

Altoparlanti e normalizzazione

C. Bordone Sacerdote - G. G. Sacerdote (*)

Si passa in rassegna quanto recentemente si è attuato e si va attuando nel campo della normalizzazione riguardante gli altoparlanti. Si espongono alcuni risultati di misure effettuate secondo le norme e si pone l'accento su alcuni punti ancora da approfondire.

1. - ALTOPARLANTI E NORMALIZZAZIONE.

Un problema fondamentale di elettroacustica è la valutazione della qualità e delle prestazioni di un altoparlante: finora non si può dire che da misure puramente fisiche si abbiano elementi sufficienti per poter esprimere un giudizio esauriente.

Si seguono in genere metodi tradizionali di misura di alcune caratteristiche, i quali hanno consentito di apportare un notevole contributo alle nostre conoscenze: ma l'adozione di questi metodi, se può essere considerata necessaria, non risulta tuttavia sufficiente.

Parallelamente a queste misure vengono raccolti giudizi di ascolto, i quali non possono in genere portare a una uniformità e sicurezza di valutazione poiché soggettivamente la qualità del suono emesso dall'altoparlante non trova unanimità di giudizio.

Tuttavia la misura fisica deve essere considerata fondamentale, anche se non esauriente, per il fatto che è ripetibile, analizzabile e confrontabile con altre simili di diversi altoparlanti.

Si è prospettata fin dall'inizio dei lavori di normalizzazione nell'elettroacustica la necessità di ricorrere ad una precisa specificazione delle modalità di misura, modalità sancite e specificate con tutti i dettagli da successive norme che cercano sempre di perfezionare il metodo di misura e di estendere la misura stessa ad altri parametri, nell'intento finale di ricercare, supposto che esista, una correlazione fra parametri fisici e qualità dell'altoparlante.

Le varie raccomandazioni di carattere nazionale e internazionale che verranno in seguito menzionate non possono ritenersi complete, contengono ancora lacune ed elementi di incertezza, e devono considerarsi come una prima base per gli opportuni controlli per specifiche in ordinazioni e collaudi.

In questa rassegna come altoparlante si considerano il singolo elemento, il sistema passivo (altoparlante e cassetta acustica), il sistema multiplo con filtri.

Non vengono presi in considerazione i sistemi di

potenza molto elevata per trasmissioni all'aperto né tipi particolari di altoparlanti che hanno scarsa diffusione o si utilizzano per scopi speciali quali lo ionofono e l'altoparlante pneumatico: si limita la normalizzazione ad altoparlanti di uso domestico o per ambienti chiusi di più grandi dimensioni ma in genere trattati acusticamente (cinematografi, teatri, sale di conferenza, ecc.).

Nel quadro della normalizzazione rientra anche quello della specifica precisa di « alta fedeltà », problema che coinvolge molte questioni che esorbitano dal lato puramente tecnico.

Naturalmente, come ogni altra raccomandazione, anche quelle che verranno illustrate avranno un valore limitato nel tempo per tener conto dei continui progressi nella attuazione di dispositivi di misura e nello studio di nuovi parametri da misurare.

2. - PROCEDURE ED ENTI DI NORMALIZZAZIONE.

Gli altoparlanti, considerati come apparecchi elettroacustici, rientrano nell'ambito normativo del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI/TC 29) per quanto riguarda la normativa nazionale e del Comitato Elettrotecnico Internazionale (IEC/SC 29B) per quanto riguarda la normativa internazionale.

Si hanno in campo nazionale altri enti quali l'ANIE, che consorzia numerosi costruttori, e l'UNEL che si interessa di questioni puramente dimensionali.

Nel campo internazionale gruppi di lavoro dell'ISO trattano argomenti specifici alcuni dei quali strettamente legati alle proprietà degli altoparlanti: ad esempio il TC 36 si occupa del comportamento di altoparlanti in sale cinematografiche.

Inoltre si deve far capo, per quanto riguarda nomenclatura, simboli, dimensione dei diagrammi, unità di misura e tante altre questioni di carattere formale o generale, a gruppi di lavoro che si occupano di questi particolari argomenti nell'ambito di Sottocomitati Tecnici dell'IEC.

Per quanto riguarda la normativa nazionale si segue in linea di massima il concetto di partecipare e collaborare attivamente alla stesura di raccomandazioni nei gruppi di lavoro degli enti internazionali, e, a meno di divergenze (che per ora non si sono riscontrate), di tradurre come norma nazionale quella stabilita dall'IEC.

In genere queste norme specificano soprattutto i metodi di misura e le qualifiche e le caratteristiche atte a definire il comportamento di un complesso;

(*) C. BORDONE SACERDOTE - G. G. SACERDOTE - Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris - c.so Massimo D'Azeglio, 42 - 10125 Torino.

non esprimono però in linea di massima giudizi sulla qualità dell'apparecchio nè indicano valori raccomandabili per le varie caratteristiche; indicano i parametri reali o nominali che devono essere specificati dal costruttore o comunque imposti nei capitoli.

La procedura seguita dall'IEC può essere riassunta come segue:

1) una delegazione nazionale propone lo studio di un determinato argomento;

2) la segreteria generale dell'IEC (Steering Committee) discute l'opportunità di creare un gruppo di lavoro ad hoc: in caso affermativo si invitano i vari Paesi a segnalare eventuali esperti, i quali, nel gruppo di lavoro, agiscono a titolo personale. Il gruppo di lavoro è guidato da un Presidente e da un Segretario eletti nel seno del gruppo stesso;

3) il gruppo di lavoro si riunisce per la discussione e stesura di un documento finché ritiene di poterlo sottoporre all'esame della segreteria generale del Sottocomitato; salvo particolari opposizioni il documento viene fatto circolare per commenti a tutti i Comitati Nazionali;

4) si esaminano i commenti dei Comitati Nazionali: se sono soltanto di carattere redazionale il progetto di norma viene fatto circolare per la definitiva approvazione che deve aver luogo dopo sei mesi. Se invece vi sono commenti di carattere essenziale il gruppo di lavoro procede a una revisione del documento.

In genere i lavori del gruppo sono confortati da ricerche sperimentali e teoriche condotte da singoli membri e discusse collegialmente.

Nel caso particolare della normativa degli altoparlanti sono stati organizzati diversi cicli comparativi di misura per mettere a confronto risultati ottenuti a distanza di tempo da diversi laboratori con apparecchiature e mezzi che possono anche differire notevolmente l'uno dall'altro. Il paragone dei risultati è di grande utilità per stabilire i limiti di approssimazione che un metodo comporta e che possono essere richiesti.

3. - CONFRONTI E CICLI DI MISURE.

Per controllare direttamente il grado di approssimazione che si può conseguire con queste misure, sono stati organizzati in sede nazionale e internazionale, sotto l'egida del CEI e dell'IEC, cicli comparativi di misura su alcune proprietà di altoparlanti, raccomandando di seguire scrupolosamente le modalità specificate dalle norme.

Un primo ciclo è stato eseguito nel 1960 fra nove laboratori italiani, allo scopo di confrontare misure su unità singole rilevando curve di risposta, direttività, distorsione, impedenza e prove di vita. Queste prove (riportate in un Rapporto Tecnico e riassunte in un articolo di « Acustica », vol. 11, 1961, p. 329)

hanno dato risultati confortanti, che hanno confermato la validità della Pubblicazione IEC 200. Si è partiti da 14 altoparlanti la cui similitudine di caratteristiche è stata controllata nel laboratorio IEN prima della distribuzione ai vari laboratori e al termine del ciclo di misure.

Con modalità diverse si è attuata una seconda serie di misure facendo circolare in vari Paesi una serie di 4 sistemi di altoparlanti: difficoltà di trasporto e doganali, che protraevano troppo a lungo la prova, hanno indotto a limitarla a 6 Paesi: le caratteristiche richieste erano da rilevarsi in ambiente riverberante e in ambiente assorbente, e in questo secondo caso oltre che con bande di rumore bianco anche con suoni puri. I risultati sono ora al vaglio, e di essi si renderà conto in un secondo tempo; è dimostrata già sin d'ora una buona coerenza.

4. - ALTOPARLANTI: UNITÀ E SISTEMI.

Le norme si occupano in modo generale di altoparlanti indicando con questa parola il dispositivo elettroacustico ad esclusione di amplificatori ed altri elementi attivi.

Si prendono anche in considerazione sistemi di altoparlanti quali colonne, sistemi di più altoparlanti collegati fra loro da una rete passiva.

(I sistemi attivi sono invece complessi di più altoparlanti separati fra loro da reti attive: verranno considerati in una norma di futura elaborazione). Si considera quindi un sistema a due morsetti con entrata elettrica ed uscita acustica.

Come altoparlante può considerarsi l'elemento semplice oppure il sistema inserito in una cassa acustica fornita dal costruttore.

Di ogni sistema il costruttore deve fornire un complesso di valori cosiddetti « nominali » (rated values) in base ai quali si debbono calcolare o misurare altri parametri.

I valori nominali non è detto che corrispondano a valori reali ma devono essere stabiliti seguendo una normativa ben precisa.

Pur non essendoci una ben specificata limitazione, le norme fino ad ora elaborate riguardano essenzialmente altoparlanti elettrodinamici a radiazione diretta escludendo quindi in linea di massima tipi speciali quali altoparlanti piezoelettrici, per trasmissione all'aperto, e via dicendo; come si è già accennato precedentemente si tratta di dispositivi per uso domestico o sale di spettacolo.

5. - L'AMBIENTE DI MISURA.

Le norme stabiliscono con una certa precisione le proprietà degli ambienti di misura per il rilievo delle caratteristiche degli altoparlanti, lasciando la possibilità di rilevare alcune caratteristiche in un solo tipo di ambiente.

L'ambiente classico per le misure è la camera anecoica, la quale ha assunto ormai la forma usuale di

grande stanza con pareti, pavimento e soffitto rivestiti di cunei assorbenti. Come è noto la camera anecoica deve approssimare la situazione di spazio libero infinito. Questa condizione viene soddisfatta con una certa approssimazione a partire da una frequenza, corrispondente ad una lunghezza d'onda quattro volte la lunghezza del cono. I cunei in genere sono in lana di vetro o di roccia oppure di poliuretano espanso a cellule aperte. Lo spazio libero fra le pareti deve essere sufficientemente grande; il controllo più semplice delle qualità dell'ambiente si attua verificando la legge per la quale la pressione sonora è inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente supposta puntiforme (fig. 1).

Questa legge deve essere soddisfatta lungo le diagonali della camera con una approssimazione di ± 1 dB da una certa frequenza in poi.

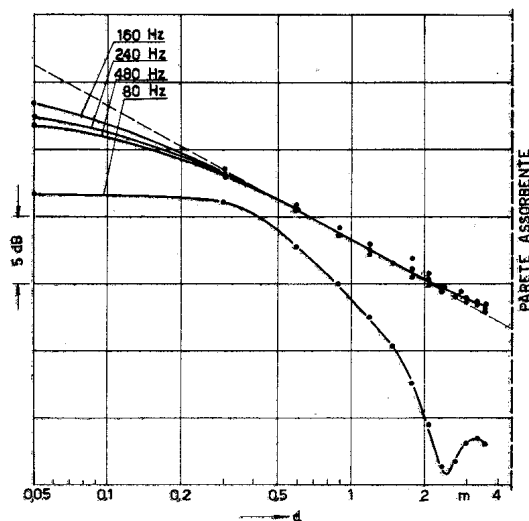


Fig. 1. — Livello relativo di pressione sonora in funzione della distanza dal centro dell'altoparlante lungo una diagonale di una camera anecoica. Il rilievo è effettuato per suoni puri a varie frequenze; la linea tratteggiata rappresenta il comportamento in spazio libero.

Questi ambienti sono stati costruiti in svariate dimensioni, con modalità diverse e il loro comportamento ha dato luogo a numerose ricerche.

Prima difficoltà che possono incontrare simili ambienti è il costo elevato dell'installazione per cui soltanto laboratori di ricerca o di industrie particolarmente sviluppate possono disporre.

La lunghezza dei cunei raramente supera il metro per cui la frequenza limite si approssima a 80 Hz. Per altoparlanti di elevata qualità è necessario un collaudo a frequenze molto più basse ed è quindi praticamente inattuabile una misura in questo campo con le modalità che verranno in seguito descritte, a meno di fare camere enormi al centro delle quali lo spazio può essere ritenuto libero anche a frequenze che possono raggiungere i 20 Hz.

La misura delle proprietà di un altoparlante in questo campo presenta problemi che, come vedremo, la normalizzazione non ha ancora risolto.

Per misure di carattere industriale vengono oggi costruite numerose camere cosiddette semi-anechoiche,

le quali hanno pareti e soffitto come le anecoiche e pavimento perfettamente riflettente. Non esiste ancora una normativa per misure in questo campo, è auspicabile però che si possa ad essa pervenire.

Un primo problema è il collaudo della camera che va eseguito con particolari modalità; l'altoparlante può essere studiato quando, installato opportunamente al pavimento, può essere considerato legato a uno schermo di grandi dimensioni, schermo che è formato dal pavimento della camera. Resta aperto il problema dei sistemi di altoparlanti.

Si tenga conto che particolarmente costosa è la costruzione di un pavimento acusticamente trasparente al di sopra dei cunei (in pratica una rete): una camera semi-anechoica può risultare alquanto più economica e di più facile manutenzione.

Il secondo ambiente che consente il rilievo di numerose, ma non di tutte le caratteristiche, è la camera riverberante, la quale è un ambiente di volume superiore ai 200 m³ con pareti lisce e molto riflettenti.

La proprietà preminente di questi ambienti è di avere il tempo di riverberazione molto lungo, che decresce alle frequenze più elevate per effetto dell'assorbimento del suono da parte dell'aria. Questi ambienti sono particolarmente utilizzati per la misura della potenza sonora e conseguentemente del rendimento; caratteristica essenziale è la diffusione del suono. Purtroppo non esiste una vera e propria definizione di diffusione: fisicamente si può dire che la diffusione porta ad avere la stessa densità di energia per unità di volume in qualunque punto dello spazio, escludendo quello immediatamente vicino alla sorgente sonora. Per la natura stessa dell'ambiente la diffusione non si può ottenere quando la sorgente emette suoni puri, quindi bisogna ricorrere a particolari tipi di segnali, in genere suono bianco filtrato.

Anche in camera riverberante si ha una limitazione per le frequenze più basse, quando la lunghezza d'onda del suono risulta dello stesso ordine delle dimensioni della camera. Le proprietà dell'ambiente sono definite dal tempo di riverberazione in funzione della frequenza e da un dato di diffusione che può essere ad esempio la distribuzione statistica del valore efficace della pressione lungo una determinata traiettoria. La diffusione può dipendere in una camera non perfetta dalla direttività della sorgente e dalla sua posizione nell'ambiente. Per rendersi conto della possibilità di misura si ricorda che in un simile ambiente, in prima approssimazione per suono bianco filtrato, la pressione sonora è data dalla seguente relazione:

$$(1) \quad p^2 = \rho c W \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + 25 \frac{T}{V} \right)$$

che espressa in unità logaritmiche diviene:

$$(2) \quad L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + 25 \frac{T}{V} \right) \text{ dB}$$

ove p è la pressione sonora (pascal), ρc l'impedenza

caratteristica dell'aria pari a 420 unità SI, W la potenza acustica emessa della sorgente (watt), Q il fattore di direttività della sorgente, r la distanza del punto di misura (metri), T il tempo di riverberazione (secondi) e V (m^3) il volume della camera, L_p il livello di pressione sonora ed L_w il livello di potenza sonora (dB).

In una buona camera riverberante il livello di pressione sonora deve essere costante in tutti i punti non troppo vicini alla sorgente, ossia alla distanza

$$(3) \quad r \geq 0,06 \sqrt{\frac{QV}{T}}$$

Ad esempio nel caso di una sorgente puntiforme ($Q = 1$), per una camera di $V = 200 m^3$ e $T = 5 s$, il punto di misura deve essere a distanza molto maggiore di 0,35 m.

Ad alte frequenze, con tempi di riverberazione più bassi e con l'aumentare della direttività della sorgente, la camera può presentare una diffusione più limitata.

Nel caso che la (3) sia verificata, la (2) diviene con buona approssimazione:

$$(4) \quad L_p = L_w + 14 + 10 \log \frac{T}{T_0} - 10 \log \frac{V}{V_0} \text{ dB}$$

ove $T_0 = 1$ secondo e $V_0 = 1 m^3$ sono di riferimento.

La fig. 2 riporta in funzione della frequenza il tempo di riverberazione ed i valori del termine di correzione in dB

$$(5) \quad L_p - L_w = 10 \log \frac{T}{T_0} - 10 \log \frac{V}{V_0} + 14 \text{ dB}$$

che consente di dedurre il livello di potenza sonora da quello di pressione sonora (fig. 2).

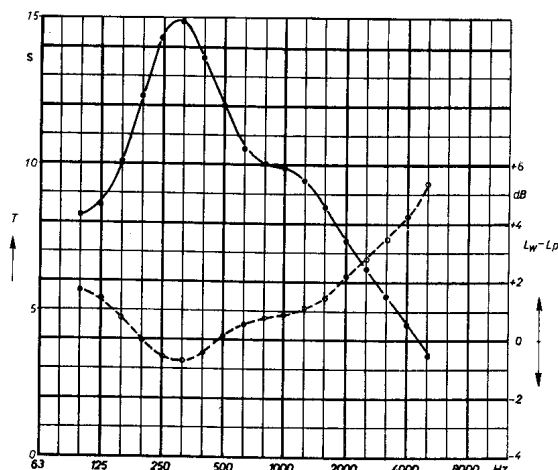


Fig. 2. — Tempo di riverberazione T (linea continua) e corrispondenti valori della differenza fra livello di potenza sonora L_w e livello di pressione sonora L_p (linea tratteggiata) in una camera riverberante di circa $300 m^3$.

La camera riverberante risulta notevolmente più economica e di facile manutenzione di quella anecoica e consente di eseguire utili rilievi di potenza

sonora e di potenza sonora distorta, mentre non può dare informazione sulla direttività della sorgente.

Come è noto, la potenza sonora di una sorgente è il dato necessario per stabilire il comportamento della sorgente stessa in un ambiente di caratteristiche acustiche note.

Alcuni autori hanno proposto l'adozione di una « living room », ossia di un ambiente di dimensioni medie con caratteristiche acustiche che approssimano quelle di una camera di abitazione. Prove in queste condizioni per altoparlanti per uso domestico possono offrire utili indicazioni poiché ci si avvicina a un caso reale.

Della « living room » normalizzata si accennerà parlando delle prove di ascolto, che vanno eseguite in ambiente di caratteristiche acustiche ben definite, e che possono considerarsi quelle della « living room » nella quale però non sono previste prove di carattere fisico.

6. - CARATTERISTICHE DA MISURARE E LORO SPECIFICAZIONE.

Le varie norme citate in appendice stabiliscono l'ambiente di misura, definiscono una serie di caratteristiche e ne specificano le modalità di misura.

Un primo dato di cui viene richiesta la misura è l'impedenza di entrata dell'altoparlante o del sistema. Con questo termine si intende sempre il modulo dell'impedenza misurato ai capi dei morsetti di entrata; la misura è prescritta in camera anecoica affinché l'altoparlante lavori su un carico acustico ben definito, cioè in campo libero. L'impedenza dell'altoparlante (in genere si tratta sempre di altoparlanti elettrodinamici) è funzione anche della tensione applicata o della corrente che attraversa il sistema, e può variare in funzione del tempo per il riscaldamento degli elementi elettrici e per eventuali variazioni per fatica di parti meccaniche dell'altoparlante.

La misura, pur non essendo prescritta in modo tassativo, si attua a corrente costante determinata in base alla potenza nominale e alla impedenza nominale, indicate dal costruttore. Con apparecchiature largamente diffuse l'impedenza si misura alimentando la bobina con un oscillatore a impedenza interna molto bassa, ponendo in serie una resistenza molto elevata rispetto alle variazioni di impedenza dell'altoparlante da misurare. Si lavora quindi a corrente praticamente costante e la determinazione della tensione ai capi della bobina dà la misura della sua impedenza. In genere si registra questa tensione entro il campo di frequenza di utilizzazione dell'altoparlante.

In fig. 3 sono riportati diagrammi di impedenza in funzione della frequenza. Nel caso di semplici altoparlanti elettrodinamici si nota una netta risonanza seguita da un minimo, poi l'impedenza cresce col crescere della frequenza. L'impedenza nominale deve approssimarsi al valore del minimo, in genere arrotondato per eccesso.

Nel caso di sistemi di più altoparlanti e di casse acustiche di forma complicata, l'impedenza presenta andamenti più complessi. Una misura eseguita in camera non anecoica non porta a variazioni importanti quando l'altoparlante può irradiare liberamente.

Fondamentale è il rilievo della risposta dell'altoparlante, per suoni puri, misurata in camera anecoica in un punto ben determinato rispetto l'altoparlante. Questo diagramma viene universalmente

l'altoparlante. In caso di sistemi l'asse e il centro dell'altoparlante sono indicati dal costruttore.

Il microfono viene posto a una determinata distanza dal centro sull'asse dell'altoparlante, il microfono naturalmente deve presentare una risposta uniforme nel campo delle frequenze di misura.

Per altoparlanti semplici la norma IEC stabilisce la distanza di misura di 50 cm dal centro (fig. 4) da riportare a 1 m.

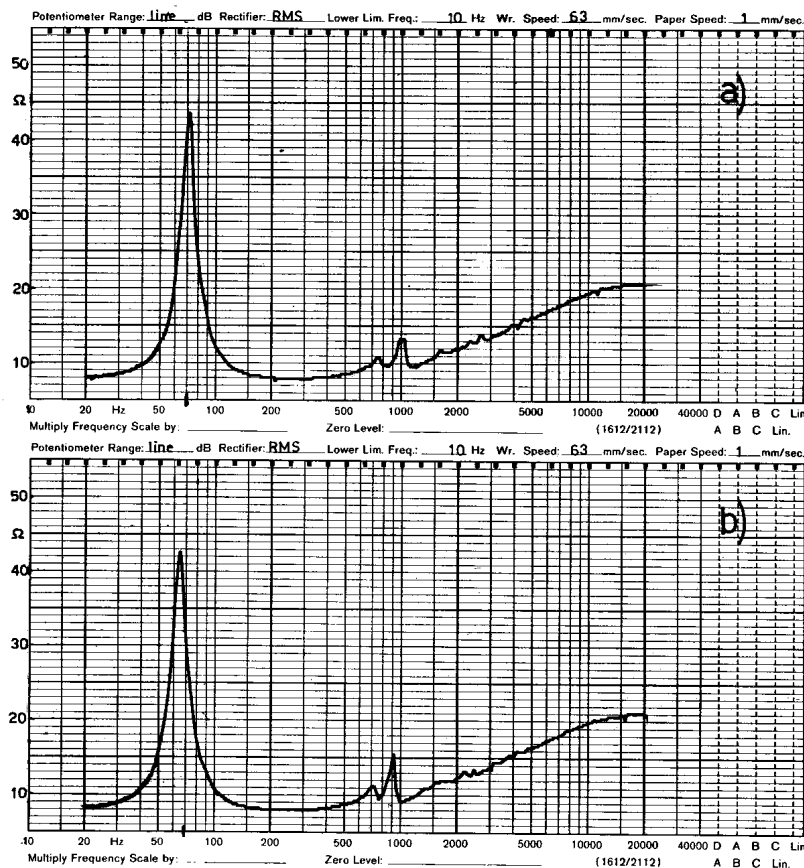


Fig. 3. — Modulo dell'impedenza di un altoparlante di esempio prima (a) e dopo (b) riscaldamento della bobina, attuato alimentando l'altoparlante con 1 W.

rilevato in forma di grafico, automaticamente, facendo variare con continuità la frequenza entro il campo di utilizzazione. La scala delle frequenze è logaritmica e la risposta viene espressa in decibel: si può avere una risposta relativa attribuendo 0 dB ad una determinata frequenza (in genere 1000 Hz), oppure una risposta assoluta in livello di pressione sonora. L'alimentazione ai capi dell'altoparlante avviene a tensione costante corrispondente a una potenza 10 dB sotto quella nominale, ritenendo che ai morsetti sia collegata una resistenza uguale all'impedenza nominale.

Una questione delicata è la posizione del microfono di misura: se l'unità è simmetrica si considera il centro di simmetria e un piano che passa per i bordi dell'altoparlante. Una retta perpendicolare a questo piano e che passa per il centro di simmetria è detta asse dell'altoparlante: il punto d'intersezione di questa retta con questo piano è detto centro del-

Per altoparlanti di grandi dimensioni, o costituiti da più unità, il campo sonoro a distanza piccola è così complesso, a causa delle molteplici interferenze alle quali danno luogo i vari elementi, che è necessario effettuare la misura a distanza molto maggiore.

La distanza stabilita per la misura è risultato di un compromesso che consente di effettuare misure delle cui difficoltà teoriche e pratiche si è consapevoli, ma che almeno rendono possibile il confronto fra apparecchiature simili. Gli sviluppi di questo argomento che sono allo studio potranno dar luogo in avvenire a più precise specificazioni.

La misura deve essere fatta nella zona centrale della camera anecoica e la risposta riportata comunque a un metro di distanza dal centro quando si esprimono valori assoluti, secondo l'espressione:

$$(6) \quad L_{r_0} = L_r + 20 \log \frac{r}{r_0} \text{ dB}$$

ove L_{r_0} ed L_r sono i livelli di pressione sonora alle distanze r_0 di riferimento (1 m) ed r di misura (distanza del microfono dal centro dell'altoparlante).

È importante notare che la risposta può variare anche in modo sensibile con la distanza, specialmente

Un'ulteriore difficoltà si ha nel rilievo, quando richiesto, nel campo delle frequenze molto basse ossia di quelle frequenze inferiori a quella limite caratteristica della camera anecoica. In questo caso se la misura è fatta a una certa distanza possono rivelarsi

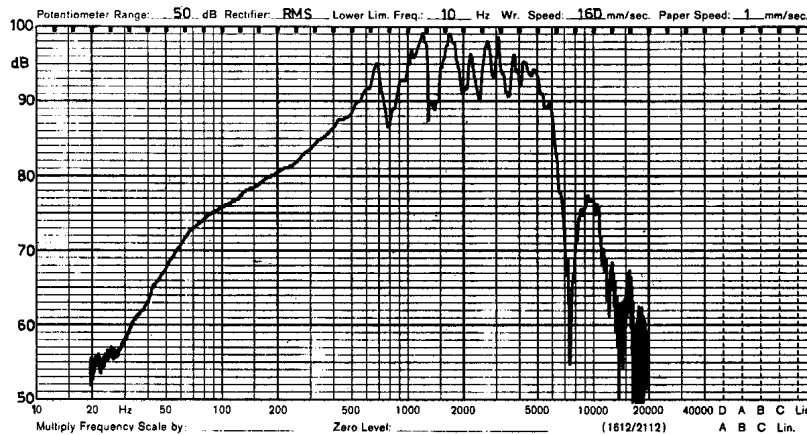


Fig. 4. — Risposta dell'altoparlante in prova in camera anecoica, per suoni puri. Rilievo del livello di pressione sonora a 1 m sull'asse dell'altoparlante.

se la misura è eseguita vicino all'altoparlante. Le cause principali di questa variazione sono:

- 1) la sorgente non può essere mai considerata sferica;
- 2) nel caso di sistemi, varia il campo di interferenze dovuto alle varie sorgenti;
- 3) per ragioni di propagazione esiste una deformazione del campo sonoro vicino alla membrana dell'altoparlante, per effetto della quale non è valida la legge di variazione con la distanza sopra riportata.

In fig. 5 si riportano curve di risposta di un altoparlante eseguite lungo l'asse ed a varie distanze dal centro.

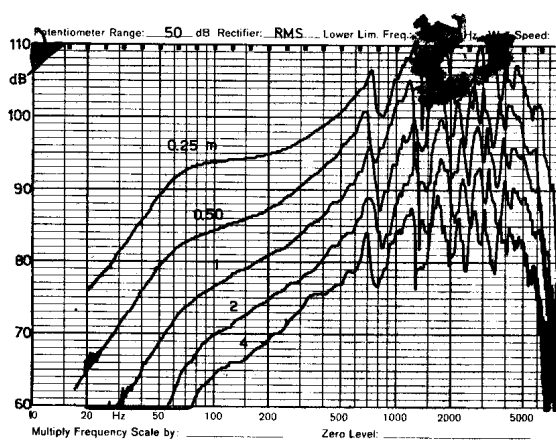


Fig. 5. — Risposta dell'altoparlante in prova in camera anecoica, per suoni puri. Rilievo del livello di pressione sonora a varie distanze sull'asse dell'altoparlante.

Si noti che la curva di risposta può variare anche sensibilmente per piccoli spostamenti del microfono lateralmente rispetto l'asse: questo è particolarmente sensibile nel caso di sistemi, nei quali, come si è accennato precedentemente, l'asse può essere stabilito in modo del tutto convenzionale.

irregolarità dovute ad onde stazionarie, oppure bisogna eseguire per questo campo una misura a distanza molto ravvicinata (fig. 6).

Per ora la norma prescrive distanze non inferiori a 0,5 m: spesso le misure sono effettuate alla distanza di 1 m, alla quale devono comunque essere riportate; per i sistemi è raccomandata la distanza di 2 m. Non è ancora prevista la misura a distanze inferiori, per eliminare l'effetto di onda stazionaria che si ha a bassa frequenza in una normale camera anecoica, per cui sarebbe opportuno suddividere il rilievo in due gamme di frequenza.

La curva di risposta presenta in genere diverse

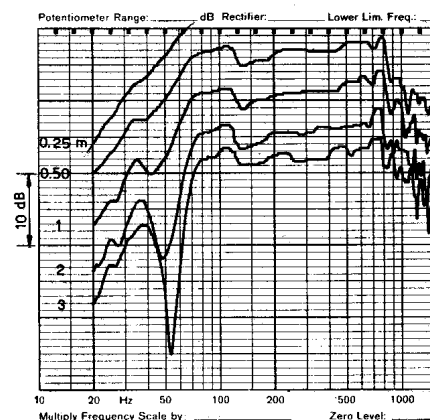


Fig. 6. — Risposta di un altoparlante di elevata qualità in camera anecoica, per suoni puri. Rilievo del livello relativo di pressione sonora a varie distanze sull'asse dell'altoparlante, nel campo delle frequenze medio-basse.

irregolarità: alcune, nei sistemi, possono essere dovute alla non perfetta messa a punto della rete di « cross-over ». Devono essere specificate le velocità di scrittura e di scansione adottate (fig. 7).

Nella normativa più recente si richiede anche la misura con « suono rosa » filtrato per terzi di ottava.

Non si ottiene così di massima una linea continua ma un insieme di punti o una curva a scalini. Siccome essere più o meno significative a seconda del fenomeno che le causa (fig. 8).

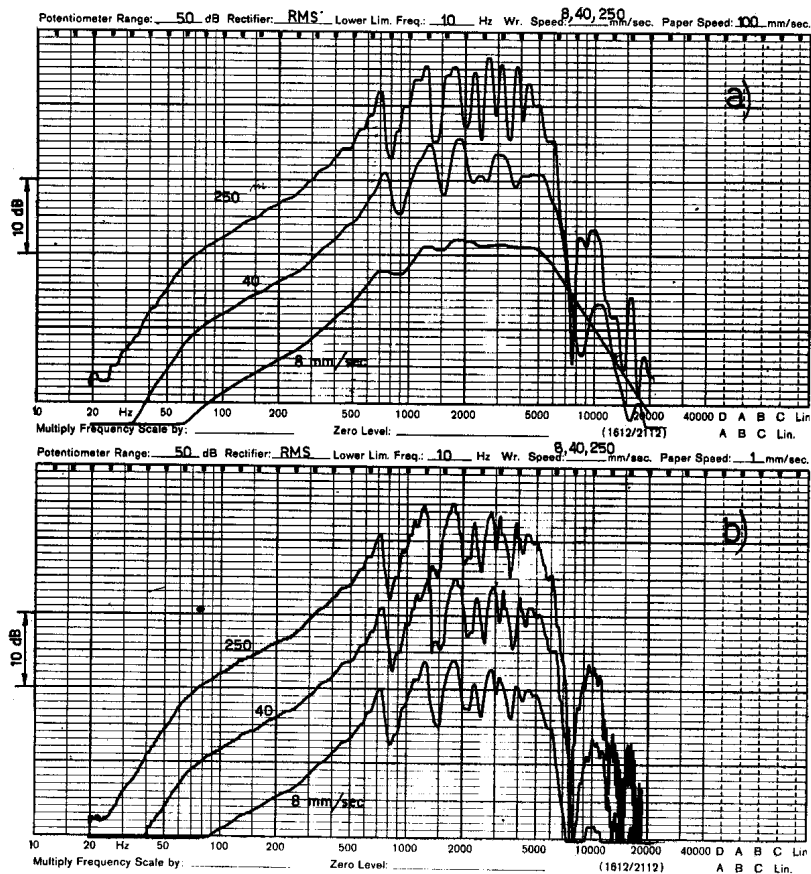


Fig. 7. a). — Risposta dell'altoparlante in prova in camera anecoica, per suoni puri, rilevata a velocità di scansione elevata (velocità della carta 100 mm/s) e per diverse velocità di scrittura.

Fig. 7. b). — La stessa rilevata a velocità di scansione lenta, per la quale l'effetto della velocità di scrittura è meno sentita. (Per evitare confusione i grafici sono stati tracciati a 10 dB l'uno dall'altro).

il segnale filtrato presenta com'è noto una certa modulazione di ampiezza, l'aspetto della curva si presenta come una serie di gradini non regolari che

Occorre specificare chiaramente la costante di tempo dello strumento di registrazione (che per ora non è ancora specificata dalla norma).

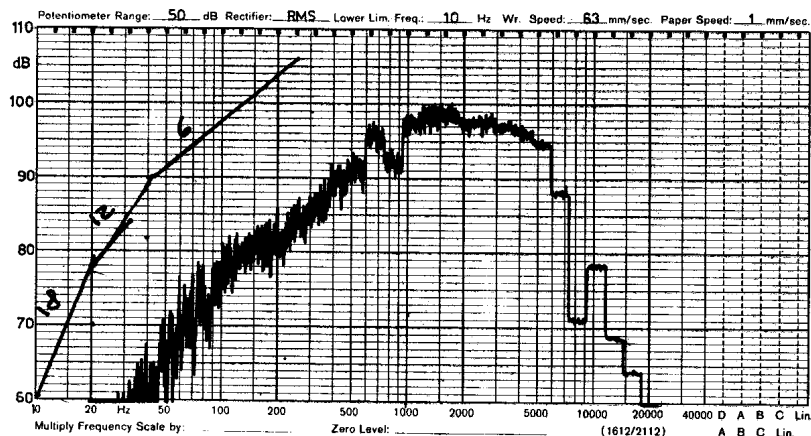


Fig. 8. — Risposta dell'altoparlante in prova in camera anecoica, per suono rosa filtrato per terzi di ottava. Rilievo del livello di pressione sonora effettuato ad 1 m sull'asse.

nelle singole bande consentono di ottenere una media della risposta per segnali puri entro la stessa banda. Spariscono quindi alcune irregolarità che possono

Si nota che è possibile un rilievo continuo filtrando il suono rosa con un circuito filtrante a larghezza di banda relativa costante, vicina al terzo di ottava:

la rappresentazione non differisce però sostanzialmente da quella ottenuta con filtri discontinui.

Si può anche alimentare l'altoparlante con suono rosa non filtrato e registrare la risposta con un « real time analyzer » all'uscita del microfono a un'opportuna costante di tempo (fig. 9).

È utile per confronti generici, e a seconda dello scopo per cui viene richiesto il collaudo, poter riassumere in un numero unico un dato che dalla norma è definito « livello di sensibilità caratteristica » (Characteristic sensitivity level): stabilita la gamma nominale di utilizzazione dell'altoparlante si alimenta

la pressione sonora corrispondente: la sensibilità caratteristica viene espressa in Pascal/W). Se non è possibile eseguire la misura alla potenza e alla distanza indicate, i valori rilevati vengono riportati alle condizioni specificate (1 W, 1 m). Per l'altoparlante di fig. 8, nella gamma 200-6000 Hz, la sensibilità caratteristica risulta 95 dB/W.

È stato anche proposto di indicare sensibilità caratteristiche per determinati tipi di segnale, quali il segnale vocale e quello musicale. Questi derivano da determinazioni statistiche, che stabiliscono una curva di ponderazione del rumore rosa. Le attuali cono-

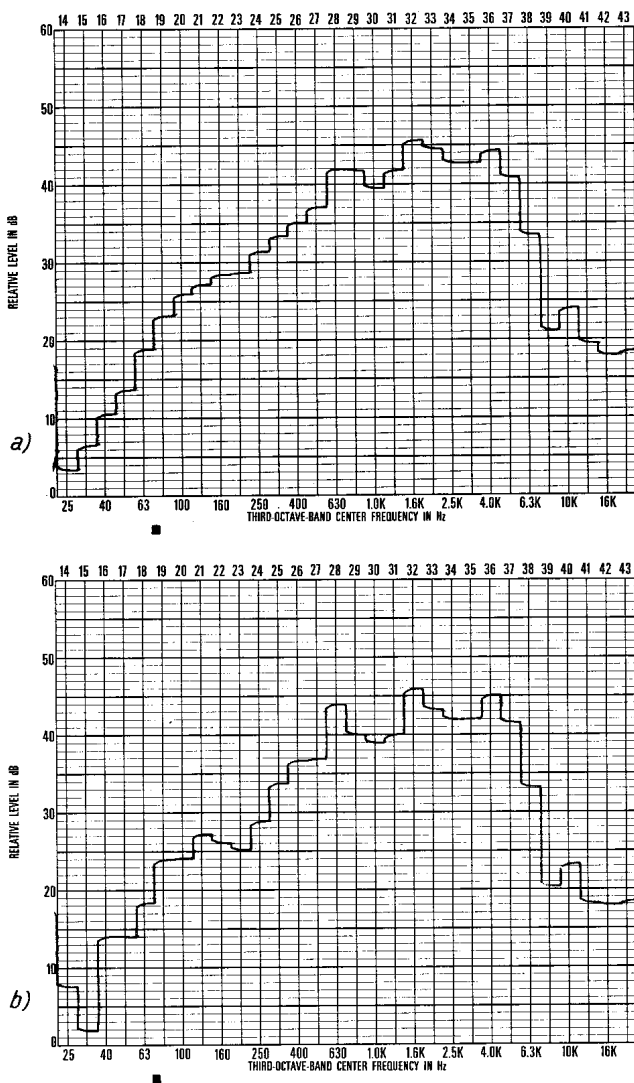


Fig. 9. — Risposta dell'altoparlante in prova in camera anecoica, per suono rosa: il segnale è filtrato in ricezione con il Real Time Analyzer G.R. a costante di integrazione 4 secondi (a) e 1/8 secondi (b).

l'apparecchio con suono rosa filtrato per terzi d'ottava nella stessa gamma di frequenze. Il livello di sensibilità caratteristica è il livello di pressione sonora dedotto dalla misura per bande di terzi d'ottava sull'asse dell'altoparlante alla distanza di 1 m dal centro quando esso è alimentato alla potenza equivalente di 1 W (V^2/R). La sensibilità viene in tal caso espressa in dB/W. (La norma ammette anche che si specifichi

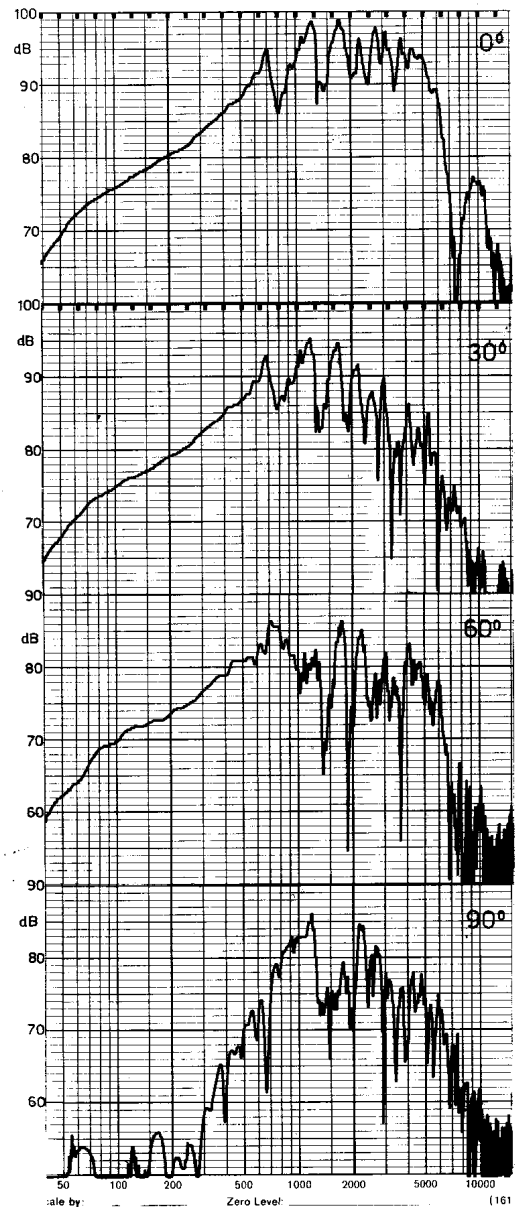


Fig. 10. — Risposta dell'altoparlante in prova in camera anecoica, per suoni puri, rilevata in un piano per vari angoli rispetto all'asse, assunto come 0°.

scienze, la varietà delle lingue e dei tipi di musica non hanno consentito di stabilire una unificazione convincente di questi tipi di segnale; si è pertanto abbandonata, almeno per il momento, la definizione di questo parametro.

7. - CARATTERISTICHE DIREZIONALI.

La caratteristica direzionale di un altoparlante è normalmente presentata sotto forma grafica, come livello relativo di pressione sonora in funzione della direzione di propagazione in un piano specificato che passa per l'asse dell'altoparlante, a una distanza specificata dal centro, a una determinata frequenza o entro una determinata banda (di terzi o di ottava) di frequenza.

Se la simmetria è cilindrica rispetto l'asse, è sufficiente il rilievo in un solo piano; in caso contrario è necessario eseguire la misura in piani diversi.

La rappresentazione grafica può essere presentata in due modi diversi:

a) rilevando una famiglia di risposte a varie frequenze, in coordinate polari;

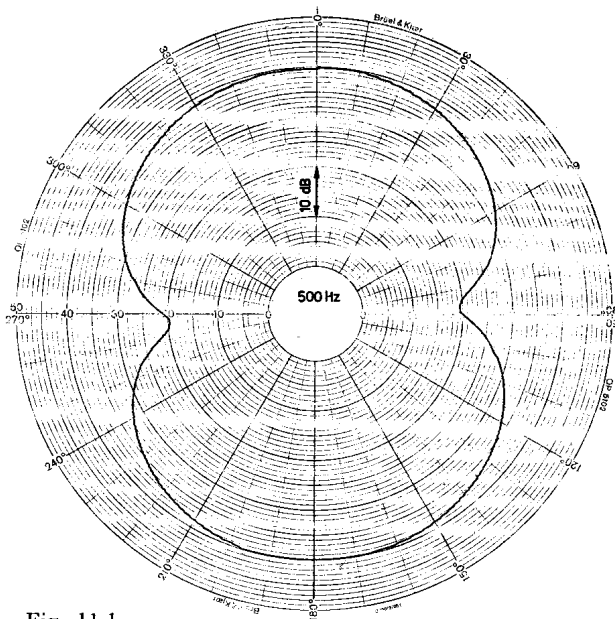


Fig. 11.1.

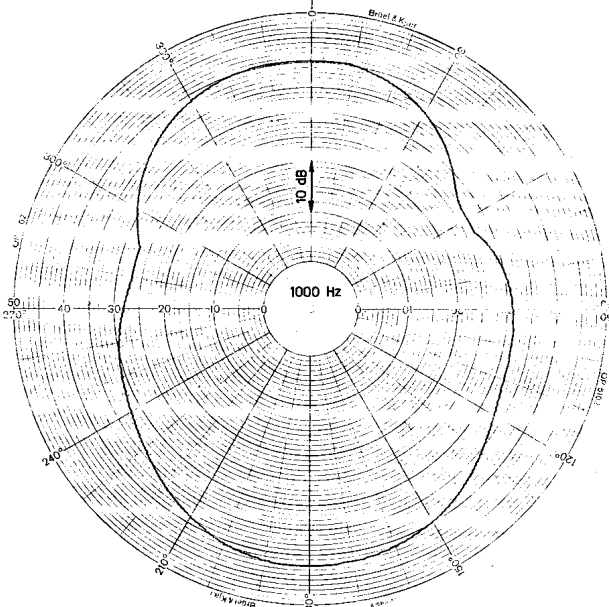


Fig. 11.2.

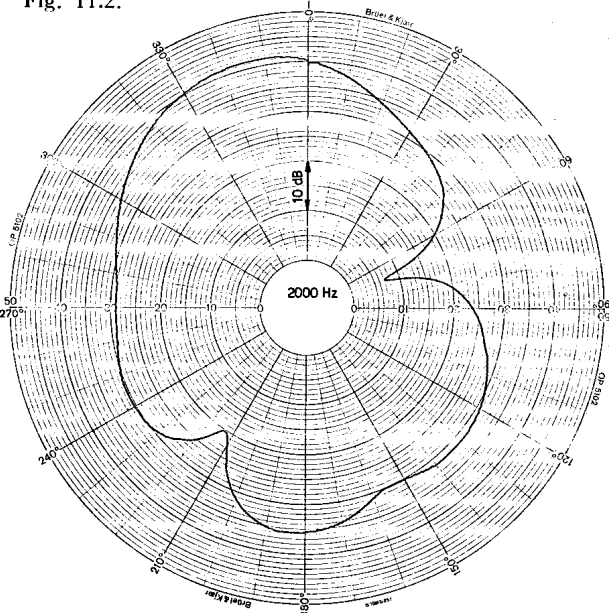


Fig. 11.3.

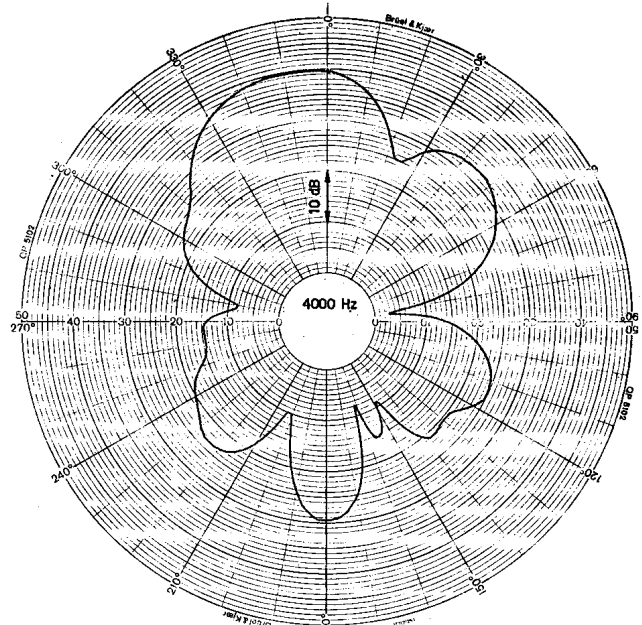


Fig. 11.4.

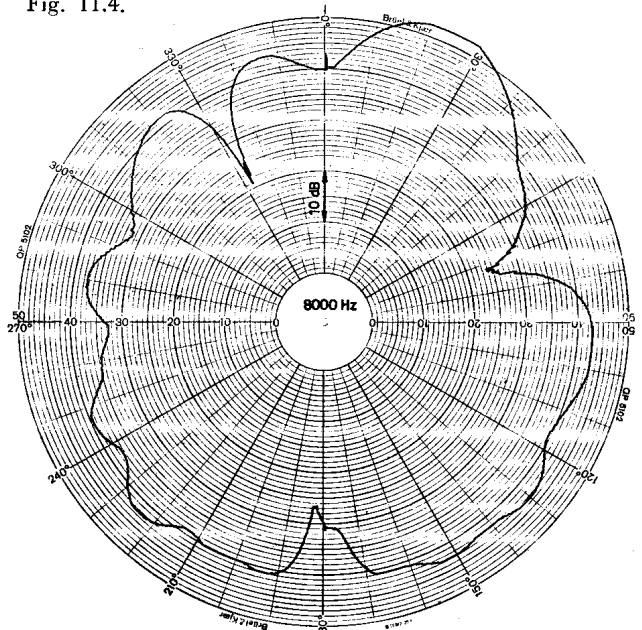


Fig. 11.5.

Fig. 11. — Diagramma di direttività dell'altoparlante in prova rilevato per suono puro a 500, 1000, 2000, 4000 e 8000 Hz.

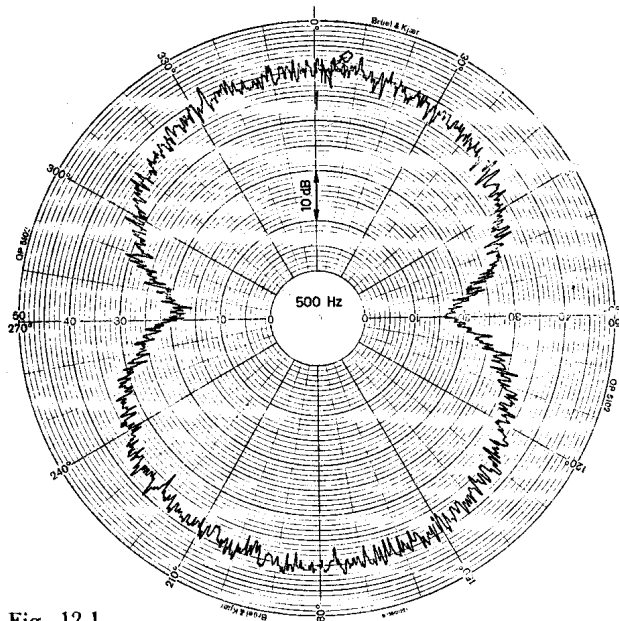


Fig. 12.1.

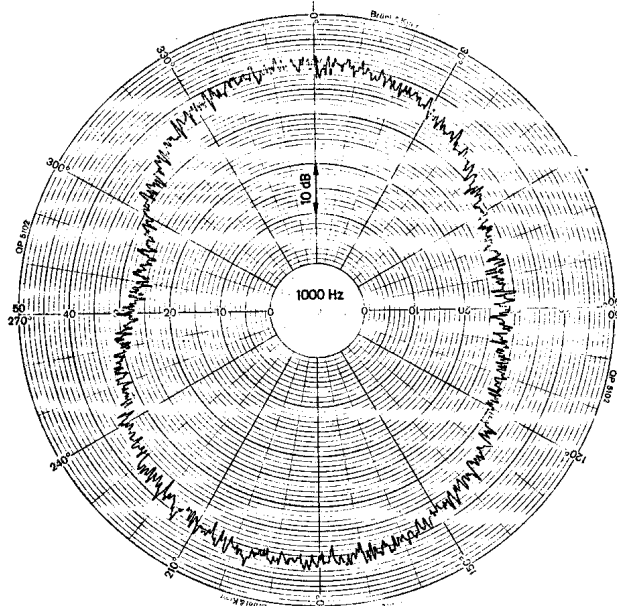


Fig. 12.2.

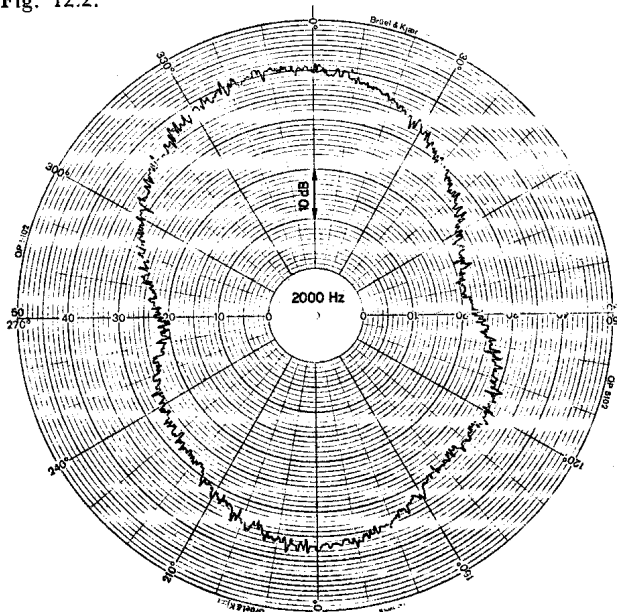


Fig. 12.3.

b) rilevando una famiglia di risposte di frequenza per vari angoli rispetto all'asse di riferimento nel piano prescelto (fig. 10).

In genere per i rilievi secondo il primo metodo si ricorre a sistemi meccanici che fanno ruotare con continuità l'altoparlante con collegamento elettrico o meccanico sincrono con la carta del diagramma polare.

Le frequenze consigliate sono: 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz.

In fig. 11 sono riportate le curve polari alle frequenze di norma rilevate con suono puro e in fig. 12 con suono rosa filtrato per terzi di ottava; in fig. 13 sono riportate le curve polari a 4000 Hz per due diversi piani passanti per l'asse dell'altoparlante.

Il diagramma, tracciato normalmente in coordinate polari, deve avere a 0° raggio sufficientemente ampio, maggiore della differenza fra massimo e minimo li-

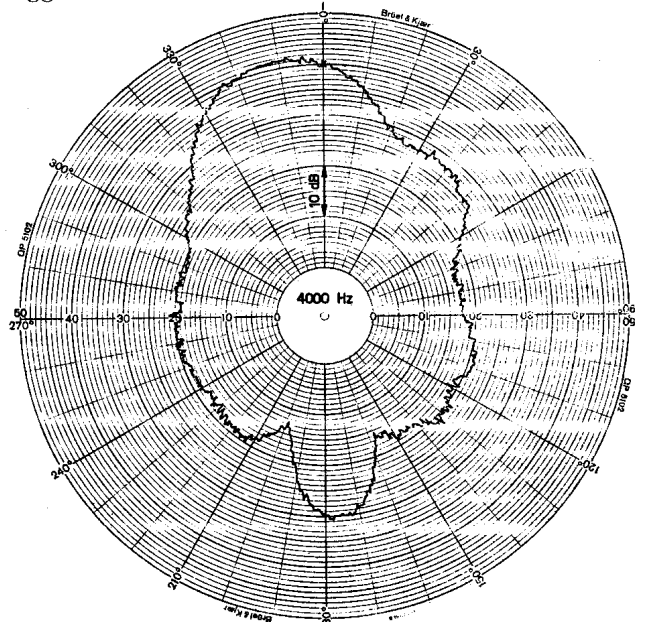


Fig. 12.4.

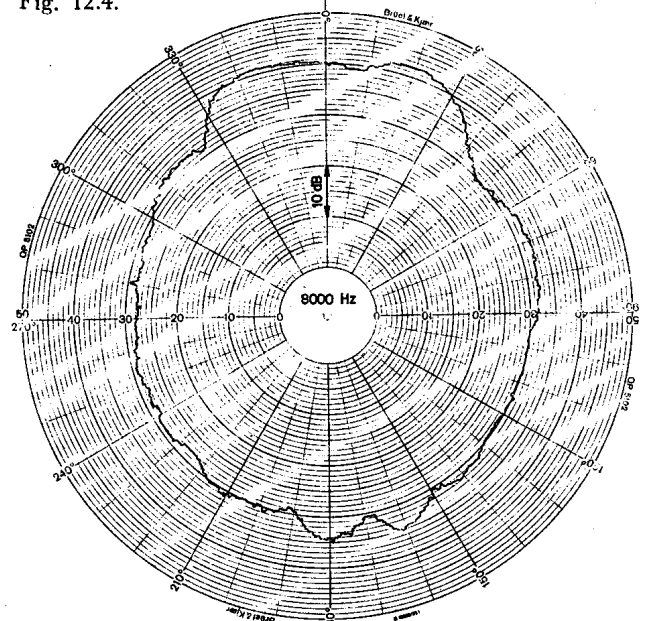


Fig. 12.5.

Fig. 12. — Diagramma di direttività dell'altoparlante in prova rilevato con suono bianco filtrato per terzi d'ottava a 500, 1000, 2000, 4000 e 8000 Hz.

vello rilevati: in genere è sufficiente una dinamica di 40 dB.

La curva di direttività è definita per un certo piano sul quale giace l'asse di riferimento: per particolari accurate ricerche è opportuno effettuare il rilievo in almeno due piani perpendicolari fra loro.

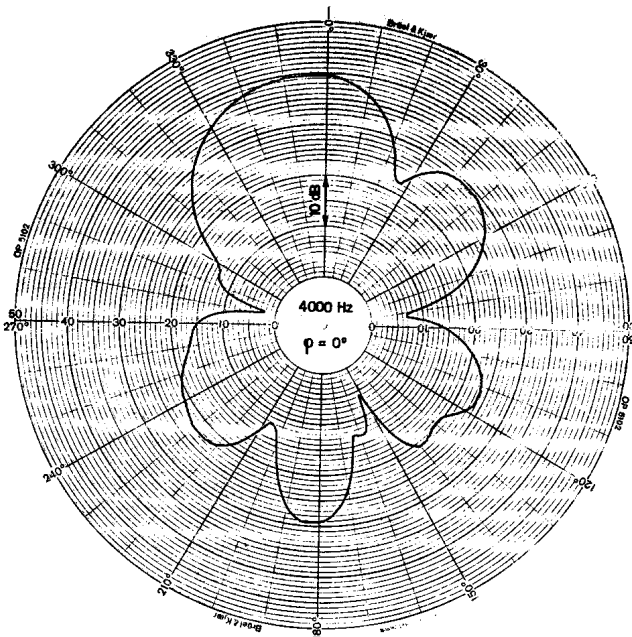


Fig. 13.1.

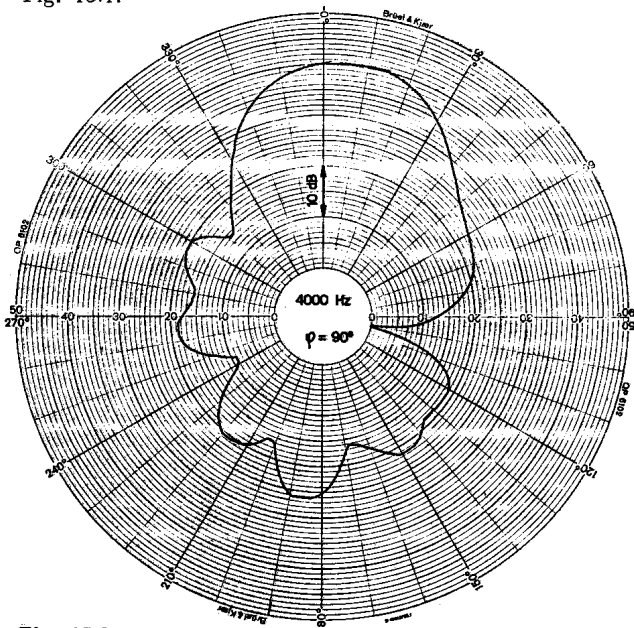


Fig. 13.2.

Fig. 13. — Diagramma di direttività dell'altoparlante in esame rilevato per suono puro a 4000 Hz, in due piani perpendicolari passanti per l'asse.

Le proprietà direttive di un altoparlante per una data frequenza possono essere riassunte in un unico numero detto « indice di direttività », espresso in dB, che si indica con D_i e si definisce con la seguente relazione:

$$(7) \quad D_i = 10 \log \frac{4 \pi p_a^2}{\int_0^{2\pi} \int_0^\pi p^2 \sin \theta \, d\theta \, d\varphi} \text{ dB}$$

Nel caso si assuma la simmetria cilindrica, la (7) si semplifica nella:

$$(8) \quad D_i = 10 \log \frac{2 p_a^2}{\int_0^\pi p^2 \sin \theta \, d\theta} \text{ dB}$$

ove p_a è la pressione sonora sull'asse di riferimento.

La norma suggerisce la seguente relazione:

$$(9) \quad D_i = L_a - L_p + 10 \log \frac{T}{T_0} - 10 \log \frac{V}{V_0} + 25 \text{ dB}$$

ove L_a è il livello di pressione sull'asse rilevato in camera anecoica (a un metro di distanza), L_p il livello sonoro rilevato in camera riverberante, T e V sono rispettivamente tempo di riverberazione e volume della camera riverberante.

Dai diagrammi di direttività si può dedurre la potenza sonora emessa dall'altoparlante, per una data potenza di alimentazione, per una data frequenza, conoscendo la pressione sonora sull'asse ad una determinata distanza dal centro dell'altoparlante.

Con i simboli precedentemente usati la potenza acustica P_a , espressa in watt, è data da:

in camera anecoica:

$$(10) \quad P_a = \frac{p_a^2}{\rho c} \frac{4 \pi}{Q} \text{ watt}$$

in camera riverberante:

$$(11) \quad P_a = \frac{p^2}{\rho c} \frac{1}{25 T/V} \text{ watt}$$

La misura di potenza nei due ambienti può dare risultati approssimati entro pochi dB: occorre un calcolo di Q che è attuabile soltanto se la direttività presenta simmetria cilindrica, altrimenti risulta estremamente complesso. Il confronto della misura nei due ambienti si effettua a parità di alimentazione.

Se l'altoparlante è alimentato con una potenza elettrica P_e anch'essa espressa in watt, se ne deduce il rendimento η dell'altoparlante:

$$(12) \quad \eta = \frac{P_a}{P_e}$$

Nella norma si ammette che il rendimento dell'altoparlante possa essere espresso in dB.

8. - DISTORSIONE NON LINEARE.

La norma prende in considerazione vari aspetti della distorsione non lineare, intesa come relazione fra componenti generate dall'altoparlante e quelle di alimentazione.

La distorsione può essere un elemento molto importante nel giudizio di un altoparlante: in particolare si nota un diverso comportamento a seconda che

l'altoparlante alimentato con suono puro produce componenti armoniche di ordine pari o dispari.

La norma si dilunga nello specificare vari tipi di distorsione in relazione a diversi tipi di alimentazione.

Parametro fondamentale è la potenza di alimentazione dell'altoparlante poiché la distorsione può crescere rapidamente al di sopra di una certa potenza (fig. 14).

Il tipo più semplice di distorsione è quello che si rileva con l'altoparlante alimentato da un segnale puro, rapportando il valore efficace delle armoniche a quello del suono totale: in tal caso si ha la « distorsione armonica ». Questa distorsione varia anche con la frequenza ma, a meno di ricorrere a sistemi piuttosto complessi e limitatamente diffusi, ad esempio filtri asserviti, non è agevole tracciarla automaticamente in funzione della frequenza.

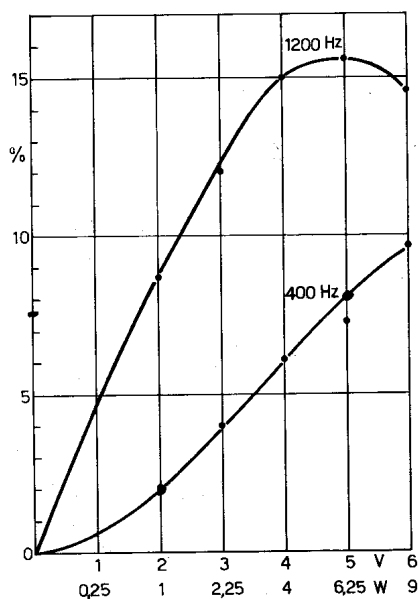


Fig. 14. — Distorsione armonica percentuale in funzione della tensione e della corrispondente potenza di alimentazione a 400 e 1200 Hz.

Per ragioni di valutazione, la distorsione può venir riferita alla pressione sonora caratteristica, nel qual caso assume la denominazione « distorsione armonica caratteristica » essa stessa.

Si fa riferimento alla pressione caratteristica per eliminare valori importanti di distorsione che si possono avere in corrispondenza di minimi accentuati della curva di risposta e che l'esperienza dimostra non essere nettamente percettibili all'ascolto. (Si ricorda che la pressione caratteristica è quella prodotta a 1 m di distanza dal centro, sull'asse dell'altoparlante, quando questo è alimentato in camera anecoica con un segnale di rumore rosa di potenza stabilita: nel caso in esame ha un livello di 95 dB).

La norma raccomanda anche la misura, per una data frequenza, delle singole componenti del residuo, eseguendo la percentuale come precedentemente. In genere si rileva la distorsione dovuta alla seconda e alla terza armonica della frequenza di eccitazione.

La potenza elettrica di alimentazione dovrebbe

essere quella nominale indicata dal costruttore, in quanto una limitazione nell'uso dell'altoparlante stesso può essere determinata dalla entità della distorsione.

La norma fa cenno anche ad altre due misure che si basano sui fenomeni di intermodulazione, ossia della emissione di frequenze combinazione lineare di due diverse frequenze contemporanee di alimentazione. Se queste due frequenze sono molto vicine la distorsione della seconda armonica è determinata dall'esistenza di una frequenza differenza delle due frequenze di alimentazione. Questi metodi di intermodulazione possono presentare notevole interesse per studiare alcuni aspetti dell'altoparlante, ma in genere non sono che scarsamente utilizzati per normali collaudi tenuto anche conto che non esistono apparecchiature costruite commercialmente su vasta scala per la loro esecuzione.

La determinazione della distorsione col suono rosa filtrato per terzi di ottava consente una analisi rapida e sufficientemente precisa: in questo caso il rilievo è fattibile per distorsioni al di sopra di una certa entità.

Il metodo fa ricorso all'uso di due sistemi eguali di filtri di terzi di ottava. Si alimenta l'altoparlante con suono rosa filtrato da uno dei filtri, e si rileva

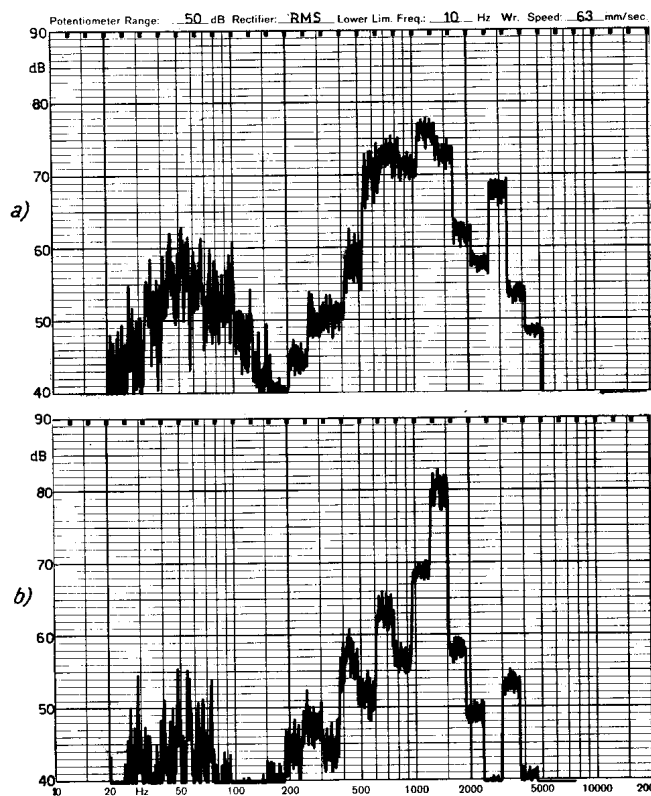


Fig. 15. — Livello di pressione sonora distorta di secondo ordine (a) e di terzo ordine (b) rilevata in camera anecoica con l'altoparlante in esame alimentato con suono rosa filtrato per terzi di ottava: da mettere in relazione alla risposta riportata in fig. 8.

la presenza nel segnale microfonico di energia in corrispondenza del filtro di frequenza nominale doppia (per la seconda armonica) e tripla (per la terza armonica). Il movimento dei due sistemi di

filtri può essere sincrono e consentire così il rilievo continuo di ciascuna delle due armoniche separatamente.

Tenuto conto che il sistema di filtri risponde in genere alle Norme IEC, si può constatare che la misura è valida per distorsioni superiori all'1% per la seconda armonica e all'1‰ per la terza.

Questo metodo, per ora allo stadio di progetto, dà risultati che possono essere utili per valutare la distorsione, ma che non possono essere direttamente confrontati con quelli ottenuti per suoni puri perché includono un contributo di toni di combinazione (fig. 15).

La norma non tiene conto della possibile esistenza di sottoarmoniche, che anche in piccola percentuale sono nettamente percepibili all'orecchio e in genere provocano un suono molto sgradevole.

9. - TRANSITORI.

L'analisi dei fenomeni transitori viene riconosciuta come molto importante nel giudizio di un altoparlante. Sono state proposte svariate modalità: alimentazione con impulsi, con onde quadrate, con treni d'onda; registrazione di curve di risposta alcuni millisecondi dopo l'interruzione dell'eccitazione, e via dicendo. Da un punto di vista strettamente normativo non ci si è ancora accordati su un metodo di rilievo quantitativo; pertanto la questione rimane aperta.

10. - POTENZA SONORA IN CAMERA RIVERBERANTE.

Il progetto di norma prevede l'esecuzione di determinazioni della potenza sonora e della potenza sonora distorta in camera riverberante. Questo è un ambiente di dimensioni sufficientemente vaste (oltre 200 m³ di volume) avente le pareti molto riflettenti: la caratteristica della camera è data dalla misura del tempo di riverberazione in funzione della frequenza. Per la camera riverberante dell'I.E.N., del volume di 307 m³, la fig. 2 riporta il diagramma del tempo di riverberazione in funzione della frequenza.

Il principio sul quale si fonda la misura della potenza è il seguente: il suono emesso dalla sorgente in esame si rivela come diretto nelle immediate vicinanze della sorgente stessa, mentre per effetto delle successive riflessioni il suono non diretto può considerarsi sufficientemente diffuso ossia a livello costante in ogni punto dell'ambiente. Le limitazioni che presenta una camera riverberante per queste prestazioni sono dovute al fatto che si considera in genere la rappresentazione geometrica del fenomeno: quando però le lunghezze d'onda del suono si avvicinano alle dimensioni dell'ambiente, bisognerebbe ricorrere alla teoria ondulatoria e l'ipotesi del suono uniformemente diffuso non è più valida.

Quanto più grande è una camera tanto più valide sono le misure a frequenze molto basse.

La relazione che consente di determinare la potenza sonora (W) nell'ambiente riverberante è:

$$W = \frac{p^2}{\rho c \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + 25 \frac{T}{V} \right)}$$

ove: p è la pressione sonora generata dall'altoparlante nelle condizioni di misura a distanza r dall'altoparlante in ambiente di tempo di riverberazione e volume T e V ; ρc l'impedenza caratteristica dell'aria; Q il fattore di direttività dell'altoparlante. Affinchè il campo possa considerarsi diffuso deve essere:

$$r \gg \sqrt{\frac{Q}{4\pi} \frac{1}{25} \frac{V}{T}}$$

Quando questa condizione non si verifica nella posizione del microfono si rileva un andamento direttivo della sorgente, se messa in rotazione: la fig. 16 a) illustra questo comportamento a varie distanze a 4000 Hz, la fig. 16 b) confronta il comportamento a 2000 e 4000 Hz con microfono a 1 m.

Quando la condizione di diffusione è verificata, la relazione fra livello di potenza sonora L_w emesso dall'altoparlante e livello di pressione sonora L_p nell'ambiente è:

$$L_w = L_p - 14 - 10 \log \left(\frac{V_0}{V} \right) \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ dB}$$

ove V_0 e T_0 sono rispettivamente volume e tempo di riverberazione unitari di riferimento.

La misura di potenza sonora si attua in condizioni di campo diffuso. La norma consiglia di sistemare l'altoparlante a 1 m dall'angolo dell'ambiente e rivolto verso la parete. Il suono di alimentazione è rosa filtrato per terzi di ottava e anche quello di ricezione è opportuno sia filtrato per terzi di ottava.

Se i due filtri, in alimentazione e in ricezione, hanno la stessa frequenza nominale, apportando la correzione dovuta al tempo di riverberazione (fig. 2) si ha lo spettro di potenza sonora quando si fanno variare i filtri simultaneamente (fig. 17). Se il filtro di ricezione è sintonizzato su una frequenza doppia o tripla di quella di alimentazione, si determina la cosiddetta potenza sonora distorta di seconda e di terza armonica rispettivamente. (Questa misura risulta a volte difficile per la presenza di rumore di fondo nell'ambiente).

Per misurare lo spettro di potenza sonora si può altrimenti operare come segue: si alimenta l'altoparlante con rumore rosa in tutta la sua gamma, e il segnale microfonico viene elaborato da un « real time analyzer », che consente di introdurre automaticamente la correzione di tempo di riverberazione e la rappresentazione grafica o numerica diretta dello spettro di potenza sonora. Da questi dati è possibile determinare la potenza sonora globale emessa dall'altoparlante e conseguentemente il suo rendimento (fig. 18).

La potenza nominale di un altoparlante è quella specificata dal costruttore, ed ha un limite stabilito dalle seguenti condizioni:

a) una limitazione a lungo termine nel riscaldamento della bobina mobile, dato che si può dedurre facilmente misurandone la resistenza elettrica. La prova va eseguita a potenza nominale;

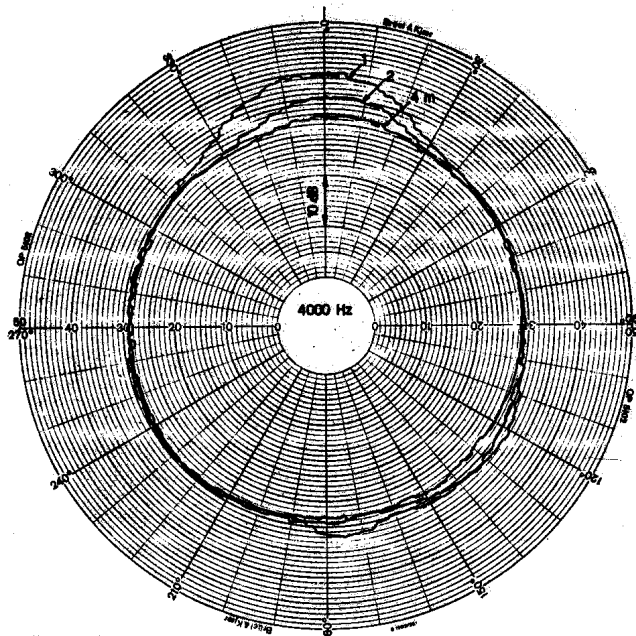


Fig. 16. a).

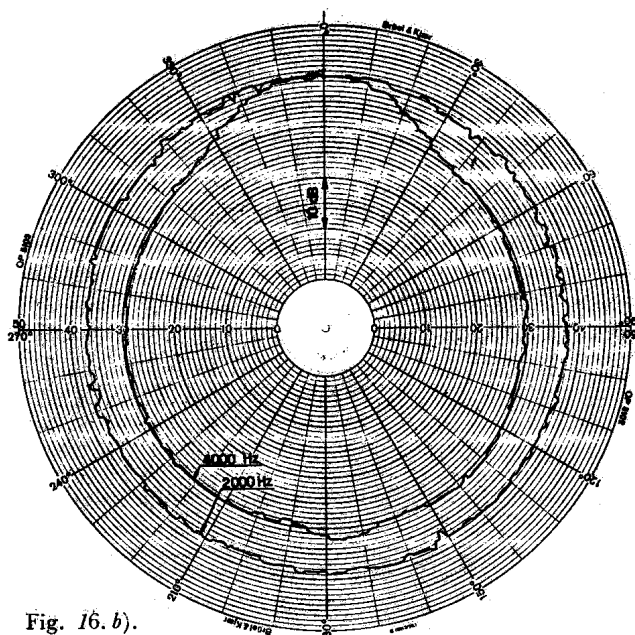


Fig. 16. b).

Fig. 16. — Diagrammi di direttività rilevati in camera riverberante con altoparlante alimentato con suono rosa filtrato per terzi di ottava:

— con alimentazione costante a 4000 Hz e microfono a varia distanza dall'altoparlante;

— con alimentazione a 2000 e 4000 Hz e microfono a distanza di 1 m dall'altoparlante.

b) alla potenza nominale la distorsione globale deve essere inferiore ad un determinato limite;

c) prova di vita: si alimenta l'altoparlante con un determinato segnale e per un determinato tempo

controllando che determinate caratteristiche non vengano alterate al termine della prova.

Le prove a) e b), per determinare se effettivamente la potenza nominale risponde a requisiti richiesti non sono ancora state stabilite in sede di norma, ma formano oggetto di discussione. Si comprende però l'importanza che esse debbono avere poichè la po-

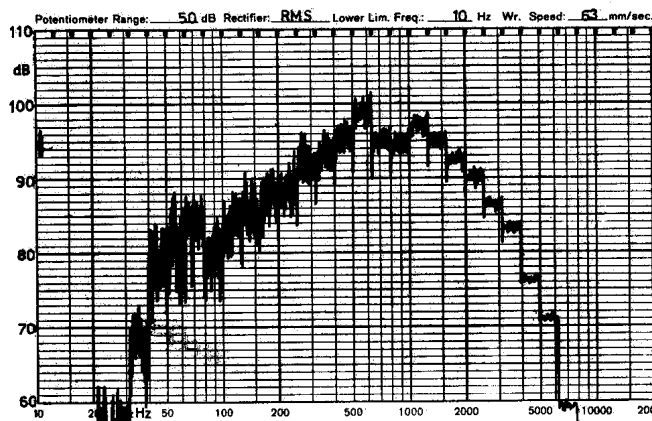


Fig. 17. — Livello di pressione sonora rilevato in camera riverberante con suono rosa filtrato per terzi di ottava, da mettere in relazione al livello di potenza sonora a meno del fattore di correzione d'ambiente.

tenza nominale dell'altoparlante è uno dei dati fondamentali che lo qualificano.

La Pubblicazione IEC 200, da non ritenersi superata, stabilisce la modalità c) per il collaudo della potenza nominale con un metodo che viene denominato «prova di vita». In sintesi questa prova consiste nell'applicare ai morsetti dell'altoparlante un rumore bianco opportunamente ponderato, per una

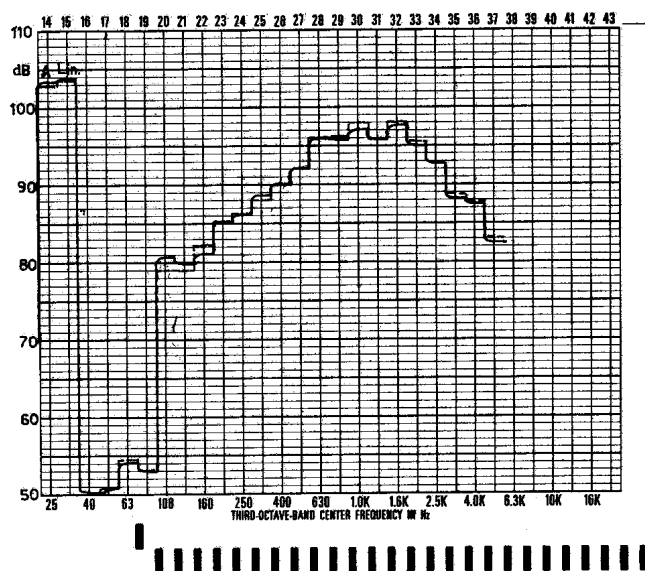


Fig. 18. — Livello di potenza sonora rilevato in camera riverberante con il Real Time Analyzer G.R.

potenza corrispondente a quella nominale e per la durata di 100 ore consecutive. Si ammette che l'altoparlante supera questa prova quando dopo le 100 ore non si verificano variazioni sensibili di rispo-

sta, di impedenza, ecc., nè si riscontrano alterazioni meccaniche.

Una tendenza attuale vuole che la potenza nominale sia quella che l'altoparlante può sopportare per tempo non eccessivamente lungo alimentato con segnale sinusoidale. È ancora allo studio la precisazione della durata e della frequenza del segnale.

11. — NORMALIZZAZIONE DELL'ALTA FEDELTA'.

Lo scopo di una normativa per l'alta fedeltà è dare specificazioni ben precise per attribuire la qualifica di Hi-Fi ad apparecchiature in genere, quindi ad altoparlanti in particolare. Questa qualifica deve garantire determinate prestazioni e non dovrebbe essere applicata che ad apparecchi che soddisfano ai requisiti specificati dalla norma. L'appellativo di Hi-Fi si dà per ogni singolo componente della catena di diffusione sonora, e qui si accenna soltanto quanto riguarda gli altoparlanti.

L'IEC ha formato un gruppo di lavoro ad hoc, che non ha ancora terminato i suoi lavori, partendo da limiti non eccessivamente severi, di modo che a non poche apparecchiature si potrà attribuire la qualifica di Hi-Fi.

La discussione di principio su questa norma verte sul grado di qualità che bisogna raggiungere per poter attribuire il marchio di alta fedeltà. Vi sono naturalmente diverse tendenze in buona parte legate a particolari interessi commerciali. Comunque si dovrebbe pervenire a una specificazione che garantisca un serio livello di qualità.

In Germania vige già da parecchi anni la DIN 45500 che prescrive valori minimi delle varie caratteristiche di apparecchiature che recano il marchio alta fedeltà. Questi valori si possono considerare alla luce dell'attuale tecnica costruttiva corrispondenti a buone prestazioni, ma non tali, a giudizio di molti, da soddisfare la qualifica di alta fedeltà come normalmente si intende.

È in corso di discussione una proposta per stabilire valori di caratteristica più severi da attribuire ad apparecchiature per le quali la qualifica di Hi-Fi ha un vero e proprio valore di marchio.

Si è avanzata la proposta di suddividere le apparecchiature di qualità in due classi, di Hi-Fi e Hi-Hi-Fi.

Nell'interesse soprattutto dei consumatori e dei costruttori più qualificati è da auspicare che questa norma possa rapidamente essere emessa, tutelando così quelle apparecchiature che veramente hanno prestazioni e caratteristiche di qualità superiore.

12. — PROVE D'ASCOLTO.

È ben noto che le caratteristiche fisiche che vengono rilevate di norma non sono sufficienti a stabilire la vera qualità di un altoparlante, la quale può conseguirsi soltanto attraverso un giudizio di ascolto.

Le modalità per questo tipo di prove sono oggetto di un progetto di norma IEC, che da qualche tempo sta procedendo a un complesso di ricerche le quali

toccano svariate discipline oltre l'elettroacustica, quali l'acustica ambientale, la statistica e la psicologia.

Un elemento che ormai si deve considerare acquisito è il fatto che il giudizio d'ascolto può venire espresso solo per confronto, e non in modo assoluto.

Le proposte sono:

— confronto con il suono diretto, modalità però che presenta difficoltà pratiche difficilmente superabili;

— confronto con un tipo di altoparlante che viene giudicato come campione;

— confronto fra altoparlanti di una stessa categoria, stabilita da un parametro ben determinato quale il diametro, o la potenza, o il prezzo.

Questo confronto va eseguito in un ambiente acusticamente trattato che verrà normalizzato su determinate dimensioni, con un tempo di riverberazione di circa 0,5 s (tipico di una normale camera di appartamento).

Gli altoparlanti sono alimentati da un sistema di alta qualità composto da un registratore magnetico, professionale e un sistema di commutazione che consente di effettuare la riproduzione alternativamente con l'uno e l'altro altoparlante a confronto. Un punto molto delicato è la scelta del segnale registrato su nastro magnetico. Si consiglia di utilizzare una serie di brani di circa 20 s ciascuno, ripetuti due volte successivamente, di musica e parlato di vario tipo (brano d'opera, sinfonica, jazz, solista, parola). È allo studio un tipo di registrazione con brani opportunamente scelti, da utilizzare come standard per questo tipo di prove.

Si deve tener presente che il giudizio può variare a seconda del tipo di musica che viene riprodotto.

Quando si opera il giudizio su più altoparlanti, di una stessa categoria, si esegue la prova con tutte le combinazioni a coppia (per 5 altoparlanti sono necessarie quindi 10 serie di prove). Il giudizio viene espresso, si può dire, in termini binari, e un'apposita tecnica assai utilizzata in problemi di psicologia consente di vagliare le preferenze espresse e di stabilire una scala di valori (scaling). Come si è già accennato questa scala può essere funzione della natura del brano riprodotto.

La norma dà poi tutte le indicazioni sulla posizione degli altoparlanti, sulla distanza d'ascolto, sulla potenza sonora e via dicendo.

Questa prova, che deve essere eseguita da un numero adeguato di soggetti opportunamente scelti (è in discussione il grado di cultura musicale che devono avere) risulta lunga e onerosa, per cui è particolarmente incoraggiata la ricerca di correlare giudizio di ascolto e caratteristiche fisiche, nella speranza che il solo rilievo di alcune di queste sia un giorno sufficiente a stabilire la qualità effettiva dell'altoparlante. Però questo problema è dubbio possa trovare una soluzione soddisfacente, poiché tutti i nostri mezzi fisici paiono inadeguati di fronte alla sensibilità e al complesso meccanismo psico-fisico della nostra audizione.

Il TC 12A, che si occupa di apparecchi radioricevitori, propone più semplicemente di suddividere, attraverso un giudizio di ascolto, le apparecchiature in generale e quindi gli altoparlanti in particolare in cinque classi in analogia con la tecnica che viene seguita in telefonometria.

Un gruppo di lavoro dell'ISO sta preparando una documentazione sulla relazione fra prove di ascolto ed ambiente nel quale vengono effettuate. La Commissione non considera l'apparecchiatura detta « di uso domestico » preoccupandosi invece di quella di uso professionale impiegata in apposite sale per pubblico: cinematografi, discoteche, sale-congressi, e via dicendo. La particolarità dei documenti e degli studi svolti da questa Commissione è di considerare gli altoparlanti come parte di una catena che comprende anche l'ambiente di ascolto. Si presume da alcuni che un ambiente opportunamente studiato possa compensare i difetti della apparecchiatura elettroacustica. Mentre è classico che si tenga conto nella progettazione di una sala dell'aspetto acustico e quindi delle possibilità e proprietà delle apparecchiature che verranno impiegate e soprattutto della loro disposizione, è arduo procedere a una correzione di difetti della catena elettroacustica agendo sulle proprietà acustiche dell'ambiente, tenuto conto che in molti casi non si può prescindere dall'ascolto diretto.

Il problema generale della sonorizzazione di una sala esce dal campo dello studio degli altoparlanti, ma si prospetta in un campo molto più vasto e che difficilmente può essere sottoposto ad una normalizzazione, tenendo conto di esigenze architettoniche ed estetiche. La normalizzazione deve preoccuparsi del

collaudo acustico dell'ambiente quindi ad esempio delle modalità per la misura dei tempi di riverberazione, della distribuzione del campo sonoro, sempre riferite però all'impianto particolare già installato, che come si è detto deve formare un tutt'uno con la sala stessa.

Le misure sono state eseguite con la collaborazione del sig. Zuccaro.

ELENCO DELLE NORME RIGUARDANTI GLI ALTOPARLANTI.

- Comitato Elettrotecnico Italiano: Norme di prova degli altoparlanti elettrodinamici a radiazione diretta (1964).
- International Electrotechnical Commission: Publication 200 - Methods of measurement for loudspeakers (1966); Publication 268-5 - Sound system equipment. Part. 5: Loudspeakers (1972). Draft: Characteristics and methods of measurement of loudspeaker units and systems when supplied with noise signals (giugno 1975).

Una Commissione di Studio del CEI/SC 29 «Alta Fedeltà» sta redigendo un progetto di norma italiana per gli altoparlanti.

Due gruppi di lavoro dell'IEC/SC 29B si occupano attualmente di altoparlanti: il WG 1, che lavora al progetto per misure con segnali non puri, il WG 9 che sta redigendo un progetto per le prove d'ascolto.

Manoscritto pervenuto il 27 febbraio 1976.