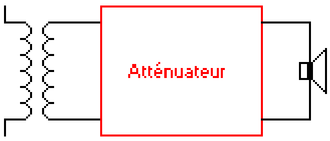
Les atténuateurs

Introduction :



Sur le schéma ci-dessus le transfo de sortie, l'atténuateur et le haut-parleur. Pour qu'un atténuateur ne perturbe ni le transformateur de sortie ni le HP, il doit être « transparent ».

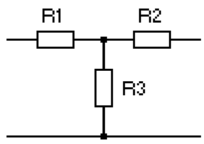
L' atténuateur doit donc :

- donner une charge équivalente à celle du HP au transfo de sortie
- donner une charge équivalente à celle du transfo de sortie au HP
- remplir les deux conditions précédentes tout en absorbant de la puissance

Il existe plusieurs types d'atténuateurs « transparent » :

- le T
- le T-bridge
- le PI

Le T :



Une structure très simple à 3 résistances dont 2 ont la même valeurs.

Formules pour les valeurs :

Dans un premier temps on choisi l'atténuation G en dB (ex: -6dB) pour connaître le coefficient d'atténuation A* :

$$A=10^{\frac{G}{20}}$$

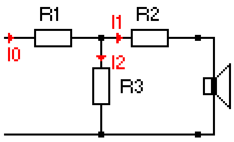
puis on calcul les résistances

$$R_1=R_2=Z_C\cdot\frac{1-A}{1+A}$$

$$R_3=Z_C\cdot\frac{2\cdot A}{1-A^2}$$

Z_C étant l'impédance du HP.

Formules pour les puissances :



I_0 est le courant qui sort du transformateur :

$$I_0=\sqrt{\frac{P}{Z_C}}$$

P est la puissance de l'ampli

I_1 est le courant qui traverse R_2 et le HP

$$I_1=\frac{I_0\cdot R_2}{R_1+R_2+Z_C}$$

I_2 est le courant qui traverse la résistance R_3 :

$$I_2=I_0-I_1$$

Donc on peut calculer la puissance dissipée par les résistances :

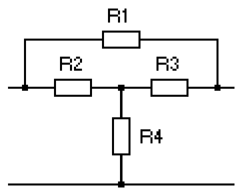
$$P_{R1}=R_1\cdot I_0^2$$

$$P_{R2}=R_2\cdot I_1^2$$

$$P_{R3}=R_3\cdot I_2^2$$

* A doit être compris entre 0 et 1. Si A=1, l'atténuation est nulle et si A=0 elle est infinie.

Le T-bridge :



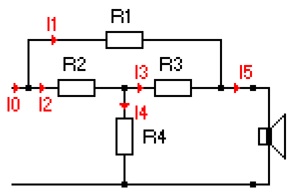
Une structure un peu plus complexe à 4 résistances dont 2 ont la même valeur.

Formules pour les valeurs :

$$R_1 = Z_C \cdot \frac{1}{1-A}$$
$$R_4 = Z_C \cdot (1-A)$$
$$R_2 = R_3 = Z_C$$

où Z_C est l'impédance du HP et A le coefficient d'atténuation.

Formules pour les puissances :



Ce qui est intéressant dans les formules c'est que les valeurs obtenues pour R_1 et R_4 donne des valeurs telle que :

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot Z_C$$

Cela cré un pont équilibré qui à la propriété de faire que l'élément central (R_3) n'est parcouru pour aucun courant ($I_3 = 0$) mais est quand même indispensable à l'équilibre de l'ensemble.

On calcule les courants :

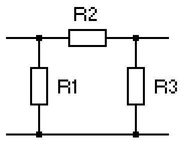
$$I_1 = I_5 = I_0 \cdot \frac{R_2 + R4}{R_1 + R_2 + R_4 + Z_C}$$
$$I_2 = I_4 = I_0 - I_1$$

On en déduit la puissance à dissiper de chaque résistance :

$$P_{R1} = R_1 \cdot I_1^2$$
$$P_{R2} = R_2 \cdot I_2^2$$
$$P_{R4} = R_4 \cdot I_4^2$$

$P_{R3} = 0$ en théorie seulement car l'impédance du HP varie avec la fréquence et les valeurs calculées pour les autres résistances peuvent ne pas tomber juste (ce qui est le cas le plus souvent) et déséquilibrer le pont.

Le PI:



Structure simple à 3 résistances dont 2 ont la même valeur.

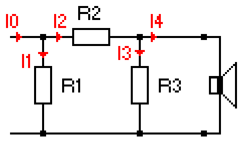
Formules pour les valeurs :

$$R_1 = R_3 = Z_C \cdot \frac{1+A}{1-A}$$

$$R_2 = Z_C \cdot \frac{1-A^2}{2 \cdot A}$$

où Z_C est l'impédance du HP et A le coefficient d'atténuation.

Formules pour les puissances :



$$I_2 = I_0 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2 + \frac{R_3 \cdot Z_C}{R_3 + Z_C}}$$

$$I_1 = I_0 - I_2$$

$$I_3 = \frac{I_2 \cdot Z_C}{R_3 + Z_C}$$

On en déduit la puissance à dissiper de chaque résistance :

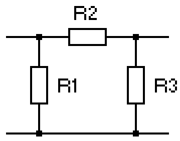
$$P_{R1} = R_1 \cdot I_1^2$$

$$P_{R2} = R_2 \cdot I_2^2$$

$$P_{R3} = R_3 \cdot I_3^2$$

Pourquoi sont-ils transparents :

Parce-que leur impédance caractéristique est idéale (impédance d'entrée et de sortie équivalentes à celles du transfo et du HP). Explication avec un peu de théorie.
Prenons l'atténuateur en PI :



Pour une atténuation de -6dB avec un HP de 8Ω, on obtient par le calcul :
$R_1 = R_3 = 24\ \Omega$
$R_2 = 6\ \Omega$

On calcul la résistance équivalente du système en boucle ouverte :

$$R_O = R_1 \| (R_2 + R_3) = \frac{R_1 \cdot (R_2 + R_3)}{R_1 + (R_2 + R_3)} = \frac{24 \times (6+24)}{24 + (6+24)} = 13{,}33\,\Omega$$

puis la résistance en boucle fermée (R_3 schuntée) :

$$R_F = R_1 \| R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{24 \times 6}{24 + 6} = 4{,}8\,\Omega$$

et on en déduit l'impédance caractéristique :

$$Z_C = \sqrt{R_O \cdot R_F} = \sqrt{13{,}33 \times 4{,}8} = 8\,\Omega$$

Cette valeur est la même vue de l'entrée et de la sortie (grâce à la symétrie) donc le transformateur est chargé correctement et la résistance de sortie qui attaque le HP est bonne.

On peut faire ce test avec succès pour les trois atténuateurs présentés précédement. En ce qui concerne l'atténuateur en L, il donne des valeurs de R_O et R_F totalement inadaptées d'où le fait que la réponse du HP soit modifiée.

La méthode ci-dessus peut être utilisée pour vérifier l'impédance caractéristique lors du choix de valeurs arrondies de résistances. On peut ainsi corriger en prenant une autre valeur proche (directement supérieure ou inférieure) de celle calculée. Bien sûr, l'atténuation sera légèrement différente.
On peut également s'en servir pour trouver l'impédance caractéristique d'un atténuateur inconnu.

Conclusion :

Le T-bridge :

avantage :

- la possibilité de faire un atténuateur commutable avec un contacteur rotatif 2 voies

inconvénients :

- 4 résistances

Le T et le PI:

avantage :

- simple, seulement 3 résistances

inconvénients :

- difficile de le rendre variable sans un commutateur 3 voies

Pour un atténuateur fixe, le T et le PI sont parfait (surtout le PI à -6dB) mais le fait de n'avoir que deux résistances qui varie sur le T-bridge le rend plus adapté pour un atténuateur commutable.