

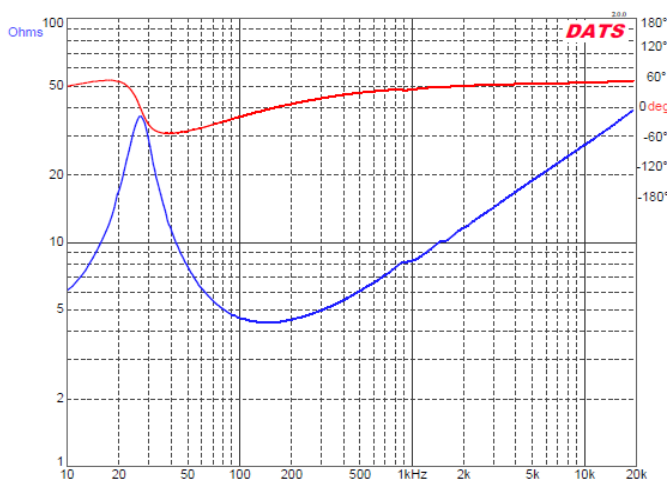


TIP 02 – La reattanza induttiva del woofer: come linearizzare il modulo di impedenza

Lo scopo di questo esperimento, è quello di comprendere come rendere costante l'impedenza di un woofer al variare della frequenza, e perché questa tecnica sia utile per realizzare un corretto incrocio passa basso.

Date le finalità didattiche di questi *tips*, considereremo tutti i componenti impiegati come **ideali**, cioè conformi alle teorie dell'elettrotecnica, tralasciando quindi tolleranze costruttive, perdite di inserzione, comportamenti induttivi e capacitivi parassiti intrinseci, etc., tipici dei componenti **reali**.

Praticamente la totale maggioranza dei woofer in commercio presenta questo andamento di impedenza (modulo in Ohm) vs. frequenza (in Hz):



La misura di impedenza di un normale woofer

Solo alcuni woofer di qualità (e che quindi costano un po' di più) presentano un andamento dell'impedenza quasi costante in media e alta frequenza, perché è stato inserito un dispositivo di linearizzazione dell'impedenza direttamente nel "motore" del trasduttore.

La causa di questo innalzamento è dovuto alla natura intrinseca di ogni trasduttore elettroacustico tradizionale: la sua bobina mobile.

La bobina mobile di un woofer è assimilabile ad un'induttanza, cioè un avvolgimento di filo di rame rivestito con smalto isolante su un supporto rigido. E come tale si comporta.

Tipico comportamento di qualsiasi induttanza, è che all'aumentare della frequenza aumenta la sua resistenza. Questo comportamento, si chiama reattanza induttiva.

In un circuito crossover sono sempre presenti elementi reattivi, tipicamente costituiti da condensatori e induttanze. Le resistenze invece non sono elementi reattivi.

Ma anche all'interno degli altoparlanti ci sono gli stessi dispositivi!



Non sono fisicamente visibili, ma il loro effetto è analogo a quello dei componenti reali, e la loro combinazione provoca gli stessi fenomeni che avvengono nei crossover, ossia le già citate reattanze.

Il circuito elettrico "virtuale" presente nell'altoparlante, si chiama circuito elettrico equivalente. Per vederne la sua complessità, sul *web* puoi trovare gli schemi.

Comunque, per non complicarci troppo la vita parlando di numeri complessi, parti immaginarie dell'impedenza, etc., diremo che genericamente la reattanza provoca uno sfasamento tra la tensione a cui è sottoposto il circuito e la corrente che lo attraversa.

Questo sfasamento elettrico genera una risonanza che provoca una variazione dell'impedenza in funzione della frequenza.

Sfrutteremo pertanto questi fenomeni risonanti a nostro vantaggio.

Misurando l'impedenza del nostro woofer, possiamo osservare che dopo il primo picco di impedenza (frequenza di risonanza naturale del woofer), l'impedenza sale progressivamente. E' proprio da questo punto che la reattanza induttiva (dovuta alla bobina mobile – alias induttanza - del woofer) fa impennare l'impedenza.

La pendenza di attenuazione e la frequenza di taglio di un filtro crossover, dipendono sempre dall'andamento dell'impedenza del trasduttore nella banda di frequenze interessate dal filtraggio.

Se l'impedenza varia molto al variare della frequenza, diventa più difficile e costoso filtrare il woofer e ci si allontana dall'andamento teorico del taglio crossover che abbiamo calcolato a quella frequenza.

Il nostro primo obiettivo per progettare un buon taglio crossover sul woofer, è quindi quello di linearizzare questo aumento di impedenza.

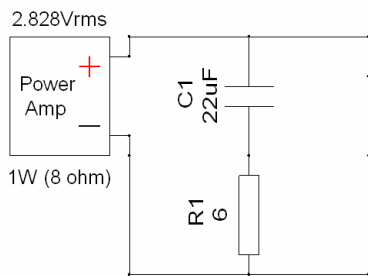
Lo scopo è quello di rendere più efficace e controllabile l'attenuazione del filtro crossover nella regione di taglio (F_c – o F_{cut}) prevista dal progetto, facilitandone quindi sia il calcolo, la simulazione, e la sua misurazione reale.

Tutte le formule e le tabelle che trovi sui manuali di elettroacustica e buona parte dei software *free* scaricabili dal web per il calcolo e la simulazione dei filtri crossover, presuppongono proprio questo: che l'impedenza del trasduttore sia costante nella regione di incrocio.

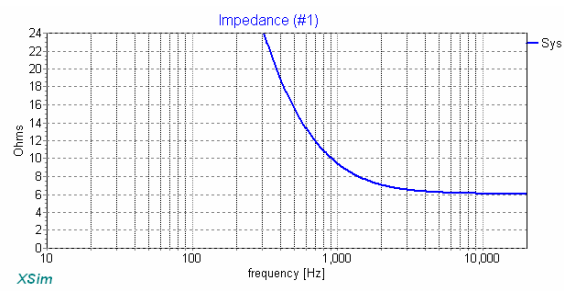
Cosa improbabile con i normali woofer in commercio.

Come fare allora? Semplice! Ad una reattanza induttiva, opponiamo una reattanza capacitiva, in modo da annullare l'aumento di impedenza del woofer, linearizzandone così il suo modulo.

Costruiremo quindi una cella RC da collegare in parallelo al woofer. Cella RC significa che è composta da una resistenza e da un condensatore posti in serie tra loro. Il circuito simulato è questo:

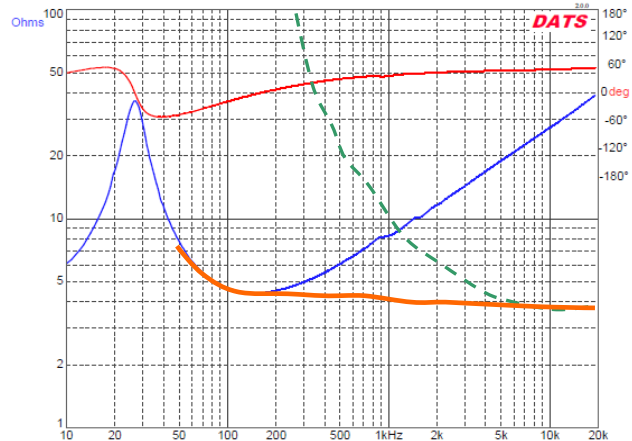
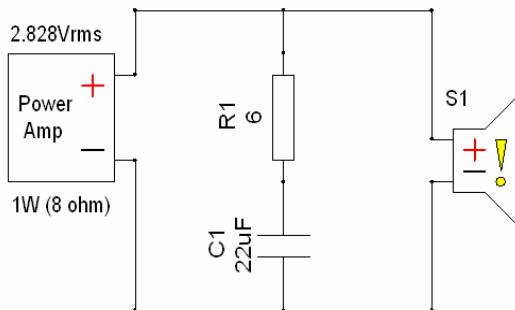


Cella RC



Funzione di trasferimento della cella RC

Collegando il woofer, otteniamo:



In verde, la funzione di trasferimento della cella RC
In arancio, la curva di impedenza risultante

Quella descritta nei grafici deve essere considerata solo un'esemplificazione a scopo didattico. Chiaramente, i valori precisi da utilizzare dovrai trovarli tu, con i tuoi altoparlanti mediante tentativi successivi (metodo del *trial and error*).

Per avvicinarti più facilmente al risultato, la R della cella dovrà avere un valore simile alla **Re** del woofer (per un woofer da 8 Ohm nominali si può partire con una resistenza di 6-7 Ohm - 10 Watt). La **Re** (parametro facilmente desumibile dal data-sheet del costruttore) rappresenta la resistenza in corrente continua (misurata cioè a 0 Hz) della bobina del woofer. Con il ponte RLC, puoi verificare facilmente l'esatto valore della **Re**. Per un woofer da 4 Ohm nominali, una "caramella" da 3,3–3,9 Ohm - 10 watt dovrebbe andare bene.

Per quanto riguarda i valori del condensatore, puoi iniziare a fare delle prove con uno da 22 uF. Se ti serve un valore intermedio (ad esempio un condensatore da 26,7 uF), puoi ottenerlo sommando i valori di due condensatori da 22uF e da 4,7uF messi in parallelo tra loro.

Come puoi constatare, oltre ad essere un dispositivo semplicissimo ed economico da realizzare, ti permette di comprendere meglio l'importanza della misura di impedenza in un sistema di diffusori e di come, giocando con risonanze e anti-risonanze, puoi raggiungere facilmente l'obiettivo di un buon taglio crossover.

vedi anche il case-study relativo al restauro delle Acoustical mod. Prima

Buon lavoro!