

Filtre RLC passe-bas

1. Introduction

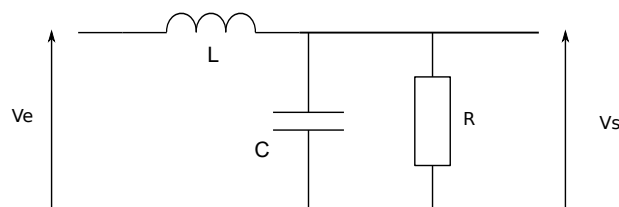
L'objectif est de réaliser et d'étudier un filtre passe-bas de type RLC. Ce filtre est destiné à extraire la valeur moyenne d'une tension alternative et pourra être utilisé pour effectuer une conversion de puissance alternatif-continu.

À la fin de chaque partie comportant des questions, un compte rendu oral devra être fait.

Matériel :

- ▷ Bobine 500 tours.
- ▷ Boîte à décades de condensateurs.
- ▷ Boîte de résistances $\times 1000$, $\times 100$ et $\times 10$.
- ▷ Oscilloscope.
- ▷ Multimètre.
- ▷ Générateur de signaux.
- ▷ Papier millimétré.

Le schéma de principe du filtre que l'on souhaite réaliser est donné ci-dessous :



L'auto-inductance L sera réalisée avec une bobine.

2. Étude théorique

La fonction de transfert du filtre représenté ci-dessus est :

$$H(f) = \frac{1}{1 - \frac{f^2}{f_0^2} + j \frac{1}{Q} \frac{f}{f_0}} \quad (1)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

$$Q = \frac{R}{L2\pi f_0} = R\sqrt{\frac{C}{L}} \quad (3)$$

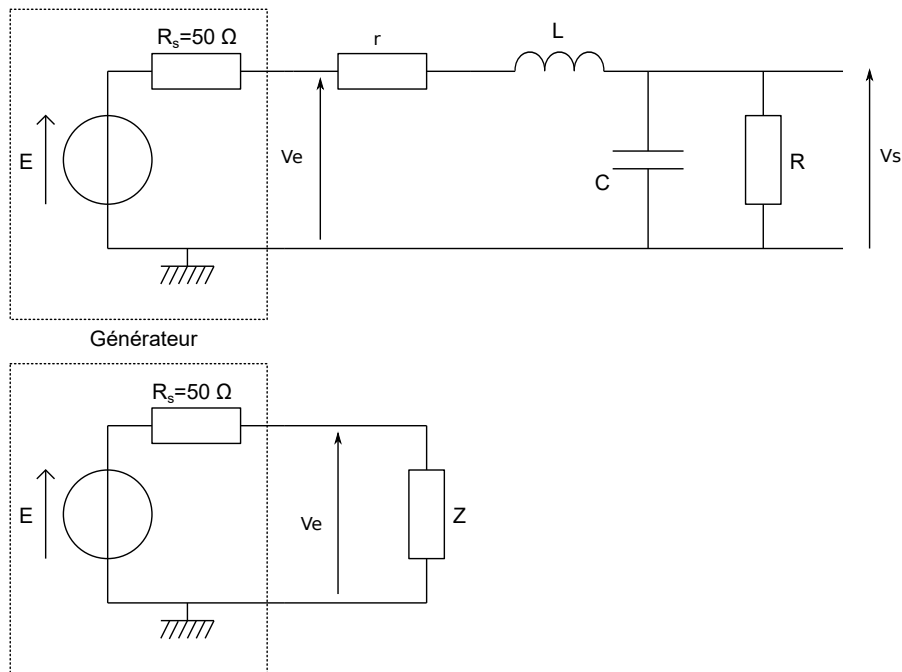
Le script ci-dessous permet de tracer sa réponse fréquentielle pour différentes valeurs du facteur de qualité (Q) :

[bode.py](#) L'objectif est de réaliser un filtre passe-bas optimal, obtenu avec la valeur $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$.

(1) Tracer la réponse fréquentielle théorique pour différentes valeurs de Q .

(2) Quel est l'intérêt de la valeur $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$? Quelles sont les propriétés du filtre obtenu pour cette valeur ?

Pour l'étude expérimentale du filtre, la tension d'entrée est fournie par un générateur de signaux dont l'impédance de sortie est de $50\ \Omega$. Le schéma équivalent du circuit complet est représenté ci-dessous (avec la résistance interne de la bobine) :



(3) Exprimer l'impédance complexe Z en régime sinusoïdal.

Le script suivant permet de tracer le module de cette impédance en fonction de la fréquence.

[impedance.py](#)

3. Mise au point du filtre

On veut réaliser un filtre passe-bas avec une fréquence de coupure de $f_0 = 10\ \text{kHz}$.

(1) Réaliser le montage comportant le générateur de signaux et le filtre.

(2) Proposer une méthode pour déterminer la valeur de L grâce à ce montage (en exploitant le phénomène de résonance). Faire cette mesure.

(3) En déduire les valeurs de C et R permettant d'obtenir le filtre passe-bas souhaité.

4. Réponse fréquentielle

(1) Quel type de signal faut-il appliquer en entrée pour obtenir la réponse fréquentielle du filtre ?

(2) Relever le gain du filtre pour différentes fréquences. Tracer le gain en décibel en fonction de la fréquence (en échelle logarithmique).

(3) Le gain dans la bande passante, la fréquence de coupure et la pente dans la bande atténuante sont-ils conformes aux prévisions théoriques ?

(4) L'amplitude de la tension V_e dépend-elle de la fréquence (celle de E étant fixée) ?

(5) Faire une hypothèse pour expliquer cette observation et vérifier quantitativement sa validité au moyen du script `impedance.py`.

5. Réponse à un échelon

La réponse du filtre à un échelon de tension permet de connaître son temps de réponse lorsque le signal en entrée change brusquement.

(1) Quel type de signal faut-il appliquer en entrée pour obtenir la réponse à un échelon ?

(2) Programmer sur le générateur ce signal. Expliquer la forme de la tension V_e (bien observer le voisinage des transitions).

(2) Déterminer le temps de réponse du filtre.

6. Application du filtre

La tension appliquée en entrée est une tension carrée comportant un décalage. Le filtre est utilisé pour obtenir une tension pratiquement constante à partir de cette tension alternative. La fréquence de la tension d'entrée est 100 kHz.

(1) Appliquer en entrée une tension carrée de fréquence 100 kHz avec un décalage. Observer la sortie.

(2) Au moyen de la fonction FFT de l'oscilloscope, faire une analyse spectrale de l'entrée et de la sortie.

(3) Le fonctionnement de ce filtre est-il satisfaisant pour l'objectif visé ? Quantifier l'ondulation résiduelle en sortie.

(4) Vérifier quantitativement que le filtre extrait bien la valeur moyenne de la tension carrée.

(5) On considère que le fonctionnement est acceptable si l'amplitude de l'ondulation résiduelle en sortie ne dépasse pas 100 mV. Déterminer la fréquence minimale.

(5) Annuler le décalage et faire varier le rapport cyclique (DUTY). Trouver la relation entre le rapport cyclique et la tension de sortie.

7. Abaissement de la résistance de charge

Dans une utilisation réelle de ce filtre, la résistance R est en fait la résistance de charge, c'est-à-dire la résistance du circuit qui utilise la puissance en sortie du filtre. On souhaite abaisser cette résistance à $R = 50 \Omega$.

(1) Calculer la valeur de C puis la fréquence de coupure.

(2) Tester le filtre, toujours avec une tension carrée de fréquence 100 kHz et comportant un décalage.

(3) Si la fréquence de la tension carrée programmée sur le générateur est voisine de la fréquence de coupure, observer la forme de la tension V_e . Expliquer.