

M 20 : Induction, auto-induction.

Passage : Nathan LARDIER (nathan.lardier@ens-cachan.fr)

Rapport : Pierre-Simon SAULUE LABORDE

Bibliographie : principalement le Duffait d'élec et le Quaranta d'élec.

Exp intro : Aimant dans une bobine en série avec une résistance de $1M\Omega$ à l'oscillo -> Loi de Faraday (écrite en gros au tableau)

Vous parlez que de Neumann, pas de Lorentz dans cette manip. C'est un peu dommage.

Bonne idée de prendre comme fil conducteur la loi de Faraday.

I – Inductance, mutuelle inductance

A – Mesure d'une inductance

- Montage inverseur
- Bobine : $Z = r + jL\omega$
- $R=1k\ \Omega$
- $\frac{V_s}{V_e} = \sqrt{\left(\frac{r}{R}\right)^2 + \left(\frac{L\omega}{R}\right)^2}$
- On mesure V_s (sortie de l'AO) et V_e (avant la résistance) à différentes fréquences.
- Tracé de $(V_s/V_e)^2$ en fonction de ω^2 (pulsation du signal d'entrée).
- Commentaires : V_s/V_e linéaire à BF mais ça ne l'est plus à HF -> effets capacitifs ?
- Pente de $(5,9 \pm 0,3)$ ps. Or, cette pente vaut $(L/R)^2$. On a déjà R donc on en déduit L . -> Erreur indéterminée (Nathan a passé beaucoup de temps à rechercher l'erreur -> Il s'est battu ! Sans succès...).
- Mesure de L au LC-mètre -> $2,2 \pm 0,1$ mH pour $2,7$ mH constructeur.

Mesure à 170 kHz pour la mesure devant moi, pourquoi ? 5 minutes avant le début, le fichier Igor avec les données s'est supprimé, donc SNIF.

Plus linéaire car effets capacitifs de la bobine ? Pourtant un condensateur à HF c'est plutôt un fil.

Utilisé quoi comme AO ? TL081

Quels défauts a-t-il ? Slew rate et...

Montrez le moi. La pente sature -> Slew rate .

Le signal n'est plus sinus alors ? Donc le modèle en RSF ne fonctionne plus.

Retournons à votre valeur. J'ai fait le calcul et ça marche. Vous ne savez juste pas utiliser votre calculatrice, j'obtiens $2,4$ mH.

Retournons sur votre incertitude. Quelle est la méthode d'ajustement d'Igor ? Moindres carrés.

Oui, du coup, comment ça rentre en jeu ? Comment aurions nous pu mener une étude des incertitudes ? Pour avoir L on utilise R , donc l'incertitude de R (Ohm mètre) peut nous donner celle sur L .

Ok, et l'oscillo, combien donne-t-il comme incertitude sur la tension ? Donne-t-il 4 chiffres significatifs ? A quoi est due l'incertitude ? Quantification en amplitude. Ça joue peu ça... il

n'y a pas une doc ? Si mais je sais pas trop. Mieux ou moins bien qu'un multimètre ? Moins bien car oscillo est un appareil de visualisation et non un appareil de mesure. Oui et quelle est l'incertitude d'un multimètre mon grand ? -> Un multimètre c'est 0,1 % de la valeur lue + quelques digits au mieux. Pour les oscillos, c'est plus de l'ordre de 1% (quelques % de la valeur + une fraction de l'amplitude de la fenêtre et des conneries d'après la doc.)

Belle manip avec des belles discussions à mener sur les incertitudes, dommage d'avoir loupé le calcul car la manip est très intéressante et quantitative. MAIS si la manip a foiré juste avant la fin de la préparation, il faut partir sur autre chose. Ne pas commencer le montage sur un truc qui vient de merder !

Pour les calculs, écrire des étapes intermédiaires au tableau, ne pas passer 5 minutes sur sa calculatrice.

B – Mesure de la mutuelle inductance M

- Bobines en regard. On connecte les bobines de deux façons différentes.
- On mesure dans un cas $2(L+M)$ et $2(L-M)$ dans l'autre.
- Pourquoi ? C'est dû au sens de parcours du courant (schémas à l'appui).
- Et on fait la somme et la différence pour avoir M et L. Bien expliquer ce qu'on fait et attention aux incertitudes sur les valeurs obtenues pour M et pour L.
- On a un cas avec l'écart entre les bobines qui est fixé. Commentaire : on aurait une mutuelle qui diminuerait si on éloignait les bobines.
- On pourrait le faire de manière plus précise (transition de ouf)

On va aller voir le LC mètre. Que veut dire le dernier chiffre ?

Comment fonctionne le LC mètre ? Il envoie un signal et regarde la réponse (on utilise que des composants passifs).

Vous pensez qu'il fait comme vous ? Il utilise un inverseur et tout ? Sur le LC mètre, qu'y a t il de marqué comme lettre ? Q

C'est quoi Q ? Transfert thermique, charge ? (pas convaincu)

Facteur de qualité ! Il fait donc ça, il sonde une plage de fréquence et regarde la résonance. Il faut savoir ça quand on fait ce montage.

C – Mesure de M et de L à l'aide d'oscillateurs couplés

- Schéma d'oscillateurs couplés [Quaranta]
- On a une fréquence de résonance $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ pour le circuit seul et quand on couple on devrait obtenir deux fréquences de résonance $f_{\pm} = \frac{1}{\sqrt{1\mp\alpha}}$
- Note en plus, on a mis un suiveur pour éviter des appels de courant trop importants en sortie du GBF, en effet, on va avoir des résonances en courant qui vont entraîner une chute en tension. On évite donc ça grâce au suiveur.
- Ca n'a pas non plus marché (Nathan a obtenu le même résultat que pour un oscillateur non couplé...)

Il ne faut pas dire au début de la présentation de la manip qu'elle ne marche pas !

Solution : Cette manip est très sensible au facteur de qualité et à la résistance. Si on choisit mal la résistance, la largeur du pic est plus grand que l'écart entre les deux pics, on ne résout pas. Il faut prendre R de l'ordre de 0,1 Ohm.

Note de la rédaction : ici le problème vient aussi du suiveur, on ne sait pas trop pourquoi mais le correcteur nous a aidés à identifier ce problème. Le suiveur a un effet bizarre sur le signal du GBF. Bon...

En essayant sans suiveur, on n'y arrive toujours pas. Bon...

Il faut peut-être aussi faire bêtement comme dans le Quaranta avec une résonance au primaire...

Après 1h30 de bidouille avec le correcteur et JBD, nous avons déterminé l'erreur : le fusible de la boîte à décades de résistance était HS. En changeant de boîte à décade, cela marche tout de suite très bien.

Composants utilisés : les deux bobines circulaires que l'on peut écarter et dont la distance est indiquée, deux capacités de 10 nF et une boîte à décade : résistance de l'ordre de 1Ω à 10Ω .

II – Utilisation de l'induction dans un capteur de vitesse

Capteur utilisé dans les voitures ou dans la vie courante, les plaques à induction.

C'est la chute de l'aimant dans un tube (conducteur ou non).

A – Etalonnage

- La bobine fournit un signal au passage de l'aimant. C'est proportionnel à $\frac{d\varphi}{dt}$ donc à la vitesse de l'aimant.

- On trace U_{max} en fonction de la vitesse pour étalonner le capteur. On suppose que le tube est suffisamment court pour qu'on considère que la vitesse n'atteigne pas la vitesse limite donc $v = \sqrt{2gz}$ (chute libre). On place donc le capteur à différentes hauteurs et on mesure la tension du pic donnée par l'oscilloscope.

- On obtient alors une pente : $b=70 \text{ mV}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}$ qui nous permet de pouvoir utiliser le dispositif comme capteur de vitesse.

Domage de pas avoir fait de mesure d'étalonnage en direct et d'avoir juste présenté la droite obtenue en préparation.

B – Application : le freinage par courants de Foucault

- Nathan fait en direct la mesure de $U_{lim,Cu}=17,5 \text{ mV}$.
- Cette valeur est trop loin de celles obtenues en préparation (de l'ordre de $12,6\text{mV}$) donc Nathan ne les prend pas. On fait la moyenne sur les 4 ou 5 valeurs faites en préparation $\rightarrow 0,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- La mesure de $v_{lim,Al}=0,23 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a été faite en préparation.
- Commentaire : la conductivité du cuivre est supérieure à celle de l'aluminium, or, v_{lim} diminue avec σ . Donc qualitativement ça semble cohérent.

Vous n'expliquez pas vraiment pourquoi ça freine, ni à quelle hauteur on atteint la v limite. La manip n'est pas assez bien expliquée. Bien prendre le temps d'expliquer phénomène+protocole. Par exemple, on ne sait pas que vous faites 4 ou 5 fois la même manip, on ne sait pas trop alors qu'il suffisait de dire que c'était des mesures statistiques et ça vous permet de faire des incertitudes statistiques.

Il y avait beaucoup de bruit, donc l'incertitude de mesure est grande, vous l'avez pas pris en compte...

Attention, le tube en plastique n'a pas de courants de Foucault, donc le champ est modifié dans le cas de la deuxième manip, il faut donc vérifier que la courbe d'étalonnage est toujours valable pour Cu et Al au moins.

L'étalonnage est intéressant mais attention donc.

Il reste 5 minutes, Nathan décide donc de revenir sur la manip du début (Vs/Ve) qui n'avait pas marché, pour se battre une nouvelle fois. Sans succès.....

Conclusion : On a cherché à déterminer des grandeurs caractéristiques d'un circuit inductif et ensuite, on a utilisé le phénomène d'induction dans des mesures facilement répétables pour mesurer la vitesse d'un truc.

Commentaires généraux :

De bonnes idées, pas mal de manips (un peu trop ?) mais quelques problèmes au niveau des incertitudes notamment et c'est peut-être pas assez poussé parfois. Pour les incertitudes, toujours annoncer ce que l'on fait : s'il s'agit d'incertitude de type A ou B, savoir déterminer la source des incertitudes... Ne pas le faire systématiquement mais il faut que ce soit bien fait au moins une fois au cours du montage.