI EN ISO 3382 (tutte le parti) e la ISO 17497-1 (scattering). E' dunque importante osservare come tale norma possa essere benissimo utilizzata anche ai fini di un normale collaudo in edilizia in conformità al d.P.C.M. 5/12/1997.

Benchè nel Ns. Paese si stenti a recepire immediatamente le novità scientifiche, ci teniamo a sottolineare come tale norma permetta di risolvere alcuni problemi metrologici molto importanti, soprattutto nel settore dell'acustica edilizia.

L'acustica edilizia è uno dei settori in cui sta diventando molto importante eseguire misure con una ridotta incertezza, e dunque è importante sapere che la norma UNI EN ISO 18233 ci può aiutare a migliorare enormemente i Ns. risultati di misura.

Le problematiche maggiori che possono essere risolte sono:

- la misura di bassi livelli sonori in presenza di rumore di fondo (problema tipico nel caso di ambienti realizzati con buoni isolamenti acustici, laddove si debba fare una misura nell'ambiente ricevente);
- La misura di bassi tempi di riverberazione (problema tipico in ambienti già arredati).

La norma ISO 18233 descrive, fra l'altro, la tecnica *Swept Sine* ("Sinusoide spazzolata"), che utilizza un segnale sinusoidale a frequenza variabile (crescente esponenzialmente nel tempo). Attraverso l'estrazione della risposta all'impulso tramite la tecnica matematica di deconvoluzione è possibile ottenere risultati attendibili relativi all'isolamento acustico per via aerea fra ambienti adiacenti in condizioni di elevato rumore di fondo, in presenza di elevati indici di isolamento e con ambienti aventi un ridottissimo tempo di riverberazione.

L'utilizzo di tale tecnica è oggi possibile grazie alla implementazione resa di uso comune nel **nuovo fonometro NORSONIC 140 e nel classico NORSONIC 121.**

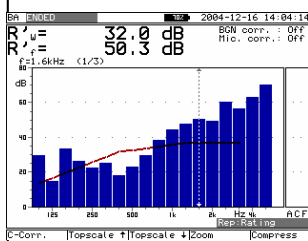
NOR 140 L'ultimo nato di casa Norsonic



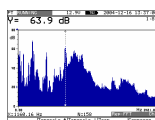
Caratteristiche

- Analizzatore in tempo reale in 1/3 ottava o 1/1 ottava
- Misura contemporanea livelli pesati "A" e "C" o "Z"
- Misura in parallelo dei parametri SPL, Leq, Lmin, Lmax, LE, Lpeak
- Registrazione audio in formato 8, 16 o 24 bit con campionamento a 12 kHz o 48 kHz.
- Memoria estesa con uso di scheda SD
- Interfaccia mediante collegamento veloce USB 2.0
- Connettore Lemo 7 pin e ICP
- Schermo retroilluminato ad alta risoluzione grafica
- Oltre 120 dB di gamma dinamica
- Rilevamento toni puri mediante avanzata analisi FFT
- Generatore interno
- Controllo misure a distanza
- Misure con tecniche Swept-Sine

Segue pag.3



NOR 121 Il classico SEMPRE Attuale



Il metodo “Swept Sine”

Il metodo *Swept sine* può essere ben rappresentato dal seguente schema.

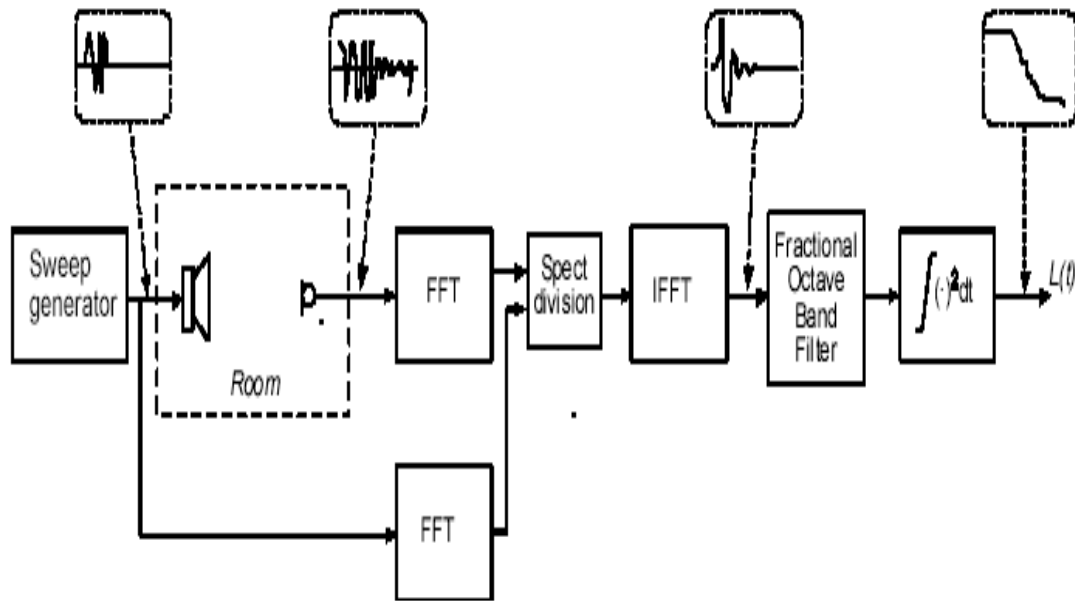


Figura 1 – Schema a blocchi del metodo Swept Sine

Il segnale utilizzato per eccitare l'ambiente è, appunto, una sinusoidale a frequenza variabile; il segnale in ricezione, modificato dalle caratteristiche ambientali, viene trasformato in frequenza (FFT) e successivamente, attraverso alcuni passaggi matematici - una divisione spettrale fra ingresso e uscita del sistema, una trasformazione inversa di Fourier, una suddivisione in bande di frequenza - si ottiene come risultato la risposta all'impulso dell'ambiente.

È interessante osservare che lo spettro di frequenza di una sinusoidale spazzolata o *Swept Sine* è sostanzialmente rumore rosa, e questo è un fatto particolarmente utile nelle misure di acustica edilizia per sfruttare al meglio le caratteristiche dinamiche degli altoparlanti.

Speciale SONIDO PRO:

ottobre a 95€
oltre I.V.A.

I posti sono LIMITATI

*iscrivendoti ad una delle date potrai avere SONIDO PRO 1.5.5.
con il 20% di sconto*

*Se hai già SONIDO PRO 1.5.5. potrai avere la seconda licenza
per postazione con il 20% di sconto*

*Se possiedi SONIDO e vuoi la nuova Suite 1.5.5, potrai
aggiornare la versione con il 20% di sconto*

TUTTO QUESTO PARTECIPANDO AD UNO DEI SEMINARI:

02 OTTOBRE 2008
03 OTTOBRE 2008
17 OTTOBRE 2008

**RICORDA, il 20% di sconto
vale solo se sei regolarmente iscritto ad una delle date proposte**

Orario 09:00 13:00

**Viene rilasciato attestato di partecipazione
convenzione con Hotel vicino alla sede Microbel S.r.l.
i seminari prevedono il Coffe break**

Software previsionale
per il calcolo acustico
di edifici e di elementi
di edifici



**SONIDO
PRO**



La tecnica *Swept sine* in acustica edilizia

Le misure in acustica edilizia sono sostanzialmente di due tipi:

- La misura di livello sonoro in un ambiente (per valutare l'isolamento fra due ambienti – misura differenziale - o il livello assoluto – misura del livello di calpestio o del livello sonoro di impianti);
- La misura del tempo di riverberazione.

Attraverso queste tipologie di misura è possibile ricavare sia l'isolamento acustico (in opera o *in situ*) sia il livello di calpestio (in opera o *in situ*).

Tali misure sono descritte dalle diverse parti della norma ISO 140, **ma è altresì possibile utilizzare la norma ISO 18233 "Acustica – Applicazione di nuove metodologie di misura in acustica edilizia"**.

Questa norma descrive nuove tecniche che permettono di superare alcune problematiche metrologiche importanti che possono verificarsi nei seguenti casi:

- In presenza di un rumore di fondo significativo;
- In presenza di elevati valori di isolamento (ad esempio per pareti con oltre 55 – 60 dB di isolamento acustico).

Si osservi che, anche se spesso le pareti non presentano indici di isolamento così elevati, è tuttavia possibile che per alcune bande di frequenza (basse frequenze per il rumore di fondo, alte frequenze per isolamento elevato) tali problemi possano verificarsi con frequenza.

Anche la misura del tempo di riverberazione – che di solito richiede almeno 40 dB di rapporto S/N - può rivelarsi difficile in presenza di un significativo rumore di fondo o in grandi ambienti.

La tecnica *Swept Sine* usa un approccio completamente diverso dalle tecniche tradizionali, come si è visto sopra, e dunque il problema della gamma dinamica utile per la misura della risposta all'impulso è affrontato in modo assai diverso. Allo scopo di aumentare il rapporto S/N occorre un segnale di eccitazione dell'ambiente avente un livello sonoro il più elevato possibile, senza tuttavia incorrere in rischi di distorsione da parte del sistema di diffusione del segnale stesso. Poiché i sistemi di diffusione sonora (amplificatore + altoparlante) soffrono di problemi di distorsione (= non linearità), un aumento dei livelli di eccitazione produrrebbe, in condizioni normali (secondo la metodologia ISO 140), un sicuro effetto di distorsione. La tecnica *swept sine* è in grado di eliminare gli effetti della distorsione grazie alle tecniche matematiche di deconvoluzione utilizzate: in tal modo il rapporto S/N può essere aumentato in modo significativo (fino a 20 – 30 dB in più rispetto alle tecniche tradizionali). Questo notevole risultato è anche frutto del fatto che il sistema di diffusione sonora non deve generare simultaneamente tutte le frequenze, ma una alla volta (questo è esattamente dovuto alla definizione di "sinusoide spazzolata"): in tal modo è possibile eccitare l'ambiente con una energia molto superiore senza incorrere in problemi di non-linearità.

Una conseguenza di questo fatto è che impiegando un tempo superiore per la misura è possibile ottenere ulteriori incrementi del rapporto S/N.

nor140

FONOMETRO

Di semplice utilizzo

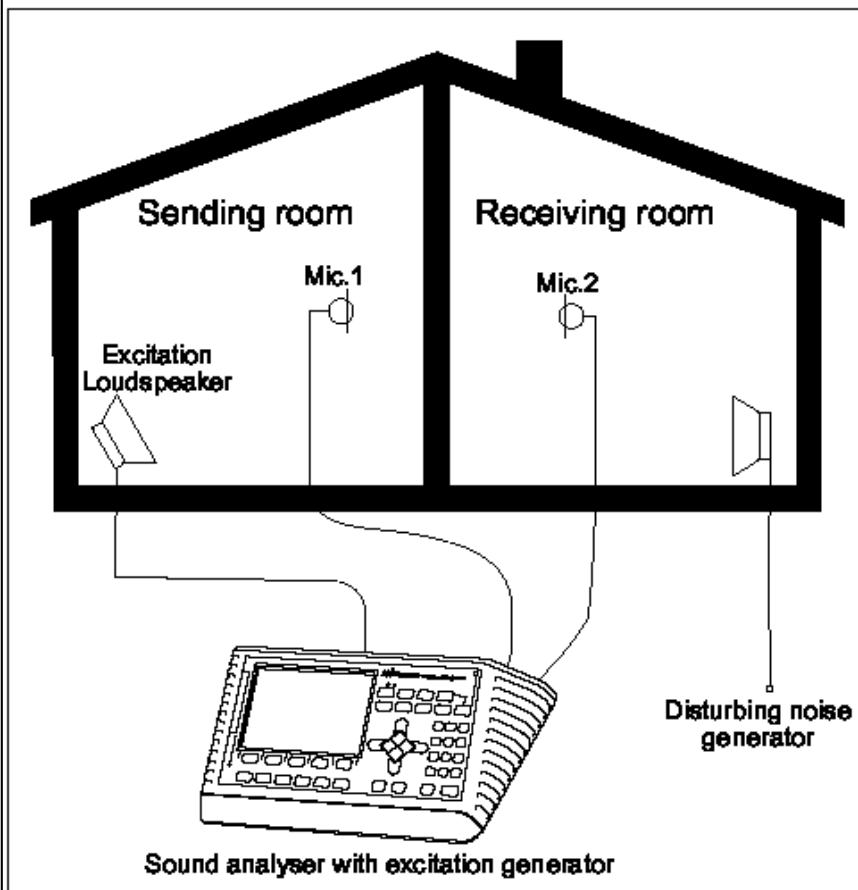
Il display grande retroilluminato con effetto specchio è eccellente per la lettura alla luce del sole. La retroilluminazione è necessaria unicamente in ambienti bui.

Lo strumento è progettato per essere utilizzato dalla stessa mano che lo tiene. I tasti assicurano un feedback tattile all'utente. La copertura in gomma antipolvere e spruzzo per i connettori e la card SD assieme al rivestimento ad alto attrito sulla parte posteriore garantiscono all'utente comodità ed una presa ottimale. Una gamma di impostazioni di fabbrica assieme alla possibilità da parte dell'utente di creare le proprie impostazioni minimizzano il rischio di eventuali errori nella preparazione dello strumento prima di una misura.



Esempio applicativo

Allo scopo di verificare i benefici offerti dalla tecnica *swept sine* si sono eseguite misure di isolamento acustico in opera secondo due diverse modalità (ISO 140-4 e tecnica *swept sine* secondo ISO 18233) e facendo variare il livello del rumore di fondo in maniera artificiale (generando un rumore rosa a *step* di 5 dB attraverso un sistema aggiuntivo di diffusione sonora nell'ambiente ricevente).



Nor 121



Figura 2 –

Schema della misura di isolamento

Le configurazioni oggetto di misura sono state le seguenti:

- N. 7 misure (al variare del rumore di fondo) con la tecnica tradizionale ISO 140-4 (eccitazione con rumore rosa a banda larga e analisi 1/3 di ottava di tipo parallelo);
- N. 7 misure (al variare del rumore di fondo) con la tecnica tradizionale ISO 140-4 (eccitazione seriale con rumore rosa a bande di 1/3 di ottava e analisi di tipo seriale);
- N. 7 misure (al variare del rumore di fondo) con la tecnica *swept sine* di durata 60 secondi;
- N. 7 misure (al variare del rumore di fondo) con la tecnica *swept sine* di durata 672 secondi;

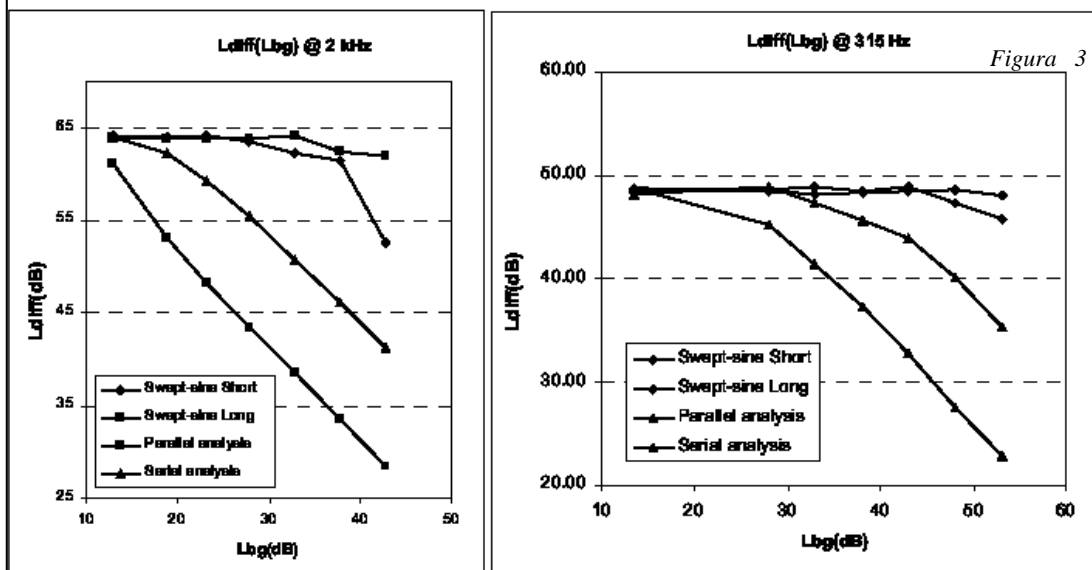
Prima delle misure, in condizioni di assoluta quiete, sono stati determinati i livelli del rumore di fondo "naturale". Inoltre sono stati misurati i livelli nell'ambiente emittente e nell'ambiente ricevente. I livelli di eccitazione più bassi corrispondono a quelli ottenuti con la tecnica ISO 140-4 classica (eccitazione a larga banda e analisi parallela 1/3 di ottava). I livelli aumentano di circa 12 dB se si passa alla tecnica di eccitazione seriale, ma questi possono ancora aumentare di alcuni dB con la tecnica *swept sine*. Questo è dovuto al fatto che il fattore di cresta dell'eccitazione *swept sine* è inferiore a quello dell'eccitazione dovuta a rumore rosa.



RICHIEDI IL NUOVO KIT PER L'ACUSTICA EDILIZIA
commerciale@microbel.it



I risultati delle misure sono riportati in forma sintetica nei grafici seguenti.



Risultati della misura di isolamento espressi sotto forma di differenza di livello nei due ambienti in funzione del rumore disturbante (ascisse) e del tipo di analisi eseguita (curve parametriche). Per esemplificazione sono riportati i soli diagrammi delle bande di 315 Hz (a destra) e

Come si può osservare, i risultati migliori sono ottenuti con la tecnica *Swept Sine* (lunga), ma anche con la tecnica *Swept Sine* (corta) i risultati sono sempre oltremodo affidabili rispetto alle tecniche tradizionali.

I vantaggi della tecnica Swept Sine rispetto alla tecnica MLS

Benchè la tecnica MLS (Maximum Length Sequence) fornisca risultati superiori rispetto alle tecniche tradizionali, vi sono certamente alcuni aspetti per i quali la tecnica Swept Sine risulta decisamente più affidabile, fra cui:

- Ininfluenza della distorsione armonica dell'altoparlante;
- Possibilità di raggiungere livelli di eccitazione dell'ambiente emittente superiori;
- Ininfluenza delle variazioni nel tempo del segnale di eccitazione.

Nella tecnica MLS la distorsione armonica dovuta alle non-linearità degli altoparlanti può causare come effetto un deterioramento della risposta all'impulso, mentre nella tecnica Swept Sine gli effetti della distorsione armonica possono essere rimossi in quanto la tecnica matematica utilizzata (deconvoluzione lineare) fa sì che le componenti di distorsione compaiano come componenti spettrali negative, e dunque una opportuna funzione di windowing le rimuove completamente. Dunque è anche possibile eccitare l'ambiente con livelli superiori, non curandosi delle possibili distorsioni.

Per quanto riguarda l'invarianza temporale, occorre ricordare che la tecnica MLS si basa sul concetto di media di molte misure consecutive sincrone: se si verifica una variazione delle condizioni di propagazione del suono (ad es. dovute ad effetti di variazione di umidità, temperatura, velocità e direzione del vento), la tecnica MLS può essere seriamente influenzata da tali variazioni.

La tecnica Swept Sine, al contrario, si basa su una singola misura, e dunque non è per nulla influenzata dalle variazioni temporali dei parametri sopra citati.

Tapping Machine Nor277

- Leggera (**solo 10 kg batterie incluse**) e compatta per l'esecuzione delle prove in conformità agli standard (ISO140 parte VI, VII e VIII, EN 20140, ASTM E492, etc.)
- Determinazione dell'indice unico L_n in conformità agli standard ISO 717-2 ASTM E-989
- **Procedura interna di controllo basata su sensori laser per il controllo della velocità di caduta dei piedini e della sequenza di battuta**



I vantaggi della tecnica Swept Sine per la misura di tempi di riverberazione

I possibili vantaggi della tecnica Swept Sine applicati alla misura dei tempi di riverberazione sono assolutamente interessanti, in quanto risulta possibile misurare tempi di riverberazione in condizioni di rumore di fondo molto elevato.

Nell'esempio che segue il tempo di riverberazione è stato misurato con tre diverse tecniche (analisi parallela in bande di 1/3 di ottava, analisi seriale in bande di 1/3 di ottava e tecnica swept sine). L'ambiente in cui si è eseguita la misura aveva un rumore di fondo pari a **96 dB** (!) in ciascuna banda di frequenza.

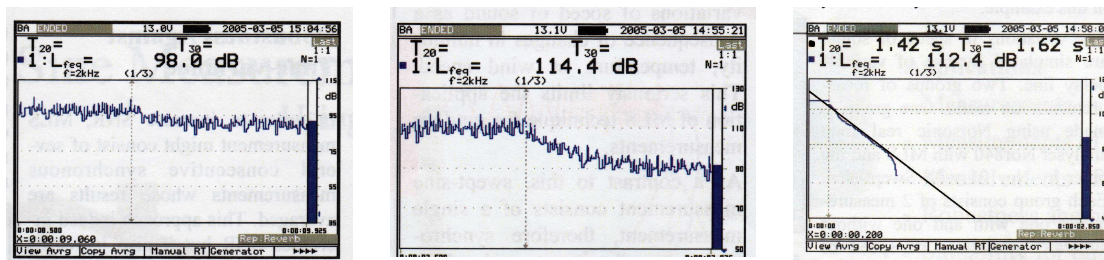


Figura 4 – Risultato della misura del tempo di riverberazione con tre diverse tecniche: analisi parallela (a sinistra), analisi seriale (al centro), tecnica Swept Sine (a destra). Le figure rappresentano l'analisi nella banda dei 2 kHz (1/3 di ottava)

Come si può osservare, nel caso della tecnica di analisi parallela (quella tradizionalmente utilizzata) la misurazione del tempo di riverberazione è impossibile (il segnale di eccitazione raggiunge i 98 dB, rispetto ad un rumore di fondo di 96 dB).

Nel caso di analisi seriale (ossia eccitazione avvenuta banda per banda) il livello di eccitazione aumenta (con conseguente aumento del rapporto S/N), ma risulta comunque impossibile eseguire la misura.

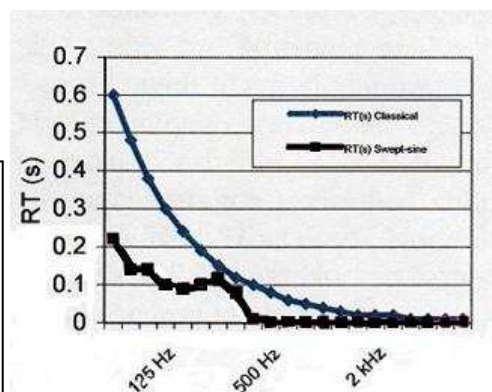
Nel caso della tecnica Swept Sine si può osservare come la pendenza ottenuta per il decadimento sia sufficiente per eseguire il calcolo del T20 e anche del T30.

Un ulteriore e notevole vantaggio del metodo *Swept Sine* sta nel fatto che risulta possibile misurare tempi di riverberazione anche in ambiente molto "secchi", con tempi di riverberazione molto contenuti.

Le tecniche tradizionali presentano grossi limiti, soprattutto alle basse frequenze, in quanto i filtri passabanda hanno tempi di decadimento interni che limitano verso l'alto la misura di bassi tempi di riverberazione.

Anche in questo caso la tecnica *Swept Sine* permette di arrivare a misurare tempi di riverberazione con limiti inferiori molto più bassi, come si può osservare nella seguente figura.

Figura 5 – Limiti inferiori per la misura di tempi di riverberazione molto ridotti: le tecniche tradizionali permettono di misurare tempi non inferiori a 0,6 – 0,5 secondi alle basse frequenze, mentre la tecnica Swept Sine può spingersi fino a 0,2 – 0,1 secondi.



micro news:

A cura della redazione web di microbel s.r.l.
Periodico di informazione tecnico-commerciale
Novità, normativa, prodotti del mondo dell'acustica.

ABBONATI alla NEWSLETTER info@microbel.it

Conclusioni

Si è dimostrato come la tecnica *Swept Sine*, implementata nell'analizzatore NORSONIC Nor121, possa essere utilizzata nell'ambito delle misure di acustica edilizia ed architettonica per la determinazione dei parametri classici di isolamento in opera e tempo di riverberazione qualora le condizioni al contorno (rumore di fondo, ambienti molto secchi, condizioni meteo) rendano impossibili l'esecuzione di misure con i metodi tradizionali (analisi parallela in bande di 1/3 di ottava in particolare).

La tecnica Swept Sine si dimostra superiore anche rispetto alla tecnica MLS.