

Di questi tempi, è sicuramente un'operazione intelligente e di buon senso rimettere in funzione qualcosa di datato, anziché buttarla e sostituirla con una nuova. Occorre però sempre valutare in maniera oggettiva se esiste la convenienza economica per affrontare un restauro che possa ri-energizzare delle vecchie casse acustiche. Laddove però i costi superano le ragioni del cuore, ci si deve rassegnare.... e passare ad altro.

Acoustical mod. Prima: un progetto per due bookshelf anni '80.

In questo caso, appena la coppia di diffusori bookshelf ci è stata consegnata dall'amico Pierluigi, non conoscendo il marchio e ad uno sguardo appena superficiale, sembrava proprio dovesse essere destinata al ... cassonetto dei rifiuti.

E invece, si è scoperto che queste piccole Prima (considerate piccole negli anni '80...: oggi, una cassa da 25 litri lordi non si può considerare tale) marchiate Acoustical Speaker System, sono le progenitrici del progetto successivo denominato Aliante, azienda della Granda piemontese, tutt'ora viva e vegeta che produce ottimi diffusori. Il marchio Acoustical Speaker System è perciò un brand che ha fatto e continua a fare con Aliante la storia italiana dell'alta fedeltà.

Svitati i pannellini superiori ed inferiori in massello e le tele che avvolgevano su tre lati i cabinets sigillando alla vista il mobile e gli altoparlanti, si notano subito quattro cose interessanti:

- Cassa in sospensione pneumatica (come inizio non c'è male);
- Assorbente in dacron in ottime condizioni; per rigenerarlo basterà ricardarlo;
- Woofer da 8" in carta del tipo pesante, trattato superficialmente con un materiale smorzante viscoelastico ancora fresco;
- Sospensioni in foam, miracolosamente intatte dopo trent'anni di onorato servizio (ottimo);

Come sempre, oltre ai pregi, elenchiamo invece le cose da ritenersi oramai obsolete per l'era post-compact disc:

- uno dei due tweeter era stato sostituito tempo addietro con un altro componente diverso dall'originale;
- Sezione dei cavi insufficiente per gli attuali standard costruttivi;
- il crossover minimale, come d'uso all'epoca, era costituito dalla classica rete di filtro del 1° ordine elettrico, composta da induttanza e condensatore, di cui abbiamo documentato la presenza all'interno della cassa appena passata sotto le nostre grinfie:

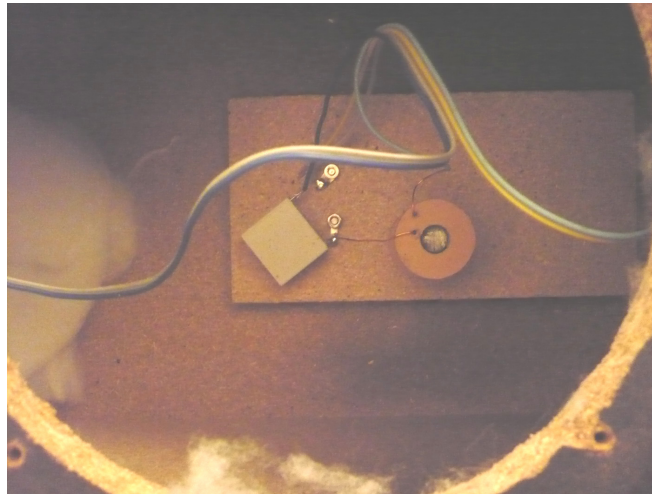


Foto n. 1 – Crossover originale

Abbiamo quindi tranquillizzato il proprietario dicendogli che ... il paziente, benchè grave, poteva essere tranquillamente ricoverato in ospedale e non occorreva considerarlo oramai spacciato per ... la raccolta differenziata.

Per prima cosa, sono stati rilevati i parametri elettrici fondamentali del woofer in aria libera:

$F_s = 53 \text{ Hz}$ (frequenza di risonanza in aria libera)

$Z_{f_s} = 30,2 \text{ Ohm}$ (impedenza alla risonanza)

$R_e = 3,4 \text{ Ohm}$ (Resistenza bobina mobile in c.c.)

$Z_{1\text{kHz}} = 15,5 \text{ Ohm}$ (Impedenza ad 1 kHz)

Dalla rilevazione di questi dati, si è facilmente ricavata la parte dei parametri di Thiele e Small che interessavano, cioè quelli relativi al circuito elettrico equivalente del woofer:

$Q_m = 7,76$

$Q_e = 1,02$

$Q_t = 0,91$

Dal valore di R_e si intuisce che il woofer è da 4 Ohm nominali, ad alta cedevolezza, è adattissimo al caricamento in sospensione pneumatica e che oltre ad un nuovo crossover, il woofer ha anche bisogno di una cella di compensazione dell'impedenza per non vanificare l'azione del filtro alla frequenza di taglio.

In effetti, essendo il tweeter marchiato da 8 Ohm nominali, a prima vista si poteva supporre lo fosse anche il woofer.

Scegliendo un woofer da 4 anziché da 8 Ohm, la Acoustical, a parità di componentistica, ha all'epoca optato per una più sensibile efficacia dell'azione del filtro e per un aumento della potenza acustica del woofer. L'azienda decise quindi di dimezzare il valore di impedenza del woofer (4 Ohm), piuttosto che raddoppiare quello dell'induttanza.

Infatti l'induttanza del valore di 1.33 mH, avvolta su nucleo per mantenere bassa l'impedenza totale del sistema, poco avrebbe potuto fare con un'impedenza nominale del woofer di 8 Ohm, dato che più la reattanza induttiva della bobina costituente il motore del woofer è alta (per questo diffusore sono stati misurati 15 Ohm a 1 kHz circa), più l'azione del passa basso alla frequenza di crossover risulta ostacolata.

Nel caso il woofer fosse stato da 8 Ohm nominali, la sua impedenza misurata ad 1 kHz, anziché 15 Ohm sarebbe stata tranquillamente di 20 o 25 Ohm.

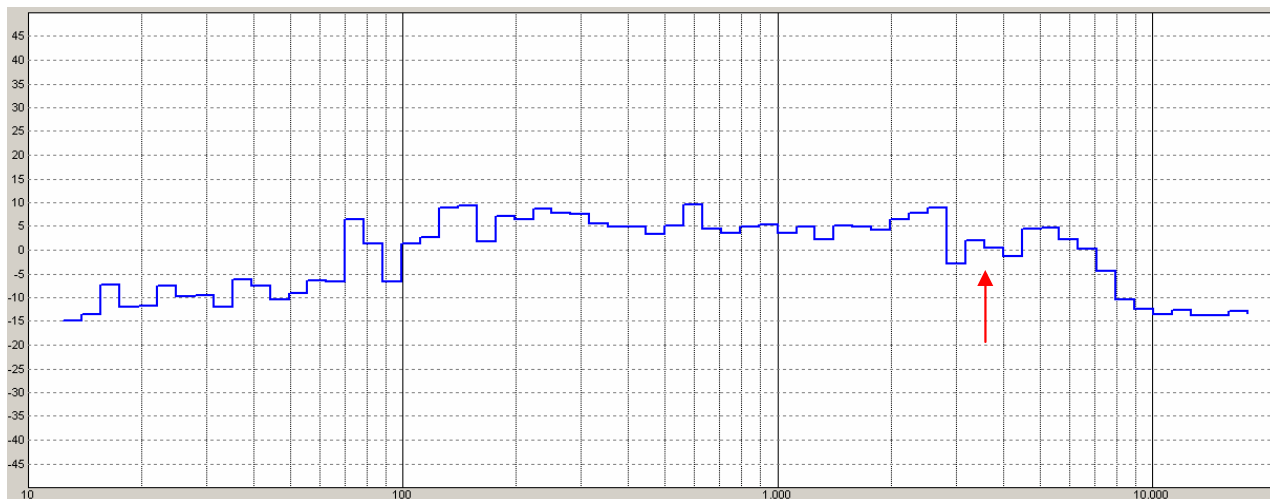
Questa è una delle ragioni per cui dagli anni '90 in poi sono stati sempre più frequenti i diffusori progettati con impedenza nominale pari a 4 Ohm.... cercando di andare a spiegarlo anche agli amplificatori, che non sono troppo contenti di pilotare casse aventi un'impedenza interna bassa!

D'altronde, nel 1988, di listino queste casse costavano poco più di 170.000 onestissime Lire, e non si può quindi pretendere più di tanto oggi.

Dopo questa digressione tecnico-storico-commerciale, passiamo alle misure che servono per sapere da che parte cominciare:

Il woofer

La risposta in frequenza del diffusore originale è raffigurata in questo grafico:



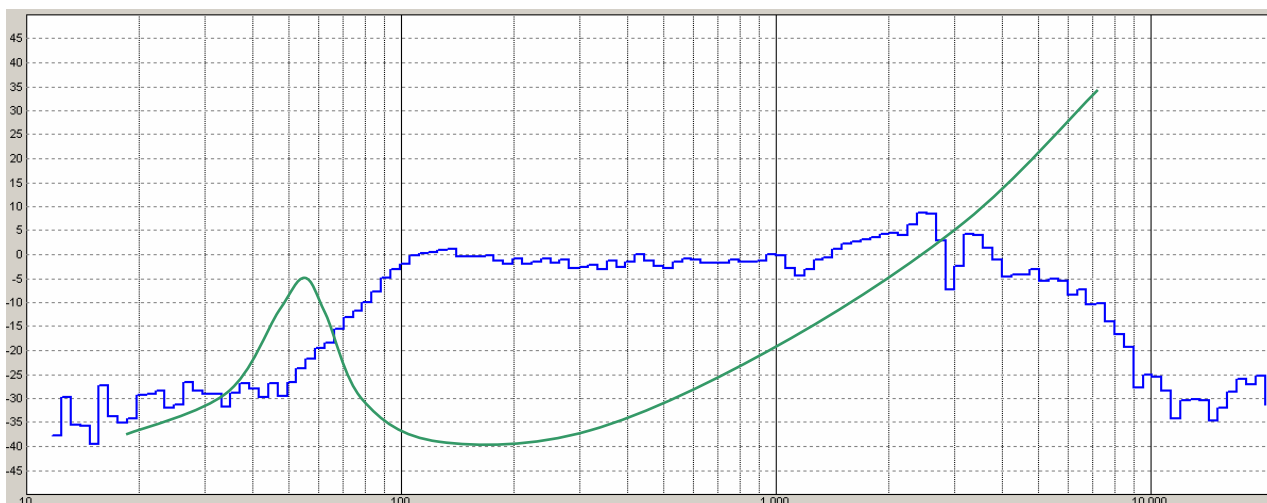
Graf. 01 – Risposta in frequenza sistema originale

Come si può ben notare, fino a 3 kHz la risposta del woofer da 8" caricato in sospensione pneumatica è più che discreta, mentre oltre i 3 kHz ... cominciano i guai.

Sarà forse perché il tweeter negli anni si è deteriorato o ha preso qualche scaldata (eh, le feste fatte in casa con gli amici ...), sarà forse perché il suo condensatore è scoppiato, fatto sta che non ci importa nulla di tutto questo, dato che dovremo sostituire entrambi i tweeter e rifare da cima a fondo il crossover.

Passati i 3 kHz (vedi freccia), come detto, cominciano i primi guai per questo diffusore, dovuti al graduale aumento della reattanza induttiva del woofer, unito al classico break-up del woofer ed all'impossibilità del crossover di operare correttamente.

Infatti, analizzando la risposta e l'impedenza del solo woofer non filtrato in cassa:



Graf. 02 – Risposta ed impedenza naturale del woofer

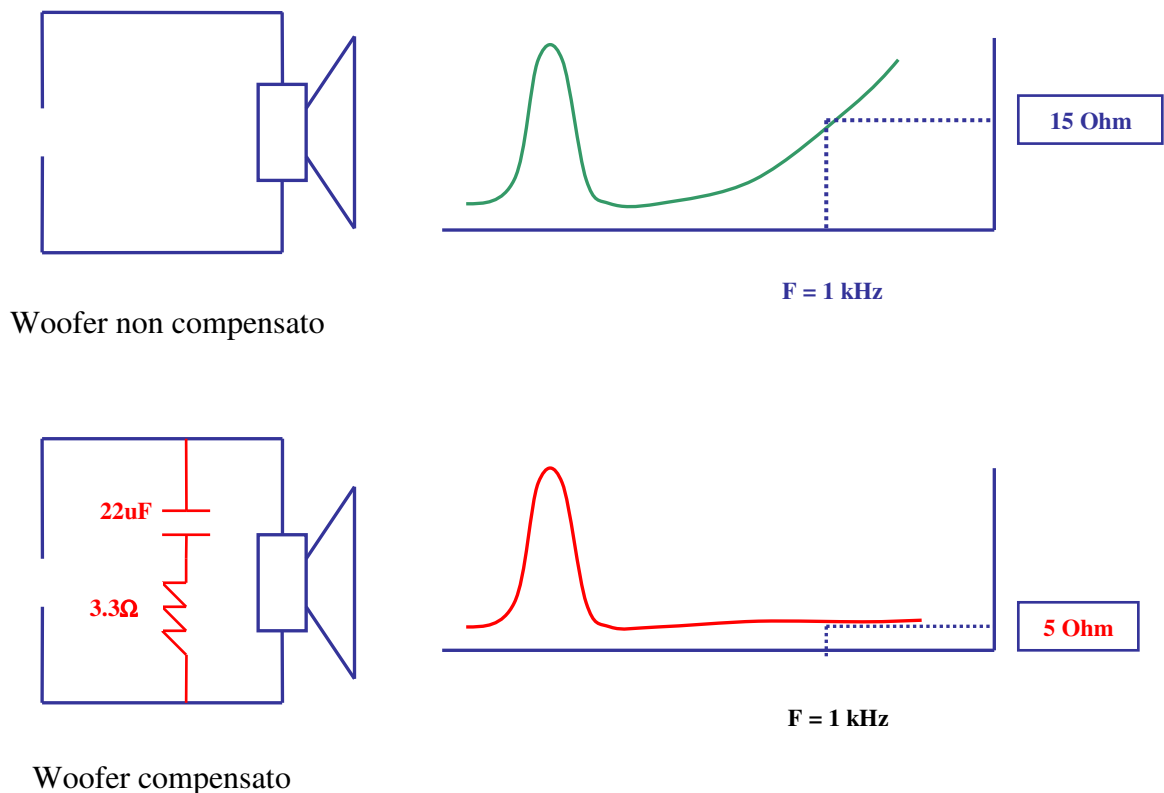
Risulta evidente il buon comportamento del woofer fino a quasi 3 kHz, limite oltre il quale iniziano i primi problemi di break-up meccanico.

Superata la fascia del break-up, il woofer non si scompone affatto, ed anzi esegue docilmente un roll-off da manuale a partire dai 6,5 kHz, merito del trattamento superficiale smorzante subito dal cono e delle sospensioni che ancora fanno il loro lavoro correttamente.

Per operare un buon taglio divisore di frequenza, pialleremo inizialmente l'impedenza del woofer.

Vedremo successivamente a quale frequenza operare tale taglio passa basso.

Per effettuare la compensazione, inizieremo a porre una cella RC-serie in parallelo al woofer:



Sch. 01 - Compensazione dell'impedenza del woofer

Con questa cella, abbiamo pertanto ottenuto l'atteso abbassamento del modulo di impedenza del woofer, portandolo a 5 Ohm, in linea con la R_e dell'altoparlante, pari a 3,4 Ohm.

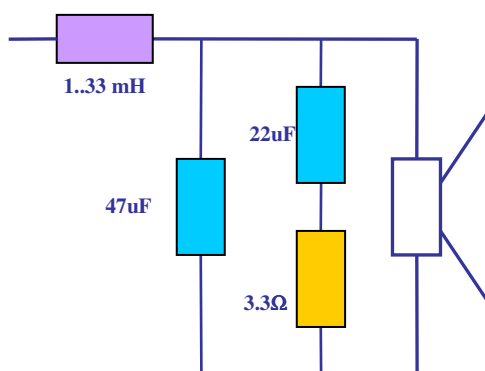
Così facendo, renderemo più efficace l'azione del filtro passa basso, che, in parte, ma lo vedremo successivamente, ci permetterà di raggiungere più facilmente l'obiettivo.

Per un generico driver da 8", emettere oltre 3 kHz comporterebbe una risposta in frequenza inaccettabile, "tirata per i capelli", come si dice in gergo, oltre ad uno sfasamento acustico relativo notevole tra i driver, con una conseguente generazione nel campo di ascolto di una serie di lobi di radiazione assolutamente non omogenei sia in asse che soprattutto fuori asse.

Siccome riteniamo che la risposta fuori asse più importante della risposta in asse (ma questa è semplicemente una nostra fissazione e a maggior ragione, in questo caso, la disposizione

simmetrica di woofer e tweeter non permette di giocare poi molto con le nostre fisime), si decide di minimizzare il problema impostando una F_c pari a 2,7 kHz.

Proveremo inizialmente ad imbastire una rete di filtro che ricicli la vecchia induttanza, coadiuvata da un condensatore per l'applicazione di un filtro passa basso con pendenza di 12 dB/oct:



Sch. 02 - Primo tentativo di filtraggio passa basso

Come al solito, le formule devono essere utilizzate per quel che valgono. Le si devono utilizzare *cum grano salis*, cioè solo come strumento di indirizzo, per definire l'ordine di grandezza dei valori da impiegare: si inseriscono nel computer i valori base, il computer risponde "bovinamente" dando i valori consigliati per quella topologia di cella, e si può cominciare così ad imbastire una base di partenza per il circuito.

Alla fine, i valori calcolati dal computer con la teoria delle formule tabellari, non corrispondono quasi mai ai valori utilizzati.

Le formule vanno prese per quello che sono, e devono servire per il tecnico solamente per applicare la teoria elettroacustica utilizzando altoparlanti ideali e componenti elettrici perfetti.

Dato che la perfezione non esiste in questo mondo, cercheremo solamente di avvicinarci il più possibile a questi postulati, senza strafare.

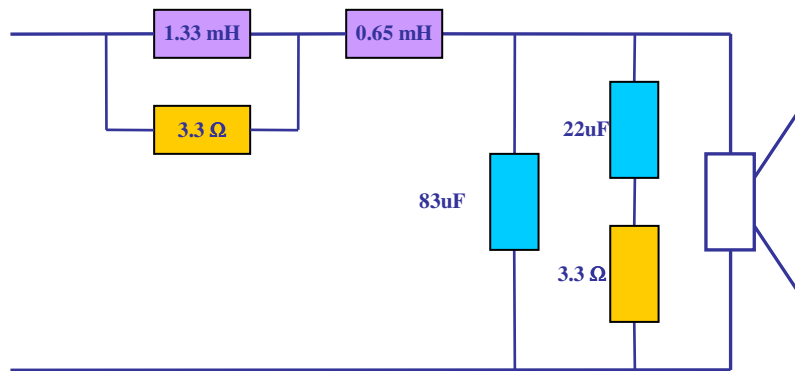
Dopo un primo tentativo, come si poteva supporre, la rete opera un taglio insufficiente del woofer, che presenta qualche problema.

Si decide allora di potenziare l'azione del filtro, aumentando il valore totale dell'induttanza, di cui eventualmente smorzere a piacimento l'azione inserendo una resistenza in parallelo ad essa, ed incrementando contemporaneamente il valore del condensatore a 83uF.

Decidiamo allora di utilizzare quella riciclata (l'induttanza esistente da 1,33 mH avvolta su nucleo non fa impazzire, ma...pazienza), con in serie un'altra di valore più basso che ci permetterà una maggiore elasticità nella scelta del valore da impiegare.

Ne sceglieremo una tra quelle che costituiscono la nostra collezione: valori compresi tra 0,05 e 1,75 mH, tutte rigorosamente avvolte in aria, accoppiate all'1%, marcate e ... gelosamente conservate.

Alla fine dal cassetto ne uscirà una da 0,65 mH - 0,5 Ohm.



Sch. 03 - Secondo tentativo di filtro passa basso

L'impedenza totale del circuito crossover + woofer misurata in continua, aumenterà solamente di mezzo Ohm (che è il valore della resistenza in continua dell'induttanza da 0,65 mH) rispetto al filtro precedente, e così anche il fattore di merito totale non ne risentirà più di tanto.

Eh si, perché aumentare l'impedenza del circuito fa sì che aumenti anche il Q_t totale.

In questo caso il Q_t di questo altoparlante è già alto. L'aumento di mezzo Ohm dell'impedenza totale del circuito a bassa frequenza, si suppone che incrementerà il fattore di merito del sistema del 10% circa, e non comporterà quindi alcun problema di smorzamento in cassa alle basse frequenze. Per riabbassare di quel pelo in più il Q_t del sistema, basterà gestire nel modo più appropriato la quantità di assorbente e la sua posizione all'interno del mobile e sul cestello.

Fosse stato il caso di un woofer montato in bass-reflex, la cosa doveva essere un pò più ragionata, in quanto si sarebbe trattato di gestire una variazione di allineamento su un sistema già accordato con altro Q_t .

Ricordiamoci sempre che il woofer, o meglio, il circuito elettrico equivalente che lo rappresenta, è un componente del filtro crossover, e partecipa anche lui attivamente alla risposta elettrica del filtro, alla stregua di una semplice resistenza, o una induttanza, o un condensatore.

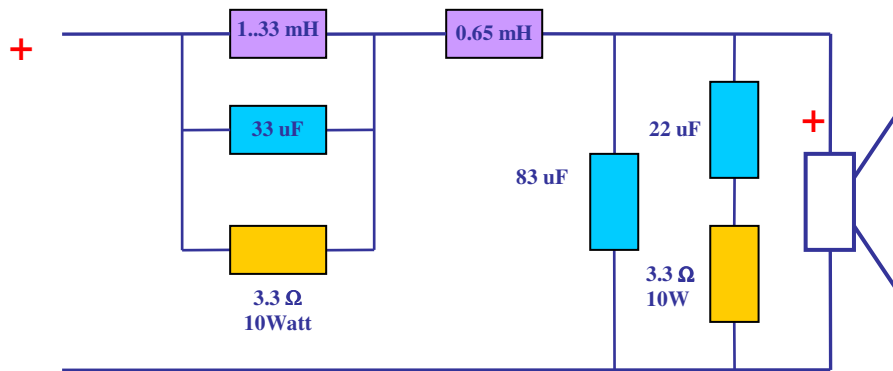
Aumentare il valore generale della induttanza ha finalmente prodotto i risultati sperati: adesso, complice il crollo della risposta dovuto al break-up oltre i 2,7 kHz siamo riusciti ad operare un taglio a 18 dB/oct.

Sì, avete letto bene: con un filtro del secondo ordine (12 dB/oct), sfruttando questo avvallamento nella risposta, abbiamo realizzato una rete di filtro molto più efficace di prima.

Sistemata anche questa cella, occorre solo mettere a posto qualche esuberanza in gamma media.

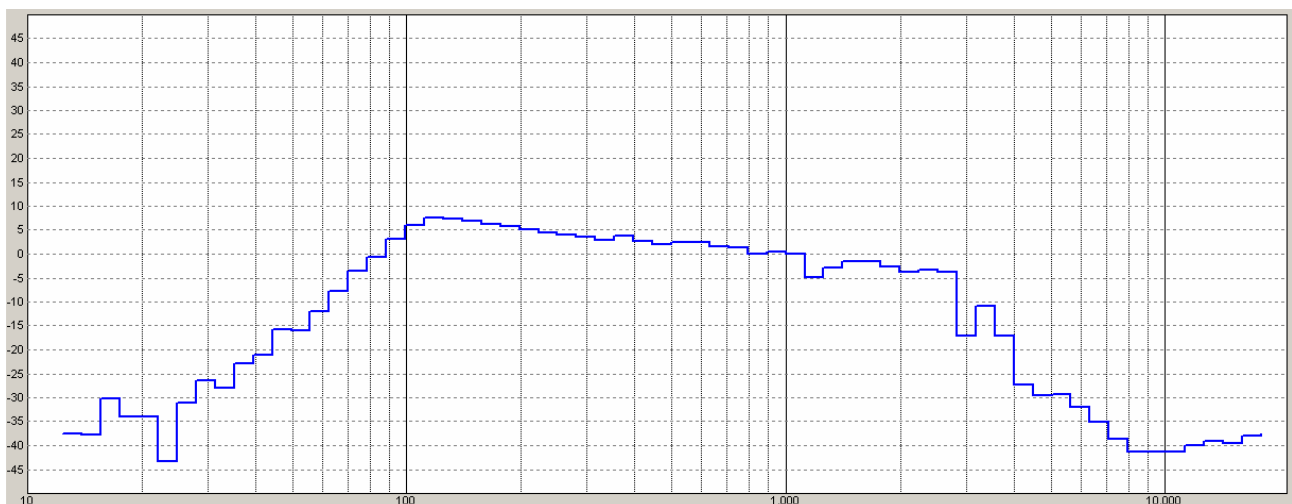
Fortunatamente, questa irregolarità ha la forma di un bel panettone; e siccome siamo di origine meneghina e ci piace il panettone, decidiamo di affettarlo orizzontalmente con una bella cella notch-parallelo in serie al circuito principale, costituita invero dalla stessa induttanza originale da 1,33 mH già riciclata assieme alla resistenza di smorzamento da 3,3 Ohm, a cui si aggiunge in parallelo un condensatore da 33 uF.

In pratica, una cella RL di smorzamento del filtro passa basso è stata trasformata in una cella RLC notch-parallelo in serie al circuito, che oltre a filtrare, svolge anche una funzione secondaria di *dumping* del panettone:



Sch. 04 - Al terzo tentativo, ottengo il filtro passa basso definitivo

Quella raffigurata nel Graf. 03 è la risposta del woofer filtrato:



Graf. 03 – Risposta del woofer con il suo nuovo filtro

Ma cos'è 'sta roba? Si chiederà qualcuno: perché non è stato progettato il filtro per avere una linea piatta tipo 0,1-2,7 kHz +/- 0,5 dB?

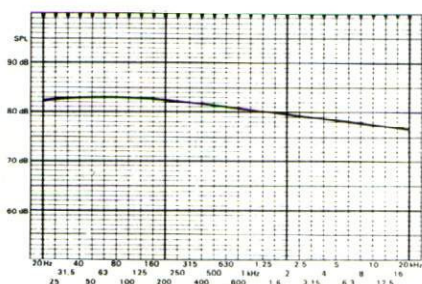
Si sarebbe anche potuto farlo, grazie alle caratteristiche costruttive del woofer. La risposta in frequenza è stata volutamente modellata in questo modo, in quanto si avvicina alla teoria che negli anni '80 l'ing. Möller della Bruel & Kjaer, postulò sulle caratteristiche che i massimi sistemi di diffusione sonora ad alta fedeltà domestica dovessero possedere. Qui lo vediamo alla lavagna che spiega agli astanti una qualche sua teoria sui segnali; l'aspetto vintage della cravatta e degli occhiali non sfuggirebbero di certo oggi ... oggetti vintage esattamente come i nostri diffusori!



L'ing. Möller della Bruel & Kjaer, noto a livello mondiale per il contributo portato allo studio delle caratteristiche degli altoparlanti.

(Fonte: Renato Giussani Website)

Dato che il diffusore è più o meno della stessa epoca, ci sembrava invece corretto rendere omaggio alla filosofia dell'operazione, cercando di ricreare il *sound* che si ascoltava in quegli anni nei salotti italiani di "giussaniana" memoria; quindi adatteremo questa curva che dolcemente cala dai 100 Hz mediamente al "ritmo" di 1,3 dB/oct.



Andamento ottimale della risposta in frequenza in ambiente (rilevabile con rumore rosa) per impianti Hi-Fi; numerose verifiche di ascolto hanno confermato la sua validità.

(Fonte: Renato Giussani Website)

In effetti, dalla nostra esperienza, possiamo affermare che adottare una curva come questa, permette al diffusore di inserirsi meglio nei normali ambienti di ascolto, i quali difficilmente possono essere trattati specificatamente per un ascolto il più possibile vicino all'ideale.

Quando si progetta un diffusore acustico che si dovrà inserire in un ambiente domestico, occorre individuare per prima cosa il giusto rapporto tra campo riverberato (basse frequenze) e campo diretto (alte frequenze) riferito all'ambiente stesso. Il campo diretto si chiama così perché oltre i 400-500 Hz generalmente le membrane degli altoparlanti tendono a diventare direttive.

Direttive significa che le frequenze medie ed alte tendono non più a propagarsi secondo lobi ampi e ben distribuiti nello spazio, ma con modalità più concentrate, quindi con gradienti o "salti di pressione" più pronunciati.

Nel caso in cui tali frequenze emesse dai diffusori collidano, e questo avviene per ovvie ragioni, con pareti, pavimento, soffitto, finestre ed oggetti vari presenti nella stanza, si determina immediatamente un effetto "specchio", che altera a tutti gli effetti la percezione del campo sonoro, risultando di fatto più esaltato nelle alte frequenze.

Sarà capitato a tutti di fare una foto attivando inavvertitamente il flash in una stanza ben illuminata: se ad esempio, si inquadra anche solo in parte una superficie riflettente (come può essere una finestra o qualche altro oggetto lucido), la foto risulterà sovraesposta o, "bruciata" come si dice in gergo, in quel punto.

I diffusori a curva piatta (per intenderci i reference monitor 20-20.000 Hz +/- 0,5 dB), a nostro modesto parere, sono adatti solamente se utilizzati in ambienti adeguati e trattati acusticamente quali le sale di registrazione, di mastering e quant'altro attenga all'ascolto professionale, o tutto al più in ascolto nearfield in sale poco trattate acusticamente, come ad esempio in ambienti dedicati all'home recording.

Utilizzare una curva di risposta piatta per un diffusore da installare in un ambiente domestico non trattato acusticamente, si ritiene quindi non sia mai la soluzione ideale.

Nel nostro caso, non sarà proprio esattamente la curva studiata dall'ing. Möller della B&K, ma filologicamente ci si avvicina molto.

La stessa cosa la imporremo quindi anche al tweeter.

Il tweeter

Sia per il fatto che il nostro amico Pierluigi aveva sostituito a suo tempo solo una delle due unità, e che dalle misure acustiche viste in precedenza il tweeter originale sembra avere qualche problemino, non abbiamo voluto approfondire troppo l'argomento e ci siamo quindi dati da fare per cercare dei nuovi compagni che potessero bene adattarsi sia al woofer che al cabinet.

Eh si, anche al cabinet, perché la distanza originale dei centri di emissione tra woofer e tweeter è veramente minima (eh, i bei vecchi tempi).

Questo accorgimento permette di effettuare un taglio acustico piuttosto in alto, mantenendo un fronte energetico omogeneo nella regione dell'incrocio; la qual cosa aveva ancora più senso, in quanto il filtro esistente, era da 6 dB/oct.

Tali filtri a bassa pendenza "obbligano", per così dire, il progettista ad avvicinare quanto più possibile i centri di emissione.

Inoltre ci siamo detti: la cassa è stata progettata e realizzata in Italia, ergo, il nuovo tweeter dovrà essere autarchicamente italiano.

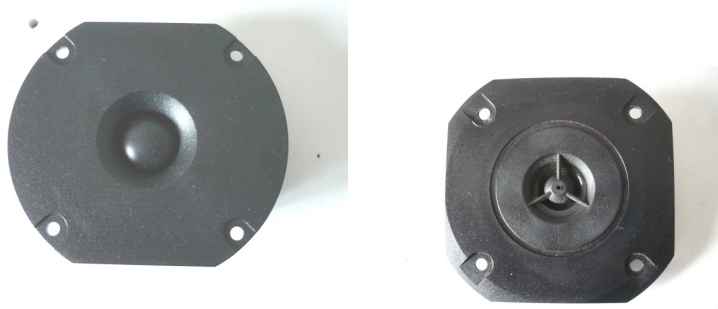


Foto nn. 2 e 2a - Il nuovo tweeter (a sinistra) a confronto con quello installato in origine sulle Prima

L'unica modifica al mobile che dovremo effettuare sarà quindi l'allargamento del foro per l'alloggiamento del motore del tweeter, che passerà da 50 mm a 70 mm di diametro da effettuarsi con una fresa a tazza o un seghetto alternativo. Poco male, la flangia pseudo-rettangolare del nuovo tweeter farà il resto, compensando così l'ingombro originale. Se la flangia del nuovo tweeter fosse stata circolare, si sarebbe dovuto allargare il foro in modo disassato, allontanando così i rispettivi centri di emissione, e ciò non sarebbe stata cosa a noi gradita. In tal caso, per mantenere intatte le distanze dai centri di emissione avremmo invece fresato la flangia in ABS adattandola alla forma del cestello del woofer, a mò di quel che si faceva in casa Sonus Faber.

Per evitare qualche problemino di diffrazione dovuto al fatto che la flangia non sarà incassata a filo del pannello, monteremo intorno ad essa un tappetino di neoprene adesivo dello stesso spessore.

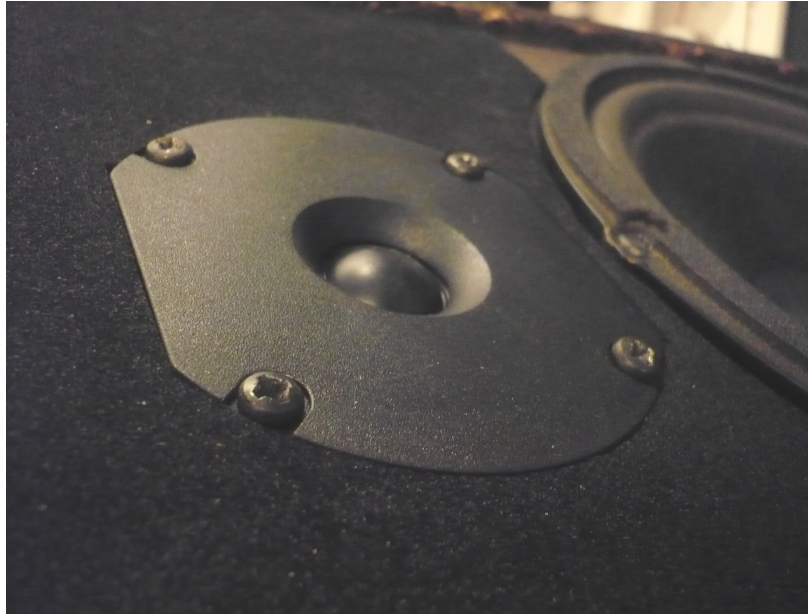


Foto n. 03 – L'applicazione del tappetino in neoprene adesivo montato a filo della flangia del tweeter ha permesso di eliminare qualche piccola diffrazione provocata sia dallo spessore della flangia stessa che dalla cornice esterna del baffle.

Già dalla scheda tecnica fornita dalla casa, si intuisce che il tweeter è sufficientemente performante, abbastanza economico e che si adatta quindi senza grossi problemi allo spirito dell'operazione. Si trattava ora di misurarne le caratteristiche di base, così come è stato fatto per il woofer:

$F_s = 1300 \text{ Hz}$

$R_e = 5,8 \text{ Ohm}$

Dalla frequenza di risonanza misurata, si intuisce che dovremo effettuare un incrocio almeno ad un'ottava sopra i 1300 Hz; qualcosa in più è sempre meglio. Le ragioni per cui conviene allontanarsi sempre di almeno un'ottava dalla F_s del tweeter sono in parte le stesse per cui è bene tenersi alla larga dai break-up del woofer.

Ai tweeter, infatti, alla F_s accadono sempre queste cose:

Problemi elettrici:

- 1) l'impedenza alta alla F_s porta sempre ad una parziale inefficacia del filtro passa alto (Graf.05);
- 2) alla F_s , dato che aumenta l'impedenza, si incrementa anche il Q_t del tweeter;
- 3) a causa dell'aumento del Q_t , diminuisce la capacità di retroazione (feedback) del circuito elettrico equivalente del driver;

Problemi meccanici:

- 4) break-up della membrana e della sospensione per i problemi detti sopra (anche i tweeter uno straccio di sospensione ce l'hanno);
- 5) conseguenti distorsioni armoniche di vario grado e magnitudo che giocoforza si generano dal movimento incontrollato della bobina mobile non ben contrastato dalla reazione della sola sospensione;
- 6) idem come 3) allungamento della scala dei tempi nello smorzamento dei transienti in quella regione.

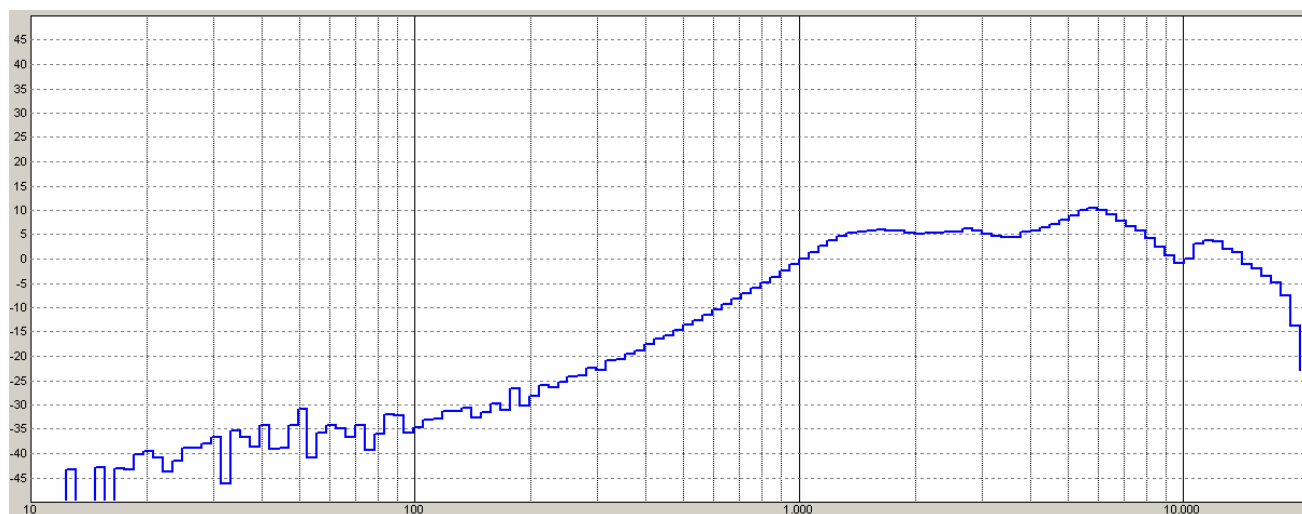
Nel caso in cui la bobina mobile sia stata trattata con ferrofluido, tutti i problemi riscontrati possono diminuire anche di un ordine di grandezza, ma non sono mai completamente eliminati.

Per ultimo abbiamo lasciato questo:

Problemi economici:

7) A causa delle possibili sovra elongazioni della bobina mobile (dovute principalmente alla causa 1) ed alla 3), è reale il rischio di brasarla e danneggiare irrimediabilmente il tweeter. Insomma, siete avvertiti. Il tweeter, come sempre in questi casi, ringrazia.

Nel Graf. 04 è visualizzata la risposta non filtrata del tweeter utilizzato in questo progetto:



Graf. 04 – Risposta naturale del nuovo tweeter

Osservando il solo Graf. 04, parrebbe conveniente predisporre il taglio a partire da 1,5 kHz, ma tenendo a mente i sette motivi per cui questo non si fa, decidiamo per una F_c (F_{cut} , vale a dire frequenza di taglio) che dovrà essere compresa tra i 2,6 kHz ed i 3 kHz.

Dato che per il woofer abbiamo ottenuto una pendenza media di 18 dB/oct (in alcuni punti anche molto di più, leggendo il Graf. 03), adotteremo caratteristiche simili per la pendenza che dovrà avere il filtro del tweeter.

Impostato come al solito i valori di frequenza ed impedenza nel computer per un filtro passa alto del terzo ordine centrato a 2,7 kHz, si ottengono (sempre bovinamente) i valori di induttanza e di capacitanza.

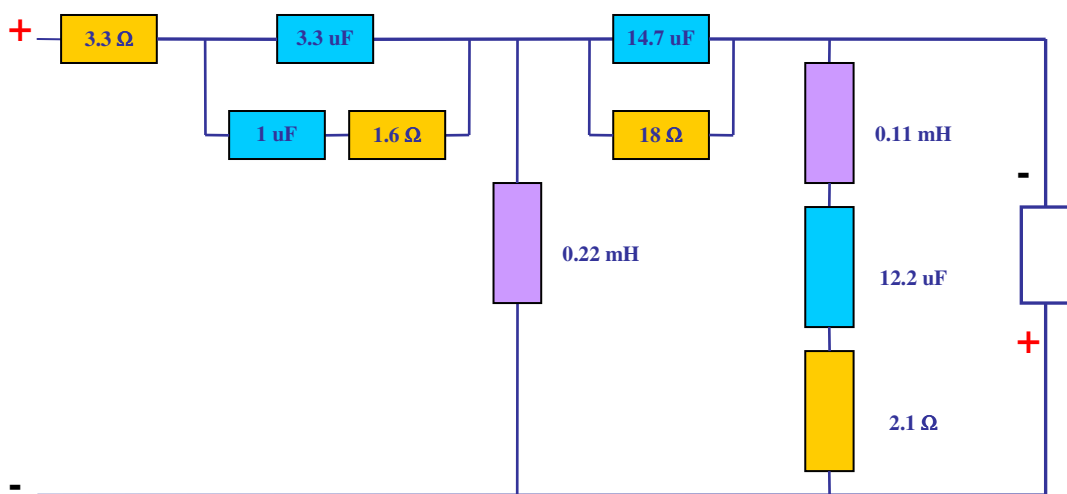
Si sperimentano due prove pratiche di risposta; misuriamo un incrocio passabile a circa 2,7 kHz, ma rimane sempre un bel panettoncino da affettare nella regione dei 4-9 kHz (visibile sempre nel Graf. 04), col picco centrato a 5,8 kHz e magnitudo media pari a 7 dB circa.

Per affettare il panettoncino, questa volta anziché utilizzare una cella notch-parallelo in serie al circuito, dato che l'impedenza misurata in quel punto è già alta (e non si intende degradare ulteriormente il segnale inserendo componenti in serie allo stesso), inseriremo una cella RLC-trappola serie del tipo quasi simmetrica, in parallelo al circuito e sintonizzata a 5,8 kHz.

Anziché lavorare direttamente attenuando la risposta in frequenza con un circuito in serie (come abbiamo fatto per il woofer), la cella RLC-trappola serie in parallelo al circuito, lavora nel dominio dell'impedenza, abbassandola quel tanto che serve in quel punto per ri-allineare la risposta e deviando verso massa la corrente in più che transitava prima nel circuito principale.

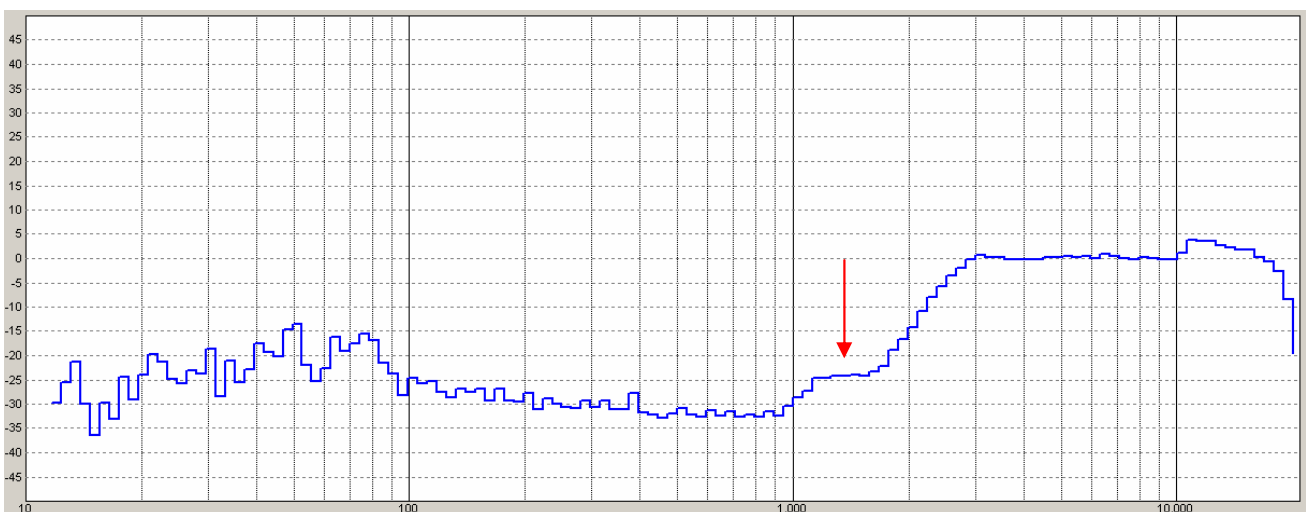
Inseriti i soliti dati di prammatica, il computer sbrodola i valori che occorrono.

Anche in questo caso, soprattutto sul valore della resistenza, toccherà fare qualche tentativo in più, dato che il fattore di merito di questa cella è molto sensibile alle variazioni di R: come già detto, abbiamo a che fare con componenti reali e non ideali, con i loro pregi ed i loro difetti, le loro perdite di inserzione, le loro dissipazioni e tolleranze costruttive, il cui valore calcolato dal computer non coinciderà certo con quello trovato invece per via empirica. Trovati gli opportuni e necessari aggiustamenti sia sulla cella RLC che sulla cella del passa alto, al fine di sposare la causa del woofer, per il tweeter alla fine si ottiene questo circuito:



Sch. 05 - il filtro passa alto definitivo

E quella del Graf. 05 è la sua risposta quasi definitiva:



Graf. 05 – Risposta del tweeter con il filtro in versione quasi definitiva – pink noise @ 12 dB/oct

Per i fattori delle curve alla *reference monitor*, ecco qui una bella linea piatta +0,10/-0,00 dB, da 3 a 10 kHz, con risposta rilevata a dodicesimi di ottava ... tranquilli, ci siamo solo dimenticati di salvare la risposta definitiva; questa era solo una rilevazione intermedia ...

Battute a parte, si noti invece una cosa importante: la parziale inefficacia del filtro crossover in zona 1300 Hz (vedi freccia rossa), a causa della risonanza, alias picco di impedenza, centrata anch'essa a quella frequenza. Comunque si può stare tranquilli: siamo già a -25 db sotto la magnitudo di ascolto ed il tweeter non ne risentirà; complice il suo passa alto naturale, l'efficacia che abbiamo ottenuto adesso è di oltre 24 dB/oct.

Dato che la topologia elettrica adottata è del tipo a polarità invertente, per rifasare la risposta con il woofer dovremo invertire la polarità del tweeter. Qualcuno potrebbe obiettare, dicendo: “scusate, ma che necessità avete di invertire la polarità del tweeter quando anche il woofer ha una pendenza del filtro di 18 db/oct ed ha quindi anche lui la fase invertita?”

Si ricorda che il woofer ha sì una pendenza acustica media risultante del passa basso di 18 dB/oct (dal grafico, a parte qualche irregolarità, come già detto si osserva anche qualcosa in più), ma in quel caso è stata ottenuta utilizzando una topologia elettrica a 12 dB/oct, la quale topologia è del tipo non invertente.

Questo assioma è sempre valido per filtri di ordine dispari (1°, 3°, 5°ordine, ecc.). Ciò non vuol dire che basta solamente invertire le polarità del tweeter e per magia la fase acustica relativa va a posto, tutt'altro. Invertire la polarità permette di avvicinarsi un po' di più al *target*, ma raggiungere l'obiettivo di un allineamento della fase relativa pari a zero alla frequenza di incrocio richiede aggiustamenti “mirati”, come si può ben notare dallo Sch 05.

Questi aggiustamenti “mirati”, in anglosassone *tweaking*, non è roba da tecno-sciamani elettroacustici (come qualche volta mi è capitato di sentire o leggere), ma servono per modellare finemente e con eccellente versatilità sia la pendenza che la regione delle frequenze dove insiste il ginocchio di risposta acustica del circuito che si vuole rifasare.

Provocatoriamente, si potrebbe dire che: “di solito basta appiccicare resistenze e condensatori qua e là nei punti più opportuni del circuito” (eheheh). Così facendo, oltre ad allineare correttamente la risposta in asse dei due driver, anche la risposta fuori asse (a cui, come detto, teniamo molto, essendo una delle nostre tante fisime) non varierà nella regione di incrocio, come vedremo tra poco. Nella realtà occorre solamente conoscere un po' il funzionamento di ogni cella costituente il filtro, esaltando o limitando il suo naturale funzionamento. Insomma, occorre fare un po' di *trial and error*, (in italico: prova e correggi l'errore) in modalità iterativa.

Anche se invertendo la polarità del woofer anziché quella del tweeter si ottiene il medesimo risultato, è preferibile intervenire su quella del tweeter, perchè magari nello stesso ambiente domestico sono presenti altri sistemi di altoparlanti.

Nel caso si facessero suonare contemporaneamente i due sistemi, si potrebbero verificare inaspettati fenomeni di cancellazione delle frequenze basse.

Invertiremo per questo motivo le polarità dei tweeter in fase di montaggio. Per non commettere errori in fase di montaggio, lo scriveremo anche sui due circuiti dedicati.

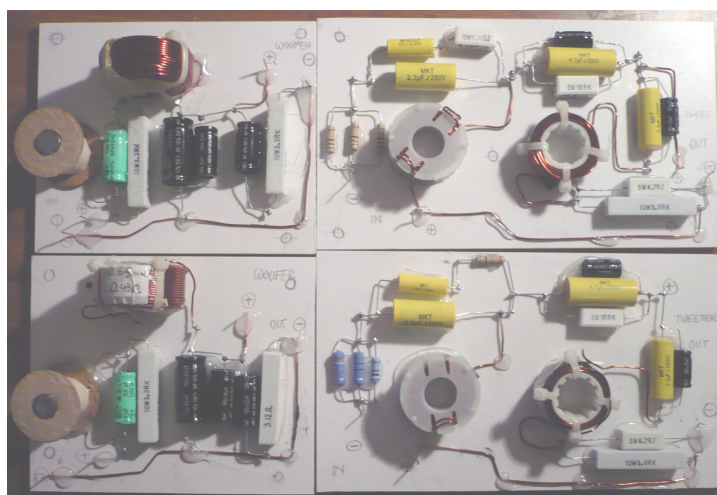
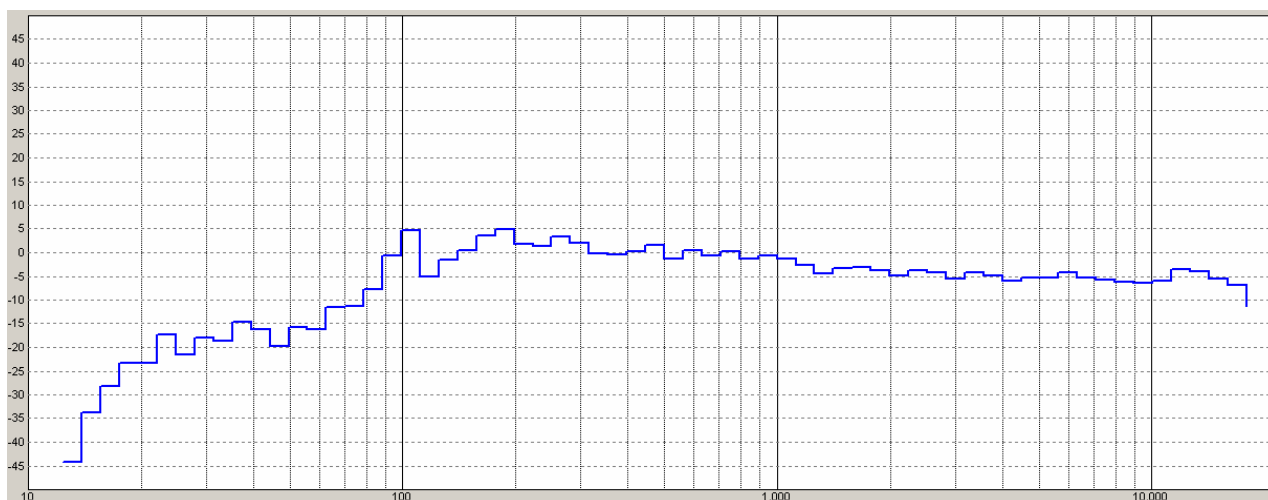


Foto n. 04 - Panoramica dei quattro circuiti crossover appena completati prima del loro montaggio in cassa

Il cablaggio dei circuiti è stato effettuato utilizzando delle basette di hypercell da 5 mm; la saldatura della componentistica è tutta point-to-point, coadiuvata da filo di rame smaltato da 1 mm di diametro. La colla a caldo ha fatto il resto. Il cablaggio interno è stato realizzato con cavo bifilare OFC 6N (Oxygen Free Copper con purezza 99,999..%, sei nove dopo la virgola) da 2x2,5 mmq, in linea con lo standard qualitativo del risultato atteso per questa realizzazione.

Ed ecco la risposta finale a sestidi ottava ad 1 m di distanza (Graf.06):

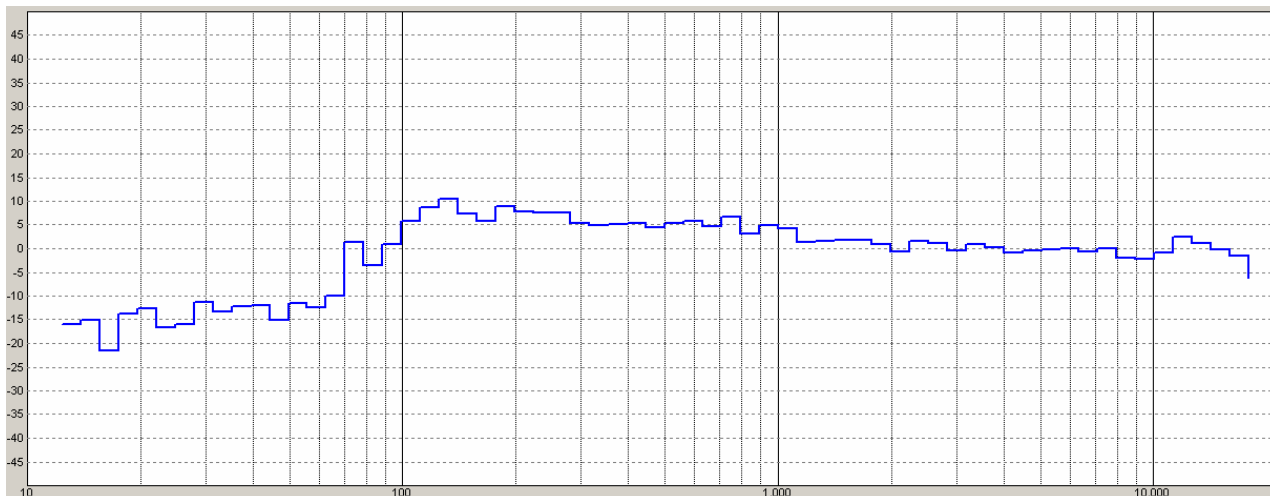


Graf. 06 – Risposta del sistema completo con il nuovo filtro alla Möller microfono a 1 metro posto sulla verticale media dei centri di emissione

Come si può vedere, non è stata volutamente piallata la regione delle frequenze dai 12 kHz a 15 kHz (si sarebbe potuto farlo con un'altra cella RLC-trappola, del tipo asimmetrico), dato che quella regione, se ben gestita, permette di dare un pelo di pepe in più all'ascolto, senza per questo risultare affaticante per l'ascoltatore.

L'avvallamento presente a 120 Hz è stato causato inavvertitamente dall'avvicinamento eccessivo del diffusore verso una delle pareti.

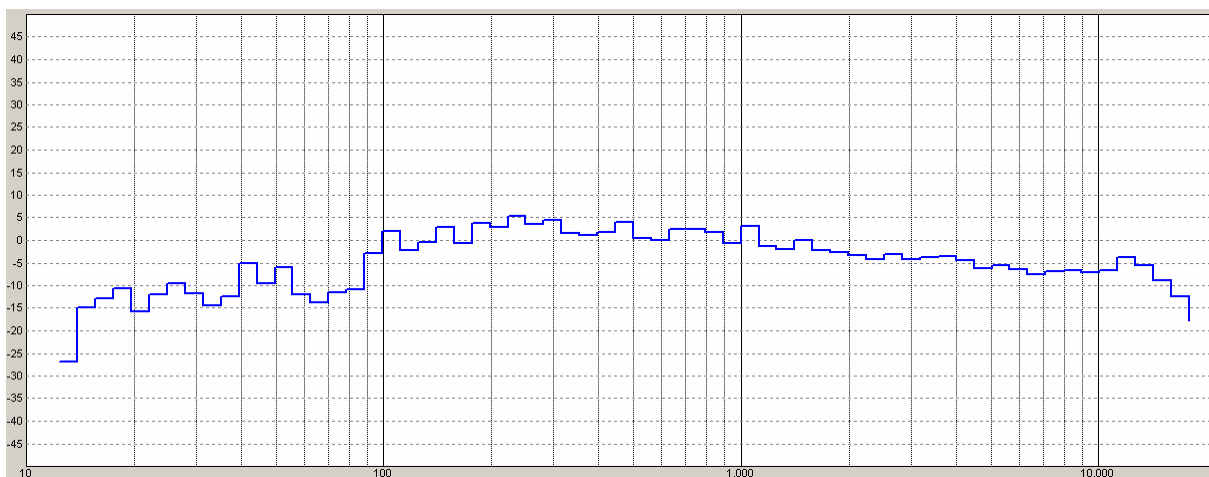
Allontanando il diffusore di poche decine di centimetri dalla parete rispetto alla posizione precedente, e ripetendo la misura, tale anomalia scompare a 120 Hz, ma in parte ricompare subdolamente come rinforzo a 75 Hz e come avvallamento a 170 Hz, come si evince dal Graf. 07:



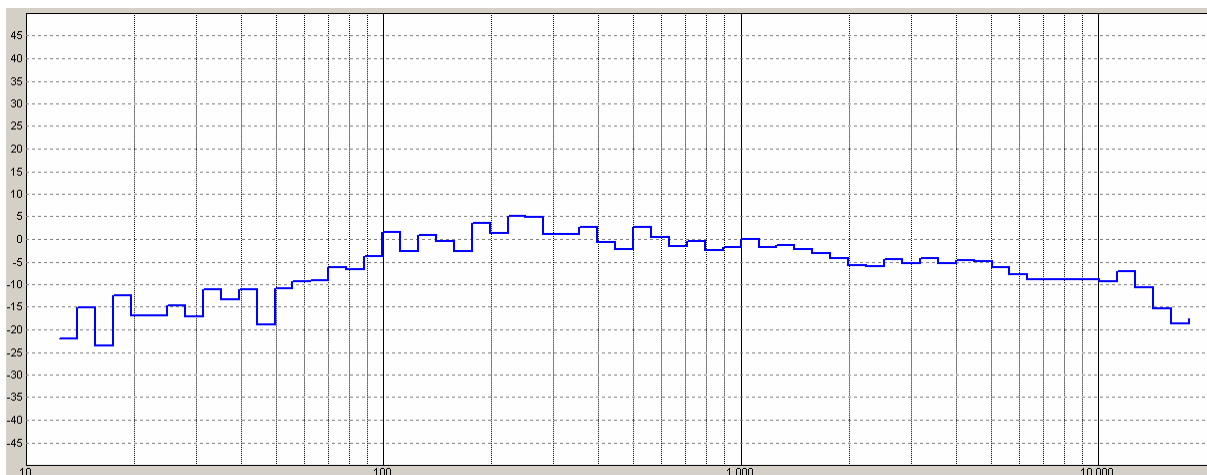
Graf. 07 – Risposta senza avvallamento a 120 Hz

Come abitudine, tutte le misure di risposta in frequenza sono sempre effettuate ad un sesto di ottava. Addirittura, quando si lavora all'individuazione del corretto incrocio tra due driver, l'attività viene svolta a 12mi o 24mi di ottava (si vedano i Graff. 02-04-05).

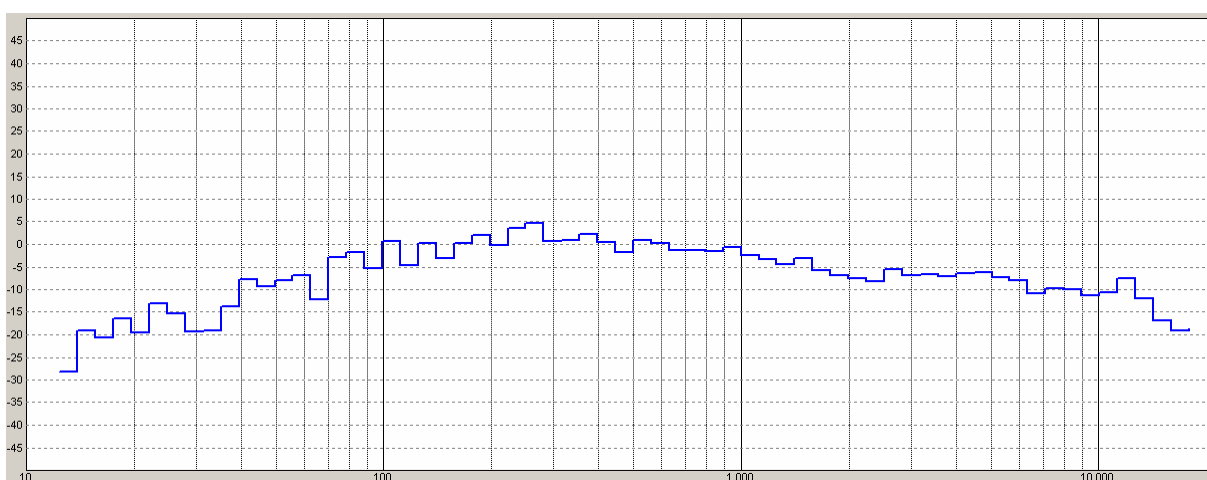
Si osservi come, utilizzando questa configurazione, l'ambiente non partecipi in modo sostanziale alla risposta complessiva del sistema sopra i 300-400 Hz. Qualche lieve irregolarità è visibile in tutte le risposte sia in asse che angolate nella regione 700 Hz-1,1 kHz; con tutta probabilità queste lievi irregolarità sono dovute a qualche risonanza interna al mobile non perfettamente contrastata e smorzata dall'assorbente pur attentamente ricardato. Per eliminare anche queste irregolarità avremmo dovuto studiare l'inserimento di assorbenti con densità, geometrie e posizione differenti, ma il tempo come si sa, è tiranno...



Graf. 08 – Risposta fuori asse a 30°



Graf. 09 – Risposta fuori asse a 45°



Graf. 10 – Risposta fuori asse a 60°

Si noti nei Graff. 08-09-10 la buona dispersione orizzontale ottenuta, in quanto la curva di progetto (quella dell'ing. Möller) viene rispettata anche per angolazioni particolarmente severe. Notevole la prestazione del tweeter a 45° fuori asse, ancora perfettamente lineare da 6 a 12 kHz, merito anche del pannellino aggiunto da 3 mm in neoprene adesivo per il tweeter.

Nonostante i driver siano posti in posizione simmetrica, le risposte a 45° e 60° fuori asse sono ancora sufficientemente attendibili ed equilibrate, senza eccessivi ed udibili (visibili forse un pochino sì, ma, ehm, ricordiamoci che siamo pur sempre a 45° e 60° fuori asse ...) rigonfiamenti laterali nella zona dell'incrocio (2,7 kHz).

Questi diffusori, grazie sia al tipo di caricamento del woofer, che per la particolare curva di risposta e le ottime doti di dispersione ottenute, non avranno alcun problema di inserimento in un normale ambiente domestico non trattato acusticamente.

Sulla base dei grafici di risposta e confortati dalle prove di ascolto, si ottiene una buona ricostruzione scenica ruotando i diffusori di 10-15 gradi verso l'ascoltatore.

Misurare ad un terzo di ottava potrà andare bene a tanti [*], ma riteniamo che se la potenza di calcolo degli attuali computer permetta misure RTA senza problemi con risoluzione a 6ti, 12mi, 24mi di ottava ed oltre, dall'altra parte occorrono tecnici che riescano a modellare le curve di risposta secondo le specifiche imposte dal progetto, senza lasciarsi fuorviare dai modi di risonanza dell'ambiente dove avvengono le misure, o da altri disturbi di natura stazionaria.

Se si fosse visualizzato il Graf. 07 adottando una misurazione a terzi di ottava, il grafo ottenuto sarebbe stato con tutta probabilità una semplice retta scalettata con pendenza media di 1,3 dB/oct, o poco più; non sarebbe stata quindi di quasi o nessuna utilità per gli obiettivi che un tecnico si deve sempre porre, ovverossia l'analisi acustica e circuitale del diffusore in esame.

Quindi, se ci si abitua a lavorare con la risposta a sesti di ottava, si "dimezzano" le possibilità di incorrere in piccoli errori di progettazione (che possono essere piccoli ma ben percepibili e di difficile eliminazione se si rimane nel dominio di filtraggio inferiore), specie in quella delicata regione di transizione dei trasduttori che è la più critica per l'ascolto.

Così facendo, pur piacevole che sia quest'ultima attività, si dimezzano anche i tempi per la messa a punto finale che eseguiamo sempre con lo strumento di laboratorio più sofisticato esistente al mondo: l'apparato uditivo.



Foto n. 05 – Con l'aggiunta del pannellino in neoprene adesivo queste casse sembrano realizzate appositamente per la Banda Bassotti ...

[] malignamente, si potrebbe sostenere che così facendo tante piccole magagne vedrebbero la luce, oppure, di converso, si potrebbe affermare che lavorando a 6i di ottava si introdurrebbero degli errori dovuti all'ambiente di misura ed alle sue intrinseche modalità diffusive...*

Compensiamo l'impedenza del diffusore

Analizzando il grafico delle impedenze del nuovo filtro (graf. 11), notiamo una più che discreta regolarità del modulo da 120 Hz fino a circa 1,5 kHz.

a 4 kHz, però, c'è un bel picco che porta l'impedenza in quel punto a 18 Ohm.

Avremmo potuto compensare subito l'impedenza del tweeter alla risonanza, ma non abbiamo voluto farlo, in quanto volevamo verificare se alla fine la risultante dei valori di impedenza e la risposta totale del sistema tornavano a posto da soli; e così è stato.

Nella realtà il picco di impedenza del tweeter misurato alla sua frequenza di risonanza a 1,3 kHz era decisamente molto più alto; complessivamente però, grazie all'interazione elettrica del circuito del woofer, oltre all'inserimento della cella RLC-trappola serie in parallelo al circuito, abbiamo contemporaneamente ottenuto due vantaggi:

- 1) Spostamento del picco di impedenza del circuito misurato ai morsetti a 4,0 kHz;
- 2) Eliminazione del panettoncino presente nella risposta acustica del tweeter a 5,8 kHz;

Per questi motivi, prima di compensare il tweeter alla F_s abbiamo preferito osservare l'andamento finale del modulo di impedenza.

Non è stato provato, ma riteniamo che se avessimo compensato subito l'impedenza del tweeter per renderla potabile per il filtraggio del 3° ordine elettrico, avremmo sì ottenuto una curva più o meno allineata alla teoria (senza quindi quell'indecisione a 1,3 kHz, vedi Graf. 05), ma nel contempo, per mettere a posto il panettoncino a 5,8 kHz, il modulo sarebbe sceso a 2,5 Ohm in quel punto (2,1 Ohm rappresenta il valore della resistenza nella cella RLC, più le perdite del condensatore e la resistenza in continua dell'induttanza costituenti la cella RLC trappola); forse un po' troppo anche per i nostri gusti facili.

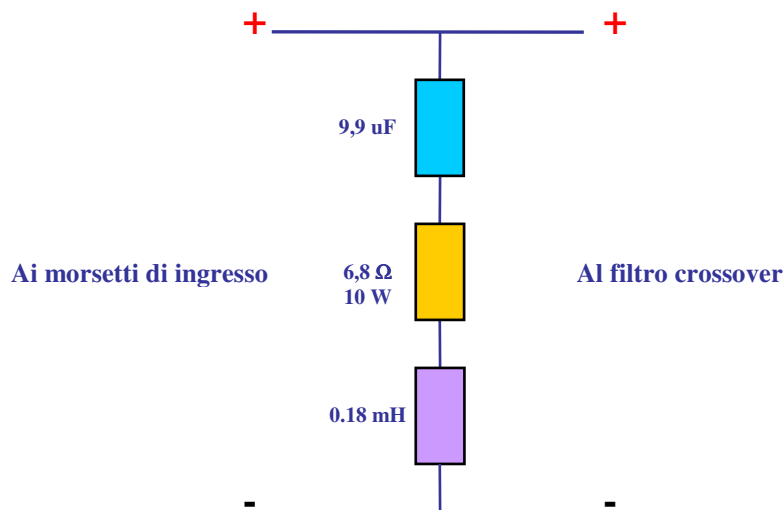
Dal punto di vista elettrico, l'innalzamento a 18 Ohm del modulo di impedenza a 4 kHz non causa alcun problema, in quanto si tratta di un incremento del modulo e non di un abbassamento. Tra l'altro ciò avviene in un range di frequenze di assoluta tranquillità per un pilotaggio con un amplificatore a transistori.

Qualche problema di risposta invece potrebbe occorrere se ai diffusori si collegasse un amplificatore al vetro.

Qualora ciò avvenga, occorre compensare questa gobba, in quanto i valvolari hanno, per costituzione intrinseca, un fattore di smorzamento piuttosto basso. Un amplificatore avente un *damping factor* basso, genera sempre un'esaltazione in frequenza laddove l'impedenza dei diffusori è sensibilmente più alta di quella per cui è stato progettato. Il trasferimento di potenza ai diffusori, pertanto, non risulta ottimale.

Quando un diffusore deve interagire con un amplificatore a tubi, noi, per non sbagliare, compensiamo sempre l'impedenza. Non è questo il caso, dato che le casse saranno pilotate da un amplificatore nipponico a transistori; non crediamo quindi avrà grossi problemi a digerire sia i 5 Ohm in bassa che il picco di 18 Ohm in alta frequenza.

Nel caso invece si voglia compensare questa gobba, la cella antirisonante da porre immediatamente a ridosso dei morsetti delle casse, è approssimativamente la seguente:



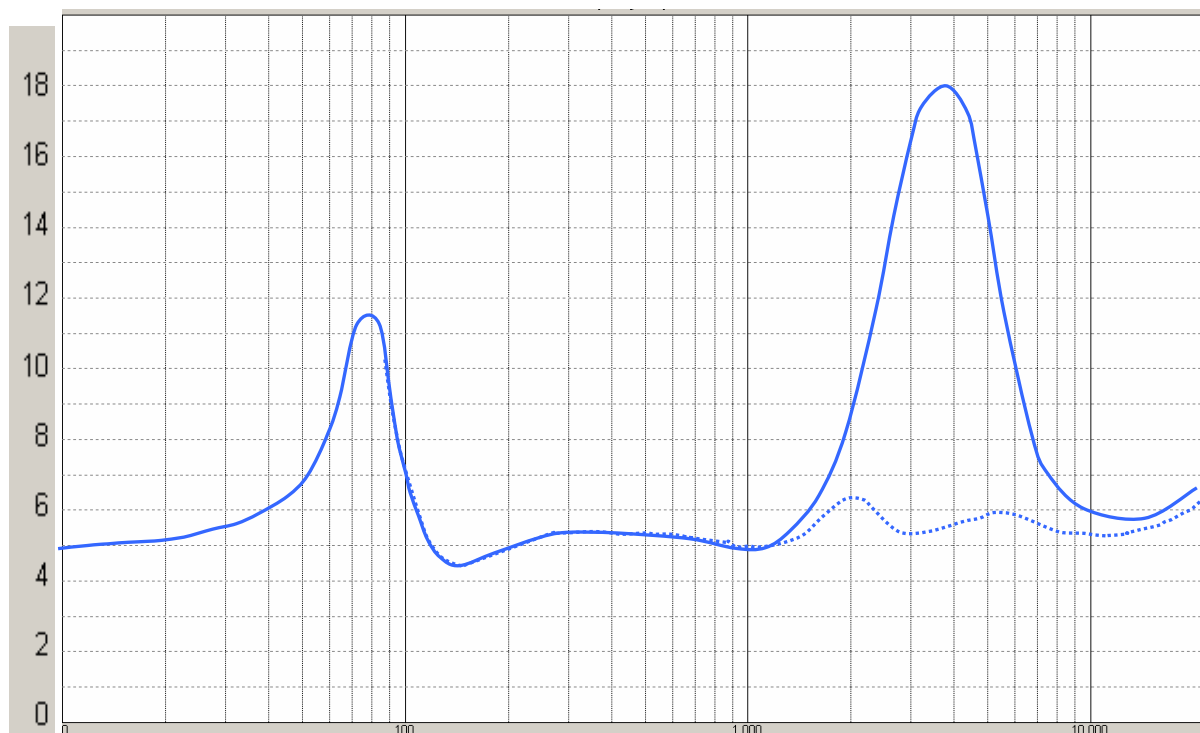
Sch. 06 – la cella di compensazione dell'impedenza (fonte: Zobel)

Diciamo approssimativamente, perché sinceramente non ci siamo applicati più di tanto per ottimizzare ulteriormente l'andamento del modulo di impedenza.

Lo schema n.06 può essere una buona base di partenza per tutti coloro che vogliono impraticarsi nel manipolare risonanze ed antirisonanze, oppure modificando il fattore di merito della cella per rendere ancora migliore la compensazione.

Per tutti gli altri che non volessero farlo, riteniamo che un modulo di impedenza pari a 5 Ohm +/- 1 Ohm da 110 Hz a 20 kHz, si configuri già come un buon risultato.

Il Graf. 11, che ricordiamo è visualizzato ad 1 Ohm/div., è relativo al modulo di impedenza misurata in cassa, con e senza la cella di compensazione:



Graf. 11 – Impedenza del sistema finale – Scala: 1 Ohm/div.

Conclusioni

Per principio, ci asteniamo sempre nel dare giudizi di ascolto sui progetti che realizziamo. Non sarebbe eticamente ed intellettualmente onesto descrivere sensazioni ed emozioni che appartengono al proprio gusto, al proprio vissuto ed alle proprie esperienze personali. Noi siamo fondamentalmente tecnici elettroacustici. I grafici parlano sempre chiaro, in modo semplice ed obiettivo, e possono indicare al lettore un certo quale sentiero sulle verità da percorrere:

*“Dagli antichi fu detto, che come
l’occhio del nitticorace si abarbaglia
al lume del Sole, così lo è l’intelletto
humano nella cognitione delle cose
naturali. Si legge di uno philosopho
che venti anni stette per investigare
la natura di uno ape ...”*

[Feliciano - Le tre giornate dello infallibile viaggio del cielo]

Ciò detto, lasceremo quindi che si esprimano tutti quelli che, eventualmente ancora in possesso di una coppia di questi diffusori, si volessero cimentare in questo stimolante esercizio di *revival*.

Lo spirito che occorre adottare affrontando il restauro o la rigenerazione di una vecchia coppia di diffusori, o nella realizzazione di un nuovo sistema di altoparlanti, deve essere sempre quello di avvicinare l’apparato uditivo al nostro cuore.

Per certi versi è come preparare un piatto con una ricetta base presa da un buon libro di cucina, aggiungendo nella giusta misura pochi e sapienti ingredienti che rendano uniche ed irripetibili le sensazioni che incontrano l’olfatto e le nostre papille gustative.

Riteniamo sia questo il segreto che si deve andare cercando in tutte le creazioni *dello humano intelletto*.

H.D.

* * * * *

Il progetto è stato sviluppato in collaborazione con:



Fletcher & Munson™ Loudspeakers