

Le distorsioni di non linearità nell'altoparlante elettrodinamico

di Giuliano Nicoletti

La scelta degli altoparlanti per la realizzazione di un progetto di diffusori, sia per un autocostruttore che per un professionista, può essere molto lunga e complessa. I dati dichiarati dai produttori sono spesso vaghi e sintetici: le risposte in frequenza (quando presenti) vengono rilevate nelle più disparate condizioni, spesso senza le indicazioni di corredo, necessarie per l'interpretazione. Nessun cenno poi, nella totalità dei casi, alle non linearità del comportamento dell'altoparlante; queste componenti determinano nella maggior parte dei casi le distorsioni più evidenti e fastidiose, e forniscono indicazioni estremamente utili sulla qualità di un altoparlante, le attenzioni profuse dal progettista in fase di ottimizzazione, le opportunità di impiego e la correttezza della scelta effettuata. Le schede di misura di costo accessibile, come la famosa ed ottima CLIO e altri sistemi più economici computer based hanno permesso una vasta diffusione della conoscenza e dell'analisi dei parametri lineari, in primo luogo dei parametri di Thiele/Small. Sebbene a volte molti di questi parametri non vengano ben interpretati, le indicazioni che ad un occhio attento e smaliziato possono provenire dalla lettura di questi parametri sono ancora oggi molto valide, e imprescindibili. Manca invece la diffusione della conoscenza dei fenomeni che intervengono quando ad eccitare un trasduttore non è più un segnale di alcune decine di milliwatt, come invece accade durante la misura dei parametri di T/S, con l'equipaggio mobile che non viene sollecitato a spostarsi significativamente dalla posizione di riposo. La cedevolezza che viene misurata è dunque quella delle sospensioni nel punto di riposo, e la posizione della bobina mobile nel traferro è centrale (quando il progetto è corretto...). Cosa succede quando invece – nella vita reale – l'altoparlante viene pilotato da un ampio segnale, quando le sospensioni vengono sollecitate, quando la bobina mobile si allontana dal centro del traferro? L'analisi delle distorsioni non lineari è in effetti alla portata di pochi centri di ricerca, poiché richiede l'utilizzo di strumenti di misura estremamente avanzati e costosi.

Occorre evidenziare inoltre il mutamento degli indirizzi commerciali che si sta delineando negli ultimi anni, che concorre in modo importante a determinare questo fenomeno: la maggior parte dei più grandi produttori di componenti sciolti per l'autocostruzione domestica sta contraendo in modo significativo la produzione di altoparlanti sciolti, indirizzando le energie alla produzione di componenti custom per il mercato OEM. Il mercato dell'autocostruzione ha avuto infatti una forte contrazione rispetto al periodo d'oro degli anni ottanta, eccezion fatta per i segmenti di nicchia, più esoterici (largabanda specializatissimi, e tutti quei componenti dalle geometrie particolari che ancora hanno una forte richiesta nel mercato di settore, a diffusione internazionale).

La concorrenza della produzione cinese ha difatti reso possibile offrire al pubblico diffusori di ottimo livello a prezzi sempre minori, relegando l'autocostruzione ai settori più estremi, dove non si raggiungono purtroppo i numeri necessari a giustificare investimenti ingenti da parte dei produttori. Nel settore Car la situazione appare abbastanza differente: non vengono difatti venduti sistemi di altoparlanti – in cui i punti di interesse tecnici e commerciali sono investiti nell'intero progetto – ma componenti sciolti, dove la necessità di offrire forma e sostanza diviene imperativa. Un componente Car deve essere affascinante nella vetrina del negozio, performante una volta installato in vettura, affidabile nelle durissime condizioni di lavoro (escursioni termiche terribilmente impegnative, umidità, agenti aggressivi di ogni tipo...), in grado di digerire senza timori le altissime potenze utilizzate nelle autovetture. Certamente anche in questo settore sono tantissimi i produttori che si limitano a rimarchiare produzioni orientali di scarso, scarsissimo valore, ma si tratta della fascia più basso del mercato, quella occupata comunque con saldezza dai grandi produttori giapponesi e

internazionali. Esiste poi una vasta fascia di mercato intermedia e di alto livello, dove la ricerca e sviluppo degli altoparlanti ha raggiunto oggi livelli di assoluta eccellenza, producendo nuove tecnologie e raffinando sino al limite del possibile quelle più tradizionali. Un cenno infine alla telecomunicazione: la diffusione capillare dei telefoni cellulari, ad esempio, ha reso necessario lo sviluppo di trasduttori compatti, efficienti, economici, offrendo ulteriori spunti all'approfondimento delle problematiche tecniche legate alla progettazione e all'utilizzo degli altoparlanti. Per quanto possa dunque sembrare inopportuno, appare evidente che il settore più arretrato nella produzione, nell'analisi e nello sviluppo di altoparlanti è quello della riproduzione HiFi domestica, in cui – con buona pace degli integralisti – si continuano ad utilizzare componenti progettati troppi anni or sono. E a compilare esaurienti ed approfondite disamine tecniche senza approfondire i problemi legati al cuore del sistema, quell'altoparlante elettrodinamico vecchio, semplice, oramai quasi noioso nella sua banalità. Banale lo è, in effetti: una membrana vibrante incollata ad una bobina vibrante immersa in campo magnetico. Due sospensioni (una sospensione, se pensiamo ad un tweeter a cupola), un cestello. I pezzi sono pochini, tanto da non sembrare sufficienti a giustificare una recrudescenza di interesse.

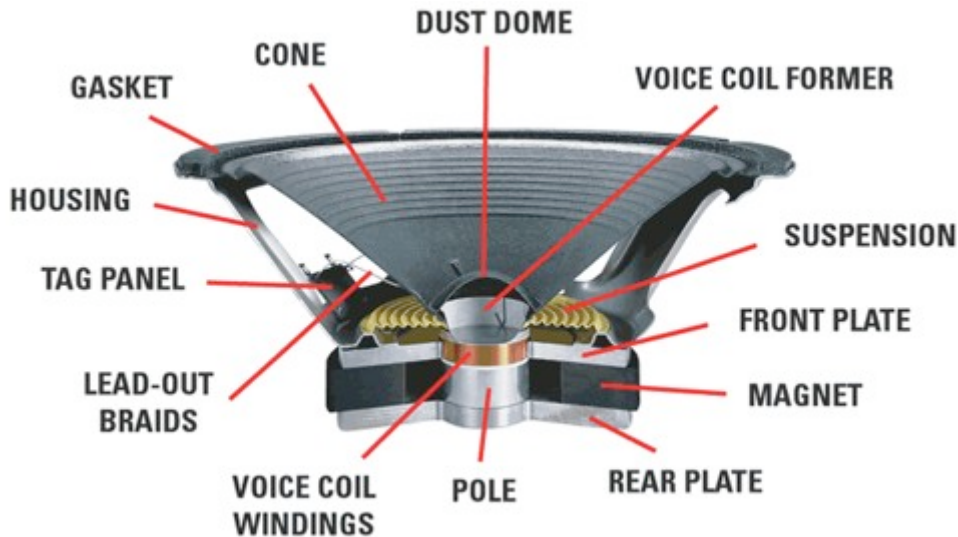
Quando però l'analisi diviene appena poco meno che superficiale appare evidente come ancora oggi esistano diversi motivi di attenzione verso questo vecchio e affascinante campione tecnologico, che vi sono molti campi da indagare, molte potenzialità non esplorate, senza dover necessariamente ricorrere a tecnologie aerospaziali e geometrie imbarazzanti.

L'altoparlante elettrodinamico

Ciò che mi ha sempre affascinato nella tecnologia della trasduzione acustica è l'inestricabile intreccio tra le prestazioni oggettive e quelle soggettive del componente. Ogni dispositivo di riproduzione audio nasce per essere ascoltato, esclusivamente con le orecchie. Nessun fruitore di audio avrà mai per la testa l'idea balzana di smontarne uno, misurarlo, analizzarlo – per quanto questo possa sembrare strano ai lettori di CHF.

Ciò che invece avrà valore nella valutazione di un trasduttore acustico è soltanto il suo suono, e l'affidabilità nel tempo. Ovvio però che il progettista dovrà essere in grado di trovare il punto di incontro tra prestazioni oggettive - quelle misurate dagli strumenti di ricerca - e prestazioni soggettive – quelle percepite dall'ascoltatore. L'altoparlante stesso è oggetto scomodo e molto molto raffinato, a proprio modo. Un oggetto dove si fondono assieme leggi di meccanica pura, di termodinamica, di elettronica, di acustica. E un pizzico di alchimia.

Osserviamo nel dettaglio l'immagine qui sotto (grazie alla Celestion), dove vediamo disegnato un woofer convenzionale.



La bobina mobile è avvolta in spire sovrapposte su un supporto a sua volta incollato al cono, e immersa nel campo generato da un magnete permanente. Lo spider e il surround hanno il compito di mantenere la bobina nella corretta posizione, e di renderne lineare il movimento di escursione. Due rapidi conti ci indicano che le parti costituenti raggiungono il totale di 11 elementi (eliminiamo per comodità le minuterie come i connettori, le trecciole, le guarnizioni), per la precisione:

Sospensione

Cono

Parapolvere

Supporto della bobina

Spider

Bobina

Piastra superiore

Piastra inferiore

Magnete

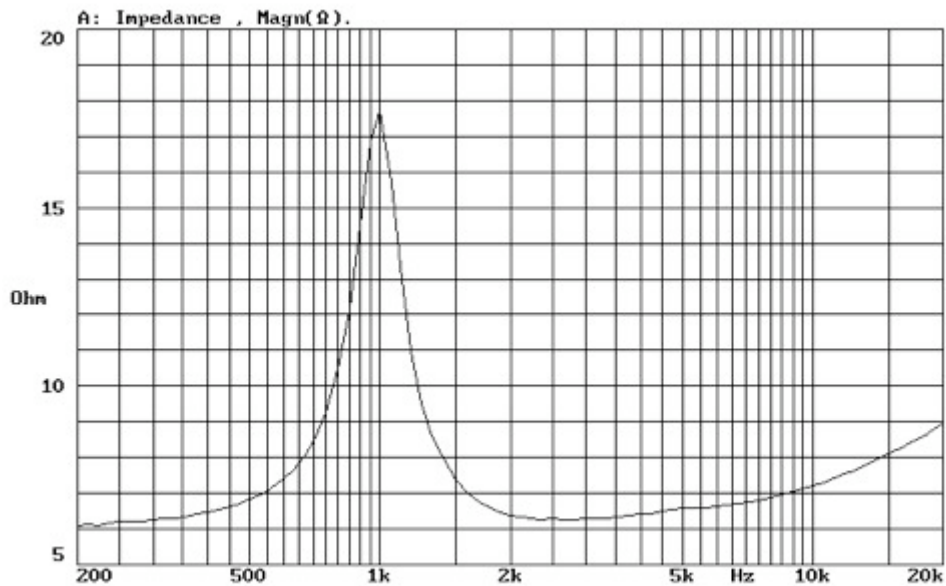
Cestello

Colle

Undici elementi sono di certo pochi, se confrontati a quanti ne devono essere utilizzati per costruire ad esempio un amplificatore audio, ma debbo dire che le loro combinazioni possono produrre risultati imprevedibili, e che ognuna di esse è in grado di apportare un contributo sostanziale al suono dell'altoparlante. Ognuna di queste parti è passiva, e quasi tutte vengono caratterizzate mediante unità di misura meccaniche: la rigidità, lo smorzamento, le dimensioni, la massa, le caratteristiche di omogeneità e i materiali costituenti. Le uniche misure elettriche riguardano il valore di resistenza della bobina e il valore dell'induttanza quando immersa nel campo magnetico.

I parametri di Richard Small e Neville Thiele

Ecco qui sotto il modulo dell'impedenza del nostro woofer.



I classici parametri di Thiele/Small vengono ricavati dall'analisi di questa curva, tracciata pilotando il componente con un segnale di piccolo livello, tale da mantenere in posizione di riposo l'equipaggio mobile durante la misura. Diamo una occhiata da vicino a questi valori, che rappresentano la croce e la delizia di ogni autocostruttore che si rispetti, e che tanto ci raccontano dell'altoparlante sotto test.

Cominciamo con i parametri meccanici più importanti:

Fs: frequenza di risonanza dell'equipaggio mobile, indicata dal punto dove il modulo raggiunge il valore massimo. Legata esclusivamente alla massa dell'equipaggio mobile e alla cedevolezza delle sospensioni.

Mms: massa complessiva dell'equipaggio mobile. Ovviamente questo computo tiene conto non soltanto del cono, del parapolvvero e della bobina mobile+supporto, ma anche di una parte considerevole di spider e surround.

Cms: cedevolezza delle sospensioni (spider e surround), è la risultante della cedevolezza dello spider e di quella del surround. Ovviamente la percentuale di cedevolezza delegata ad ognuna delle due sospensioni deve essere valutata per ogni progetto specifico.

Vas: volume acustico equivalente alla cedevolezza delle sospensioni. È funzione esclusivamente della superficie radiante e della cedevolezza. Se ad esempio montiamo sul nostro woofer delle sospensioni più morbide la Fs diminuirà, il Vas aumenterà.

Ecco i parametri elettrici:

Re: resistenza in corrente continua della bobina mobile

Qms: fattore di merito meccanico. Questo valore indica lo smorzamento meccanico del sistema, vale a dire il rapporto tra l'energia meccanica immagazzinata e quella dissipata in corrispondenza di una sollecitazione, nei dintorni della frequenza di risonanza.

Qes: fattore di merito elettrico: Come per il Qms, riferito però all'energia elettrica.

Qts: è funzione del Qms e del Qes, ai quali è legato da questa formula: $1/Qts = (1/Qes) + (1/Qms)$
Esprime il fattore di smorzamento complessivo dell'altoparlante nei dintorni della frequenza di

risonanza. Si tratta di un parametro chiave nella valutazione di ogni altoparlante, ma occorre valutarlo con attenzione, sapendo leggere il quadro complessivo che ne ha determinato il valore.

Bxl: fattore di forza, indica il prodotto tra lunghezza di filo della bobina mobile immerso nel traferro e densità di flusso generata – sempre nel traferro – dal gruppo magnetico.

Le: solitamente dichiarata a 10 KHz, il valore di induttanza della bobina mobile. Un dato molto importante, ci lascia intuire il tipo di bobina utilizzata nell'altoparlante, la sua interazione col complesso magnetico e la banda passante dell'altoparlante. Fornisce inoltre degli indizi su uno dei componenti (la bobina mobile) che maggiormente influiscono sulla massa complessiva dell'equipaggio mobile.

Ebbene, quali informazioni a proposito di un altoparlante si possono trarre dall'esame di questi valori? Innanzitutto la resistenza ci offre una indicazione immediata del carico offerto all'amplificatore. La zona più gravosa è sempre situata subito dopo il picco di risonanza ed è solitamente abbastanza vicina nel modulo a questo valore. Ovviamente ha un grosso peso nella scelta del componente e anche nella interpretazione del valore di Q_{ts} .

La frequenza di risonanza è anch'essa critica: se intendiamo progettare un subwoofer di medie dimensioni avremo cura che la risonanza dell'altoparlante non sia ad esempio intorno ai 120 Hz! Ma se il valore è più basso, a cosa occorre prestare attenzione?

Immaginiamo di avere qui davanti i parametri appena misurati di un woofer da 10 pollici: la F_s è situata a 27 Hz, un valore molto basso, ideale per realizzare un subwoofer ben esteso in gamma bassa. Ma cos'è esattamente a determinare questo valore? Si tratta di un componente con una massa molto alta (alto valore di M_{ms}), o sono le sospensioni ad essere molto cedevoli (alto valore di C_{ms})? Se la massa è alta (ipotizziamo 120 grammi) occorre subito dare una occhiata al V_{as} . Questo probabilmente sarà abbastanza contenuto (minore di 40 litri?) lasciandoci un punto interrogativo di sostanza a proposito dello smorzamento del sistema. Se invece è la cedevolezza ad essere molto alta (superiore ad 1 mm/N?) avremo un V_{as} molto maggiore e una buona libertà di progetto. Ma dovremo fare attenzione al fondo corsa della bobina mobile e alla tenuta complessiva del sistema. E i fattori di smorzamento? La letteratura classica ci ha insegnato che determinati valori di Q_{ts} consigliano la realizzazione di un certo tipo di carico acustico: sotto i valori di 0.3 carichi a tromba. Sino a valori di 0.5 carichi di tipo reflex. Oltre la cassa chiusa o il dipolo. Valori puramente di massima, ovviamente non è sensato mettere paletti, e soltanto la bravura del progettista porrà limite alla qualità di un progetto. Ma valori comunque sensati, direi, abbastanza affidabili. Ciò che è molto importante è sapere però da cosa vengono determinati, e saper immaginare il suono dell'altoparlante prima di averlo ascoltato.

Il medesimo valore di Q_{ts} (a parità di F_s) può infatti essere ottenuto con una massa mobile leggera e un'alta cedevolezza delle sospensioni, o con una massa alta e sospensioni molto rigide. Cambia il gruppo magnetico, nel primo caso poco potente, nel secondo caso molto potente.

Il primo woofer avrà un suono piacevole e allegro, con una certa tendenza ad andare in crisi con buone potenze in ingresso. Il secondo avrà un suono pieno e corposo, ottima tenuta in potenza ma minore articolazione e precisione nei transienti. A parità di Q_{ts} . Se invece lo smorzamento diminuisce, e ci troviamo a che fare con un componente dal Q_{ts} vicino allo 0.7, di certo non penseremo ad utilizzarlo in un carico reflex. Ma sapremo anche che probabilmente il valore di B_{xl} sarà molto basso, che l'altoparlante avrà poca energia e un suono probabilmente spento e poco dettagliato. O forse che le sospensioni sono molto rigide e la R_e molto bassa, e allora probabilmente abbiamo a che fare con un woofer disegnato per l'utilizzo Car, e allora ci guarderemo bene dal montarlo in dipolo e sperare di ottenere un qualche tipo di gamma bassa...

E il valore di B_{xl} ? Anch'esso è determinante: immediatamente ci lascia intuire l'energia generata

dall'interazione bobina mobile/gruppo magnetico, e lasciata a disposizione dell'equipaggio mobile. Che potrà gestirla in differenti modi. Per ottenere un corretto smorzamento su componente di media efficienza e alta tenuta in potenza, o per produrre un componente da 95 dB/1W/1m con una R_e di 16 ohm, dalla tenuta in potenza di 10 watt e dall'altissimo smorzamento, da cui difficilmente potremo ottenere una gamma bassa decisa e calorosa.

E la banda passante del componente? Facile immaginare che un woofer ad alta massa abbia dei limiti nei dintorni dei 20 kHz, più delicata invece l'interpretazione del valore di L_e . Un alto valore di induttanza indica senza dubbio una bobina lunga, avvolta su diversi strati, pesante. Il che ci porta ad un alto valore di $B \times l$ (molto filo immerso nel traferro), buone capacità termiche ma alta massa dell'equipaggio mobile. D'altronde in un subwoofer c'è necessità di avere alta escursione, e questa non può certo essere ottenuta con un avvolgimento alto come la piastra superiore. E se l'induttanza è molto bassa? Allora probabilmente la bobina è corta, avvolta su due strati, leggera. Ma potrebbe essere anche utilizzata nel gruppo magnetico una copertura in rame del polo, o un anello di corto circuito interno, come sempre più spesso accade. Una soluzione interessante che permette di mantenere ampia banda passante, ottima escursione e linearità. A fronte di maggiori costi di produzione.

Un'analisi molto sintetica, che però lascia intuire la complessità delle mille e più combinazioni possibili dei nostri undici pezzi costituenti il cuore di un altoparlante. I parametri di Thiele e Small sono delle vere e proprie impronte digitali; è difficile trovare due woofer identici, è complesso durante la progettazione raggiungere l'equilibrio valido per il tipo di applicazione prescelta, è delicato in sede di analisi valutarne tutti gli aspetti, e trarre un profilo sonico affidabile dell'altoparlante in analisi. Difficile, anche perché dell'altoparlante che stiamo analizzando manca ancora molto altro. Da un ritrovamento di impronte digitali non sarà possibile conoscere la statura dell'uomo che le ha lasciate su di un vetro, né il colore dei suoi occhi o la corporatura. Nello stesso modo dai parametri di Thiele Small non sarà possibile sapere come si comportano le sospensioni durante l'escursione, o come la bobina mobile durante il suo movimento all'interno del traferro interagisce con il campo magnetico generato dal motore. Come cambiano i parametri all'interno di un ciclo, di quanto si modifica la F_s o la C_{ms} quando l'altoparlante si è spostato di +3 mm rispetto al punto di riposo. Quanta continua viene generata dall'asimmetria del gruppo magnetico e delle sospensioni, e come interagisce con questo fenomeno lo spettro delle distorsioni. O ancora, la stabilità del controllo effettuato dal gruppo magnetico sull'equipaggio mobile ad alte escursioni. E cosa capita all'induttanza della bobina durante il movimento nel traferro? Come possiamo sapere se un altoparlante è montato correttamente, se la sua bobina ad esempio è perfettamente centrata? Centrata non nel centro meccanico della piastra polare superiore, ma nel centro del campo magnetico generato nel traferro (poiché spesso questi due punti non sono coincidenti...). Tutti questi parametri dipendono fortemente dalla meccanica del componente. Dal profilo e dai materiali delle sospensioni, dalla simmetria del flusso magnetico all'interno del gap, dalla saturazione delle piastre polari, dalla geometria dell'avvolgimento, del gruppo magnetico (e del flusso generato) e dalla presenza di ulteriori dispositivi di linearizzazione

Un poco di movimento!

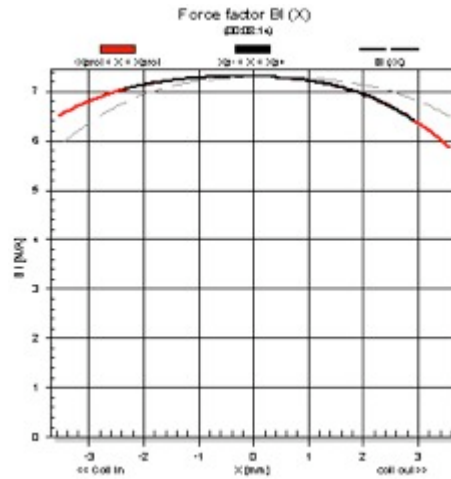
Dopo tanto immaginare, dedichiamo un poco di energia ad un esempio pratico. Tiriamo fuori dall'imballo un mediobasso Vifa, il famoso P17. Un altoparlante dal rinomato blasone, utilizzatissimo in molti progetti di autocostruzione e dal suono morbido, preciso e pulito.



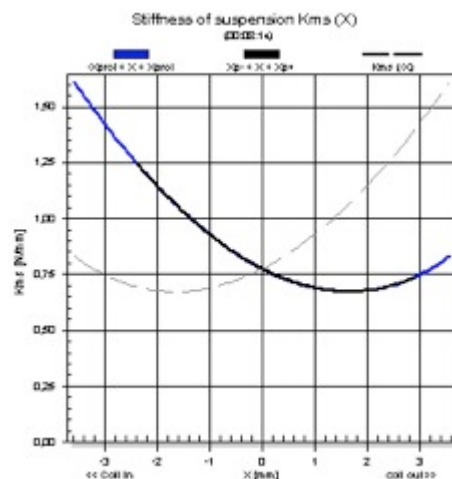
Eccone i parametri caratteristici.

Re 5.86 Ohm
fs 50.6 Hz
Mms 16.003 g
Le 0.453 mH
Cms 0.62 mm/N
Bl 7.30 N/A
Qms 2.13
Qes 0.56
Qts 0.44
Vas 16.3671 l

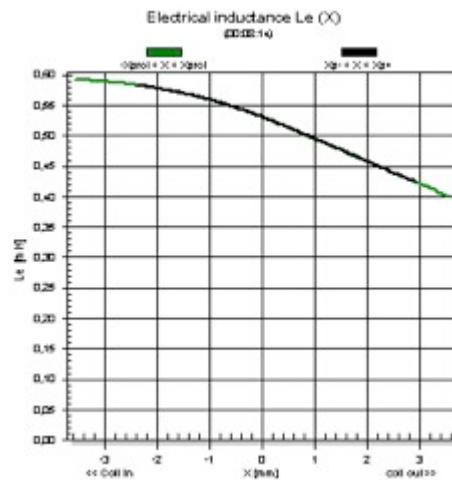
La Re è tipica di un componente Home, pienamente nella norma. L'induttanza non è bassissima, e da questo possiamo capire che non sono presenti dispositivi di linearizzazione, che la banda passante sarà quella tipica di un mediobasso con membrana in polipropilene (dunque non amplissima), e che possiamo immaginare delle buone doti di escursione, nella norma. La Fs non è molto bassa: 50 Hz ci permettono ancora di raggiungere una buona estensione, ma personalmente avrei forse desiderato qualcosa di più. Uno sguardo a Mms e Cms chiarisce la situazione: la massa mobile è contenuta in 16 grammi, abbastanza pochi, ed è il basso valore di Cms a mantenere alta la Fs; possiamo però immaginare una buona tenuta in potenza, anche se il ridotto Vas che ne deriva renderà non semplice la realizzazione di un accordo reflex smorzato e pulito. Difficile ma non impossibile. Il Qts ci viene in aiuto: se in questo caso fosse stato molto basso (intorno allo 0.3) avrei sconsigliato l'utilizzo di questo componente per un sistema reflex, ma il valore di 0.44 lascia intuire un buon punch e una buona presenza. Buono infatti è il valore di Bxl. Soltanto il Qms mi lascia vagamente perplesso. Un valore così basso lascia intendere un alto smorzamento meccanico; difficile sapere da cosa venga determinato, ma certo la membrana in poli e la sospensione in gomma svolgono il loro ruolo. Questo parametro ci lascia intuire un suono in gamma bassa molto smorzato, forse troppo. Sarà difficile ottenere da questo woofer una cassa di batteria particolarmente viva e incisiva, ma penso che un buon incrocio con le vie medioalte del diffusore potrebbe farsi carico della sensazione di ricchezza armonica dei transienti percussivi, offrendoci un diffusore naturale e bilanciato. Montiamo allora il woofer sulla struttura ospite di Klippel, che ci permette una analisi a larghi segnali del comportamento degli altoparlanti in analisi, e diamo fuoco alle polveri. Ecco il grafico che ci indica la simmetria del Bxl.



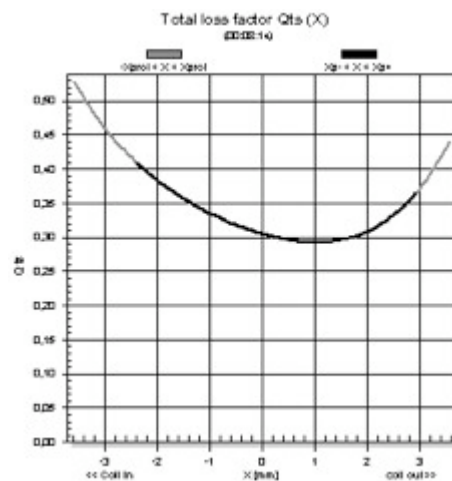
Da questa immagine traiamo conforto per le considerazioni precedenti: il rapporto tra bobina mobile e gruppo magnetico è abbastanza valido per escursioni nell'intorno dei 6 mm picco picco. La simmetria è buona, ma certo l'escursione utile non è da primato. Osserviamo il comportamento delle sospensioni, allora.



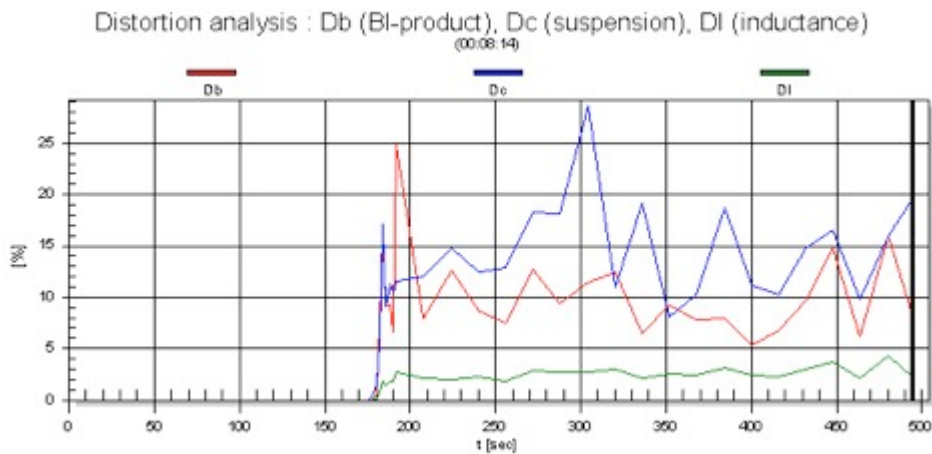
Qui abbiamo dei problemi, evidenti. Il punto centrale, dove la cedevolezza è minima, si trova a circa +2 mm fuori dal traferro. Le sospensioni non hanno comportamento simmetrico, e questo ha sicuramente influenzato anche la misura dei parametri di T/S, e tutte le considerazioni su cui prima ci siamo soffermati. Osservo il componente da vicino, e mi viene da pensare che lo spider non è del tutto corretto nel suo disegno, si muove in modo poco lineare e abbastanza costretto. Ho la sensazione che sia all'origine del nostro problema. Anche il plateau della curva è molto stretto; le sospensioni tendono ad arrivare molto rapidamente al limite di escursione, e sono le prime responsabili dei limiti in macrodinamica di questo componente. Se avessi necessità di indagare ulteriormente potrei sacrificare questo altoparlante e ripetere la misura eliminando il contributo del surround, per verificare il comportamento del solo spider. Ma ci tengo a mantenere in vita il campione Vifa, e procedo oltre. Ecco l'andamento dell'induttanza, sempre per escursioni comprese entro i 6 mm picco-picco.



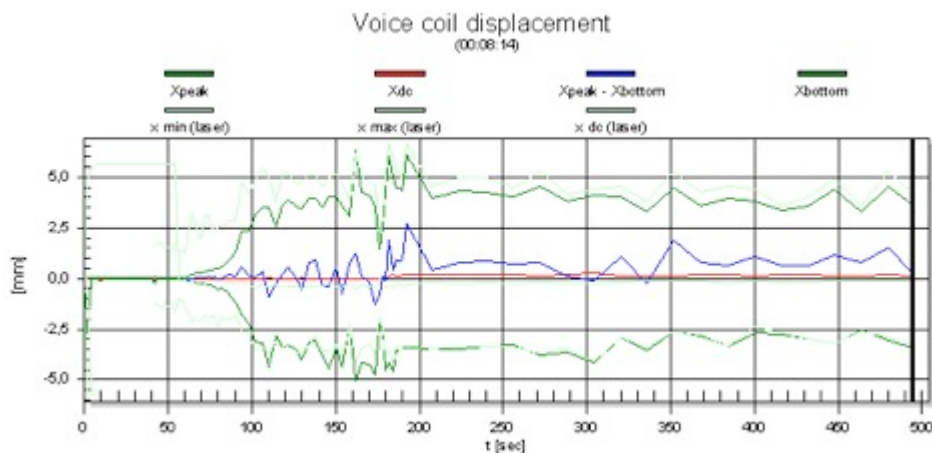
Come avevamo ben immaginato dalla lettura dei parametri di T/S, non esiste un dispositivo di linearizzazione. Quando la bobina si muove fuori dal traferro non vede più il nucleo metallico e diminuisce il valore di induttanza. Viceversa spostandosi verso il centro. Questo ci indica una modulazione di un certo conto, che non preoccupa visti i bassi valori in gioco, ma che avrà comunque una sua influenza sul suono del componente quando stimolato a raggiungere alte escursioni.



Il grafico qui sopra rappresenta allora la deriva del fattore di merito complessivo durante l'escursione. Come mostrato anche nel grafico della cedevolezza, si nota che il minimo viene raggiunto quando l'equipaggio mobile è spostato verso l'esterno, come intuibile dall'analisi dei grafici precedenti. Avvaloriamo dunque la nostra indagine osservando i differenti contributi di distorsione durante l'escursione.



Tutto rientra nelle previsioni. La modulazione dell'induttanza è di scarsa rilevanza nel novero totale, mentre notiamo che le sospensioni sono il tallone di Achille di questo componente. Il prodotto Bxl potrebbe continuare a spingere l'equipaggio mobile, ma le sospensioni ne limitano l'escursione. Debbo poi aggiungere che comunque anche il prodotto Bxl si mantiene abbastanza vicino. 6 mm picco-picco non sono molti per un woofer con pretese di mediobasso, e lasciano un grosso punto interrogativo sulle capacità di questo componente di riprodurre le prime ottave dello spettro senza andare in crisi durante un picco musicale o una festa di capodanno.



L'asimmetria dell'escursione del Vifa è evidente infine nel grafico dello spostamento. Questo altoparlante alle prese con segnali di alto livello tende a spostare l'equipaggio mobile verso l'esterno del traferro.

Passiamo ad un altoparlante ancora più raffinato, il Dynaudio MW170.

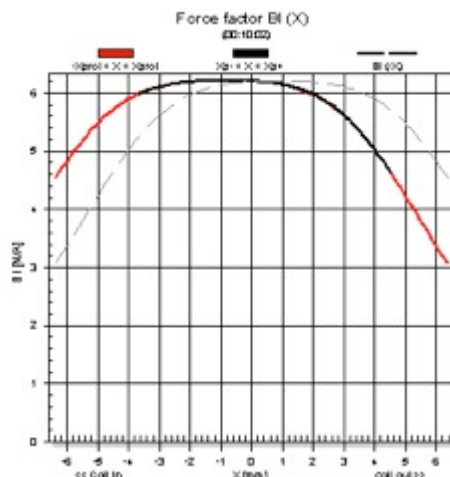


I parametri di T/S rilevati da Klippel:

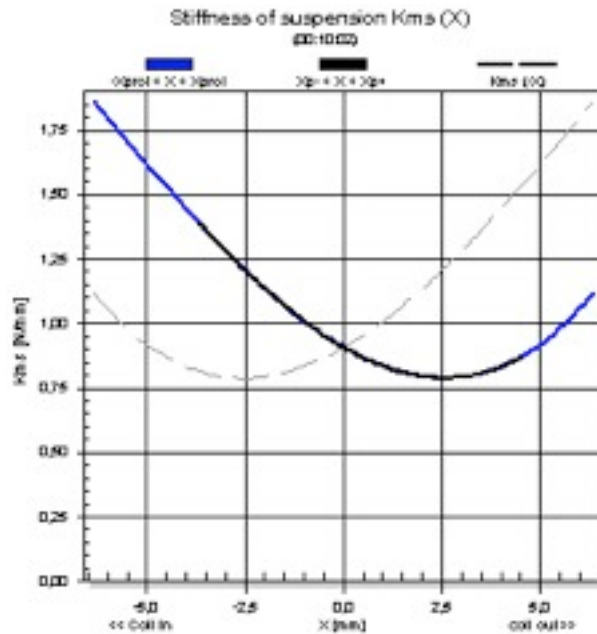
R_e 5.23 Ohm
 L_e 0.426 mH
 f_s 42.3 Hz
 M_{ms} 21.331 g
 C_{ms} 0.66 mm/N
 B_l 6.20 N/A
 Q_{ms} 2.55
 Q_{es} 0.77
 Q_{ts} 0.59
 V_{as} 29.3741 l

Il valore di F_s è abbastanza basso, ancora nella media per un woofer di questo taglio. Difatti la massa di circa 21 grammi è lievemente superiore alla norma, mentre le sospensioni non sono morbidissime. Il valore di B_l non mi spinge a strapparmi i capelli per lo stupore (sarebbe poi abbastanza difficile trovarne qualcuno sopra la mia testa...) ma dobbiamo ricordare la particolare configurazione di questo componente, con il magnete in neodimio interno alla bobina mobile, che rende senza dubbio più difficile raggiungere valori da primato. E lascia altri vantaggi a disposizione del progettista (e direi che sono stati tutti sfruttati!). Il Q_{ts} è dunque altino, e posiziona questo componente nella zona dei componenti "ambigui". Per sfruttare al massimo i servigi di questo woofer sarà necessaria molta abilità da parte del progettista, e mi viene subito in mente il particolare accordo Variovent utilizzato dalla casa danese su molti dei propri progetti.

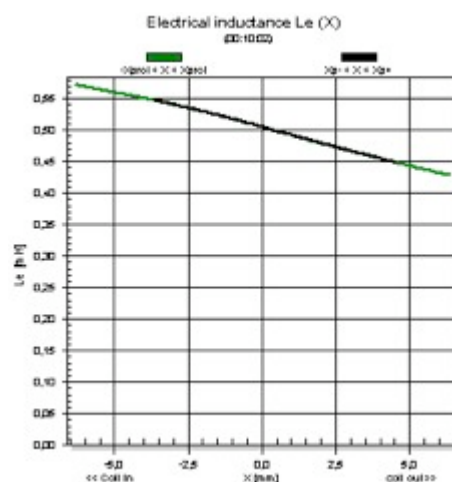
Osserviamo cosa ci racconta Klippel, allora.



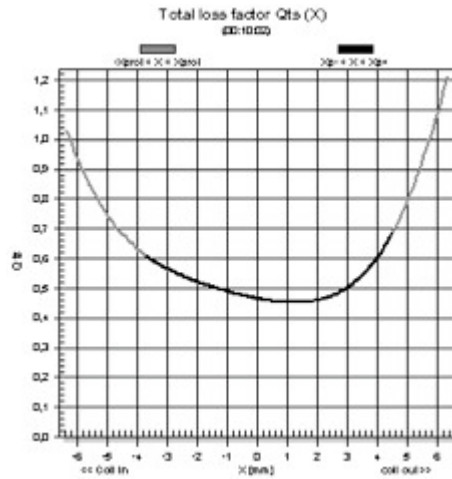
L'andamento del Bxl appare molto interessante: il plateau è ampio, a garanzia di un ottimo controllo dell'equipaggio mobile, e l'escursione è raddoppiata rispetto all'esempio precedente. C'è un piccolo spostamento dalla simmetria ideale, ma è cosa di poco conto nell'analisi complessiva. Ecco l'andamento della cedevolezza:



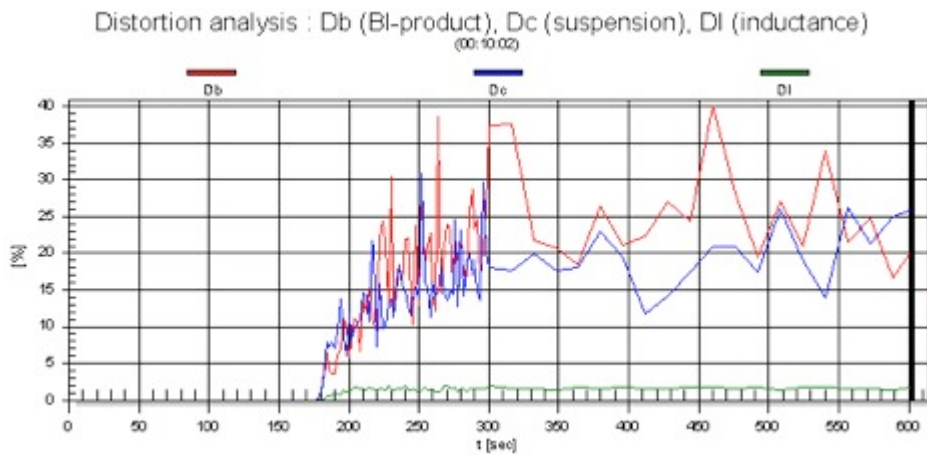
L'asimmetria in questo caso è maggiore, ma si muove in direzione opposta a quella del fattore di forza, e i due fenomeni tenderanno dunque a bilanciarsi. Ovviamente non è una situazione idilliaca, ma l'andamento della curva è quantomeno regolare, pur arrivando ai limiti piuttosto rapidamente. D'altronde non ricordo che i woofer Dynaudio siano mai stati famosi per l'esplosiva tenuta in potenza.



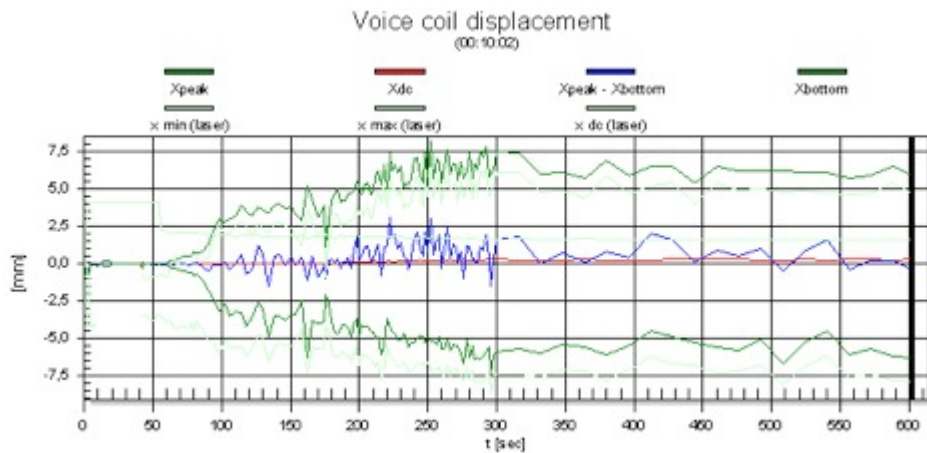
L'andamento dell'induttanza anche in questo caso mostra l'assenza di dispositivi di linearizzazione, ma appare molto regolare e la differenza tra i valori di picco è ben contenuta. Un comportamento tranquillizzante.



Molto buona la costanza dei parametri durante l'escursione; il plateau è ampio ed entro 10 mm picco picco mantiene quasi inalterato l'equilibrio complessivo.



Bassissimo l'apporto in distorsione dell'induttanza della bobina mobile, un valore davvero notevole. Ottimo il comportamento delle sospensioni, livemente più critico quello fattore BxI. Ma nel complesso un equilibrio rimarchevole, per un progetto senza dubbio di alto valore.



Ottima infine la simmetria dello spostamento dell'equipaggio mobile. Appare evidente che questo componente è ben progettato in ogni dettaglio, con un carattere particolare e attenzione ad ogni fase di progetto. Un nome, una garanzia.

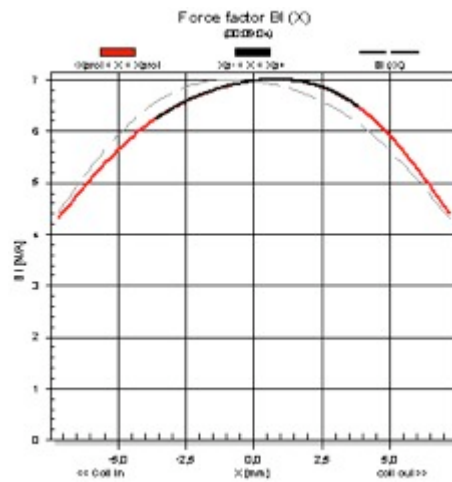
Ora analizziamo il comportamento di un componente di derivazione Car, il nuovissimo HERTZ ML1600, mediobasso da 16 cm con magnete in neodimio.



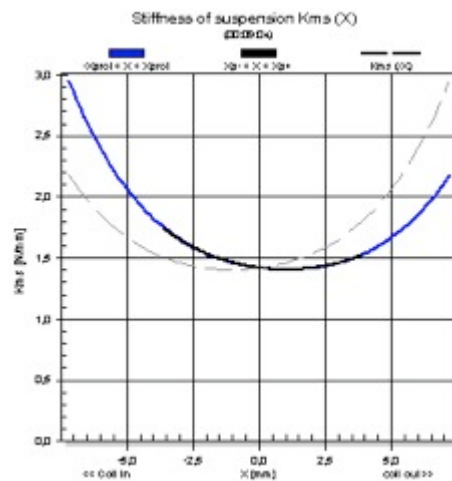
Ecco i parametri misurati sul componente rodato.

Re 3.19 Ohm
fs 64.9 Hz
Mms 17.547 g
Cms 0.34 mm/N
Bl 6.98 N/A
Qms 8.61
Qes 0.47
Qts 0.44
Vas 8.0226 l

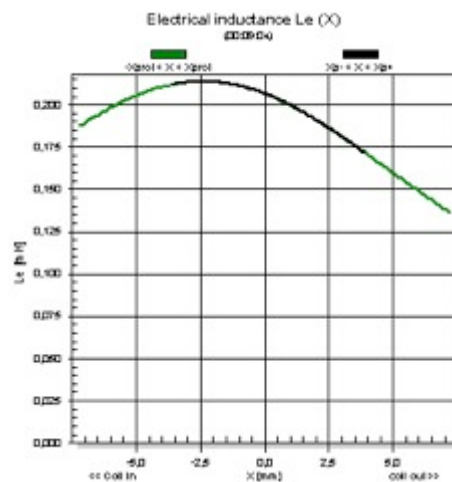
La Re è ovviamente bassa, tipica di un componente Car, e la Fs è molto più alta di quanto osservato sino ad ora. Un occhio allora alla Mms, che appare invece nella norma, per capire che è soltanto la rigidità delle sospensioni a portare la risonanza sopra i 60 Hz. Si tratta ovviamente di una scelta ben precisa: questo componente non dovrà suonare in un box casalingo, ma nella portiera di una vettura, e sopportare potenze in ingresso nell'ordine delle centinaia di watt. Sia motivazioni di carattere sonico che di tenuta in potenza, dunque, all'origine di questo valore. Da notare il Bxl esuberante, soprattutto in relazione alla compattezza del componente e alla bassa Re, ottenuto con un magnete molto potente e un accorto disegno delle piastre polari. Il Vas è ovviamente molto contenuto, e il fattore di merito rivela la quantità di energia presente nel magnete. Bassissimo il valore di induttanza, infine. E' evidente che nel gruppo magnetico viene utilizzato un dispositivo di lienarizzazione. Passiamo all'analisi di Klippel.



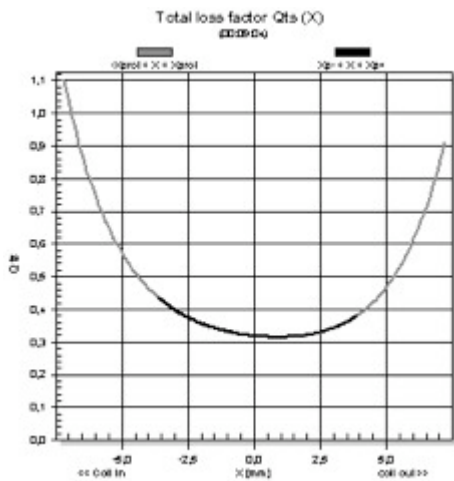
L'andamento del fattore B_l è molto regolare, e lievemente spostato verso l'esterno del traferro. Il plateau è ampio e tende a chiudersi con regolarità. La simmetria è anch'essa ottima.



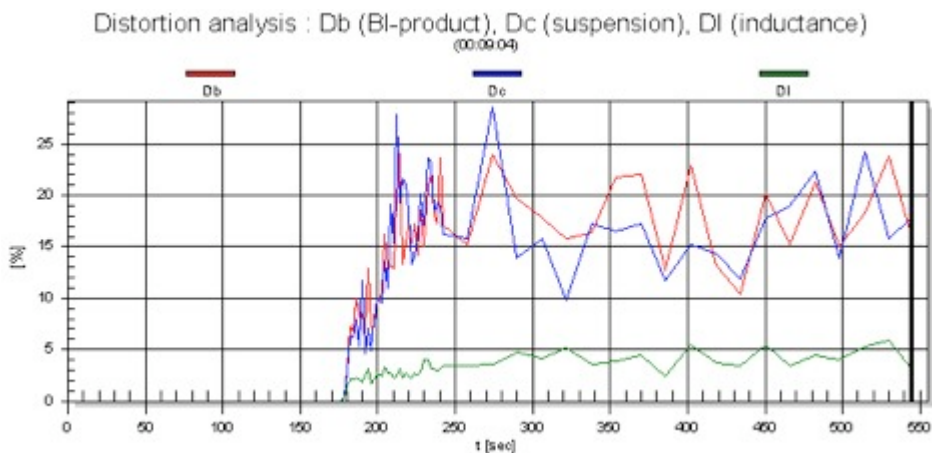
Molto buono anche il grafico relative all'andamento della cedevolezza. Anche qui il plateau è ampio e lineare, e il comportamento sugli estremi lascia presagire un ottimo controllo del movimento dell'equipaggio mobile, per escursioni superiori ai 10 mm picco picco.



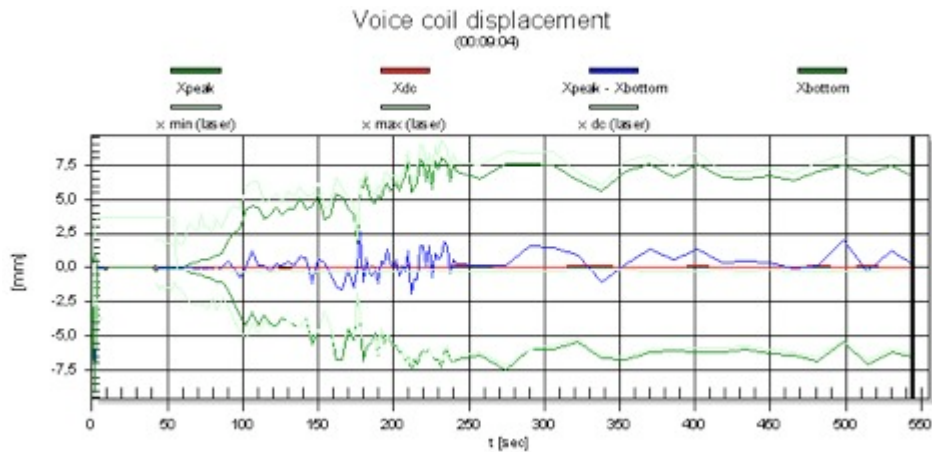
Ecco svelato il segreto del valore di Le così basso. Il dispositivo di linearizzazione mantiene l'andamento dell'induttanza simmetrico rispetto al punto a -2.5 mm. Da notare che il valore assoluto è estremamente basso, e questo ci lascia presupporre una banda passante molto ampia e la totale assenza di fenomeni di modulazione ad alte escursioni.



L'ottima simmetria generale di questo componente si evince anche dall'andamento del fattore di merito, che si mantiene molto regolare per escursioni notevoli. Andamento smorzato e lineare.



Interessante ancora una volta l'analisi dei prodotti di distorsione. Appare evidente come in effetti l'induttanza non partecipi sostanzialmente al contributo totale, e che l'equilibrio tra gruppo magnetico, bobina mobile e sistema di sospensioni è ben centrato.



Uno sguardo infine allo spostamento dell'equipaggio mobile durante il test. Nulla da dire, la simmetria è praticamente perfetta, per uno spostamento di 15 mm picco picco. Un componente di alto livello progettato con attenzione, che saprà digerire alte dosi di potenza senza scomporsi o perdere il controllo. Complimenti vivissimi allo staff di progettazione HERTZ (anche a me stesso, dunque...)!

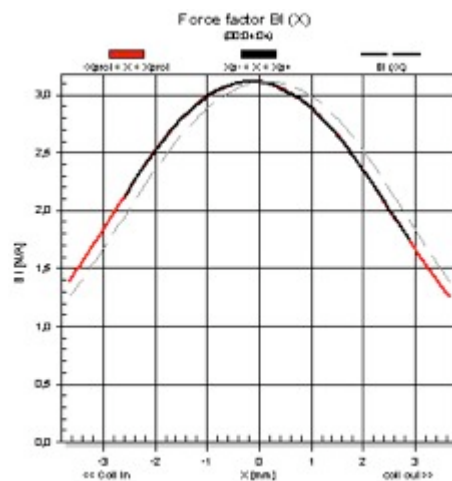
Una piccola stoccata agli amanti dei largabanda, ora, e una pacca sulla spalla a chi ama il “Tunz Tunz” degli impianti car-audio. Giusto per divertimento, ho deciso di mettere a confronto il gigante e il nano: il Fostex FE83 che ho utilizzato qualche anno fa nel progetto [Limes](#) (un TQWT con risuonatori interni a sviluppo verticale)



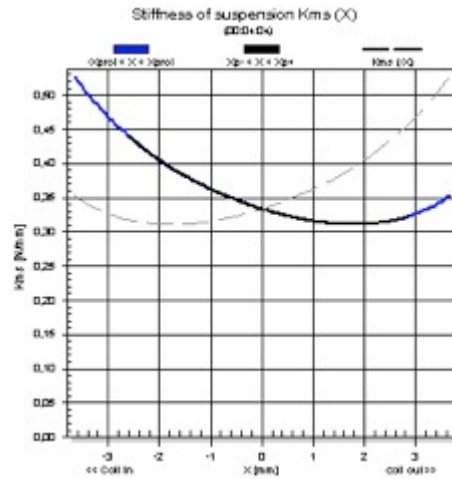
e il possente JL Audio W7, subwoofer Car decisamente impressionante nell'aspetto e nelle prestazioni dinamiche.



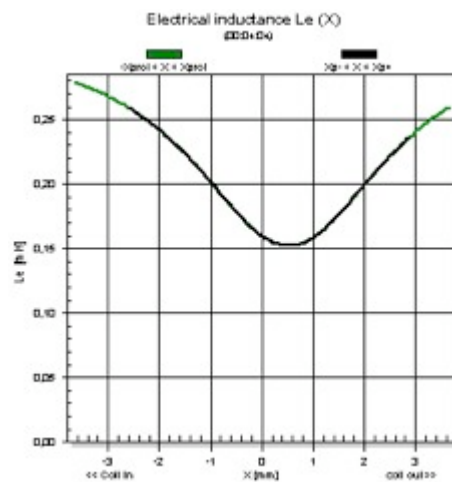
Saltiamo la fase di analisi dei parametri, ch  lo spazio   tiranno, e vediamo da vicino come si comportano le due antitesi alla prese con ampi segnali. Debbo ammettere che mentre lo installavo nella struttura di Klippel il piccolo Fostex mi osservava con sguardo interrogativo: l'FE83 non soltanto   minuscolo, ma   anche molto molto cedevole, ed io ho confidato nell'efficiente sistema di protezioni dello strumento di misura, mentre collegavo ai morsetti del Fostex i terminali del finale Outline Pulse 6.5 (un gioiello di potenza pura, fido compagno di avventure, tutto italiano). Orbene, ecco qui sotto il grafico della linearit  del Bx1:



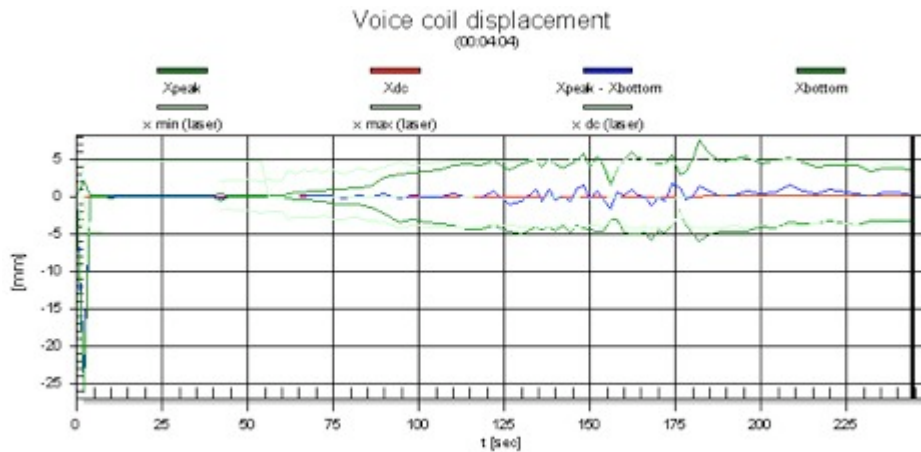
L'andamento   eccellente nella simmetria, ma si deve sottolineare che il plateau   assente, e il picco centrale lascia immaginare uno scarso controllo ad ampie escursioni.



Molto interessante l'analisi del comportamento delle sospensioni: tralasciamo per ora l'asimmetria, che certo è presente. Si nota che l'andamento è molto morbido, e che anche alle massime escursioni le sospensioni non controllano in modo energico il movimento dell'equipaggio mobile. Si tratta di un classico: in questo componente, che ha appena un paio di grammi di massa mobile, l'unico modo per ottenere una risonanza sotto i 200 Hz è ammorbidire al massimo le sospensioni. Il ridotto spazio a disposizione rende però praticamente impossibile disegnare una geometria delle stesse che aumenti considerevolmente il valore di compliance appena fuori dal punto di riposo. Ne risulta un componente che sicuramente sarà messo a dura prova quando sollecitato da ampi segnali in gamma bassa.

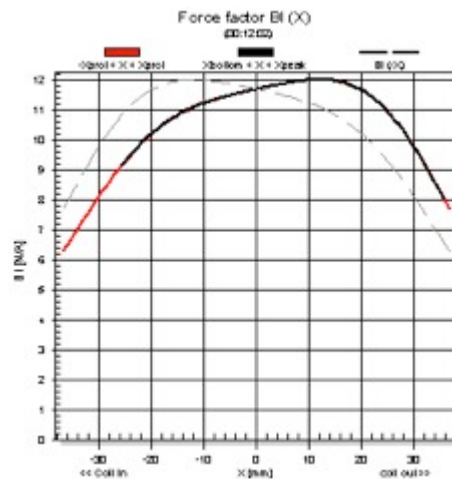


Assai particolare il comportamento dell'induttanza: il polo centrale deve essere ricoperto in rame (anche se non ho mai verificato aprendo un componente), e abbassa di molto il valore di L_e in corrispondenza del punto di riposo.

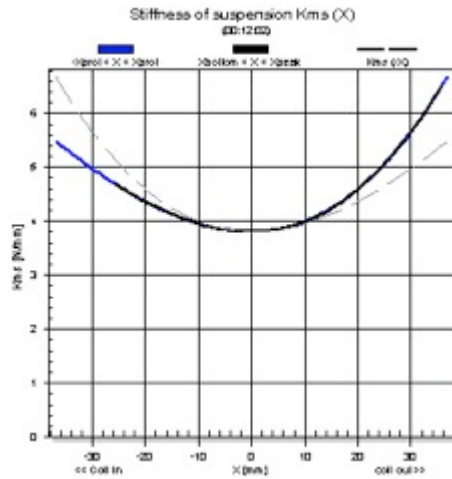


Il grafico dello spostamento mette comunque in evidenza un comportamento molto lineare, e ben simmetrico, per un totale di 3.5 mm di escursione.

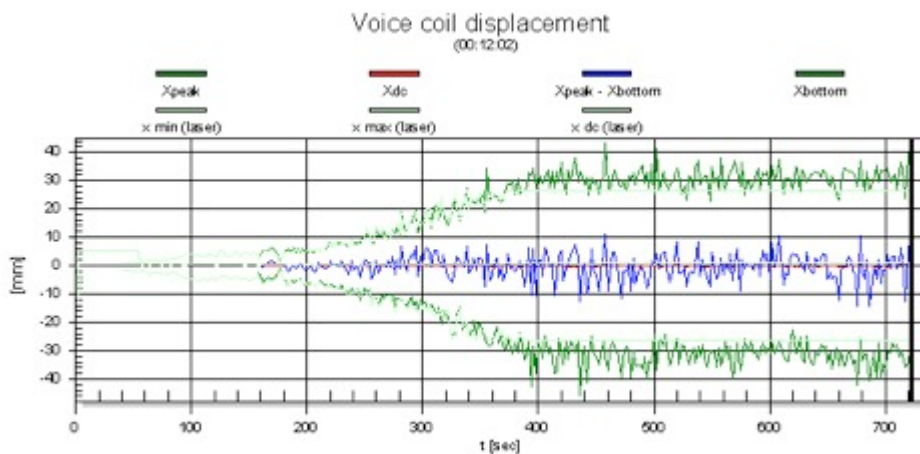
Passiamo ora al JL Audio W7.



Notate bene che ai valori in ascissa ora si è aggiunto uno zero: l'andamento del prodotto $B \times l$ è lineare per ben 40 mm picco picco, (4 centimetri), con un plateau molto ampio e solo parzialmente asimmetrico.



La cedevolezza delle sospensioni è molto lineare e pulita, perfettamente centrata e ancora notevole nell'escursione: anche qui il componente è in grado di effettuare escursioni nell'ordine dei 6 cm picco picco senza anomalie di sorta.



Osservate lo spostamento dell'equipaggio mobile durante il test: questo componente è in grado di raggiungere escursioni davvero incredibili mantenendo una linearità invidiabile. Avete una idea di quanto siano 6 cm di escursione lineari e di quanta pressione acustica possa essere generata da questo trasduttore? Di certo è stata necessaria tutta la potenza generata dal possente amplificatore Outline, e la struttura di Klippel, non ridicola in quanto a solidità, ha rischiato di finire in pezzi più di una volta. Per fortuna ero lì accanto per stringere le viti...

Conclusioni?

Io per oggi mi fermo qui. Gli argomenti di cui discutere a proposito di questo vecchio e noioso dispositivo elettroacustico sono davvero troppi per poter immaginare un esame esauriente in poche pagine. Manca del tutto all'appello l'analisi delle distorsioni armoniche, che sono di vario tipo, e di difficile analisi e interpretazione, e meritano uno spazio autonomo; delle manifestazioni acustiche dei componenti, del comportamento termico. Vorrei soltanto sottolineare che ritengo sbagliato continuare ad erigere recinzioni che separano i vari settori delle applicazioni audio (e mi capita ancora molto spesso di osservare manifestazioni di intransigenza e integralismo). La ricerca negli altoparlanti oggi viene effettuata soprattutto nel settore Car e in quello professionale, mentre il

settore home ricicla canoni anziani e poco attraenti. Osservare cosa capita nel giardino del vicino è un'occupazione che io ho sempre ritenuto interessante, perché abbiamo tante cose nuove da imparare, anche al riguardo di undici pezzi sciolti che messi assieme creano la magia del suono.

Copyright Giuliano Nicoletti 2004