

A BRUXELLES UN INCONTRO IMPORTANTE CON LA TECNOLOGIA
KENWOOD CONTRO LA DISTORSIONE MAGNETICA

CONTRO LA DISTORSIONE MAGNETICA

servizio di Roberto Mazzega Marius

Tre stupendi apparecchi nuovi, ma soprattutto un approccio originale, serio e documentatissimo a problemi che finora i cervelli dell'hi-fi avevano considerato solo superficialmente. Un notevole contributo al progresso della scienza audio. Nel nostro servizio la più ampia documentazione dell'avvenimento e delle sue implicazioni tecniche e qualitative.

Tutto cominciò all'inizio dello scorso anno quando, durante una normale verifica in laboratorio, si notò una debole impedenza, mai presa in considerazione prima di allora, su un circuito stampato collegato agli altri circuiti e ai morsetti con i soliti cavi.

Questa impedenza venne evidenziata per mezzo di un modello consistente in un circuito stampato usato normalmente negli amplificatori in produzione, contenuto in uno chassis di alluminio (materiale non magnetico). Dallo studio di questo modello si scoprì che la debole impedenza era influenzata dalle caratteristiche magnetiche del materiale, e nel circuito si veniva a generare una distorsione non lineare, di ordine dispari, legata alla corrente che attraversava il circuito, alla frequenza e alla distanza tra il materiale magnetico e la corrente stessa. È noto infatti che la corrente che scorre in un filo qualsiasi genera un campo magnetico H che a sua volta induce, sugli eventuali materiali magnetici vicini, una corrente chiamata *eddy current*, dipendente dalla permeabilità e dalla conduttività dei materiali stessi. Dall'analisi del modello di fig. 1 si ottennero i due grafici di fig. 2 e 3 che evidenziano alcuni fenomeni interessanti.

Innanzitutto l'induttanza del circuito stampato è costante in assenza di materiali magnetici nelle vicinanze, mentre ha un andamento irregolare quando il circuito sia appoggiato in un contenitore di fer-

ro; per quanto riguarda la resistenza invece il suo andamento lievemente crescente con la frequenza si accentua in presenza di materiale ma-

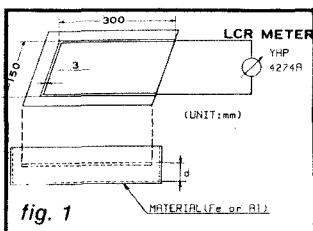
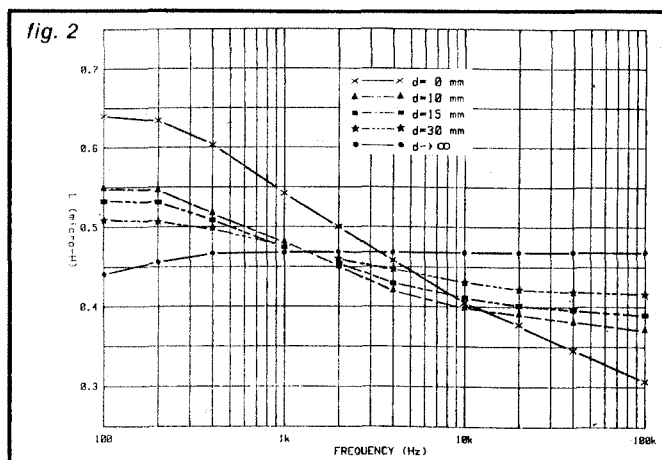


fig. 1

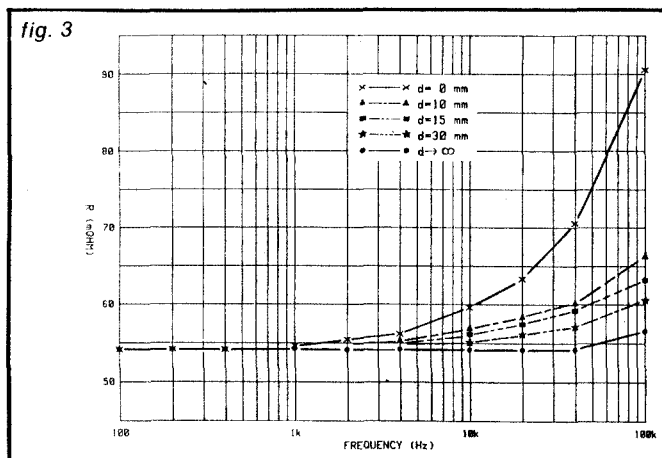
Modello adottato per la misura dell'impedenza del circuito stampato.

gnatico: anche in questo caso il fenomeno dipende dalla distanza del circuito dal materiale. I fenomeni descritti sono stati studiati mediante una simulazione elettrica (fig. 4): $L1$, $R1$, $R3$ e C rappresentano rispettivamente l'induttanza, la resistenza, la resistenza di isolamento e la capacità distribuita del circuito stesso; $R2$, $L2$ e M sono invece la resistenza, l'induttanza e la mutua induttanza prodotta dalla *eddy current* dei materiali magnetici nelle vicinanze. Questa corrente comunque, non può essere la causa di distorsione poiché stiamo operando nella parte lineare della caratteristica di trasferimento dei componenti; l'effetto prodotto dalla *eddy current* è solo quello di consumare energia, sempre più man mano che la frequenza sale.

Con una serie di esperimenti pratici consistenti nell'analisi della distorsione sul carico RL di fig. 5 con il circuito stam-



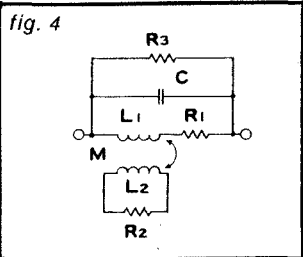
Variazioni dell'induttanza in funzione della frequenza e della distanza tra il circuito e il materiale magnetico.



Variazioni della resistenza in funzione della frequenza e della distanza.

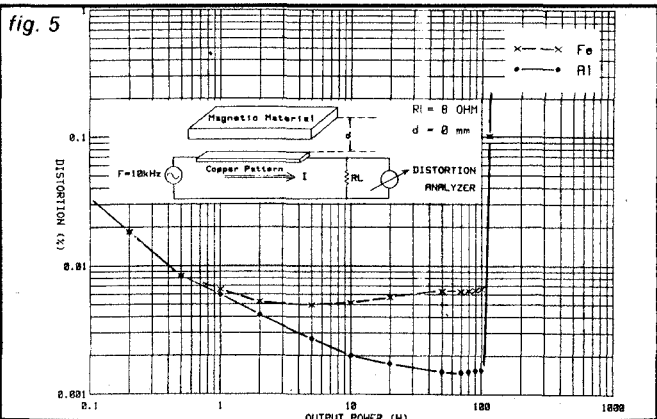
pato posto in un contenitore di alluminio e di ferro (fig. 5, 6, 7, 8), si è osservato che la distorsione prodotta dalla vicinanza del materiale magnetico dipende dalla corrente di

uscita dell'amplificatore e dalla distanza tra il circuito e il materiale magnetico stesso; l'effetto può essere considerato trascurabile per distanze superiori a 50 mm. L'entità

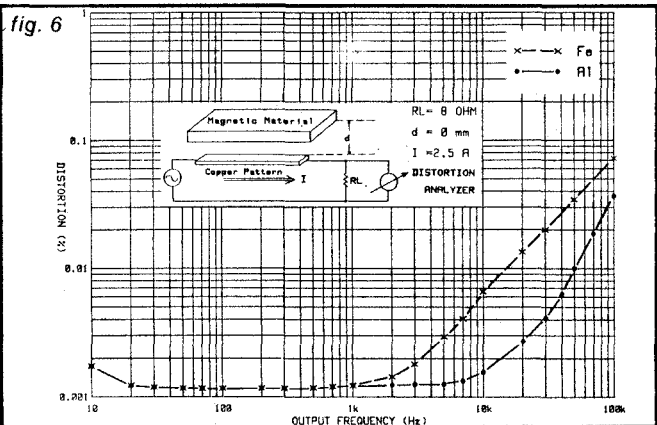


Simulazione elettrica di un circuito stampato in presenza di materiale magnetico; la mutua induttanza M è proporzionale alla distanza.

era necessario tenere conto delle impedenze del circuito stesso e quelle dei cavi di collegamento per cui si passò allo schema di fig. 10, nel quale Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 e Z_5 rappresentano le impedenze non lineari che causano la distorsione. I recenti amplificatori audio però sono caratterizzati da un'alta impedenza di ingresso (R_1 e R_2 , dell'ordine di alcune decine di $k\Omega$) per cui Z_1, Z_2 e Z_3 possono essere trascurate (fig. 11). Lo stesso non si può dire di



Andamento della distorsione armonica totale sul carico di un amplificatore posto in contatto con materiale magnetico e non, in funzione della potenza di uscita. La frequenza è stata fissata a 10 kHz.



Andamento della distorsione armonica totale sul carico di un amplificatore posto in contatto con materiale magnetico e non, in funzione della frequenza. La corrente di uscita è stata fissata a 2,5 A corrispondenti a circa 50 W.

della distorsione aumenta per frequenze maggiori di 1 kHz, coinvolge particolarmente le armoniche dispari ed è assente in presenza di materiale non magnetico. A questo punto venne preso in considerazione il modello di fig. 9 come rappresentante di un qualsiasi amplificatore. Ponendo questo circuito in un contenitore metallico, però,

Z_4 e Z_5 che sono inserite in serie alla bassa impedenza di uscita (dell'ordine di 8 Ohm diviso per 100 che rappresenta un tipico valore di fattore di smorzamento). Non si dimentichi inoltre che all'uscita di un ampli si hanno correnti di entità molto elevata. Il valore delle impedenze Z_4 e Z_5 quindi varia con la corrente che le attraversa ed è in-

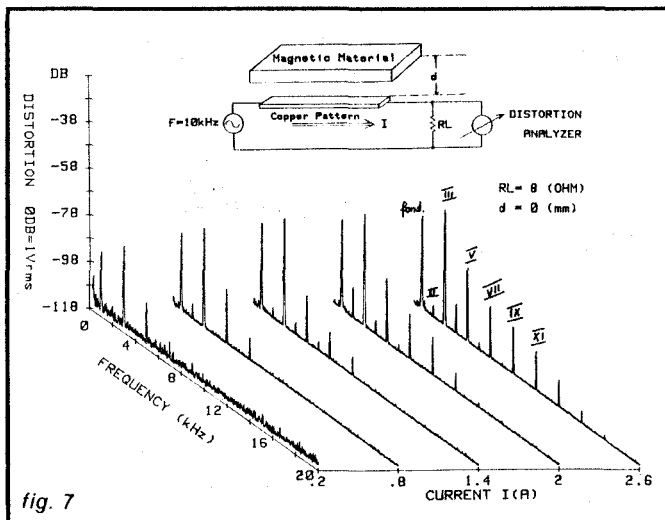


Grafico tridimensionale in funzione della corrente di uscita. Si notino le componenti di armonica dispari di entità crescente con la corrente.

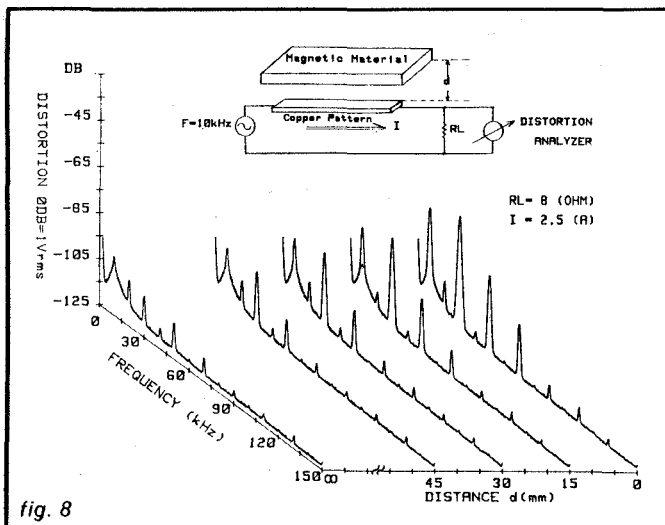


Grafico tridimensionale in cui la distorsione viene rappresentata in funzione della frequenza e della distanza del circuito dal materiale magnetico. La corrente è stata fissata a 2,5 A e si noti come l'entità della distorsione diventi trascurabile (-100 dB) per distanze superiori a 50 millimetri.

fluente dalla curva B-H (ciclo di isteresi) dei materiali ad esse vicini (fig. 12): nel caso di vicinanza con materiale non magnetico come l'alluminio, la linearità del ciclo di isteresi di questo materiale mantiene lineare il comportamento delle impedenze stesse. A questo punto si procedette al calcolo della distorsione prodotta dai materiali magnetici non dal punto di vista della curva B-H ma come variazioni dell'impedenza. Con lo schema di fig. 13, in cui Z rappresenta l'impedenza del circuito e RL il carico di 8 Ohm, si ricavarono i grafici di fig. 14 e 15; si notò che quando il circuito era inserito in un

contenitore di ferro, l'impedenza non era costante nel tempo ed aveva componenti di seconda armonica. Nel caso invece il contenitore fosse stato di alluminio, l'impedenza risultava costante e si comportava come elemento lineare. Questo studio di basilare importanza nel caso di amplificatori audio nei quali vengono spesso usati materiali magnetici (contenitore, chassis, trasformatori, ecc.), l'impedenza di uscita è molto bassa, i valori della corrente molto alti e la frequenza variabile da 0 a circa 100 kHz. In una tale situazione gli effetti della induzione elettromagnetica sono alti e determi-

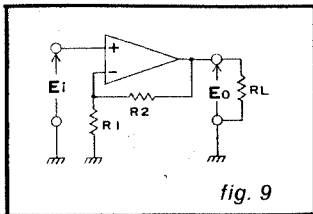


fig. 9
Circuito equivalente di un amplificatore.

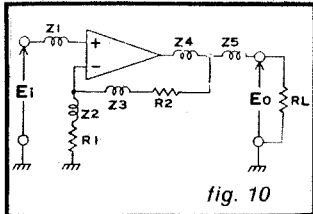


fig. 10
Circuito equivalente di un amplificatore in un contenitore metallico.

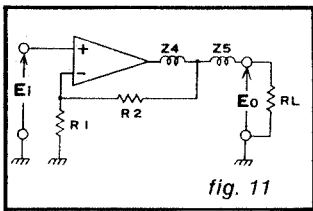


fig. 11
Il modello analizzato.

nanti per la qualità del segnale audio in uscita. La Trio-Kenwood ha quindi scelto l'adozione di materiali non magnetici per gli amplificatori di sua produzione e ha deciso di separare l'alimentazione degli stessi nei modelli di qualità elevata come il nuovissimo L-01A.

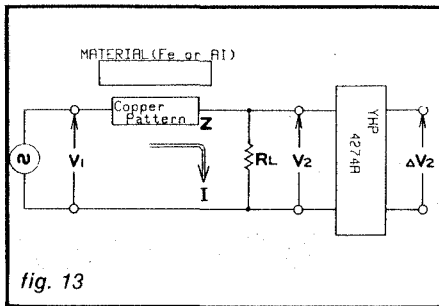


fig. 13
Circuito usato per la misura delle variazioni di impedenza causate dalla presenza di materiale magnetico.

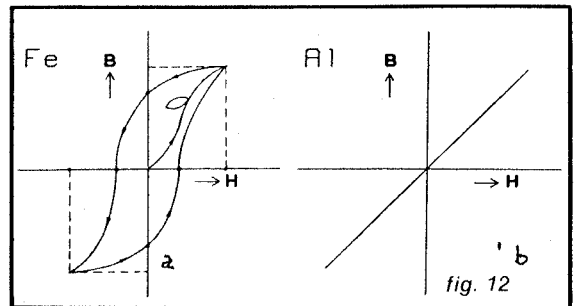


fig. 12
Cicli di isteresi del ferro (a) e dell'alluminio (b).

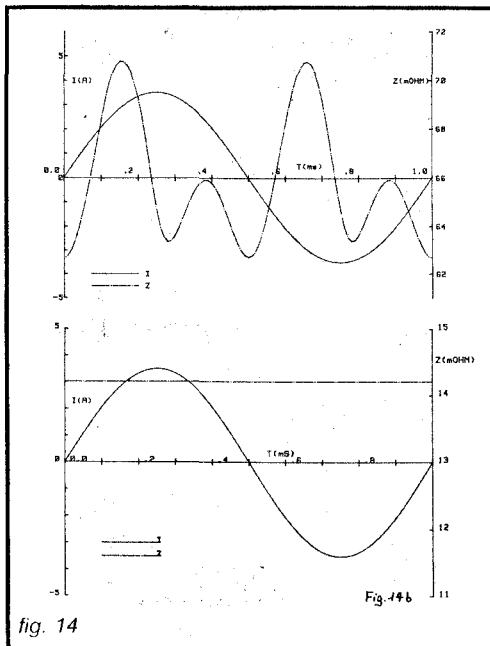


fig. 14
Andamento nel tempo dell'impedenza con corrente sinusoidale in presenza di materiale magnetico (a) e non magnetico (b).

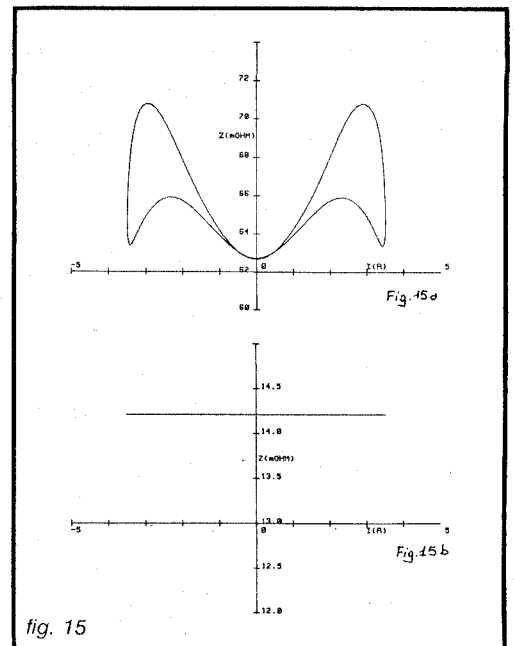


fig. 15
Variazione dell'impedenza in funzione della corrente in presenza di materiale magnetico (a) e non magnetico (b).

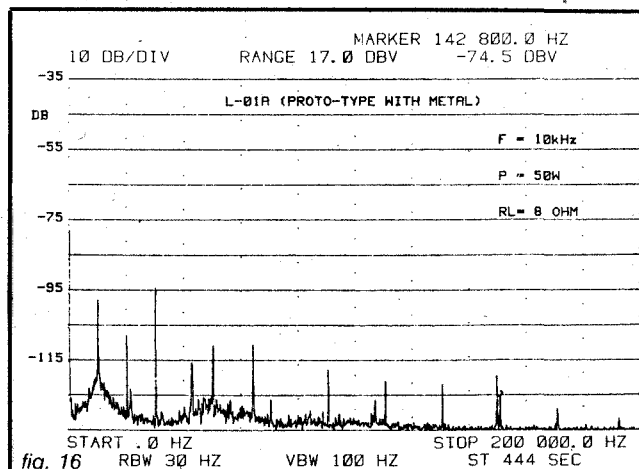
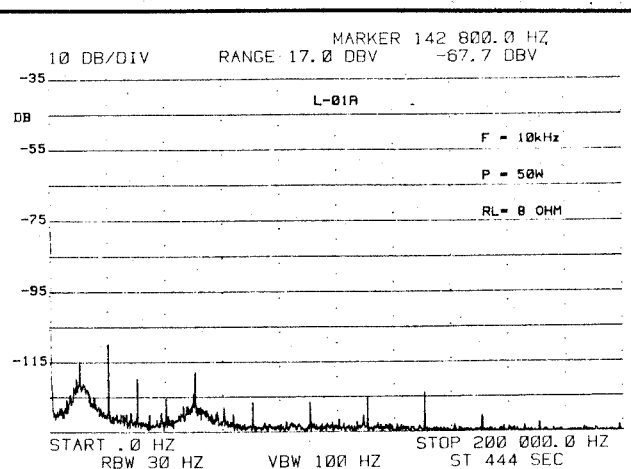


fig. 16



Analisi spettrale dell'uscita dell'amplificatore Kenwood L-01A in un contenitore metallico (a) e dello stesso in versione definitiva (b) in un contenitore in plastica ed alluminio e con l'alimentazione separata.