

Mesure d'une inductance par détection synchrone

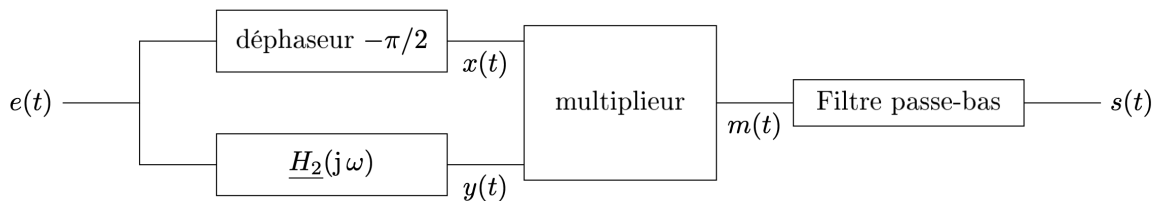
L'objectif de ce TP est de mesurer l'impédance d'un dipôle inconnu (ici une bobine) par détection synchrone.

I- Matériel

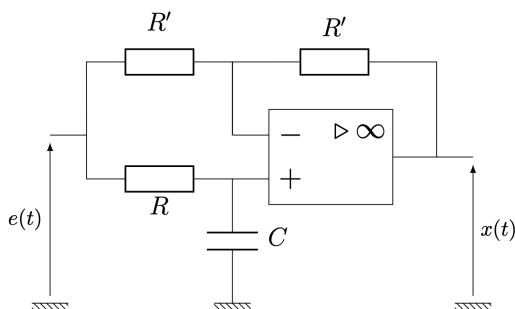
- GBF
- Oscilloscope
- Patine bleue pour montage
- Alimentation +15/ - 15
- 2 ALI sur plaquette
- Multiplieur sur plaquette
- Fils de connexion
- 1 bobine bleue inconnue
- 2 conducteurs ohmiques de résistance 10 kΩ
- 3 conducteurs ohmiques de résistance 1 kΩ
- 1 condensateur de capacité $C = 47$ nF

II- Principe de la mesure

Pour mesurer l'impédance de la bobine, nous allons exploiter le montage suivant, représenté en schéma bloc :



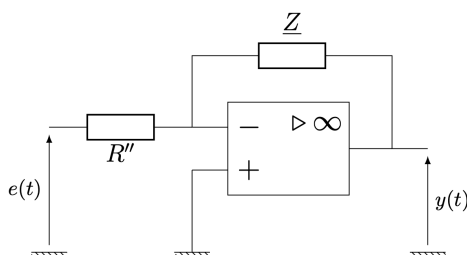
Le circuit déphaseur est câblé comme suit, et on donne sa fonction de transfert $\underline{H}_1$:



$$\underline{H}_1(j\omega) = \frac{1 - jRC\omega}{1 + jRC\omega}$$

On prendra $R' = 10$ kΩ.

Le circuit 2 est câblé comme suit, avec la bobine d'impédance $\underline{Z}$ que l'on cherche à mesurer. On donne sa fonction de transfert $\underline{H}_2$.



$$\underline{H}_2(j\omega) = -\frac{\underline{Z}}{R''}$$

On prendra $R'' = 1,0$ kΩ.

La sortie $m(t)$ du multiplieur est reliée à ses deux entrées $x(t)$ et $y(t)$ par $m(t) = kx(t)y(t)$ avec à déterminer.

Le filtre passe-bas est réalisé à partir d'un condensateur et d'une résistance.

Rappels sur les composants alimentés : ALI et multiplieur

Afin de ne pas "griller" les composants, on fera les branchements dans cet ordre :

- Le GBF est éteint ainsi que l'alimentation continue, on commence par câbler l'alimentation de l'ALI ou du multiplieur (+15 V sur le +, -15 V sur le -, et on relie la masse de l'alimentation à la masse du circuit);
- on câble ensuite le circuit;
- on appuie sur le bouton "ON" ou 1 de l'alimentation de l'ALI et/ou du multiplieur :
composant alimenté = composant protégé ;
- on peut ensuite mettre en route le GBF (deux temps : réglage du signal puis envoi du signal).
- à la fin des manipulations, on éteindra l'alimentation continue après avoir éteint le GBF.

Questions préliminaires

🔧 Quel est le modèle électrocinétique habituel d'une bobine réelle ?

🔧 Comment mesureriez-vous la résistance interne d'une bobine ?

III- Étude des différents blocs

1 - Étude du circuit déphaseur

✂ Réalisez le montage déphaseur avec $R = 1 \text{ k}\Omega$ et $C = 47 \text{ nF}$.

✂ Tracer expérimentalement son diagramme de Bode en gain et en phase (on prendra 8 points environ entre 500 Hz et 100 kHz). Déterminer la fréquence pour laquelle le déphasage est de $-\pi/2$.

🔧 Quelle est la particularité de ce montage en tant que filtre ? Retrouvez ce résultat par le calcul.

🔧 Le déphasage qu'il introduit entre l'entrée et la sortie est $\varphi(\omega) = -2 \arctan(RC\omega)$. Vérifier ce résultat à partir de vos données expérimentales.

🔧 On cherche à avoir un déphasage de $-\pi/2$ pour une fréquence $f_0 = 10 \text{ kHz}$. Comment choisir les valeurs de R et C ? (On prendra $C = 33 \text{ nF}$).

🔧 Quand le déphasage vaut $-\pi/2$ comme souhaité, quelle est l'expression de la sortie $x(t)$ si $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$?

2 - Réalisation du circuit 2

✂ Sur une autre patine bleue, réalisez le montage 2 avec la bobine d'impédance $\underline{Z} = r + jL\omega$.

🔧 Quelle est l'expression de $y(t)$ si $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$? Vous donnerez l'expression de y sans faire intervenir de phase (somme de $\cos \omega t$ et $\sin \omega t$).

3 - Étude du multiplieur

✂ Câbler le multiplieur AD 633.

🔧 Proposez un protocole pour déterminer k . Le mettre en oeuvre pour vérifier que $k = 0,1 \text{ V}^{-1}$.

⚡ Quelle est la sortie du multiplieur si les entrées sont $x(t)$ et $y(t)$, avec $x(t)$ et $y(t)$ les sorties du déphaseur et du circuit 2 avec $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$?

IV- Détermination de L

Déterminer la valeur de L pour la bobine bleue qui se trouve sur votre paillasse.

V- Inductance propre et nombre de spires

1 - Changement d'inductance propre par doublement du nombre de spires

Les bobines sont munies de trois bornes. Entre la borne du milieu et une des bornes extrêmes, on ne connecte que la moitié des spires. Comparer l'inductance propre obtenue en connectant les N spires à l'inductance propre obtenue en connectant $N/2$ spires. Quelle conjecture peut-on effectuer ?

2 - Approche électrocinétique du problème

a) Premier modèle

La bobine de N spires est considérée comme une association en série de deux bobines de $N/2$ spires ; soient L l'inductance de la bobine complète et L_0 l'inductance d'une bobine de $N/2$ spires.

Quelle relation prévoit ce modèle entre L_0 et L ? Est-ce en accord avec la mesure ?

b) Second modèle

La bobine de N spires est considérée comme une association en série de deux bobines de $N/2$ spires *couplées par une inductance mutuelle M* .

Quelle relation prévoit ce modèle entre L_0 , M et L ?

On montre par des arguments énergétiques que $M^2 \leq L_0^2$; si l'on suppose que $M = L_0$, obtient-on un résultat en accord avec la mesure ?