

“Le caratteristiche della strumentazione per le misure di acustica edilizia”

La presente relazione ha l'obiettivo di descrivere in termini semplici e sintetici le caratteristiche e peculiarità della strumentazione per misure di acustica edilizia.

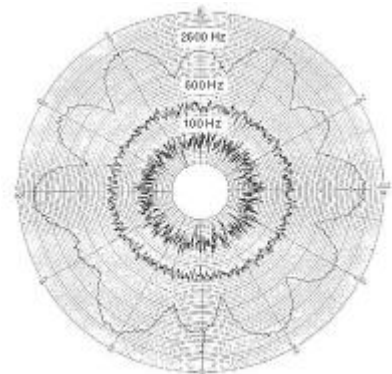
Sorgente di rumore:

La *sorgente* di rumore serve per generare un suono che permea di energia sonora il locale nel quale viene eseguita la misura del tempo di riverberazione o di isolamento.

La sorgente di rumore per la misura del tempo di riverberazione può essere costituita da una *pistola a salve* oppure da una sorgente *isotropica*.



Il primo tipo di sorgente ha il vantaggio di essere tascabile e di basso costo ma presenta dei notevoli svantaggi soprattutto quando devono essere rispettate alcune condizioni di misura; prima di tutto l'impulso sonoro costituito dal colpo di pistola non ha energia sufficiente alle basse frequenze e non permette quindi di avere una dinamica di misura sufficiente per il calcolo del tempo di riverbero nelle bande di frequenza più basse; non è riproducibile con sufficiente accuratezza, ne consegue che anche la



misura del tempo di riverbero potrà non essere riproducibile a meno che non vengano utilizzate delle medie su misure successive; non consente di stabilire un regime stazionario di energia sonora all'interno dell'ambiente; manda facilmente in sovraccarico il sistema a causa di un fattore di cresta elevato.

Il secondo tipo di sorgente, la *sorgente isotropica*, è costituito da una serie di altoparlanti (normalmente 12) disposti attorno ad un contenitore che si avvicina ad una forma sferica, per tale motivo viene chiamata *dodecaedro* o *emidodecaedro* (mezzo dodecaedro); tale sorgente viene tipicamente *pilotata* dal generatore di rumore dell'analizzatore (o da un generatore esterno) che possa emettere differenti tipi di segnale, tipicamente rumore *rosa*, *bianco*, *filtrato*, *impulsivo*, *MLS* o altri. La sorgente che emetta un rumore a banda larga, come un rumore bianco, evita di eccitare le frequenze di risonanza della sala e permette così una misura corretta.

La distribuzione dell'energia sonora prodotta dal dodecaedro all'interno dell'ambiente di misura dovrà essere il più possibile omogenea al fine di ottenere in ogni punto dell'ambiente un campo riverberato; per questo motivo la sorgente è detta isotropica e produce un campo sonoro isotropico. L'emissione della sorgente deve essere certificata attraverso un diagramma polare di emissione alle varie frequenze, fornito dal produttore, che permetta di verificare le caratteristiche di omnidirezionalità dell'emissione.



Il livello di emissione della sorgente è un altro fattore importantissimo da tenere in considerazione. Poiché, per la misura del tempo di riverberazione in particolare e per la misura di isolamento acustico in generale, è necessario registrare il decadimento dell'energia sonora o una differenza di livello di almeno 30dB (T30) per ogni banda di frequenza, la sorgente dovrà essere in grado di

emettere un livello di rumore sufficiente a superare il rumore ambientale di almeno 35dB per ogni banda di frequenza. Se è vero che per le frequenze medio alte questo è normalmente semplice da ottenere, non altrettanto vero è mano a mano che si scende verso le frequenze più basse dello spettro di misura. Per questo motivo le sorgenti omnidirezionali emettono tipicamente un livello di potenza sonora $L_w=118-120\text{dB}$ o superiore. Lo spettro di emissione presenta una prevalenza di energia nelle bande di frequenza attorno ai 125Hz ed alcuni amplificatori hanno dei filtri che aumentano l'emissione alle frequenze basse ed alte dello spettro.

Le sorgenti emidodecaedriche sono in pratica dei dodecaedri tagliati a metà sul piano orizzontale; hanno quindi 6 altoparlanti, e vanno appoggiate a pavimento. Del pavimento sfruttano le caratteristiche di riflessione per aumentare la potenza emessa e per uniformare l'emissione.

Generatore di rumore

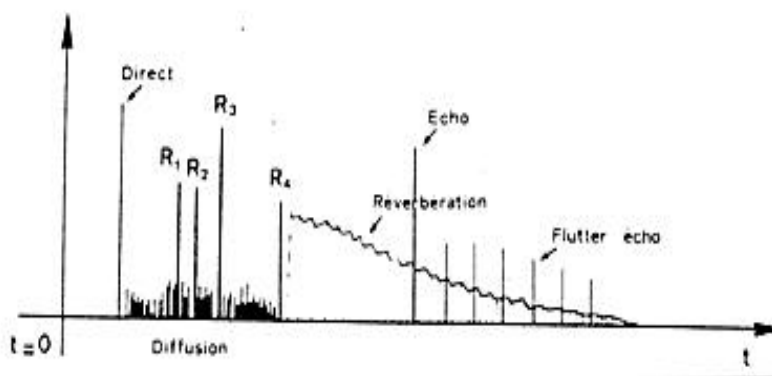
I generatori di rumore sono apparecchiature elettroniche che hanno il compito di emettere segnali. Possono essere di tipo integrato, ossia inseriti all'interno dell'elettronica dell'analizzatore di frequenza, oppure esterni. In questo caso vengono normalmente controllati attraverso un'interfaccia collegata all'analizzatore o ad un computer.

Come detto, il *dodecaedro* riceve dal generatore di rumore un segnale che viene successivamente immesso nell'ambiente sotto forma di energia sonora. I segnali utilizzati nelle misure di acustica edilizia sono i seguenti:

segnali *casuali* (o *random*) come il *rumore bianco*, *rosa*, *rosso* ecc. Sono segnali che contengono mediamente tutte le componenti dello spettro di frequenze con ampiezze mediamente costanti su tutto lo spettro. Il *rumore rosa* ha le caratteristiche appena citate ma la sua ampiezza decresce, rispetto al bianco, di 3dB/ottava in modo tale che lo spettro emesso in banda di ottava (banda percentuale costante) sia costante in ampiezza.

Segnali *impulsivi*: ossia segnali di durata temporale brevissima e per questo con spettro di frequenza esteso. I segnali impulsivi sono simili al classico colpo di pistola con la differenza che in alcuni generatori di rumore possono essere anche filtrati in banda di ottava.

Segnali di tipo *MLS*: sono segnali rosa o bianchi filtrati e generati da una *sequenza di massima*



lunghezza (Maximum Length Sequence) di ordine n . Il segnale emesso è sincronizzato con l'acquisizione dell'analizzatore in modo tale da eliminare l'influenza negativa del rumore di fondo o di un segnale troppo basso della sorgente. Tale tecnica elimina alcuni dei limiti di misura tipici dell'acustica edilizia come la necessità di avere basso rumore di fondo

nell'ambiente di misura o elevato livello di emissione della sorgente. In questo modo è possibile eseguire per esempio le misure del tempo di riverbero con pubblico presente in sala o con bassissimi livelli di emissione della sorgente. Gli analizzatori moderni più sofisticati includono già al loro interno un generatore di rumore MLS.

Amplificatore

L'amplificatore della sorgente non è caratterizzato da specifiche acustiche particolari. Sono richieste prestazioni elettriche tali da garantire il pilotaggio della sorgente sonora a livelli di emissione di 118-120dB senza distorsioni dello spettro di emissione.

Alcuni amplificatori sono dotati di curve di correzione dello spettro.

Analizzatore di frequenza

L'analizzatore di frequenza per le misure di acustica edilizia è al giorno d'oggi in grado di effettuare una misura dello spettro in bande di ottava o di terzo d'ottava attraverso un'unica misura contemporanea di tutte le bande di frequenza; in questo modo vi è un notevole risparmio di tempo nella misura, diversamente da come avveniva nei tempi in cui era necessario misurare il tempo di riverberazione, o lo spettro di isolamento, banda per banda.

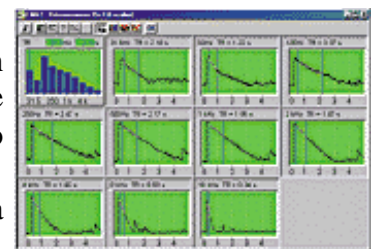
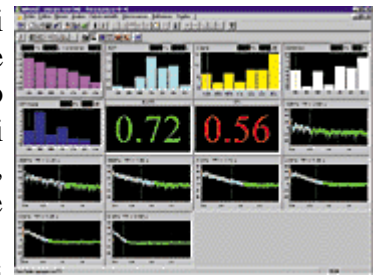
Oltre al tempo di riverberazione per banda di ottava o allo spettro di frequenza in tempo reale, l'analizzatore dovrebbe essere in grado di calcolare automaticamente l'isolamento acustico delle pareti, il rumore di calpestio ed i relativi indici standardizzati (ISO 717), nonché ulteriori parametri tipici dell'acustica edilizia come l'EDT (Early decay time), RASTI e STI (comprensione del parlato), Chiarezza, Definizione ecc.

I filtri in ottava devono rispettare le specifiche definite dalle norme ISO EN 61260 classe 0. La classe di precisione rispetta le specifiche delle ISO EN 60804 / 60651.

Gli analizzatori più sofisticati permettono la misura contemporanea di due o quattro canali microfonici, effettuando la rilevazione, nel caso della misura di isolamento, direttamente nella camera ricevente e nella camera emittente (quella in cui è presente la sorgente isotropica). Anche la



misura del tempo di riverberazione viene avvantaggiata dall'uso di un analizzatore di frequenza bicanale, perché possono essere rilevati contemporaneamente i decadimenti dell'energia sonora in più punti della sala e



ne possono essere eseguite le medie con un dimezzamento del tempo di lavoro.

L'analizzatore di frequenza è al giorno d'oggi tipicamente pilotato da un software di gestione su PC portatile all'interno del quale è possibile salvare agevolmente le misure e la notevole mole di dati necessaria per una successiva analisi in ufficio. Tali software permettono di gestire ed automatizzare completamente la misura e di configurarla in maniera personalizzata.

Di seguito viene fornito un elenco dei parametri tipici dell'acustica edilizia che un analizzatore deve essere in grado di misurare:

$D / D_n / D_{n,T} / D_{n,W} / D_n, T,w / R / R' / R_w / R'w / L_n / L'n / L'nT / L_{n,w} / L'n,w / L'nT,w, \acute{a} /$
STI, RASTI, RT60, EDT, Clarity, definition, STI-Gade

Catena microfonica



La catena microfonica da collegare all'analizzatore di frequenza dovrà rispettare le specifiche di precisione della classe 1.

La risposta del microfono dovrà essere di tipo *random* (da campo diffuso); i microfoni da campo libero infatti, tendono a sottostimare il livello di pressione misurato, qualora utilizzati in un campo diffuso, a causa delle loro caratteristiche di direzionalità. C'è da dire tuttavia che nell'acustica edilizia normalmente vengono misurati valori relativi (differenza di livelli tra camera ricevente e camera emittente,

decadimento sonoro) e non assoluti; ne consegue che la precisione assoluta di misura non riveste un'importanza fondamentale se non forse nelle misure di *rumore da calpestio*.

Asta rotante

L'asta rotante è un accessorio utilizzato per eseguire delle medie spaziali della pressione sonora. Permette di eseguire le misure in ottemperanza alle norme ISO140, ISO3743 e ISO3822. E' costituita da un braccio che permette di far ruotare il microfono nello spazio. La frequenza di rotazione, l'angolo e la lunghezza del braccio sono regolabili. La parte meccanica dell'asta rotante è importante per quanto riguarda il rumore autogenerato soprattutto quando si tratta di misurare livelli molto bassi in ambienti silenziosi.

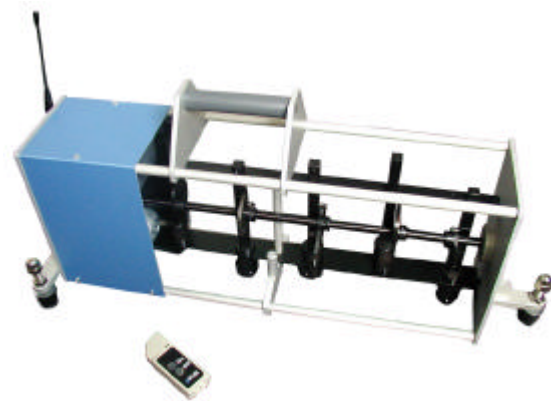
Per misure con tecnica MLS e tempo di riverberazione, l'asta rotante può essere posizionata ad angolazioni definite impostabili dall'utente.



Macchina per il calpestio

Si tratta di una sorgente meccanica che simula, amplificandolo in maniera standardizzata, il rumore prodotto dal calpestio delle persone sul solaio.

E' costituita da 5 martelli metallici aventi ognuno massa di 0,5Kg. I martelli sono azionati da un albero che ruota, mosso da un motore elettrico, a velocità costante in modo tale da generare 10 impatti al secondo. I martelli cadono liberamente (per gravità), dopo essere stati svincolati momentaneamente da un meccanismo apposito, e cadono per 4 cm sbattendo sul pavimento.



Le moderne macchine da calpestio sono dotate di batterie ricaricabili per evitare la necessità di corrente elettrica nel cantiere, e di telecomando per poter essere azionate da una sola persona presente al piano di sotto dove viene posizionate l'apparecchiatura di misurazione.