



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101993900324245
Data Deposito	07/10/1993
Data Pubblicazione	07/04/1995

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	10	L		

Titolo

STRUMENTO PER LA MISURA DIRETTA DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE DI UN AMBIENTE, E PROCEDIMENTO PER DETTO.

DESCRIZIONE

a corredo di una domanda di brevetto per invenzione industriale, dal titolo :

STRUMENTO PER LA MISURA DIRETTA DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE DI UN AMBIENTE, E PROCEDIMENTO PER DETTO;

a nome del CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, a Roma;

Inventori: CARLETTI, Eleonora - FAUSTI, Patrizio

STANZIAL, Domenico - VECCHI, Ivano

SOMMARIO

10 Strumento e procedimento per la misura diretta del tempo di riverberazione basato sulla determinazione del tempo di decadimento della densità di energia acustica. Detto strumento è costituito essenzialmente da convertitori analogico digitali (ADC), banchi di filtri digitali (DF), sommatori (Σ), ecc. Per misurare le tre componenti del vettore

15 velocità (Fig. 1) è possibile usare per es., sei microfoni accoppiati in fase, ciascuna coppia disposta lungo una delle tre direzioni ortogonali. Il tempo di elaborazione dei sei segnali di pressione, provenienti dai microfoni, deve essere inferiore al periodo di tempo corrispondente alla frequenza di campionamento dei segnali acquisiti nel "range"

20 acustico che si intende analizzare. Dalla misura della densità dell'energia acustica, istante per istante, è quindi possibile determinare il suo tempo di decadimento seguendo le metodologie note per valutare la risposta impulsiva del sistema acustico. L'invenzione si colloca nel campo tecnico dell'acustica e trova idonea applicazione in

25 quello degli strumenti di controllo acustico. L'invenzione comporta un

passo avanti soprattutto nei sistemi di controllo delle proprietà di assorbimento dell'energia acustica degli ambienti.



L'invenzione riguarda un dispositivo ed il relativo procedimento per misurare direttamente il tempo di riverberazione ed è essenzialmente basato sulla determinazione del tempo di decadimento della densità di energia acustica.

5 E' noto che quando il campo sonoro presente in un ambiente è sensibilmente modificato dalla presenza di elementi diversi dalla sorgente che genera il campo stesso e dal mezzo nel quale il suono si propaga (come nella situazione di campo non libero), il principale parametro acustico oggettivo, che caratterizza in ogni suo punto l'ambiente stesso, è dato dal tempo di decadimento delle grandezze acustiche necessarie e sufficienti alla completa descrizione del campo stesso e
10 cioè la pressione acustica ed il vettore velocità delle particelle del mezzo.

E' dimostrato che dal tempo di decadimento di una sola di queste
15 quantità, ad esempio dal solo valore della pressione, non è possibile risalire, in modo completo, alle proprietà di assorbimento acustico dell'ambiente, se non in condizioni di campo particolarmente restrittive o addirittura ideali (campo diffuso, onde piane, ecc.).

Poiché l'acustica degli ambienti in situazioni reali è assolutamente
20 lontana dalle suddette condizioni, per determinare completamente le proprietà acustiche in un ambiente, è necessario misurare il tempo di decadimento di una grandezza acustica che contenga, contemporaneamente, le informazioni di tutti e quattro i descrittori di campo, cioè, la pressione oltre ai tre componenti della velocità).

In genere, il problema veniva risolto misurando il tempo di riverberazione in un certo punto della sala, di cui misurare l'acustica, per risalire alle proprietà di assorbimento dell'energia acustica delle pareti.

Il tempo di riverberazione è definito come il tempo necessario affinché la densità di energia, presente in un punto del campo diminuisca di un milione di volte (T_{60}).

Come è inoltre noto, dal principio di conservazione dell'energia acustica formulabile tramite l'equazione di continuità, risulta che nelle condizioni di campo acustico reale, la densità di energia e la divergenza dell'intensità acustica istantanea sono entrambe grandezze idonee per la caratterizzazione completa delle proprietà di assorbimento acustico dell'ambiente. Occorre pertanto effettuare la misura, istante per istante, di una o dell'altra di queste due grandezze, per poter determinare il tempo di decadimento energetico del campo o del tempo di riverberazione, in base alla definizione sopra riportata.

Tutti i procedimenti fino ad ora in uso per la misura diretta del tempo di riverberazione sono basati sulla misura del decadimento del quadrato della pressione acustica.

Come accennato sopra, ciò è corretto soltanto in casi di campo ideale o di campi ricostruiti in condizioni controllate, non certamente nei casi reali, legati all'esperienza quotidiana dell'ambiente acustico, come sale da concerto, teatri, uffici, ambienti di lavoro, ambienti domestici, arene, piazze, strade, ecc.

Con l'invenzione presentata, per la quale si intende richiedere una copertura brevettuale, è resa possibile la misura della densità istan-

tanea dell'energia acustica, cioè la misura diretta del tempo di riverberazione. Ciò si basa sulla possibilità di determinare il "tempo di decadimento della densità di energia acustica".

A conforto di quanto detto fino ad ora, riportiamo la seguente equazione:

$$\varepsilon = 1/2 [p^2(x,t)/\rho c^2 + \rho v^2(x,t)]$$

dove $p(x,t)$ e $v(x,t)$ sono rispettivamente la pressione acustica ed il vettore di velocità acustica delle particelle di fluido nel punto x del campo sonoro.

Il quadrato della velocità è esprimibile in termini delle componenti di $v(x,t)$ come

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2.$$

L'invenzione viene ora descritta, a scopo illustrativo e non limitativo, in base ad una versione attualmente preferita dagli inventori, facendo riferimento alla Fig. 1 che riporta uno schema di massima del densitometro acustico e della possibile elaborazione in tempo reale degli elementi utili per una misura diretta del tempo di riverberazione di un ambiente. In essa sono indicati:

Δr - distanza tra i microfoni di una coppia (uguale per ogni coppia)

ADC - convertitore analogico digitale

DF - banco filtro digitale

Σ - sommatore

I - integratore

P - pressione acustica nel punto di misura

V_x, V_y, V_z - velocità delle particelle di aria nel punto di misura, lungo le direzioni x, y, z .

ρ - densità dell'aria nelle condizioni di misura

5 c - velocità del suono nell'aria nelle condizioni di misura

ϵ - densità dell'energia acustica

10 Dallo schema di Fig. 1, dunque, risulta che per misurare le tre componenti del vettore velocità è possibile utilizzare sei microfoni accoppiati in fase, ciascuna coppia disposta lungo una delle tre direzioni ortogonali. Il tempo di elaborazione dei sei segnali di pressione, provenienti dai microfoni, deve essere inferiore al periodo di tempo corrispondente alla frequenza di campionamento dei segnali acquisiti nel "range" acustico che si intende analizzare (tempo reale).

15 I segnali microfonici ottenuti dalla trasduzione dei segnali di pressione acustica $P_{Ax} - P_{Bx} \dots$ ecc. per ciascuna direzione spaziale devono essere tali da mantenere la stessa relazione di fase presente originariamente nei diversi punti di misura nel campo sonoro. Tali segnali analogici vengono digitalizzati ADC tramite convertitore analogico digitale per ogni coppia $P_{Ax} - P_{Bx} \dots$ e quindi sottoposti ad un processo di filtraggio DF, allo scopo di ottenere la loro scomposizione in

20 bande di frequenza (ad es. bande di terzi di ottava).

I due segnali, appartenenti alla medesima coppia, e relativamente a ciascuna banda di frequenza, vengono quindi sottratti Σ tra loro, e la differenza ottenuta viene sottoposta ad un processo di integrazione I

continua nel tempo, il cui risultato costituisce la componente della velocità V_x nella direzione spaziale identificata dalla coppia.

Da una qualsiasi coppia di segnali viene inoltre ottenuto il valor medio spaziale $P = P_a + P_b$ della pressione acustica istantanea.

5

2

Le grandezze così ottenute per la pressione acustica P e le tre componenti spaziali della velocità V_x, V_y, V_z delle particelle di aria, relativamente al medesimo istante temporale, ed alla medesima banda di frequenza, vanno ora elaborate algebricamente Σ , secondo le operazioni indicate negli ultimi tre blocchi dello schema di Fig. 1, avendo preventivamente memorizzato, nella circuiteria, i valori per le costanti c (velocità del suono nell'aria nelle condizioni di misura) e ρ (densità dell'aria nelle condizioni di misura).

10

Dalla misura della densità dell'energia acustica, istante per istante, è quindi possibile determinare il suo tempo di decadimento, seguendo le metodologie già note che utilizzano, ad esempio "il colpo di pistola" o "la sequenza di massima lunghezza" per valutare la risposta impulsiva del sistema acustico.

15

Sotto l'aspetto pratico, l'invenzione è da considerarsi un passo avanti nella tecnica dei densitometri, cioè di quegli strumenti utilizzati per misurare l'energia acustica degli ambienti.

20

RIVENDICAZIONI

1. Densitometro acustico, per la misura diretta del tempo di riverberazione di un ambiente, caratterizzato dal fatto di essere costituito essenzialmente da microfoni accoppiati in fase ed essendo, ciascuna
5 coppia di essi, disposta lungo una delle tre direzioni ortogonali, da convertitori analogico-digitali, (ADC), da banchi di filtri (DF), da sommatori (Σ), da integratori (I), ecc.

2. Densitometro acustico, per la misura diretta del tempo di riverberazione di un ambiente, secondo la Riv. 1, caratterizzato dal
10 fatto che, per determinare il tempo di decadimento della densità di energia acustica il procedimento è il seguente: si utilizzano coppie di microfoni, tipicamente tre coppie (Fig. 1), quindi, dalla misura della densità dell'energia acustica, istante per istante, si determina il suo tempo di decadimento:

15 i segnali microfonici ottenuti dalla distribuzione dei segnali di pressione acustica ($P_{Ax} - P_{Bx}...$ ecc.) per ciascuna direzione spaziale devono essere tali da mantenere la stessa relazione di fase presente originariamente nei diversi punti di misura nel campo sonoro ed essendo, tali segnali analogici digitalizzati (ADC) tramite un convertitore
20 analogico digitale per ogni coppia ($P_{Ax} - P_{Bx},...$) e quindi sottoposti ad un processo di filtraggio (DF),; così che i due segnali, appartenenti alla medesima coppia, e relativamente a ciascuna banda di frequenza, vengono sottratti tra loro, e la differenza ottenuta viene sottoposta ad un processo di integrazione (I) continua nel tempo, il
25 cui risultato costituisce la componente della velocità (V_x) nella

5 direzione spaziale identificata dalla coppia stessa; quindi le
 grandezze così ottenute per la pressione acustica (P) e le tre compo-
 nenti spaziali della velocità (Vx, Vy, Vz) delle particelle di aria, relati-
 vamente al medesimo istante temporale, ed alla medesima banda di
 frequenza, vengono elaborate algebricamente (Σ), avendo
 preventivamente memorizzato, nella circuiteria, i valori per le costanti
 c (velocità del suono nell'aria nelle condizioni di misura) e ρ (densità
 dell'aria nelle condizioni di misura).

10 3. Densitometro acustico, per la misura diretta il tempo di riverbera-
 zione di un ambiente, secondo le precedenti rivendicazioni, caratte-
 rizzato fatto che l'elaborazione dei segnali provenienti dalle tre cop-
 pie di microfoni deve essere inferiore al periodo di tempo corrispon-
 dente alla frequenza di campionamento dei segnali acquisiti nel
 "range" acustico che si intende analizzare.

15

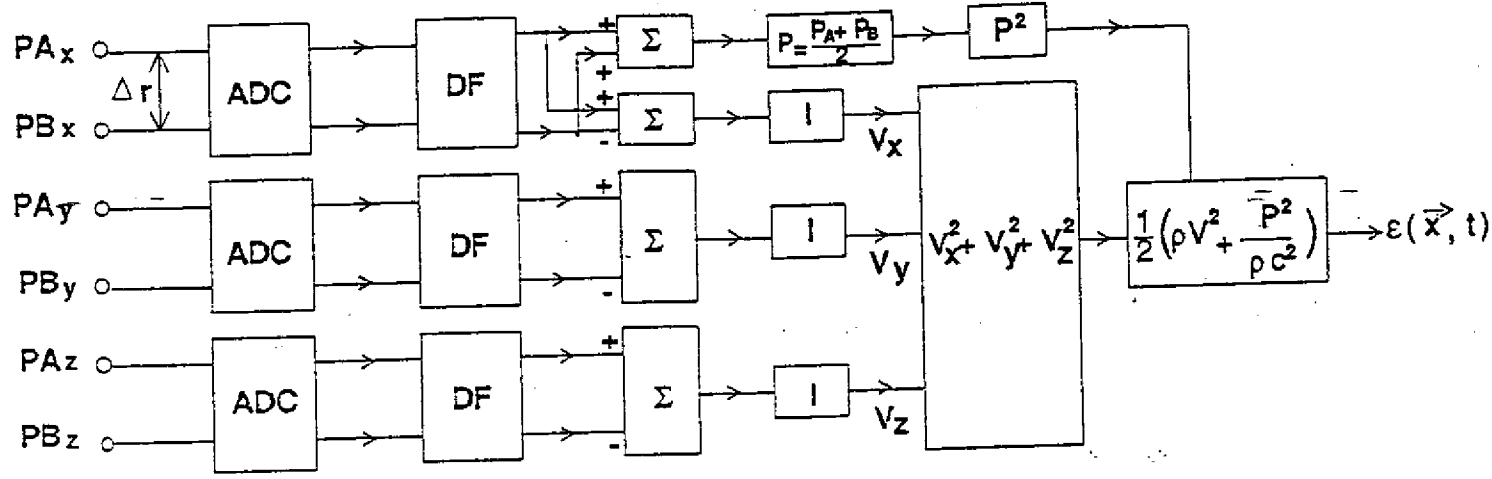
p.i. CONSIGLIO NAZIONALE delle RICERCHE

DR. L. PERROTTA 102 D

Perrotta



RM 93 A 000679



p.i., CONSIGLIO NAZIONALE delle RICERCHE

DR. L. PERROTTA 102 D

Perrotta