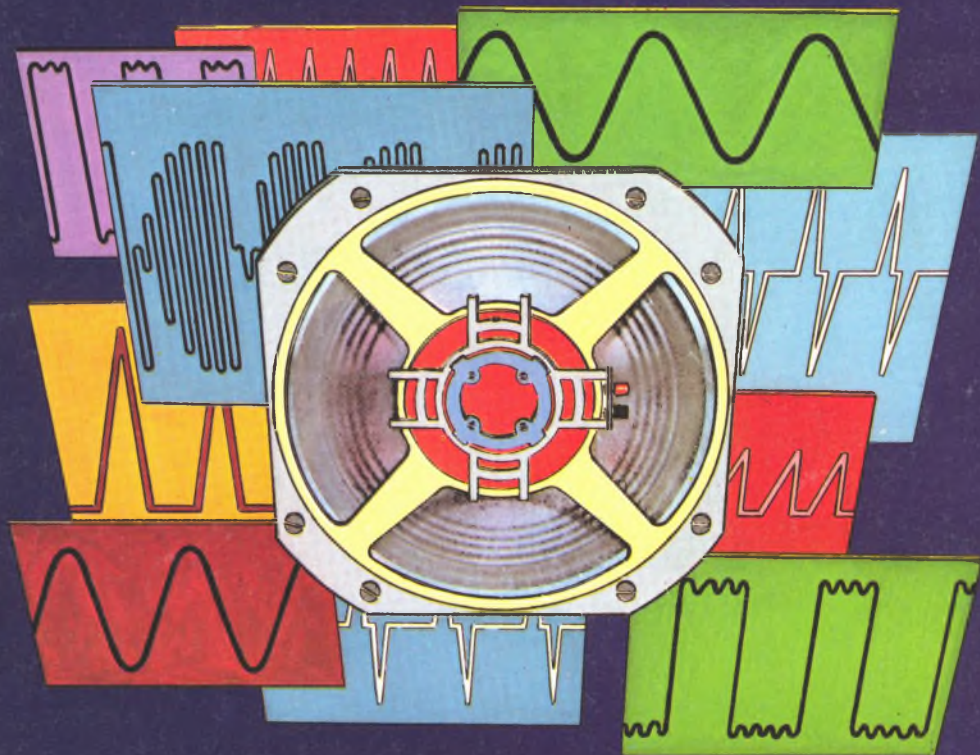


Anno XXV - N. 5 Maggio 1980 - Lire 1.000

RADIORAMA

RIVISTA MENSILE EDITA DALLA SCUOLA RADIO ELETTRA
IN COLLABORAZIONE CON POPULAR ELECTRONICS

SPECIALE altoparlanti



- I progressi nel progetto degli altoparlanti
- L'interpretazione dei risultati delle prove sugli altoparlanti
- L'importanza del livello di potenza sopportabile



Supertester 680 R / R come Record !!

IV SERIE CON CIRCUITO ASPORTABILE!!

4 Brevetti Internazionali - Sensibilità 20.000 ohms / volt

STRUMENTO A NUCLEO MAGNETICO schermato contro i campi magnetici esterni!!!
Tutti i circuiti Voltmetrici e amperometrici di questo nuovissimo modello 680 R montano
RESISTENZE A STRATO METALLICO di altissima stabilità con la **PRECISIONE ECCEZIONALE DELLO 0,5%!!**



Record di

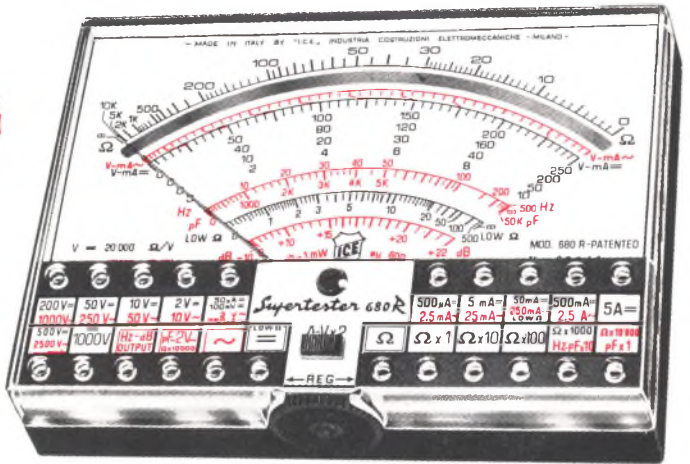
ampiezza del quadrante e minimo ingombro! (mm. 128x95x32)
precisione e stabilità di taratura! (1% in C.C. - 2% in C.A.)
semplicità, facilità di impiego e rapidità di lettura!
robustezza, compattezza e leggerezza! (300 grammi!)
accessori supplementari e complementari! (vedi sotto)
protezioni, prestazioni e numero di portate!

E' COMPLETO DI MANUALE DI ISTRUZIONI E GUIDA PER RIPARARE DA SOLI IL SUPERTESTER 680 R IN CASO DI GUASTI ACCIDENTALI.

10 CAMPI DI MISURA E 80 PORTATE !!!

- VOLTS C.A.:** 11 portate: da 2 V. a 2500 V. massimi.
- VOLTS C.C.:** 13 portate: da 100 mV. a 2000 V.
- AMP. C.C.:** 12 portate: da 50 µA a 10 Amp.
- AMP. C.A.:** 10 portate: da 200 µA a 5 Amp.
- OHMS:** 6 portate: da 1 decimo di ohm a 100 Megaohms.
- Rivelatore di REATTANZA:** 1 portate: da 0 a 10 Megaohms.
- CAPACITA':** 6 portate: da 0 a 500 pF - da 0 a 0.5 µF e da 0 a 50.000 µF in quattro scale.
- FREQUENZA:** 2 portate: da 0 a 500 e da 0 a 5000 Hz.
- V. USCITA:** 9 portate: da 10 V. a 2500 V.
- DECIBELS:** 10 portate: da - 24 a + 70 dB.

Inoltre vi è la possibilità di estendere ancora maggiormente le prestazioni del Supertester 680 R con accessori appositamente progettati dalla I.C.E. Limitatore statico che permette allo strumento indicatore ed al raddrizzatore a lui accoppiato, di poter sopportare sovraccarichi accidentali od erronei anche mille volte superiori alla portata scelta!!!
Strumento antiurto con speciali sospensioni elastiche. Fusibile di tipo standard (5 x 20 mm.) con 4 ricambi, a protezione errate inserzioni di tensioni dirette sul circuito ohmmetrico.



PREZZO: SOLO LIRE 35.500 + IVA
franco nostro stabilimento completo di puntali, pila e manuale d'istruzione. Astuccio inclinabile in resinpelle con doppio fondo per puntali ed accessori.

IL TESTER PER I TECNICI VERAMENTE ESIGENTI !!!

ACCESSORI SUPPLEMENTARI DA USARSI UNITAMENTE AI NOSTRI «SUPERTESTER 680»

PROVA TRANSISTORS E PROVA DIODI



Transtest
MOD. 662 I.C.E.
Esso può eseguire tutte le seguenti misure: Ico (Ico) - Iebo (Ieo) - Ices - Icer - Vce sat - Vbe hFE (β) per i TRANSISTORS e Vi - Ir per i diodi.

MOLTIPLICATORE RESISTIVO



Moltiplicatore resistivo
MOD. 25
Permette di eseguire con tutti i Tester I.C.E. della serie 680 misure resistive in C.C. anche nella portata $\times 100$ Ohms e quindi: possibilità di poter eseguire misure fino a Mille Megaohms senza alcuna pila supplementare.

VOLTMETRO ELETTRONICO



Voltmetro elettronico
con transistori ad effetto di campo (FET) MOD. I.C.E. 660
Resistenza di ingresso 11 Mohms. Tensione C.C. da 100 mV a 1000 V. Tensione piccolo-piccolo da 2.5 V. a 1000 V. Impedenza d'ingresso P.P. 1.6 Mohms con 10 pF in parallelo. Ohmmetro da 10 K a 100.000 Megaohms.

TRASFORMATORE



Trasformatore
MOD. 616 I.C.E.
Per misurare 1 - 5 - 25 - 50 - 100 Amp. C.A.

AMPEROMETRO A TENAGLIA

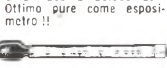
Amperclamp MOD. 692
per misure amperometriche immediate in C.A. senza interrompere i circuiti da esaminare - 7 portate: 250 mA - 2.5 - 10 - 25 - 100 - 250 e 500 Amp. C.A. - Completo di astuccio istruzioni e riduttore a spina Mod. 29

PUNTALE PER ALTE TENSIONI



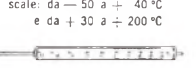
Puntale per alte tensioni
MOD. 18 I.C.E. (25000 V. C.C.)

LUXMETRO MOD. 24 I.C.E.



Luxmetro
MOD. 24 I.C.E.
a due scale da 0 a 200 Lux e da 200 a 20.000 Lux. Ottimo pure come esposimetro !!

SONDA PROVA TEMPERATURA



Sonda prova temperatura
MOD. 36 I.C.E. istantanea a due scale: da - 50 a + 40 °C e da + 30 a + 200 °C

SHUNTS SUPPLEMENTARI



Shunts supplementari
MOD. 32 I.C.E.
per portate amperometriche: 25-50 e 100 Amp. C.C.

WATTMETRO MONOFASE



Wattmetro monofase
MOD. 34 I.C.E. a 3 portate: 100 - 500 e 2500 Watts.

Esso serve per individuare e localizzare rapidamente guasti ed interruzioni in tutti i circuiti a B.F. - M.F. - VHF e UHF (Radio, televisori, registratori, ecc.).

SIGNAL INJECTOR MOD. 63



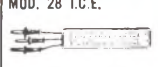
Signal injector
MOD. 63
Iniettore di segnali.
Impiega componenti allo stato solido e quindi di durata illimitata. Due Transistori montati secondo il classico circuito ad oscillatore bloccato danno un segnale con due frequenze fondamentali di 1000 Hz e 500.000 Hz.

GAUSSMETRO MOD. 27 I.C.E.



Gaussmetro
MOD. 27 I.C.E.
Con esso si può misurare l'esatto campo magnetico continuo in tutti quei punti ove necessiti conoscere quale densità di flusso sia presente in quel punto (vedi altoparlanti, dinamo, magneti, ecc.).

SEQUENZIOSCOPIO



Sequenzioscopio
MOD. 28 I.C.E.
Con esso si rivela la esatta sequenza di fase per il giusto senso rotatorio di motori elettrici trifasi.

ESTENSORE ELETTRONICO MOD. 30



Estensore elettronico
MOD. 30
a 3 funzioni sottodescritte:
MILLIVOLTMETRO ELETTRONICO IN C.C. - 5 - 25 - 100 mV. - 2.5 - 10 V. sensibilità 10 Megaohms/V.
NANO/MICRO AMPEROMETRO 0.1 - 1 - 10 µA. con caduta di tensione di soli 5 mV.
PIROMETRO MISURATORE DI TEMPERATURA con corredo di termocoppia per misure fino a 100°C - 250°C e 1000°C.

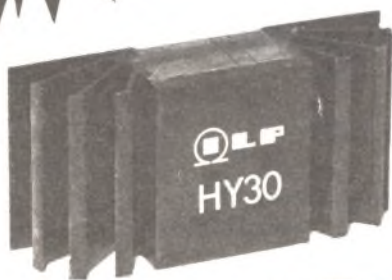
PREZZI ACCESSORI (più I.V.A.): Prova transistor e prova diodi Transtest Mod. 662: L. 21.900 / Moltiplicatore resistivo Mod. 25: L. 8.000 / Voltmetro elettronico Mod. 660: L. 45.000 / Trasformatore Mod. 616: L. 14.500 / Amperometro a tenaglia Amperclamp Mod. 692: L. 24.200 / Puntale per alte tensioni Mod. 18: L. 12.500 Luxmetro Mod. 24: L. 21.900 / Sonda prova temperatura Mod. 36: L. 19.000 / Shunts supplementari Mod. 32: L. 12.500 / Wattmetro monofase Mod. 34: L. 28.300 Signal injector Mod. 63: L. 12.500 / Gaussmetro Mod. 27: L. 19.000 / Sequenzioscopio Mod. 28: L. 12.500 / Estensore elettronico Mod. 30: L. 24.200

OGNI STRUMENTO I.C.E. È GARANTITO.
RICHIEDERE CATALOGHI GRATUITI A:

I.C.E. VIA RUTILIA, 19/18
20141 MILANO - TEL. 531.554/5/6

NEW

PRODOTTI ILP



L. 14.000

Amplificatore HY30

- Dissipatore integrale
 - Cinque connessioni
 - Nessun componente esterno
- Applicazioni: HI-FI di media potenza
Amplificatori per chitarra

Sensibilità d'ingresso: 500 mV
Potenza d'uscita: 15 W RMS su 8 Ω
Distorsione: 0,02% a 1 kHz
Rapporto segnale/disturbo: 80 dB
Risposta di frequenza: 10 Hz ÷ 45 kHz
3 dB

Impedenza del carico: 4 ÷ 16 Ω
Impedenza d'ingresso: 100 kΩ
Alimentazione: ± 20 V
Dimensioni: 105 x 50 x 25

SM/6305-00

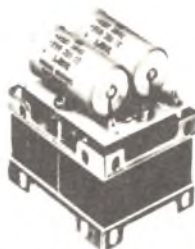
Alimentatore stabilizzato PSU 36

Per 1 o 2 amplificatori HY 30
Tensione di entrata:
Tensione d'uscita:
Secondario:

220 V
- 20 0 + 20
1 A

SM/6305-05

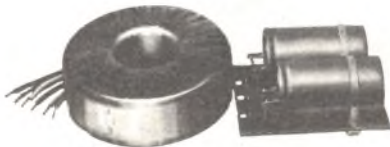
L. 14.800



Alimentatori stabilizzati toroidali

PSU 70 per 1 o 2 Amplificatori HY 120
PSU 90 per 1 Amplificatore HY 200
PSU 180 per 1 Amplificatore HY 400
o 2 Amplificatori HY 200

Tipo	Tens. Entrata	Tens. Uscita	Sec. A	Codice G.B.C.	Prezzo
PSU 70T	220 V	-35 0 +35	3	SM/6320-06	37.800
PSU 90T		-45 0 +45	2	SM/6330-06	42.000
PSU 180T		-45 0 +45	4	SM/6340-06	65.000



Distribuiti dalla GBC

ILP
ELECTRONICS LTD.

RADIORAMA

RIVISTA MENSILE DIVULGATIVA CULTURALE DI ELETTRONICA RADIO E TELEVISIONE
EDITA DALLA SCUOLA RADIO ELETTRA IN COLLABORAZIONE CON POPULAR ELECTRONICS

SOMMARIO

SPECIALE ALTOPARLANTI

RADIORAMA N. 5

Anno XXV -
Maggio 1980
Prezzo: L. 1.000

Direzione - Redazione
Amministrazione -
Pubblicità:
Radiatorama, via Stellone 5,
10126 Torino,
Tel. (011) 674 432
(5 linee urbane)

I progressi nel progetto degli altoparlanti	6
L'interpretazione dei risultati delle prove sugli altoparlanti	26
L'importanza del livello di potenza soportabile	33

LABORATORIO TEST

Cassa acustica Infinity Mod. Qb	42
Testina fonorilevatrice stereofonica Shure V 15 Type IV	58
Confronto fra soppressori di disturbi acustici impulsivi	46

LE NOSTRE RUBRICHE

Buone occasioni	64
-----------------	----

5

MAGGIO 1980

DIRETTORE RESPONSABILE: Vittorio Veglia

DIRETTORE AMMINISTRATIVO: Tomasz Carver

REDAZIONE: Guido Bruno, Gianfranco Flecchia, Cesare Fornaro, Francesco Peretto, Sergio Sermato, Antonio Vespa

IMPAGINAZIONE: Giovanni Lojacono, Giorgio Bonis, Adriana Piovano

SEGRETARIA DI REDAZIONE: Rinalba Gamba

SEZIONE TECNICA COSTRUTTIVA: Scuola Radio Elettra - Popular Electronics

SEZIONE TECNICA INFORMATIVA: Consolato Generale Britannico; EIBIS - Engineering in Britain; IBM; IRCI - International Rectifier; ITT - Components Group Europe; Philips; S.G.S. - Società Generale Semiconduttori; Siemens

HANNO COLLABORATO A QUESTO NUMERO: Lorenzo Baiardi, Renata Pentore, Claudio Panero, Angelo Gribaudo, Giuseppe De Martino, Ida Verrastro, Lorenzo Sartoris, Adriana Bobba, Gabriella Pretoto, Mario Durando, Angela Valeo, Filippo Bosso, Andrea Venditti, Giuseppe Piccolo.

● Il contenuto dell'edizione americana è soggetto a copyright 1980 della ZIFF-DAVIS PUBLISHING, Co., One Park Avenue, New York 10016, N.Y. ● È vietata la riproduzione anche parziale di articoli, fotografie, servizi tecnici o giornalistici senza preventiva autorizzazione ● I manoscritti e le fotografie anche se non pubblicati non si restituiscono, verrà dato comunque un cenno di riscontro ● Pubblicazione autorizzata con numero 1096 dal Tribunale di Torino ● Spedizione in abbonamento postale, gruppo III ● Stampa effettuata dalle Edizioni Piemonte S.p.A., via Marconi, 36 - 12049 Trinità (Cuneo) ● Pubblicità RADIORAMA, via Stellone 5, 10126 Torino ● Distribuzione nazionale Diemme Diffusione Milanese, via Taormina 28, tel. 68 83 407 - 20159 Milano o RADIORAMA is published in Italy ● Prezzo del fascicolo L. 1.000 ● Abbonamento semestrale (6 fascicoli) L. 5.500 ● Abbonamento per un anno (12 fascicoli) in Italia L. 10.000, all'estero L. 20.000 ● Copie arretrate, fino ad esaurimento, L. 1.000 il fascicolo ● In caso di aumento o diminuzione del prezzo degli abbonamenti verrà fatto il dovuto conguaglio ● I versamenti per gli abbonamenti e le copie arretrate vanno indirizzati a: SCUOLA RADIO ELETTRA S.p.A. - Redazione RADIORAMA, via Stellone 5, 10126 Torino (assegno circolare o bancario o cartolina vaglia), oppure possono essere effettuati sul C.C.P. n. 17742107, Torino



Speciale Alt●parlanti

- I progressi nel progetto degli altoparlanti
- L'interpretazione dei risultati delle prove sugli altoparlanti
- L'importanza del livello di potenza sopportabile

I progressi nel PROGETTO degli ALTOPARLANTI

Nella loro continua ricerca verso la creazione dell'altoparlante perfetto, i progettisti sviluppano senza sosta materiali, casse acustiche, trasduttori, circuiti e sistemi di nuovo tipo.

Qual è il risultato di tutto questo lavoro? Il risultato è rappresentato dalla comparsa sul mercato di centinaia di sistemi di altoparlanti caratterizzati da una grande varietà di forme e dimensioni, basati su principi di funzionamento drasticamente differenti l'uno dall'altro, tutti quanti in concorrenza per guadagnare l'approvazione dei consumatori.

Questa messe, spesso stupefacente, di sistemi e di progetti di diffusori acustici può facilmente ingenerare confusione e far sí che risulti difficile, nel migliore dei casi, effettuare una scelta significativa che conduca ad un acquisto soddisfacente.

Nel presente articolo passeremo in rassegna i tipi fondamentali di componenti e di sistemi di diffusione sonora, ponendo un accento particolare sui piú recenti sviluppi tecnologici che si sono avuti in questo campo. Per prima cosa esamineremo i vari tipi di trasduttore elettroacustico (altoparlante) e, successivamente, i vari tipi di cassa acustica per la diffusione sonora. Ci occuperemo infine del collegamento di tutte le varie parti, e vedremo come i progettisti di altoparlanti affrontino questo lavoro per creare i sistemi di diffusione sonora esistenti oggi, tenendo in considerazione sia gli

effetti dovuti all'ambiente di ascolto sia i fenomeni di psicoacustica.

I TRASDUTTORI

Come si può desumere dal suo nome, la funzione che viene svolta da un dispositivo "pilota" (o, piú propriamente, da un trasduttore elettroacustico, cioè da un altoparlante) è quella di imprimere all'aria circostante un movimento, che corrisponde esattamente, nel caso ideale, al segnale elettrico applicato al dispositivo. Le nostre orecchie, a loro volta, capteranno tale movimento di aria e forniranno ai nostri sensi la sensazione del suono.

Vi sono molte maniere per trasformare un segnale elettrico variabile nel tempo in onde sonore, come è facile desumere dalla grande varietà esistente di trasduttori utilizzati nei sistemi moderni di diffusori sonori. Passeremo in rassegna i tipi piú importanti di trasduttori attualmente utilizzati e vedremo come ciascuno di essi si comporti rispetto ad un trasduttore ideale.

L'altoparlante dinamico - Il piú vecchio di tutti i tipi di trasduttori usati oggi è l'altoparlante dinamico. Il primo esemplare di questo trasduttore risale alla metà degli anni venti; anche se l'altoparlante dinamico è stato migliorato in diversi modi con il pas-

sare del tempo, il principio di funzionamento è rimasto essenzialmente il medesimo.

L'altoparlante dinamico tipico fa uso di un diaframma di forma conica azionato da un motore magnetico. Il movimento viene impartito al diaframma attraverso un meccanismo di interazione fra un campo magnetico variabile nel tempo, generato da un elettromagnete, ed un campo statico prodotto da un magnete permanente. Nei primi tempi in cui venivano adoperati gli altoparlanti dinamici non esistevano magneti permanenti abbastanza forti, per cui si ricorreva, per creare il campo statico, ad un elettromagnete denominato bobina di campo.

Il campo magnetico variabile viene prodotto per mezzo della cosiddetta bobina mobile, che è un elettromagnete pilotato dal segnale generato dall'amplificatore di potenza. Il campo magnetico prodotto dalla bobina mobile cambia sia in ampiezza sia in polarità a seconda dell'intensità e della direzione della corrente alternata ad audio frequenza che è impressa dall'amplificatore. Un fenomeno di attrazione e di repulsione alternate fra i due magneti fa sì che il cono (cioè il diaframma), che è collegato rigidamente alla bobina mobile ed alla struttura di sostegno, si sposti con moto alternato comprimendo e rarefacendo l'aria circostante, a seconda della direzione del proprio movimento rispetto alla massa dell'aria.

Quando il cono si sposta in avanti, comprime l'aria che si trova nella zona anteriore ad esso e provoca la rarefazione di quella che occupa lo spazio posteriore. In maniera simile, quando il cono si muove spostandosi all'indietro, comprime l'aria che occupa lo spazio posteriore e provoca la rarefazione di quella che si trova anteriormente. Si vede in tal modo che il trasduttore si comporta come un elemento che irradia secondo due polarità opposte (radiatore bipolare), dando luogo simultaneamente a due segnali acustici in opposizione di fase fra loro. Alle basse frequenze questi due segnali si incontrano quando si trovano ancora in condizione di opposizione di fase, cancellandosi, pertanto, reciprocamente. Per impedire che si verifichi questo fenomeno di interferenza distruttiva, è necessario modificare il valore della fase dell'"onda anteriore" oppure quello della fase dell'"onda posteriore" prima che le due onde si riuniscano in qualche punto. E' anche possibile intervenire in altro modo attenuando una delle due onde o, comunque, facendo in modo che le due onde non si incontrino mai. Sia la prima sia la seconda tecnica vengono generalmente attuate progettando opportunamente la cassa acustica che racchiuderà l'altoparlante. Ci soffermeremo in seguito su questo argomento con maggiore dovizia di particolari.

Un trasduttore dinamico si comporta in

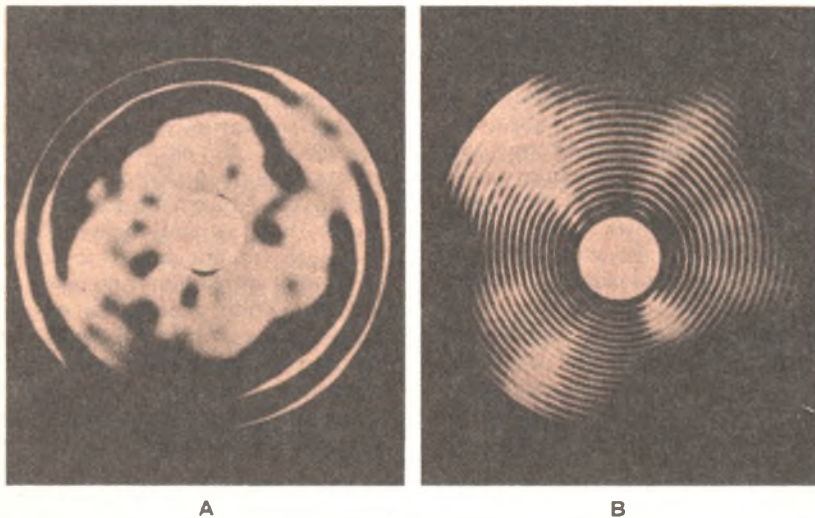


Fig. 1 - L'analisi olografica evidenzia la formazione dei modi di risonanza del cono in un altoparlante di tipo dinamico. In un woofer da 20,32 cm (8 pollici) pilotato con un segnale da 2 kHz (A), le onde stazionarie si manifestano in corrispondenza del bordo. A 9 kHz (B), esse occupano l'intera superficie del cono.

speciale altoparlanti

teoria come un pistone rigido entro tutto il campo di frequenza in cui deve funzionare. Un altoparlante effettivo, tuttavia, non è in grado di comportarsi in questo modo ideale in tutto lo spettro dei segnali udibili. La larghezza di banda utile di un tale altoparlante risulta sempre limitata alle frequenze alle quali esso può essere considerato come una sorgente puntiforme, cioè, in altre parole, alle frequenze la cui lunghezza d'onda risulta molto più grande delle dimensioni fisiche del diaframma.

Al di sopra di queste frequenze il trasduttore inizia ad inviare un fascio sonoro sempre più ristretto (diviene cioè direzionale), a causa della presenza dei fenomeni di diffrazione. Il cono dell'altoparlante non si comporta più come un pistone rigido ma inizia a deformarsi a seconda dei movimenti flessionali, corrispondenti a risonanze strutturali. Questo effetto può essere osservato nelle foto riportate nella *fig. 1-A* e nella *fig. 1-B*.

Queste immagini sono state prodotte in Olanda, presso i Laboratori di Ricerca della Philips, osservando con una tecnica olografica il movimento del cono di un altoparlante per bassi del diametro di 20,3 cm. Alle basse frequenze il cono vibra comportandosi come una superficie rigida; al di sopra di una certa frequenza iniziano ad apparire sul cono onde stazionarie. La *fig. 1-A*, per esempio, rivela la presenza di nodi e di ventri di oscillazione che si stanno appena instaurando in corrispondenza del bordo del cono durante una prova in cui l'altoparlante è pilotato da un'onda sinusoidale della frequenza di 2 kHz. Quando la frequenza del segnale applicato viene aumentata, portandola a 9 kHz, si verificano marcati fenomeni di risonanza. L'intera superficie del cono risulta sede di nodi e di ventri di oscillazione (*fig. 1-B*) e solamente un debole segnale viene irradiato.

Tali fenomeni non solo fanno sì che l'altoparlante si comporti in modo sempre più direzionale a mano a mano che la frequenza del segnale emesso viene innalzata, ma provocano anche fluttuazioni nella risposta in

frequenza che caratterizza l'altoparlante medesimo. Se le dimensioni dell'altoparlante vengono mantenute a valori ridotti per aumentare la resa alle frequenze intermedie ed alte, esso non risulterà in grado di spostare una quantità di aria sufficiente per dar luogo ad un segnale acustico a bassa frequenza che abbia l'intensità sonora richiesta per una riproduzione ad alta fedeltà.

Risulta evidente che un solo altoparlante dinamico di tipo tradizionale non è in grado di coprire l'intera gamma delle frequenze udibili. Questa limitazione ha portato allo sviluppo di altoparlanti dinamici speciali, progettati per riprodurre porzioni ridotte e prefissate dello spettro sonoro. Un sistema tipico di riproduzione acustica composto di soli altoparlanti dinamici comprende un altoparlante per bassi (woofer), un altoparlante per medi (midrange) ed un altoparlante per acuti (tweeter). Alcuni sistemi di diffusione sonora utilizzano perfino quattro o più altoparlanti, assieme ad un super-tweeter, adibito alla riproduzione degli acuti estremi, e talvolta assieme anche ad un sub-woofer, per la riproduzione delle note di tono estremamente basso. Da un punto di vista strettamente ingegneristico, tuttavia, è spesso preferibile usare altoparlanti con campi di riproduzione larghi il più possibile.

Nel caso degli altoparlanti per bassi si può aumentare l'ampiezza del campo di frequenza utile adottando un cono più rigido. Uno dei primi metodi adottati per aumentare la rigidità del diaframma era quello di modificarne la forma, passando da un semplice (vero) cono, ad un "cono" con bordi arrotondati. Gli altoparlanti per bassi veramente grandi prodotti oggi, come quello da 76,2 cm costruito dalla Electro-Voice, sono realizzati in questo modo.

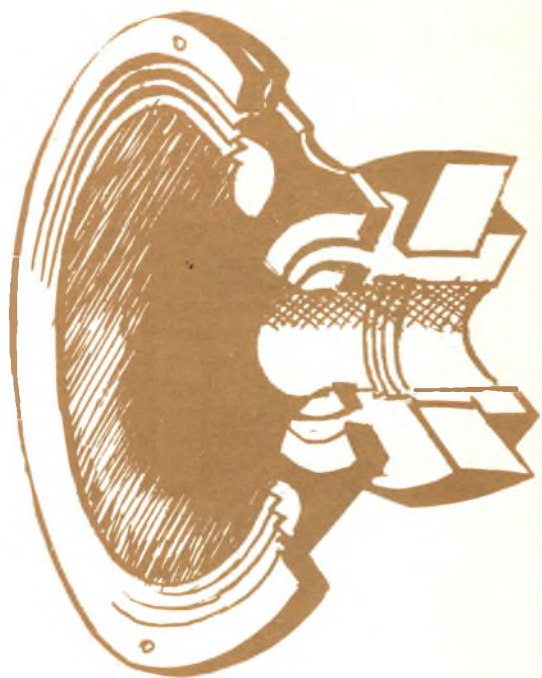
Lo sforzo più grande sostenuto per migliorare l'altoparlante dinamico per bassi è stato rivolto alla ricerca ed alla messa a punto di nuovi materiali per la realizzazione del cono al posto della carta usata tradizionalmente. Il materiale ideale per la costruzione di un cono deve essere leggero (per ottenere una efficienza elevata ed una buona risposta ai transitori) ed estremamente rigido (per ottenere una risposta in frequenza molto estesa). Sono stati realizzati recentemente altoparlanti per bassi il cui cono era costruito in una speciale pasta contenente fibre di carbone. Durante gli anni sessanta

la BBC ha condotto esperimenti su cono realizzati con una tecnica costruttiva multi-strato adoperando materie plastiche speciali. Anche l'alluminio è stato adoperato come materiale per la costruzione di cono per altoparlanti. Diversi fabbricanti infine hanno provato a rivestire cono di carta con sostanze speciali in modo da aumentare la rigidità della struttura. L'altoparlante per bassi Bextrene è un componente rappresentativo di tali esperimenti ed è comunemente adoperato nei sistemi di diffusione sonora realizzati in Inghilterra.

Gli altoparlanti per acuti possono essere costruiti adoperando cono di carta, ma attualmente si stanno sempre più diffondendo gli altoparlanti per acuti del tipo a cupola. L'impiego della cupola presenta il vantaggio di consentire l'uso di bobine mobili di grosse dimensioni (migliorando in tal modo le caratteristiche relative alla potenza acustica che può essere diffusa), ma presuppone che la cupola sia realizzata con materiali estremamente leggeri se si vuole ottenere una elevata efficienza di radiazione. Fra i materiali adoperati per la costruzione di cupole per altoparlanti per acuti si possono menzionare plastiche del tipo Mylar, polistirolo, tessuti sottoposti a trattamenti particolari e, materiale interessante, leghe di berillio. Il berillio è uno dei materiali più duri che si conoscano ed è estremamente leggero; esso rappresenta pertanto l'ideale per la costruzione di diaframmi a cupola. Gli altoparlanti per acuti di tipo dinamico, per inciso, non richiedono necessariamente una realizzazione del tipo di quella, diffusissima, con bobina mobile, come è evidenziato dall'altoparlante a nastro. In questo trasduttore viene utilizzato un sottile "nastro" di metallo corrugato posto in un campo magnetico statico. Il segnale ad audiofrequenza viene fatto passare direttamente attraverso il nastro, che si comporta contemporaneamente da bobina mobile e da diaframma.

Uno dei problemi che si presenta al progettista di qualsiasi tipo di altoparlante dinamico è costituito dal calore sviluppato nella bobina mobile, che presenta generalmente un'impedenza molto bassa (da 4 Ω ad 8 Ω).

Se l'intensità della corrente che scorre attraverso la bobina è eccessiva, il calore sviluppato entro l'avvolgimento può determinare la fusione dell'isolante che ricopre il filo (e perfino del filo medesimo) provo-



Vista spaccata di un woofer dinamico (cono).

cando così la bruciatura dell'altoparlante. Anche nel caso che ciò non si verifichi, il calore eccessivo può determinare la deformazione della bobina ed indebolire il collante che assicura questa al supporto. Nel terzo articolo di questa serie viene trattato questo problema in modo più approfondito.

Una interessante variante del trasduttore dinamico di tipo tradizionale è rappresentata dall'altoparlante per bassi a doppia impedenza impiegato dalla Infinity Systems nei suoi diffusori di classe più elevata. Tale altoparlante, che è per il resto di tipo tradizionale, comprende due bobine mobili, di cui una con impedenza di valore normale e l'altra con impedenza di basso valore. Le due bobine sono accoppiate fra loro, da un punto di vista elettrico, per mezzo di circuiti LC di tipo serie e parallelo. Normalmente tali circuiti accordati collegano l'uscita dell'amplificatore alla bobina mobile di tipo normale. Tuttavia, in corrispondenza del campo di frequenza prossimo alla risonanza principale del sistema di diffusione, in cui il valore dell'impedenza presentata all'amplificatore raggiunge il massimo, il circuito

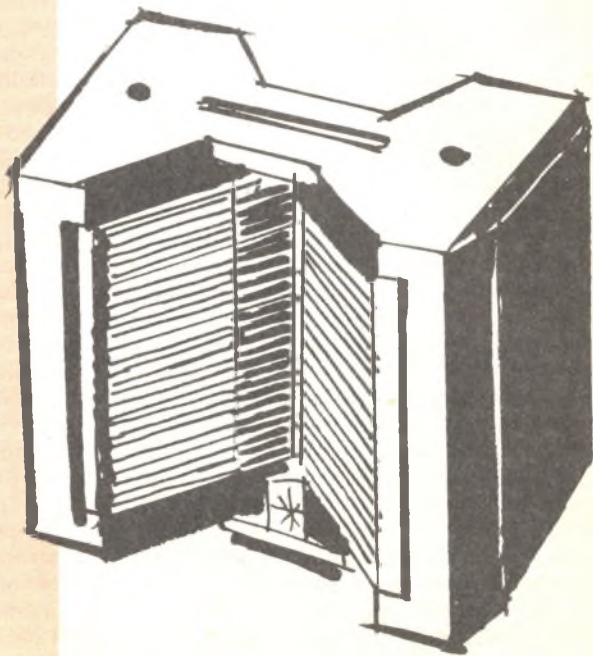
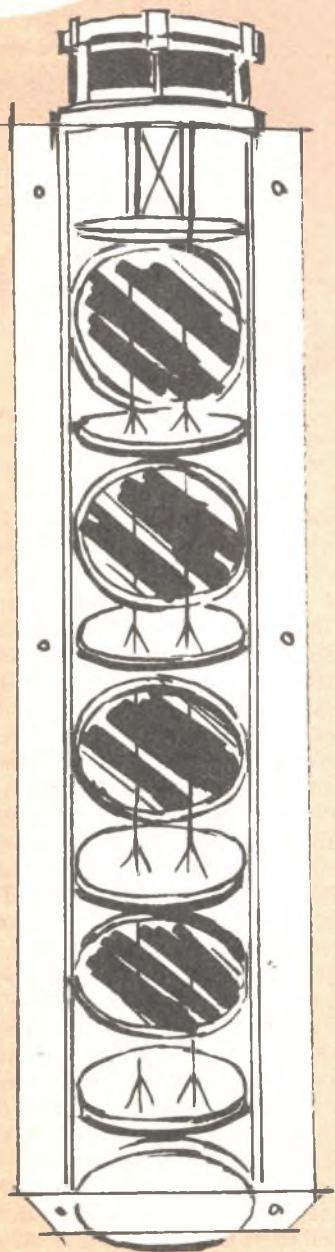
speciale altoparlanti

accordato consente il passaggio del segnale verso la seconda bobina mobile, cioè quella caratterizzata da una bassa impedenza. In tal modo l'amplificatore "vede" un carico praticamente costante entro tutta la regione dei bassi.

L'altoparlante elettrostatico - Come si può desumere dal nome, questo tipo di trasduttore genera la forza motrice necessaria per mettere in azione il diaframma mediante un'interazione fra campi elettrici invece che fra campi magnetici. Un tipico altoparlante di questa categoria comprende un diaframma di grandi dimensioni, realizzato in materiale leggero, disposto fra due elettrodi traforati (cioè trasparenti da un punto di vista acustico). Il diaframma è polarizzato elettricamente rispetto agli elettrodi, che sostengono un campo elettrostatico di forte intensità. Il segnale audio viene applicato ai due elettrodi secondo una modalità che potrebbe essere definita di tipo push-pull, ed il diaframma, in tali condizioni, vibra all'unisono con il segnale impresso, generando un suono.

La forza motrice che si instaura in un tra-

*Il trasformatore di Heil AMT (sotto)
ed il woofer ATD (a fianco).*



sduttore di tipo elettrostatico si distribuisce in modo uniforme su tutta la superficie del diaframma (in un altoparlante dinamico, invece, il diaframma subisce l'azione della forza motrice su una piccola porzione della sua superficie totale); ne risulta che l'altoparlante elettrostatico è molto meno suscettibile al fenomeno della risonanza di un altoparlante di tipo dinamico. La risposta ai transitori risulta eccellente grazie alla esiguità della massa del diaframma. Il trasduttore elettrostatico si presenta fundamentalmente come sospeso ad un telaio, e non possiede una cassa acustica che lo racchiude, risultando quasi privo in tal modo di "coloritura" nel suono (cioè di irregolarità nella risposta in frequenza dovute alla presenza del contenitore).

Naturalmente l'altoparlante elettrostatico non è completamente esente da problemi. In un trasduttore di questo tipo si verifica, per esempio, il fenomeno della cancellazione delle frequenze basse, a causa delle interferenze distruttive che si stabiliscono fra l'onda anteriore e l'onda posteriore. Il diaframma diviene inoltre direzionale alle alte frequenze, cioè nella zona in cui si verifica il fenomeno della risonanza e si instaurano modi di oscillazione dell'intera superficie del diaframma. E' difficoltoso ottenere un livello sonoro elevato mediante un altoparlante elettrostatico; il diaframma non può spostarsi eccessivamente, e se lo si pone in un campo elettrico sufficientemente intenso da consentire di generare un suono molto forte, si provoca la perforazione dielettrica dell'aria circostante con conseguente scarica elettrica, causando quasi sempre danni permanenti all'altoparlante. Se non si ricorre a speciali accorgimenti in sede di progettazione, il livello sonoro prodotto da un trasduttore di tipo elettrostatico risulta molto limitato. Tuttavia, nonostante questi accorgimenti, un altoparlante elettrostatico può dare risultati veramente notevoli quando è progettato a dovere. Alcuni dei più quotati altoparlanti per "puristi" appartengono a questa categoria; un buon esempio è rappresentato dal famoso altoparlante elettrostatico Quad.

Un metodo per ovviare alla limitata potenza acustica disponibile con un trasduttore elettrostatico è stato messo a punto presso la Dayton Wright Associates, Ltd. Il trasduttore è collocato in una sacca di plastica, che viene poi sigillata in modo da renderla imper-

meabile all'aria. In realtà questo è un metodo costruttivo normale in quanto è necessario evitare che gli elettrodi ed il diaframma possano contaminarsi. Il trucco, in questo caso, è che la sacca di plastica viene riempita con SF₆ (esafluoruro di zolfo) al posto dell'aria. Questo gas presenta proprietà dielettriche migliori di quelle dell'aria, potendo infatti sopportare campi elettrici molto più intensi prima di dar luogo alla perforazione dielettrica con conseguente scarica elettrica. Pertanto, nel trasduttore elettrostatico messo a punto dalla Dayton Wright, la tensione applicata fra gli elettrodi può essere portata a valori molto alti, permettendo così di ottenere livelli sonori più elevati.

Un'ultima parola circa i trasduttori elettrostatici. L'impedenza che essi presentano all'amplificatore di potenza è alta e prevalentemente composta da una reattanza capacitiva. Questo comportamento è esattamente l'opposto di quello presentato da un altoparlante dinamico tipico, che è caratterizzato da un'impedenza di basso valore comprendente una forte componente resistiva. Pochissimi amplificatori sono in grado di pilotare direttamente un trasduttore di tipo elettrostatico (la maggior parte di quelli adatti a tale compito sono costruiti dalle ditte che producono l'altoparlante e vengono venduti insieme con esso come sistema integrato). E' possibile inserire fra l'amplificatore ed il trasduttore un trasformatore in salita, ma anche con tale accorgimento il carico presentato all'amplificatore rimane prevalentemente reattivo. Alcuni amplificatori di potenza sono in grado di sopportare tale tipo di carico, mentre altri non sono adatti.

Il trasduttore di Walsh - Sia il trasduttore di tipo dinamico sia quello di tipo elettrostatico possono essere considerati trasduttori "tradizionali" in quanto sono impiegati comunemente da molti anni. Una nuova tendenza si è però manifestata in questi ultimi anni nella progettazione di altoparlanti; i tecnici ed i progettisti che operano in questo settore si sono sempre più dimostrati propensi ad abbandonare completamente i trasduttori tradizionali e a dedicarsi allo sviluppo di nuovi tipi. Un esemplare di questa nuova tendenza è l'altoparlante di Walsh, che è utilizzato dalla Ohm Acoustics nel diffusore Model F da essa prodotto.

Questo altoparlante si presenta esterna-

speciale altoparlanti

mente come un alto cono disposto verticalmente. Esso è costruito in tre bande successive di materiali differenti e, precisamente, di titanio nella parte superiore, di alluminio in quella intermedia e quindi di carta nella parte inferiore; in corrispondenza della sommità è pilotato da una bobina mobile appositamente realizzata, mentre la parte inferiore del cono è tenuta ferma da un adatto supporto. Questo altoparlante, unico nel suo genere, costituisce un radiatore onnidirezionale, coerente ed in grado di coprire tutta la banda acustica. Non vi è alcun fenomeno di cancellazione fra onde provenienti da parti diverse del diaframma poiché il suono viene irradiato con un fronte d'onda uniforme. L'unico serio inconveniente presentato dal trasduttore di Walsh è costituito dalla sua relativa inefficienza.

Il trasduttore magnetico planare - E' questo un trasduttore di tipo elettrodinamico che assomiglia esternamente ad un altoparlante elettrostatico. Come abbiamo avuto già occasione di menzionare, il trasduttore elettrostatico utilizza un grosso diaframma di forma piana e di massa ridotta in modo da ottenere una eccellente risposta ai transitori; il trasduttore magnetico planare rappresenta il suo equivalente elettromagnetico. Questo altoparlante utilizza un leggero diaframma di forma piana sul quale è applicato saldamente un elemento di materiale conduttore. Il diaframma è disposto fra due magneti perforati, formando in tal modo un "motore" grazie all'interazione fra la bobina mobile ed il magnete. Il segnale ad audiofrequenza passa attraverso il conduttore esistente sul diaframma generando un campo magnetico che, interagendo con il campo magnetico statico, produce la forza necessaria per mettere in vibrazione il diaframma e per generare, quindi, le onde sonore. Il trasduttore presenta una buona risposta ai transitori ed altri vantaggi tipici degli altoparlanti di tipo elettrostatico. Esso è sospeso ad un telaio che funge da supporto, in modo che non vi è nessun contenitore che

possa colorare il suono, ma presenta anche il problema della cancellazione del suono alle basse frequenze. In un sistema di diffusione acustica che copra tutto lo spettro audio, basato sull'impiego di trasduttori magnetici planari, vengono impiegati solitamente due o più trasduttori, poiché il singolo altoparlante diviene direzionale alle frequenze acustiche alle quali la lunghezza d'onda è piccola rispetto alle dimensioni del trasduttore medesimo. Questo tipo di altoparlante è stato messo a punto per la prima volta dalla Magnepan, ed i sistemi di diffusione sonora prodotti da questa compagnia utilizzano solamente trasduttori magnetici planari. Lo svantaggio più grave presentato da questo tipo di altoparlante è costituito dalla sua inefficienza. Il trasduttore magnetico planare non deve essere necessariamente in grado di coprire tutta la banda audio. La Infinity Systems, per esempio, costruisce un altoparlante magnetico planare per acuti (denominato dalla casa tweeter EMIT) che essa utilizza nella maggior parte dei sistemi di diffusione acustica di propria produzione.

Il trasduttore di Heil - Un lontano "parente" del trasduttore magnetico planare è l'Air Motion Transformer, o AMT, di Heil. Si tratta di un altoparlante per medi e per acuti montato nei sistemi di diffusione acustica prodotti dalla ESS. Il suo diaframma è realizzato in leggero Mylar e su esso è depositato un elemento di materiale conduttore, ma ogni rassomiglianza con il trasduttore magnetico planare finisce praticamente qui. Nel trasduttore di Heil il diaframma è ripiegato come una fisarmonica ed è posto entro un campo magnetico uniforme. Applicando ad esso il segnale ad audiofrequenza si genera un campo magnetico che provoca una deformazione delle pieghe e, quindi, una espulsione dell'aria presente fra esse, con conseguente generazione di una onda sonora. L'AMT è un altoparlante estremamente efficiente in grado di coprire tutta la gamma audio in modo uniforme dalle frequenze intermedie fino a quelle più elevate.

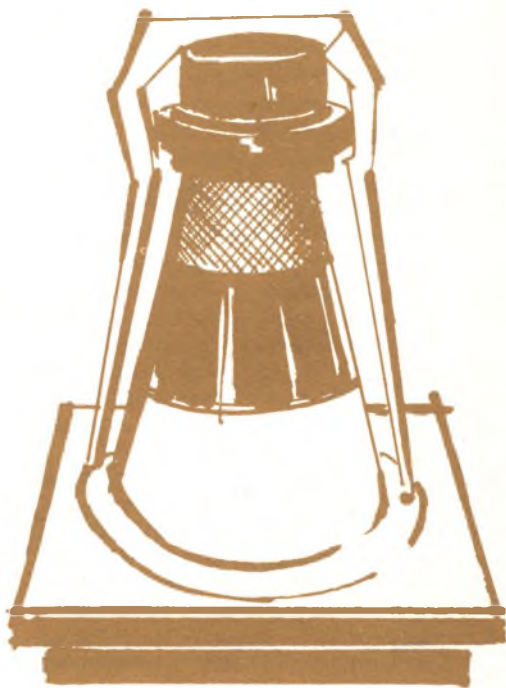
La grande efficienza che caratterizza il tweeter AMT di Heil suggerì la sperimentazione di un altoparlante basato sul medesimo principio ma operante nella gamma delle basse frequenze. Il funzionamento in questa banda di frequenza si rivelò problematico, in quanto il trasduttore di Heil presenta una

risonanza, associata con la cavità, che cade ad una frequenza più alta dell'estremo superiore della sua banda nominale di funzionamento. Nel caso dell'altoparlante per acuti, la frequenza della risonanza cade nella regione degli ultrasuoni, ma un altoparlante per bassi funzionante secondo il medesimo principio presenterebbe una risonanza che cadrebbe in corrispondenza della banda dei toni medi. Imperterrito il Dr. Oskar Heil progettò un altro trasduttore dalle caratteristiche inusuali, e precisamente il woofer ATD. Questo altoparlante presenta cinque piccoli (10,2 cm) diaframmi di peso ridotto, montati orizzontalmente l'uno sopra l'altro, collegati fra loro per mezzo di quattro leggere bacchette di fibra di carbone. Le bacchette sono pilotate da una bobina mobile montata in modo convenzionale e comandano, a loro volta, i diaframmi, i quali sono montati entro riflettori acustici che provvedono ad isolare l'onda emergente dalla parte superiore dell'insieme da quella che emerge dalla parte inferiore. L'intero trasduttore, che presenta uno sviluppo colonnare, è collocato su un grosso schermo piano che ha il compito di mantenere separate per quanto possibile l'onda anteriore da quella posteriore; nonostante ciò, l'interferenza distruttiva che si verifica alle basse frequenze costituisce un inconveniente in questo tipo di realizzazione.

Il trasduttore piezoelettrico - Un'alternativa per la riproduzione delle frequenze elevate è rappresentata dal trasduttore piezoelettrico. La Pioneer utilizza un altoparlante per acuti di nuovo tipo, denominato HPM, realizzato con un polimero piezoelettrico messo a punto dalla ditta medesima. Si tratta di un materiale simile alla plastica che, a differenza del cristallo, può essere prodotto in sottili lamine e sagomato secondo diverse forme. Nel trasduttore HPM è adoperato film plastico modellato a forma di cilindro ed è previsto l'impiego di una "lente" acustica per controllare le caratteristiche di dispersione. La risposta ai transitori e la risposta in frequenza presentate dal trasduttore HPM sono estremamente buone poiché la massa mobile del diaframma è piccolissima. Il funzionamento del trasduttore si basa sulla espansione e sulla contrazione del sottile strato di plastica. Tuttavia, alle basse frequenze, l'altoparlante rivela i propri limiti, in quanto risulta ina-

dato ad imprimere spostamenti notevoli alla atmosfera circostante.

Il trasduttore "senza massa" - Il trasduttore a plasma, adoperato nel sistema a diffusione acustica Hill Type-1 della Plasmatronics, rappresenta la concretizzazione del sogno di ogni progettista in fatto di altoparlanti, cioè un trasduttore essenzialmente privo di massa. L'irradiazione acustica viene ottenuta mediante l'espansione e la contrazione di aria ionizzata attraverso la quale è fatto scorrere il segnale a frequenza audio. Nel trasduttore a plasma è adoperata una miscelazione di aria e di elio, posta in una piccola cavità e sottoposta ad una scarica elettrica ad alta tensione che ionizza completamente la massa gassosa (la scarica sottrae elettroni di valenza dalle molecole dando origine a ioni positivi e negativi). Il gas diviene in tal modo plasma, che è un conduttore elettrico. Facendo passare una corrente ad audio frequenza attraverso il plasma si provocano variazioni locali di temperatura



L'altoparlante di Walsh adoperato nel sistema di diffusione sonora Ohm F.



e di pressione, di cui le ultime rappresentano onde sonore. Poiché il trasduttore a plasma non possiede diaframma e praticamente nessuna massa, è in grado di fornire una risposta eccellente al transitorio ed alle frequenze elevate. L'idea non è nuova, ma l'altoparlante realizzato dalla Plasmatronics dovrebbe aver superato molti degli inconvenienti che invece erano presenti in realizzazioni più vecchie, come ad esempio un funzionamento rumoroso e la carbonizzazione degli elettrodi. Nel sistema di diffusione sonora Hill Type-1 viene affidata al trasduttore a plasma la riproduzione del campo di frequenza oltre i 700 Hz. Lo svantaggio più grave connesso con l'impiego di questo trasduttore è costituito dall'elevato costo di funzionamento. Entro le casse acustiche sono poste bombolette di elio pressurizzato che devono essere sostituite mediamente dalle due alle tre volte all'anno, con un costo operativo di circa 250 lire all'ora.

I DIFFUSORI

Il campo in cui si è verificato il maggior numero di controversie fra i tecnici proget-

tisti di sistemi di altoparlanti e fra gli audiofili è quello dei diffusori acustici. Vi è stata certamente una notevole proliferazione di diffusori di tipo diverso, ognuno caratterizzato dai propri pregi e difetti. Nei paragrafi seguenti esamineremo il ruolo svolto dai diffusori nella riproduzione sonora e passeremo in rassegna i vari tipi di cassa acustica impiegati nei sistemi moderni di diffusione sonora.

Lo schermo infinito - Il più semplice contenitore per altoparlanti esistente, cioè lo schermo infinito, serve ottimamente per illustrare il ruolo svolto dalle casse acustiche. Abbiamo già osservato come alcuni tipi di trasduttori, quali il trasduttore dinamico e quello elettrostatico, diano origine a due onde acustiche in opposizione di fase fra loro. Nella *fig. 2* è illustrato come avviene questo fenomeno. Quando il cono dello altoparlante dinamico si sposta in avanti, la massa di aria che si trova di fronte ad esso subisce un processo di compressione, mentre la massa d'aria posteriore subisce un processo di espansione (*fig. 2-A*). Il fenomeno inverso si verifica quando il diaframma si muove all'indietro (*fig. 2-B*). Il movimento del diaframma del trasduttore dà luogo pertanto ad un notevole gradiente di pressione.

Quando si applica al diaframma un segnale a bassa frequenza, il movimento che ne consegue risulta relativamente lento e si ha generazione di onde acustiche di grande lunghezza d'onda. La massa d'aria com-

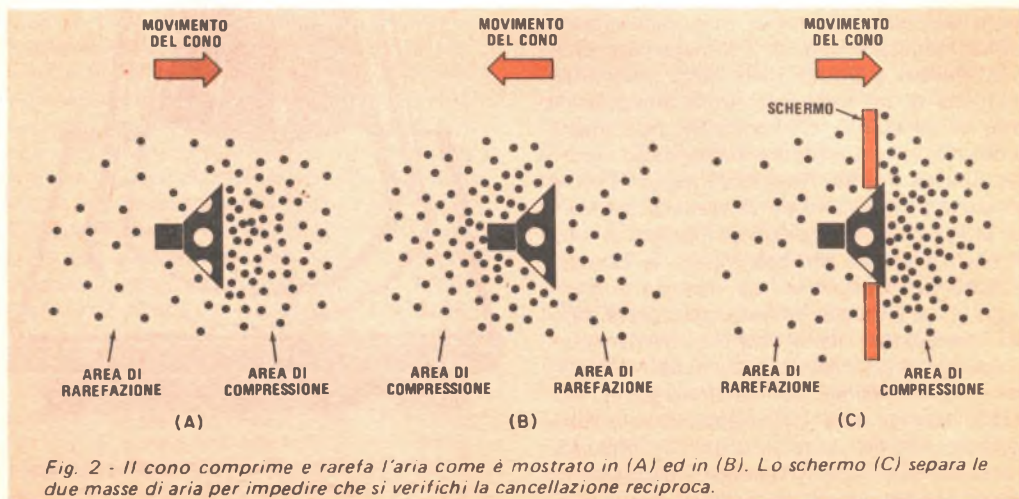


Fig. 2 - Il cono comprime e rarefa l'aria come è mostrato in (A) ed in (B). Lo schermo (C) separa le due masse di aria per impedire che si verifichi la cancellazione reciproca.

pressa, nel tentativo di eliminare ogni squilibrio di pressione, si riversa verso la parte opposta del cono, provocando in tal modo una cancellazione reciproca delle due onde acustiche (le cui fasi sono opposte) con conseguente diminuzione dell'energia sonora irradiata. Alle frequenze elevate, invece, il diaframma si muove molto più rapidamente e le onde sonore che vengono prodotte sono caratterizzate da una piccola lunghezza d'onda. La massa d'aria compressa non ha il tempo di raggiungere la zona in cui vi è una rarefazione, ed in tal modo non si verifica il fenomeno dell'interferenza distruttiva. Pertanto la cancellazione è un problema che interessa prevalentemente il campo delle basse frequenze.

Per impedire che si verifichi il fenomeno della cancellazione, è possibile collocare l'altoparlante su uno schermo perfetto (fig. 2-C), costituito in teoria da una superficie piatta di dimensioni illimitate. Un tale schermo impedisce il verificarsi di ogni interferenza distruttiva isolando completamente la regione in cui si verifica la rarefazione. Naturalmente non può esistere uno schermo perfetto, e qualsiasi schermo "infinito" praticamente realizzabile deve avere dimensioni limitate.

Lo schermo deve essere grande se si vuole ottenere una riproduzione soddisfacente dei suoni di bassa frequenza. Questo costituisce l'inconveniente del principio dello schermo infinito. In base alla pratica si può stabilire che, quando l'altoparlante è collocato nel centro dello schermo, la dimensione di qualsiasi lato non dovrebbe essere più corta di una lunghezza d'onda del suono di più bassa frequenza che si desidera riprodurre. Se la frequenza di taglio è di 40 Hz, per esempio, la dimensione dello schermo da ogni parte rispetto al centro dovrebbe essere pertanto di 4,3 m. Una simile struttura può trovare posto in ben pochi ambienti!

Il diffusore ermeticamente chiuso - Per cercare di conservare le caratteristiche dello schermo acustico, cioè l'eliminazione di qualsiasi fenomeno di cancellazione dei suoni di bassa frequenza, adottando però un diffusore di dimensioni più ragionevoli, vengono utilizzati contenitori ermeticamente chiusi. Montando l'altoparlante entro una cassa sigillata, l'onda posteriore non può propagarsi da nessuna parte e rimane nel contenitore. Il diffusore deve essere riempito con

materiale fonoassorbente in modo da disperdere l'onda posteriore generata dal diaframma. Se non si adotta questo accorgimento, si creano entro il diffusore onde stazionarie a tutte le frequenze alle quali la lunghezza di uno qualsiasi dei lati della cassa risulta uguale ad un multiplo intero di metà della lunghezza d'onda del suono irradiato. Si avrebbe, conseguentemente, non solamente una risposta in frequenza degradata di tutto il sistema di diffusione acustica, ma si ecciterebbero anche i modi di risonanza meccanica naturali della cassa acustica medesima a causa della pressione sonora creata dalle onde stazionarie.

Il diffusore di tipo chiuso presenta alcuni inconvenienti; esso è per sua natura poco efficiente, poiché tutta l'energia dell'onda posteriore viene assorbita e trasformata in calore. Se in tali diffusori vengono impiegati altoparlanti per bassi di tipo tradizionale, è necessario dotare il diffusore medesimo di dimensioni abbondanti per ottenere livelli acustici di uscita alle basse frequenze di una certa entità, poiché l'impedenza acustica vista dalla parte posteriore del trasduttore aumenta al diminuire del volume della cassa. Inoltre, se la massa di aria che si trova nell'interno del diffusore risulta eccessivamente rigida per il trasduttore, la risonanza fondamentale di tutto il diffusore cade a frequenze troppo elevate per poter consentire una buona riproduzione dei bassi. Questo tipo di diffusore, tuttavia, presenta il grande vantaggio di avere una risposta in frequenza che scende in modo relativamente graduale alle basse frequenze al di sotto della risonanza fondamentale (circa 12 dB per ottava). Ciò significa, fra l'altro, che il sistema non presenta una oscillazione eccessiva alla risonanza.

Un tipo particolare di diffusore chiuso è rappresentato dalla cassa a sospensione acustica. In questo diffusore viene impiegato un woofer molto morbido, inserito in una cassa ermeticamente chiusa di piccole dimensioni. La ridotta quantità di aria presente nel contenitore possiede una reattanza acustica molto elevata che compensa la grande cedevolezza del trasduttore. La cassa è completamente chiusa e nel suo interno viene collocato materiale fonoassorbente per assorbire l'energia dell'onda posteriore. Questo tipo di costruzione consente di riprodurre frequenze molto basse impiegando un trasduttore con adatte caratteristiche inse-



rito in un contenitore di piccole dimensioni

Il diffusore a sospensione acustica venne introdotto per le applicazioni amatoriali negli anni cinquanta da un tecnico della Acoustic Research, e fu uno dei maggiori responsabili della grande diffusione che ebbero poi i diffusori cosiddetti da scaffale, cioè di piccole dimensioni. Il suo principio di funzionamento è alla base di un gran numero di sistemi di diffusione sonora attualmente in voga, e può essere considerato come uno speciale adattamento fra la cedevolezza del woofer e l'impedenza di una piccola cassa chiusa.

Una interessante variazione sul tema della sospensione acustica venne messa a punto dalla Cerwin-Vega ed è indicata dalla ditta con il nome di Thermo-Vapor Suspension. Si basa sull'impiego di una cassa a sospensione acustica riempita con un gas che, a parità di volume, risulta più facilmente comprimibile (cioè più cedevole) dell'aria. Grazie a questa particolarità, il diffusore Cerwin-Vega è in grado di fornire bassi profondi con un livello acustico più elevato, a partire da un contenitore di piccole dimensioni caratterizzato da un'efficienza relativamente alta (la maggior parte dei diffusori a sospensione acustica è notoriamente inefficiente).

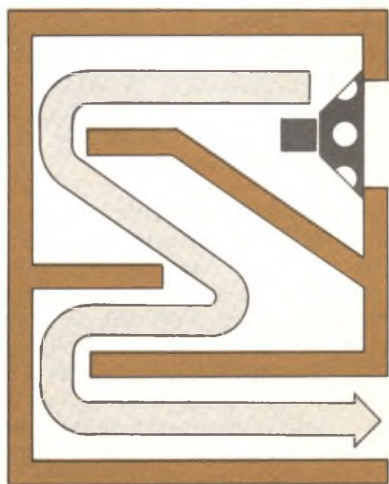
Il bass-reflex - Per utilizzare l'energia dell'onda irradiata posteriormente che viene altrimenti sprecata in un diffusore di tipo chiuso, è stato studiato il bass-reflex. Un tale contenitore non è completamente chiuso; vi è invece una apertura (o "bocca") dalle dimensioni accuratamente studiate, che funge da radiatore acustico alle frequenze molto basse, in modo da rinforzare il suono emesso anteriormente dall'altoparlante. La bocca viene "sintonizzata" (la sua superficie e la sua profondità sono calcolate opportunamente) in maniera tale da irradiare un'onda con la medesima fase dell'onda generata dal trasduttore attivo. La cassa acustica di tipo bass-reflex è più propriamente un risonatore di Helmholtz - simile cioè ad una bottiglia o ad una ocarina - poiché, quando è eccitata

per mezzo di onde acustiche con lunghezza d'onda appropriata, entra in risonanza ed emette un suono in corrispondenza della propria bocca.

Se un diffusore dotato di apertura è progettato correttamente, è possibile ottenere un livello più elevato dei suoni con bassa frequenza ed aumentare l'efficienza globale di tutto il sistema di diffusione rispetto ad un diffusore di tipo chiuso. E' possibile adoperare contenitori di dimensioni relativamente piccole e ottenere, ciononostante, forti livelli sonori alle basse frequenze. Gli inconvenienti presentati dai diffusori di tipo bass-reflex sono una risposta ai bassi non uniforme ed una notevole tendenza ad esaltare eccessivamente i suoni in prossimità della frequenza di risonanza (i sistemi dotati di apertura presentano una risposta in frequenza caratterizzata da un decremento di 18 dB per ottava al diminuire della frequenza al di sotto della risonanza del sistema). Il sistema presenta tuttavia vantaggi innegabili, e prova ne è la vasta diffusione che hanno trovato oggi impianti di diffusione acustica basati su questo principio.

Il labirinto acustico - Si tratta questa volta di un tipo di contenitore ancora differente, anche se la sua realizzazione più comune, cioè la linea di trasmissione (fig. 3) è fondamentalmente simile come principio al

Fig. 3 - La cassa acustica a labirinto acustico.



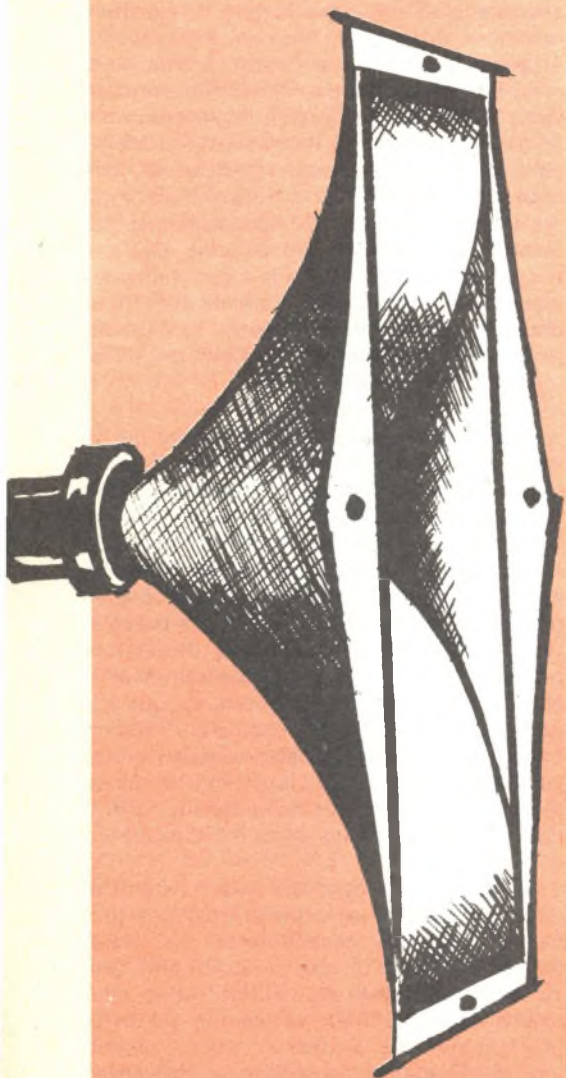
diffusore di tipo bass-reflex. Il concetto che è alla base della cassa a labirinto acustico è quello di creare un lungo percorso per l'onda sonora dietro il woofer, in modo da attenuare e sfasare le varie componenti dell'onda acustica emessa posteriormente dall'altoparlante. Un sistema per ottenere questo risultato è quello di predisporre una serie complicata di schermi entro il diffusore e di riempire il medesimo con materiale fonoassorbente. Tale soluzione è sovente poco pratica da realizzare poiché richiede l'impiego di un contenitore di dimensioni alquanto grandi.

La linea di trasmissione è fondamentalmente un lungo condotto, un'estremità del quale è accoppiata con la parte posteriore dell'altoparlante. L'uso di un condotto consente non solo di costituire un lungo percorso, adatto per attenuare l'onda irradiata dalla faccia posteriore dell'altoparlante a certe frequenze, ma anche di produrre un rafforzamento del suono emesso dalla faccia anteriore dell'altoparlante in prossimità della frequenza di risonanza fondamentale del sistema di diffusione. Il condotto è riempito con materiale fonoassorbente e la caratteristica di attenuazione in frequenza da esso impartita è tale che le onde sonore di maggior lunghezza d'onda risultano poco influenzate, mentre le onde sonore di lunghezza d'onda più breve (alle quali si verifica la quasi totalità dell'emissione del woofer) risultano fortemente assorbite. Il suono non attenuato, che è quello con frequenza molto bassa, raggiunge la bocca del diffusore con la medesima fase del suono emesso dall'altoparlante nella direzione anteriore e ne aumenta l'intensità. Il punto interessante di questo sistema è che il materiale fonoassorbente collocato lungo il condotto non serve solamente ad attenuare l'energia acustica, ma provvede anche a rallentare la velocità di propagazione del suono, che risulta pertanto più bassa di quella che si avrebbe in aria libera. Ciò significa che, a parità di frequenza, la lunghezza d'onda di un'onda acustica risulta più breve nel condotto che nell'aria. E' quindi possibile costruire condotti adatti per rinforzare suoni di frequenza molto bassa, senza per questo essere costretti ad impiegare condotti esageratamente lunghi: una linea di trasmissione di circa 2,5 m di lunghezza è in grado di fornire un contributo utile alla risposta in frequenza fino a frequenze molto basse, dell'ordine dei 30 Hz.

La linea di trasmissione effettivamente utilizzata non deve essere necessariamente un tubo diritto. Al contrario, si tratta quasi sempre di un condotto ripiegato. Le riflessioni che si possono verificare in corrispondenza delle pieghe del condotto vengono minimizzate collocando in tali punti materiale fonoassorbente fortemente stipato. Il materiale fonoassorbente ideale non è costituito dall'isolante in fibra di vetro adottato universalmente in altri tipi di diffusori, ma è invece lana con fibre lunghe. E' possibile realizzare diffusori a linea di trasmissione, in grado di fornire una risposta spettacolare alle basse frequenze, con dimensioni sorprendentemente ridotte; forse il miglior esempio di questo è costituito dall'Obelisk, prodotto dalla Shahinian Acoustic. Il diffusore, che misura solamente 67,9 x 35,6 x 30,5 cm, è certamente in grado di riprodurre ottimamente musica per organo a canne. Ciò che si guadagna in nitidezza alle basse frequenze adoperando una linea di trasmissione lo si perde in termini di efficienza. Tali sistemi sono in generale meno efficienti dei diffusori del tipo bass-reflex.

Il radiatore passivo - Un diffusore più simile del precedente al bass-reflex è quello che utilizza un diaframma passivo al posto della apertura ausiliaria anteriore e che prende il nome di radiatore passivo. Anche se l'impedenza acustica vista in corrispondenza del diaframma ausiliario è diversa da quella che si ha in corrispondenza della bocca in un diffusore dotato di apertura, il radiatore passivo funziona in base al medesimo principio. La cassa acustica risuona ad una frequenza, che è prossima a quella di risonanza fondamentale propria dell'altoparlante attivo, ed alla quale il contributo fornito dal radiatore passivo si somma a quello fornito dal trasduttore, aumentando il livello sonoro di uscita.

E' opportuno osservare che i sistemi di diffusione basati sul principio dell'apertura hanno raggiunto generalmente un livello molto sofisticato in questi ultimi anni grazie alla applicazione dei risultati teorici conseguiti da A. N. Thiele nel campo dei diffusori con apertura. La teoria unificata presentata da Thiele ha consentito ai progettisti di ottimizzare le caratteristiche dei bass-reflex in modo relativamente diretto. Come risultato si è avuto un aumento sempre crescente del numero di sistemi di diffusione



Tipico altoparlante a tromba.

sonora basati sul principio della apertura, senza peraltro che questi fossero afflitti dai numerosi problemi connessi con la disuniformità della risposta in frequenza, che invece erano presenti nei sistemi più vecchi di tipo bass-reflex.

I diffusori a tromba - Una rassegna dei diffusori acustici non potrebbe essere considerata completa se non venissero menzionate le trombe. Diversi sistemi di diffusione disponibili oggi fanno uso di uno o più trasduttori a tromba quasi sempre destinati alla riproduzione delle frequenze intermedie ed alte. Un altoparlante a tromba è fondamentalmente un trasformatore acustico che accoppia l'aria in corrispondenza del diaframma con la massa di aria presente nell'ambiente di ascolto. La gola del trasduttore a tromba è piccola e ricopre il diaframma; la bocca è molto più grande e guida le onde acustiche che vengono irradiate entro l'ambiente.

L'impiego di un altoparlante a tromba consente di mantenere lo spostamento del trasduttore a valori molto ridotti senza per questo sacrificare l'uscita acustica. Ciò significa che la distorsione è contenuta a valori più bassi che la potenza sonora può essere aumentata ed anche che l'efficienza è più grande. È necessario calcolare le dimensioni e la forma della tromba con molta attenzione se si vuole che l'altoparlante funzioni correttamente senza comportarsi come un tubo risonante. È necessario inoltre realizzare l'interfaccia fra il trasduttore e la tromba, facendo in modo da evitare ogni fenomeno di cancellazione della fase a causa della diffrazione. Per questo motivo vengono usati, per realizzare tale accoppiamento, dispositivi appositi.

Gli altoparlanti a tromba sono adoperati nella maggior parte dei sistemi per la diffusione acustica ad alta fedeltà quasi sempre come riproduttori per i medi e per gli acuti, poiché presentano dimensioni ragionevoli. Se si volesse calcolare la lunghezza effettiva di un altoparlante a tromba adatto per la riproduzione dei bassi si troverebbe un valore molto grande (è possibile qualche volta vedere ai concerti di musica rock diffusori per bassi costituiti direttamente da altoparlanti a tromba. Questi sono molto lunghi, e possono talvolta misurare da 1,8 m fino a 2,4 m); una soluzione al problema delle dimensioni è costituita dalla tromba "ripiegata", in cui

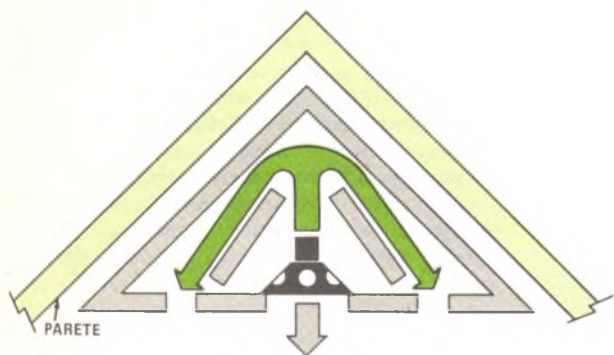


Fig. 4 - Un grosso altoparlante a tromba per bassi può essere ripiegato per ottenere una struttura con dimensioni più ragionevoli. Le pareti dell'ambiente di ascolto funzionano come un'estensione della tromba.

la tromba è piegata su sé stessa in modo da diminuire l'ingombro totale del contenitore. Il famoso diffusore Klipschorn utilizza questo principio di funzionamento, come è mostrato nella *fig. 4*. Tuttavia, gli altoparlanti a tromba sono difficili e costosi da realizzare.

La maggior parte dei diffusori a tromba in uso oggi non è nuova. Altoparlanti a tromba ripiegati, a celle multiple ed a settori sono impiegati da tempo in diverse applicazioni. Fra le altre si può menzionare un progetto interessante sfruttato dalla JBL, che si basa sull'impiego di una lente acustica sistemata sulla bocca della tromba. Tali lenti rassomigliano vagamente alle alette delle griglie impiegate nei condotti per la ventilazione. Il loro scopo è di modificare le caratteristiche direzionali presentate dalla tromba, poiché numerosi altoparlanti a tromba hanno la tendenza ad irradiare fasci acustici molto ristretti in certe bande di frequenza, dando luogo ad un suono stridulo. Ulteriori miglioramenti apportati agli altoparlanti a tromba comprendono migliorie strutturali, per rendere l'altoparlante rigido e leggero (e meno costoso), e l'impiego di dispositivi di accoppiamento di nuovo tipo, come ad esempio il "Tangerine", messo a punto dalla Altec.

IL SISTEMA

Per realizzare un diffusore acustico valido è necessario progettarlo come facente parte di un sistema, in cui ciascun componente è studiato appositamente per lavorare assieme agli altri in modo armonioso. Vi sono state quindi innovazioni riguardanti l'intero sistema piuttosto che un componente partico-

lare, come per esempio l'altoparlante, la rete diramatrice od il mobiletto. Alcune di tali innovazioni derivano dalla considerazione che anche l'ambiente di ascolto fa parte del sistema audio. Altre nascono da un più attento studio della risposta in fase, della risposta alle basse frequenze, ecc. Vediamo ora come un'impostazione di questo tipo, basata su considerazioni riguardanti l'intero sistema, influenzi le caratteristiche dei diffusori.

L'interfaccia ambiente/diffusore - Dal punto di vista del progettista di un diffusore acustico, l'elemento meno controllabile in un sistema di riproduzione sonora è costituito dall'interfaccia ambiente/diffusore, e diversi progettisti di altoparlanti hanno dedicato una grande attenzione a questo problema, cercando di trovare una soluzione. Un esempio eccellente che serve bene per illustrare l'effetto di tale aumentata sensibilità nei confronti dell'ambiente d'ascolto è rappresentato dalla famosissima serie di diffusori Bose-901, il cui funzionamento è basato su quello che la Bose chiama Suono Diretto/Riflesso. Il sistema 901 utilizza otto altoparlanti che irradiano verso la zona posteriore ed un altoparlante orientato verso la direzione anteriore. Il suo schermo posteriore è angolato in modo tale da dirigere il suono prodotto da due gruppi di quattro altoparlanti ciascuno in una zona differente dell'ambiente di ascolto, mentre lo schermo anteriore è dotato di una curvatura dolce. Questo sistema, quando è impiegato in un ambiente dalle caratteristiche ragionevolmente riverberanti, riflette una buona parte dell'energia sonora verso il soffitto creando un campo di suono riflesso che lavora insie-



me con il suono diretto, emesso dall'altoparlante anteriore, per produrre un senso di spaziosità ed un effetto di "sala da concerto". Un'altra interessante particolarità del sistema è data dal fatto che gli altoparlanti con cui esso è equipaggiato sono tutti dotati di cono da 10,16 cm. La riproduzione delle basse frequenze è ottenuta mediante interferenza costruttiva delle onde acustiche emesse dai molti altoparlanti; le uscite di questi si sommano con fasi appropriate alle basse frequenze in modo da fornire il desiderato livello sonoro ai bassi. Questi altoparlanti presentano caratteristiche alquanto limitate alle alte frequenze, e pertanto viene fornito un equalizzatore insieme con il sistema in modo da poter regolare nel modo opportuno la caratteristica del segnale che è applicato.

Anche la Allison Acoustics progetta i suoi diffusori tenendo ben presente l'ambiente di ascolto. Il modello 1 di questa ditta, per esempio, è composto di un contenitore a colonna sagomato come un prisma e di altoparlanti a sospensione acustica montati lateralmente in modo tale da minimizzare le aberrazioni della risposta in frequenza che nascono a causa delle riflessioni dell'ambiente di ascolto. Il modello 4 prodotto dalla Allison è un vero e proprio sistema di diffusione sonora da scaffale, progettato in modo da sfruttare a proprio vantaggio la presenza dello scaffale stesso. L'altoparlante per i bassi è sistemato sulla sommità della cassa acustica ed irraggia effettivamente il suono verso i ripiani. Anche in questo caso il progetto è condotto in maniera da minimizzare l'entità delle onde stazionarie che si vengono a creare.

Il diffusore più prestigioso prodotto dalla AR, il modello AR-9, impiega anch'esso altoparlanti per bassi montati in modo tale da irradiare verso i lati.

E' necessario osservare che tutti i diffusori sono più o meno sensibili alla loro posizione nell'ambiente di ascolto. Si può dire che in genere i sistemi di diffusione sonora progettati direttamente tenendo conto della influenza esercitata dall'ambiente risultano,

come ci si potrebbe aspettare, più sensibili degli altri alla loro collocazione. Per ottenere una risposta in frequenza uniforme e caratteristiche direzionali ottimali è necessario provare a collocare i diffusori in posizioni differenti fino a che non si trova la collocazione "giusta" per un certo ambiente.

Numerosi diffusori presenti sul mercato oggigiorno consentono all'ascoltatore di modificare le caratteristiche direzionali da essi presentate in modo da adattare ad un particolare ambiente. Un diffusore rappresentativo di questa categoria è costituito dal massiccio Quantum Reference Standard della Infinity, che impiega altoparlanti per acuti orientati sia in avanti sia all'indietro, montati in una cassa acustica dotata di "alettoni" che possono ruotare nel piano orizzontale. Muovendo gli alettoni è possibile modificare la caratteristica di dispersione del diffusore.

Il sistema di diffusione modello 3090 della Leak è dotato di altoparlanti per medi e per acuti alloggiati in un contenitore separato da quello dell'altoparlante per i bassi. Le due casse acustiche sono collegate fra loro per mezzo di un sistema di montaggio a cerniera. In questo modo l'ascoltatore può modificare la direzione di emissione del woofer rispetto a quella degli altoparlanti per acuti. Per esempio, l'altoparlante per i bassi può essere diretto verso una parete vicina, mentre gli altoparlanti per i medi e per gli acuti possono essere orientati direttamente verso l'ascoltatore.

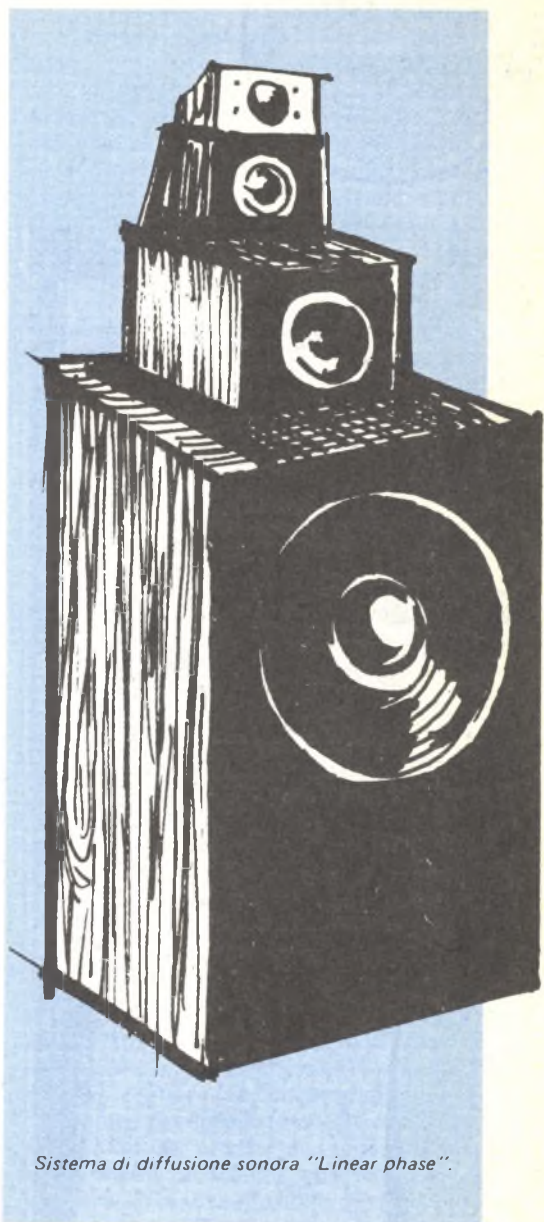
I diffusori a "fase lineare" - La filosofia che sta alla base dei nuovi diffusori a fase lineare è la seguente: "Se la fase gioca un ruolo importante nella riproduzione di brani musicali, allora un sistema ad alta fedeltà dovrebbe possedere una risposta in frequenza caratterizzata sia da una fase costante sia da un livello costante". Per poter affermare che un diffusore presenta una risposta in frequenza con fase lineare, è necessario che esso non introduca sfasamenti tali da poter essere rilevati in corrispondenza della posizione in cui si colloca l'ascoltatore. Ora, il sistema tipico di diffusione sonora, composto da diversi altoparlanti, introduce un certo sfasamento dovuto alla presenza della rete di diramazione (crossover) ed al fatto che i diversi altoparlanti, montati su uno schermo piatto, possiedono centri effettivi di irradiazione che risultano spostati spazialmente, dando luogo a differenze fra le lunghezze dei cam-

mini acustici che intercorrono fra i diversi altoparlanti e le orecchie dell'ascoltatore. Lo sfasamento introdotto dalla rete di diramazione risulta, fra i due, quello piú grave, poiché vi è una notevole discontinuità nell'andamento della fase con la frequenza nella risposta presentata dalla rete di diramazione in corrispondenza delle frequenze di incrocio. Quanto piú è selettivo il filtro di diramazione (come può esserlo, per esempio, uno con una pendenza di 12 dB o di 18 dB per ottava rispetto ad uno con pendenza di 6 dB per ottava), tanto piú grave risulta la discontinuità. D'altra parte, la differenza di lunghezza dei cammini acustici che può nascere a causa della collocazione degli altoparlanti produce un ritardo dell'ordine di 1 ms, pari a 1.000 Hz ad uno sfasamento di circa 6 gradi.

La Bang e Olufsen ha svolto un ruolo molto importante durante le prime fasi della ricerca nel campo dei diffusori con compensazione di fase. Il lavoro piú interessante svolto in questo settore concerneva la progettazione di reti di diramazione in grado di eliminare le anomalie nella risposta in fase. La rete di diramazione ideale per l'ottenimento di una risposta in fase uniforme fa uso di circuiti attivi (cioè è necessario impiegare piú di un amplificatore) e di un altoparlante di "riempimento" che è attivo entro una ristretta banda di frequenza centrata intorno alla frequenza di incrocio. L'altoparlante "tappabuchi" non deve irradiare una quantità di potenza elevata su una larga banda, bensì il suo compito è quello di rendere uniforme la risposta in fase senza provocare distorsioni gravi nella risposta in ampiezza.

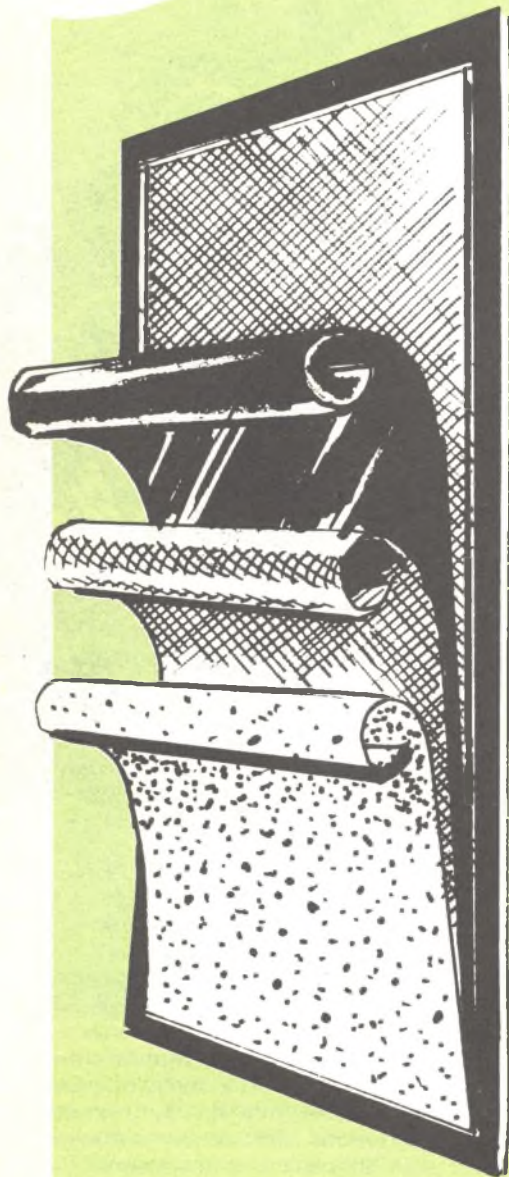
Nei diffusori a compensazione di fase realizzati dalla Bang e Olufsen viene adottata una combinazione comprendente l'altoparlante di riempimento e la rete di diramazione, e sono usati altoparlanti montati su uno schermo angolato, la cui angolazione è stabilita in modo che, in corrispondenza della ipotetica posizione di ascolto, non vi siano differenze di cammino acustico fra i due altoparlanti. Sebbene i sistemi della B & O utilizzino altoparlanti di riempimento, essi non necessitano di amplificazione aggiuntiva poiché tali altoparlanti sono accuratamente progettati in modo da funzionare con reti di diramazione passive (tanto per fare un esempio, essi sono piú efficienti degli altoparlanti principali).

Diverse altre case costruttrici, come la



Sistema di diffusione sonora "Linear phase".

Technics e la B & W, hanno realizzato sistemi di diffusione progettati in modo da avere una risposta in fase uniforme. Tutti questi sistemi di diffusione adottano un montaggio sfalsato degli altoparlanti, con il tweeter disposto generalmente alcune decine di centimetri arretrato rispetto al woofer, in modo da eliminare qualsiasi differenza fra i cammini acustici. Sovente, per esempio, l'alto-



Costituzione di un altoparlante elettrostatico.

parlante per i bassi è alloggiato entro la cassa acustica principale mentre l'altoparlante per i medi e quello degli acuti sono montati in piccoli diffusori disposti sulla sommità del mobiletto che racchiude il woofer. E' interessante osservare che l'altoparlante di Walsh è, a parte ogni altra qualità, un vero sistema a fase lineare.

A questo punto è necessario far notare che esistono pareri discordi sulla necessità di utilizzare diffusori che presentino una risposta in fase uniforme. In realtà vi è un numero sempre crescente di prove sperimentali che mostrano come, durante l'ascolto di brani musicali o di brani parlati effettuato in un ambiente riverberante, l'influenza della fase sull'ascoltatore è poco rilevante. Solamente servendosi di segnali di prova speciali e di ambienti di ascolto molto particolari è possibile udire l'effetto dovuto ai fenomeni connessi con la fase, eccettuato il fenomeno più importante della cancellazione (interferenza distruttiva). Dopo tutto, in un ambiente di ascolto tipico, in cui si creano riflessioni sonore, l'informazione relativa alla fase del segnale acustico originario viene completamente persa quando l'onda sonora raggiunge le orecchie dell'ascoltatore. Qualcuno ha affermato che la presenza di un diffusore con fase lineare in un impianto per la riproduzione sonora "non può fare alcun male", e questo è vero, idealmente parlando. Ma diversi sistemi di diffusione sonora presenti oggi sul mercato introducono aberrazioni nella risposta in ampiezza a causa dei fenomeni di diffrazione che si verificano per la disposizione sfalsata degli altoparlanti. Tali anomalie nella risposta in frequenza sono udibili. Questo è un fatto che deve essere tenuto nel debito conto dal momento che diversi costruttori pongono moltissima attenzione a realizzare sistemi di diffusione acustica dotati di involucri lisci e privi di qualsiasi discontinuità strutturale solamente per rendere minima la diffrazione delle componenti ad alta frequenza (si consideri, per esempio, l'ultima realizzazione della Avid).

I sistemi elettrostatici - Come abbiamo già avuto occasione di ricordare, una soluzione al problema presentato dai trasduttori elettrostatici di avere una potenza di uscita ridotta è quella utilizzata nell'eccezionale diffusore elettrostatico Dayton Wright. Gli elettrodi ed il diaframma di tale unità sono

immersi in un'atmosfera di SF₆, che è in grado di sopportare tensioni di polarizzazione e dei segnali applicati molto elevate senza che si verificino fenomeni di perforazione del dielettrico con conseguente scarica elettrica. Per questo motivo il sistema di diffusione sonora prodotto dalla Dayton Wright è in grado di generare un livello sonoro di uscita più elevato di quello prodotto da un altoparlante elettrostatico di tipo tradizionale. Il sistema è fornito completo con uno speciale amplificatore di potenza che può pilotare il carico quasi totalmente reattivo costituito dagli altoparlanti (ciò sarebbe una cosa inaudita per la maggior parte degli amplificatori normali). Il diffusore Dayton Wright è un sistema a due vie. I suoni che cadono nella banda di frequenza al di sopra di 10 kHz vengono riprodotti da un tweeter piezoelettrico.

Un altro sistema elettrostatico recente (ed altrettanto massiccio) è il Beveridge 2SW. In questo diffusore è impiegato un solo pannello elettrostatico di circa 1,8 m, ma l'altoparlante è dotato di una singolare lente acustica che conferisce al sistema una ampia caratteristica di dispersione nel piano orizzontale. Normalmente un singolo pannello elettrostatico si comporterebbe in maniera estremamente direzionale alle alte frequenze, specialmente nel caso in cui esso fosse abbastanza grande da erogare forti livelli sonori alle basse frequenze. Nel diffusore Beveridge, le dimensioni effettive del radiatore sono abbastanza ridotte poiché la bocca della lente è costituita da una stretta fessura invece che da un grande e largo pannello. Il sistema di diffusione sonora Beveridge è fornito con uno speciale amplificatore di potenza a valvole, appositamente progettato, e con due altoparlanti per bassi profondi che servono a rinforzare il suono emesso dall'altoparlante elettrostatico nella ottava più bassa.

Il Beveridge 2SW costituisce un interessante mezzo per ottenere un livello sonoro controllato alle alte frequenze a partire da un diffusore elettrostatico. Altri progettisti seguono strade differenti, come l'impiego di sistemi a più vie dotati di due o più altoparlanti elettrostatici o pannelli di dimensioni diversi. Altri costruttori, come la RTR, si servono di tweeter elettrostatici formati da diversi pannelli di piccole dimensioni disposti in maniera angolata l'uno rispetto all'altro in modo da irradiare entro un ampio angolo solido.

I sistemi equalizzati - Alcuni progettisti usano equalizzatori elettronici per compensare le irregolarità della risposta in frequenza presentata dai diffusori, come viene fatto, per esempio, nella serie Bose 901 già ricordata. Questi equalizzatori vengono piazzati generalmente fra il preamplificatore e l'amplificatore di potenza, e possiedono o una caratteristica di equalizzazione fissa, oppure pochi comandi che possono essere regolati dall'utente in modo che questo non possa compromettere le prestazioni fornite. Un altro esempio di sistema di diffusione sonora equalizzato è costituito dalla serie di diffusori Interface della Electro Voice, alcuni dei quali comprendono equalizzatori che uniformano la risposta alle basse frequenze e regolano la pendenza alle frequenze elevate.

I diffusori amplificati - I progettisti di sistemi di diffusione sonora che vogliono esercitare un controllo totale sui circuiti elettronici che vengono interfacciati con i loro sistemi adoperano diffusori amplificati. Questi diffusori comprendono amplificatori di potenza alloggiati direttamente entro il contenitore medesimo degli altoparlanti. Sistemi di questo genere sono quasi sempre del tipo con più amplificatori, cioè comprendono un amplificatore separato per ogni altoparlante ed una rete di diramazione elettronica all'ingresso; in tal modo l'utente pilota il "diffusore" con il segnale che ricava all'uscita del preamplificatore. Questo schema di funzionamento presenta vantaggi molto evidenti. Innanzitutto, si tratta probabilmente della maniera più efficiente, dal punto di vista del costo, di pilotare un sistema di diffusori acustici. L'impiego di amplificatori separati consente di adattare ciascun altoparlante all'amplificatore che lo pilota, scegliendo il livello opportuno del segnale di uscita, ottenendo in tal modo un sistema caratterizzato dalla massima efficienza possibile. Non si verifica, inoltre, nessuna delle perdite di potenza che si hanno invece in una rete di diramazione passiva di una certa complessità, di modo che è possibile fornire a ciascun altoparlante solamente la potenza ad esso necessaria e niente più (questa possibilità non è veramente importante quando si tratta di un sistema ad alta fedeltà; ma se si trattasse di allestire un impianto di diffusione sonora per un concerto o un sistema di monitor per un grosso studio, certamente diverrebbe im-

speciale altoparlanti

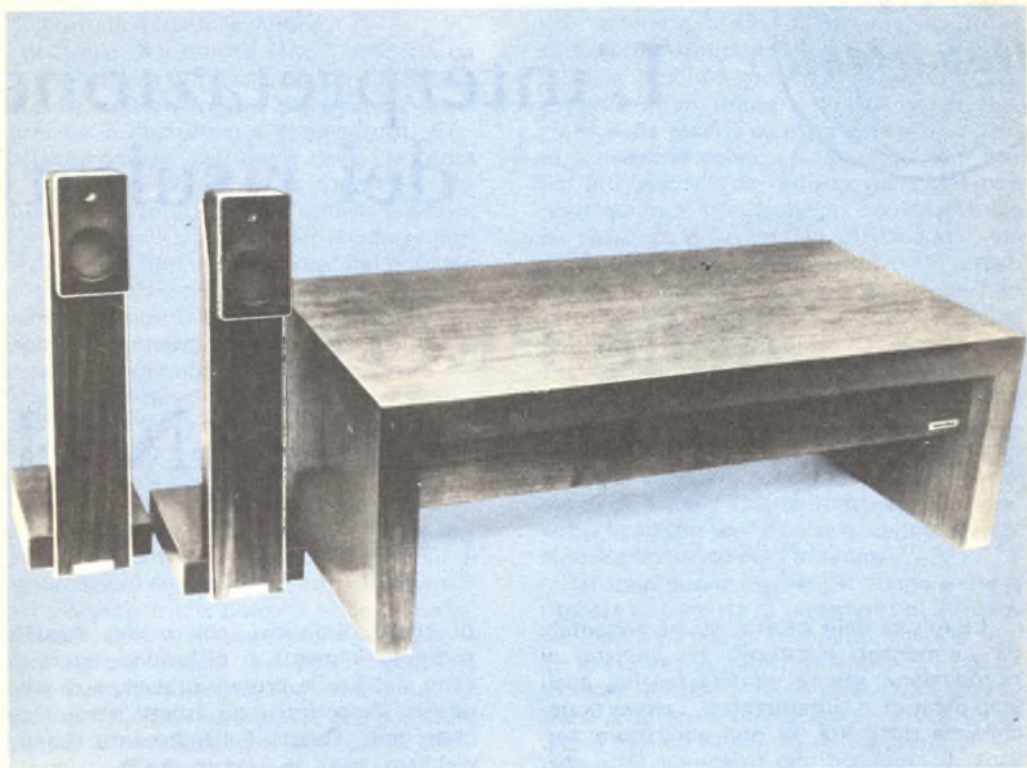
portante). Altri vantaggi connessi con l'impiego di amplificatori multipli sono una distorsione potenzialmente più bassa ed una risposta in frequenza più uniforme. A proposito di quest'ultimo punto, la rete di diramazione attiva può essere progettata in modo da non introdurre alcun sfasamento tra i suoni che cadono in bande di frequenza differenti. Conseguentemente non si verifica il fenomeno dell'interferenza distruttiva in corrispondenza dei punti di incrocio, in cui vi è più di un altoparlante che irradia le medesime frequenze. In ogni caso, se in una certa applicazione fosse importante utilizzare uno schema di funzionamento basato sull'amplificazione multipla, ci si potrebbe servire in modo estremamente efficace di diffusori amplificati. Un'altra caratteristica, come è esemplificato dal sistema di diffusione amplificato dalla Advent, è rappresentata dalla compattezza delle dimensioni. I grossi amplificatori di potenza sono alloggiati direttamente dentro le casse acustiche.

L'ultima novità in fatto di sistemi di diffusione amplificati è un impianto che utilizza al principio della controeazione di movimento ("motional feedback") per correggere ogni fenomeno di non linearità presente negli altoparlanti; un esempio di tale impianto è costituito dal modello RH-545 prodotto dalla Philips. Si tratta di un sistema a tre vie, ciascuna dotata di un amplificatore separato, montante un piccolo trasduttore sul cono del woofer. Il trasduttore genera un segnale proporzionale all'uscita del woofer, che viene riportato all'ingresso e sottratto dal segnale di ingresso (esattamente nello stesso modo in cui è utilizzato il principio della controeazione in qualsiasi amplificatore audio). Il segnale che pilota l'altoparlante è così "compensato" in modo da tener conto delle irregolarità di funzionamento del "woofer". Sistemi a controeazione di questo tipo sono utili soprattutto per ridurre la distorsione alle basse frequenze, ma non sono usati generalmente per gli altoparlanti adibiti alla riproduzione delle frequenze più elevate per motivi pratici.

Gli altoparlanti per bassi profondi o sub-woofers - Una tendenza che si è sviluppata di recente nel campo dei sistemi di diffusione sonora è quella che utilizza altoparlanti molto grandi di tipo dinamico per la riproduzione dei suoni di frequenza più bassa, abbinati a diffusori separati "satellite", destinati alla riproduzione della gamma più alta dei bassi, dei suoni con frequenza intermedia e degli acuti. Poiché le frequenze audio al di sotto di 70 Hz non risultano direzionali per l'orecchio umano (questo non è in grado di localizzare la provenienza), è possibile realizzare un impianto di diffusione sonora dotato di un solo altoparlante per i bassi profondi, destinato a riprodurre i suoni con frequenze comprese, per esempio, fra 20 Hz e 70 Hz, e di una coppia di diffusori satellite per la riproduzione dei suoni con frequenza più elevata (alternativamente si può utilizzare un woofer separato per ciascun canale, allargandone corrispondentemente il campo di funzionamento). Per rendersi conto di questa tendenza è sufficiente notare il numero sempre più crescente di "mini" diffusori presenti sul mercato, realizzati da ditte quali la ASD, la Visonik, la Braun, ecc. Se i diffusori satellite non sono destinati a riprodurre suoni di bassa frequenza (cioè nessun suono con frequenza molto inferiore a 100 Hz), essi possono essere realizzati con dimensioni molto piccole.

Il modello 200II ADS, per esempio, misura solamente 17,1 x 11,7 x 10,8 cm e presenta una risposta in frequenza nominale compresa fra 85 Hz e 20 kHz entro ± 3 dB (la risposta si estende in basso fino a 55 Hz entro ± 6 dB). Il vantaggio connesso con l'uso di un solo altoparlante per bassi profondi, sistemato in un contenitore di linea molto bassa, e di due leggeri diffusori satellite, risulta evidente se si considera l'aspetto esteriore e la possibilità di collocazione del complesso in un ambiente di dimensioni medie. Se lo si desidera, è possibile nascondere il woofer poiché il suono da esso riprodotto non influenza affatto l'immagine stereofonica. I compatti diffusori satellite trovano facile sistemazione in un posto adatto.

La Acoustique 3A International ha portato all'estremo l'idea di nascondere il woofer per i bassi profondi realizzando il sistema Triphonic. In questo impianto l'altoparlante per i bassi profondi è dotato di amplificatore incorporato, funziona in base al principio della controeazione di movimento ed è ca-



Altoparlante per bassi profondi della Mesa, alloggiato in un contenitore realizzato a forma di tavolino; esso è progettato per funzionare con una coppia di piccoli diffusori satellite (a sinistra).

muffato da tavolino. Le frequenze più elevate sono riprodotte da due piccoli diffusori satellite (43,18 x 25,4 x 17,78 cm). Per pilotare l'intero sistema è sufficiente un solo amplificatore stereofonico poiché il woofer possiede un proprio amplificatore di potenza.

Uno svantaggio connesso con lo schema di funzionamento basato sull'impiego di un woofer per bassi profondi e di una coppia di diffusori satellite è costituito, per quello che riguarda il costo, dal fatto che generalmente tale sistema richiede due amplificatori di potenza. E' necessario utilizzare come woofer una rete elettronica di diramazione ed un amplificatore di potenza separato. Se l'altoparlante per i bassi deve riprodurre suoni con frequenza fino a 20 Hz e se è del tipo a sospensione acustica (e ciò non è in-

frequente), sarà anche necessario disporre di una grande riserva di potenza!

CONCLUSIONI

Anche se non esistono tantissimi tipi fondamentali di altoparlanti e di casse acustiche, il numero di varianti che sono state elaborate sui tipi basilari nel corso delle ricerche sviluppate sull'argomento è enorme. Ogni elaborazione cerca di risolvere il problema, od i problemi, che il suo progettista considera il più grave (sia che ciò abbia basi concrete, sia che abbia origine da considerazioni personali). Tuttavia una cosa è certa: con il passare del tempo i tipi fondamentali sono stati migliorati e raffinati al punto che esemplari ben realizzati di ciascuna variante risultano in generale tutti buoni altoparlanti. ★



L'interpretazione dei risultati

delle PROVE sugli ALTOPARLANTI

La misura delle caratteristiche presentate da componenti elettronici per impianti di riproduzione sonora ad alta fedeltà, quali amplificatori e sintonizzatori, comporta pochissime difficoltà, se non addirittura nessuna. Il motivo di ciò risiede nel fatto che, durante tale operazione di misura, si ha a che fare con fenomeni (come la potenza, la sensibilità, la distorsione, il rumore, ecc.) generalmente ben definiti sotto ogni aspetto, e che il processo di misurazione è descritto minutamente in normative apposite emesse dagli organismi competenti (negli Stati Uniti l'IHF, cioè l'Istituto per l'Alta Fedeltà, in Europa l'IEC e DIN). E' quindi possibile definire in maniera ragionevolmente precisa le caratteristiche presentate da tali apparecchi quando vengono sottoposti a prove. Le cose non vanno altrettanto bene, però, nel caso dei sistemi di diffusione sonora (impianti di altoparlanti), che non sono stati ancora, a tutt'oggi, oggetto di normativa per quello che riguarda la misurazione delle loro caratteristiche.

A differenza degli apparecchi elettronici, gli altoparlanti elettromeccanici sono ben lontani dal poter essere considerati come dispositivi poco complicati, caratterizzati da una grandezza di uscita ben definita e legata in modo diretto ad una grandezza di ingresso. Fino a che non verrà formulata una normativa che codifichi le procedure da seguire per misurare le caratteristiche

di questi dispositivi, coloro che eseguono prove su impianti di diffusione sonora devono stabilire le proprie procedure di laboratorio, basandosi sugli aspetti ritenuti più importanti. Questo è l'andamento che dovrebbero avere le cose in teoria, poiché in realtà, nella situazione attuale, non esiste assolutamente una concordanza di pareri su quali caratteristiche dei sistemi di diffusione sonora siano legate alla qualità del suono riprodotto e su quali, quindi, si debba concentrare l'attenzione durante la misura.

I problemi - Anche se la grandezza che viene immessa all'ingresso di un sistema di diffusione sonora è di natura elettrica e può essere definita abbastanza bene (supponendo che la si consideri come una tensione solamente perché la complessità dell'ingresso rende estremamente difficile effettuare la misura dell'effettiva potenza di ingresso), la grandezza che si ottiene all'uscita è costituita da energia acustica. Tale energia viene espressa normalmente come livello di pressione sonora (o SPL dai termini inglesi "Sound Pressure Level"), e misurata in decibel rispetto al riferimento di $0,0002 \text{ dyne/cm}^2$. La misura del livello di pressione sonora non è di per sé difficile da effettuare servendosi di un microfono calibrato adatto; rimane aperta, tuttavia, la questione circa il comportamento dell'ambiente circostante e le relazioni fisiche che

esistono tra l'impianto di altoparlanti ed il microfono durante le misure.

Il livello di pressione sonora prodotto da un impianto di diffusione acustica è funzione della direzione e della distanza che intercorre tra il microfono e l'impianto di altoparlanti, nonché del valore della frequenza del segnale di prova. Se la risposta in frequenza è misurata in una camera anecoica (l'ambiente più utilizzato per condurre prove di questo tipo, con il microfono piazzato in corrispondenza dell'asse centrale dell'impianto), è possibile ottenere una curva di risposta ragionevolmente "piatta". Si tenga presente, però, che una risposta piatta nel caso di un sistema di diffusione sonora è una cosa diversa dalla risposta piatta riferita ad un amplificatore o ad una cartuccia fonografica.

Ognuno degli altoparlanti che compongono un impianto di diffusione sonora è soggetto ad innumerevoli ed indesiderati tipi di perturbazioni che agiscono sulla sua risposta in frequenza, e che possono essere determinati dal sistema di sospensione del cono e della bobina mobile, dal cono medesimo, dal cestello di sostegno, dai bordi del diffusore, ecc. Come risultato, ciò che si ottiene durante una misurazione effettiva è costituito da una curva di risposta estremamente irregolare e spigolosa, la quale è in genere talmente irregolare che l'informazione utile che essa contiene risulta offuscata. E' quindi una pratica comune utilizzare filtri e sistemi di smorzamento per la penna scrivente del registratore grafico di livello, in modo da smussare gli spigoli e da evidenziare il contorno generale della risposta presentata dal sistema di diffusione sonora, che è spesso più ricco di informazioni.

Qualunque sia il metodo di misura adottato, non è possibile evitare di ottenere ri-

sposte differenti posizionando in maniera diversa il microfono di misura rispetto al sistema di diffusione. La risposta rilevata sull'asse dell'impianto non presenta praticamente alcun valore ai fini di una indicazione della qualità acustica del sistema stesso, e neanche come indicatore dei suoi meriti intrinseci. Se la risposta viene misurata disponendo il microfono in corrispondenza di posizioni differenti ed effettuando rilevamenti del campo sonoro entro un ampio campo di direzioni anteriormente o perfino tutto attorno al diffusore, è possibile elaborare i dati per mezzo di un calcolatore elettronico in modo da ottenere una rappresentazione visiva dell'andamento della potenza globale irradiata in funzione della frequenza. Si tratta di compiere, in altre parole, una misura dell'energia acustica totale che il sistema di diffusione emette in tutte le direzioni, entro lo spazio semisferico o sferico che costituisce un carico per l'impianto.

Vi sono buone ragioni per ritenere che la risposta in potenza di un sistema di diffusione sonora sia più strettamente legata al modo in cui esso suona in un ambiente di ascolto reale di quanto lo sia qualunque misurazione effettuata in camera anecoica lungo uno o più assi. Ciò non implica assolutamente che una tale misura — o meglio, qualsiasi misura possibile — consenta di definire o di descrivere le caratteristiche presentate da un impianto di diffusione sonora con la medesima accuratezza con cui tali misure si possono eseguire per descrivere le caratteristiche di un amplificatore o di un sintonizzatore. Vi sono differenze di molti ordini di grandezza fra i suoni tenui che possono essere percepiti dall'orecchio umano ed elaborati dal cervello e qualsiasi suono che possa essere raccolto da un microfono ed elaborato da un calcolatore elettronico. Tuttavia, un

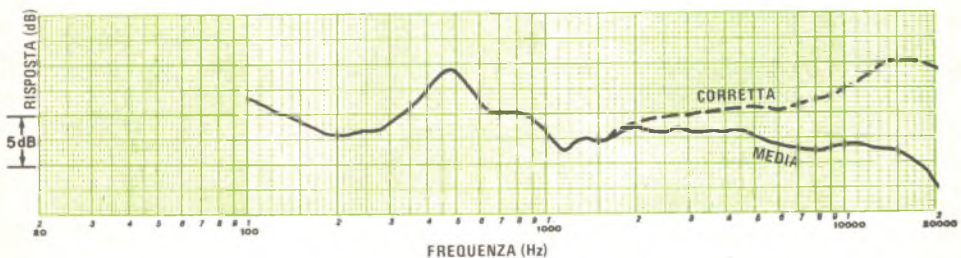


Fig. 1 - La curva media di risposta è relativa ai diffusori di sinistra e di destra e la curva corretta tiene conto delle caratteristiche dell'ambiente d'ascolto.

impianto di diffusione sonora collocato in un'abitazione domestica emette effettivamente suoni in tutte le direzioni, anche se non necessariamente in modo uniforme. La maggior parte dell'energia irradiata, dopo esser stata riflessa ed in parte attenuata, raggiunge le orecchie dell'ascoltatore. Per questo ed altri motivi, si è sempre ritenuto che tale misura (risposta in potenza invece che qualsiasi rilevamento della risposta in pressione lungo un solo asse) costituisca il mezzo più significativo per conoscere la risposta in frequenza generale, ottava per ottava, presentata da un impianto di diffusione sonora.

La procedura adottata per le prove - Fortunatamente non è necessario disporre né di un calcolatore né di un gran numero di microfoni per effettuare la misura della risposta in potenza. Una tecnica alternativa, spesso anche più semplice, è quella di impiegare come ambiente di prova una camera riverberante, cioè una camera di forma strana, priva di superfici parallele, con pareti, pavimento e soffitto realizzati con materiali duri e non assorbenti. Tutta l'energia sonora emessa da un impianto di diffusione collocato in un simile ambiente, dopo aver subito numerose riflessioni, dà luogo ad un campo sonoro uniforme ed omogeneo in tutti i punti del locale. Allo stesso modo di una camera anecoica, una camera riverberante può essere utilizzata per effettuare rilevamenti soltanto alle frequenze medie ed alte. Una camera anecoica di dimensioni ragionevoli può essere utilmente impiegata scendendo in frequenza solamente fino a valori dell'ordine di circa 100 Hz, mentre la frequenza di taglio di una camera riverberante può salire fino a 500 Hz.

Presso i laboratori dove vengono eseguite tutte le prove presentate nella rubrica "Laboratorio test", non sono disponibili né una camera anecoica né una camera riverberante. Si è constatato però che un ambiente di ascolto normalmente arredato si comporta in modo molto simile ad una camera riverberante. Allontanandosi dagli altoparlanti di circa 3 m, il campo acustico diviene semiriverberante, cioè il valore del livello di pressione sonora che si è rilevato cambia di poco spostando qua e là il microfono. La risposta della camera non è, naturalmente, "piatta" con la frequenza, a causa del normale assorbimento esistente, dovuto alle varie super-

fici ed all'arredamento. Queste superfici provocano un decadimento alle alte frequenze, visibile in qualsiasi risposta in frequenza rilevata. Si è però riusciti in modo soddisfacente a compensare tale decremento, misurando la risposta di due sistemi di diffusione calibrati, disposti normalmente per una riproduzione stereofonica su un lato della camera, e distanziati fra loro di circa 3,3 m. Si installa il microfono sull'asse del diffusore sinistro ad una distanza di circa 3,7 m da quest'ultimo; in tal modo il microfono risulta orientato secondo un angolo di circa 40° rispetto all'asse del diffusore di destra. Si procede poi al rilevamento delle curve di risposta presentate da entrambi i diffusori, effettuando le misure separatamente e riportandole sul medesimo foglio; per fare ciò si utilizza il segnale modulato prodotto da un oscillatore vobulato e si inserisce un forte smorzamento nel movimento del pennino del registratore grafico, in modo da ottenere la curva più dolce possibile. Le due curve di risposta, che coprono una gamma compresa fra 100 Hz e 20 kHz, presentano generalmente "ondulazioni" a causa degli effetti dovuti ad onde stazionarie. Si è constatato, tuttavia, che queste onde stazionarie tendono a cancellarsi nello spazio fra i due diffusori sonori. Si ottiene in tal modo un andamento medio relativamente dolce, che rappresenta una curva ragionevole (fig. 1).

Dalla conoscenza della risposta effettiva in camera riverberante presentata dai diffusori sonori, rilevata dai dati forniti dal costruttore, e sapendo che il microfono impiegato per le prove è piatto entro ± 1 dB fino a 20 kHz, si è in grado di tracciare una curva di correzione. Sommando tale curva alla curva di risposta presentata da qualsiasi altro impianto di diffusione sonora misurato nella medesima stanza, si ottiene una curva di risposta che è all'incirca equivalente alla risposta in potenza totale dell'impianto di diffusione sonora in prova.

Anche se gli esperti di acustica non saranno soddisfatti delle approssimazioni di questo metodo e delle varie ipotesi sulle quali esso è basato, con tale sistema ci si può avvicinare, entro 2 dB o 3 dB, ai risultati di una misura effettivamente condotta in camera riverberante, quando si dispone dei dati relativi a tale curva forniti dal costruttore.

Anche se la curva ottenuta si estende alle basse frequenze fino a 100 Hz, essa non è va-

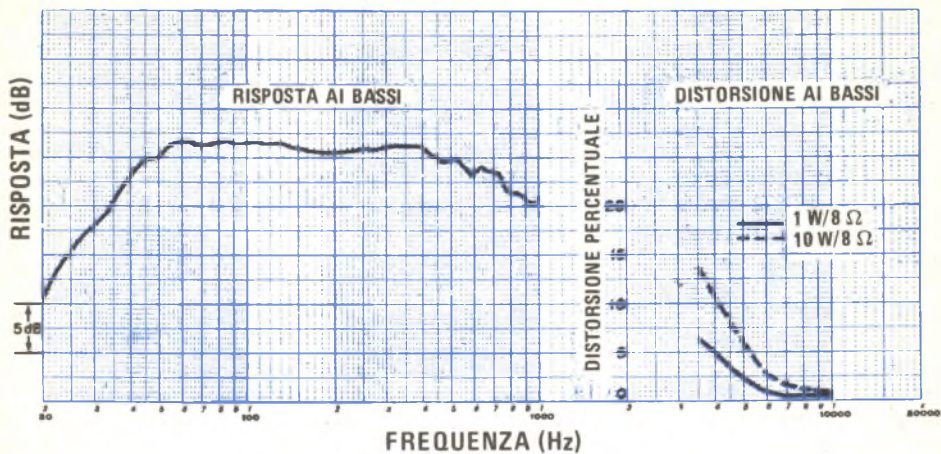


Fig. 2 - A sinistra è mostrata una curva di risposta tipica alle basse frequenze rilevata fra 20 Hz e 1 kHz. A destra sono riportate invece curve di distorsione tipiche al di sotto di 100 Hz, misurate in corrispondenza di due diversi livelli di potenza.

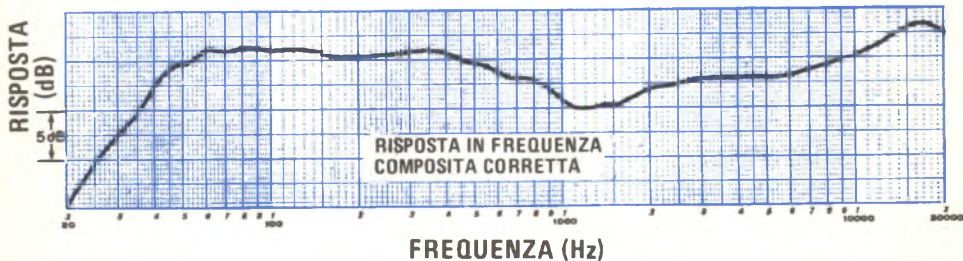


Fig. 3 - Curva composta che rappresenta la risposta in frequenza corretta. Essa è costituita dall'unione delle curve da 100 Hz a 20 kHz e da 20 Hz a 100 Hz.

lida al di sotto di 300 Hz a causa degli inevitabili fenomeni di risonanza che si verificano nell'ambiente in cui si effettuano le prove. Alle basse frequenze si colloca un microfono vicino il più possibile al cono del woofer e si rileva la risposta da 20 Hz a 1 kHz (fig. 2). Non è necessario disporre di un segnale modulato, poiché la misura condotta sistemando il microfono molto vicino non è influenzata dall'ambiente e fornisce risultati praticamente coincidenti con quelli che si otterrebbero in una camera anecoica. Questa misura non è valida a frequenze superiori a circa 300 Hz, alle quali le dimensioni del cono dell'altoparlante per i bassi divengono paragonabili alla lunghezza del suono, ma ciò nonostante viene effettuata salendo in frequenza fino a 1 kHz per lo stesso motivo

per cui si eseguono le misure quasi riverberanti scendendo in frequenza fino a 100 Hz.

Dopo aver ottenuto due gruppi di curve, queste vengono combinate in modo da ottenere una sola curva rappresentante la risposta in frequenza (fig. 3). Estendendo ciascuna curva oltre la zona in cui essa è più precisa, si riesce facilmente a sovrapporre le due curve per ottenere la migliore combinazione. A volte succede che la zona di sovrapposizione sia molto ridotta e quindi si debba fare una stima sul punto di sovrapposizione. In molti casi le due curve presentano una sovrapposizione notevole e non vi è pertanto alcun dubbio sulla precisione della curva composta che rappresenta la risposta in frequenza.

Ci si può chiedere, a ragione, come si

possa considerare tale curva composta come una rappresentazione della "risposta in frequenza" di un sistema di diffusione sonora. A nostro parere, la porzione della curva che si estende alle frequenze medie ed alle frequenze elevate costituisce una rappresentazione valida della potenza totale di uscita emessa dall'impianto di diffusione entro quel campo di frequenza e, conseguentemente, rappresenta la quantità di energia che esso può irradiare praticamente in qualsiasi ambiente. Prescindendo dalle caratteristiche della stanza, la presenza di un picco o di un avvallamento nel livello di uscita alle alte frequenze dà luogo quasi invariabilmente ad una sensazione uditiva di brillantezza o di sordità del suono, e la presenza di irregolarità nella gamma delle frequenze intermedie è legata generalmente a colorazioni, difficili da definire, avvertibili spesso durante l'ascolto di un impianto di diffusione sonora. Mentre questa parte della curva è valida con buona approssimazione con qualsiasi ambiente di ascolto, la risposta ai bassi è influenzata in modo drastico dalle dimensioni della stanza e dalla posizione dei diffusori. Nella maggior parte dei casi risulta praticamente impossibile ottenere una curva che rifletta realmente il comportamento dell'impianto di diffusione sonora in un ambiente qualsiasi.

Tenendo presenti le considerazioni esposte, si fa cenno solo alla risposta in bassa frequenza (anecoica), ottenuta piazzando il microfono in prossimità del diffusore. E' questa una condizione corrispondente al caso peggiore; la caratteristica effettiva presentata alle basse frequenze risulterà sempre migliore in un ambiente di ascolto reale, in cui le superfici rinforzano certamente il livello sonoro prodotto alle basse frequenze dall'impianto di diffusione. La curva che viene fornita è utile per effettuare il confronto fra sistemi di diffusione sonora differenti. L'entità e la larghezza del picco che si manifesta nel livello di uscita alle basse frequenze in corrispondenza della risonanza forniscono anche un'idea del Q dell'altoparlante per bassi.

Nonostante la sua formazione poco ortodossa, la curva composta che rappresenta la risposta in frequenza si accorda bene con la qualità sonora rilevabile all'ascolto nell'ambiente di prova e con quella che si otterrebbe presumibilmente nella maggior parte degli ambienti di ascolto "reali". E' interessante osservare come le due curve di risposta

separate alle alte frequenze rivelino molto chiaramente quanto sia buona la caratteristica di dispersione presentata da un tweeter nelle bande di frequenza superiori. Un sistema di diffusione sonora onnidirezionale, od un impianto caratterizzato da una dispersione molto buona, non daranno luogo a quasi nessuna differenza fra le due curve (l'una rilevata ponendo il microfono sull'asse e l'altra piazzandolo a 40° da quest'ultimo) a qualsiasi frequenza, ma la maggior parte degli impianti di diffusione sonora crea differenze di almeno alcuni decibel alle frequenze superiori a 10 kHz.

Altre prove - Per misurare il valore della distorsione armonica presentata dall'altoparlante per bassi fra 100 Hz ed il suo limite inferiore (*fig. 2*), ci si avvale della medesima tecnica usata per il rilevamento della risposta ai bassi, cioè si piazza il microfono in prossimità del diffusore, ma si invia il segnale di uscita prodotto dal microfono ad un analizzatore di spettro anziché ad un registratore a carta. I livelli della seconda e della terza componente armonica presenti nel segnale di uscita (le componenti di ordine più elevato non sono quasi mai significative) sono combinati in maniera da ottenere il valore della distorsione armonica totale (THD) per ogni incremento di frequenza di 10 Hz. Il woofer viene pilotato prima per mezzo di un segnale costante con ampiezza di 2,83 V e poi tramite un segnale costante con ampiezza di 8,94 V, che corrispondono rispettivamente a livelli di potenza di 1 W e di 10 W su un carico di 8 Ω . Non si misura il valore della distorsione a frequenze più alte poiché le irregolarità della risposta presentata dall'impianto di diffusione sonora fanno sì che la prova divenga estremamente complicata, a meno che non vengano utilizzate apparecchiature automatiche per il tracciamento dei grafici progettate appositamente.

Una misura della distorsione alle basse frequenze fornisce un'indicazione sul valore minimo di frequenza che può essere raggiunto dal sistema di diffusione sonora prima che il woofer non risulti più accoppiato alla massa d'aria presente nell'ambiente d'ascolto. A questa frequenza la distorsione comincia a salire rapidamente. Nel caso di un tipico impianto di diffusione sonora del tipo cosiddetto da scaffale, la distorsione assume valori prossimi all'1% scendendo in frequenza fino a circa 60 Hz, per salire alquanto a

50 Hz ed impennarsi addirittura scendendo ancor più in frequenza. Qualunque sia la risposta in frequenza rilevata (misurata con un livello del segnale d'ingresso basso), un tale sistema non è in grado di fornire suoni di bassa frequenza utili, cioè privi di distorsione, molto al di sotto di 50 Hz, poiché il suo cono non risulta più accoppiato all'ambiente, dando origine ad un valore di distorsione eccessivo.

Una particolarità che chiunque dovrebbe conoscere riguardo al proprio sistema di diffusione sonora è costituita dal valore del livello del segnale d'ingresso necessario per produrre un certo livello di pressione sonora entro l'ambiente d'ascolto (dato questo legato alla potenza che deve possedere l'amplificatore). Tale informazione viene fornita dalla misura di sensibilità (che non rappresenta l'efficienza, anche se i due parametri risultano legati fra loro, poiché non si conoscono né il valore effettivo della potenza elettrica erogata dall'impianto di diffusione, né il valore della potenza acustica prodotta in uscita). Durante le prove si pilota l'impianto di diffusione per mezzo di un segnale con ampiezza di 2,83 V, costituito dal rumore rosa limitato in banda (largo un'ottava e centrato a 1 kHz) e si misura il livello di pressione sonora che si crea ad un metro di distanza di fronte alla griglia. Si preferisce utilizzare tale segnale piuttosto che un segnale costituito da rumore rosa con banda piena poiché esso fornisce la misura della sensibilità nell'importante campo delle frequenze intermedie in cui cade la maggior parte dell'energia che contribuisce maggiormente a creare la sensazione auditiva di forte volume sonoro.

L'ampiezza viene misurata pilotando la bobina vocale dell'impianto di diffusione sonora direttamente per mezzo dell'oscillatore vobulato dell'apparecchio per la tracciatura della risposta in frequenza usato, collegando il registratore grafico di livello in parallelo con l'uscita dell'oscillatore e con il sistema di diffusione. L'uscita a 600 Ω dell'oscillatore si comporta come una sorgente di corrente costante nei confronti dell'impianto di diffusione e, pertanto, la tensione che si localizza ai capi del sistema di diffusione e del registratore risulta direttamente proporzionale all'impedenza nel campo di frequenza compreso fra 20 Hz e 20 kHz. Poiché la scala delle ampiezze del registratore a carta è logaritmica, si provvede a calibrarla prima

di eseguire ogni misura, sostituendo all'impianto di diffusione sonora una decade di resistori di precisione ed eseguendo la calibrazione su un campo di valori compreso fra 1 Ω e 100 Ω (fig. 4).

Anche se si esamina la risposta ad un treno di oscillazioni presentata da un sistema di diffusione sonora, come prova normale durante la serie di misurazioni, non è agevole interpretare in maniera oggettiva il risultato di tale misura, a meno che il sistema di diffusione non sia particolarmente buono o particolarmente scadente.

Normalmente si pilota l'altoparlante con treni di quattro cicli variando la frequenza ed osservando il comportamento dell'uscita acustica entro il campo utile di ciascun altoparlante.

In genere è necessario disporre il microfono abbastanza vicino all'impianto di diffusione (a circa 30 cm da esso) ed in corrispondenza dell'asse dell'altoparlante che viene esaminato, in modo da evitare ogni fenomeno di interferenza che si può creare con gli altri altoparlanti ed ogni riflessione che si produce nell'ambiente d'ascolto. Questa in realtà è una delle prove che dovrebbero essere condotte in camera anecoica, poiché è quasi impossibile eliminare gli effetti ambientali dovuti ai suoni riflessi dalle pareti che giungono con ritardo, a meno che il microfono non venga posto così vicino all'altoparlante da poter influenzare a sua volta il suono riprodotto (in queste condizioni non è possibile prevedere il comportamento globale del sistema).

L'interpretazione dei risultati - Dall'andamento generale della curva composita, che rappresenta la risposta in frequenza, è possibile dedurre se il sistema di diffusione sonora darà un suono brillante oppure pesante, se il suono presenterà una colorazione alle frequenze intermedie, o se sarà uno dei pochissimi diffusori in grado oggi di riprodurre un suono veramente uniforme e privo di colorazione.

Una curva estremamente piatta indica generalmente che l'impianto di diffusione sonora è molto buono, mentre la presenza di lievi irregolarità non significa necessariamente che il sistema dia una riproduzione scarsa. I commenti sulle qualità del suono emesso da un diffusore, riportati nel paragrafo "Impressioni d'uso", nelle prove tecniche descritte nella nostra rubrica "Laboratorio

test", dovrebbero costituire un aiuto per l'interpretazione di queste curve (vedere ad esempio l'articolo di pag. 42).

Un valore di distorsione molto basso indica generalmente che il sistema di diffusione sonora darà un suono pulito nel campo delle frequenze molto basse e che può probabilmente venire equalizzato in maniera da ottenere un'uscita più piatta e più estesa verso i bassi, servendosi di un equalizzatore grafico, senza rischiare di avere livelli di distorsione eccessivi o di danneggiare gli altoparlanti. Un livello più forte di distorsione alle basse frequenze, come il 2% od il 3% nel campo da 50 Hz a 100 Hz, non vuol dire necessariamente che il suono risulterà scadente, poiché l'orecchio umano è molto tollerante nei confronti della distorsione armonica di ordine basso, specialmente alle basse frequenze. Se l'impianto di diffusione è in grado di erogare un buon segnale d'uscita nella regione delle basse frequenze, una quantità moderata di distorsione probabilmente non verrà mai rilevata.

La curva d'impedenza è importante per tutti coloro che intendono disporre in paral-

lotare il sistema di diffusione in maniera da ottenere un certo livello di pressione sonora. La maggior parte dei sistemi a sospensione acustica genera un livello di pressione sonora di 85 dB ad un metro di distanza in corrispondenza di una potenza d'ingresso nominale di 1 W (i livelli possono andare generalmente da 82 dB a 88 dB). I sistemi dotati di apertura possono fornire livelli di pressione sonora compresi generalmente fra 88 dB e 92 dB, ed alcuni possono raggiungere 94 dB o 95 dB. Questi dati non rivelano quanto volume sonoro si possa ottenere con un certo diffusore; essi indicano invece quanta potenza è necessaria per ottenere in uscita un certo livello sonoro. La loro utilità risiede essenzialmente nella possibilità che offrono di eseguire paragoni fra sistemi di diffusione sonora differenti, messi fra loro a confronto. Ad esempio, un sistema di diffusione con sensibilità nominale di 92 dB richiede una potenza elettrica pari solamente ad un decimo di quella necessaria ad un impianto, la cui sensibilità nominale sia di 82 dB, per dar luogo al medesimo livello di pressione sonora.

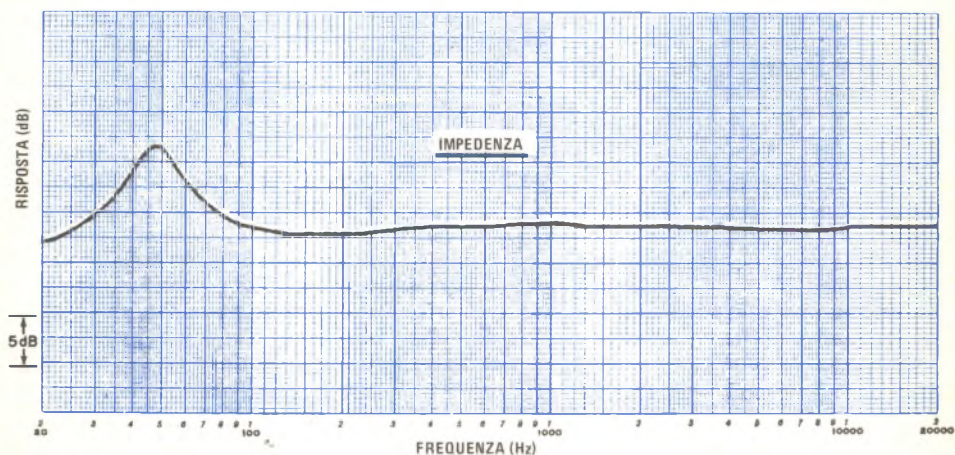


Fig. 4 - Curva di impedenza tipica ottenuta pilotando l'impianto di diffusione sonora per mezzo dell'oscillatore vobulato del tracciatore della curva di risposta in frequenza.

lelo due paia di impianti di diffusione sonora collegandoli ad un solo amplificatore. Nelle prove viene in genere fornito il valore più basso di impedenza rilevato.

Il valore di sensibilità costituisce un'indicazione sommaria della quantità di potenza che sarà richiesta all'amplificatore per pi-

E' da osservare infine che i risultati delle prove concordano raramente, se non addirittura mai, con i dati forniti dai costruttori degli impianti di diffusione sonora sottoposti ad esame e ciò è dovuto al fatto che vengono adottati metodi di misura completamente differenti. ★



L'importanza

del LIVELLO di POTENZA

sopportabile

La potenza che un diffusore acustico può sopportare senza pericoli costituisce una grandezza con la quale la maggior parte degli audiofili appassionati ha poca dimestichezza. Per esempio, come può succedere che un diffusore, caratterizzato da un elevato valore della potenza nominale, riporti danni in una certa situazione, in cui invece un diffusore con potenza nominale più bassa non si danneggia affatto? Perché alcuni sistemi di diffusione sonora dotati di fusibili di protezione riportano danni a causa di un sovraccarico, senza che il fusibile intervenga? Per poter rispondere a questi e ad altri numerosi interrogativi, occorre prima di tutto comprendere quali siano i limiti esistenti alla potenza massima che può essere erogata ad un sistema di diffusione sonora distinguendo i due campi in cui si possono verificare questi danni, e precisamente il campo termico e il campo meccanico.

I guasti termici - Per comprendere il motivo per cui si verificano danneggiamenti di natura termica, è necessario chiarire innanzitutto il meccanismo secondo cui un diffusore sonoro utilizza l'energia applicata al suo ingresso. E' noto che esistono amplificatori audio in grado di erogare potenze di 50 W,

100 W, 200 W o perfino 700 W per canale; ma pochi conoscono l'ammontare della potenza acustica effettiva, espressa in watt, che un diffusore può erogare. Ci si può tuttavia fare un'idea dell'entità di tale potenza pensando ad un organo a canne. Questo strumento può erogare normalmente da 12 W a 14 W di potenza acustica in un ambiente di grandi dimensioni. Un sassofono di tipo tradizionale, d'altro canto, è in grado di erogare circa 0,3 W, un pianoforte 0,4 W, un cantante basso 0,03 W ed uno speaker che tenga un livello normale circa 0,000024 W.

I livelli di potenza ora citati sono molto più bassi di quelli che interessano l'ascoltatore medio appassionato di alta fedeltà, poiché questi pensa in termini di potenza elettrica immessa nei diffusori acustici e non in termini di potenza acustica erogata dall'impianto di diffusione come grandezza di uscita. La grande entità della differenza può essere apprezzata pensando ai 12 W o 14 W emessi da un grosso organo a canne. In un ambiente di dimensioni normali una tale potenza scuoterebbe letteralmente un edificio.

Ci si può quindi rendere conto che, anche nel caso in cui interessino livelli di ascolto in un ambiente domestico estremamente elevato, si tratta sempre di valori di potenza acu-

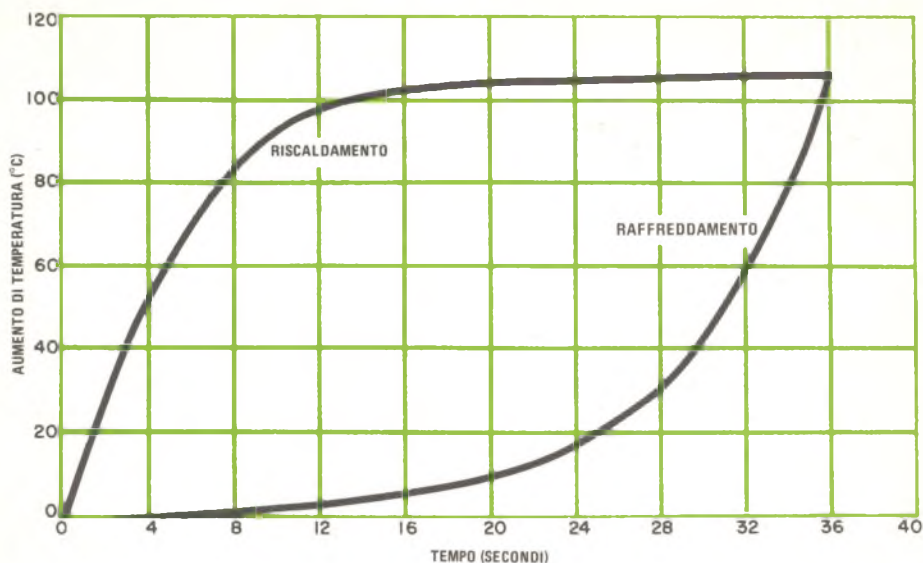


Fig. 1 - Velocità di riscaldamento della bobina mobile di un midrange quando viene applicata un'onda sinusoidale da 10 W a 1 kHz, e conseguente velocità di raffreddamento quando il segnale viene eliminato.

stica di uscita non superiori a pochi watt. Per poter erogare tale potenza, tuttavia, è sovente necessario disporre di amplificatori in grado di generare potenze di uscita molto elevate, a causa del fatto che tutti i sistemi di diffusione sonora sono caratterizzati da una inefficienza elevata. A questo punto ci si chiederà quanto siano efficienti impianti di diffusione sonora ad alta efficienza rispetto ad impianti a bassa efficienza; l'inefficienza che caratterizza diffusori perfino del tipo cosiddetto ad alta efficienza non è generalmente ben compresa in tutta la sua portata. Diffusori del tipo a sospensione acustica possono presentare efficienze molto basse, perfino dello 0,2%; sistemi di diffusione del tipo con apertura hanno un valore tipico di circa l'1% mentre diffusori a tromba presentano valori più alti, potendo questi raggiungere all'incirca fino il 15% od il 20%. Nel caso della maggior parte dei diffusori di uso corrente, per ogni 100 W di potenza elettrica erogata all'impianto, solamente una parte compresa tra 0,2 W e 1 W di potenza acustica viene emessa effettivamente sotto forma di suono. La restante potenza (99 W in questo caso) viene trasformata quasi interamente in calore entro le bobine mobili degli altoparlanti usati nei diffusori acustici

(una frazione molto piccola di potenza viene utilizzata per vincere le resistenze meccaniche negli altoparlanti, mentre un'altra piccola parte è trasformata in calore entro i conduttori che collegano l'amplificatore con i diffusori).

Vediamo ora che cosa succede quando questa potenza viene inviata ai morsetti di ingresso di un altoparlante. La *fig. 1* illustra l'andamento del riscaldamento e del raffreddamento che si verificano in un midrange (altoparlante per i toni intermedi) di tipo tradizionale, dotato di bobina mobile con diametro di 2,54 cm, quando all'ingresso è applicato un segnale sinusoidale costante. In tale situazione viene raggiunto molto rapidamente uno stato di regime, caratterizzato da una sovratemperatura di circa 105°C rispetto alla temperatura ambiente (che si considera approssimativamente pari a 20 gradi). Normalmente si verifica un'interruzione termica quando le sostanze adesive usate nella struttura si sciolgono oppure vengono meno nelle loro proprietà. Questo fenomeno avviene generalmente a temperature comprese all'incirca fra 170°C e 180°C. Sembrerebbe quindi che un livello di tutta sicurezza possa essere raggiunto applicando a questo altoparlante ipotetico una potenza

di ingresso continuativa di 10 W; ma sfortunatamente questo non si verifica!

Per comprendere il motivo di ciò, esaminiamo prima di tutto che cosa avviene quando la temperatura raggiunge apparentemente un valore costante. A questo punto tutta la potenza che viene trasformata in calore non provoca solamente un aumento di temperatura, ma si propaga attraverso il traferro in cui è alloggiata la bobina fino a raggiungere le altre parti metalliche ed il magnete (*fig. 2*), provocando anche qui un innalzamento di temperatura. Dal momento, però, che le parti metalliche possiedono una massa più grande di quella della bobina mobile, esse raggiungono la temperatura massima in un tempo più lungo. Come è mostrato nella *fig. 3*, sono necessarie circa due ore perché la temperatura si stabilizzi al valore in cui tutto il calore ricevuto dalla struttura venga a sua volta irradiato e disperso nell'aria circostante. Durante questo periodo, la temperatura del metallo si innalza di circa 68 °C al di sopra della temperatura ambiente. Nello stesso tempo, invece, nella bobina mobile aumenta la temperatura di circa 155 °C al di sopra di quella ambiente, raggiungendo così un valore molto vicino a quello al quale si verificano i danni agli adesivi.

Che cosa significa tutto questo dal punto di vista del progettista dell'altoparlante e dell'utente dei diffusori sonori? Per poter comprendere in quale maniera il progettista possa ottimizzare la situazione dobbiamo approfondire maggiormente l'analisi del problema, ma possiamo comunque renderci già conto del pericolo che corre l'utente. Una bobina mobile si riscalda e si raffredda rapidamente seguendo le variazioni del livello del segnale impresso, quando è utilizzato un tipico segnale musicale, come è mostrato nella *fig. 1*. Tale rapida variazione di temperatura, tuttavia, presenterà livelli massimi che dipendono dal tempo in cui il sistema di diffusione sonora è rimasto in funzione, come è possibile vedere nella *fig. 3*. Un diffusore acustico non può quindi essere utilizzato dopo diverse ore di funzionamento al medesimo livello di potenza del momento in cui era stato appena messo in funzione. Questo fatto può spiegare il motivo per cui semplici fusibili non rappresentino così spesso una protezione sufficiente per l'impianto di diffusione sonora. Un fusibile a bassa corrente, che potrebbe costituire una protezione adeguata nei confronti di tutti i segnali

dopo qualche tempo che il sistema di diffusione è in funzione, non è affatto conveniente da un punto di vista pratico poiché comporterebbe un limite di funzionamento eccessivamente basso nella maggior parte dei casi in cui si desidera effettuare un ascolto normale.

Che cosa può fare dunque il progettista? Una soluzione evidente sarebbe quella di eliminare la maggior quantità possibile di calore, allontanandola dall'altoparlante, servendosi per esempio di alette di raffreddamento, disposte sulla massa metallica, con funzione di dissipatore di calore. Sfortunatamente un tale radiatore è in grado di funzionare in maniera soddisfacente solamente se il progettista riesce a trasferire il calore dalla bobina mobile alla massa metallica. Questo è proprio il punto in cui si verifica il più alto gradiente di temperatura, raggiungendo un valore di circa 90 °C. Se fosse possibile diminuire tale gradiente portandolo, per esempio, a 20 °C, si potrebbe ottenere, a parità di potenza di ingresso (10 W), un aumento a lungo termine della temperatura della bobina mobile solamente di circa 90 °C invece che 155 °C. Ciò si verificherebbe naturalmente poiché, in condizioni di regime stazionario, una potenza di 9,9 W sarebbe prodotta sotto la forma di calore entro la bobina mobile; tale potenza passerebbe quindi attraverso il traferro raggiungendo la massa metallica, e verrebbe infine trasmessa da quest'ultima all'aria circostante. La differenza di temperatura che deve esistere fra la bobina mobile e la massa metallica nel caso dei 9,9 W è di circa 90 °C. Come è possibile ridurre, per esempio, a 20 °C ed essere in grado di far passare ancora i 9,9 W? Per poter rispondere a questa domanda sarebbe necessario intraprendere un complesso studio sui meccanismi secondo i quali avviene la propagazione del calore. I risultati ottenuti approfondendo tali questioni vengono presentati qui di seguito.

Nello studio di questo problema si è potuto constatare che, nel tipo di altoparlante preso come esempio, circa il 3% del calore veniva trasferito dalla bobina mobile alla struttura di metallo per irraggiamento, una quantità nulla veniva trasferita per convezione ed il 97% passava per conduzione attraverso lo strato di aria esistente nel traferro. Ciò spiega il forte gradiente di temperatura che si stabilisce fra la bobina mobile e la struttura metallica, poiché l'aria

costituisce un conduttore di calore abbastanza cattivo (l'aria nelle normali abitazioni viene riscaldata per convezione, cioè grazie ad un meccanismo che non si verifica nel traferro di una bobina mobile). Tentativi condotti per migliorare la perdita di calore per irraggiamento, quale ad esempio tingere di nero i supporti delle bobine mobili e la struttura metallica, diedero risultati scarsi, poiché consentivano di migliorare la potenza nominale solamente del 12%. Per poter fare progressi significativi è stato necessario conseguire aumenti di diverse centinaia per cento, dal momento che un raddoppiamento del valore della potenza nominale comporta un aumento del livello sonoro ottenibile all'uscita dei diffusori di 3 dB (un aumento del 12% rappresenta un miglioramento di 0,5 dB all'uscita).

La soluzione ovvia che consente di migliorare il valore della potenza nominale va ricercata in due direzioni: nell'aumento della temperatura massima che può essere sopportata dall'altoparlante e nel miglioramento del trasferimento di calore dalla bobina mobile. Temperature massime più elevate richiedono l'impiego di sostanze adesive in grado di sopportare valori più alti di temperatura senza rammollirsi e senza rompersi. Come è già stato detto in precedenza, tali adesivi presentano un limite superiore di circa 189 °C. Stanno adesso comparando sul mercato adesivi in grado di sopportare temperature più alte, e questi adesivi vengono ora impiegati in alcuni altoparlanti. Da un punto di vista generale, tuttavia, la maggior parte delle bobine mobili presenta tuttora i limiti in temperatura prima visti.

Le possibilità sono pertanto limitate ad un livello massimo di temperatura di circa 180°. Si possono realizzare diffusori in grado di sopportare potenze più alte prima di raggiungere tale limite in temperatura? Una soluzione ovvia per far ciò è rappresentata dall'aumento della superficie della bobina mobile. I diffusori sonori di forte potenza utilizzati per amplificare le chitarre elettriche, per esempio, presentano sovente valori nominali molto elevati di potenza grazie all'impiego di altoparlanti per acuti dotati di bobine mobili di grande diametro che qualche volta raggiunge una dimensione di 10 cm o 12 cm. Sfortunatamente l'uso di bobine mobili di grande diametro comporta il verificarsi di due fenomeni molto severi di degradazione delle caratteristiche presen-

tate da altoparlanti per acuti (tweeter) o per toni intermedi (midrange). In primo luogo, per la riproduzione accurata di transitori e di suoni con frequenza elevata, è necessario che la bobina mobile di un tweeter sia leggera, per cui non può essere eccessivamente grande. In secondo luogo, una bobina mobile di grandi dimensioni comporta automaticamente una superficie di radiazione acustica anch'essa molto grande per cui il tweeter diviene estremamente direzionale anche a frequenze relativamente basse.

Un altro sistema per raggiungere un valore nominale di potenza più elevato in corrispondenza di un livello di pressione sonora prefissato prima di raggiungere questo limite è dato dall'uso di un altoparlante per acuti molto più efficiente, opportunamente collegato alla rete diramatrice ("crossover") in modo da portarlo allo stesso livello del resto del sistema. In tale maniera la potenza applicata al tweeter risulta di gran lunga più bassa (la rete di attenuazione usata deve essere in grado, naturalmente, di dissipare il resto della potenza). Un tale altoparlante dovrebbe essere provvisto nella sua parte terminale di una tromba per aumentare la propria efficienza.

Questa tecnica è sufficientemente valida, ma si ottengono in tal modo sistemi di diffusione sonora caratterizzati da problemi di direzionalità, poiché l'area di irradiazione di una tromba corrisponde a quella della sua bocca. Questa soluzione può essere considerata pienamente soddisfacente solamente quando è adottata in sistemi di diffusione studiati appositamente per trarre vantaggio da tali effetti direzionali (si tratta di un argomento che è, per sua natura, molto complesso). Ciò spiega anche il motivo per cui nel caso di impianti di diffusione sonora realizzati completamente per mezzo di altoparlanti a tromba sia molto più remota la probabilità che si verifichino danneggiamenti. Tali sistemi infatti non sono caratterizzati da valori più alti di potenza nominale, ma semplicemente producono livelli sonori più elevati, per cui non è necessario aumentare di molto il volume dell'amplificatore, e gli altoparlanti non vengono caricati con quantità di potenza esorbitanti.

I fluidi magnetici - E' stato messo a punto recentemente un'altro metodo che consente ai progettisti di impianti di diffusione sonora di aumentare il valore massimo della potenza

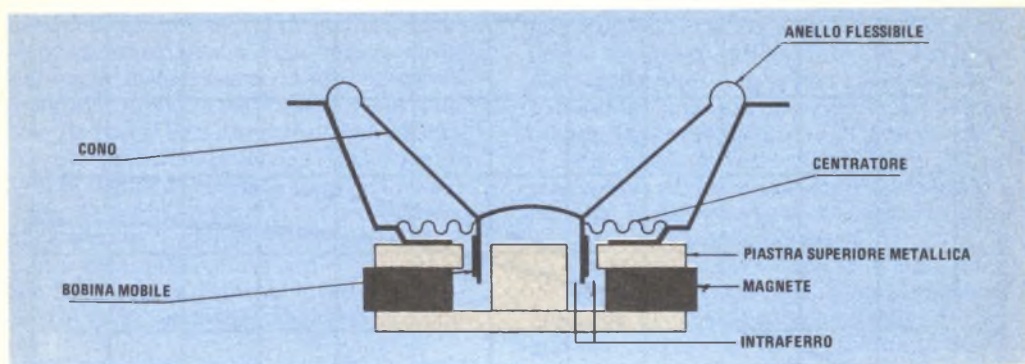


Fig. 2 - Sezione trasversale di un tipico altoparlante con la bobina mobile disposta nel traferro.

che può essere erogata agli altoparlanti senza che questi subiscano danni a causa di temperature eccessive. Questo metodo permette di aumentare in maniera considerevole il trasferimento del calore generato entro la bobina mobile, migliorandone il passaggio attraverso i traferri esistenti, e consiste nel sostituire al posto dell'aria che si trova in questi ultimi olio speciale, che presenta una conducibilità termica eccellente.

L'olio costituisce la base di un interessante materiale di nuova formulazione, denominato fluido magnetico, che è composto di particelle di ferrite poste in sospensione nell'olio. Questo fluido è attratto dai campi magnetici e, pertanto, viene mantenuto fermamente entro i traferri di un altoparlante, come si può vedere nella *fig. 4*. Oggi, per la prima volta, è possibile costruire una nuova serie di altoparlanti per acuti e per toni intermedi in grado di sopportare valori molto alti di potenza e caratterizzati da dimensioni ridotte, tali da consentire di realizzare diffusori con buone proprietà di dispersione dell'energia sonora. Questi altoparlanti sono utilizzati attualmente in un numero sempre crescente di diffusori.

Servendosi di una combinazione di sostanze adesive adatte per funzionare ad alta temperatura e di fluido magnetico, è possibile costruire diffusori che presentano una capacità a sopportare elevati livelli di potenza migliore di quanto non sia mai stato possibile sino ad ora. Come mai, allora, è ancora possibile provocare danni ad un altoparlante per motivi di sovratemperatura? Questo argomento sarà trattato nell'ultima parte dell'articolo, in cui si parlerà del segnale che viene applicato all'altoparlante.

I segnali acustici - Nella maggior parte dei sistemi di diffusione sonora sono adoperati woofer (altoparlanti per bassi di grosse dimensioni) dotati di grandi bobine mobili e comprendenti strutture di metallo molto massicce. I tweeter utilizzati possiedono bobine mobili di dimensioni più piccole ed una massa metallica di gran lunga inferiore. I midrange, infine, presentano caratteristiche costruttive intermedie. Naturalmente un tweeter non è in grado di sopportare una quantità di potenza paragonabile a quella che può essere invece applicata ad un woofer; conseguentemente, rappresenta una circostanza fortunata per i progettisti di sistemi di diffusione sonora il fatto che tali impianti debbano riprodurre suoni musicali e non segnali sinusoidali di ampiezza costante. Ciò significa che è possibile sfruttare a proprio vantaggio l'andamento dello spettro dei segnali musicali, come quello illustrato nella *fig. 5*, durante il dimensionamento dei singoli altoparlanti impiegati in un impianto di diffusione. Significa anche, sfortunatamente, che è relativamente facile utilizzare il sistema in modo errato, molto spesso senza neanche rendersene conto.

L'uso sbagliato di un sistema di diffusione sonora, da un punto di vista dei guasti di natura termica che possono derivarne, significa modificare lo spettro del segnale applicato in maniera tale da inviare troppa potenza all'altoparlante più vulnerabile, cioè a quello per gli acuti. Gli spettri mostrati nella *fig. 5* sono relativi a diverse registrazioni di musica rock, che generalmente è il genere musicale con i più gravi problemi da un punto di vista termico per due motivi. Il primo, e più evidente, motivo è che la musica rock

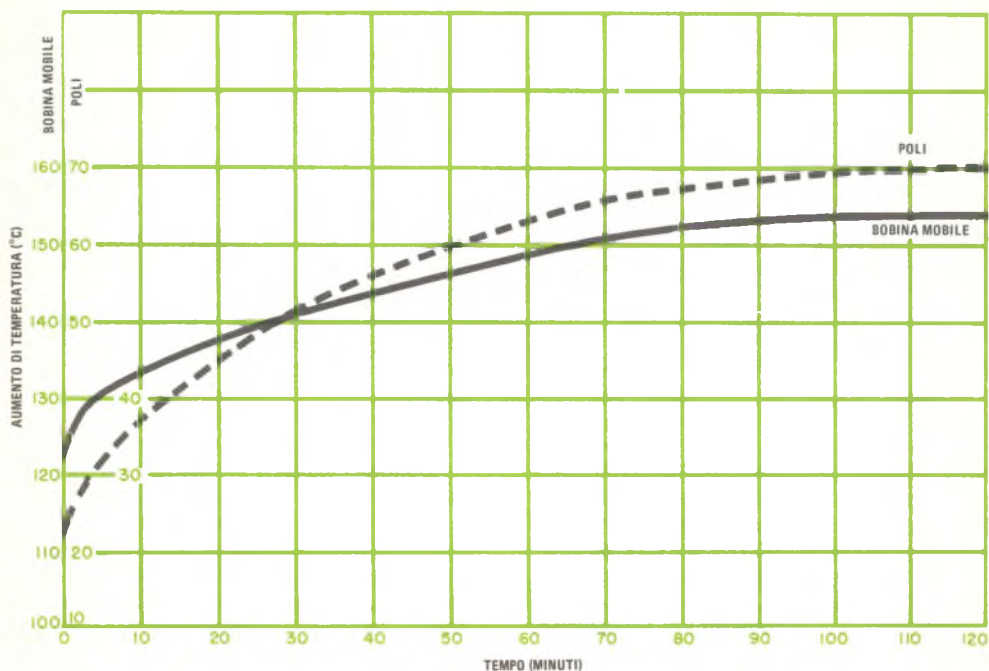


Fig. 3 - Aumento di temperatura della bobina mobile e dei poli magnetici di un midrange quando è applicata un'onda sinusoidale da 10 W (nominali) ad 1 kHz.

viene semplicemente riprodotta ad un livello più alto mentre il secondo è costituito dal fatto che lo spettro presenta una notevole quantità di energia alle frequenze più alte, raggiungendo un ampio massimo a circa 800 Hz. A differenza della musica rock, la musica classica raggiunge il livello massimo di potenza attorno a 500 Hz. Conseguentemente la musica classica non impone livelli energetici molto forti agli altoparlanti di un impianto di diffusione sonora destinati alla riproduzione dei suoni medi e di quelli acuti.

Durante la riproduzione di un tipico brano di musica rock si è trovato che quando venivano applicati 35 W all'impianto di diffusione, il tweeter riceveva solamente 1 W. Supponendo che quel sistema possedesse un valore nominale della potenza sopportabile pari a 100 W con un segnale musicale, sarebbe bastato applicare all'impianto un segnale di prova "sicuro" di 20 W per distruggere facilmente il tweeter poiché questo era in grado di sopportare solamente circa 1/35 di 100 W. Come prima regola quindi non bisogna mai applicare segnali di prova costituiti da onde sinusoidali di am-

piezza costante con potenza superiore a 1 o 2 W ad un impianto di diffusione sonora, e non prolungare l'invio di tali segnali di prova all'altoparlante per acuti per più di alcuni minuti.

Un altro metodo per modificare il contenuto energetico di un segnale musicale è quello di portare l'amplificatore in saturazione, ottenendo in tal modo di aumentare spropositatamente il valor medio della potenza, a causa della diminuzione che si ha del rapporto fra valore di picco e valor medio. Questo è il motivo per cui si verificano frequentemente danneggiamenti di diffusori acustici collegati con amplificatori che hanno valori nominali di potenza massima apparentemente inferiori a quelli dei diffusori medesimi. In questa situazione, se si desidera avere un livello di riproduzione sonora molto elevato e se la potenza nominale dell'amplificatore rientra nei limiti di potenza previsti per l'impianto di diffusione acustica utilizzato, può essere buona norma segnare con un riferimento la posizione della manopola del volume corrispondente al livello massimo di "sicurezza". Questa posizione può essere in-

dividuata facilmente se si dispone di un oscilloscopio poiché è quella a cui inizia a verificarsi il taglio delle creste quando si riproduce il brano più forte fra tutti quelli di cui si dispone. Se non si ha a disposizione un oscilloscopio, la determinazione della posizione di sicurezza risulta più incerta e dovrebbe essere fatta, pertanto, regolando la manopola del volume fino a raggiungere una posizione al di sopra della quale inizia a manifestarsi in modo udibile una distorsione durante la riproduzione di un brano pianistico di forte livello sonoro.

Altre aree in cui si possono verificare danni di questo tipo sono quelle connesse con instabilità ad alta frequenza presentate dall'amplificatore oltre il campo audio, oppure tali danni sono dovuti a collegamenti fra gli apparecchi eseguiti senza la dovuta attenzione (ad esempio quelli dei circuiti per il controllo della registrazione) od ancora al riavvolgimento veloce in alcuni registratori a nastro in cui il nastro si trova vicino alla testa di riproduzione, dando luogo ad un segnale non desiderato ad alta frequenza. Quest'ultimo problema può essere facilmente eliminato non dimenticando mai di portare a zero la manopola del volume quando si vuole avvolgere il nastro velocemente. Se si desidera poter effettuare l'ascolto durante l'operazione di avvolgimento veloce per trovare qualche brano sul nastro, si dovrebbe portare al minimo la manopola per la regolazione degli acuti e mantenere al livello basso il più possibile il volume di ascolto.

Infine è necessario esaminare un'altra area in cui si possono verificare danni di natura termica ai diffusori: si tratta della riproduzione ad alto volume sonoro di musica da discoteca per tempi molto lunghi. Questo genere di musica non dovrebbe essere riprodotto per molte ore di seguito a causa della forte diminuzione che provoca, nei diffusori sonori, della capacità a sopportare sovraccarichi di natura termica. Quando si vuole sottoporre l'impianto a prove così severe si possono usare con tranquillità soltanto impianti di diffusione sonora appositamente studiati per tale genere di musica.

I fusibili - L'impiego di fusibili presenta un'utilità molto ridotta per la protezione contro i danni di origine termica. Comunque il tipo di fusibile più adatto è quello che possiede un suo proprio collegamento termico. Esso consente, entro certi limiti, di eserci-

tare la protezione sia contro i sovraccarichi dovuti a correnti di forte intensità e di breve durata, sia contro i sovraccarichi dovuti a correnti di intensità più ridotta e di lunga durata. Una serie di fusibili di questo tipo è la serie FNM "Fusetron", entro cui si può scegliere l'esemplare più adatto alle proprie esigenze consultando, se possibile, la ditta che produce i diffusori acustici.

I problemi connessi con la protezione di un sistema di diffusione sonora mediante l'impiego di fusibili sono molteplici. Il fusibile non può adattarsi alle costanti termiche a lungo termine presentate dagli altoparlanti inseriti nei diffusori e, soprattutto, può essere scelto solamente per livelli di ingresso massimi. Questi si verificano nella gamma inferiore dei toni intermedii, in cui gli altoparlanti sono realizzati appositamente per sopportare la potenza erogata. Tuttavia, i vulnerabili tweeter rimangono ampiamente non protetti, per cui è necessario osservare anche tutte le altre misure precauzionali viste fino ad ora. Naturalmente è possibile proteggere mediante fusibile i singoli tweeter, in modo da assicurare una protezione molto più elevata. Ma con questo sistema si modifica alquanto la risposta in frequenza presentata dal sistema di diffusione, come dimostreremo ora.

Consideriamo un sistema di diffusione sonora per il quale è specificato un funzionamento "sicuro" durante la diffusione di segnali musicali quando è collegato con un amplificatore la cui potenza nominale è, al massimo, di 100 W continui per canale. Ciò significa che il tweeter può essere considerato "al sicuro" quando la potenza applicata ad esso non supera probabilmente $3 \div 4$ W efficaci. Se l'impedenza nominale del sistema è di 8Ω , quella dell'altoparlante per gli acuti scende a circa 6Ω ; per ottenere una potenza di ingresso massima di 4 W è quindi necessario inviare una corrente di "sicurezza" massima di 0,8 A. Un tale fusibile presenterebbe una resistenza di circa $0,5 \Omega$, provocando un'attenuazione del segnale inviato al tweeter di circa 1 dB. Tale attenuazione può essere accettata se è assolutamente necessario proteggere l'altoparlante mediante fusibile.

Per finire accenniamo ad un tipo di protezione termica alquanto costoso che potrebbe essere incorporato durante lo stadio di progettazione, specialmente nel caso dei diffusori amplificati. L'idea che è alla base

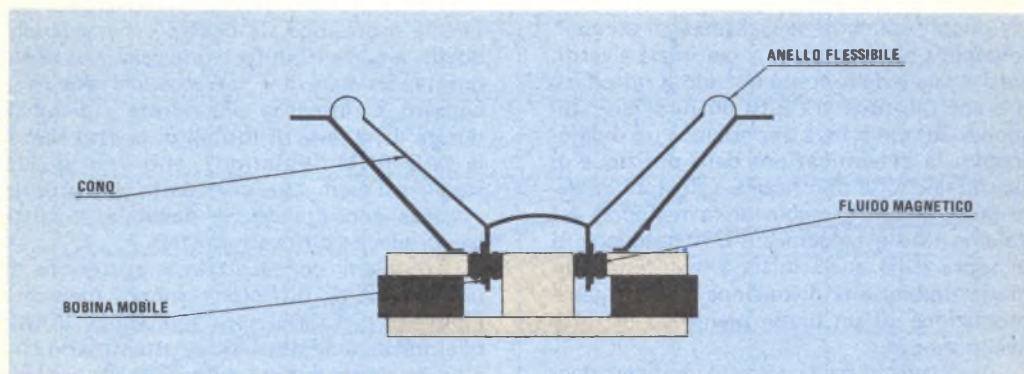


Fig. 4 - Sezione trasversale di un altoparlante con fluido magnetico per trasmettere il calore attraverso il traferro.

di qualsiasi protezione contro i guasti di natura termica è quella di evitare che la temperatura della bobina mobile aumenti oltre un certo valore (che può essere stabilito durante la fase di progettazione). Ciò può essere fatto nel modo migliore rilevando effettivamente tale temperatura con il controllo continuo del valore della resistenza in continua presentata dalla bobina mobile, dal momento che il valore della resistenza è direttamente legato al valore della temperatura. Sono stati suggeriti diversi sistemi meno costosi basati sul controllo diretto della temperatura raggiunta da un resistore in serie. Il circuito più semplice utilizza un dispositivo termico, fissato al resistore, che interrompe il circuito. Il problema è costituito in questo caso dal fatto che è impossibile riprodurre il complicatissimo processo secondo cui avviene lo scambio di calore entro l'altoparlante e, quindi, ottenere il medesimo andamento dell'aumento di temperatura presentato dalla bobina mobile.

Il sovraccarico meccanico - Da un punto di vista generale è possibile classificare il sovraccarico meccanico secondo due tipi differenti: danneggiamento irreversibile e danneggiamento cumulativo. La seconda forma è imputabile al progettista, mentre la prima è dovuta all'utente.

Il guasto di tipo irreversibile può verificarsi quando vengono applicati ai woofer forti segnali, che sovraccaricano l'altoparlante provocando uno spostamento dell'insieme costituito dal cono e dalla bobina vocale tale da farli "sbattere" e da provocare

una deformazione del cono oppure delle bobine. Questo si può verificare a causa di un sovraccarico molto forte a bassa frequenza, quale quello che si può avere riproducendo un brano di musica d'organo ad un livello eccessivamente elevato. L'unica vera protezione che si può adottare contro il verificarsi di questo tipo di guasto provocato da un sovraccarico è costituito solamente dal comune buon senso. Non si cerchi di spingere un altoparlante oltre le sue possibilità; il punto critico che non si deve superare è generalmente facile da determinare poiché in corrispondenza di esso iniziano a manifestarsi in modo molto ben avvertibile distorsioni molto forti. Non si dovrebbe neanche dimenticare in questa circostanza che i vari altoparlanti presenti in un sistema di diffusione sonora possono essere pilotati con potenze eccessive rispetto alle loro capacità per mezzo di altri segnali, generalmente di breve durata. Per esempio, lasciando cadere il braccio del giradischi su un disco o facendo saltellare la puntina da un solco all'altro scuotendo il giradischi, si possono produrre escursioni eccessivamente ampie nell'altoparlante adibito alla riproduzione dei suoni di bassa frequenza e si può danneggiare la bobina mobile, specialmente se si utilizzano amplificatori estremamente potenti. Per ragioni simili, se si verificano transitori di forte intensità a causa delle commutazioni che si hanno azionando i comandi, si dovrebbe avere l'avvertenza di abbassare il volume prima di toccare tali manopole.

L'altro tipo di guasto di natura meccanica dovuto a sovraccarico è quello cumulativo.

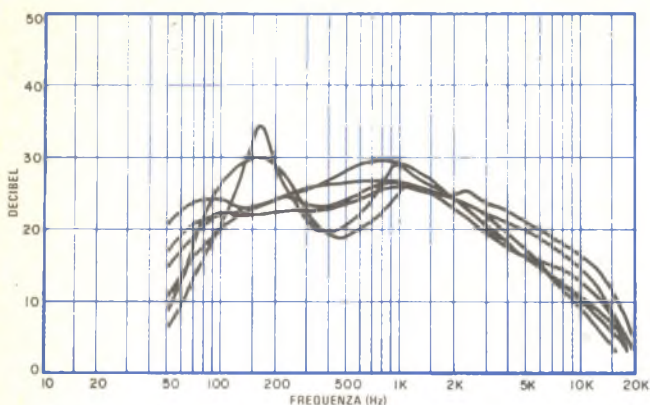


Fig. 5 - Analisi spettrale a terzi di ottava eseguita su sei registratori di musica rock, basata su livelli efficaci mantenuti almeno per 5 s.

Esso può essere provocato da una eccessiva usura e può giungere eventualmente alla rottura dei fili che collegano i morsetti alla bobina mobile in un altoparlante. L'unica soluzione per ovviare a questo problema risiede in un adatto progetto dell'unità trasduttrice, in cui vengono adoperati fili di collegamento che sopportino le continue flessioni a cui sono soggetti. Un tipo di filo adatto per questo scopo è denominato tinsel; esso è formato da trecciole multiple di conduttori, fra cui sono inseriti diversi fili di cotone o di nylon con funzione di sostegno contro le tensioni meccaniche. L'unico caso in cui queste precauzioni non sono veramente valide è quello degli altoparlanti per acuti destinati alla diffusione dei suoni con frequenza superiore a 5 kHz. I movimenti che si determinano in questo caso sono talmente ridotti che generalmente non si verifica l'usura dei conduttori.

Sono state prese in esame diverse aree in cui può verificarsi un sovraccarico e si è osservato implicitamente che non esiste un unico metodo di protezione globale, eccetto quelle precauzioni dettate dal comune buon senso, per poter esercitare il quale, tuttavia, si deve conoscere esattamente qual è la potenza massima che può essere effettivamente sopportata dai diffusori.

Sfortunatamente non è facile conoscere i dati necessari. Esaminando le caratteristiche tecniche dei diffusori sonori si incontrano termini relativi alla potenza massima sopportabile come i seguenti:

- 1) - 100 W efficaci;
- 2) - 100 W con segnale musicale;

3) - 100 W;

4) - 100 W di potenza continua;

5) - può essere adoperato in condizioni di sicurezza con amplificatori la cui potenza nominale è al massimo di 100 W efficaci con normali segnali vocali o musicali.

E' possibile trovare anche numerosi altri termini, ma solamente quello espresso al punto 5, od altri simili, sono di qualche valore pratico per l'utente. Il punto 1 può essere valido ad alcune frequenze ma, eccetto qualche diffusore speciale, può dar luogo a seri danni all'altoparlante per gli acuti. Neanche il punto 2 è valido, a meno che non si disponga di qualche altra informazione. Esso significa, per esempio, che il segnale non risulta tagliato in corrispondenza delle creste con un amplificatore da 100 W, oppure che il livello medio del segnale è di 100 W? Se fosse vero il secondo caso, significherebbe che sarebbe possibile impiegare a piena potenza un amplificatore da circa 1.000 W poiché una registrazione moderna tipica presenta un rapporto fra la potenza media e la potenza massima pari a circa 10:1. Il punto 3 richiede naturalmente una maggiore quantità di informazione, mentre il punto 4 presenta i medesimi inconvenienti del punto 1.

L'unico sistema per ovviare alla confusione che esiste nel campo delle caratteristiche tecniche (se si prevede che il sistema verrà adoperato a forti livelli di potenza) è quello di ottenere, prima di acquistare i diffusori, una informazione assolutamente certa circa la massima potenza che si deve prevedere per l'amplificatore da impiegare

con l'impianto di diffusione sonora, per poter lavorare in condizione di sicurezza. Infine, se si richiedono livelli di pressione sonora molto forti, non si dimentichi che un sistema di diffusione di forte potenza non produce necessariamente un suono più intenso di quello che si ottiene con un impianto di bassa potenza. Il livello sonoro è determinato non solamente dalla quantità di potenza che può essere applicata ai diffusori prima che si verifichino danni, ma anche dall'efficienza dell'impianto di diffusione sonora. Per questo motivo è possibile raddoppiare la potenza massima che può essere sopportata da un sistema di diffusione acustica impiegando due diffusori per ogni canale. Raddoppiare la potenza nominale del sistema significa tuttavia aumentare il livello della pressione sonora solamente di 3 dB quando la potenza applicata al sistema è quella massima ammissibile per un funzionamento sicuro; si tratta di un sistema molto costoso per ottenere questi 3 dB in più. Non si dovrebbe inoltre dimenticare che ponendo due diffusori in parallelo (specialmente con sistemi la cui impedenza è di 4 Ω) si abbassa il valore dell'impedenza equivalente, vista dall'amplificatore che viene impiegato, ad un livello pericolosamente basso, mentre se si collegano i medesimi diffusori in serie si può modificare in maniera controproducente lo smorzamento degli altoparlanti per bassi ed ottenere un suono "rimbombante" a bassa frequenza. Questi problemi sono aggravati da altri molto più complessi, quali il collocamento dei diffusori, l'esistenza di cammini di interferenza, ecc. e diventano ancora più dannosi se vengono accoppiati diffusori con caratteristiche differenti per aumentare la massima potenza sopportabile. La soluzione più ovvia è quella di acquistare innanzitutto il sistema di diffusione sonora più adatto per lo scopo che ci si prefigge.

Conclusioni - Se si desiderano ottenere con un impianto di diffusione sonora ad alta fedeltà per usi domestici livelli di pressione acustica molto forti, si dovrebbero adottare le precauzioni esaminate in questo articolo. In questo modo, con un sistema di diffusione sonora ad alta fedeltà non si avrà mai l'occasione di provocare danni per sovraccarico, a meno che qualche altro componente dell'impianto di riproduzione non si guasti a sua volta e non "trascini" con sé anche i diffusori sonori. ★

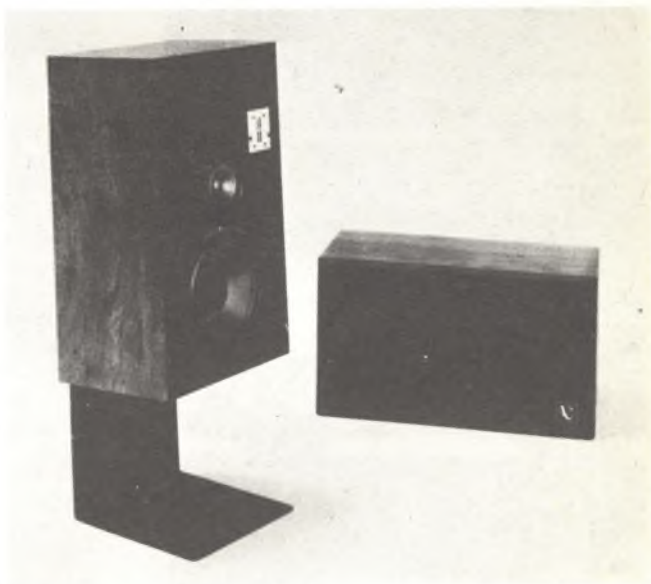
Cassa

Un sistema di altoparlanti a tre vie con tweeter ad induzione elettromagnetica

Il sistema di altoparlanti a tre vie Mod. Qb della Infinity utilizza un nuovo tweeter di struttura non tradizionale denominato EMIT (una sigla che sta per "Tweeter ad induzione elettromagnetica"). Il woofer ha un diametro di 25,4 cm ed il suo cono ha una massa che viene progressivamente disaccoppiata all'aumentare della frequenza allo scopo di migliorare le prestazioni nella zona superiore dei bassi. L'altoparlante per i toni intermedi, che lavora tra i 600 Hz ed i 4 kHz, ha un diametro di 10 cm ed è del tipo a cono. L'impedenza nominale del sistema è di 4 Ω e la potenza d'ingresso raccomandata è compresa tra 15 W e 150 W per canale.

La cassa, completamente chiusa, è in materiale vinilico rifinito in modo da sembrare legno di betulla; la sua altezza è di 63,5 cm, la larghezza di 36,8 cm e la profondità di 30,5 cm; il peso è di circa 18 kg. Benché non sia più larga di molte casse classificate "da scaffale", la cassa Mod. Qb è nata per essere sistemata sul pavimento, preferibilmente sull'apposito piedestallo in acciaio, fornito, a

acustica Infinity Mod. Qb



richiesta, dalla Infinity stessa. Il piedestallo alza la cassa di circa 30 cm, facendole assumere una posizione leggermente inclinata all'indietro; la cassa andrebbe inoltre sistemata ad almeno cinquanta centimetri dal muro.

Due piccole manopole sistemate sul retro della cassa servono per regolare, entro una zona limitata, il livello d'uscita del tweeter e dell'altoparlante per i toni centrali. La risposta in frequenza di questo sistema di altoparlanti ha una estensione nominale che va da 42 Hz a 32 kHz con variazioni inferiori ai ± 3 dB, misurata in condizioni di prova ben specificate. Il valore nominale della dispersione orizzontale è di $\pm 60^\circ$ a 20.000 Hz per una diminuzione massima di livello pari a 2 dB.

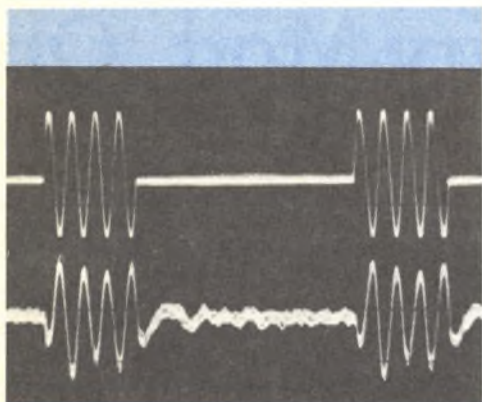
Il prezzo è di circa 300.000 lire.

Misure di laboratorio - La risposta in frequenza fornita da questo sistema di altoparlanti, misurata nel campo riverberante della sala di prova, è risultata eccezionalmente uniforme da alcune centinaia di hertz sino a

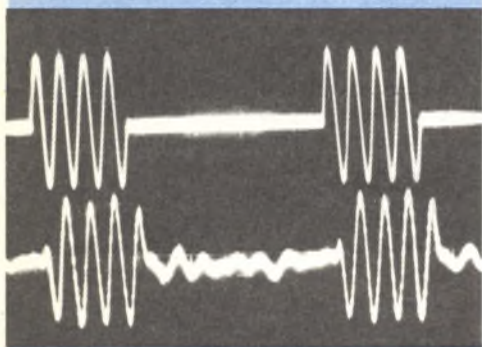
15 kHz, che è il limite superiore di taratura del microfono usato per le misure. Una variazione globale di ± 2 dB tra 450 Hz e 15 kHz pone il Mod. Qb in un gruppo abbastanza ristretto di diffusori (le misure sono state effettuate alla normale distanza di ascolto, in una stanza normalmente ammobiliata, invece che nell'ambiente poco naturale di una camera anecoica). La dispersione spaziale è apparsa buona, anche se nelle misure si è rilevato un abbassamento di circa 5 dB alle alte frequenze quando ci si scostava di 30° dall'asse.

Sistemando il microfono vicino al woofer, si è misurato un segnale il cui livello scende gradualmente al di sopra dei 65 Hz; la caduta raggiunge gli 8 dB a 600 Hz, dove ha inizio una più ripida attenuazione dovuta al filtro di diramazione. Al di sotto dei 45 Hz il livello del segnale cade di 12 dB/ottava, cioè quanto ci si aspetta da una cassa acustica completamente sigillata.

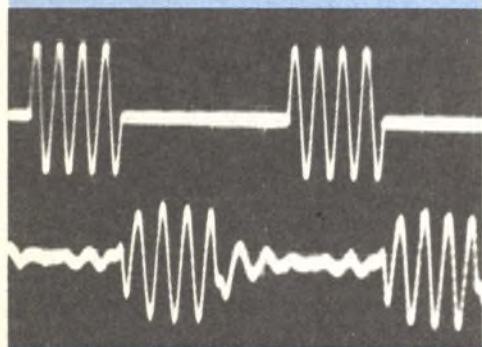
Riunire le curve misurate per il woofer e per l'altoparlante dei toni centrali non è ri-



Risposta a treni di oscillazioni a 100 Hz.



Risposta a treni di oscillazioni a 500 Hz.



Risposta a treni di oscillazioni a 5,000 Hz.

sultata un'operazione semplice e priva di ambiguità; la curva complessiva ottenuta, che dovrebbe rappresentare almeno approssimativamente la risposta globale del sistema, rivela una considerevole salita alle basse frequenze, al di sotto dei 200 Hz. Una curva del genere non corrisponde però a ciò che si è dedotto dalle successive prove di ascolto. Probabilmente installando la cassa sul suo piedistallo inclinato e sistemandolo ben lontano da ogni muro, la risposta ai bassi tende ad essere ridotta; questa potrebbe essere proprio la ragione per cui la Infinity stessa raccomanda l'uso del supporto. In ogni caso è certo che la risposta del woofer sino sui 35 Hz resta pari o al di sopra di quella alle frequenze medie ed alte.

I comandi per la regolazione del livello del tweeter e delle frequenze intermedie hanno un campo di azione molto limitato; questo rende impossibile compromettere seriamente le prestazioni del sistema con un loro posizionamento errato. Il livello del tweeter può essere fatto variare in un campo di circa ± 1 dB alle frequenze superiori a 3,5 kHz, e il livello delle frequenze centrali in un campo di ± 1 dB tra 600 Hz e 3,5 kHz.

L'impedenza del sistema raggiunge il suo valore minimo (4Ω) a 20 Hz; un secondo minimo dell'impedenza, di valore compreso tra 4Ω e 5Ω , si verifica a 120 Hz. Sulla maggior parte della banda audio l'impedenza è risultata compresa tra 5Ω e 15Ω . In corrispondenza della risonanza alle basse frequenze, cioè sui 54 Hz, l'impedenza misurata è di quasi 20Ω .

L'efficienza del Mod. Qb è risultata relativamente elevata per una cassa completamente chiusa. Quando il sistema viene alimentato con un rumore casuale di 2,8 V contenuto nell'ottava intorno a 1 kHz (2 W sull'impedenza nominale di 4Ω), esso genera un livello di pressione sonora (SPL) di 89 dB alla distanza di 1 m. La distorsione alle basse frequenze misurata con potenza di 1 W (2 V) è risultata minore dell'1% nella zona al di sopra ai 65 Hz; essa saliva poi al 4% sui 40 Hz ed al 7% sui 30 Hz. Con potenza d'ingresso di 10 W la distorsione saliva invece più rapidamente: raggiungeva il 5% a 56 Hz ed il 10% a 40 Hz. La risposta a brevi treni di onde sinusoidali è apparsa buona a tutte le frequenze.

Impressioni d'uso - L'assenza di picchi o di avvallamenti nella curva di risposta del

La caratteristica più singolare del Modello Qb della Infinity è data dall'altoparlante EMIT (tweeter a induzione elettromagnetica). Questo altoparlante viene usato singolarmente nel Mod. Qb (e nella sua versione più economica a due vie, il Mod. Qa) e nei sistemi di prezzo più alto della ditta. Questo altoparlante fornisce i vantaggi essenziali degli altoparlanti elettrostatici, come ad esempio un responso alle frequenze alte estremamente piatto ed esteso ed un'eccellente responso ai transienti. A differenza degli altoparlanti elettrostatici, l'EMIT è robusto, efficiente, può sopportare un'alta potenza d'entrata ed ha una dispersione superiore.

Visto di fronte, l'EMIT non assomiglia ad un altoparlante convenzionale; si tratta infatti di una piastra piatta con quattro strette fessure dietro le quali appare una specie di diaframma di plastica a bassa massa, simile a quello di un tweeter elettrostatico. Depositato su esso vi è un "avvolgimento" conduttore inciso, composto da un certo numero di spire in forma di rettangolo molto allungato. I lati lunghi dell'avvolgimento si trovano dietro le fessure della piastra frontale ed i conduttori sono nel campo di due potenti magneti al cobalto.

La corrente di segnale che passa attraverso i conduttori sul diaframma del tweeter produce una deflessione della sottile plastica. Il diaframma è pilotato uniformemente sulla sua effettiva superficie di radiazione, come quello di un altoparlante elettrostatico. Ma l'efficienza e la robustezza dell'EMIT gli conferiscono un considerevole vantaggio rispetto al tipo elettrostatico. Inoltre l'EMIT non richiede un'alimentazione per una tensione di polarizzazione. L'orientamento verticale delle fessure nella piastra frontale fa sì che l'altoparlante abbia un'eccellente dispersione orizzontale.

Mod. Qb appare subito evidente dalla qualità del suono emesso, che è privo di ogni asprezza e di ogni colorazione indesiderata. Il tweeter EMIT emette un suono di una limpidezza cristallina, neppur vagamente stridulo. In linea di massima sono state effettuate le prove di ascolto con i comandi di livello disposti nella posizione centrale, cioè quella che forniva la risposta più uniforme nelle misure condotte. Secondo il parere degli esperti, questi comandi sono però quasi del tutto inutili poiché il loro effetto sul suono è veramente minimo.

Valutare le prestazioni del sistema alle basse frequenze non è così semplice come giudicare il suono del tweeter, poiché il comportamento ai bassi è fortemente influenzato dall'ambiente di ascolto. Sistemando l'impianto secondo le istruzioni della Infinity si è constatato che il bilanciamento tra alti, medi e bassi è quello giusto. I bassi apparivano profondi e corposi quando era necessario, mentre era minima la tendenza ad esagerare la zona superiore dei bassi, difetto comune in molti sistemi di altoparlanti. Sulle più forti note basse dell'organo il woofer di una delle due casse esaminate tendeva a dare un suono vibrante in corrispondenza delle escursioni estreme di movimento. Cercando la causa di questo comportamento, si è scoperta una fuga di aria intorno al tweeter, che si manifestava quando il segnale sul woofer era piuttosto robusto; si tratta ovviamente di un difetto di fabbricazione, poiché esso non esisteva sulla seconda cassa dell'insieme stereofonico.

La griglia frontale, realizzata in tessuto marrone, è fissata ad un telaio di legno che si monta alla cassa mediante due ganci in materiale plastico, uno sistemato al centro del lato superiore e l'altro al centro di quello inferiore. Questi due ganci sostengono la griglia ad una distanza di circa 3 mm dalla parte anteriore della cassa. Quando si invia al sistema un segnale particolarmente forte, la griglia ed il suo telaio oscillano da una parte all'altra; nelle prove effettuate non si è però rilevata alcuna vibrazione o risonanza dovuta a questo comportamento.

La cassa acustica Mod. Qb della Infinity ha un prezzo competitivo con diversi altri buoni sistemi di altoparlanti; il suo ascolto è assai gradevole, il suono morbido e privo di colorazioni ed in generale nel suo comportamento audio non si nota alcuna debolezza. ★



*Confronto
fra soppressori
di disturbi acustici
impulsivi*

Un nuovo tipo di apparecchio per il trattamento dei segnali audio ha fatto ultimamente la sua comparsa sul mercato. Denominato comunemente "Soppressore di disturbi impulsivi", oppure "Riduttore di rumore per la soppressione di disturbi impulsivi", esso ha la funzione di eliminare, od almeno di attenuare fortemente, tutti i disturbi acustici udibili di natura transitoria che hanno origine da righe e da danneggiamenti della superficie dei dischi fonografici. Anche se non esiste un rimedio assoluto per ripristinare la superficie rovinata di un disco riportandola in condizioni perfette, è possibile ridurre l'entità del disturbo provocato dai rumori di tipo impulsivo generati a causa dei danneggiamenti superficiali. Un altro tipo di disturbo acustico caratteristico dei dischi fonografici è quello dovuto alle imperfezioni superficiali ed alla onnipresente carica elettrostatica localizzata sulla loro superficie (che dà luogo al ben noto scoppiettio).

Il progettista di un'apparecchiatura destinata a ridurre i rumori acustici deve innanzitutto stabilire il modo in cui riconoscere il rumore e come distinguerlo dal segnale utile. Fortunatamente le righe che deturpano la superficie di un disco presentano diverse caratteristiche, uniche nel loro genere, le quali consentono di riconoscere il segnale disturbante prodotto, distinguendolo dal segnale musicale. Tali righe cioè danno luogo in genere ad uno spostamento verticale del materiale vinilico, producendo in tal modo una modulazione con fase modificata; inoltre, il suono da esse generato è caratterizzato da tempi di salita e di discesa molto brevi. Questo andamento è in contrasto con quello tipico dei segnali musicali, che sono contraddistinti invece da ritmi più lenti (anche suoni musicali di tipo percussivo, con un ricco contenuto di alte frequenze, presentano un decadimento lento, pur avendo un tempo di salita rapido). Infine, la durata del transitorio è ridotta, e non supera mai 1 ms o 2 ms, mentre i suoni musicali hanno sempre durate superiori. Sebbene tutti gli apparecchi commerciali per la soppressione dei segnali di tipo impulsivo differiscano radicalmente l'uno dall'altro per ciò che riguarda i particolari circuitali, tutti quanti si basano sui medesimi principi generali.

Una volta che il rumore transitorio è stato identificato, occorre eliminare il disturbo

senza modificare il segnale utile. Anche se il segnale audio può essere semplicemente ridotto a livello zero per la durata dell'impulso disturbante, questa pratica non è consigliabile in quanto si otterrebbe un "buco" nel programma musicale, che potrebbe produrre all'atto dell'ascolto il medesimo effetto disturbante di quello generato dal rumore impulsivo che si desidera eliminare. Per questo motivo, tutti gli apparecchi soppressori di disturbi impulsivi vengono progettati per colmare, nel modo più discreto possibile, i buchi che si verificheranno nel programma riprodotto. E' quindi necessario progettare il sistema in modo che il segnale musicale venga fatto passare attraverso un circuito di ritardo, poiché il circuito adibito al rilevamento dei rumori impulsivi richiede, per poter svolgere il proprio compito, un certo intervallo di tempo. Qualsiasi azione intrapresa dal circuito per sopprimere il disturbo deve cominciare nell'istante in cui inizia il transitorio.

Il segnale che viene applicato all'ingresso del soppressore viene suddiviso e fatto transitare lungo due percorsi differenti; uno di essi introduce un certo ritardo nella propagazione del segnale, il quale viene quindi fatto passare attraverso una porta, od altro circuito specializzato, adibito alla rimozione del transitorio. Il secondo percorso fa passare il segnale, senza introdurre alcun ritardo nella sua propagazione, fino al circuito per il rilevamento dei disturbi, che controlla l'intervento della porta. Ognuno degli apparecchi soppressori presenti sul mercato utilizza, a detta dei costruttori, un metodo differente per colmare il vuoto lasciato dall'eliminazione del rumore transitorio, ma le case costruttrici dei vari apparecchi sono abbastanza vaghe nel descrivere i dettagli delle tecniche da esse impiegate.

Misure esterne condotte su apparecchiature quali i soppressori di disturbi impulsivi (o su qualsiasi altra apparecchiatura per l'elaborazione dinamica di segnali) costituiscono, come minimo, un metodo incompleto ed insoddisfacente per valutare le prestazioni fornite da tali apparecchi. Per tale motivo si è preferito basarsi soprattutto su confronti diretti, eseguiti fra le varie apparecchiature, e limitarsi ad effettuare misure solo nei casi in cui queste potevano costituire realmente una valida sorgente di informazioni.

Verranno ora passati in rassegna i riduttori di rumore per la soppressione di distur-

bi impulsivi attualmente presenti sul mercato, e confrontati sulla base delle loro caratteristiche tecniche nominali nella tabella di pag. 54.

SAE modello 5000 - Il primo apparecchio soppressore di disturbi impulsivi presentato sul mercato è il modello 5000 prodotto dalla SAE. Esso si presenta come una scatola nera di dimensioni compatte, dotata di una coppia di prese di ingresso e di uscita a jack, e di una seconda coppia di prese d'ingresso e d'uscita, sempre a jack, da usare per un registratore a nastro, le quali costituiscono un duplicato di quelle esistenti sull'amplificatore, e che vengono utilizzate invece per collegare il soppressore al sistema di diffusione sonora. Sulla parte superiore del pannello frontale si trovano gli interruttori denominati INVERT, DEFEAT/NORMAL e MONITOR. L'interruttore DEFEAT consente di sorpassare completamente i circuiti del soppressore, mentre il pulsante MONITOR svolge le medesime funzioni del pulsante MONITOR dell'amplificatore; il primo però consente di trattare il segnale inviato al registratore a nastro, facendolo passare attraverso i circuiti del soppressore adibiti all'eliminazione dei rumori impulsivi, in modo da rimuovere ogni rumore transitorio dal segnale musicale proveniente dal disco fonografico che si intende trasferire sul nastro magnetico.

Il commutatore INVERT è usato assieme ad un cursore adibito alla regolazione della sensibilità (SENSITIVITY), per aggiustare il livello della soglia di intervento del sistema di soppressione. Quando l'interruttore INVERT è azionato, il segnale d'uscita dell'apparecchio è costituito solamente dai disturbi impulsivi che sono stati rimossi dal segnale utile. A mano a mano che la posizione del controllo della sensibilità viene spostata ed allontanata dallo zero, cominceranno a sentirsi i rumori impulsivi, emergenti da un sottofondo silenzioso, prodotti dalle irregolarità presenti sulla superficie del disco. Se la regolazione viene spinta troppo oltre, si udranno anche parti del segnale musicale utile. Pertanto, la posizione corretta in cui si deve portare il cursore per il controllo della sensibilità è quella in cui si odono solamente i rumori disturbanti prodotti dal disco. Dopo aver effettuato questa regolazione, è sufficiente rilasciare il commutatore INVERT per passare all'ascolto del brano sonoro che interessa.

La documentazione tecnica della SAE asserisce che, al posto degli impulsi di rumore che sono stati eliminati, vengono introdotte le parti del segnale utile che immediatamente precedono e seguono l'impulso medesimo, dopo essere state opportunamente valutate. Sempre secondo le informazioni fornite dalla SAE, la sostituzione delle parti soppresse con il segnale utile avviene in tempi inferiori al millisecondo, e pertanto non è avvertibile ad orecchio.

Burwen modello TNE 7000 - Questo apparecchio per l'eliminazione dei rumori transitori è costruito dalla KLH. Alla base del progetto vi sono le seguenti considerazioni tecniche: i transitori disturbanti hanno durate sempre inferiori a $2 \mu s$; presentano tempi di salita e di discesa compresi fra $50 \mu s$ e $200 \mu s$; sono caratterizzati da un contenuto energetico particolarmente pronunciato nella gamma di frequenza ultrasonora compresa fra 20 Hz e 50 kHz, in cui il segnale musicale è pressoché totalmente assente.

Quando l'apparecchio Burwen rileva la presenza di rumori impulsivi, basandosi sui criteri precedenti, provvede a bloccare il transito del segnale diretto per tutta la durata del rumore impulsivo. Tuttavia, invece di introdurre lungo il percorso del segnale utile un ritardo di diversi millisecondi, questo modello di apparecchio introduce un ritardo solamente della durata di $40 \mu s$. Esso è caratterizzato da un funzionamento molto più veloce di quello presentato da altri apparecchi per la soppressione dei rumori impulsivi, ed è in grado di bloccare il passaggio del segnale utile per un periodo di tempo molto breve, che può scendere fino a $80 \mu s$. Per far sì che l'intervento del soppressore risulti non udibile, un apposito circuito interpolatore provvede a riempire il vuoto lasciato nel segnale diretto dall'azione della porta, sostituendo, al posto della brusca interruzione che si avrebbe, un segnale che varia con molta più dolcezza.

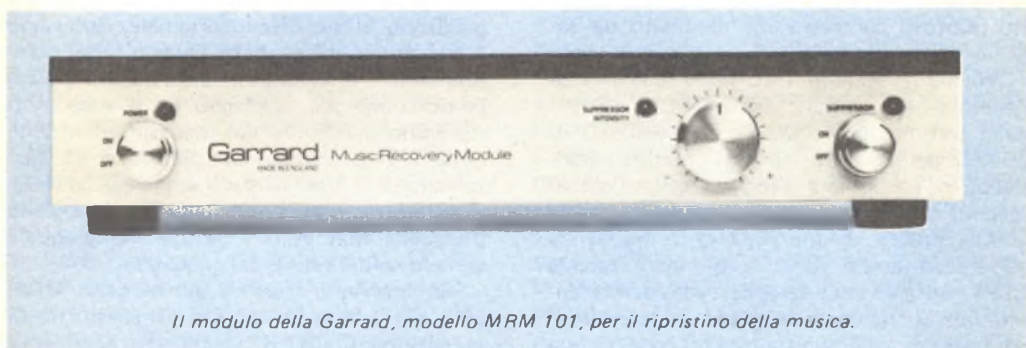
L'apparecchio in questione si presenta come un componente dalle dimensioni abbastanza rilevanti. Come anche il modello 5000 prodotto dalla SAE, è privo dell'interruttore di accensione in quanto è previsto il suo collegamento alla presa di alimentazione ausiliaria di cui è dotato l'amplificatore (per la precisione alla presa posta a valle dell'interruttore di accensione), oppure può essere lasciato sempre in funzione dal mo-

mento che assorbe pochissima potenza.

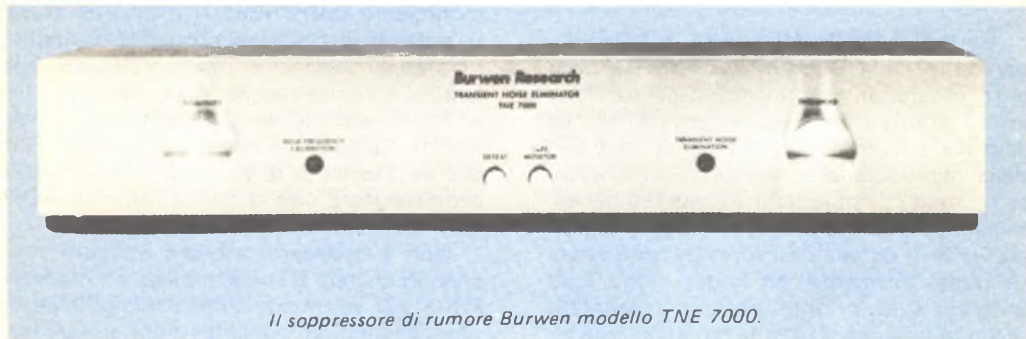
Sul pannello frontale, posti in posizione centrale, si trovano i commutatori a pulsante DEFEAT e TAPE MONITOR. Quest'ultimo svolge le veci dell'analogo commutatore che si trova sull'amplificatore, dal momento che l'apparecchio viene collegato a quest'ultimo nello stesso modo in cui si collega l'apparecchio prodotto dalla SAE. Il pulsante DEFEAT consente di sorpassare il circuito addetto a sopprimere i rumori

impulsivi, quando non si vuole utilizzare tale prestazione.

Sulla sinistra del pannello frontale è collocata una grossa manopola (SENSITIVITY) per il controllo della sensibilità e vicino ad essa si trova un LED contrassegnato dalla dicitura HIGH FREQUENCY CALIBRATION (calibrazione ad alta frequenza). Questa manopola viene utilizzata per regolare la sensibilità presentata dal soppressore ai segnali ad alta frequenza (in prossimità di



Il modulo della Garrard, modello MRM 101, per il ripristino della musica.



Il soppressore di rumore Burwen modello TNE 7000.



Il sistema per la soppressione di rumori impulsivi SAE modello 5000.

30 kHz) usati per controllare l'intervento della porta di silenziamento. Quando la manopola in oggetto è stata regolata correttamente in relazione al livello di fondo del rumore, il LED si accende in modo visibile. Sulla destra del pannello si trova un altro controllo, contrassegnato con la dicitura THRESHOLD (soglia) con accanto un LED denominato TRANSIENT NOISE ELIMINATION (eliminazione del rumore transitorio). Quando questa manopola viene ruotata in senso orario, il rumore transitorio provoca il lampeggiamento del LED; a questo punto il rumore viene eliminato dal segnale.

Poiché il modello TNE 7000 si serve dell'energia degli impulsi disturbanti compresa nella gamma di frequenza in prossimità di 30 kHz per eccitare i propri circuiti, è consigliabile accoppiare l'uso di questo apparecchio con quello di una cartuccia fonografica dotata di una risposta in frequenza abbastanza estesa verso l'alto. Una cartuccia CD-4, ad esempio, sarebbe l'ideale, ma comunque il sistema è in grado di dare buoni risultati con una qualsiasi cartuccia di buona qualità.

Garrard modello MRM 401 - Questo apparecchio della Garrard, a differenza degli altri apparecchi soppressori progettati per essere inseriti in un sistema per la diffusione acustica attraverso le prese per il controllo della registrazione esistenti sull'amplificatore, in modo da poter essere adoperati per eliminare i rumori impulsivi presenti su segnali provenienti da qualsiasi sorgente, può essere utilizzato solamente con sorgenti fono. Esso è dotato di un preamplificatore, equalizzato secondo la curva RIAA, la cui uscita può essere collegata ad un ingresso ad alto livello (AUX) di un amplificatore o di un ricevitore.

Anche il modello MRM 101 si basa sui criteri adottati nel sistema Burwen ed in quello della SAE per identificare i rumori transitori. Il tempo di decisione impiegato dai circuiti logici dell'apparecchio della Garrard è di 0,4 ms, mentre il ritardo inserito lungo il percorso del segnale utile è di 2,7 ms, per cui il sistema è in grado di eliminare un transitorio fin dall'atto della sua apparizione. Il ritardo inserito lungo il cammino del segnale utile viene ottenuto mediante un circuito integrato configurato secondo uno schema cosiddetto "bucket-brigade" (cioè con travaso del segnale da un elemento a

quello successivo), composto da 256 stadi. Invece di cercare di colmare il vuoto lasciato nel segnale dall'impulso che è stato eliminato, l'impulso medesimo viene attenuato fino ad un massimo di 34 dB per mezzo di un attenuatore ottico funzionante in modo estremamente graduale. Un circuito comprendente un LED ed un fotoresistore riduce il valore del guadagno dolcemente ed in modo relativamente lento, invece che bloccare bruscamente il segnale, mentre un secondo circuito composto da un LED e da un fotoresistore provvede a far risalire il valore del guadagno al suo livello originale, dopo che il transitorio si è esaurito. Questo ciclo, comprendente il riconoscimento dell'impulso, la riduzione del guadagno ed il successivo ripristino del livello del medesimo, richiede circa 2,5 ms e viene completato entro l'intervallo di 2,7 ms di cui il segnale utile viene ritardato. L'intervento del circuito risulta pressoché non udibile, grazie alla graduale variazione del valore del guadagno.

Sul pannello frontale del modello MRM 101, sul lato sinistro, vi è l'interruttore di accensione (POWER). Sulla destra invece è sistemato l'interruttore acceso/spento del soppressore (SUPPRESSOR); un LED rosso si accende per segnalare quando i circuiti soppressori sono in azione. La restante manopola è contrassegnata dalle diciture MIN e MAX apposte in corrispondenza degli estremi del suo movimento di rotazione. Anche in prossimità di essa vi è un LED rosso contrassegnato con la scritta SUPPRESSOR ACTIVITY (intervento del soppressore).

Non è necessario attivare i circuiti soppressori quando si vuole impiegare il modello MRM 101 solamente come preamplificatore fono. Se un disco presenta rumori di tipo impulsivo, i circuiti di soppressione possono essere attivati e, ruotando in senso orario la manopola di regolazione MIN/MAX, si può controllare se il soppressore sta funzionando sui disturbi impulsivi verificando se il LED "intervento del soppressore" inizia a lampeggiare.

Misure di laboratorio - La maggior parte delle misure tradizionali, compiute in laboratorio per verificare le prestazioni offerte dagli apparecchi per l'eliminazione dei disturbi di tipo impulsivo, non sono ricche di informazioni. Durante queste prove, ci si è limitati a controllare le prestazioni degli apparecchi in termini di massimo segnale di

uscita, di distorsione e di livello del rumore, ma nel caso del modello MRM 101 della Garrard si sono anche misurate le prestazioni offerte dal preamplificatore fono di cui esso è dotato.

Le caratteristiche di tale preamplificatore sono risultate molto variabili a seconda che i circuiti per l'eliminazione dei rumori fossero inseriti o meno. Con il soppressore disinserito, la sezione preamplificatrice raggiungeva le condizioni di sovraccarico con un livello di tutto riposo del segnale, pari a 135 mV a 1 kHz, erogando all'uscita un segnale del valore di 8,8 V. Inserendo i circuiti di soppressione, il valore del segnale in corrispondenza del quale si raggiungevano le condizioni di sovraccarico si riduceva a 47 mV, mentre il valore massimo del segnale all'uscita scendeva a 2,8 V. In entrambi i casi era necessario un segnale di ingresso di 4,5 mV per ottenere all'uscita il livello nominale, pari a 300 mV. Il livello del rumore non pesato misurato all'uscita era di -66 dB senza il soppressore e di -60 dB con il soppressore inserito, riferiti al livello nominale di uscita di 300 mV. Entrambi questi valori sono abbastanza buoni per un preamplificatore fonografico e risulterebbero migliori di poco più di 4 dB se fossero riferiti al livello di uscita normalizzato dall'IHF, che è pari a 0,5 V.

Il valore della distorsione armonica totale (THD), misurata a 1 kHz, era molto basso con il soppressore disinserito, cioè pari solamente allo 0,0025% per un livello di uscita di 1 V, ma attivando i circuiti di soppressione esso saliva allo 0,1%. L'equalizzazione RIAA dello stadio fono era molto buona, risultando compresa entro $\pm 0,5$ dB da 30 Hz a 20 kHz con il soppressore disinserito, e non risultava influenzata dall'induttanza della cartuccia fonografica. Il circuito di soppressione abbassava la risposta al di sopra di 10 kHz, la portava a -6 dB a 20 kHz ed introduceva un picco di circa 1,5 dB da 70 Hz a 250 Hz.

È necessario tenere presente che, pur se alcune caratteristiche tecniche del preamplificatore risultavano peggiori nel caso di inserimento dei circuiti di soppressione, tale condizione sussiste solo nel caso che vengano riprodotti dischi fonografici in condizioni non ottimali. Non vi è alcuna ragione di fare uso di un apparecchio per l'eliminazione dei rumori transitori quando si vuole riprodurre un disco fonografico di alta qualità.

A parte le misure condotte sulla sezione preamplificatrice fono del modello MRM 101, le uniche prove oggettive eseguite su tutti tre gli apparecchi per l'eliminazione dei rumori impulsivi consistevano in misure fatte utilizzando segnali appositi, che simulavano disturbi di tipo transitorio, in modo da determinare l'influenza esercitata dall'azione di soppressione sulla forma d'onda globale del segnale.

L'interpretazione delle foto oscillografiche - Le foto delle tracce oscillografiche che si sono riprese durante le prove mettono in evidenza alcune differenze significative esistenti fra l'apparecchio soppressore Burwen e quello prodotto dalla SAE. Il segnale di prova utilizzato era costituito da un'onda sinusoidale a 10 kHz sulla quale era sovrapposto un treno d'onda a 10 kHz di durata variabile. Si è regolata l'ampiezza di quest'ultimo segnale in modo che potesse azionare i circuiti dell'apparecchio soppressore in maniera sicura (un livello adatto a tale scopo era pari a 6 dB al di sopra del valore di regime, anche se il soppressore poteva essere regolato per poter funzionare entro un campo molto vasto di valori).

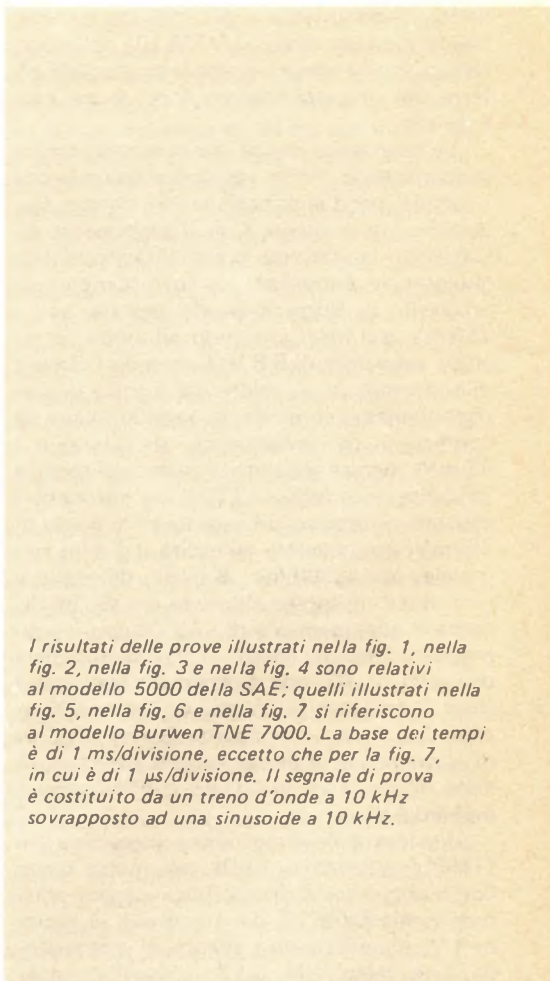
In tutte le fotografie riprodotti le tracce in questione, eccettuata la *fig. 7*, è stata adoperata una base dei tempi pari a 1 ms/divisione. Nella *fig. 1* è visibile un treno d'onde della durata di 0,4 ms nella parte superiore della foto, mentre nella parte inferiore si vede lo stesso segnale come si presenta all'uscita dell'apparecchio mod. 5000 della SAE, con i circuiti di soppressione disabilitati. A parte il breve periodo iniziale e quello finale, entrambi della durata di circa 100 μ s, necessari perché il treno di oscillazioni potesse stabilizzarsi e successivamente estinguersi, il segnale non risultava modificato a causa del passaggio attraverso il sistema della SAE.

La *fig. 2* è relativa al soppressore in funzione, con il valore della sensibilità regolato in modo che il treno di oscillazioni fosse riconosciuto come "rumore". Due sono le particolarità che si riscontrano in questo caso: la durata dell'intervallo di interdizione è molto più grande di quella dell'impulso di circa 2,7 ms, e non vi è alcun segno della presenza di un segnale "tappabuchi" durante l'intervallo di interdizione. Nella *fig. 3* la durata del transitorio è stata aumentata a circa 3 ms, durata questa abbastanza più lunga

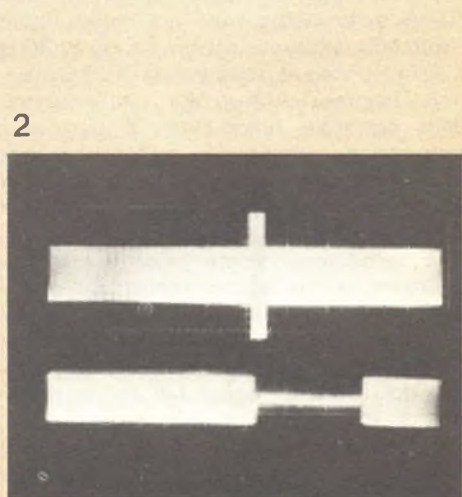
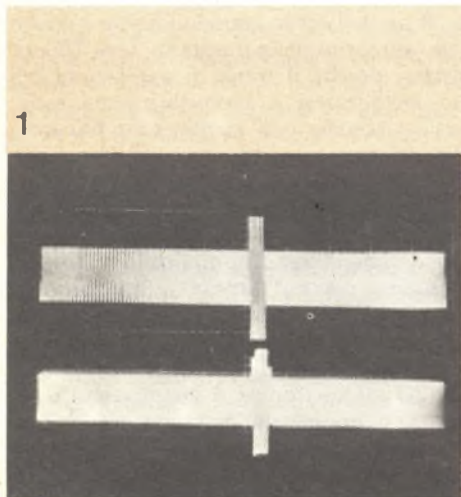
di quella di qualsiasi vero disturbo transitorio, così come è inteso da tutti tre i costruttori. L'intervallo di soppressione è ancora solamente di 2,7 ms ed una porzione dell'impulso, della durata di circa 0,3 ms, riesce a transitare raggiungendo la piena ampiezza. Questo comportamento suggerisce che il ritardo inserito lungo il percorso del segnale utile nel modello 5000 sia di circa 2,7 ms.

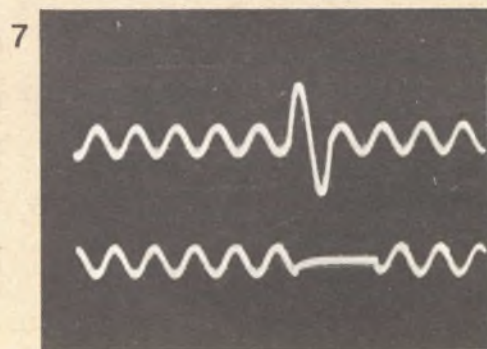
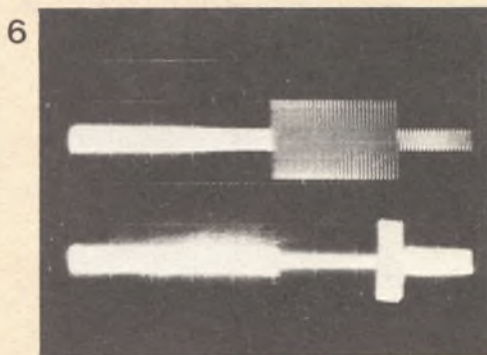
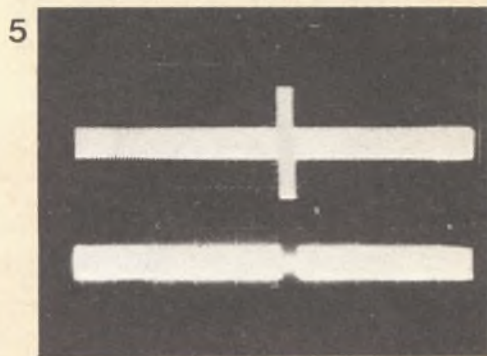
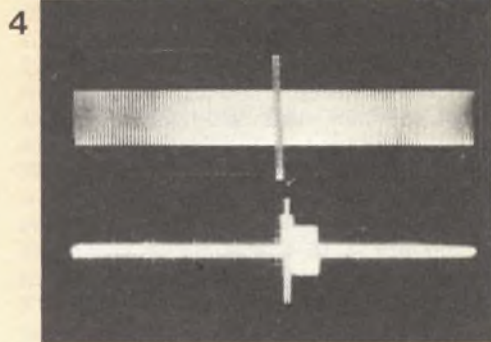
Nella fig. 4 si può osservare il segnale presente all'uscita del modello 5000 con l'interruttore INVERT azionato, quando all'ingresso viene inviato un breve treno di oscillazioni della durata di 200 μ s. Concordeamente con quanto asserito dalla casa costruttrice, il segnale viene soppresso e soltanto il rumore disturbante è presente all'uscita, rendendo in tal modo estremamente semplice l'operazione di regolazione del livello della soglia di funzionamento. Si osservi, tuttavia, che l'uscita INVERT prosegue dopo che si è estinto l'impulso di rumore, raggiungendo all'incirca il livello di regime del segnale utile, per una durata ancora di 0,7 ms, che rimane costante al variare della durata dell'impulso di rumore entro ampi limiti.

Nella fig. 5 sono mostrate le risposte fornite dal soppressore Burwen quando vengono utilizzati i medesimi segnali di ingresso impiegati con l'apparecchio prodotto dalla SAE per ottenere la fig. 1 e la fig. 2. In questo caso la durata dell'intervallo di interdizione del segnale è uguale alla durata del-

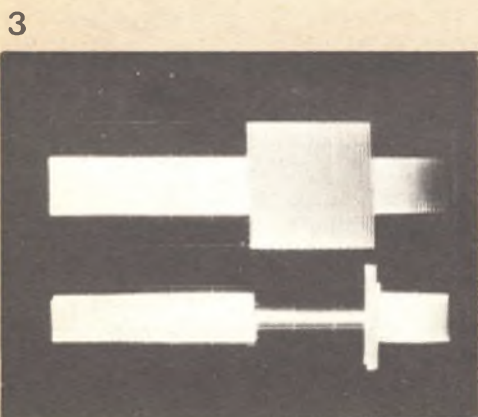


I risultati delle prove illustrati nella fig. 1, nella fig. 2, nella fig. 3 e nella fig. 4 sono relativi al modello 5000 della SAE; quelli illustrati nella fig. 5, nella fig. 6 e nella fig. 7 si riferiscono al modello Burwen TNE 7000. La base dei tempi è di 1 ms/divisione, eccetto che per la fig. 7, in cui è di 1 μ s/divisione. Il segnale di prova è costituito da un treno d'onde a 10 kHz sovrapposto ad una sinusoidale a 10 kHz.





Nella fig. 1 sono mostrati il segnale di ingresso, composto da un treno di oscillazioni da 0,4 ms, ed il segnale che si ottiene all'uscita dell'apparecchio con i circuiti di soppressione disabilitati. I medesimi segnali, però con il soppressore in funzione, sono illustrati nella fig. 2. Nella fig. 3, il treno di oscillazioni ha una durata di 3 ms ed è soppresso per soli 2,7 ms. La fig. 4 mostra il segnale di uscita che si ottiene attivando il commutatore INVERT. La fig. 5 e la fig. 6 possono essere confrontate con la fig. 2 e la fig. 3. Nella fig. 7 è visibile l'assenza di un segnale di riempimento quando la durata del treno di oscillazioni è diminuita fino a 100 μ s.



l'impulso di rumore e questa uguaglianza fra i tempi viene mantenuta fino a che la durata dell'impulso non diventa superiore approssimativamente a 2,5 ms, dopo di che l'impulso non viene più eliminato (ved. fig. 6). Per valutare l'efficacia dell'azione svolta dall'apparecchio Burwen su impulsi disturbanti molto brevi, per i quali l'apparecchio in questione dovrebbe essere stato ottimizzato, si è abbreviata la durata del treno di oscillazioni portandola a 100 μ s (pari ad un ciclo del segnale a 10 kHz). Il risultato che si è ottenuto in queste condizioni è mostrato nella fig. 7, con una scala dei tempi pari a 100 μ s/divisione. Come si può osservare, la presenza di un transitorio

della durata di 100 μ s provoca la soppressione del segnale utile per un intervallo di circa 200 μ s. E' anche evidente, come già si era constatato nel caso dell'apparecchio prodotto dalla SAE, che il soppressore non interviene in modo visibile per colmare il vuoto lasciato dall'impulso disturbante soppresso.

Non si è sottoposto il modello MRM 101 della Garrard a prove con questi medesimi segnali compositi, a causa del tipo di collegamento utilizzato dalla Garrard per connettere l'apparecchio all'amplificatore.

Prove di ascolto - Le misure condotte utilizzando segnali formati da treni d'onde rive-

CARATTERISTICHE TECNICHE DEI SOPPRESSORI DEI DISTURBI IMPULSIVI

Caratteristiche	SAE 5000	Burwen TNE 7000	Garrard MRM 101
Distorsione armonica (da 20 Hz a 20 kHz, con livello d'uscita al valore nominale, salvo avviso contrario)	0,1%	0,2%	0,01% diretta 0,1% soppressa (1 kHz)
Distorsione d'intermodulazione	0,1%	—	—
Rapporto S/R (livello in V)	90 dB (2,5 V)	96 dB (2,5 V)	100 dB (diretta, 8 V) 80 dB (soppressa, 2,5 V)
Uscita nominale	2,5 V	2,5 V	300 mV
Uscita massima	9 V	7 V	8 V (diretta) 2,5 V (soppressa)
Risposta in frequenza (20 Hz - 20 kHz)	± 1 dB	$\pm 0,5$ dB	$\pm 1,5$ dB (dalla curva RIAA)
Impedenza d'ingresso	75 k Ω	40 k Ω	47 k Ω
Impedenza di carico	maggiore di 600 Ω	5 k Ω	10 k Ω
Guadagno	+0/-1 dB	0,0 dB	—
Consumo (a 120 V)	7 W	8 W	7 W
Dimensioni (cm) (largh. x prof. x altezza)	27,3 x 23,5 x 7,5	42,5 x 19,3 x 7,3	37,5 x 29,5 x 7
Prezzo indicativo (Lit.)	300.000	350.000	250.000

stono un notevole interesse, ma non risultano sufficientemente complete da consentire di giudicare nel modo corretto le prestazioni offerte dai soppressori. Prove che consentano di formulare giudizi più conclusivi possono essere effettuate solamente ricorrendo a confronti soggettivi fra le riproduzioni sonore ottenute con veri e propri dischi fonografici contenenti disturbi di tipo impulsivo. Tuttavia, segnali di prova comprendenti treni di oscillazioni forniscono utili informazioni sui valori della durata degli impulsi entro cui gli apparecchi sono in grado di funzionare, sulla durata dell'intervallo durante il quale il segnale viene soppresso, e sulla natura del segnale di "riempimento" che viene adoperato durante l'intervallo di soppressione (non si è constatata la presenza di alcun segnale di "riempimento" in nessuno dei soppressori).

La maggior parte delle prove d'ascolto è stata effettuata utilizzando dischi fonografici, poiché questi rappresentano il fine principale per cui tali apparecchi sono stati progettati. Si sono impiegati diversi tipi di cartucce fonografiche, fra cui quella per CD-4, un tipo a magnete mobile di basso costo, ed alcune cartucce a bobina mobile, ma non si sono riscontrate differenze notevoli nelle prestazioni degli apparecchi passando da una cartuccia all'altra.

Per condurre le prove d'ascolto si è realizzato un disco "dimostrativo" servendosi di una lametta da barba, con la quale si è incisa una serie di "graffi" radiali su un disco. Durante la riproduzione di tale disco, effettuata senza l'ausilio di un apparecchio soppressore, la presenza dei graffi ha dato luogo ad un concerto di sonori colpi ad ogni rotazione del disco. Questa costituisce una prova molto efficace, anche se potenzialmente fuorviante, delle possibilità offerte da un apparecchio per l'eliminazione dei disturbi sonori di tipo impulsivo.

Gli apparecchi della Garrard e della SAE si sono dimostrati molto simili per quello che riguarda la loro capacità ad eliminare gli effetti udibili prodotti da simili "graffi". A seconda della severità delle righe prodotte con la lametta da barba, si può ottenere o una soppressione totale del rumore, oppure un leggero suono ricco di basse frequenze, simile ad un urto smorzato, dovuto al "buco" lasciato nel segnale acustico. Perfino questo tipo di disturbo sonoro è risultato di gran lunga più accettabile, in tutti i casi, del di-

sturbo transitorio originale.

L'apparecchio Burwen non dava luogo a quasi nessun risultato quando veniva usato per eliminare i disturbi acustici prodotti dai profondi solchi creati dalla lametta da barba. In un primo momento ci si è chiesti se l'apparecchio stesse funzionando nel modo corretto, ma in seguito si è chiarito il problema: il modello TNE 7000 è progettato per lavorare con i graffi "veri" (cioè con quelli che si incontrano in casi reali), caratterizzati quasi sempre da una profondità di gran lunga inferiore e che danno luogo a transitori più brevi e meno udibili di quelli ottenuti con il disco graffiato ad arte. Quindi i circuiti dell'apparecchio Burwen sono stati realizzati per eliminare questi transitori di breve durata.

Si sono dovuti ricercare alcuni dischi segnati da brevi e secche righe per poter valutare le prestazioni offerte dal soppressore Burwen. Alcuni di questi dischi danno luogo a poco più di uno scricchiolio nel suono, simile al rumore prodotto dalle particelle di polvere e dalle scariche elettrostatiche. L'apparecchio prodotto dalle SAE si è dimostrato in grado di ripulire il suono abbastanza bene, ma ha manifestato la tendenza a lasciare rumori udibili simili ad urti soffocati (questo comportamento si spiega considerando che l'apparecchio blocca il transito del segnale per un intervallo di durata costante, indipendentemente dalla durata effettiva del transitorio, dando luogo così ad una risposta uniforme per tutti i disturbi impulsivi). L'apparecchio prodotto dalla Garrard è risultato in grado di eliminare i disturbi abbastanza bene, senza lasciare quasi traccia di rumore residuo. Il sistema Burwen è apparso di gran lunga il più efficiente dei tre soppressori in questa situazione. L'unico indizio che avvertisse della presenza di un transitorio era il lampeggiare dell'indicatore a LED.

Si sono provati i tre apparecchi utilizzando un programma radiofonico in MF, che conteneva effetti riproductivi dischi fonografici graffiati. Anche se il sistema della Garrard non può essere adoperato in un caso come questo, gli altri due sistemi possono risultare molto utili, almeno potenzialmente. Le poche volte in cui ci si è imbattuti in radiotrasmissioni in MF in cui venivano trasmessi dischi rigati, non si sono potuti fare paragoni validi fra l'apparecchio Burwen e quello della SAE poiché i rumori non dura-

vano abbastanza a lungo e poiché non erano sotto controllo. Si è appurato, tuttavia, che entrambi i soppressori erano in grado di fare un lavoro discreto per quello che concerneva l'eliminazione dei "click" dai segnali radiotrasmessi in MF. Inoltre, l'apparecchio Burwen, grazie alla risposta molto rapida che lo caratterizza, è risultato estremamente efficace per ciò che riguardava la soppressione delle interferenze provocate dalle macchine sul segnale radiotrasmesso in MF.

Conclusione - L'adozione di un apparecchio per l'eliminazione dei disturbi acustici di tipo impulsivo nel proprio impianto domestico per la riproduzione musicale deve essere decisa in base al numero di dischi fonografici seriamente rigati che si possiedono. Naturalmente è possibile acquistare un mucchio di dischi nuovi al posto di quelli rigati con i soldi che si spenderebbero per comprare il soppressore. Ma per chi si occupa della registrazione su nastro magnetico di vecchi dischi rovinati, per i quali non è possibile reperire copie sostitutive, un apparecchio soppressore può rappresentare un accessorio impagabile.

Il sistema prodotto dalla Garrard presenta insieme il vantaggio e lo svantaggio di incorporare un suo proprio preamplificatore fono. Quando si utilizza lo stadio soppressore, tale preamplificatore non offre le medesime prestazioni di quelle ottenibili da preamplificatori incorporati in amplificatori e ricevitori di costo moderato, e qualche audiofilo particolarmente esigente può non voler utilizzare tale preamplificatore al posto di un altro già in suo possesso (anche se, quando i circuiti di soppressione vengono disabilitati, il preamplificatore incorporato nel sistema della Garrard è di ottima qualità). D'altra parte il modello MRM 101 consente di disporre di un ingresso fono addizionale per cartuccia magnetica quando viene collegato agli ingressi ausiliari di un amplificatore. Comunque, qualsiasi deficienza esso possa presentare, ciò riveste un'importanza secondaria quando si è costretti a scegliere fra l'alternativa di ascoltare un disco rigato e quella di non riprodurlo affatto.

Per chi decide di tenere il proprio preamplificatore fono, il modello 5000 della SAE costituisce una buona scelta, in quanto offre prestazioni molto simili a quelle fornite dal sistema prodotto dalla Garrard per quello che riguarda l'eliminazione dei disturbi so-

nor di tipo impulsivo. Sia il primo sia il secondo sistema sono in grado di fare un lavoro di soppressione eccezionalmente valido, influenzando relativamente poco il programma medesimo. Quanto peggiore è il disturbo impulsivo, tanto più efficace risulterà l'azione di rimozione del medesimo svolta dal sistema.

Il modello Burwen TNE 7000 offre prestazioni molto più raffinate. Se le superfici dei dischi sembrano essere state sottoposte ad un trattamento per mezzo di lamette da barba, questo sistema soppressore non rappresenta l'ideale per rimuovere i disturbi introdotti nel segnale audio. Tuttavia, nel corso delle prove, quando si è avuto a che fare con disturbi prodotti sia da danneggiamenti superficiali più realistici, dovuti a cause accidentali od a difetti di fabbricazione, sia da scariche di natura elettrostatica, durante l'ascolto di dischi fonografici o di radio trasmissioni in MF, il sistema Burwen si è rivelato l'apparecchio più efficace fra quelli sperimentati.

Tutti i sistemi si sono dimostrati di facile regolazione, consentendo di ottenere una buona soppressione senza introdurre una distorsione udibile, anche se una regolazione a valori troppo elevati del livello della soglia, nel caso dell'apparecchio Burwen e di quello della SAE, può dar luogo talvolta ad uno spiacevole suono un po' rauco. Poiché il posizionamento corretto dei controlli è agevole, questo tipo di distorsione non deve creare eccessive preoccupazioni. Non si è riusciti, con il sistema prodotto dalla Garrard, ad ottenere un suono affetto da distorsione udibile od a sovraccaricare l'apparecchio agendo sulla regolazione di soglia entro tutto il suo campo di variazione.

Si tenga presente che nessuno degli apparecchi descritti in queste pagine è in grado di intervenire efficacemente contro fruscii, ronzii, o qualsiasi rumore connesso con la riproduzione di dischi fonografici, fuorché i disturbi acustici di natura transitoria che soddisfano ai criteri di riconoscimento previsti negli apparecchi medesimi. Quando sono adoperati per gli scopi per i quali sono stati progettati, questi apparecchi possono costituire un'aggiunta efficace ed utile a qualsiasi sistema di riproduzione musicale in cui la qualità dei dischi non raggiunge lo stesso livello di quella che contraddistingue i singoli componenti dell'impianto interessati alla riproduzione medesima. ★

Multitester "NYCE"

TS/2561-00

- 50 000 Ω/V
- Duplicatore di portata
- Scala a specchio per eliminare gli errori di parallasse
- Movimento antiurto su rubini

Specifiche tecniche

Portate	Tensioni c.c.	0-125-250 mV 0-125-25 -5-10-25-50-125-250-500 -1000 V
	Tensioni c.a.	0-5-10-25-50-125-250 -500-1000 V
	Correnti c.c.	0-25-50 μ A 0-2-5-5-25-50 -250-500 mA 0-5-10 A
	Resistenze	0-2k-20 k-200 k Ω 0-2M-20 M Ω centro scala 10
	Decibels	-20+62 dB in 8 portate
Precisioni	Tensioni c.c.	\pm 4% 125 mV / \pm 2,5 V, 500-1000 V
	Tensioni c.a.	\pm 3% Fondo scala
	Correnti c.c.	\pm 4% Fondo scala
	Resistenze	\pm 4% Fondo scala
	Decibels	\pm 3% Fondo scala
Sensibilità	Tensioni c.c.	50 k Ω/V (V-A2) 25 k Ω/V (V-Q, A) 10 k Ω/V (V-A1,2) 5 k Ω/V (V-Q, A)
	Tensioni c.a.	
Alimentazione	Una pila da 1,5 V - Una pila da 9 V	
Dimensioni	170 x 124 x 50	



Multitester "NYCE"

TS/2567-00

- 100 000 Ω/V
- Protezione con diodi e fusibile
- Scala a specchio per eliminare gli errori di parallasse
- Movimento antiurto

Specifiche tecniche

Portate	Tensioni c.c.	0,25-2,5-10-50-250-1000 V
	Tensioni c.a.	5-10-50-250-1000 V
	Correnti c.c.	10 μ A-2,5 mA-25 mA-500 mA-10 A
	Correnti c.a.	10 A
	Resistenze	x1x10x1 000x10 000 Ω
Decibels	-10+16+62 dB	
Misure Speciali	Con alimentazione interna 2 pile 1/2 torcia da 1,5 V	
	Transistors	HFE 0-1000/ICO 0-50 μ A
	Capacità	5 pF 30- μ F/0,01-50 μ F
Dimensioni	180 x 140 x 80	



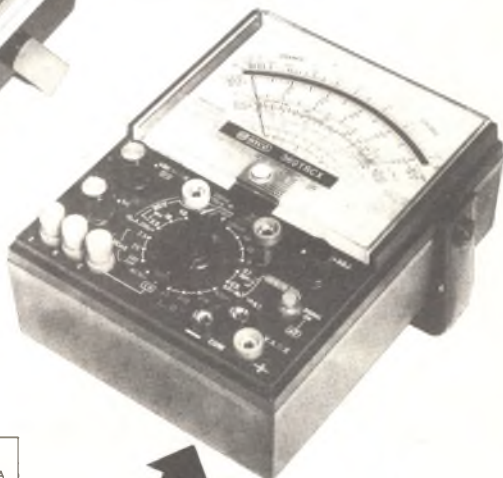
Multitester "NYCE"

TS/2566-00

- 20 000 Ω/V
- Versatile e compatto
- Duplicatore di portata
- Movimento antiurto su rubino

Specifiche tecniche

Portate	Tensioni c.c.	0-0,25-2,5-25-150-500 V 0-0,5-5-50-300-1000 V
	Tensioni c.a.	0-15-150-500 V 0-30-300-1000 V
	Correnti c.c.	50 μ A-100 μ A 0-2,5-250 mA 0-5-500 mA
	Resistenze	x1x100x1 k 32 Ω centro scala
	Decibels	
Precisioni	Tensioni c.c.	\pm 3% Fondo scala
	Tensioni c.a.	\pm 4% Fondo scala
	Correnti c.c.	\pm 3% Fondo scala
	Resistenze	\pm 3% Fondo scala
	Decibels	
Sensibilità	Tensioni c.c.	20 k Ω/V 10 k Ω/V
	Tensioni c.a.	10 k Ω/V 5 k Ω/V
Alimentazione	Una pila da 1,5 V	
Dimensioni	108 x 78 x 25	



TEST & MEASURING INSTRUMENTS

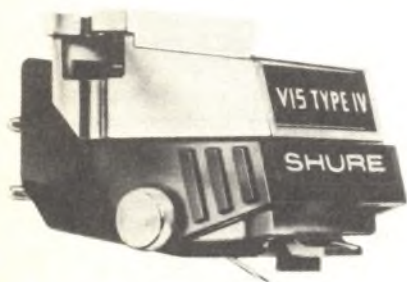
REDIST Divisione della

Distribuzione Componenti Elettronici



TESTINA FONORILEVATRICE STEREOFONICA SHURE V 15 TYPE IV

**Un minuscolo spazzolino pulisce il disco
e smorza le risonanze a bassa frequenza
del braccio**



La testina Mod. V 15 Type IV della Shure, oltre ad essere provvista di un dispositivo per eliminare le cariche elettrostatiche e per smorzare le risonanze, è stata affinata anche nella parte trasduttrice vera e propria, per cui offre prestazioni di alto livello. La massa efficace della puntina è stata ridotta, dagli 0,33 mg della testina Type III, a 0,29 mg; la puntina usata è un nuovo tipo "iperellittico" che dovrebbe presentare alle alte frequenze una distorsione di lettura particolarmente bassa. Il modello di testina Type IV ha inoltre un livello di uscita leggermente più alto di quello del modello precedente, cioè il Type III. La Shure, scostandosi da quella che era stata una pratica costantemente seguita negli anni precedenti per le testine più pregiate, ha progettato questa testina in modo da ottenere la risposta in frequenza più uniforme quando essa è caricata con una resistenza da 47 k Ω avente in parallelo una capacità di valore compreso tra 200 pF e

300 pF (la testina Type III era invece prevista per funzionare con una capacità di 400 ÷ 500 pF).

Il prezzo di questa testina, comprensivo della puntina iperellittica tipo VN45HE, è di circa 150.000 lire.

Descrizione generale - Quanto all'aspetto esterno, la testina Type IV è assai simile alla Type III; l'insieme dei fori di fissaggio è stato però leggermente modificato per semplificarne l'installazione nel guscio portatestina. La testina viene fornita corredata di una piastrina con fori filettati, che si applica al corpo della testina; si elimina così la necessità di dadi separati per il fissaggio della stessa.

Come la Type III, la testina Type IV è progettata per poter funzionare con tutte le forze di appoggio comprese tra 0,75 g e 1,25 g; tuttavia, per compensare la spinta esercitata dallo spazzolino, la forza di appoggio del braccio deve essere regolata su un valore di 0,5 g più alto di quello voluto, cioè tra 1,25 g e 1,75 g.

La Shure è riuscita a ridurre la massa della sottile asta che porta la puntina realizzandola con un tubetto in lega leggera di diametro ridotto, il quale è irrigidito per mezzo di una barretta posta presso il punto di incernieramento. Il materiale per lo smorzamento, posto presso tale punto, è sistemato in modo da migliorare al massimo la capacità di seguire il solco alle alte frequenze.

La risposta in frequenza della nuova testina ha una tolleranza nominale di ± 1 dB sino ad 8 kHz e di ± 2 dB sino a 20 kHz. La capacità di seguire fedelmente le ondulazioni del solco con forza di appoggio di 1 g è stata migliorata a tutte le frequenze, in particolar modo a quelle comprese tra 5 kHz e 10 kHz e nella zona tra 8 Hz e 15 Hz, cioè dove cadono le oscillazioni causate dalle incurvatures del disco.

Misure di laboratorio - Per effettuare le prove, si è montata la testina sul braccio di un giradischi Dual Mod. 701 e, tranne dove era esplicitamente data un'indicazione diversa, le prove sono state condotte con forza di appoggio di 1 g.

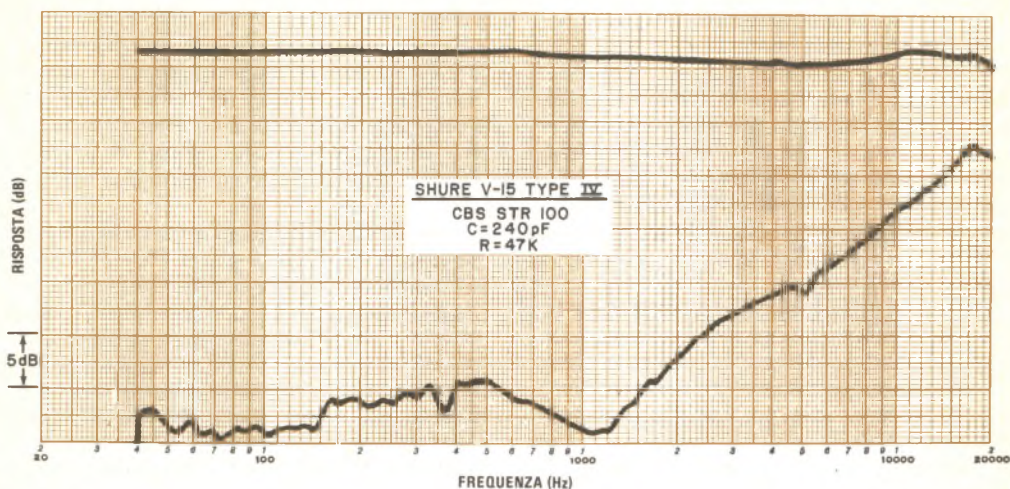
Con tale forza di appoggio, la testina è apparsa in grado di leggere con facilità i dischi di prova più difficili; essa si è mostrata capace di leggere i segnali a 300 Hz del disco di prova del "German HI-FI Institute" sino al livello dei 70 micron, cioè quanto basta per essere considerata una testina di alta fedeltà, con forza di 0,75 g, e sino al livello degli 80 micron con forza di 1 g. Il livello più elevato del disco, cioè quello dei 100 mi-

cron, è risultato riproducibile senza distorsione con la più alta forza di appoggio prevista per la testina, cioè di 1,25 g. La tensione d'uscita, con velocità di spostamento della puntina di 3,54 cm/s, è risultata di 3,85 mV, con una differenza tra i canali di 0,5 dB (i rispettivi valori nominali sono di 4 mV e di 3 dB).

La distorsione di intermodulazione misurata con il disco di prova Shure TTR 102 è risultata estremamente bassa: essa era mediamente dell'1% e raggiungeva il valore massimo del 2% alla massima velocità prevista dal disco, cioè di 27 cm/s. La prova di lettura alle alte frequenze eseguita con i treni d'onda incisi sul disco di prova Shure TTR-103 ha rivelato una distorsione della cadenza di ripetizione praticamente costante e compresa tra lo 0,7% e lo 0,9% su tutto il campo delle velocità di spostamento previste nel disco, cioè tra 15 cm/s e 30 cm/s. Il fatto che nessuna delle due misure di distorsione abbia mostrato variazioni apprezzabili su una ampia gamma di velocità di spostamento della puntina fa pensare che la distorsione misurata sia in realtà quella propria del disco e degli strumenti di misura, piuttosto che un

CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO

CARATTERISTICA	VALORE NOMINALE	VALORE MISURATO
Risposta in frequenza	10 - 25.000 Hz (± 1 dB sino a 8 kHz), ± 2 dB sino a 20 kHz)	40 - 20.000 Hz $\pm 0,8$ dB
Tensione d'uscita	4 mV a 1 kHz, 5 cm/s	3,85 mV a 1 kHz, 3,54 cm/s
Bilanciamento tra i canali	2 dB	0,5 dB
Separazione tra i canali	25 dB a 1 kHz 15 dB a 10 kHz	30 dB a 1 kHz 18 dB a 10 kHz
Forza di appoggio	da 0,75 g a 1,25 g sull'estremità della puntina da 1,25 g a 1,75 g con lo spazzolino di smorzamento	- -
Carico	47 k Ω in parallelo con 200 \div 300 pF	47 k Ω in parallelo con 240 pF



Risposta globale in frequenza e diafonia, misurate usando il disco di prova CBS STR 100.

effetto di distorsione generato dalla testina stessa.

La risposta in frequenza misurata usando il disco di prova CBS STR 100 è apparsa in accordo con quanto dichiarato dalla Shure. La risposta è risultata compresa in una fascia di $\pm 0,8$ dB da 40 Hz a 20 kHz. La separazione tra i canali aveva un valore nominale minimo di 25 dB a 1 kHz e di 15 dB a 10 kHz; i valori misurati erano rispettivamente di 30 dB e di 18 dB. La risposta in frequenza non è apparsa influenzata da variazioni anche rilevanti della capacità di carico (da 150 pF a 375 pF).

Il dispositivo di smorzamento si è dimostrato di impressionante efficacia: esso eliminava completamente la leggera salita che si ha normalmente nella curva di risposta in corrispondenza della risonanza alle basse frequenze e produceva addirittura una leggera caduta della curva per frequenze al di sotto dei 20 Hz. Le differenze che si sono riscontrate nelle risposte alle basse frequenze, misurate con lo smorzatore alzato e con lo smorzatore posto nella sua posizione di normale impiego, erano di circa 7 dB a 9 Hz e di 1 dB a 20 Hz. Nessuna misura è stata eseguita per controllare l'effettiva capacità dello spazzolino di eliminare le cariche elettrostatiche, a parte un controllo a vista. Lo spazzolino ha rimosso una quantità visibile di polvere dai dischi impiegati per le prove.

Impressioni d'uso - Il suono della testina Mod. V 15 Type IV è molto simile a quello della testina Type III, che è pure caratterizzata da una risposta in frequenza molto uniforme. E' ben difficile quindi distinguere ad orecchio una testina dall'altra quando si riproduce la maggior parte dei dischi. Il modo migliore per rendersi conto dei progressi fatti dalla Shure con la testina Type IV è quello di usarla per riprodurre un disco che superi le possibilità della testina Type III, anche se sono pochi i dischi del genere.

Una prova che mette bene in evidenza le differenze tra le due testine è quella fatta con il vecchio disco di prova Shure TTR 110 "Audio Obstacle Course - Era III"; con la testina Type III (ed in generale con la maggior parte delle testine), in corrispondenza dei più alti livelli dei suoni sibilanti, si avverte un suono un po' forzato ed un inizio di distorsione. Ripetendo la prova con la testina Type IV, questa, usata con forza di appoggio di 1 g, è invece risultata capace di riprodurre qualsiasi brano del disco senza alcun accenno di sforzo. Si è fatto anche qualche controllo con il nuovo disco di prova "Era IV", ma non si sono ottenuti esiti ben definiti: i risultati della prova condotta con questo disco non sono in effetti così facili da interpretare come quelli della prova con il disco "Era III", forse perché la testina ha letto il disco in questione completamente senza alcun pro-

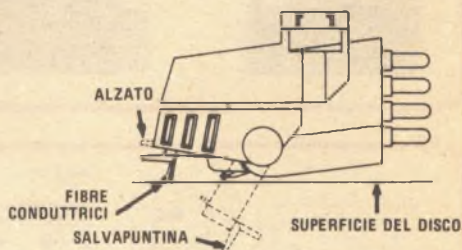
La maggior parte degli aspetti innovatori della cartuccia sono Shure modello V15 tipo IV non sono visibili; alcuni non sono nemmeno facilmente misurabili con strumenti. Tuttavia, la caratteristica che differenzia questa cartuccia da quelle di altro tipo è il suo salvapuntina incernierato, che fa parte del complesso amovibile della puntina.

Esaminando dettagliatamente questo dispositivo, si rileva che un piccolo spazzolino è incorporato nella sua parte più bassa; esso è largo circa 6,4 mm ed è previsto per scorrere sulla superficie del disco appena davanti alla puntina. Gli spazzolini per dischi, anche se fissati alla cartuccia, non rappresentano una novità, ma lo spazzolino del tipo IV in oggetto è piuttosto singolare: è composto di circa diecimila minuscole fibre di grafite, ciascuna delle quali ha un diametro di 0,00760 mm circa. Oltre ad asportare la polvere dal disco durante la riproduzione, dieci di tali fibre possono entrare nel solco del disco ed estrarre la polvere dalle pareti e dal fondo di quest'ultimo.

Le fibre di grafite dello spazzolino della cartuccia tipo IV sono elettricamente conduttrici; questa particolarità, oltre al fatto che il salvapuntina è di metallo ed è collegato ad un terminale di massa delle uscite di segnale della cartuccia, è ciò che rende singolare tale spazzolino. Quando un disco viene riprodotto, le cariche elettrostatiche che si accumulano sulla sua superficie vengono scaricate a massa e ciò mantiene relativamente bassa la carica residua.

Numerosi sono i vantaggi che si ottengono neutralizzando la carica statica

su un disco che si riproduce. Innanzitutto, la forza di traccia verticale della cartuccia non viene aumentata dall'attrazione elettrostatica, la quale può aggiungere parecchi decimi di grammo alla forza netta. In secondo luogo, la tendenza del materiale vinilico del disco ad attrarre la polvere viene fortemente ridotta. In terzo luogo, i rumori generati da scariche elettrostatiche mentre si riproduce un disco vengono eliminati o ridotti.



Il più importante contributo del complesso salvapuntina è però quello finale e consiste nel fatto che i perni di tale complesso sono smorzati viscosamente, per cui tutto il complesso concorre a smorzare la risonanza di bassa frequenza del braccio e della cartuccia. L'aumento dell'uscita della cartuccia a qualche bassa frequenza nella gamma da 8 Hz a 10 Hz viene eliminato dall'azione di smorzamento e la riproduzione di dischi ondulati viene fortemente migliorata.

blema.

La testina Type IV è apparsa dotata delle migliori qualità e quasi priva di difetti. Eccezionali sono risultate la regolarità della sua risposta in frequenza, la bassa distorsione, la capacità di seguire fedelmente ogni ondulazione del solco ed il suono privo di ogni colorazione particolare. Essa inoltre è risultata effettivamente in grado di rimuovere le cariche elettrostatiche e la polvere sia dalla superficie sia dai solchi del disco.

L'effetto di smorzamento sulla risonanza alle basse frequenze è apparso migliore di quello ottenuto con altre testine esaminate;

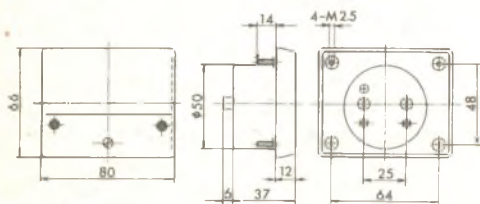
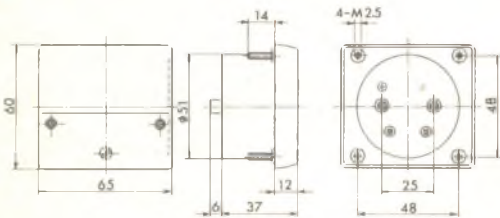
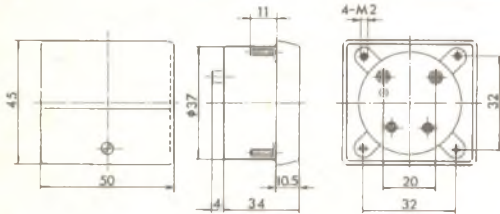
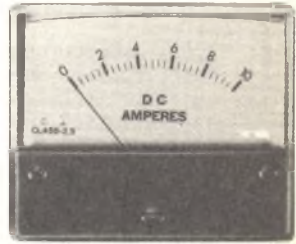
a prescindere dai miglioramenti nel suono che un corretto smorzamento può assicurare, quest'ultimo è particolarmente importante quando si vogliono riprodurre dischi leggermente incurvati. Si è controllata questa proprietà usando un certo numero di dischi incurvati, che erano praticamente inutilizzabili con altre testine; quasi tutti sono risultati riproducibili con la testina Type IV, la quale si è comportata come se fosse incollata alla superficie del disco. Si è cioè constatato che la testina non aveva tendenza alcuna a sollevarsi dalla superficie del disco alla cresta di ogni ondulazione presente su essa. ★

new

STRUMENTI



DA PANNELLO - A BOBINA MOBILE - CLASSE 2,5



FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
mA c.c.	
0-1	TP/0552-01
0-5	TP/0552-05
0-50	TP/0552-50
0-100	TP/0553-10
0-500	TP/0553-50
A c.c.	
0-1	TP/0554-01
0-3	TP/0554-03
0-5	TP/0554-05
0-10	TP/0554-10
0-30	TP/0554-30

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
V c.c.	
0-15	TP/0555-15
0-30	TP/0555-30
0-60	TP/0555-60
V c.a.	
0-15	TP/0558-15
0-30	TP/0558-30
0-60	TP/0558-60
0-300	TP/0559-30

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
mA c.c.	
0-1	TP/0562-01
0-5	TP/0562-05
0-50	TP/0562-50
0-100	TP/0563-10
0-500	TP/0563-50
A c.c.	
0-1	TP/0564-01
0-3	TP/0564-03
0-5	TP/0564-05
0-10	TP/0564-10
0-30	TP/0564-30

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
V c.c.	
0-15	TP/0565-15
0-30	TP/0565-30
0-60	TP/0565-60
V c.a.	
0-15	TP/0568-15
0-30	TP/0568-30
0-60	TP/0568-60
0-300	TP/0569-30

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
mA c.c.	
0-1	TP/0582-01
0-5	TP/0582-05
0-50	TP/0582-50
0-100	TP/0583-10
0-500	TP/0583-50
A c.c.	
0-1	TP/0584-01
0-3	TP/0584-03
0-5	TP/0584-05
0-10	TP/0584-10
0-30	TP/0584-30

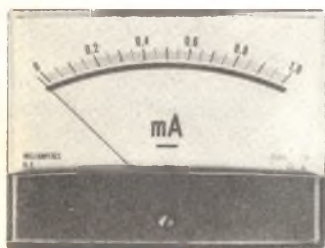
FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
V c.c.	
0-15	TP/0585-15
0-30	TP/0585-30
0-60	TP/0585-60
V c.a.	
0-15	TP/0588-15
0-30	TP/0588-30
0-60	TP/0588-60
0-300	TP/0589-30

I voltmetri in c.a. sono equipaggiati internamente di raddrizzatore a ponte

STRUMENTI



DA PANNELLO - A BOBINA MOBILE - CLASSE 2

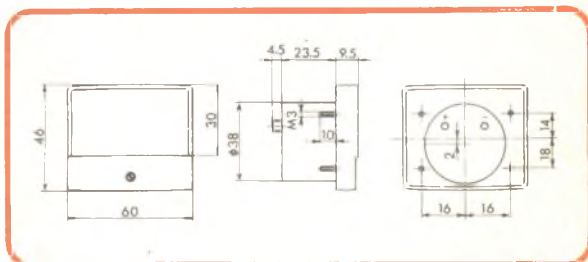


FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
mA c.c.	
0-1	TP/0662-01
0-50	TP/0662-50
0-100	TP/0663-10
0-500	TP/0663-50

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
A c.c.	
0-1	TP/0664-01
0-3	TP/0664-03
0-5	TP/0664-05
0-10	TP/0664-10
0-20	TP/0664-20

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
V c.c.	
0-15	TP/0665-15
0-30	TP/0665-30
0-60	TP/0665-60

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
V c.a.	
0-15	TP/0668-15
0-30	TP/0668-30
0-60	TP/0668-60
0-300	TP/0669-30

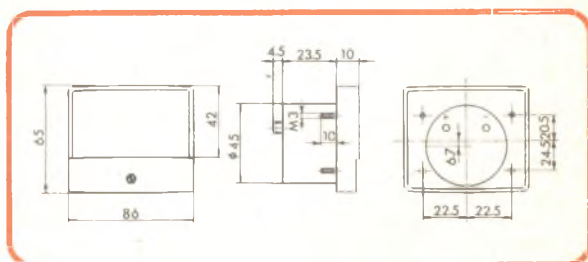


FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
mA c.c.	
0-1	TP/0682-01
0-50	TP/0682-50
0-100	TP/0683-10
0-500	TP/0683-50

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
A c.c.	
0-1	TP/0684-01
0-3	TP/0684-03
0-5	TP/0684-05
0-10	TP/0684-10
0-20	TP/0684-20

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
V c.c.	
0-15	TP/0685-15
0-30	TP/0685-30
0-60	TP/0685-60

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
V c.a.	
0-15	TP/0688-15
0-30	TP/0688-30
0-60	TP/0688-60
0-300	TP/0689-30

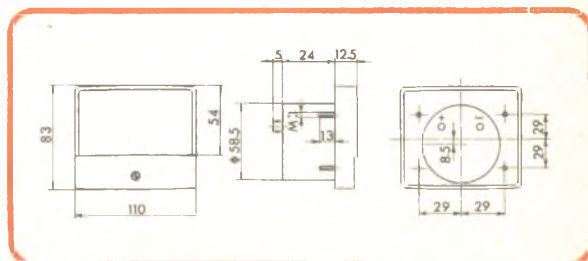


FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
mA c.c.	
0-1	TP/0712-01
0-50	TP/0712-50
0-100	TP/0713-10
0-500	TP/0713-50

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
A c.c.	
0-1	TP/0714-01
0-3	TP/0714-03
0-5	TP/0714-05
0-10	TP/0714-10
0-20	TP/0714-20

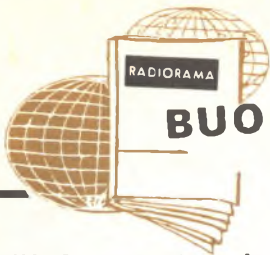
FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
V c.c.	
0-15	TP/0715-15
0-30	TP/0715-30
0-60	TP/0715-60

FUNZIONI E PORTATE	CODICI G.B.C.
V c.a.	
0-15	TP/0718-15
0-30	TP/0718-30
0-60	TP/0718-60
0-300	TP/0719-30



Con scala a specchio e quadrante illuminato

REDIST Divisione della G.B.C.



BUONE OCCASIONI

Le risposte alle inserzioni devono essere inviate direttamente all'indirizzo indicato su ciascun annuncio.

VENDO strumenti per elettrotecnici (misuratore professionale, voltohmetro, impianto citofonico, ecc.) in blocco o separatamente. C. Alberto Ferrazza, via Monte Garda - 32020 Lentiai (Belluno).

VENDO 48 condensatori elettrolitici assortiti, + 4 condensatori a carta 0,22 μ F, + 3 induttori per filtri, + 10 lampadine a goccia, + 10 resistori 15 Ω e 68 k Ω , + 5 transistori 2N411, + 5 zener 3 V, tutto seminuovo mai usato L. 17.000. Tratto solo con zona Roma. Luciano Magni, via P.Togliatti 87 - 00045 Genzano (Roma).

VENDO pinza spellafili automatica nuovissima mai usata a L. 13.500 piú spese di spedizione postali. Per accordi scrivere a: Rosario Parafati, via Vitt. Emanuele 13 - 88062 Cardinale (CZ).

VENDO trasmettitore FM 5 W con segnale incorporato - per tener occupata la frequenza - nuovo autocostruito a L. 70.000 + mixer 5 ingressi, uno con decoder è senza mobiletto, a L. 30.000; mixer e trasmettitore insieme a L. 90.000. Cerco radio-registratore stereo. Albano Filiaci, via B. Miriam 1/F -

63035 Offida (Ascoli Piceno).

VENDO stabilizzatore per TV con entrate universali e uscita 110-220 V + trasformatore con entrate e uscite universali 200 V.A. Tutti e due usati, L. 20.000. Per contatti scrivere a: Giovanni Iamartino, via Magellano 11/A - 24068 Seriate (BG).

L'ANGOLO DEGLI INCONTRI

Riservato ai Lettori ed Allievi che desiderano conoscerne altri: a tutti buon incontro!

CERCO ragazzi (dai 12 ai 16 anni) che frequentano il Corso "Radio Stereo a Transistori" per scambio di idee, consigli, opinioni. Scrivete a Antonio Marinaro, via Taranto-Lecce n. 39 - 74022 Fragagnano (TA). Risponderò a tutti.

GRADIREI incontro con ragazzi di ambo i sessi che frequentano il Corso Sperimentatore Elettronico della Scuola Radio Elettra per scambi di opinioni, amicizia ed esperienze tecniche. Ho 12 anni e sono bagherese. Antonio Buttitta, via S. Antonio 9 - 90011 Bagheria (PA) - Tel. 632.698.

MODULO PER INSERZIONE

- Le inserzioni in questa rubrica prevedono offerte di lavoro, cambi di materiale, proposte in genere, ricerche di corrispondenza, ecc., sono assolutamente gratuite e non devono superare le 50 parole. Verranno cestinate le lettere non inerenti al carattere della nostra Rivista.
- Ritagliate la scheda ed inviatela in busta chiusa a: **Radiorama**, Segreteria di Redazione - Sezione corrispondenza - via Stellone, 5 - 10126 Torino.

SCRIVERE IN STAMPATELLO

5/80

Indirizzo:

FOTOGRAFO PROFESSIONISTA



o fotoamatore evoluto

UN CORSO COMPLETO

Il corso di fotografia, è stato studiato in modo da creare una formazione artistica e tecnica di alto livello. Le lezioni del corso sono state redatte in modo semplice, di facile comprensione, pur mantenendo inalterata l'indispensabile precisione richiesta dalla materia.

UN CORSO RICCO DI MATERIALI

Fin dall'inizio del corso, gli allievi riceveranno con le lezioni i materiali per la formazione di un completo laboratorio bianco-nero e colori. Oltre al materiale fotografico, vaschette, torchio per stampa a contatto, spirali, 300 compo-



Scuola Radio Elettra

10126 Torino - Via Stellone 5 / 633
Tel. (011) 674432

COMPILATE RITAGLIATE IMBUCATE
spedire senza busta e senza francobollo

Francatura a carico
del destinatario da
addebitarsi sul conto
credito n. 126 presso
l'Ufficio P.T. di Torino
A.D. - Aut. Dir. Prov.
P.T. di Torino n. 23616
1048 del 23-3-1955



Scuola Radio Elettra

10100 Torino AD





nenti ed accessori da camera oscura, il corso comprende un ingranditore professionale con porta-filtri per il colore, per negativi fino a un formato di 6x9; un timer da camera oscura; una smaltatrice elettrica; un completo parco lampade. Il tutto resterà di proprietà dell'allievo.

UN CORSO COMODO

Sarà lo stesso allievo a regolare l'invio delle lezioni e dei materiali, secondo la propria disponibilità di tempo. Ogni lezione si paga direttamente al postino e

costa mediamente poche migliaia di lire.

UNA GARANZIA DI SERIETA'

Tra i vostri conoscenti c'è certamente qualcuno che ha già frequentato uno dei tanti corsi Scuola Radio Elettra. Sia un tecnico in elettronica, in elettrotecnica, in elaborazione dei dati su computer..., chiedete il suo giudizio.



SVILUPPO PELLICOLE BIANCO-NERO E A COLORI



SALA DI POSA E PARCO LAMPADE

VOLETE SAPERNE DI PIU'?

Fate anche voi come oltre cento mila giovani in tutta Italia, che sono diventati tecnici qualificati grazie ai corsi della Scuola Radio Elettra. Ritagliate, compilate e spedite la cartolina pubblicata qui in basso. Riceverete gratuitamente e senza alcun impegno da parte Vostra un interessante opuscolo a colori sul corso di fotografia e sugli altri corsi della Scuola.

IMPORTANTE: AL TERMINE DEL CORSO LA SCUOLA RADIO ELETTRA RILASCIATA UN ATTESTATO DA CUI RISULTA LA VOSTRA PREPARAZIONE.



Scuola Radio Elettra

10126 Torino - Via Stellone 5/633

Tel. (011) 674432



INVIATEMI GRATIS TUTTE LE INFORMAZIONI RELATIVE AL CORSO DI

633

FOTOGRAFIA

PER CORTESIA, SCRIVERE IN STAMPATELLO

MITTENTE:

NOME _____

COGNOME _____

PROFESSIONE _____

ETA' _____

VIA _____

N. _____

CITTA' _____

COD. POST. _____

PROV. _____

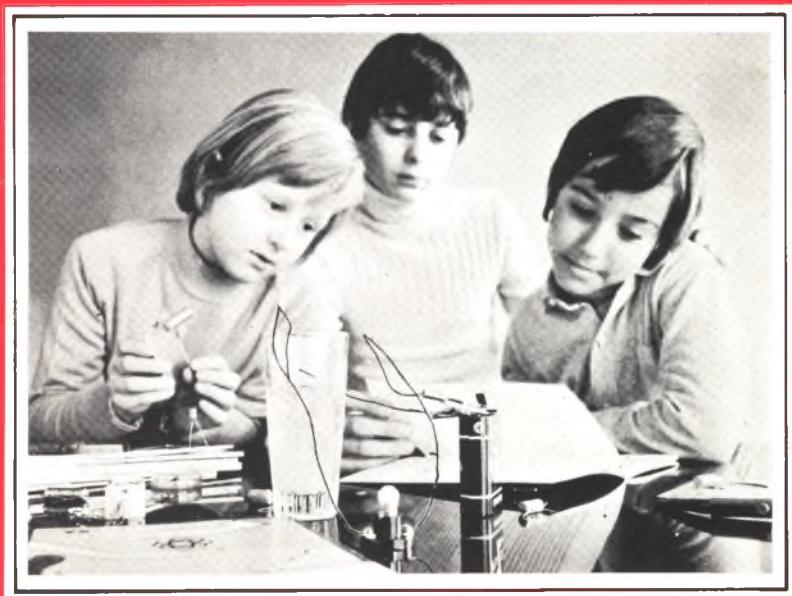
MOTIVO DELLA RICHIESTA:

PER HOBBY

PER PROFESSIONE O AVVENIRE



ELETTRONICA



scienza o magia?

Due fili in un bicchiere d'acqua e... la lampadina si accende.

È opera di un mago? No.

Potrà essere opera vostra quando sarete esplorato a fondo i misteri di una scienza affascinante: **L'ELETTRONICA**.

Chi, al giorno d'oggi, non desidera esplorare questo campo?

Addentratevi dunque nei segreti dell'elettronica sotto la guida della **SCUOLA RADIO ELETTRA**, che propone oggi un nuovo, interessante Corso per corrispondenza: **SPERIMENTATORE ELETTRONICO**.

Tutti possono trovare nel Corso innumerevoli spunti di passatempo o di specializzazione futura.

Genitori, insegnanti, amici vedranno con sorpresa i ragazzi ottenere un'ottima preparazione tecnico-scientifica, senza fatica e divertendosi, grazie alle **16 appassionanti lezioni del Corso SPERIMENTATORE ELETTRONICO**.

Queste, arricchite da **250 componenti**, permettono di compiere più di **70 esperimenti** e di realizzare apparecchi di alta qualità (fra gli altri, un organo elettronico, un interfono, un ricevitore MA, un giradischi) che **resteranno di proprietà dell'Allievo**.

E non c'è pericolo di scosse elettriche: tutti i circuiti funzionano con bassa tensione fornita da batterie da 4,5 volt.

Richiedete oggi stesso, senza alcun impegno da parte vostra, più ampie e dettagliate informazioni sul CORSO SPERIMENTATORE ELETTRONICO.

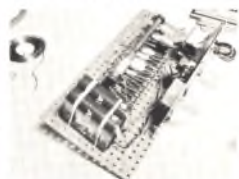
Scrivete alla

Pres. d'atto Ministero della Pubblica Istruzione N. 1391

MONTERETE TRA L'ALTRO



UN ORGANO ELETTRONICO



UN RICEVITORE MA



Scuola Radio Elettra

10126 Torino - Via Stellone 5/ 633

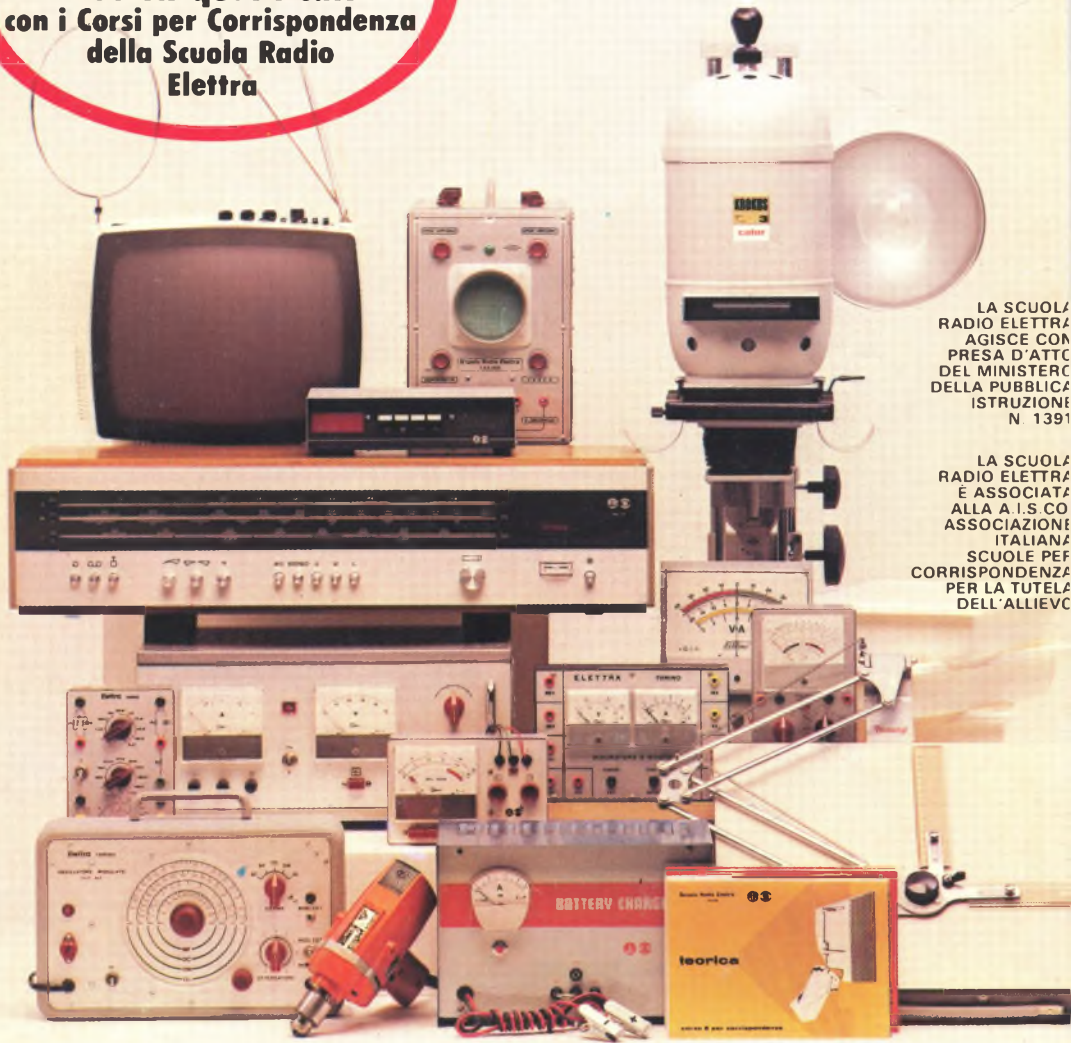
Tel. (011) 674432

LE LEZIONI ED I MATERIALI SONO INVIATI PER CORRISPONDENZA

I NOSTRI LIBRI DI SCUOLA

**in 30 anni
oltre 400.000 giovani
sono diventati
tecnici qualificati
con i Corsi per Corrispondenza
della Scuola Radio
Elettra**

Scegli tra i corsi sotto elencati quello che ritieni più interessante ed adatto alle tue aspirazioni. Scrivi indicando il corso o i corsi prescelti. Riceverai, gratuitamente e senza alcun impegno da parte tua, una splendida documentazione a colori.



LA SCUOLA
RADIO ELETTRA
AGISCE CON
PRESA D'ATTO
DEL MINISTERO
DELLA PUBBLICA
ISTRUZIONE
N. 139/1

LA SCUOLA
RADIO ELETTRA
È ASSOCIATA
ALLA I.S.CO
ASSOCIAZIONE
ITALIANA
SCUOLE PER
CORRISPONDENZA
PER LA TUTELA
DELL'ALIEVO

CORSI DI SPECIALIZZAZIONE TECNICA (con materiali)

RADIO STEREO A TRANSISTORI - TELEVISIONE BIANCO E NERO ED A COLORI - ELETTROTECNICA - ELETTRONICA INDUSTRIALE - AMPLIFICAZIONE STEREO - FOTOGRAFIA - ELETTRAUTO

CORSI DI QUALIFICAZIONE PROFESSIONALE

PROGRAMMAZIONE SU ELABORATORI ELETTRONICI - DISEGNATORE MECCANICO PROGETTISTA - ESPERTO COMMERCIALE - IMPIEGATA D'AZIENDA - TECNICO D'OFFICINA - MOTORISTA AUTORIPARATORE - ASSISTENTE E DISEGNATORE EDILE - LINGUE (FRANCESE, INGLESE, TEDESCO)

CORSO ORIENTATIVO-PRATICO (con materiali)

SPERIMENTATORE ELETTRONICO (adatto ai giovani dai 12 ai 15 anni)



Scuola Radio Elettra

10126 Torino - Via Stellone 5/6

Tel. (011) 674432

perché anche tu valga di più