

Chiacchierate sull'elettroacustica

4 – I dati tecnici del woofer

Leggendo il titolo, ci si potrebbe chiedere: - *Perché proprio del woofer? ...Cosa ti ha fatto il tweeter?*

In realtà, al tweeter dedicheremo una trattazione tutta sua, ma ci accorgeremo che sarà meno interessante, quantomeno più breve, perché i valori da analizzare sono molti di meno.

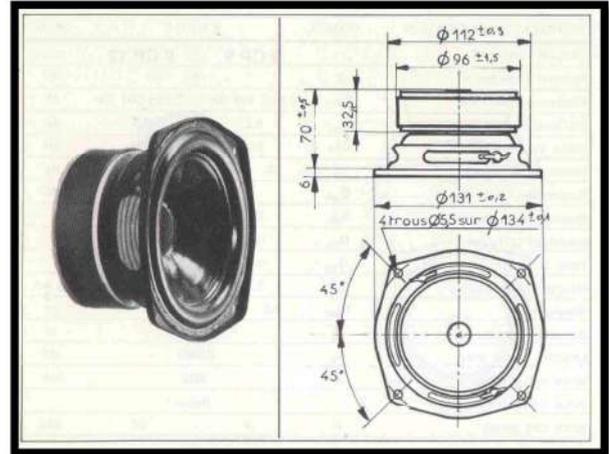
La spiegazione è semplice: è il woofer che ha bisogno di una cassa, quindi devono metterci in grado di progettare; un tweeter, invece, suona anche tenendolo in mano, non gli serve un sistema di caricamento.

Durante la chiacchierata precedente, avrete notato la mia tendenza a citare i woofer che tengo in salotto, più precisamente due *Audax* da 130, del 1983.

Lo faremo anche qui, ma vi assicuro che non si tratta di particolari legami affettivi...

Quei woofer non si trovano più in commercio da oltre 30 anni, nemmeno come rimanenza di magazzino; pertanto posso dirne ciò che voglio, senza che qualcuno possa mai accusarmi di fare pubblicità.

Qui a destra, un ritaglio del loro datasheet originale. Scusate se a volte lo chiamerò "catalogo", ma come quei woofer, anch'io vengo dagli anni '80.



Ai miei tempi, i dati erano talvolta un po' confusi; spesso ci facevo dei cerchietti con la matita.

Molte aziende fornivano una lista piuttosto disordinata, con tutti i valori mescolati tra loro, come gli ingredienti di un'insalata di riso.

Ne vediamo un esempio qui a destra, dove mostro l'altra pagina relativa al solito *Audax* da 130.

Prima di tutto, vediamo che non c'è nessun raggruppamento di dati, nessuna distinzione tra:

- **specifiche generali**
- **dati costruttivi**
- **parametri di Thiele & Small**

Inoltre, l'azienda ha avuto la bella idea di mettere due modelli differenti nella stessa pagina, cambiandogli l'altezza della bobina... come se si trattasse di un piccolo, insignificante dettaglio.

Forse qualcuno ricorderà, dalla chiacchierata precedente, cosa succede quando vai a cambiare la bobina. Beh... eccone un bell'esempio ...e modificando soltanto l'altezza.

Infine, la confusione è ulteriormente accentuata dalla presenza di dati superflui, del tutto inutili.

TECHNICAL SPECIFICATION	SYMBOL	VALUE		UNIT
Variable voice coil		2 CP 9	2 CP 12	
Nominal impedance	Z	8		Ω
Minimum impedance	Z _{min}	7,5 @ 400 Hz	7,8 @ 300 Hz	Ω
DC resistance	R _{sec}	6,2	6,6	Ω
Voice coil inductance	L _{BM}	485	625	μ H
Resonant frequency	f _s	36 \pm 5	35,0 \pm 5	Hz
Suspension compliance	C _{MS}	2,1 . 10 ⁻³		mN ⁻¹
Mechanical Q factor	Q _{MS}	2,73	2,77	
Electrical Q factor	Q _{BS}	0,29	0,32	
Total Q factor	Q _{TS}	0,26	0,29	
Mechanical resistance	R _{MS}	0,77	0,83	kg s ⁻¹
Moving mass	M _{MD}	9,3 . 10 ⁻³	10,2 . 10 ⁻³	kg
Emissive diameter of the diaphragm	D	0,107		m
Effective piston area	S _D	0,0089		m ²
Voice coil diameter	d	25,5		mm
Voice coil former		Paper		
Voice coil length	h	9	12	mm
Voice coil layers	n	2		
Flux density	B	1,53		T
Flux in the Gap	ϕ	0,490 . 10 ⁻³		Wb
Magnetic energy	W	0,368		Ws
Force factor	BL	7,10	7,32	NA ⁻¹
Gap volume	V _g	0,395 . 10 ⁻⁶		m ³
Height of the Gap	H _g	4		mm
Diameter of magnet	ϕ A	96		mm
Height of magnet	B	25		mm
Weight of magnet		0,725		kg
Mass of speaker		1,36		kg
Characteristic efficiency level	η	86 (W)	84,2 (W)	dB SPL
Nominal power handling		25	30	W
Acceleration factor	Γ	763	717	ms ⁻² A ⁻¹



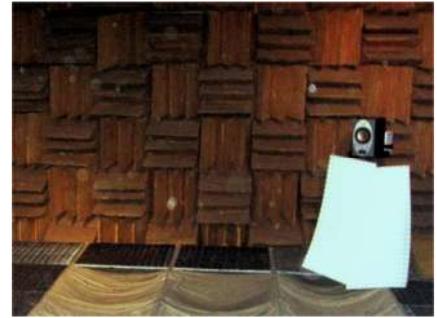
Anche parlando della *SIPE*, azienda in cui ho lavorato, posso dire ciò che voglio senza accuse di pubblicità, perché quel marchio non esiste più da un quarto di secolo.

A sinistra, vi mostro due degli strumenti che usavo più frequentemente: il generatore sinusoidale e la stampante a pennino.

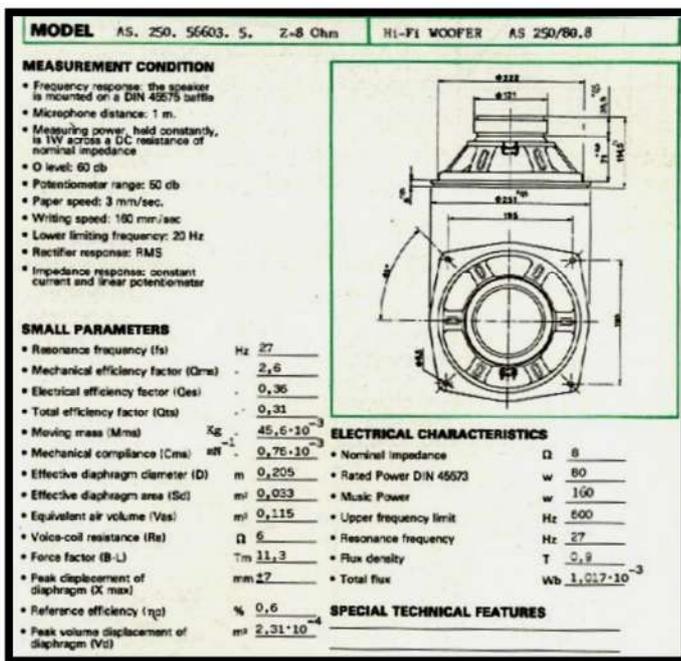


Erano collegati ad un microfono collocato in una camera anecoica, quella che vedete qui a destra.

Come si può facilmente intuire, non sono mai stato allergico alla lana di vetro.



I nostri cataloghi erano di più facile consultazione, rispetto a quelli dell'*Audax*. In una sola pagina c'erano le condizioni di misura, il disegno tecnico, poi la suddivisione tra dati generici e parametri di Small.



A colpo d'occhio sembra incompleto, come se mancassero alcuni valori; se provate a contarli sono 20 (ce n'è uno ripetuto due volte), mentre l'*Audax* ne forniva 30.

Ma allora... perché la gente non lamentava carenze di dati, nel progettare una cassa?

Certi valori possono stuzzicare la curiosità di un tecnico professionista, ma nel progetto di un diffusore, nessuno ha mai avuto bisogno del **Peso del magnete** o della **Resistenza meccanica**. Inoltre, l'*Audax* forniva dati ridondanti, come il **diametro del magnete**, che era già presente nel disegno tecnico.

Quindi?... Quanti dati sono davvero necessari per progettare una cassa, e soprattutto quali?

Prima di rispondere a questa domanda, dobbiamo distinguere i valori nei tre raggruppamenti principali, che abbiamo già accennato: **specifiche generali**, **dati costruttivi** e **parametri di T/S** (Thiele e Small).

Sul datasheet, ogni azienda fa un po' come gli pare, perché quei cataloghi vengono prodotti da esperti di grafica o di strategie commerciali, talvolta laureati in Economia, Lingue o Giurisprudenza.

Quei personaggi saranno sicuramente abilissimi nelle loro competenze, ma non sono tenuti a sapere cosa sia un *fattore di merito*, un'*escursione lineare* o una *cedevolezza meccanica*.

Non si accorgono nemmeno se quei dati contengono svarioni macroscopici, come quella volta che scrissi il diametro di emissione sulla casella della frequenza di risonanza: 168 Hz... su un woofer da 200 mm!

In realtà, quel passaggio in più tende addirittura ad aumentare la probabilità di errori.

Ricordate questi due woofer a destra?... Erano nella chiacchierata precedente, stessa marca e stesso formato. Il secondo è sicuramente più potente, perché monta una bobina da 36 anziché da 25.

Eppure, per il primo dichiarano **60 W**, per il secondo **50**.

E' ovvio che uno dei valori è sbagliato, forse entrambi.

Pertanto, leggiamo sempre quei dati usando il cervello, perché gli errori esistono. Li facevo anch'io.



- Specifiche generali

In questo caso, non parliamo dei risultati di una misurazione, ma degli obiettivi da raggiungere. Le **specifiche** si decidono **prima** di realizzare l'altoparlante, anzi, prima ancora di progettarlo.

Per spiegarmi meglio, invento una conversazione di fantasia, simulando un ipotetico direttore commerciale (in grassetto) che si rivolge ai tecnici.

- **Ehilà, ragazzi... Devo congratularmi con voi per i nuovi woofer in polipropilene. Sia il PP-130 che il PP-200 sono molto apprezzati, ma riceviamo lamentele perché manca un modello intermedio. In molti vorrebbero un 165, ma devono rivolgersi alla concorrenza. Riusciamo a colmare questa lacuna?**
- *il 165 farà parte della stessa linea?*
- **Sì, certo... Anche lui deve essere da 8 ohm, ovviamente in polipropilene come gli altri.**
- *Come ci regoliamo per potenza ed efficienza?*
- **Vediamo un po'... Come sono messi gli altri due, che non mi ricordo?**
- *Il 130 fa 86 dB e regge 50 W. Il 200 è facile da ricordare: 90 dB e 90 W.*
- **OK, dato che questo sarà una via di mezzo, mettiamoci su valori intermedi.**

In questa discussione immaginaria, possiamo individuare cinque specifiche, quelle più comuni:

- ✓ Diametro nominale: 165 mm
- ✓ Impedenza nominale: 8 Ω
- ✓ Membrana in polipropilene
- ✓ Potenza: 70 W (intermedia tra 50 e 90)
- ✓ Sensibilità: 88 dB (intermedia tra 86 e 90)

L'altoparlante non esiste ancora, nemmeno sulla carta, ma potremmo cominciare subito a scrivere questi valori sul datasheet, perché sono i risultati che sappiamo già di dover ottenere dalla progettazione.

Ecco cosa sono, le **specifiche**.

Non è un caso che molte aziende le mettano all'inizio, spesso isolandole dagli altri valori.

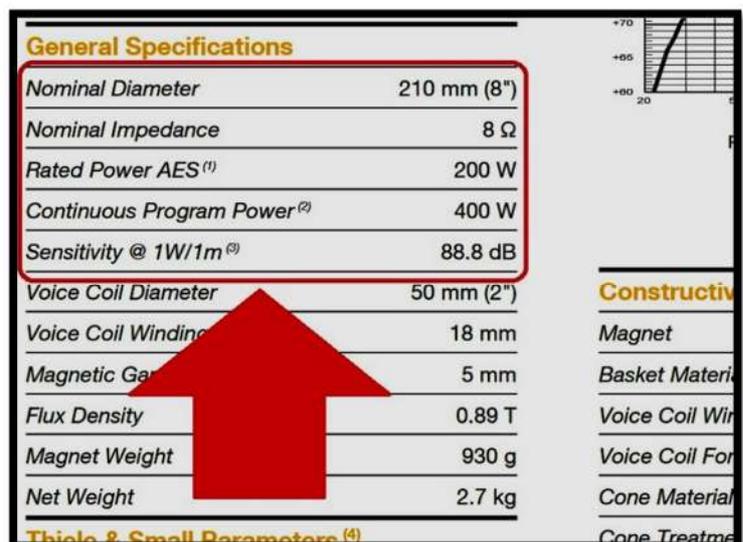
Talvolta, può capitare che non abbiano nulla a che fare con le prestazioni acustiche dell'altoparlante.

Potrebbero riguardare una riduzione di costi, un cambio di fornitore o perfino l'aspetto estetico.

Già... l'estetica... Ho dovuto allargare il traferro di un woofer da 250, che quasi ci passava una penna; se non lo avessi fatto sarebbe stato troppo smorzato sui bassi, perché montava un'enorme magnete da 170.

...Ma non potevi metterci una ferrite più piccola?

No, non potevo, perché eravamo nel settore car-stereo. Un pubblico un po'... particolare, diciamo così. All'epoca, faceva figo esibire agli amici quel magnete gigantesco, quando aprivi il bagagliaio della macchina; nessuno si sarebbe mai accorto che toccava sprecarne la metà, con quel traferro da mezzo centimetro. Purtroppo, quando ci si rivolge ad un certo target, le specifiche possono essere anche queste. Ai miei tempi (oggi non saprei) c'erano perfino marche di diffusori che rifiutavano le membrane in Kevlar, non perché avessero un prezzo troppo alto, o perché insoddisfatti dalle prestazioni, ma semplicemente perché non volevano il woofer **giallo!**



General Specifications	
Nominal Diameter	210 mm (8")
Nominal Impedance	8 Ω
Rated Power AES ⁽¹⁾	200 W
Continuous Program Power ⁽²⁾	400 W
Sensitivity @ 1W/1m ⁽³⁾	88.8 dB
Voice Coil Diameter	50 mm (2")
Voice Coil Winding	18 mm
Magnetic Gap	5 mm
Flux Density	0.89 T
Magnet Weight	930 g
Net Weight	2.7 kg

Constructive

- Magnet
- Basket Material
- Voice Coil Wire
- Voice Coil Former
- Cone Material
- Cone Treatment

- Dati costruttivi

Qualcuno, forse, si aspettava che illustrassi i valori che sto citando, ma è ancora troppo presto.

Le spiegazioni le daremo più avanti, perché i dati tecnici di un woofer sono collegati tra loro; in questa fase, li stiamo ancora suddividendo nelle varie categorie.

Quella dei **dati costruttivi** è un esempio perfetto di ciò che intendo... perché non c'è nulla da spiegare.

Se siete arrivati fin qui, avete già letto la chiacchierata precedente; sapete quindi benissimo che cos'è la bobina, il supporto, il traferro, il flusso, il magnete, ecc. ecc.

Bene... in questa sezione del datasheet, il produttore vi dà una serie di valori descrittivi, relativi a questi singoli componenti. Alcuni esempi (di solito in Inglese) sono "Diametro bobina", "Materiale del supporto", "Altezza del traferro", "Densità di flusso", e così via... E non credo che richiedano spiegazioni.

Come vi dicevo, le aziende sono spesso un po'... "creative", nella stesura dei cataloghi.

Il ritaglio che abbiamo già visto, ad esempio, fa parte di un datasheet che riporta, tra i **dati costruttivi**, soltanto i materiali impiegati, mentre i valori numerici stanno insieme alle specifiche:

General Specifications	
Nominal Diameter	210 mm (8")
Nominal Impedance	8 Ω
Rated Power AES ⁽¹⁾	200 W
Continuous Program Power ⁽²⁾	400 W
Sensitivity @ 1W/1m ⁽³⁾	88.8 dB
Voice Coil Diameter	50 mm (2")
Voice Coil Winding Depth	18 mm
Magnetic Gap Depth	5 mm
Flux Density	0.89 T
Magnet Weight	930 g
Net Weight	2.7 kg

Constructive Characteristics	
Magnet	Ferrite
Basket Material	Aluminium Die-Cast
Voice Coil Winding Material	Copper
Voice Coil Former Material	Kapton
Cone Material	Paper
Cone Treatment	Surface Damping Treatment
Surround Material	Rubber
Dust Dome Material	Solid Paper

Dovrete abituarvi ad interpretare, perché nessuno rispetta le regole; io mi accontenterei che le infrangessero tutti allo stesso modo... purtroppo nemmeno quello. Ognuno fa come gli pare e basta.

Quando progettate un diffusore, i dati costruttivi sembrano del tutto inutili. Sia per il caricamento dei bassi che per i filtri di crossover, nessun software di simulazione vi chiederà mai se la bobina è da 36 mm, se il supporto è in Kapton, quanto è alto il traferro... Sembra quasi un capriccio dei tecnici, come se volessero farvi sapere in che modo sono arrivati a tutti gli altri valori.

Tuttavia, noi elettroacustici viviamo di entusiasmo, che a sua volta si lega alla curiosità. A poco a poco, sarete sempre più interessati a leggere quei dati, fino ad usarli come verifica di eventuali errori.

Due pagine fa, abbiamo visto un esempio evidente: c'erano due woofer dello stesso formato, in cui una bobina più grande corrispondeva ad una potenza più bassa. Questo è impossibile!

Una bobina più grande aumenta la massa, l'induttanza e l'ampiezza del traferro, penalizzando tutte le prestazioni tranne... indovinate un po'...

Esatto!... La potenza è l'unico miglioramento.

Pertanto, nessun tecnico si sognerebbe mai di montare un 36 mm, se gli hanno chiesto 50 watt; se lo fa, è perché gliene hanno chiesti 100 o forse più.

...Ma se il datasheet non ci avesse dato il **diametro bobina**, non ci saremmo mai accorti di quell'errore.

Anche per il woofer da 250, quello con la ferrite gigante e il traferro allargato, l'azienda che ce lo aveva commissionato approfittò dei datasheet, molto striminziti, che si forniscono al settore car-stereo.

Fosse stato un woofer Hi-Fi, bastava leggere la **densità di flusso** per accorgersi che quel magnete da 170...
...serviva soltanto a soddisfare l'occhio di chi se lo comprava (...e il prezzo).

- Parametri di Thiele e Small

Guardando l'elettroacustica del passato, fino ai primi anni '60, è difficile usare la parola "progettazione" per il caricamento dei bassi. I risultati si ottenevano in modo abbastanza empirico.

I diffusori che si vedevano in giro erano tutti in cassa chiusa; principi fisici come bass-reflex e labirinto erano già stati intuiti, ma erano ancora in fase di studio; quelli successivi non erano nemmeno fantasie.

All'epoca, le casse si facevano aiutandosi con l'esperienza: - *Vediamo un po'... Pressappoco, per un woofer così serviranno circa 30 litri... proviamo come va; poi lo mettiamo in 20, in 40... alla fine, scegliamo la soluzione che sembra migliore.*

Quello che vedete a destra, con gli evidenti segni del tempo, negli anni '50 era considerato un eccellente diffusore. Ovviamente, in cassa chiusa.

Poi, a partire dal 1964, iniziò la Rivoluzione Copernicana dell'elettroacustica. A differenza di quella vera, i protagonisti non si chiamavano Keplero e Galileo, ma **Richard Small** e **Neville Thiele**.



Quando il 29enne Small arrivò in Australia dalla California, ebbe un incarico come assistente di laboratorio all'Università di Sidney; lo stesso ateneo in cui, ogni tanto, il 44enne Thiele teneva lezioni, poiché all'epoca era già un affermato luminare del settore audio.

Per noi elettroacustici, fu l'incontro del secolo. La seconda metà degli anni '60 cambiò per sempre il nostro piccolo universo, segnando la fine dei metodi empirici ed aprendo nuovi orizzonti.



Questa foto li ritrae insieme nel 2008.

Neville Thiele, "l'uomo nato con la barba" secondo alcuni, sarebbe morto nel 2012, mentre il suo amico Richard Small ha raggiunto gli 86 anni al momento in cui scrivo.

Dai loro studi, nacque metà dell'elettroacustica che conosciamo oggi, soprattutto sulla riproduzione dei bassi. In particolare, idearono i parametri che portano i loro cognomi, talvolta abbreviati in "T/S" sui datasheet.

Nelle discussioni tra professionisti, all'interno delle aziende e dei laboratori, non ho mai sentito nessuno citare i "Parametri di Thiele e Small", ma soltanto i "Parametri di Small".

Ovviamente lo si fa per scorrevolezza, ma perché si omette il nome di Thiele e non quello di Small?

Sembra che sia stato proprio il giovane a fare il lavoro grosso, mentre il più anziano lo appoggiava con i suoi consigli, la sua esperienza e la sua influenza negli ambienti scientifici.

Del resto, Thiele si occupava di **tutto** il settore audio, compresa la trasmissione di onde radio; l'altoparlante, per lui, era un pezzo come tanti altri.

Richard Small, al contrario, è sempre stato uno di noi, un vero elettroacustico; magari con una mente particolarmente attiva e brillante, ma il suo entusiasmo, come il nostro, si concentrava lì.

Alla fine dei loro studi erano passati quasi 40 anni, con una guerra mondiale in mezzo, da quando ci si era accorti che i woofer andavano montati in una cassa.

La scoperta, quasi casuale, veniva dalla fine degli anni '20: l'altoparlante, in aria libera, riproduceva solo la gamma medio-alta; ma quando isolavi l'emissione posteriore, come per magia, apparivano anche i bassi.

Il fenomeno è noto come **cortocircuito acustico** e non è il caso di parlarne qui, ma è importante sapere che le casse si facevano già da molto tempo, da quando Thiele era un bambino e Small non era nato.

Pertanto, non possiamo dire che "ci poteva arrivare chiunque"; la mia sensazione è che nel cervello di Small, in quel 1964, si sia accesa una lampadina... mentre Thiele è colui che ha premuto l'interruttore.

Ma esattamente... Cos'ha scoperto questo Small?... Cosa ci dicono i suoi parametri?

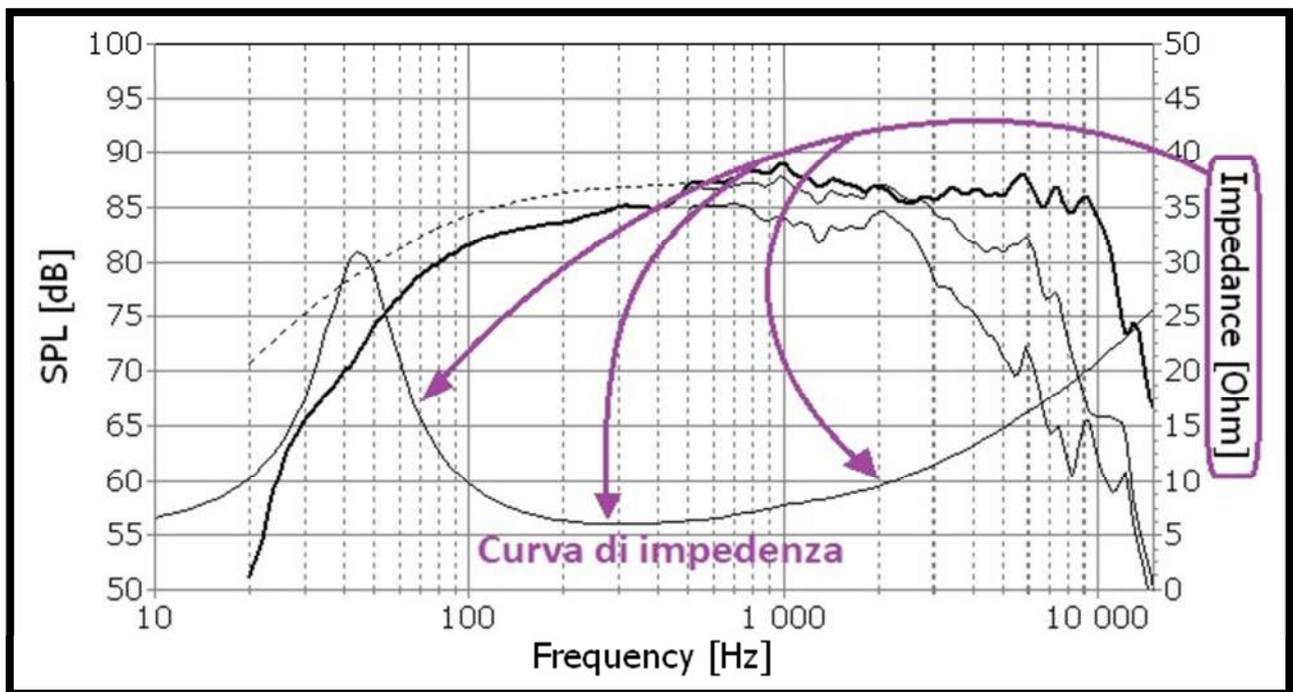
Si tratta di una serie di dati, tutti ottenibili dalla **curva di impedenza**, che indicano con precisione il comportamento del woofer quando viene chiamato a suonare sui bassi; ma soprattutto, ci consentono di prevedere come cambierà quel comportamento, quando lo monteremo su una cassa.

Dagli anni '70 in poi, tra i parametri di Thiele e Small sono stati infilati altri dati, che non c'entrano nulla con le loro scoperte. L'esempio più evidente è il valore S_d (superficie radiante): non ci voleva certo un luminare come Neville Thiele, per prendere un righello e misurare un diametro.

Tuttavia, anche questi valori si collocano abitualmente in questa sezione del datasheet, perché sono indispensabili nel progetto della cassa. Sono infatti richiesti da qualunque software di simulazione.

Per capire cos'ha fatto Small, dobbiamo osservare una curva di impedenza di un woofer.

Di solito la vedete nello stesso grafico della risposta in frequenza, come nell'esempio qui sotto:

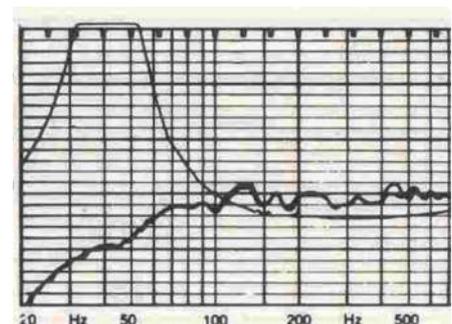


Com'è noto, l'altoparlante non è una semplice resistenza; è un carico piuttosto complicato rappresentabile con cinque impedenze distinte. Qui non possiamo parlare del circuito equivalente, perché richiederebbe parecchie pagine, ma l'aspetto interessante è che l'impedenza, al variare della frequenza, segue sempre lo stesso andamento schematico... Vediamolo.

Si parte dal valore chiamato R_e , la semplice resistenza in corrente continua (5-7 Ω); poi si sale a formare un picco, che nel nostro esempio è molto basso (sui 31 Ω); talvolta si superano abbondantemente i 100 Ω .

Ai miei tempi, le aziende adottavano scale fisse; capitava spesso che la curva uscisse fuori dal grafico (come qui a destra).

Sull'asse orizzontale, quel picco corrisponde al primo dei parametri di Small: la **frequenza di risonanza**, che si indica con il simbolo f_s . Successivamente, l'impedenza ridiscende fin quasi al valore di R_e , toccando un minimo intorno a 300 Hz.



In seguito la curva risale, a causa dell'**induttanza parassita** della bobina mobile (L_e); per adesso, questo valore non ci interessa, avremo modo di parlarne quando discuteremo di filtri crossover.

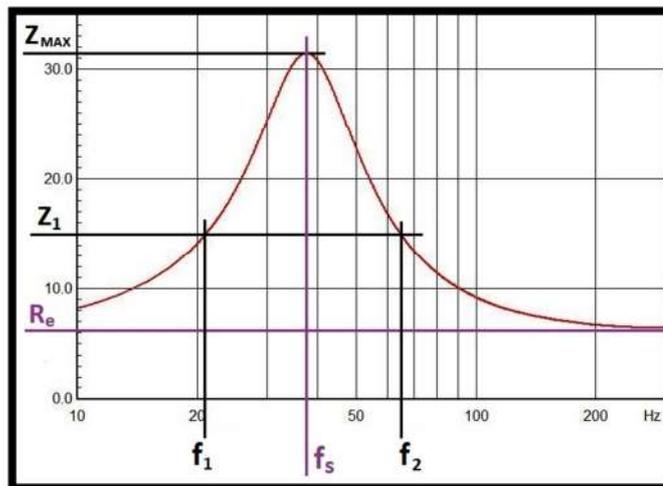
Ora dobbiamo concentrarci sulla curva "a campana", che si forma intorno alla risonanza.

Esaminando una curva di impedenza in prossimità del picco, Richard Small individuò alcuni valori interessanti su cui impostò il suo lavoro successivo.

In questa fase discorsiva, non vi annoierò con tutti i passaggi matematici, ma metterò un'appendice in fondo con tutte le formule per calcolare ogni parametro. Per ora, analizziamo insieme un SEAS da 165 mm.

Con un occhio sul grafico a destra, i valori che citerò saranno facilissimi da capire.

Due li conosciamo e ve li mostro in **viola**: R_e ed f_s . L'impedenza (simbolo "Z"), alla risonanza assume il valore più alto: Z_{max} . In questo caso, circa 31 Ω . Facendo la media geometrica, tra R_e e Z_{max} , troviamo il valore Z_1 (circa 15 Ω), che a sua volta consente di individuare due frequenze simmetriche rispetto al picco: F_1 ed F_2 . Ci sarebbe un ultimo dato, che il mio grafico non mostra: si tratta di R_{es} , ovvero la differenza tra Z_{max} ed R_e , (nel nostro esempio vale circa 25 Ω).



Quello che ci interessa, in questa prima analisi, è che da questi 7 valori (3 frequenze e 4 impedenze), si ottiene il più famoso dei parametri di Small: il Q_{ts} (fattore di merito totale).

Per essere precisi, dalla curva di impedenza si ottengono due dati parziali: il fattore di merito **elettrico** ed il fattore di merito **meccanico** (Q_{es} e Q_{ms}), che combinati tra loro consentono di calcolare quello totale.

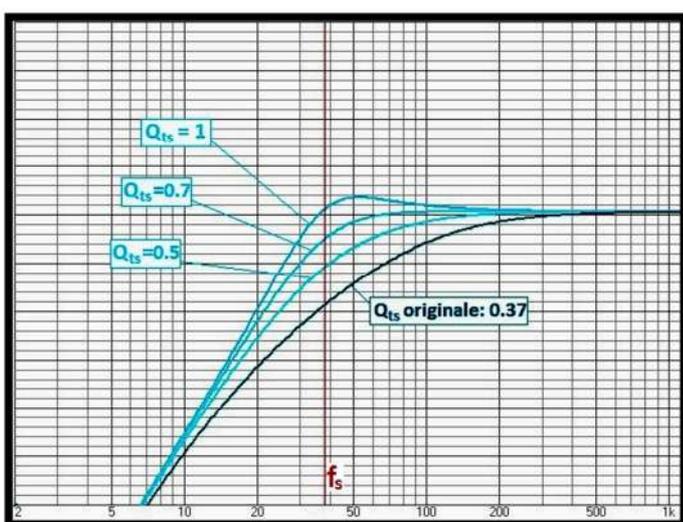
A questo punto, possiamo già dire come suona quel woofer sui bassi, quando viene tenuto in aria libera.

In realtà... in aria libera non suonerebbe affatto, sui bassi, perché l'emissione anteriore verrebbe annullata da quella posteriore, nel cortocircuito acustico.

Tuttavia, possiamo immaginare un muro tra due stanze, con un foro al centro su cui montare l'altoparlante; le due emissioni sarebbero acusticamente isolate, ma la membrana si muoverebbe come in aria libera.

Ora riflettiamoci un attimo... Nessuno ha visto una risposta in frequenza, abbiamo solo una curva di impedenza. Di quel woofer non sappiamo quasi nulla, non abbiamo nemmeno una foto!

Come possiamo dire come suonerà sui bassi?



Osservando il grafico a sinistra, vediamo la risposta del woofer con il suo Q_{ts} originale (0.37), ma possiamo capire come sarebbe cambiata, intorno alla frequenza di risonanza, se il valore fosse stato più alto (0.5 - 0.7 - 1).

Con un diverso valore di f_s , maggiore o minore, avremmo spostato quella curva più a destra o più a sinistra, ma il suo andamento sarebbe stato comunque determinato dal Q_{ts} .

Sfatiamo dunque una leggenda metropolitana: un fattore di merito minore non produce bassi più potenti, ma solo più smorzati.

Un errore comune, tra i principianti, è quello di inseguire valori di Q_{ts} pari a 0.30 e anche meno, perché li associano a magneti giganteschi, che vengono interpretati come "*bassi da pugno nello stomaco*".

La verità è che quelle grosse ferriti producono altri vantaggi, ma non vi fanno tremare le ossa, anzi...

Ricordate quel 250 che mi costrinse ad allargare il traferro?... Ora capite il perché: il Q_{ts} era troppo basso!

Ovviamente, quella risposta in aria libera ce l'abbiamo sul muro tra le due stanze, oppure nel car-stereo, quando montiamo il woofer sul pianale posteriore, senza alcuna cassa intorno.

Nel settore Hi-Fi, i bass-reflex e le casse chiuse fanno oltre il 95% di tutti i diffusori del mondo...

...E questo ci crea un piccolo problema.

Finora, i parametri di Small che abbiamo visto sono: f_s , Q_{es} , Q_{ms} e Q_{ts} a cui aggiungiamo R_e .

Ci possiamo mettere anche la semplicissima S_d (superficie radiante): basta misurare il diametro della membrana, fino a metà della sospensione esterna; poi... l'area del cerchio la sappiamo calcolare tutti.

Ma ancora non sappiamo come varierà la risposta del woofer, quando lo monteremo in cassa.

Ci servono altri parametri, uno in particolare: il V_{as} (volume acustico equivalente). Che cos'è?

Per prima cosa, correggiamo due errori comunissimi:

- Il V_{as} **NON È** il volume ottimale consigliato dall'azienda, per la cassa che andremo a realizzare.
- La pronuncia corretta è "vu-a-esse", non "vas" come dicono quasi tutti.

Andiamo avanti...

Il V_{as} è il parametro di Small per eccellenza. Ci consente di capire come il woofer interagisce con la cassa.

Possiamo intuire, anche senza Thiele e Small, che un woofer da 165 richieda un volume più grande, rispetto ad un 130... In effetti è quasi sempre così, ma non basta.

Sapendo che i gas sono comprimibili, quindi elastici, il V_{as} è il volume d'aria che ci serve per ottenere la stessa cedevolezza delle sospensioni meccaniche (bordo e centratore), sotto la spinta della S_d del woofer. Vediamola da un altro punto di vista...

Se montassimo un woofer in una cassa chiusa, di volume pari al suo V_{as} , l'altoparlante diventerebbe esattamente il doppio più rigido; il movimento della membrana troverebbe, nella compressione dell'aria dentro la cassa, esattamente la stessa opposizione che gli deriva dalle sue sospensioni, sommandosi ad essa e quindi raddoppiandola.

Pertanto, se avessimo un 130 con sospensioni morbidissime, il suo V_{as} potrebbe essere addirittura maggiore rispetto ad un 165 più rigido. Non mi credete?

I miei *Audax* da **130**, che ormai conoscete... V_{as} di 21 litri.

I *Faital* da **165**, che ho scelto per mio figlio... V_{as} di 13 litri.

Esiste un 165 *Morel* che costa più di 300 euro... V_{as} di 18 litri, quindi non dipende dalla fascia di prezzo.

Purtroppo, il V_{as} richiede un'informazione in più, per essere calcolato, rispetto a quelle che abbiamo già dalla curva di impedenza.

Si può arrivare allo stesso risultato per strade diverse, ad esempio misurando direttamente la **cedevolezza meccanica** (C_{ms}), visto che è lei a determinare il V_{as} ; tuttavia, la massa mobile (M_{ms}) è molto più semplice da misurare con precisione, pertanto si preferisce partire da lì... OK... OK... cerco di spiegarmi meglio.

Osservate il blocco metallico a destra, appeso al soffitto con una molla.

Se gli diamo un colpetto da sotto, quel peso comincerà ad oscillare su e giù.

L'ampiezza delle oscillazioni varia con la potenza del colpo, ma la frequenza è costante; dipende solo dalla massa del blocco e dalla cedevolezza della molla.

Quella è la frequenza di risonanza; vale anche per l'altoparlante.

Dobbiamo quindi aspettarci un'equazione con tre variabili: f_s , M_{ms} , C_{ms}

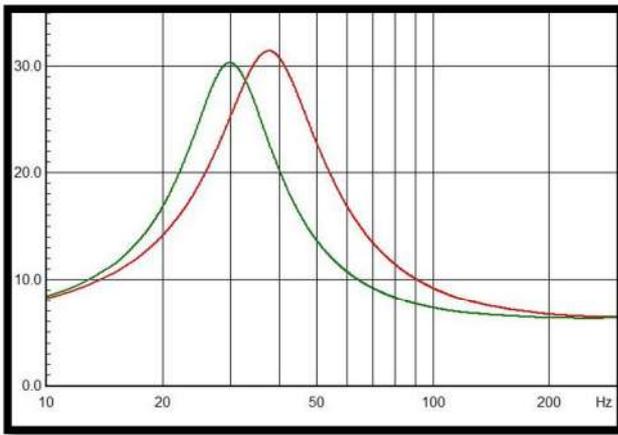
(la formula sta in appendice con tutte le altre).

Dalla curva di impedenza, noi possiamo conoscere solo il primo valore, ma ce ne servono almeno due per determinare il terzo.

Abbiamo detto che la massa è più facile da misurare, quindi partiamo con quella...

Ma come si fa?





Osservate il doppio grafico qui a sinistra. C'è la stessa curva rossa di prima, ma si può ottenere quella verde collocando una massa calibrata sulla membrana del woofer. In questo caso, abbiamo applicato un anello di plastilina intorno alla cupola parapolvere: 9.2 g.

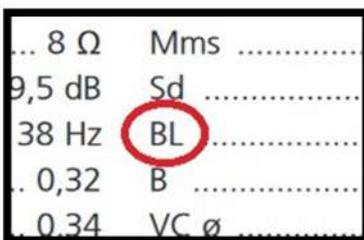
Dalla differenza tra la due frequenze di risonanza e conoscendo la massa aggiuntiva, facendo due conti si arriva alla nostra M_{ms} . Di conseguenza, otteniamo C_{ms} e quindi V_{as} .

Ora cominciamo a capire come funziona il procedimento. Alcuni di quei parametri sono davvero indispensabili, per determinare la risposta del diffusore in fase di progetto, ma altri sono solo dei metadati che servono ad ottenere quelli che contano.

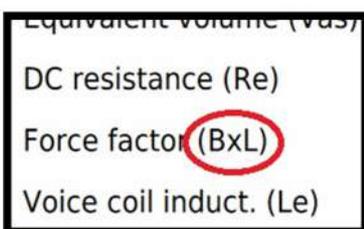
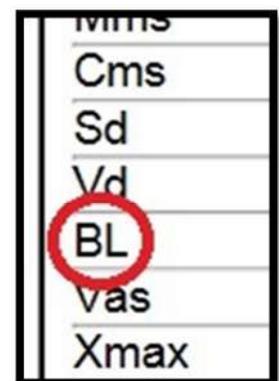
Tra questi metadati, c'è il mio parametro di Small preferito: il **BL** (o $B \times L$, visto che è una moltiplicazione). Prima di spiegarlo, introduco una pausa in questi argomenti tecnici, per una piccola precisazione.

Formalmente, quella "L" maiuscola sarebbe sbagliata: secondo le convenzioni internazionali, quello è il simbolo dell'induttanza. Visto che in questo caso rappresenta una lunghezza, ci vorrebbe la minuscola. Tuttavia, le stesse convenzioni **autorizzano** l'uso della maiuscola con molti tipi di caratteri tipografici, che possono creare equivoco con la vocale "I" come Imperia (che è il simbolo della corrente elettrica). In alcuni casi particolari, la "elle" minuscola può confondersi anche con il numero "1".

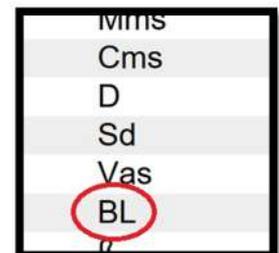
Il font che sto usando ora ne è un esempio evidente; osservate l'articolo "il" all'inizio di questa riga. Inoltre, il nostro **BL** comincia con una "B" maiuscola; sembra fatto apposta per generare confusione. Da ragazzino, quando ero ancora alle prime armi, fui protagonista di una figuraccia, causata proprio da quel carattere tipografico; c'erano tre amici intorno a me, tutti a ridere... Qualche anno più tardi, quando mi venne spiegato che le convenzioni lo autorizzavano, ho cominciato ad usare la maiuscola anche per la "L". E lo faccio ancora, dopo oltre trent'anni.



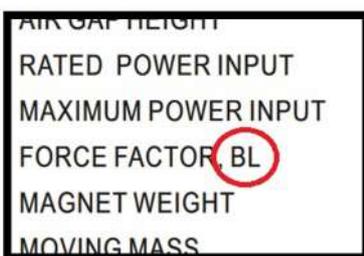
Questa precisazione era necessaria, perché non sono l'unico a pensarla così. Ve ne accorgete quando dovrete scegliere un woofer, leggendo i parametri di Small sui datasheet delle varie aziende.



I ritagli che vedete qui attorno provengono da cataloghi trovati in rete, pubblicati da cinque aziende diverse, collocate in cinque differenti paesi del mondo: Francia, Stati Uniti, Germania, Danimarca e Cina.



Non parlano nemmeno la stessa lingua, ma tutte e cinque hanno adottato la "L" maiuscola. Probabilmente ce ne sono parecchie altre, ma mi fermo a cinque perché ero stanco di cercare.



In due ritagli, vediamo come il **BL** venga definito "Fattore di forza" (force factor).

Questo può sembrare strano, per chi sa già cos'è la B e cos'è la L. Andiamo quindi ad approfondire, perché è piuttosto interessante...

In azienda, uno dei miei colleghi aveva una convinzione personale, su cui mi sono sempre trovato d'accordo: **“Quando hai capito bene il BL, conosci l'80% di come funziona un altoparlante.”**

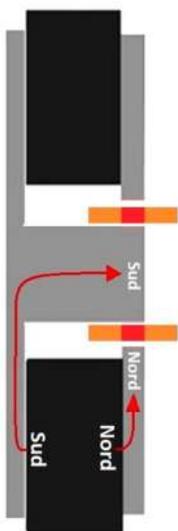
Il simbolo **B** indica l'**induzione magnetica** (o **densità di flusso**) rilevabile nel traferro.

Per il Sistema Internazionale si misura in **tesla** (simbolo: **T**); tuttavia, nei laboratori professionali c'è un apposito strumento con una sonda sottilissima, che per maggiore precisione fornisce il risultato in **gauss** (un tesla vale 10'000 gauss). Per questo motivo si chiama “gaussmetro”.

Immaginate la mia faccia, quando mi dissero che quello strumento costava quattro volte il mio stipendio. Ve lo dico perché ai miei tempi capitava, ogni tanto, di trovare una **G** maiuscola nell'unità di misura. Non so se qualche azienda lo fa ancora, ma se capitasse, sappiate che quella “G” significa “gauss”.

Il simbolo **L**, invece, è un po' più complicato. Per capirlo, ricorriamo a un disegno schematico già visto, nella chiacchierata precedente.

Questa volta lo metto in verticale; così, leggendo il testo, potrete vederlo con la coda dell'occhio.



A sinistra, abbiamo una bobina mobile, vista in sezione, all'interno del suo traferro.

Le parti in arancione servono a garantire un'escursione lineare, a bassa distorsione, ma la porzione che spinge davvero è solo quella rossa, perché è lei ad essere immersa nell'induzione che chiamiamo **B**.

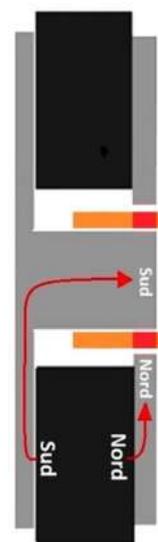
Con la lettera **L** si indica la lunghezza (in metri) del filo di rame che forma quelle spire della bobina... **Non tutte quante!**... Solo quelle in rosso.

Nel disegno a destra, proviamo a spostare la bobina mobile all'indietro, vicino al limite della sua escursione lineare.

Il **BL** non cambierà, durante quell'oscillazione, perché la parte in rosso rimane costante: tante spire sono uscite dal traferro, a sinistra, tante ne sono entrate da destra.

La lunghezza del filo (**L**) immersa nell'induzione (**B**) rimane dunque sempre uguale, entro l'escursione consentita dalle parti arancioni, che sui

datasheet prende il nome di **X_{max}**... Approfondiremo in appendice.



Ora viene il bello: se **B** si misura in tesla ed **L** in metri, ci dobbiamo aspettare che il fattore di forza si esprima in **T·m** (tesla x metri). In effetti, spesso è così... ma non sempre.

Voice Coil Resistance	5.9 Ohms
Voice Coil Inductance	0.67 mH
Force Factor	7.2 N/A
Free Air Resonance	37 Hz
Moving Mass	14.0 g

Talvolta, potrebbe capitarvi la strana unità di misura che vedete nel ritaglio qui a sinistra.

Per combinazione, si tratta proprio del woofer SEAS di cui abbiamo analizzato la curva di impedenza.

Che diavolo significa quel “newton/ampere”?

Quando me lo spiegarono ero poco più che un principiante, feci una certa fatica a crederci; presi il mio manuale di fisica e cominciai a cercare le tabelle con le unità di misura. Vi risparmio tutti i passaggi, ma convertendo attraverso i weber, i kilogrammi, i coulomb ed i volt, alla fine mi apparve... il miracolo:

1 tesla · metro equivale ad 1 newton/ampere.

Ecco perché si chiama “fattore di forza”!

Quel valore ci dice quanto spinge la bobina, in *newton*, per ogni *ampere* di corrente che la attraversa.

Ma se il **BL** dipende dalla lunghezza del conduttore, non sarebbe meglio usare bobine di gran diametro? Cioè... su un bobinone da 38 mi aspetto un filo molto lungo, rispetto ad un barattolino da 25; questo dovrebbe aumentare il **BL** a parità di magnete.

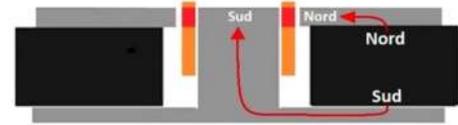
Invece no!... Perché anche il traferro avrebbe un maggior diametro. Il flusso magnetico sarebbe meno concentrato, perché disperso su un'area più ampia. In sostanza, per aumentare **L**, mi trovo a ridurre **B**. Non c'è verso... l'unico modo per aumentare il fattore di forza è un magnete più potente.

Ora che conosciamo il **BL**, vediamone un paio di sviluppi interessanti.

Potenza: se ho un **BL** molto alto, posso permettermi una bobina più grande e di maggior spessore, anche se pesa di più e mi costringe ad allargare il traferro. Il fattore di forza si ridurrebbe, ma partendo da un valore elevato resterebbe accettabile. Il vantaggio è che aumenterebbe significativamente la potenza applicabile.

Distorsione: potrei sacrificare un po' di quel **BL** per incrementare l'altezza della bobina, nelle parti che sporgono dal traferro, quelle che nel disegno abbiamo messo in arancione.

Questo aumenterebbe il valore di X_{max} , consentendo al woofer escursioni più ampie senza distorcere troppo.



Estensione: un alto valore di **BL** mi permette di usare una membrana più smorzante, anche se pesa di più, ad esempio in carbonio o in polipropilene al posto della carta. Grazie a quel **BL**, l'efficienza resterebbe accettabile, ma migliorerei la gamma media ed avrei una più ampia scelta di abbinamento con il tweeter.

Efficienza: potrei lasciare tutto come sta, sia la membrana che la bobina, ma esibire sul catalogo "94 dB" per un woofer da 200. La reazione del pubblico sarebbe: "Accidenti!... Questo spacca tutto!"

Sono solo alcuni esempi, sui possibili scopi di un grosso magnete. A prima vista potrebbe farci pensare ad un **BL** molto alto, che potrebbe già essere positivo di suo; ma anche se spendiamo quel flusso in maniera diversa, c'è sempre il modo di ottenere dei vantaggi da qualche parte.

Potremmo dirla così: un magnete generoso, una volta che ce l'hai, ti potrebbe risolvere parecchi problemi; quantomeno, potrebbe darti le armi per affrontarli.

Questa chiacchierata, arrivata ormai a 11 pagine, nella descrizione dei parametri finisce qui. Ho infatti deciso di lasciare fuori il valore chiamato **SPL** (*sound pressure level*, misurato in dB), che in sostanza ci dice "quanto" suona il woofer, a parità di amplificazione.

Non dovete pensare che lo ritenga poco importante, anzi... voglio escluderlo proprio per il motivo opposto. La formula che determina quel valore è il vero capolavoro di Richard Small; non me la sento di mescolarlo insieme a tutti gli altri dati, come se fosse un V_{as} qualsiasi...

In queste nostre chiacchierate, si merita una puntata tutta sua. Probabilmente la prossima.

Concludo con qualche considerazione generale, prima di lasciarvi all'appendice con tutte le equazioni.

Nel progetto di un altoparlante, tutti i dati si legano tra loro. Abbiamo già visto che la potenza del magnete si può spendere in parecchi modi, ma anche altri dati possono falsare il nostro giudizio.



Facciamo un esempio sulla cedevolezza delle sospensioni.

L'estate scorsa ho scelto il woofer da 165 qui a sinistra, per mio figlio ed i suoi amici; tutti ventenni che notoriamente cercano il "cia-pum cia-pum".

Quando ero ancora un principiante, né io né i miei amici ci saremmo mai sognati di scegliere quel modello, perché dichiara un Q_{ts} pari a **0.54**...

- Che porcheria!... Un woofer che "picchia" deve stare sotto 0.30!

Per fortuna, oggi ne so un po' di più ed ho superato quelle leggende metropolitane.

L'azienda ha semplicemente adottato sospensioni molto rigide, per proteggere il woofer da escursioni eccessive, visto che suona con 91 dB e regge amplificatori da 100 W (bobina in Kapton da 32); di conseguenza, hanno portato la risonanza a 61 Hz ed il Q_{ts} è salito a 0.54.

Montando un centratore più morbido, avrebbero esibito dati molto più accattivanti: f_s a 25 Hz e Q_{ts} a 0.24, ma con l'inevitabile aumento del V_{as} (da 13 a 88 litri), alla fine non sarebbe cambiato nulla; il woofer, montato nella stessa cassa, avrebbe prodotto gli stessi bassi.

In futuro ve lo dimostrerò, quando progetteremo un diffusore.

Nell'esempio precedente, per valutare correttamente il woofer, è stato sufficiente confrontare due dati: **frequenza di risonanza** e **fattore di merito**; tuttavia, abbiamo già visto che non è sempre così. Direttamente o indirettamente, i dati tecnici di un woofer sono correlati in modo impensabile.



I due woofer che vedete a sinistra si collocano in fasce di mercato molto diverse, anche se dello stesso formato e con lo stesso magnete. Il primo è un prodotto di élite, costa oltre 170 euro; il secondo è un comune woofer per il mercato di massa, 50 euro o poco più.

Confrontando i due fattori di forza (**BL**), dovremmo preferire il più economico: 10 Tm contro 8. Se però guardiamo il valore di X_{max} , appena 3.5 mm, capiamo come hanno fatto ad ottenere quel **BL**. L'altro ci offre un'escursione quasi doppia, nonostante la risonanza sia quasi la stessa.

Insomma... credo che il concetto sia chiaro: non fermatevi mai ad un solo parametro, nella valutazione del vostro woofer da acquistare. Nemmeno se si tratta del **BL**.

Le aziende sanno benissimo quali sono i dati più cercati e discussi; talvolta, in base al target a cui si rivolgono, cercano di esibire valori attraenti proprio su quelli, magari penalizzandone altri.

Di conseguenza, possono esserci fregature su quei dati che nessuno guarda mai.

Le scelte del progettista, in alcuni casi, possono essere dettate da esigenze **non** tecniche, ad esempio una riduzione di costi; ma anche il prezzo può essere determinante per il nostro acquisto.

Volendo realizzare una **configurazione d'Appolito**, come quella che vedete a destra, i woofer da comprare diventerebbero quattro. Se risparmiassimo 10 euro a pezzo...



Infine, può capitare che la competenza e la creatività di un professionista siano troppo lontane dalla capacità di comprensione di un dilettante, che quindi non apprezza perché non è in grado di capire. Per non annoiarvi, citerò un solo esempio.



A metàdegli anni '80, la *Dynaudio* stupì il mondo con un'idea che appariva assurda: propose un woofer da 160 con bobina da **75!!!** Dovettero collocare il magnete all'interno, al posto del nucleo. Parliamo di una bobina che si usa sui woofer da 300, anzi... solo su quelli più potenti, dimensionati per 400-500 W. Ma chi avrebbe mai sparato una simile potenza su un 160 mm?

Il genio di **Ejvind Skaaning** (un nome entrato nella leggenda) aveva colpito ancora.

Quella bobina non serviva a reggere più potenza, ma ad arrivare all'incollaggio sulla membrana con una circonferenza molto più ampia.

L'effetto fu micidiale, sulla risposta del woofer: quel polipropilene era diventato, virtualmente, 3-4 volte più rigido, ma senza perdere le sue qualità smorzanti. Nell'84, il mondo venne ipnotizzato dalla incredibile gamma media delle sue casse (anche per merito del tweeter).

Nessuno aveva mai sentito un sistema a due vie suonare così... Il declino del tre vie iniziò quel giorno.

Per capire quella bobina da 75, ci volle un po' di tempo anche ai professionisti concorrenti, con tutte le loro competenze, le loro esperienze e le loro attrezzature. Come avrebbe potuto arrivarci un dilettante, avendo a disposizione soltanto la scritta "75 mm" su un catalogo?

La fase di "chiacchierata" è davvero conclusa. Nella prossima pagina inizia l'appendice, con le nozioni più tecniche e le formule matematiche. Per chi vuole continuare... Buon divertimento!

...Per chi non vuole, il mio saluto abituale: alla prossima!

Appendice: simboli, formule e nozioni tecniche

Tutte le grandezze fisiche sono simboleggiate da lettere maiuscole. Si ricorre alla minuscola solo se la stessa lettera è già in uso per un altro simbolo; ad esempio, per la frequenza si usa la f minuscola, perché la F maiuscola indica la forza.

Secondo le convenzioni internazionali, anche la massa andrebbe indicata con la m minuscola, perché la maiuscola indica la concentrazione molare. Tuttavia, è dal 1981 che leggo cataloghi, non ho mai visto un'azienda elettroacustica che rispetti questa regola.

Così, su quella M ... anche un pignolo come me ha finito per arrendersi.

Sui riferimenti, la situazione è anche più grave: vanno scritti in forma di pedice (ovvero _{così}); ma già ai miei tempi, quando era tutto cartaceo, le aziende che usavano i pedici erano meno della metà.

Quando lo feci notare al mio direttore commerciale, inventò una balla colossale che in quel momento, chissà perché, mi sembrò plausibile: - *La tipografia non ha quel tipo di carattere.*

Da quando sono rientrato nel mondo dell'elettroacustica, ho notato che il pedice non lo usa più nessuno. Personalmente, disapprovo tale comportamento, perché cambia completamente il significato del simbolo:

- F_s significa "Ferrovie dello Stato", mentre f_s è la frequenza di risonanza.
 - Le è un articolo plurale femminile, mentre L_e è l'induttanza della bobina mobile.
 - Pa è l'unità di misura della pressione (*pascal*), mentre P_a indica la potenza apparente.
 - Fb significa "Facebook", mentre f_b è la frequenza di accordo di un bass-reflex.
- ...e così via.

Pertanto, non prendete mai un datasheet come riferimento.

Una famosa azienda, tra le più prestigiose del mondo, scrive addirittura **QTS** o **VAS** con tutte maiuscole; ogni volta che lo vedo, mi sento in imbarazzo per loro.

Iniziamo a vedere qualche formula...

- **Frequenza di risonanza (in hertz):**
$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{M_{ms}\cdot C_{ms}}}$$

Visto che la f_s viene semplicemente misurata, sono molto più utili le formule inverse:

- **Cedevolezza meccanica (in mm/N):**
$$C_{ms} = \frac{1000}{(2\pi f_s)^2 \cdot M_{ms}}$$

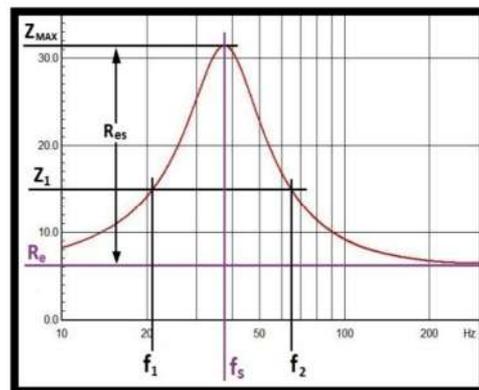
- **Massa mobile (in grammi):**
$$M_{ms} = \frac{1000}{(2\pi f_s)^2 \cdot C_{ms}}$$

Con un occhio alla solita curva d'impedenza, definiamo i tre fattori di merito.

- **Fattore di merito meccanico:**
$$Q_{ms} = R_{es} \cdot 2\pi f_s \cdot \frac{M_{ms}}{(BL)^2}$$

- **Fattore di merito elettrico:**
$$Q_{es} = R_e \cdot 2\pi f_s \cdot \frac{M_{ms}}{(BL)^2}$$

- **Fattore di merito totale:**
$$Q_{ts} = \frac{Q_{ms} \cdot Q_{es}}{Q_{ms} + Q_{es}}$$



Questi valori sono numeri puri, senza unità di misura, in quanto rapporti tra grandezze omogenee.

In elettrotecnica, il fattore di merito viene definito come *rapporto tra potenza reattiva e potenza attiva*.

Misurando il diametro della membrana d (in millimetri) con un semplice righello, fino a metà della sospensione, otteniamo facilmente la **superficie radiante (in m²)**: $S_d = \pi \left(\frac{d}{2000} \right)^2$

A questo punto, dobbiamo introdurre due nuovi simboli.

- ρ_0 : **densità dell'aria** (il simbolo ρ non è una "p" come Palermo, ma la lettera greca *rho* minuscola).

- C : **velocità del suono**.

Queste grandezze dipendono dalla temperatura; pertanto, nelle formule, vengono convenzionalmente considerate a 25 °C: $\rho_0 = 1.18 \text{ kg/m}^3$ $C = 345 \text{ m/s}$

Ora possiamo calcolare il **volume acustico equivalente (in litri)**:

- se disponiamo della massa mobile..... $V_{as} = \frac{\rho_0 \cdot c^2 \cdot S_d^2}{M_{ms} \cdot (2\pi f_s)^2} \cdot 1000$

- se invece abbiamo la cedevolezza..... $V_{as} = \rho_0 \cdot c^2 \cdot S_d^2 \cdot C_{ms} \cdot 1000$

Per calcolare il **fattore di forza (BL)** ci sono parecchie formule differenti, ma molte di esse si basano su valori che non sempre sono pubblicati sul datasheet.

Consiglio pertanto di usare questa: $BL = \frac{R_e}{Q_{es}} \sqrt{\frac{M_{ms}}{C_{ms}}}$

Siamo quindi arrivati al valore di X_{max} , che non è così semplice come sembra.

In origine, non era una semplice sottrazione, basata sui dati costruttivi della bobina e del traferro.

Si trattava di un dato molto tecnico, difficilmente comprensibile dal dilettante, che pertanto non veniva mai pubblicato sui cataloghi.

Premessa: esistono due tipi di distorsioni principali: di seconda armonica e di terza armonica.

- In 2^a armonica, l'altoparlante introduce alterazioni su una frequenza doppia: se un contrabbasso suona un SOL a 98 Hz, la distorsione si colloca a 196 Hz... che è sempre la nota SOL, ma un'ottava più in alto.

Per questo motivo, è poco percepibile all'orecchio; soprattutto, non è fastidiosa.

- In 3^a armonica, invece, le alterazioni si producono su una frequenza tripla, nel nostro esempio a 294 Hz.

La distorsione è più percepibile e sgradevole, perché quella nota non è più un SOL, ma un RE.

Entrambe dipendono dall'escursione della membrana, ma in modo molto diverso.

La 2^a armonica deriva da aspetti meccanici, legati alla mancanza di simmetria nella cedevolezza delle sospensioni. In altre parole, il movimento all'indietro non è esattamente identico a quello in avanti.

La 3^a armonica, invece, dipende da aspetti elettromeccanici, in particolare dalla non-linearità dell'interazione magnetica. Insomma... con un'escursione troppo lunga, la bobina esce dal traferro.

Per conoscere l' X_{max} , negli anni '70, era necessario misurare la distorsione di 3^a armonica, stabilire un valore accettabile e verificare a quale frequenza veniva raggiunto. A quel punto, conoscendo la potenza, era possibile calcolare l'escursione su cui la membrana si stava muovendo.

L' X_{max} è esattamente questo: l'escursione oltre la quale la distorsione di terza armonica diventa inaccettabile, a causa della non-linearità dell'interazione tra bobina e traferro.

Oltre che difficile da capire, era impossibile da verificare per un dilettante; bisognava fidarsi.

Nel 1981, un elettroacustico della JBL di nome **Mark Gander** (a destra) pubblicò un articolo sulla rivista dell'AES (Audio Engineering Society), in cui esponeva l'idea che utilizziamo ancora oggi.



Con ottima approssimazione, si accorse che la distorsione restava sotto il 10%, finché l'escursione manteneva tutta la bobina all'interno del traferro. Poi, il valore schizzava in alto con grande rapidità. Questo accadeva con qualsiasi woofer, di qualsiasi marca e modello.

Propose quindi di assumere, come valore di X_{max} , la semplice lunghezza delle due porzioni sporgenti della bobina mobile: esattamente ciò che facciamo adesso, dopo 40 anni.

Nei primi anni '80, nessuno pubblicava il dato di X_{max} . Ma era semplicissimo calcolarselo da soli:

$$X_{max} = \frac{\text{altezza bobina} - \text{altezza traferro}}{2}$$

Oggi non è più necessario, perché tutte le aziende ve lo danno. Però verificatelo sempre, perché non tutti seguono il metodo di Gander.

Concludiamo con la **potenza**, il dato tecnico che spesso attira i meno competenti.

- *Ahó, Ste'!... Sai che me so' comprato 'n vufer da ducento watt?*

Non basate mai le vostre scelte su quel valore dichiarato.

Esistono due woofer dello stesso formato (165), uno italiano e uno danese, che montano bobine dello stesso diametro e della stessa altezza; il danese dichiara una potenza di 70 W, l'italiano ne esibisce 130. Potrei continuare per ore, con esempi anche più clamorosi...

Ogni azienda definisce la potenza come gli pare; alcune, per mostrarsi più professionali, ci piazzano una nota incomprensibile come *IEC 268, DIN, AES2, IEC 17*, ecc., come se fossero standard di pubblico dominio. In realtà, tutte quelle sigle dimostrano che ognuno adotta normative differenti, rafforzandoci la convinzione che non bisogna mai fidarsi.

Del resto, il segnale musicale è troppo complesso e diversificato per inquadralo in regole fisse.

Se proprio volete farvi un'idea di massima, sulla potenza applicabile, guardate il **diametro bobina**.

- Con il formato da 25 potete sonorizzare una piccola stanza, usando amplificatori da 30-40 W.
- Una bobina da 32 è già sufficiente per qualsiasi ambiente domestico, ci si arriva a 80-100 W.
- Con quella da 38 potete organizzare una piccola festa in giardino.
- Se arrivate a 50 mm o più, presumo che dobbiate sonorizzare un capannone industriale.

Se la cassa è ben progettata, il woofer non si rompe mai meccanicamente; quando riceve una potenza eccessiva, si brucia sempre la bobina.

La potenza di un tweeter, invece, dipende soprattutto dal filtro; frequenza, pendenza, attenuazione e fattore di smorzamento. Ma ne parleremo in un'altra chiacchierata...

Per adesso, rinnovo il mio saluto a chi ha letto anche l'appendice.

Alla prossima!

20 gennaio 2020



(Robert Romiti)