

# LO SMORZAMENTO NEGLI ALTOPARLANTI

di EDGARD M. VILLCHUR

da "Audio,, ottobre 1957

a cura del Dott. Ing. G. BALDAN

Uno degli argomenti meno chiari e meno capiti della tecnica audio è quella dello smorzamento e della risposta ai transitori in particolare per quanto riguarda gli altoparlanti. In quel che segue cercheremo di rivedere tutto il problema e di eliminare i pregiudizi più gravi in questo campo.

Molto del materiale che presenteremo sembrerà nuovo perchè è contrario a molte idee ormai accettate (e persino pubblicate). Nonostante l'apparenza esso è invece molto conservativo. Infatti abbiamo consultato tutta la letteratura relativa e per esempio i concetti principali qui esposti si possono trovare nel libro *Acoustics* (1) di Beranek sia pure in una forma più rigorosa e matematica.

## Terminologia

Prima di procedere oltre dobbiamo chiarire bene il significato dei termini usati. Lo smorzamento si riferisce esclusivamente all'introduzione di un elemento *resistivo* in un sistema oscillante. Questo elemento resistivo può essere elettrico, meccanico o acustico.

Se noi immettiamo dell'energia alternata in un sistema elettrico o meccanico — possiamo per esempio applicare una tensione alternata ad un circuito elettrico o una forza vibrante a un sistema meccanico — il sistema risponderà oscillando sotto la sollecitazione di questo stimolo. L'ampiezza con cui il sistema oscilla, chiamata « risposta » dagli audiodilettanti, dipende dalla sua impedenza. Questa impedenza può essere pensata come una ritrosia meccanica, acustica o elettrica o lasciarsi muovere o a lasciarsi percorrere da una corrente.

La parte *reattiva* dell'impedenza che è associata alle caratteristiche di massa, elasticità, induttanza ecc. permette al sistema di accettare dell'energia che però viene accumulata e non assorbita o dissipata. Un sistema costituito da un peso sostenuto da una molla oscillerebbe continuamente se non esistessero degli attriti. La parte *reale* o resistiva dell'impedenza, associata alle caratteristiche di resistenza ohmica, attrito, viscosità, ecc., permette al sistema di assorbire permanentemente dell'energia che viene dissipata (o nel caso di una resistenza di radiazione di accettare dell'energia che viene trasmessa per un'altra via).

Quando consideriamo il sistema non nelle condizioni di regime, ma nei primi momenti all'*attacco* e alla *fine* dopo la cessazione dello stimolo noi parliamo di *regime transitorio* e non di *regime permanente*.

## Attacco e fine

Sarà bene considerare degli esempi concreti della risposta transitoria di sistemi meccanici. Vediamo due

di questi esempi: la risposta di un tamburo colpito da un bastone e la risposta di un altoparlante ad un segnale che corrisponde al suono generato dal tamburo. Quando il bastone cade deforma la pelle tesa del tamburo. La velocità del movimento iniziale della membrana non sarà in passo con la frequenza naturale del sistema meccanico-acustico costituito dal tamburo.

Il suono dell'urto, invece di avere la stessa altezza per la quale il tamburo è sintonizzato, avrà delle componenti fondamentali di frequenza molto più alta.

L'ampiezza del suono permanente che si stabilizzerà alla fine a causa del colpo dipenderà dalla forza applicata e dall'impedenza del sistema mobile del tamburo.

L'ampiezza e la durata del suono iniziale più alto dipende dell'impedenza del tamburo agli stimoli ad alta frequenza e dal suo *Q* a queste frequenze. Quanto più facilmente la pelle del tamburo può muoversi a velocità e ampiezze corrispondenti a queste frequenze superiori alla sua fondamentale tanto più vivace sarà il suono iniziale. La natura del transitorio acustico è quindi una funzione della risposta di frequenza del tamburo, cioè dell'ampiezza relativa del suono che esso produce quando è stimolato a varie frequenze.

Appena il bastone si stacca il tamburo resta solo. Esso può continuare a vibrare solo per l'energia che ha ricevuto con il primo colpo e non ne riceve altra se non viene picchiato un'altra volta. Tuttavia noi sappiamo che esso continua a vibrare. Se fosse perfettamente non smorzato continuerebbe a vibrare indefinitamente, però la resistenza meccanica e acustica producono un leggero smorzamento che assorbe lentamente l'energia e il suono dopo un certo tempo si spegne. Questo è il transitorio finale, la fine; la sua durata dipende dallo smorzamento.

Nel caso dell'altoparlante che riproduce il suono del tamburo si può applicare la stessa analisi. La sollecitazione iniziale non è dovuta ad un urto esterno ma ad una corrente fornita dall'amplificatore e dal campo magnetico relativo in cui è immersa la bobina mobile. Poichè l'altoparlante deve vibrare seguendo fedelmente il segnale, deve avere un sistema meccanico molto ben smorzato. Se il cono dell'altoparlante continuasse a vibrare per conto suo anche dopo la cessazione del segnale si avrebbe una grande confusione di suoni.

La qualità della riproduzione del suono iniziale del tamburo dipende dalla risposta di frequenza dell'altoparlante alle alte frequenze. Così il suono iniziale riprodotto da un sistema multiplo di altoparlanti è controllato non dalle caratteristiche adatte alla bassa frequenza del « Woofer » ma dalle caratteristiche di quelle unità che sono destinate a riprodurre le medie e alte frequenze e può interessare solo in piccola parte anche il « Woofer » secondo il valore della frequenza

«cross-over». Per definizione un Woofer per basse frequenze non può riprodurre anche i suoni iniziali. Il suo contributo nella riproduzione dei primi istanti di un secco colpo di tamburo si limita alla frequenza fondamentale e alle armoniche inferiori; le altre componenti sono invece riprodotte dagli altri altoparlanti. Ciò per quanto riguarda il problema generale, ma ritorniamo ora alla questione specifica dell'attenuazione degli altoparlanti.

### Smorzamento magnetico degli altoparlanti.

Gli altoparlanti vengono smorzati nel campo di risonanza principale in tre modi: meccanicamente attraverso l'attrito della sospensione, acusticamente con vari sistemi di applicazione di resistenze acustiche e attraverso la resistenza di carico dell'aria e magneticamente. Nei sistemi bass-reflex e a tromba esponenziale domina di solito lo smorzamento acustico; invece nei sistemi a radiatore diretto il compito dello smorzamento è affidato quasi esclusivamente al sistema elettromagnetico. Si ha anche uno smorzamento di certi tipi di vibrazione alle alte frequenze dovute al materiale del cono e alla sua sospensione periferica ma questo non è il soggetto del nostro articolo.

Lo smorzamento magnetico equivale ad un aumento della resistenza meccanica applicata al sistema mobile. Questa resistenza meccanica si può rendere evidente in un modo molto semplice. Se si cortocircuitano i terminali della bobina mobile di un altoparlante fornito di un magnete molto potente e se poi si tenta di muovere il cono in avanti e indietro con la mano, si avrà la sensazione che la bobina mobile sia immersa in un fluido viscoso. Questa viscosità apparente sparisce non appena si interrompe il corto circuito dei terminali. Quando l'altoparlante è collegato ad una sorgente di bassa resistenza interna, quest'ultima può sostituire il nostro cortocircuito. Se invece la resistenza interna dell'amplificatore è elevata (basso fattore di smorzamento) si ha una diminuzione corrispondente della resistenza di smorzamento magneto-meccanico.

L'effetto dello smorzamento magnetico degli altoparlanti è duplice.

- 1) Impedisce che il cono continui a vibrare dopo che il segnale è cessato («hangover»).
- 2) Controlla la risposta ai bassi nella regione della frequenza di risonanza e precisamente per un'ottava ai due lati.

Il primo effetto è molto noto e se ne sente spesso discutere, il secondo invece è più trascurato. La resistenza meccanica introdotta dall'attenuazione magnetica diventa la massima componente dell'impe-

denza dell'altoparlante proprio nel campo di risonanza nel quale la massa e l'ammortenza si eliminano a vicenda. In pratica inizia a manifestarsi al di sopra delle frequenze di risonanza quando la reattanza della massa diventa uguale alla resistenza di smorzamento meccanica.

L'importanza dell'influenza dello smorzamento è una funzione del rapporto fra la massa in movimento e la resistenza meccanica, dipende cioè dal Q meccanico del sistema. Quando la resistenza è piccola rispetto alle reattanze della massa in condizioni di risonanza (Q elevato) l'effetto dello smorzamento sulla curva di risposta ai bassi è piccolo, quando invece lo smorzamento è elevato anche l'effetto sulla risposta ai bassi è grande. Con ciò si è espresso a parole quel che è rappresentato graficamente nella fig. 1 che riproduce le curve di risposta alla frequenza di risonanza per diversi valori di Q (2). Tutti gli altoparlanti dinamici sono naturalmente dei sistemi risonanti a massa-elasticità.

Il nocciolo del problema è quello di determinare per quale valore di Q il picco di risonanza viene ridotto ad una curva piatta ossia qual'è lo smorzamento che elimina qualsiasi hangover. Infatti occorre notare che un basso valore di Q elimina il hangover, ma riduce anche la risposta ai bassi come è indicato nella fig. 1.

Il fattore di bontà meccanico Q di un sistema è dato in funzione della massa, della resistenza e della frequenza di risonanza dalle formule:

$$Q = \frac{\omega R M}{R}$$

dove M = massa;  
R = resistenza meccanica;  
 $\omega R = 2 \pi$  volte la frequenza di risonanza;  
 $\omega R M$  = reattanza della massa alla frequenza di risonanza.

Nel caso dell'altoparlante la formula precedente può avere questa forma:

$$Q = \frac{\omega R M}{R_A + R_M + R_D}$$

dove M = massa della bobina e del cono più la massa acustica ridotta al sistema;

$R_A$  = resistenza acustica;  
 $R_M$  = resistenza meccanica della sospensione;  
 $R_D$  = resistenza meccanica equivalente allo smorzamento magnetico.

Quest'ultimo è uguale a  $\frac{B^2 I^2}{R_{vc} + R_{int} + R_{sc}}$

Fig. 1. - Curva di risposta di un altoparlante a radiatore diretto sul campo di risonanza per valori diversi del Q del suo sistema meccanico (secondo Beranek).

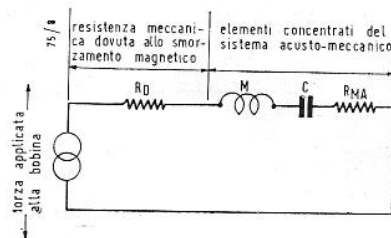
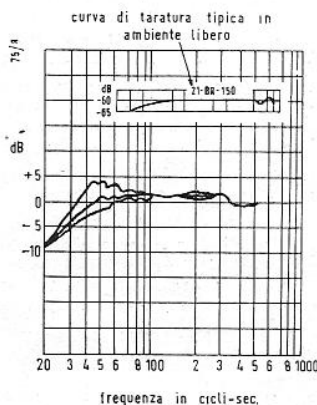


Fig. 2. - Circuito elettrico equivalente del sistema meccanico di un altoparlante, compresa la resistenza meccanica dovuta allo smorzamento magnetico.

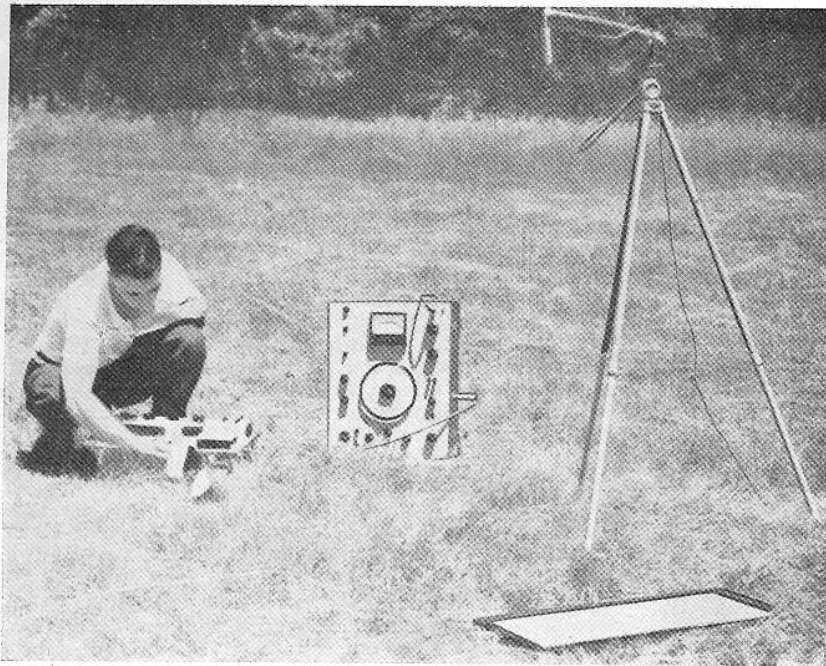


Fig. 3. - Disposizione per le misure delle caratteristiche di un altoparlante. Quest'ultimo vede un angolo solido di  $180^\circ$ .

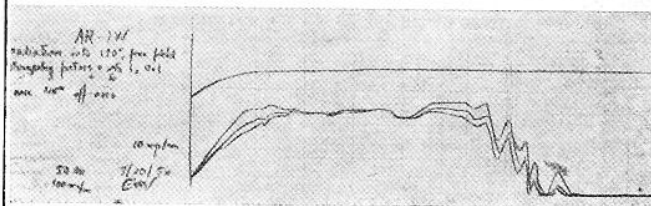


Fig. 4. - Registrazione della curva di risposta di un altoparlante per diversi valori del fattore di smorzamento dell'amplificatore. Prova eseguita in aperta campagna. Nella parte superiore si vede la curva di taratura del registratore, microfono escluso. (Per le correzioni v. la fig. 5).

dove  $B$  è la densità del flusso,  $l$  la lunghezza del filo,  $R_{ve}$  la resistenza della bobina,  $R_{int}$  la resistenza interna dell'amplificatore e  $R_{sc}$  la resistenza dei collegamenti.

Nella fig. 2 si vede il circuito equivalente del sistema meccanico costituito dall'altoparlante comprendente anche la resistenza meccanica dovuta allo smorzamento magnetico. Poiché la resistenza interna dell'altoparlante ha un effetto diretto sullo smorzamento magnetico si può usare un controllo variabile del fattore di smorzamento, specialmente con gli altoparlanti a radiatore diretto in modo da potere regolare il  $Q$  entro un largo campo.

Nella fig. 2 si può vedere che per le frequenze superiori alla risonanza prevale nel circuito l'induttanza, ciò significa che il funzionamento dell'altoparlante è regolato dalla sua massa. Alla diminuzione della frequenza nella direzione della risonanza diminuisce l'impedenza reattiva e aumenta la corrente che passa nel circuito (corrisponde alla velocità meccanica del sistema). Ed è bene che sia così; infatti la velocità del cono di un

altoparlante a radiatore diretto, se si desidera ottenere una potenza acustica costante, deve raddoppiarsi quando la frequenza diminuisce di un'ottava perché si deve compensare la progressiva diminuzione nella resistenza di carico dell'aria.

Ad una certa frequenza che dipende dal tipo di altoparlante e che di solito si trova ad un'ottava al di sopra della risonanza la reattanza induttiva diventa uguale alla resistenza. Quindi alla diminuzione della frequenza,  $R$  si assume il compito di ridurre la corrente rispetto al valore più alto che avrebbe in un circuito solo con  $L$  e  $C$ . Il valore di  $R$  che dà un  $Q = 1$  ha come risultato una curva di risposta praticamente piana senza picchi e senza attenuazioni ai bassi.

Se  $R_D$  è piccola rispetto agli altri elementi resistivi del circuito la sua influenza acquista ovviamente un'importanza minore. Al di sotto della frequenza di risonanza a predominare la reattanza capacitiva fino a diventare maggiore della resistenza totale. Un'ottava circa al di sotto della risonanza l'effetto di  $R$  diventa nuovamente trascurabile.

Giunti a questo punto deve ormai apparire chiaro che

la massa del sistema mobile dell'altoparlante non ha alcun effetto sullo smorzamento o sullo hangover. Il Q di un sistema dipende solo dal rapporto fra la massa e la resistenza. L'unica eccezione a questa affermazione può essere quella dei nuovi altoparlanti elettrostatici (3) nei quali la massa del sottile diaframma può essere così piccola in modo che l'unico elemento importante diventa il carico resistivo dell'aria. In questo caso il parametro del circuito si riduce a una pura resistenza.

Il valore della massa non influenza nemmeno il comportamento al transitorio iniziale. Ciò che occorre per la fedele riproduzione del suono iniziale è: (a) la risposta del sistema alle frequenze alte iniziali deve essere uguale a quella della fondamentale, (b) una curva di risposta uniforme nel campo delle frequenze iniziali (che corrisponde ad un giusto smorzamento in questo campo) in modo che le frequenze iniziali stesse non risuonino.

E' stato detto e scritto tanto contro queste conclusioni che abbiamo creduto utile e interessante eseguire una serie di misure pratiche per illustrare i punti più importanti della discussione. Fu usato un altoparlante a radiatore diretto di caratteristiche note alimentato da un amplificatore con fattore di smorzamento regolabile e dei sistemi adatti per la misura della curva di risposta dell'altoparlante come è illustrato nella fig. 3. La disposizione adottata per gli esperimenti che si sono eseguiti in aperta campagna è già stata descritta dall'autore (4). L'altoparlante è affondato nel terreno e vede quindi un angolo solido di 180°; le condizioni della prova sono conformi alle norme ASA e RETMA.

Gli apparecchi usati comprendono:

Altoparlante per ricerche acustiche AR-1W (solo Woofer) amplificatore di potenza Fairchild 275 con fattore di smorzamento variabile, oscillatore a battimento Bruel e Kjaer BL - 1014 accoppiato con

registratore automatico di livello Bruel eKjaer BL - 2304 generatore di impulsi Electro-Pulse 1310A

Amplificatore microfonico Bruel e Kjaer BL - 2601

microfono a condensatore Altec 21-BR-150.

La potenza acustica in uscita dall'altoparlante è stata misurata con il registratore automatico di livello per una potenza di entrata di 20 Watt. Queste curve furono tracciate sulla stessa striscia di carta con tutte le condizioni uguali eccettuata la regolazione del fattore

di smorzamento (eccettuata quindi la resistenza meccanica e il Q dell'altoparlante).

I risultati sono riportati nella fig. 4. Si vede che le curve corrispondono esattamente con le curve teoriche della fig. 1, specialmente se esse vengono corrette tenendo conto dell'errore di taratura del registratore e del microfono (fig. 5).

Si vede anche l'effetto dell'aumento della resistenza interna dell'amplificatore nel campo superiore delle frequenze; esso è dovuto all'aumento della reattanza induttiva elettrica della bobina mobile.

La fig. 6 mostra una serie di fotografie eseguite all'oscilloscopio che rappresentano la forma d'onda dell'uscita acustica dell'altoparlante in risposta ad un'onda rettangolare a bassa frequenza. Esse sono state rilevate nelle stesse tre condizioni di smorzamento della fig. 5. Facciamo notare che non c'è alcuna differenza rilevante fra l'hangover di un sistema giustamente attenuato e quello di uno sovraattenuato.

Si vede tuttavia chiaramente la vibrazione alle frequenze di risonanza dell'altoparlante nelle condizioni di sottosmorzamento come un grande aumento della leggera vibrazione secondaria iniziale che si rivela come un disturbo a metà strada dopo la prima pendenza decrescente.

A questo punto è possibile vedere chiaramente l'errore insito nel pregiudizio che nega l'influenza della impedenza interna dell'amplificatore sullo smorzamento meccanico in causa del basso rapporto di conversione. Lo smorzamento magnetico ha ovviamente una influenza molto piccola nel fenomeno del passaggio dell'energia fra il sistema meccanico e quello dell'aria circostante, ma ha invece un'importanza decisiva nel controllo del sistema meccanico stesso. Bisogna notare anche che lo smorzamento magnetico dell'altoparlante è una funzione del flusso magnetico e della quantità di rame tagliata da questo flusso. Poichè questi due fattori non sono gli unici che determinano il rendimento dell'altoparlante (ha grande importanza anche la massa del sistema e il modo di accoppiamento fra la membrana e l'aria circostante) non si può stabilire una relazione diretta fra il rendimento e lo smorzamento magnetico. Per esempio l'AR-1W usato in queste prove è un altoparlante con un rendimento complessivo molto basso, esso ha tuttavia uno smorzamento magnetico eccezionalmente elevato a causa del magnete molto potente e della grande quantità di rame nel traferro. Infatti esso corre il pericolo, se usato impropriamente, di es-

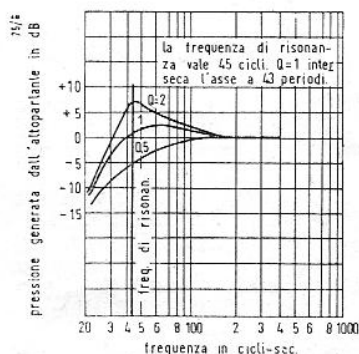


Fig. 5  
Curve di risposta della Fig. 4 corrette per gli errori del registratore e del microfono. Si vede anche la curva di taratura per quest'ultimo.

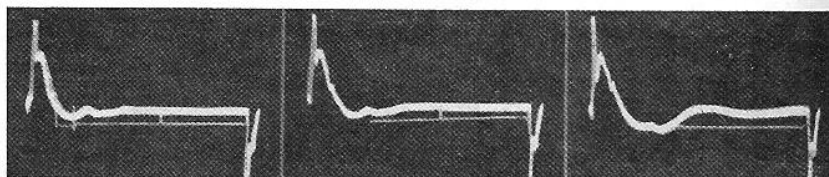


Fig. 6  
Uscita acustica dell'altoparlante registrata per mezzo di un microfono e di un oscilloscopio in risposte ad impulsi rettangolari a bassa frequenza: a sinistra con un fattore di smorzamento dell'amplificatore di 6, in centro con un fattore di 1 e a destra con un fattore di 0,1.

ere sovraattenuato come capita per esempio nelle condizioni della curva inferiore della fig. 3 (angolo solido di  $180^\circ$  e alto fattore di smorzamento) nella quale si ha una attenuazione dei bassi.

La fig. 7 è la registrazione della curva di risposta dell'altoparlante in un salotto con i due fattori di smorzamento esterni usati nella fig. 4. Facciamo notare che la variazione globale delle curve dovute al diverso fattore di smorzamento è la stessa della fig. 4 e che le irregolarità della curva dovute all'ambiente non ne sono influenzate. Ciò dimostra che le riflessioni sonore della stanza e le punte e i buchi nella curva di risposta sono indipendenti dallo smorzamento del sistema dell'altoparlante. L'unico smorzamento che può avere un'influenza in questo caso è quello dovuto alla superficie della stanza. L'ultimo punto è illustrato anche dalla fig. 7b che è una registrazione della curva di frequenza in un altro punto della stessa stanza.

### Effetto dell'angolo solido visto dall'alto parlante

Si può notare che la condizione di un alto fattore di smorzamento provoca un'attenuazione dei bassi quando l'altoparlante vede un angolo di  $180^\circ$  e che invece con lo stesso fattore di smorzamento si ottiene una curva di risposta uniforme fino a 30 Hz nel caso delle misure in ambiente chiuso (a parte le irregolarità dovute all'ambiente e dopo aver eseguito la correzione per il microfono e il registratore). In un ambiente chiuso un basso fattore di smorzamento può dare luogo ad una esagerata accentuazione dei bassi. La ragione prima di questo comportamento è dovuta al fatto che l'altoparlante era stato montato in un angolo di una stanza e vedeva così un angolo solido di  $90^\circ$ .

La fig. 8 ricavata da *Acoustics* di Beranek mostra come varia la curva di risposta ai bassi in funzione dell'angolo solido visto dall'altoparlante. Le componenti a frequenza più alta sono concentrate nello spazio antistante al cono e se l'angolo solido visto dall'altoparlante non influenza le note basse non direzionali riduce invece la risposta relativa alle note alte. Come era da aspettarsi, al di sotto della frequenza alla quale il segnale dell'altoparlante non è più direttivo un dimezzamento dell'angolo solido aumenta l'intensità dei bassi ed eleva la curva di risposta di circa 3 dB.

Non sarà quindi un'idea da scartare quella di costruire un equalizzatore variabile per variare l'amplificazione

ai bassi in modo da compensare le variazioni dovute all'angolo solido.

La realizzazione più precisa di un tale circuito coincide con quella di un controllo variabile dello smorzamento che garantisce nello stesso tempo all'ascoltatore una maggiore flessibilità nell'adattare la risposta ai bassi del suo sistema alle condizioni di montaggio nell'ambiente. Una diminuzione del fattore di smorzamento può influenzare anche le medie e alte frequenze e quindi sarà utile un circuito che vari il fattore di smorzamento solo nel campo dei bassi (per esempio da un valore elevato fino alla metà).

### Altri pregiudizi

Voglio qui aggiungere qualche altro concetto nella speranza di eliminare anche gli ultimi pregiudizi sullo smorzamento degli altoparlanti.

1) Consideriamo il caso di un altoparlante la cui impedenza nominale è di 8 ohm. La resistenza ohmica della sua bobina sarà di circa 6 ohm. La resistenza ohmica totale che l'altoparlante vede guardando verso l'amplificatore è uguale alla somma della resistenza interna dell'amplificatore, della resistenza ohmica di eventuali bobine di cross-over e della propria resistenza ohmica.

La resistenza della bobina sarà di circa 0,5 ohm e quella della resistenza interna dell'amplificatore con un fattore di smorzamento di 4 sarà di 2 ohm. Perciò la resistenza totale vista dall'altoparlante sarà di 8,5 ohm. L'eliminazione della bobina riduce questa resistenza solo di mezzo ohm. Un raddoppiamento del fattore di smorzamento (dimezzamento della resistenza interna porta la resistenza a 7 ohm). Possiamo dire brevemente che anche cortocircuitando i terminali dell'altoparlante con un grosso filo di rame di 0,001 ohm di resistenza noi non possiamo ridurre la resistenza a meno di 6,001 ohm. Quindi è ben poco quel che si può ottenere usando dei collegamenti a bassa resistenza o portando a valori astronomici il fattore di smorzamento dell'amplificatore.

2) Collegando un altro altoparlante in serie al primo la resistenza ohmica aumenta a 12 ohm. Ma il rapporto fra resistenza e reattanza resta lo stesso e noi abbiamo ora un sistema a 16 ohm con lo stesso smorzamento. Ciascuna bobina da 8 ohm può essere pensata come

Fig. 7. - Sopra: Curva di risposta di un altoparlante montato in un angolo di una stanza. La curva inferiore è per un fattore di smorzamento di 6 e quella superiore per uno di 0,1. Sotto: Curva di risposta dello stesso altoparlante posto in una differente posizione della stanza con i fattori di smorzamento di 6 e 0,1.

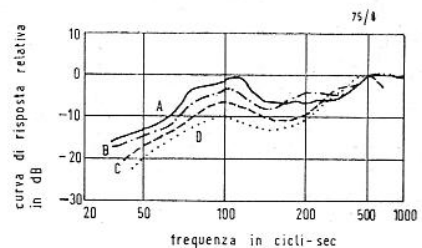
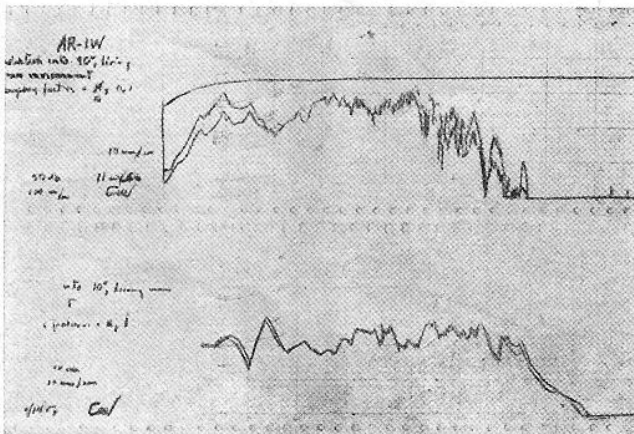


Fig. 8  
Effetto della diminuzione dell'angolo solido visto da un altoparlante. La curva superiore (A) è per un angolo solido di  $45^\circ$ , le altre curve successive valgono per angoli solidi via via raddoppiati (secondo Beranek).

metà di una bobina da 16 ohm. Quindi il collegamento in serie degli altoparlanti è sempre consigliabile.

3) Un altro pregiudizio è quello di chi crede che l'accoppiamento alle basse frequenze fra un cono a baffi infinito e l'aria diminuisca al diminuire della frequenza e che questa diminuzione sia compensata da un progressivo aumento della velocità del cono.

Questa credenza ha trovato credito per il fatto che la perdita dell'accoppiamento acustico ha a che fare solo con il campo delle basse frequenze al disotto di 100 o 200 Hz e che l'aumento compensatore della velocità del cono ha a che fare con la risonanza dell'altoparlante, cioè il picco di risonanza è usato per compensare la perdita acustica.

Effettivamente la resistenza di carico opposta dall'aria al cono diminuisce linearmente con la frequenza con un fattore di 4 per ottava al di sotto di una certa frequenza che dipende dal diametro del cono e che per un altoparlante da 12 pollici è di circa 800 Hz. Ma avvengono variazioni di questa perdita progressiva nel campo estremo dei bassi. Teoricamente la compensazione ideale per la diminuzione della resistenza di carico dell'aria sarebbe ottenuta con un sistema meccanico ideale controllato dalla sola massa e, senza risonanza, che darebbe un raddoppiamento della velocità del cono ad ogni diminuzione di un'ottava. (L'analogia elettrica è quella di un circuito puramente induttivo nel quale a parità di tensione la corrente diventa doppia ad ogni diminuzione della frequenza di un'ottava). Un tale sistema è ideale, ma se il picco di risonanza è opportunamente attenuato il sistema meccanico si comporta come se fosse controllato con la sola massa per le frequenze al di sopra della risonanza e si avrebbe così una adatta compensazione.

4) Quando si diminuisce la frequenza e si tende alla frequenza di risonanza l'impedenza dell'altoparlante aumenta fino a 4 o 6 volte il suo valore nominale. Con un amplificatore con un alto fattore di smorzamento la tensione ai capi dell'altoparlante rimane praticamente costante e ciò significa una forte diminuzione della potenza fornita dall'amplificatore, con un fattore di smorzamento più basso si ha una minore diminuzione della potenza e con un fattore più basso ancora la potenza può rimanere costante o anche aumentare. Il valore di quel fattore di smorzamento che garantisce la uniformità della potenza *acustica* in uscita e il migliore funzionamento non è legato alla uniformità della potenza elettrica, ma è funzione anche dell'altoparlante usato e delle sue condizioni di montaggio. Per le trombe esponenziali ed i sistemi risonanti sono più convenienti degli elevati fattori di smorzamento, lo stesso non è sempre vero per i sistemi a radiatore diretto. Quindi non ha alcun senso parlare di un fattore di smorzamento che garantisce una tensione costante, la potenza costante o qualche altra relazione fra la potenza in uscita dall'amplificatore e la frequenza, se non si conoscono le caratteristiche dell'altoparlante.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1 - *Acoustics* - Leo L. Beranek Mc Graw Hill Book Co. 1954.
- 2 - «Loudspeaker cabinet design» *Wireless World* D.E.L. Shorter Vol 56 No 11 Nov. 1950.  
*Janszen* - JAES Vol 3 No 2, aprile 1955.  
*Janszen* JAES Vol 3 No 2, Apr. 1955.
- 3 - «an electrostatic loudspeaker development» A.A.
- 4 - «Commercial acoustic suspension speaker» E.M. Villchur *Audio*, Luglio 1955.

**Novità**

*E' appena uscito:*

**Gino Nicolao**

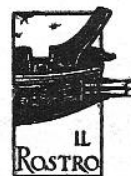
## **La TECNICA dell'ALTA FEDELTA' Hi - Fi**

*di pagg. VIII - 344, con 226 figure  
formato 15,5 x 21 cm.*

**L. 3.300**

Tratta nel modo più ampio ed esauriente tutta una materia che è di grande attualità. È dedicato, non solo ai tecnici del ramo, ma ad una vasta schiera di appassionati di questo avvincente argomento.

**RICHIEDETELO ALLA:**



**EDITRICE IL ROSTRO**  
VIA SENATO, 28  
**MILANO (228)**

*ed alle principali librerie*