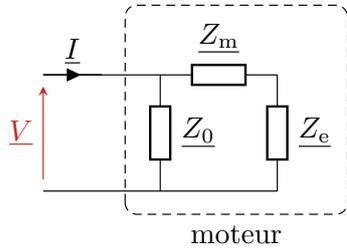


Sujet n°1

Question de cours

- Définir la valeur moyenne et la valeur efficace d'un signal périodique.
Calculer la valeur efficace d'un signal sinusoïdal.

Exercice n°1 Résonance en courant d'un moteur



Un moteur à ultrasons est alimenté par une tension sinusoïdale d'amplitude complexe \underline{V} , on note \underline{I} l'amplitude complexe du courant passant dans le moteur. Pour que le rendement du moteur soit optimal, il doit être alimenté à une fréquence égale à sa fréquence de résonance en courant.

Le moteur est équivalent au schéma ci-contre. Z_0 représente l'impédance complexe intrinsèque du moteur. Les phénomènes électromécaniques au sein du moteur sont pris en compte, sur ce schéma, par une impédance Z_m appelée impédance motionnelle et par une impédance Z_c dont la valeur est fonction de la charge mécanique du moteur.

Le dipôle d'impédance Z_0 est constitué d'une résistance $R_0 = 18 \text{ k}\Omega$ en parallèle d'un condensateur $C_0 = 8 \text{ nF}$. L'impédance motionnelle Z_m est celle d'un circuit RLC série avec $R = 50 \Omega$, $L = 0,1 \text{ H}$ et $C = 0,2 \text{ nF}$. Enfin, l'impédance de charge Z_c correspond à une résistance R_c dans un premier temps prise égale à 50Ω .

- Reproduire le schéma du moteur en remplaçant les éléments Z_0 , Z_m et Z_c par les résistances, inductances et condensateurs qui leur correspondent.
- Déterminer la pulsation de résonance en courant ω_s du circuit série constitué de Z_m et Z_c .

On note \underline{Y} l'admittance complexe équivalente à l'ensemble du moteur. La figure 2 représente l'évolution du module $Y = |\underline{Y}|$ en fonction de la pulsation réduite $x = \omega/\omega_s$.

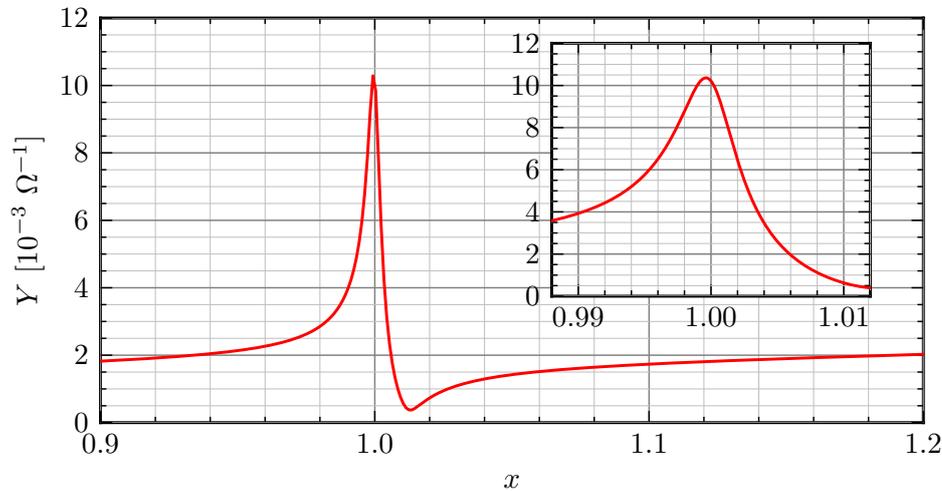


Figure 2 – Module de l'admittance du moteur en fonction de la pulsation réduite. La courbe en insert représente un zoom de la courbe principale au voisinage de $x = 1$.

- Justifier que la résonance en courant correspond au maximum de la courbe d'admittance. Déterminer numériquement la fréquence f_r de résonance du moteur.
- Comparer numériquement $Y_0 = |\underline{Y}_0|$ et Y_s le module de l'admittance $\underline{Y}_s = 1/(Z_m + Z_c)$ lorsque $\omega = \omega_s$. Commenter l'écart entre ω_s et ω_r .
- Une modification de la charge mécanique du moteur provoque une variation de la résistance R_c de l'ordre d'une dizaine d'ohms. Cette variation a-t-elle un effet significatif sur la fréquence de résonance en courant? En quoi est-ce un avantage pour le fonctionnement du moteur?

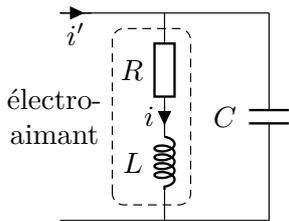
Sujet n°2

Question de cours

Définitions sur les filtres :

- Définir la fonction de transfert.
- Définir le gain et la phase.
- Définir le gain en décibels.
- Qu'est-ce qu'un diagramme de Bode ?
- Définir la pulsation de coupure d'un filtre. Comment la déterminer par le calcul ? Comment la déterminer graphiquement sur un diagramme de Bode ?

Exercice n°1 Alimentation d'un électroaimant de levage



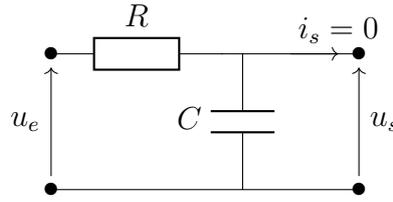
Un électroaimant de levage est un dispositif industriel permettant de soulever des pièces métalliques à partir de champs magnétiques intenses. On étudie un tel appareil en le modélisant électriquement par une bobine d'inductance $L = 1,25 \text{ H}$ dont les spires ont une résistance interne $R = 1 \Omega$. Cette bobine est traversée par un courant i sinusoïdal de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$ dont l'amplitude $I_m = 30 \text{ A}$ est imposée pour le bon fonctionnement du dispositif.

Ce courant étant de forte puissance, les pertes par effet Joule dans les câbles d'alimentation de l'électroaimant sont non négligeables. Pour les diminuer, une méthode usuelle consiste à installer un condensateur de capacité C en parallèle de l'électroaimant. On note alors i' l'intensité du courant dans les câbles d'alimentation du dispositif, dont l'amplitude I'_m est inférieure à l'amplitude I_m du courant qui traverse l'électroaimant.

- 1 - Exprimer l'amplitude complexe \underline{I}' en fonction de l'amplitude complexe \underline{I} .
- 2 - Calculer la valeur C à donner au condensateur pour minimiser l'amplitude I'_m tout en conservant I_m fixée. On pourra raisonner sur $I'_m{}^2$.
- 3 - Calculer numériquement la valeur de I'_m dans la configuration optimale. Commenter.
- 4 - À quel dipôle l'association électroaimant-condensateur est-elle équivalente à la fréquence de travail ?
- 5 - Calculer la tension aux bornes de l'électroaimant. Dépend-elle de C ? Conclure en termes de puissance fournie.

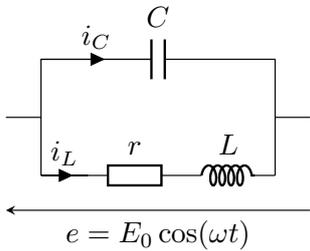
Sujet n°3

Question de cours



- Déterminer la nature du filtre à partir des comportements asymptotiques des dipôles.
- Établir la fonction de transfert harmonique, puis le gain et la phase.
- Déterminer l'expression de la pulsation de coupure en fonction des composants.
- Tracer le diagramme de Bode asymptotique (gain en dB et phase).

Exercice n°1 Circuit bouchon



Considérons un dipôle constitué d'une bobine (inductance L et résistance interne r) montée en dérivation avec un condensateur (capacité C). Il est alimenté par la tension sinusoïdale $e(t)$ de pulsation ω variable.

1 - Question préliminaire : exprimer l'impédance complexe \underline{Z}_s d'un dipôle où r, L et C seraient montés *en série*, d'abord en fonction des composants puis de la résistance r , de la pulsation propre $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ et du facteur de qualité $Q = L\omega_0/r$.

2 - Exprimer l'impédance complexe \underline{Z} du dipôle parallèle sous la forme

$$\underline{Z} = \frac{r}{jC\omega \underline{Z}_s} \left(1 + \frac{jQ\omega}{\omega_0} \right).$$

3 - Montrer que lorsque le facteur de qualité est très élevé ($Q \gg 1$) et la pulsation ω pas trop faible ($\omega \gg \omega_0/Q$) l'impédance \underline{Z} peut se mettre sous forme approchée

$$\underline{Z} \simeq \frac{Q^2 r^2}{\underline{Z}_s}.$$

On se place dans ces hypothèses pour toute la suite de l'exercice.

4 - Montrer que $|\underline{Z}|$ est maximal lorsque $\omega = \omega_0$. Quel est alors le comportement du circuit ? Justifier sa dénomination de « circuit bouchon ».

5 - On se place à $\omega = \omega_0$. Déterminer en fonction de E_0, Q et r les intensités réelles $i_C(t)$ et $i_L(t)$ qui traversent respectivement le condensateur et la bobine. Commenter les résultats obtenus.