

Limite électriques et mécaniques du maximum de son émis par un woofer en enceinte close

J'ai constaté une grande confusion quant à la puissance requise pour un subwoofer. Cela n'est pas surprenant puisque l'interaction entre les paramètres mécaniques et électriques du subwoofer est complexe et rend très difficiles les considérations générales.

J'utiliserai l'exemple du [THOR](#) conjointement avec le tableur [closed-box1.xls](#) pour illustrer comment l'amplificateur de puissance et la capacité d'excursion maximale du haut-parleur limitent la sortie audio. Une analyse similaire a également été réalisée pour un [woofer dipolaire](#).

L'analyse ici concerne le haut-parleur Peerless XLS 830500, mais toute autre donnée de haut-parleur peut être utilisée dans la feuille de calcul. [Alister Sibbald](#) a ajouté une base de données de haut-parleurs à la feuille de calcul réarrangée.

Vous aurez la possibilité de voir le graphique évoluer à mesure que vous changez les variables, cela procure une meilleure idée de la façon dont les variables interagissent : [Closed-Box-WithDriverDb.xls](#)

Dans tous les calculs, j'utilise $X_{max} = 12,5$ mm. Commençons par le haut-parleur monté dans une enceinte close de 47 litres ($1,7$ ft³) de volume interne et alimentée par un amplificateur d'une puissance de 75 W sous 8 ohms.

Pour un signal sinusoïdal, cela correspond à une tension de crête de 34,5 V et l'amplificateur a donc probablement des rails d'alimentation de +/- 36 V. En fonction de la taille du transformateur et du condensateur de stockage d'énergie dans l'alimentation, la tension de sortie ne varie pas de manière significative lorsque l'impédance de la charge est modifiée. Idéalement, ce même amplificateur aurait une capacité de 150 W sous 4 ohms et de 300 W sous 2 ohms. Cela signifie que les composants de sortie peuvent fournir une crête de 4,3 A sous 8 ohms, de 8,6 A sous 4 ohms et de 17,2 A sous 2 ohms. En pratique, la capacité réelle de l'étage de sortie est limitée et l'amplificateur de 75 W se révèle avoir une spécification de 120 W sous 4 ohm et non de 150 W.

La figure 1 ci-dessous montre le SPL maximum que le haut-parleur peut potentiellement générer à 1 m en espace libre pour une excursion de pointe de 12,5 mm, ainsi que le SPL qu'il générera lorsqu'il est piloté par l'amplificateur de 75 W à des fréquences différentes. La puissance réelle fournie est exprimée en Volt-Ampère et non Watt, car la tension et le courant ne sont pas nécessairement en phase. À partir des basses fréquences, notez qu'il faut moins de 75 VA pour obtenir Xmax.

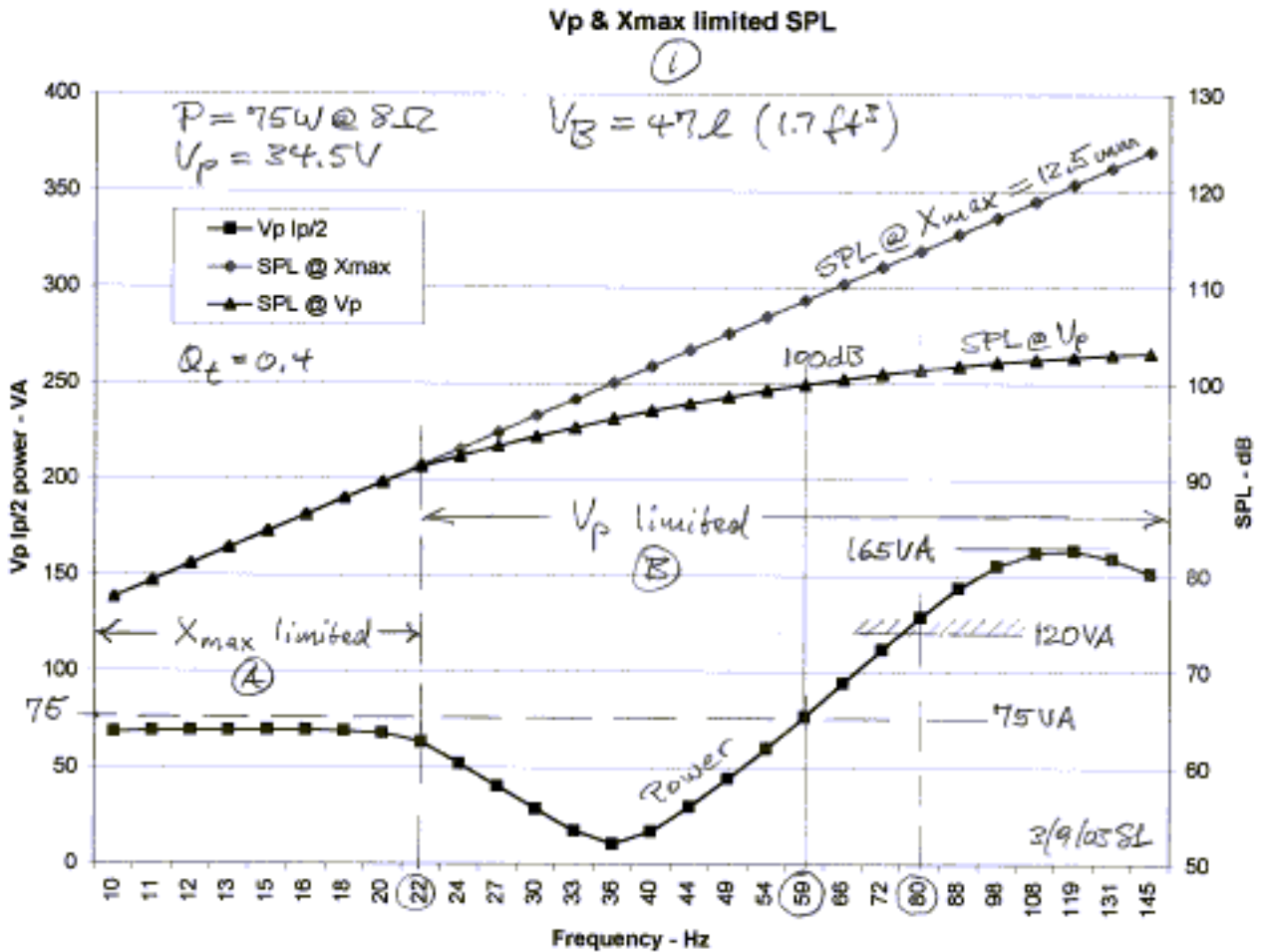


figure 1

La puissance chute encore plus lorsqu'on atteint la fréquence de résonance de 36 Hz du haut-parleur en enceinte close. En raison de l'augmentation de l'impédance du haut-parleur au voisinage de la fréquence de résonance, l'amplificateur qui délivre une tension maximum de 34,5 V ne génère pas un courant suffisant dans la bobine mobile et le SPL commence à s'écarter du maximum possible.

La sortie audio est devenue limitée par la tension de l'amplificateur. Au-dessus de 59 Hz, plus de 75 VA sont consommés à mesure que le courant augmente tandis que l'impédance du haut-parleur diminue.

Vers 80 Hz, on atteint la puissance maximum de 120 W sous 4 ohms possible pour l'amplificateur. Aux fréquences plus élevées, la demande de puissance atteint 165 W et le SPL fourni suit la tension de sortie constante de l'amplificateur. L'amplificateur n'est plus capable de fournir plus de courant et le SPL devient limité en courant en plus d'être déjà limité en tension.

La solution évidente pour augmenter le niveau de pression acoustique est d'utiliser un amplificateur de plus grande puissance, Figure 2. Le passage à un amplificateur de 150 W sous 8 ohms augmente la tension de sortie à 48,8 V crête.

De même, le niveau de pression acoustique disponible augmente de 3 dB au-dessus de 22 Hz. La forme générale des courbes est la même que pour 75 W avec une limitation en courant contrôlant potentiellement le SPL maximum au-dessus de 72 Hz pour un amplificateur spécifié à 225 W sous 4 Ohm.

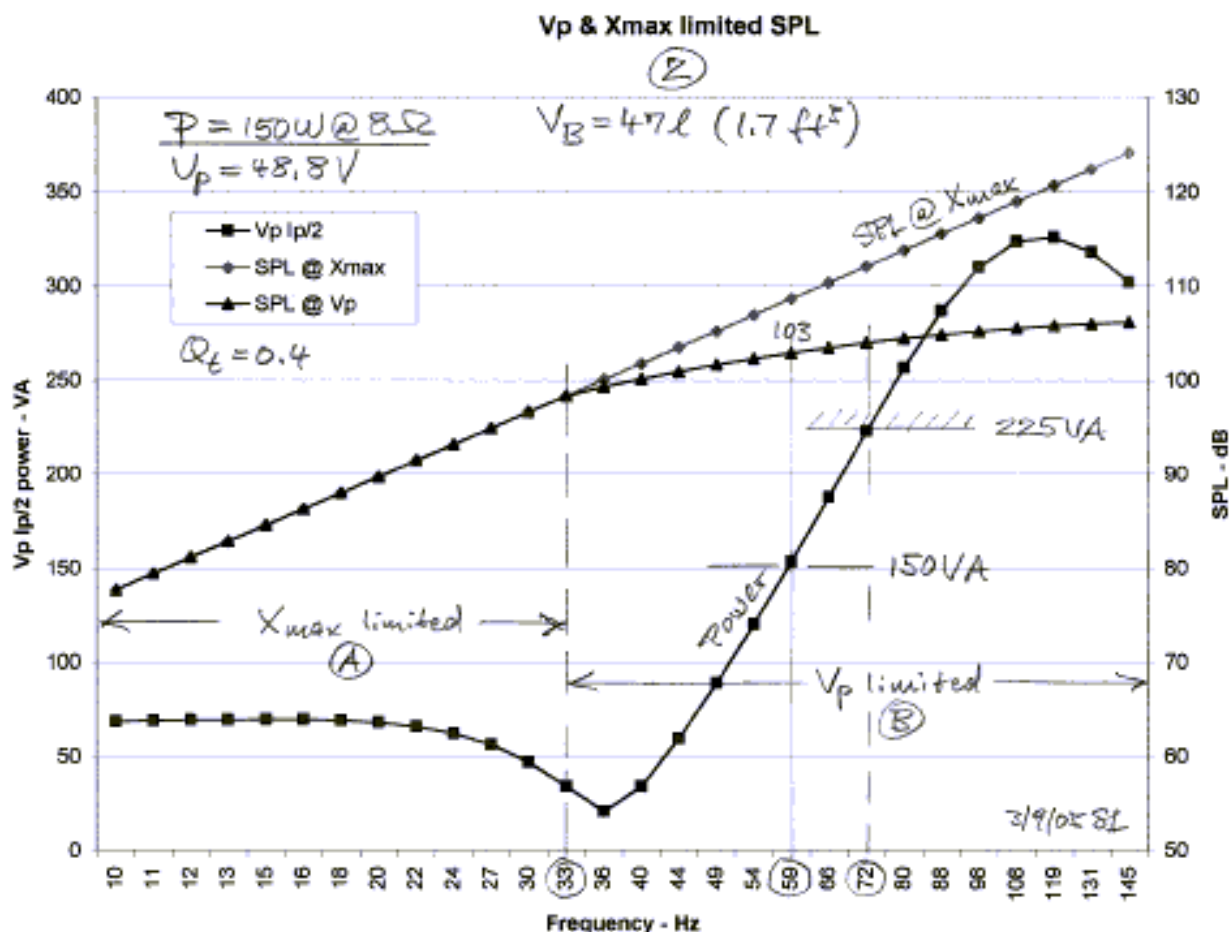


figure 2

Il est intéressant d'observer les effets d'une enceinte plus petite, Figure 3, et d'une plus grande, Figure 4. Les deux cas concernent un amplificateur de 150W sous 8 ohms.

La fréquence de résonance augmente à environ 46 Hz en raison de la rigidité accrue induite par le volume de l'enceinte de 25 litres. Cela nécessite plus de puissance dans l'amplificateur en dessous de la résonance, mais moins au dessus. La puissance sonore maximale pouvant être obtenue est essentiellement identique à celle de l'enceinte de 47 litres de la figure 2.

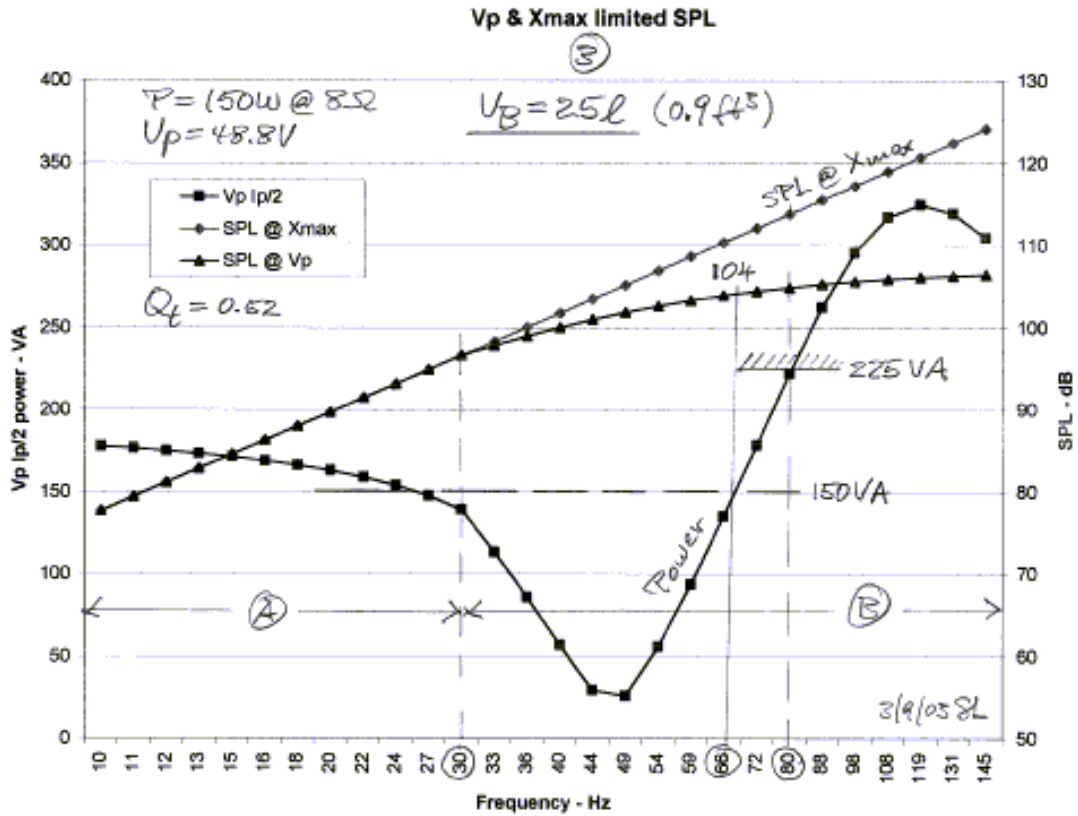


figure 3

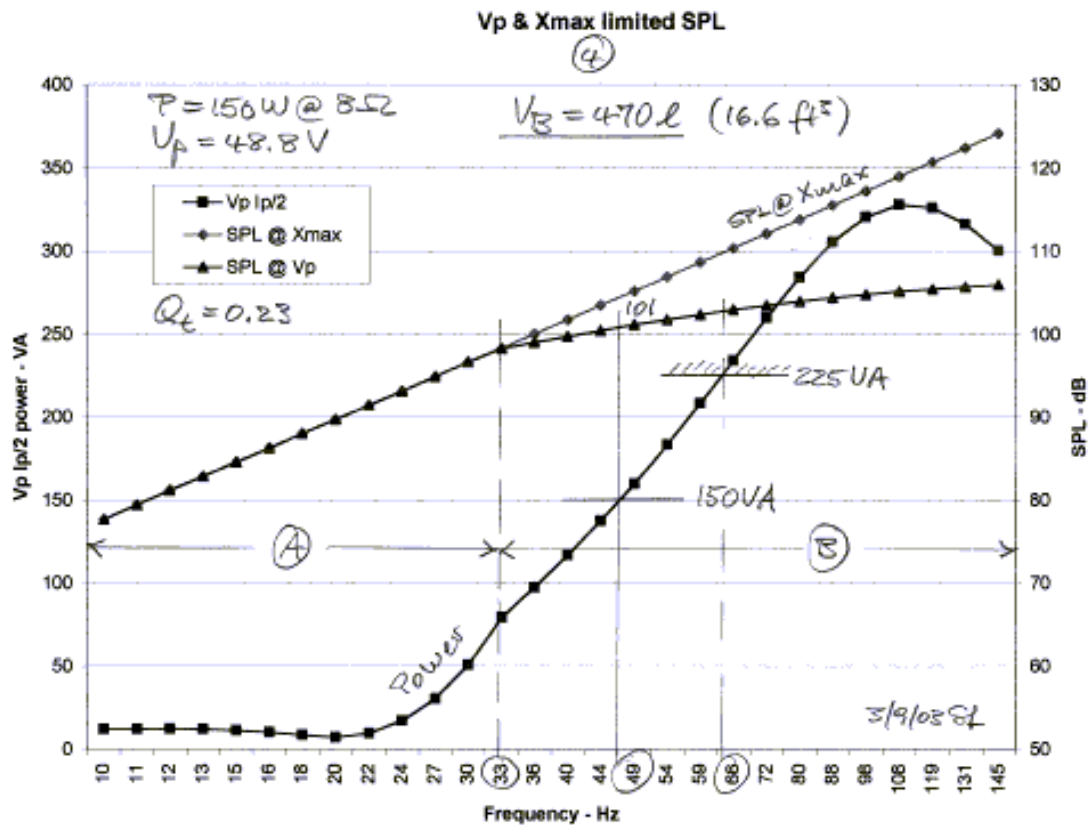


figure 4

Le même haut-parleur dans une enceinte de 470 litres, figure 4, a une résonance autour de 20 Hz et nécessite peu de puissance dans les basses fréquences pour atteindre une excursion maximale de 12,5 mm. Toutefois, au-dessus de la résonance, la puissance requise est supérieure à celle des enceintes de 25 ou 47 litres de la figure 3 et de la figure 2.

Les raisons des différences de besoins en puissance des trois tailles d'enceintes ne sont pas immédiatement évidentes. On ne peut pas faire une déclaration affirmative en disant qu'une petite enceinte nécessite plus de puissance. Cela dépend de la zone de fréquences dont on parle. La même chose vaut pour la plus grande enceinte.

Ce qui peut être énoncé en général sont les limitations suivantes à la sortie sonore maximale:

1. Le X_{max} du woofer limite le SPL maximum dans le bas de sa gamme de fréquences. La puissance de l'amplificateur est rarement un problème.
2. Lorsque la fréquence augmente, l'amplificateur aura probablement une tension de sortie écrêtée. L'impédance du haut-parleur est encore relativement élevée dans la région des fréquences au-dessus de sa résonance mécanique. La tension nécessaire pour fournir le courant permettant d'atteindre X_{max} n'est pas disponible dans l'alimentation de l'amplificateur.
3. On ne peut généralement pas obtenir X_{max} à l'extrémité supérieure de la plage de fréquences du woofer, car le courant pouvant être délivré est limité par les dispositifs de sécurité en sortie de l'amplificateur et par les condensateurs de stockage d'énergie de l'alimentation. L'impédance du haut-parleur a un minimum dans cette région de fréquence et même lorsque la tension de sortie de l'amplificateur est dans sa plage, le courant devient limité.
4. L'amplificateur idéal aurait des rails d'alimentation variables en tensions, de sorte qu'il puisse délivrer un courant important lorsque la tension est basse, et qu'il n'ait à fournir une tension élevée que lorsque la demande de courant est faible.

Les haut-parleurs Peerless XLS ont un système magnétique très puissant et il est intéressant de voir ce qui se passerait si la densité du flux était inférieure, avec un $Bl = 10 \text{ N/A}$ au lieu du $Bl = 17,6 \text{ N/A}$ qui a été défini pour le 830500. Avec tous les autres paramètres inchangés, le Q_t passe désormais à 1,1 dans l'enceinte de 47 litres. Pratiquement à toutes les fréquences, il faut plus de puissance pour atteindre le même niveau de pression acoustique que sur la figure 2.

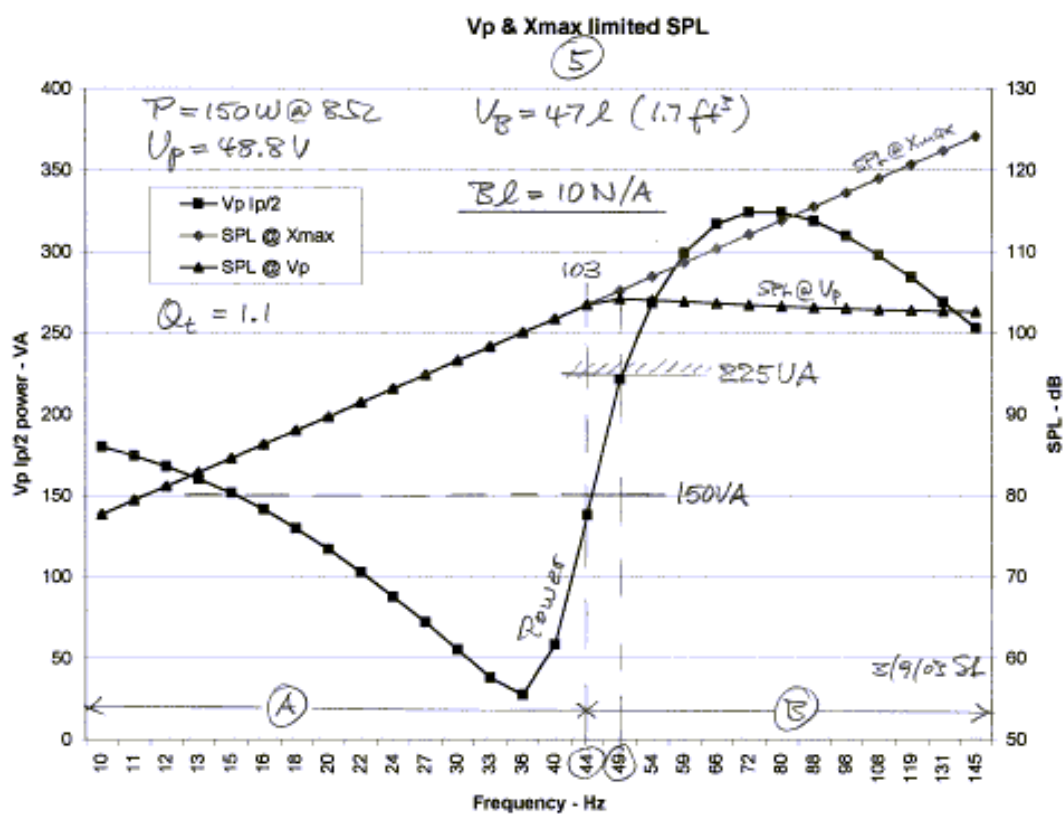


figure 5

Les exemples indiquent clairement que la puissance de l'amplificateur n'est pas un problème dans les basses fréquences pour les haut-parleurs de type subwoofers, mais qu'elle l'est pour les hautes fréquences.

Le niveau de pression acoustique, SPL, est limité par l'excursion de la membrane du haut-parleur dans les fréquences les plus basses. La puissance requise au-dessus de la fréquence de résonance est due à l'accélération nécessaire du mouvement de la membrane du haut-parleur.

l'égalisation de la réponse en fréquence d'un woofer avec une "[transformée de Linkwitz](#)" ne réclame pas plus de puissance que ce que le haut-parleur supporte pour fournir l'excursion maximale sans dommage admise par la membrane du haut-parleur.

Une telle égalisation ne fait que faciliter le fonctionnement de la bobine mobile du haut-parleur dans le respect des limites mécaniques. L'utilisation de cette égalisation dépend uniquement de la capacité de déplacement de la membrane du HP et des niveaux sonores souhaités.