

Un nuovo metodo per la misura della distorsione in regime impulsivo

L'impiego congiunto della trasformata rapida di Fourier e di un particolare generatore consente di eseguire misure di distorsione con segnali di breve durata. Come prima applicazione di questa nuova tecnica, si propone la misura ad alta potenza della distorsione generata da un amplificatore caricato da un normale sistema di altoparlanti.

di Paolo Nuti

La distorsione generata dai vari fenomeni di non linearità presenti negli amplificatori di potenza per sistemi di alta fedeltà viene comunemente rilevata collegandone l'uscita ad un carico fittizio puramente resistivo. Secondo una consuetudine consolidata da normative e raccomandazioni nazionali e internazionali, i valori preferibili per questo carico resistivo sono 4, 8, 16 ohm.

Per l'azione congiunta di più fenomeni, il comportamento in termini di distorsione e massima tensione di uscita dell'amplificatore collegato al sistema di altoparlanti, può differire anche sostanzialmente da quello rilevato su carico resistivo.

Sfortunatamente, per la rilevazione delle non linearità dell'amplificatore di potenza caricato su altoparlante non è possibile impiegare i normali metodi di misura della distorsione armonica, di intermodulazione

4:1, di intermodulazione per differenza di frequenze, di intermodulazione seno + quadra, se non a tensioni di uscita di pochi volt; dal momento che tutti i metodi citati presuppongono l'impiego di segnali di prova stazionari, tensioni e quindi potenze di uscita maggiori comporterebbero la distruzione termica degli altoparlanti o dei sistemi di altoparlanti.

Alcuni fenomeni di non linearità dell'amplificatore insorgono però a tensioni e correnti considerevolmente più elevate di quelle sopportabili in regime continuo dai normali sistemi di altoparlanti, ma normalmente raggiunte nel funzionamento con segnali musicali; risulta dunque del massimo interesse la ricerca di metodi atti a definire il comportamento del sistema nella situazione di carico effettiva piuttosto che su carico resistivo puro.

Le strade percorribili a questo fine sono sostanzialmente 3:

A — Comparazione diretta del segnale di uscita con quello di ingresso, previo opportuno bilanciamento in livello e fase dei due segnali.

B — Definizione di un carico reattivo standard atto a simulare le caratteristiche di impedenza viste ai morsetti di un ipotetico "altoparlante medio".

C — Sviluppo di un metodo di misura della distorsione con segnali di durata non superiore a poche decine di millisecondi.

Il primo metodo, pur presentando il pregio di consentire la valutazione globale di qualsiasi tipo di distorsione indipendentemente dal meccanismo che l'ha generata, ha il suo punto debole nella intrinseca difficoltà di definire esattamente le caratteristiche del segnale musicale impiegato nella prova.

Il secondo metodo, ove fosse possibile definire un carico reattivo standard, presenterebbe il vantaggio di consentire l'impiego diretto dei metodi e delle apparecchiature oggi in uso per le misure di distorsione su carico resistivo. Se è però ragionevole pensare ad un carico reattivo atto a simulare il singolo altoparlante, assai più complesso appare il compito di definire un carico reattivo in grado di simulare con sufficiente attendibilità la grande varietà di diffusori acustici, presenti sul mercato. Si pensi alle notevoli differenze nell'impedenza rilevata ai morsetti di sistemi a 2 o 3 vie, senza considerare il gran numero di soluzioni sin qui proposte per i filtri di crossover.

Il terzo metodo, pur consentendo di rilevare la distorsione in condizioni di funzionamento corrispondenti a quelle reali, presenta due inconvenienti:

1 — la misura non ha valore generale, ma assume significato solo per una determina-

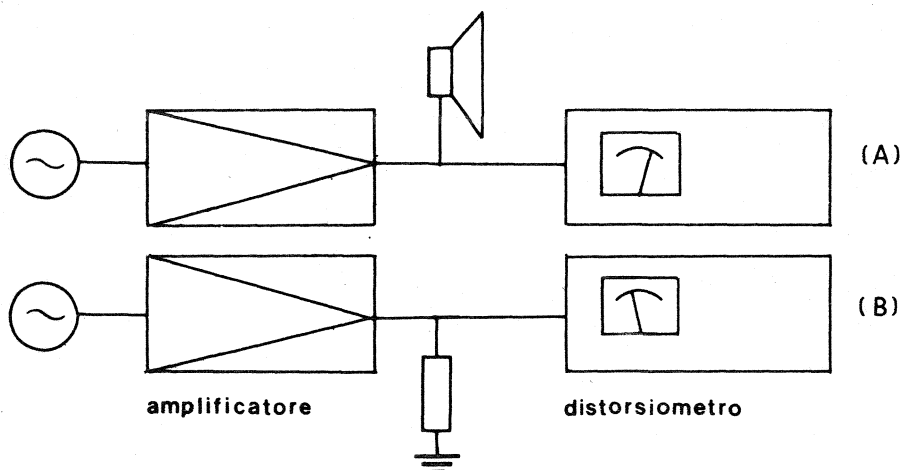


Figura 1 — Pena la distruzione termica dell'altoparlante nel caso A, non è possibile effettuare misure di distorsione in regime permanente con tecniche tradizionali se non a potenze di uscita molto ridotte. A potenze più elevate occorre sostituire l'altoparlante con un carico resistivo R (caso B). Su di un altoparlante il comportamento dell'amplificatore può differire sostanzialmente da quello rilevabile sul carico resistivo.

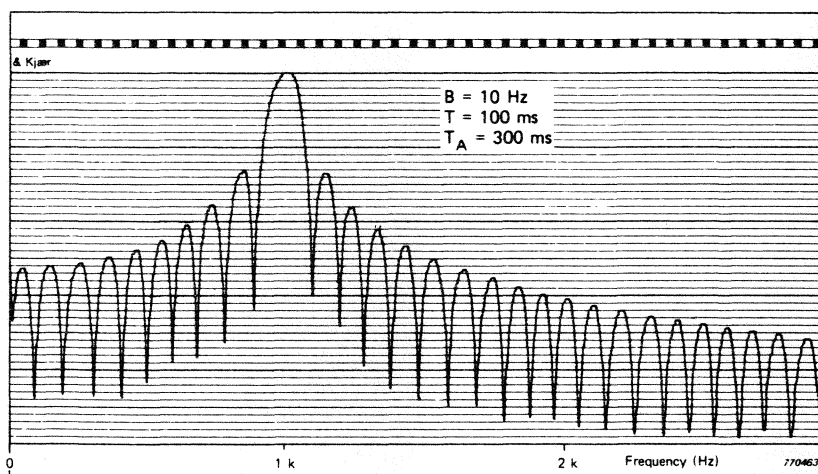
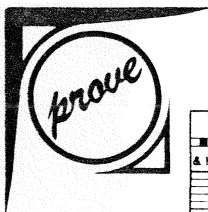


Figura 2 — Analisi con strumentazione analogica (analizzatore eterodina B&K modello 2010) di un tone burst di 10 ms con periodo di ripetizione di 100 ms; frequenza della fondamentale 1 kHz.

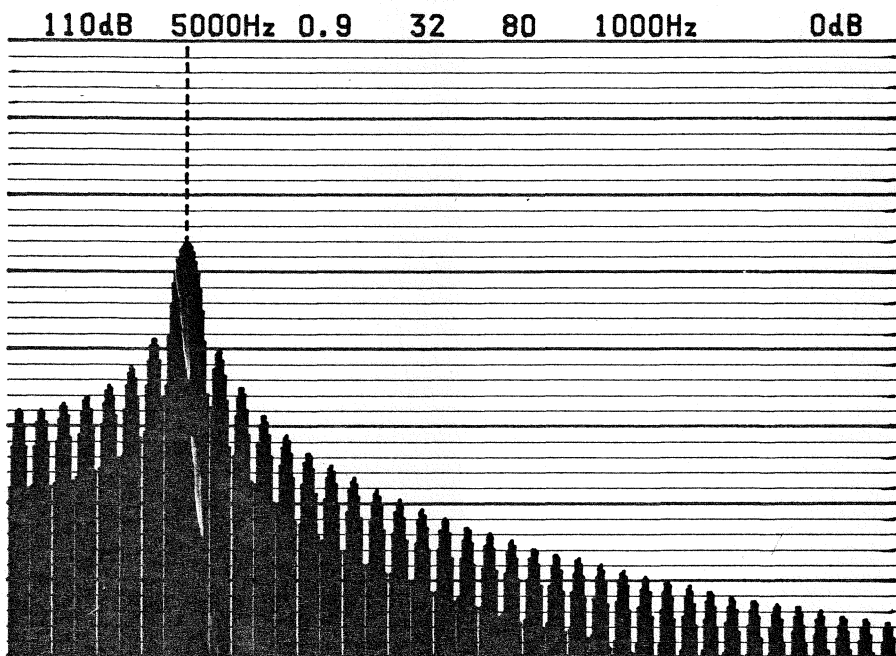


Figura 3 — Analisi con metodi numerici (analizzatore FFT B&K modello 2031) di un tone burst di 8 ms, periodo di ripetizione 80 ms, frequenza della fondamentale 1 kHz.

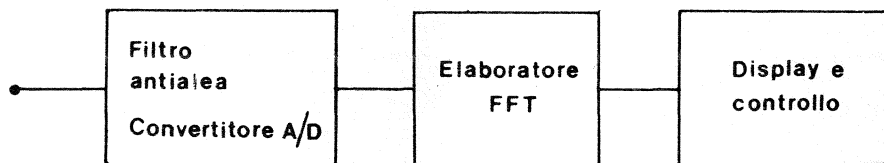


Figura 4 — Schema a blocchi di un analizzatore rapido a trasformata di Fourier (FFT analyzer).

ta combinazione di amplificatore e sistema di altoparlanti.

2 — La trasformazione del segnale di prova da continuo in treni di impulsi (tone burst) ne modifica la distribuzione spettrale in funzione della durata del burst e del periodo di ripetizione al punto da coprire la presenza di eventuali distorsioni. A titolo di esempio la figura 2 si riferisce all'analisi con strumentazione analogica (analizzatore eterodina) di un burst di segnali sinusoidali a 1 kHz della durata di 10 ms

con periodo di ripetizione di 100 ms. Come si vede il "lobo" a 2 kHz è circa 30 dB sotto il livello della fondamentale. Con segnali a più toni lo spettro si complica ulteriormente. Con metodi di analisi numerici si perviene, come mostra la figura 3- a risultati analoghi.

Analizzatori FFT e troncatura del campione
Nel caso in cui l'obiettivo sia la rilevazione della distorsione di una particolare combinazione amplificatore/altoparlante, la pri-

ma osservazione cade e diviene di notevole interesse la soluzione dei problemi citati al punto due. Con tecniche di analisi digitale facenti uso di algoritmi di trasformata rapida di Fourier (FFT) è possibile raggiungere il risultato desiderato. Un analizzatore FFT è costituito essenzialmente di 3 blocchi (figura 4): una sezione analogica di ingresso comprendente attenuatori, filtri antialea ed un convertitore analogico digitale per il campionamento del segnale; la sezione di calcolo trasforma mediante un algoritmo di FFT il segnale campionato dal dominio del tempo a quello della frequenza; la terza sezione è dedicata alla presentazione dei risultati.

La necessità di effettuare un campionamento del segnale di ingresso comporta con segnali periodici la presenza di indesiderati effetti di troncatura: se il numero di periodi campionati non è intero, il risultato della trasformazione comprenderà oltre alle righe corrispondenti ai segnali effettivamente presenti, una serie di bande laterali (vedi figura 5). Per limitare l'effetto della troncatura è possibile modificare il campione mediante una "finestra di Hanning" nel qual caso al costo di una riduzione di selettività si contengono gli effetti della troncatura (figura 5c).

Se viceversa il numero di periodi del segnale di ingresso campionati è esattamente intero, il risultato della FFT è una singola riga. In questo caso la risoluzione è massima e limitata unicamente dalla durata complessiva del campionamento del tempo. Indicando con B la risoluzione, con T la durata complessiva del campionamento, con n il numero totale di campioni e con t l'intervallo di campionamento si ha:

$$B = \frac{1}{T} = \frac{1}{n \cdot t}$$

Ad esempio per T = 20 ms e n = 1024 campioni, si ha una risoluzione B di 50 Hz e un intervallo di campionamento t = 19.53125 ms. La figura 6 mostra i risultati dell'analisi per un campione non troncato.

Se le componenti del segnale sono più d'una, è ancora possibile utilizzare la massima selettività teorica a condizione che ciascuna entri nel campione con un numero intero di periodi. A titolo di esempio la figura 7 mostra il risultato dell'analisi di un segnale costituito da una onda quadra a 3200 Hz ed una sinusoidale a 15 kHz con rapporto tra i valori di picco 4:1. Con durata del campione pari a 20 ms, il numero di periodi campionati è esattamente 64 per l'onda quadra e 300 per la sinusoidale. Per garantire una sufficiente stabilità, è necessario generare i segnali di misura e quello di temporizzazione per il campionamento a mezzo di oscillatori reciprocamente interbloccati in fase. Un adatto generatore fu messo a punto ai primi del 1980 da Bo Arnklit per l'esecuzione di misure di intermodulazione seno + quadra.

Misura della distorsione con segnali di breve durata

Dalla messa a punto del generatore interbloccato alla misura della distorsione con

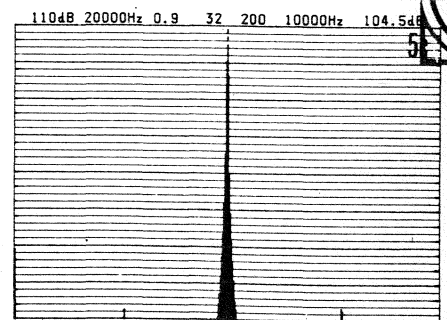
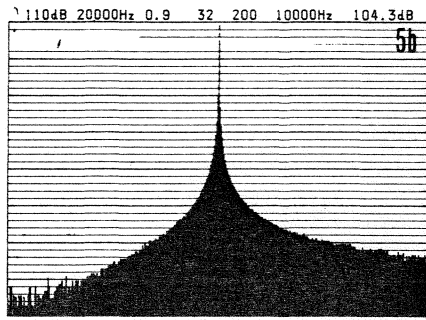
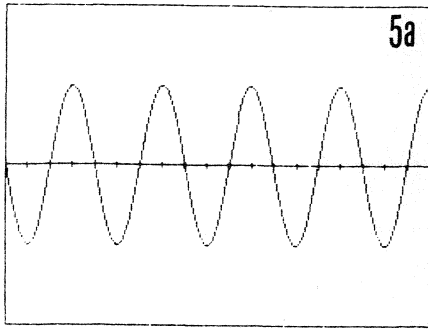


Figura 5 — Nel caso di segnali stazionari periodici, se il numero di periodi acquisiti non è intero (a), la trasformata del segnale presenta un gran numero di bande laterali causate dalla troncatura (b); con il filtro di Hanning si limitano gli effetti della troncatura sia pure al prezzo di una leggera perdita di selettività (c).

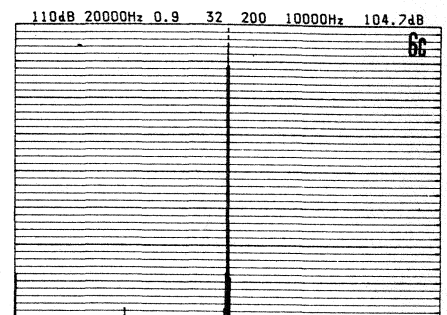
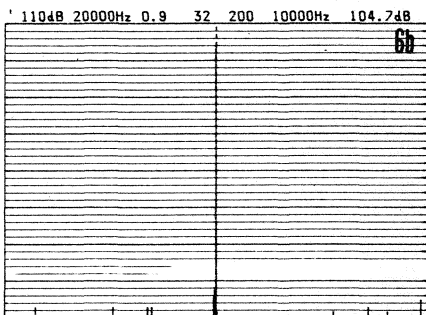
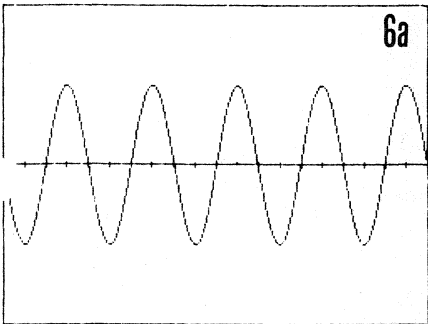


Figura 6 — Se il numero di periodi di un segnale stazionario periodico è intero (a), il risultato della FFT è una unica riga e la risoluzione è pari all'inverso della durata del campione (b). Il filtro di Hanning non è più necessario e comporta solo una perdita di selettività (c).

segnali non stazionari, il passo è breve: dal momento che l'analizzatore trasforma un campione di durata definita (p.e. 20 ms su banda 20 kHz) è sufficiente interrompere il segnale di prova dopo ciascuna acquisizione. Dopo un conveniente periodo di tempo si può riportare il segnale al livello di prova, effettuare una acquisizione, interrompere nuovamente il segnale e così via. La figura 8 si riferisce appunto ad una analisi effettuata con questa tecnica.

Il segnale per misure di distorsione di interfaccia amplificatore/altoparlante

Disponendo di una tecnica per la misura della distorsione con segnali di breve durata, è possibile rilevare la distorsione ai morsetti di un amplificatore caricato su di un diffusore senza procurarne la distruzione per effetti termici.

Innanzitutto è necessario fissare la durata del segnale ed il rapporto pieno/vuoto. La durata minima del segnale è legata alla lunghezza del campione acquisito dall'analizzatore. Benché con alcuni accorgimenti sia possibile impiegare campioni di durata inferiore al tempo di acquisizione, è risultato conveniente ed accettabile impiegare una durata del segnale di 40 ms. Per semplificare la costruzione del generatore è opportuno che il rapporto tra il periodo di ripetizione e la durata del burst sia pari ad una potenza di 2. Dal momento che la potenza elettrica in regime continuo accettata da un sistema di altoparlanti è per lo più compresa tra i 4 e i 10 watt, con rapporti pari a 64 o 128 si possono convenientemente effettuare misure con amplificatori da 55 ÷ 65 volt efficaci di uscita (400 ÷ 300

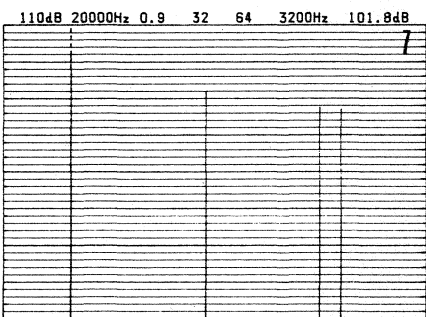


Figura 7 — Analisi spettrale del segnale per misure di distorsione di intermodulazione seno + quadra 1:4 fornito dal generatore bloccato in fase di Arnklt (1980).

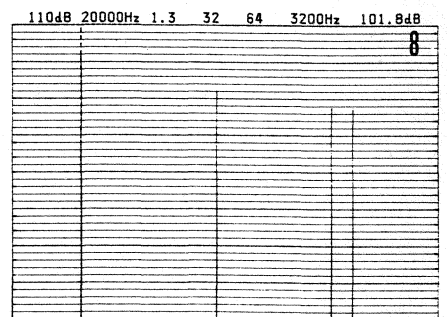


Figura 8 — Analisi spettrale di un impulso seno più quadra 1:4 della durata di 40 ms bloccato in fase e sincronizzato con l'analizzatore. (Arnklt 1981). La risoluzione è identica a quella disponibile con il segnale stazionario.

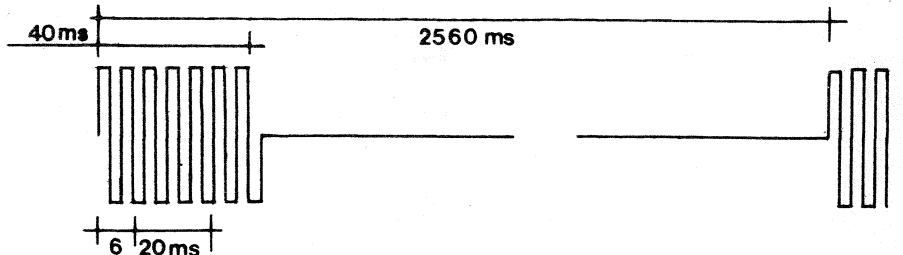


Figura 9 — Caratteristiche temporali del segnale di prova proposto per misure di distorsione di amplificatori caricati su sistemi di altoparlanti. Durata del burst: 40 ms; rapporto pieno/vuoto 1/63; finestra di misura: 20 ms; ritardo della finestra di misura 6 ms.

watt su 8 ohm). Dopo breve esperienza si è ritenuto adatto un rapporto pari a 64. Con tale scelta il fattore di cresta a lungo termine è pari a 18.06 dB, convenientemente simile ai 17 ÷ 20 dB generalmente attribuiti al segnale musicale. La finestra di misura di 20 ms può a sua volta essere fatta scorre-

re a passi di 2 ms. Per troncare residui effetti dovuti al transitorio della strumentazione, ma tenere ancora conto di un eventuale transitorio del sistema in prova, si è scelto un ritardo di 6 ms. Le caratteristiche definitive di temporizzazione del segnale di prova sono riportate in figura 9. Il

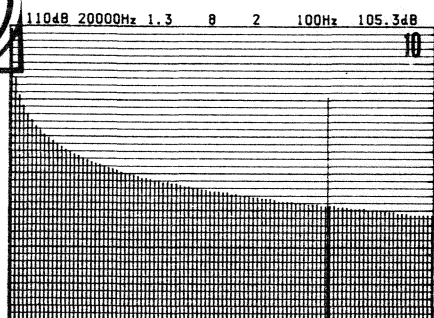
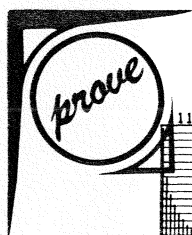


Figura 10 — Frequenza della fondamentale 100 Hz

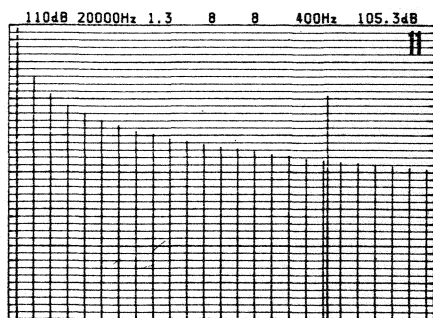


Figura 11 — Frequenza della fondamentale 400 Hz

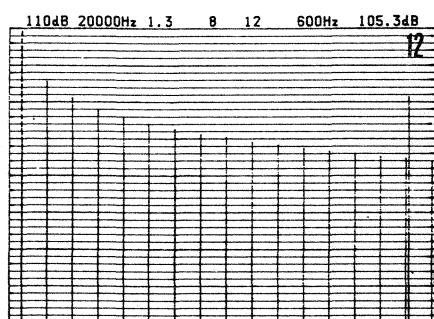


Figura 12 — Frequenza della fondamentale 600 Hz

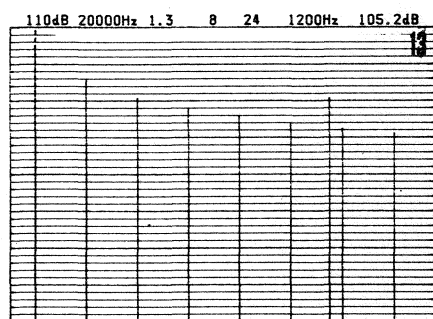


Figura 13 — Frequenza della fondamentale 1200 Hz

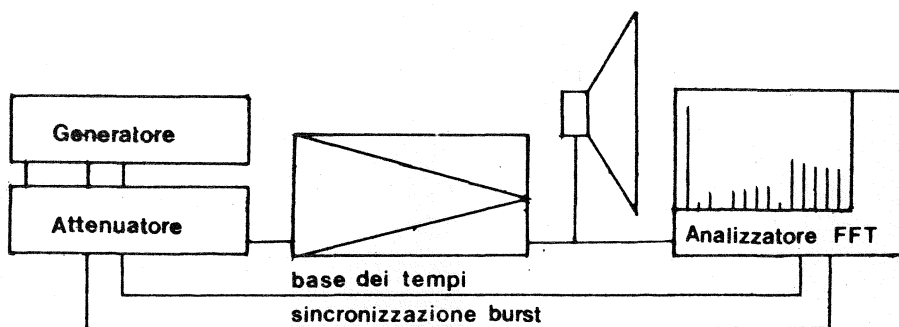


Figura 14 — Schema a blocchi del sistema di misura con tecniche impulsive della distorsione generata da un amplificatore caricato su di un altoparlante.

segnale è filtrato a 30 kHz ed il rapporto 4:1 tra valore di picco della quadra e valore di picco della sinusoide è da intendersi dopo la filtratura medesima.

Gran parte dell'energia del segnale seno + quadra è concentrata nella fondamentale della quadra. Dovendo rilevare caratteristiche di un sistema fortemente variabili con la frequenza, è necessario poter variare la frequenza della fondamentale della quadra sia pure in un campo relativamente ristretto da definirsi in base alla distribuzione di energia in funzione della frequenza tipica del segnale musicale. Fermo restando il criterio del numero intero di periodi nell'intervallo esaminato, la frequenza dell'onda quadra può essere scelta liberamente a condizione che con la risoluzione

non concessa dalla lunghezza del campione, restino libere delle linee spettrali nelle quali rilevare la presenza di eventuali prodotti di intermodulazione. Per $T = 20$ ms, $B = 50$ Hz la frequenza minima di prova è pari a 100 Hz.

Le figure 10, 11, 12, 13 mostrano il caratteristico spettro a pettine del segnale di prova rilevato per frequenze della fondamentale pari a 100, 400, 600, 1200 Hz. Di fatto il generatore attualmente disponibile consente di operare con frequenze della quadra pari a 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1200, 1600, 2400, 3200, 4800 Hz e sussiste la possibilità di effettuare analisi anche a frequenze variabili con continuità tra i passi citati, essendo sufficiente spostare in un intervallo relativamente modesto la fre-

quenza dell'orologio principale che controlla quadra, sinusoide e campionamento.

Dall'esperienza accumulata nell'impiego del sistema si è comunque rilevata l'inutilità di avvicinare ulteriormente i punti di prova dal momento che le prestazioni per tutti i casi esaminati fino ad ora (poco meno di 300) variano abbastanza gradualmente passando da una frequenza alla successiva secondo la successione prima riportata. Per evitare la coincidenza con una delle armoniche, la sinusoide può essere spostata da 15 a 18.750 kHz.

L'applicazione pratica

Complessivamente il sistema di misura (figura 14) è composto di un generatore di segnali seno + quadra completo di attenuatore connesso all'ingresso dell'amplificatore in prova e di un analizzatore FFT collegato all'uscita. L'amplificatore è caricato con un sistema di altoparlanti. Come opzione è possibile collegare l'analizzatore ad un calcolatore elettronico e ad un plotter per l'elaborazione dei dati e dei risultati. L'elevato numero di parametri in gioco (modello dell'amplificatore, modello del diffusore, frequenza della fondamentale, livello di prova, lascia aperte molte possibilità di elaborazione dei risultati. Ad esempio, per una data coppia amplificatore diffusore ed una assegnata frequenza, variando il livello di prova si può rilevare (figure 15a, b, c) l'insorgere di prodotti di intermodulazione della quadra con la sinusoide. Con alcuni amplificatori si può notare a bassa frequenza la presenza di un certo numero di armoniche pari e di altre componenti spurie anche esse causate dalla non linearità del sistema.

La distorsione di intermodulazione totale in regime impulsivo può essere definita come rapporto tra il valore totale del segnale indistorto ed il valore totale dei prodotti di distorsione. Una possibile elaborazione dei dati potrebbe portare a tracciare una curva livello di prova/distorsione del tutto simile a quelle impiegate per distorsione armonica ed intermodulazione. Altra possibile elaborazione è la rappresentazione assonometrica dei prodotti di distorsione in funzione del livello di prova. L'applicazione più semplice consiste nel rilevare il valore della massima tensione indistorta di uscita al manifestarsi dei primi fenomeni di intermodulazione. Ricordiamo che ci stiamo riferendo ad una coppia ampli / diffusore e ad una sola frequenza della fondamentale. Date le caratteristiche spettrali del segnale, il sistema in prova è sollecitato prevalentemente in corrispondenza della fondamentale della quadra.

Poiché l'impedenza (modulo e fase) di un sistema di altoparlanti è fortemente dipendente dalla frequenza, al variare della frequenza del segnale varia il massimo livello indistorto e più in generale il comportamento del sistema. Le figure 16a, b, c mettono in evidenza il diverso tasso di distorsione, a parità di livello di uscita della fondamentale per una stessa coppia ampli /

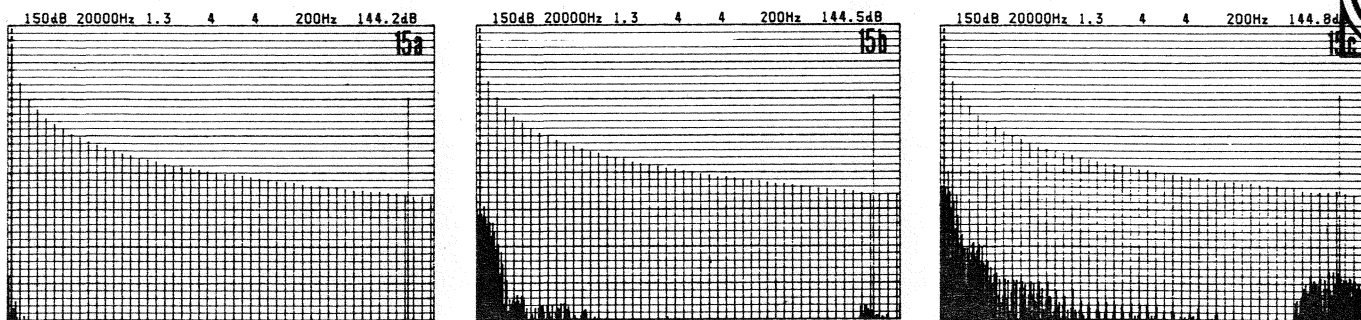


Figura 15 — Insorgere graduale dei prodotti di distorsione al crescere del livello di prova. Frequenza di prova: 200 Hz. Si noti che dal primo al secondo, così come dal secondo al terzo esempio, il livello della fondamentale (indicato in alto a destra) si incrementa di soli 0.3 dB. La risoluzione è 0.1 dB e 50 Hz.

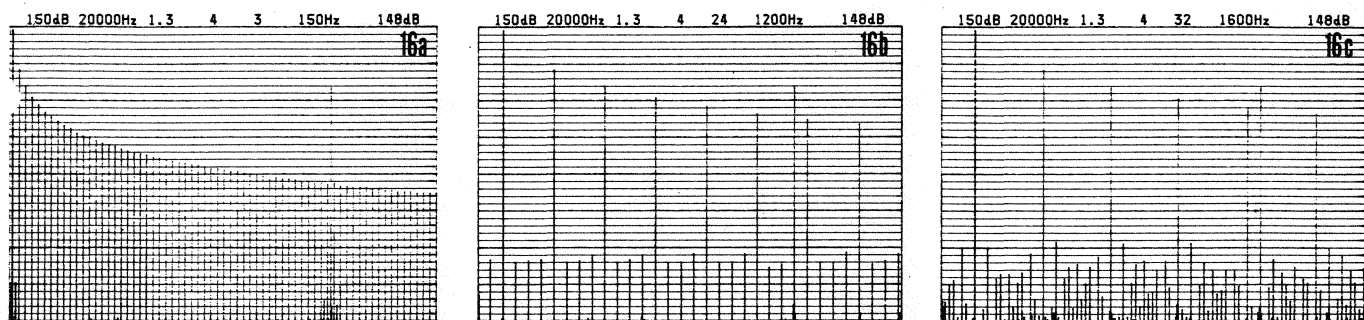


Figura 16 — Esempio di accoppiamento amplificatore/sistema di altoparlanti in cui la frequenza critica non corrisponde al minimo di impedenza, ma cade in corrispondenza di rilevanti rotazioni di fase. Di fatto per questa coppia il massimo livello di uscita è limitato dal comportamento del sistema a 1600 Hz.

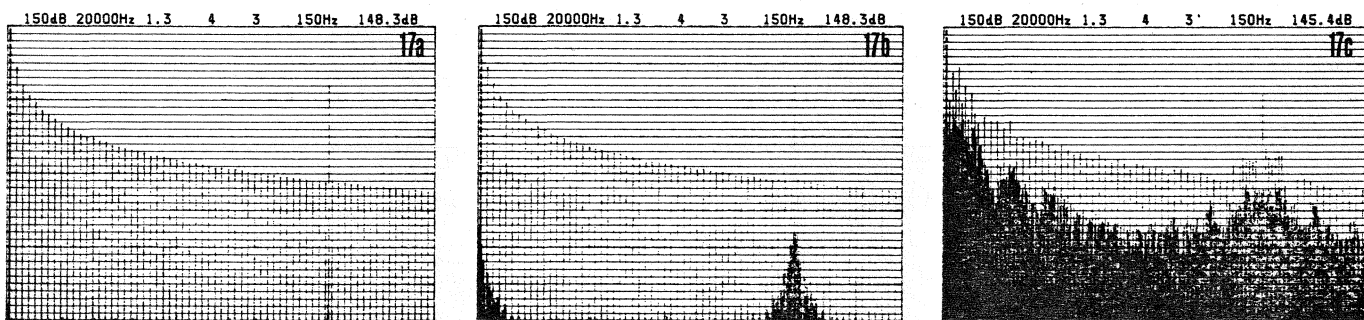


Figura 17 — A parità di tensione di ingresso, ma cambiando il carico, il comportamento del sistema varia in maniera rilevante. A sinistra l'amplificatore è caricato su una resistenza da 8 ohm, al centro su una cassa di impedenza relativamente bassa, ma non reattiva, a destra su una cassa di bassa impedenza.

diffusore con frequenza della quadra pari a 150, 1200, 1600 Hz. Si noti come il comportamento peggiore non cada in corrispondenza del minimo di impedenza (il diffusore è la Wharfedale Laser) ma di consistenti rotazioni di fase.

Le figure 17a, b, c illustrano il diverso comportamento di uno stesso amplificatore su tre diversi carichi il primo è una resistenza da 8 ohm. Sostituendo la resistenza con i diffusori reali, la distorsione sale vistosamente. In particolare il caso di figura 17b è intollerabile; si noti come il livello della fondamentale (in alto a destra nei

grafici) sia sceso di 2,9 dB rispetto a quello rilevato sulla resistenza, benché la tensione di ingresso sia rimasta inalterata.

Conclusioni

Il metodo descritto consente finalmente di rilevare il comportamento ad alta potenza dell'amplificatore in condizioni di carico corrispondenti alla realtà. Resta aperto il problema di elaborare convenientemente la grande quantità di informazioni rilevate e del tempo necessario per l'esecuzione delle misure: con un rapporto pieno/vuoto

pari a 1:63 e burst di 40 ms si può effettuare una misura ogni 2.56 secondi; per una media di 16 acquisizioni successive occorrono oltre 40 secondi. A partire dallo stesso principio che ha permesso di mettere a punto il metodo descritto con segnali per misure di intermodulazione seno + quadra è possibile sviluppare generatori adatti all'impiego in regime impulsivo degli altri tre classici metodi di misura della distorsione: armonica, intermodulazione 4:1, intermodulazione per differenze di frequenze. Più complessa appare l'estensione a sistemi non invarianti.

Prove

IN UNA BREVE SINTESI I COME E I PERCHÉ DELL'INTERFACCIA AMPLI-CASSE

Livello minimo e distorsione in regime statico ed impulsivo

La particolare tecnica di misura della distorsione in regime impulsivo sviluppata dall'equipe di AUDIOREVIEW, consente non solo di trarre informazioni prima non disponibili circa la compatibilità ampli-cassa, ma può essere generalizzata ad altri tipi di misure di distorsione

di Paolo Nuti

Uno degli argomenti più a lungo dibattuti tra gli appassionati di alta fedeltà è certamente quello del "suono" degli amplificatori. Mentre i fautori dell'oggettività hanno tradizionalmente puntato verso prestazioni strumentali, cioè di laboratorio, sempre più spinte, i fautori ad oltranza del soggettivo hanno altrettanto tradizionalmente puntato sulle prove di ascolto.

Gli uni e gli altri tendono a commettere l'errore di dimenticare che le prestazioni dell'amplificatore (e degli altri dispositivi che compongono la catena di riproduzione del suono) possono dipendere sostanzialmente da ciò che lo precede (p.e. il pre) e da ciò che lo segue. Se le tradizionali misure di laboratorio eseguite su carico resistivo di 8 ohm sono insufficienti a definire compiutamente le prestazioni di un amplificatore, altrettanto insufficienti sono, per la loro irripetibilità e soggettività, le prove di ascolto condotte in condizioni sperimentali non definite oggettivamente. Un obiettivo ragionevole per lo sviluppo concreto dell'elettroacustica sembra essere quello di definire, a partire da osservazioni soggettive (prove di ascolto) condotte in un ambiente sperimentale ben definito (a mezzo di opportune misure), le caratteristiche più significative dal punto di vista del funzionamento della catena completa, cioè dell'interfacciamento.

In linea con questi presupposti, nel settembre 1981 abbiamo introdotto dei metodi di prova che, per la prima volta, hanno permesso di verificare le prestazioni dell'amplificatore una volta caricato con il sistema di altoparlanti ed in particolare di verificare la convenienza di un determinato accoppiamento amplificatore-cassa. Questo approccio ha suscitato interesse ed approvazione pressoché unanimi sia tra i tecnici che gli audiofili.

Con questo articolo ci proponiamo di riassumere, ad uso dei lettori meno esperti di elettroacustica e di quelli cui erano sfuggiti i precedenti articoli, sull'argomento, i principi adottati per questa misura e chia-

rare ulteriormente il significato dei risultati riportati sul tabellone di interfacciamento che pubblichiamo in occasione delle prove di amplificatori e sistemi di altoparlanti.

Misure di distorsione su carico convenzionale e su carico naturale

I parametri fondamentali atti a definire completamente le prestazioni di un amplificatore sono: risposta in frequenza, livello di rumore, distorsione e massimo livello di uscita.

Il grosso problema tuttora non completamente risolto, è che le tradizionali procedure di prova in laboratorio di questi parametri non sempre forniscono risultati correlati con le prestazioni poi fornite in pratica dall'amplificatore.

Le cause principali di questa mancata correlazione sono da ricercarsi nelle sostanziali differenze tra i segnali musicali e quelli di prova e tra i carichi convenzionali usati

in laboratorio ed il carico naturale con cui l'amplificatore è chiamato a lavorare, cioè il sistema di altoparlanti.

Se è possibile misurare il rumore e la risposta in frequenza a basso livello dell'amplificatore connesso al sistema di altoparlanti, è viceversa impossibile misurarne con le tradizionali procedure di prova la distorsione ad alto livello ed il massimo livello di uscita. Le misure di distorsione (che coincidono con quelle atte a definire il massimo livello di uscita) sono eseguite in regime permanente, cioè sollecitano l'amplificatore ed il carico ad esso collegato con una certa continuità (per esempio qualche decina di secondi). Se il carico (vedi figura 1a) è costituito da un sistema di altoparlanti, ad alta potenza sarà sicuramente distrutto dal calore generato al suo interno. Per ovviare a questo inconveniente, si è ritenuto a lungo plausibile sostituire, nelle prove di labo-

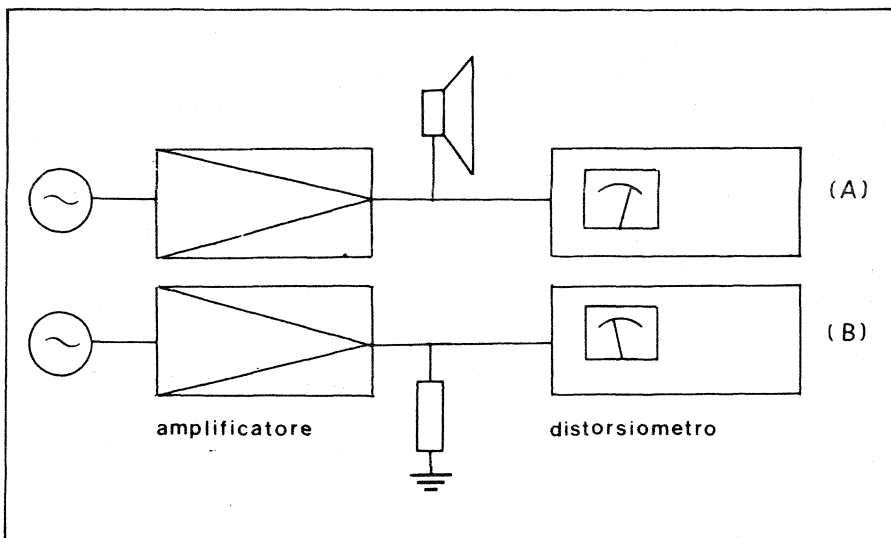
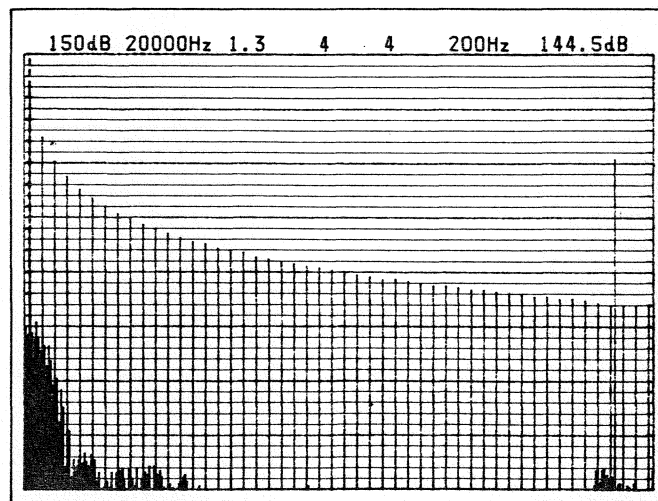
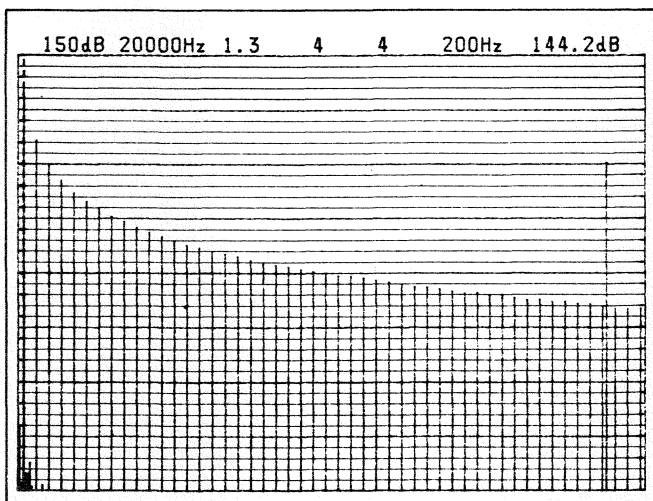


Figura 1 - Pena la distruzione termica dell'altoparlante, nel caso A non è possibile effettuare misure tradizionali di distorsione in regime permanente se non a potenze di uscita molto ridotte. A potenze più elevate occorre sostituire l'altoparlante con un carico resistivo (caso B). Su di un altoparlante il comportamento dell'amplificatore può però differire sostanzialmente da quello rilevabile sul carico resistivo.



11 novembre

Figura 2 - Spettro del segnale di prova calcolato da un analizzatore FFT (Bruel & Kjaer 2033) a partire da un campione della durata di 20 millisecondi. Nella figura di sinistra appaiono solo le componenti desiderate del segnale di prova, mentre in quella di destra, corrispondente ad un livello di uscita più elevato, si nota l'insorgere di componenti relative alla distorsione.

ratorio, l'altoparlante con una resistenza di valore preferibilmente pari a 4, 8 o 16 ohm, di elevata potenza e capacità di dissipazione. Negli ultimi anni è però apparso chiaro che il comportamento dell'amplificatore sul carico naturale (sistema di altoparlanti) può, anche se non necessariamente, essere anche molto diverso da quello rilevato sulla resistenza. Sono stati quindi proposti altri carichi, non più puramente resistivi, ma sempre convenzionali (p.e. 8 ohm $\pm 60^\circ$). Il comportamento dell'amplificatore su questi nuovi carichi convenzionali, è però sempre diverso da quello sul carico naturale, ed anzi varia, secondo le caratteristiche di quest'ultimo, cioè da tipo a tipo di sistema di altoparlanti. La soluzione ideale appare quella di definire, tramite opportune procedure di prova, nuovi parametri dell'amplificatore e del sistema di altoparlanti

dal cui esame sia possibile risalire con precisione alle prestazioni globali del sistema ampli-casse. Questa strada non è al momento percorribile perché questi parametri non sono stati ancora definiti con sufficiente precisione ed attendibilità.

Grazie a nuove tecniche di misura in regime impulsivo, ampiamente illustrate su AUDIOREVIEW 1, settembre 1981, pp 41 - 45, è viceversa possibile misurare la distorsione ed il massimo livello di uscita di un amplificatore caricato da un sistema di altoparlanti senza causarne la distruzione.

La chiave di volta di questa nuova tecnica è un particolare strumento chiamato "analizzatore veloce di Fourier", in pratica un computer specializzato nel calcolo di una particolare operazione matematica chiamata FFT (Fast Fourier Transform, trasformata rapida di Fourier) che consente,

dato un segnale in funzione del tempo, di risalire in poche decine di millisecondi allo spettro del segnale in funzione della frequenza.

Lo spettro del segnale dice tutto sulla distorsione: in esso si possono distinguere le componenti desiderate da quelle generate dalla distorsione (vedi figura 2).

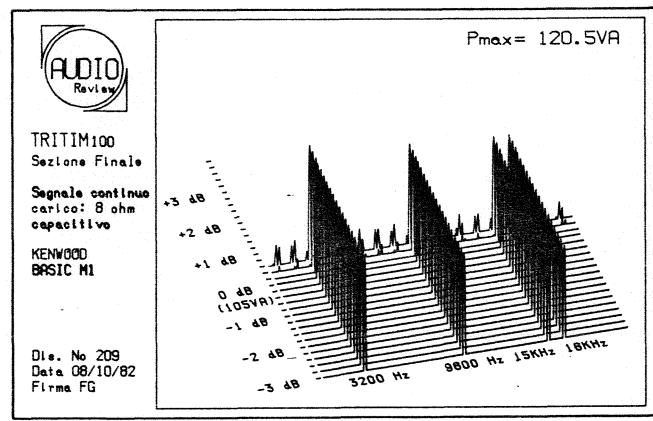
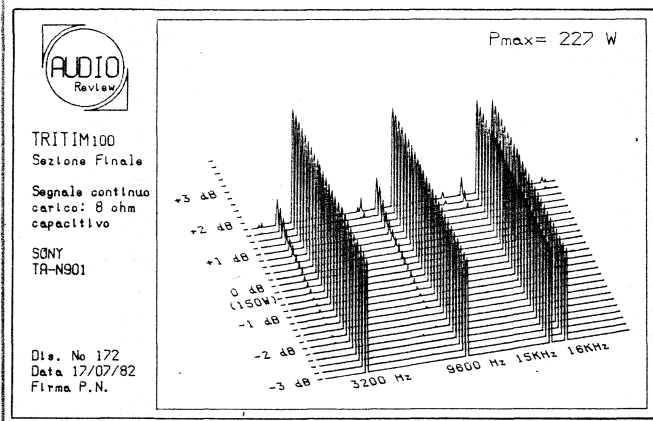
Grazie all'analizzatore FFT e a speciali generatori di segnali sincronizzati con l'analizzatore (figura 3), è possibile misurare la distorsione di un amplificatore collegato ad un sistema di altoparlanti con segnali non continui ma costituiti piuttosto da treni di impulsi della durata minima di 20 millisecondi. In pratica si è visto che per non distruggere, anche con amplificatori molto potenti il sistema di altoparlanti collegato all'uscita dell'amplificatore si possono utilizzare treni di impulsi di durata anche doppia con alcuni vantaggi seconda-

POTENZA, POTENZA APPARENTE, WATT E VOLTAMPER

A partire da questo numero, abbiamo introdotto una piccola modifica formale nei grafici di TRITIM su carico reattivo (induttivo o capacitivo).

Infatti, mentre su carico resistivo il quadrato del valore efficace diviso il valore della resistenza di carico rappresenta effetti-

vamente una potenza e deve essere espresso in watt (W) su carico reattivo il quadrato del valore efficace della tensione diviso per il modulo dell'impedenza corrisponde alla cosiddetta potenza apparente che si esprime, correttamente, in voltamper (VA).



Prove

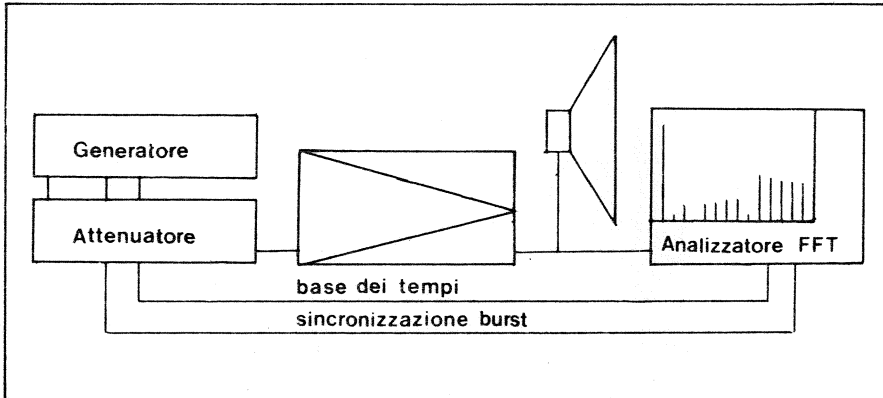


Figura 3 - Schema a blocchi del sistema di misura con tecniche impulsive della distorsione generata da un amplificatore caricato su di un altoparlante o sistema di altoparlanti.

ri sui quali è superfluo soffermarsi in questa sede. Il segnale di prova, in definitiva, ha la struttura illustrata in figura 4. Nell'ambito di questa struttura, il segnale che compone il burst può essere di vario tipo; al classico segnale sinusoidale, abbiamo preferito un segnale per misure di intermodulazione seno più quadra, ritenuto più sensibile e più vicino alla distribuzione spettrale dei segnali musicali. Anche il rap-

porto tra valore di picco e valore medio del segnale di prova (18.06 dB) è molto prossimo ai 17-20 dB caratteristici del segnale musicale. All'ascolto, il segnale di prova discusso appare molto simile ad una percussione molto smorzata. Infine, per completare il quadro, dobbiamo aggiungere che la frequenza del segnale di prova viene variata tra i 100 e i 2400 Hz, gamma nella quale si ha la massima quantità di energia

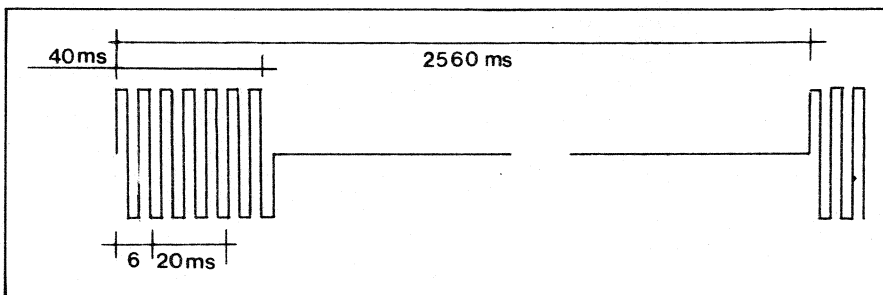


Figura 4 - Caratteristiche temporali del segnale di prova adottato per misure di distorsione di amplificatori caricati su sistemi di altoparlanti.

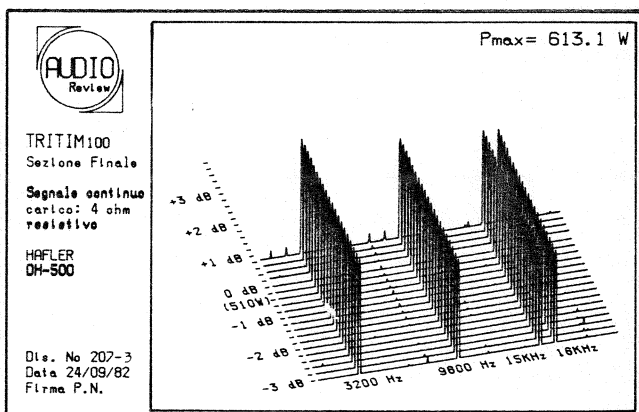
Livello massimo e distorsione in regime statico ed impulsivo

dei segnali musicali e quindi le condizioni limite di sollecitazione.

Il segnale di prova e la strumentazione che abbiamo succintamente descritto (una descrizione molto più approfondita è apparsa su AUDIOREVIEW 1, pp 41 ÷ 47) consente di misurare la distorsione in funzione del livello (ed in funzione della frequenza) di un amplificatore caricato con un comune sistema di altoparlanti. In genere la distorsione di un amplificatore si mantiene su livelli molto bassi sinché non si supera un livello critico al di sopra del quale sale molto rapidamente. La presentazione dei risultati può dunque essere semplificata riportando per ciascuna combinazione amplificatore altoparlante e per ciascuna frequenza di prova il livello di uscita corrispondente al punto di crisi. Nella figura 5, i livelli di prova sono convenzionalmente espressi in termini di potenza equivalente su 8 ohm. Ciò che in realtà si misura e che conta, non è la potenza, ma la tensione d'uscita dell'amplificatore; la potenza equivalente, utile solo per la radicata abitudine di riferirsi ad un amplificatore in termini di potenza piuttosto che di tensione, è calcolata a partire dalla tensione, mediante l'espressione $W_8 = V^2/8$.

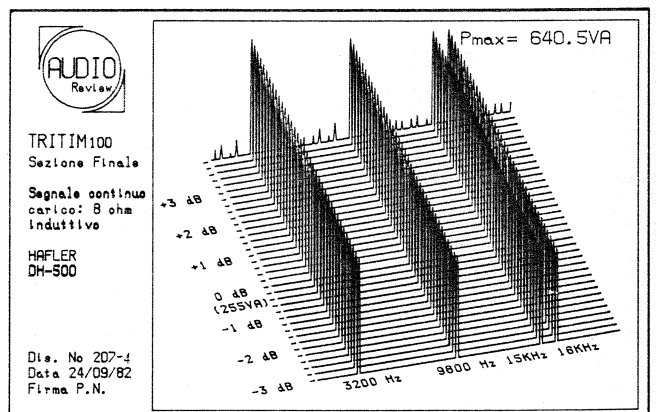
Ma i dati riportati sulla tabella di figura 5 sono ancora troppi per una efficace analisi dei risultati: poichè però l'amplificatore è potenzialmente chiamato a riprodurre al loro massimo livello segnali di qualsiasi frequenza compresa tra i 100 e i 2400 Hz. (vedi figura 6) è possibile compiere una ulteriore sintesi definendo come massimo livello di uscita il minimo tra i massimi rilevati alle diverse frequenze di prova ed è appunto questo il dato, espresso in volt, riportato sul tabellone delle combinazioni amplificatore-casse nel quale vengono pubblicati i risultati delle prove di interfaccia

CONFRONTO DELLE POTENZE E CONFRONTO DELLE TENSIONI



La potenza reale o apparente indicata in alto a destra dei grafici di TRITIM, viene calcolata a partire dal quadrato del valore efficace della tensione corrispondente all'ultima linea rappresentata dividendo il risultato per il modulo dell'impedenza di carico.

Poichè il modulo del carico resistivo è 4 ohm, mentre il



modulo del carico reattivo è 8 ohm, il confronto delle tensioni di uscita è falsato da un fattore 2. Volendo confrontare anziché le potenze, le tensioni di uscita (cui sono legati in ultima analisi i livelli di pressione sonora), è sufficiente ricalcolarle a partire dalle potenze mediante la formula $V = \sqrt{W \times |Z|}$ o più semplicemente confrontare le potenze dopo aver dimezzato il valore di quella su carico resistivo.

POTENZA EQUIVALENTE SU 8 OHM										
CABRE AS-102										
AR-58S	129	135	148	138	128	143	149	159	147	142
B&W 802	159	174	200	190	177	207	197	200	208	205
BOSTON A-100	187	186	195	199	194	198	180	167	169	167
CHARIO IMAGO	162	166	166	151	147	172	168	159	165	159
CIZEK 1 Q=0.6	145	148	155	158	158	157	146	145	147	142
CIZEK 1 Q=1	162	170	178	182	169	172	172	174	165	167
LINN SARA	138	141	148	148	147	150	143	142	141	142
M&K II/III	162	151	158	151	154	168	149	135	138	132
MISSION 770	191	200	200	199	198	207	188	183	181	163

Figura 5 - Massima potenza di uscita indistorta in regime impulsivo di un amplificatore caricato su otto diversi sistemi di altoparlanti misurata con segnali seno + quadra a dieci diverse frequenze di prova comprese tra 100 e 2400 Hz (da sinistra a destra)

ciamento di AUDIOREVIEW. Sul tabellone, oltre alla massima tensione di uscita di ciascuna combinazione, riportiamo anche la frequenza (tra quelle di prova) cui questo massimo (che è in realtà il più piccolo tra i massimi) si riferisce, la potenza equivalente su 8 ohm resistivi corrispondente alla massima tensione di uscita, ed il livello massimo di pressione sonora che quella combinazione può riprodurre senza che l'amplificatore entri in crisi. In realtà il massimo livello di pressione sonora potrebbe essere limitato dalla crisi del sistema di altoparlanti piuttosto che da quella dell'amplificatore, ma l'esperienza sin qui accumulata permette di affermare che la crisi di una combinazione ampli-cassa è, nella maggioranza dei casi, dovuta a quella del-

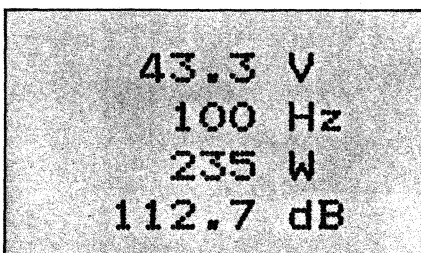


Figura 7 - Estratto da una tabella di presentazione dei risultati di una prova di interfacciamento ampli-cassa. Per ciascuna combinazione sono riportati la tensione di uscita massima indistorta (minimo dei valori massimi rilevati alle diverse frequenze), la frequenza relativa al minimo dei massimi, la potenza equivalente su 8 ohm corrispondente alla tensione di uscita ed al livello di pressione sonora della combinazione.

l'amplificatore, mentre i pochissimi casi che contraddicono questa regola sono quelli relativi a combinazioni ampli-cassa irrealistiche con amplificatori di enorme potenza e cassa piccolissima. In definitiva il metodo illustrato consente di estrarre informazioni sulla compatibilità ampli-cassa in ottimo accordo con le rilevazioni soggettive, ma a differenza di queste, sicuramente riferite ad un preciso fenomeno e non ad errori sperimentali.

Altre applicazioni

La stessa tecnica di misure che abbiamo con successo sviluppato ed impiegato per le misure di interfacciamento ampli-cassa, può essere utilmente impiegata per altri tipi di misure di distorsione. Ad esempio a partire dal numero 9 di AUDIOREVIEW la utilizziamo nell'ambito delle varie misure di intermodulazione seno + quadra in funzione del livello di uscita (TRITIM) condotte su carichi convenzionali resistivi e reattivi affiancando alle misure in regime stazionario quelle in regime impulsivo. La comparazione tra il comportamento in regime continuo e quello in regime impulsivo, consente al lettore di trarre utili informazioni sulla riserva dinamica di un certo amplificatore. Ulteriori diverse applicazioni sono attualmente allo studio.

Conclusioni

I risultati delle misure di distorsione in funzione del livello e della frequenza sintetizzate sotto forma di tabellone di interfacciamento e pubblicate su AUDIOREVIEW, consentono di dare informazioni prima non disponibili sul comportamento di una determinata combinazione ampli-cassa. La particolare tecnica di misura della distorsione in regime impulsivo sviluppata dall'equipe tecnica di AUDIOREVIEW, può essere utilmente impiegata anche per la misura della TRITIM in regime impulsivo e generalizzata a qualsiasi misura di distorsione.

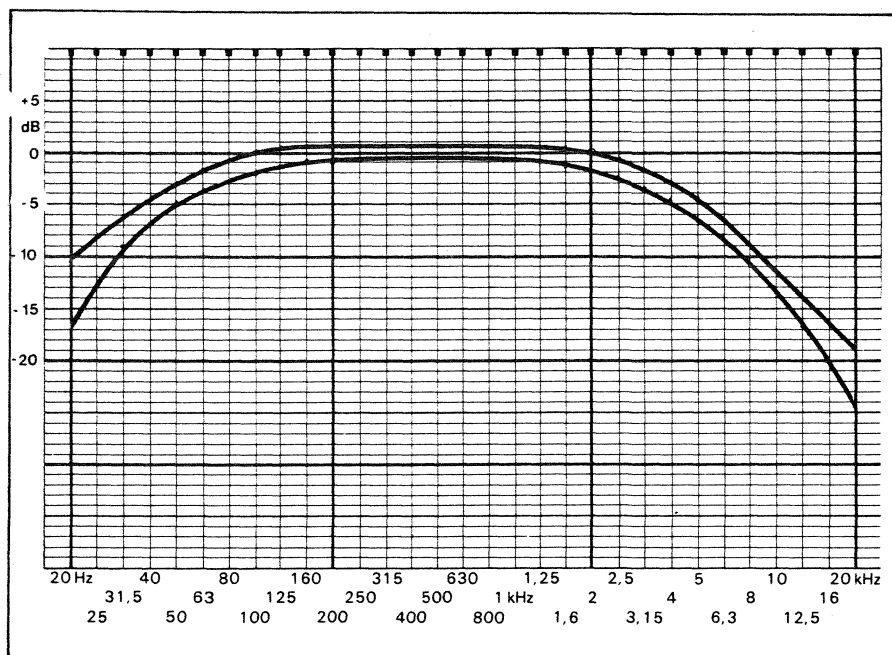


Figura 6 - Spettri di potenza del segnale per simulazione del programma musicale (Progetto IEC-29B/85 dicembre 79).