

Exposé par Quentin Marsal jeudi 08 Février 2018

Correcteurs : Lucile Favreau et Marc Vincent

Commentaires de rapports de jury : voir le Book

Remarques générales :

Bon choix de manipulations. Présentation active et dynamique peut-être un peu trop par endroit, montrant une relative aisance expérimentale mais avec une estimation des incertitudes beaucoup trop folklorique (sans références précises aux notices des appareils).

Le tableau n'est pas assez explicite, toutes les données expérimentales ne sont pas présentes et aucun calcul d'incertitude n'est détaillé.

Commentaires détaillées :

Introduction

La définition des phénomènes d'induction donnée en début de présentation est trop théorique.

Il peut être intéressant de montrer l'importance des variations temporelles du flux du champ magnétique (loi de Faraday) à travers un circuit conducteur en montrant quelques manipes simples et qualitatives qui montrent entre autre l'importance du référentiel (cas de Lorentz et de Neumann), des polarités et conventions de signes (pôles d'un aimant, accélération décélération,...) ; expérience de l'aimant devant une bobine reliée à un galvanomètre sensible à zéro central semi-quantitatives (voir relier la bobine à un oscilloscope numérique, cf Duffait [2]).

1. La loi de l'induction (titre un peu trop vague et général)

Mieux décrire le dispositif expérimental et les détails de configuration (bobines de Helmholtz, direction du champ magnétique). La mesure de tension est donnée sans justification de l'incertitude ce qui est à éviter absolument. Le point de mesure prise en direct n'est pas sur la courbe préétablie, il faut impérativement en discuter les raisons, refaire la mesure.

Mieux montrer directement sur l'oscilloscope les propriétés de déphasage (avance ou retard de ... % ...) entre les signaux d'excitation et la tension aux bornes de la bobine mobile plutôt que de faire un commentaire théorique.

Pour l'exploitation des droites de régression linéaire, il s'est bien posé la question du fit linéaire ou affine en laissant le choix d'un paramètre supplémentaire d'ajustement ; cela est intéressant quand on a un problème d'origine ou d'erreur systématique, mais quand on cherche à valider une loi théorique linéaire, on préférera un fit linéaire. Ici en plus il est important de tenir compte d'un problème d'erreur systématique liée à la détermination de l'origine des angles, surtout que ce dernier intervient dans un cosinus (non linéaire pour une grande gamme d'angles)

2. Impédance d'une bobine (titre à reformuler aussi en rapport avec le titre du montage)

Il faut être plus rigoureux dans le vocabulaire scientifique employé pour décrire les expressions.

Il est important de décrire les paramètres des réglages que l'on effectue en direct, ici la wobulation pour illustrer les caractéristiques de filtrage passe-bande.

La méthode choisie utilise une résonance d'un circuit RLC avec des capacités déterminées au LCMètre (précision 0,7%). La justification de la méthode de la détection de la résonance à phase nulle par « Lissajou » en mode XY n'a pas été bien faite.

Dans la mesure où on mesure directement des fréquences expérimentales, il est maladroit de calculer des pulsations de résonance avec son incertitude.

La détermination d'un modèle plus complet de la bobine en fonction de la fréquence est intéressante. Pour cela bien mieux exploiter le diagramme de Bode tracé, en discutant de la pente de la partie passe-bas, de la fréquence de coupure...

Bien se rappeler de l'influence de la fréquence sur les différents paramètres de la bobine. La résistance dépend fortement de la fréquence (variation quadratique en raison de l'effet de peau), et quand la fréquence augmente, il faut tenir compte de la capacité répartie entre les spires du bobinage, et l'inductance elle-même peut varier.

3. Inductance mutuelle et couplage de circuits.

Il est intéressant de montrer la méthode de pont en alternatif de type Maxwell (souvent employée par les LCMètres), qui permettent d'obtenir directement la partie réelle et imaginaire de l'impédance de la bobine ; c'est une méthode sensible (méthode de détection de zéro), et très précise si on n'a de bons composants étalons. Bien en commenter les étapes du réglage.

La discussion de la loi expérimentale obtenue pour le coefficient M , mesuré avec le pont précédent, en fonction de la distance d entre les deux bobines n'a pas été très pertinente ; il faut avoir des idées bien plus pointues sur le modèle théorique du champ magnétique créé par une bobine plate sur son axe et à son voisinage, à partir de la loi de Biot et Savart et des propriétés de flux conservatif.

On peut citer comme exemple d'application, le transformateur qui utilise un noyau ferromagnétique pour canaliser les lignes de champ. Dans ce cas connaître les avantages et défauts liés à l'emploi d'un noyau ferromagnétique.

Autre application possible : l'allumage d'un « tube fluorescent » : bobine dite de « ballast ».

Dans un tube fluorescent, le rôle du ballast ferro-magnétique est double : il permet de fournir la haute tension nécessaire à l'allumage du tube puis, une fois le tube allumé, il permet de limiter la tension à ses bornes.

Schéma classique d'un montage tube fluorescent (A)/ballast (G)/démarreur (C).

Un starter permet l'allumage de la lampe, lorsqu'elle est utilisée avec un ballast électromagnétique.

Les éléments entrant en jeu sont :

Le tube fluorescent. Il est rempli d'un gaz dont l'ionisation, conjointement à une couche de matière fluorescente produira la lumière. Il possède quatre pôles, deux à chaque extrémité. Les deux pôles de la première extrémité sont reliés par un filament électrique. Il en est de même pour l'autre extrémité. L'échauffement de ces filaments prépare le passage du courant dans le gaz du tube.

Le ballast est une inductance.

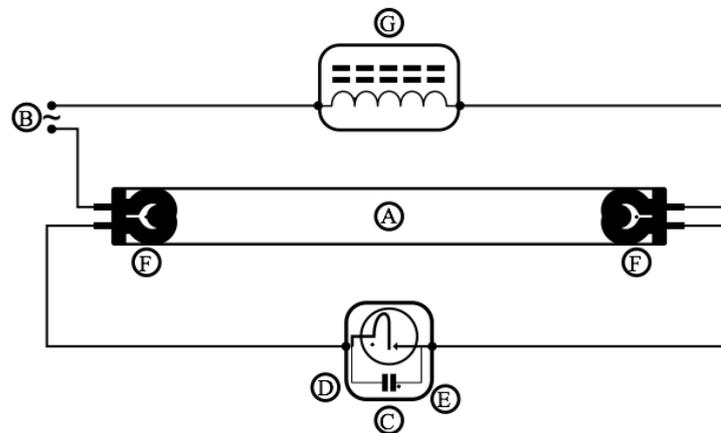
Le "starter" est un dipôle électrique qui se comporte comme un interrupteur. Au départ, il n'est pas conducteur. Il devient conducteur pendant une courte durée, lorsqu'on lui applique une tension supérieure à une tension v_1 (c'est le cas lorsqu'on le branche au secteur). Il est isolant lorsqu'on lui applique une tension inférieure à une tension v_0 (c'est le cas lorsqu'un courant traverse le ballast avec lequel il est monté en série). Pour obtenir cet effet, le "starter" contient un gaz, qui à la tension v_1 s'ionisera et laissera passer un très faible courant. Cette ionisation réchauffe un bilame qui finit par se fermer, rendant le "starter" conducteur. Une fois le bilame fermé, le gaz cesse d'être ionisé et le bilame finit par se rouvrir en refroidissant. En dessous de v_0 , la tension n'est pas suffisante pour ioniser le gaz.

Le ballast est en série avec le tube, tandis que le "starter" est en parallèle avec le tube (voir figure).

Un cycle d'allumage peut se découper en trois étapes:

Première étape

Lors de la mise sous tension, aucun courant ne traverse le circuit, et la tension du réseau se trouve rapportée aux bornes du



Mo 20 : Induction, auto-induction

"starter". La présence de cette tension aux bornes du "starter" ionise le gaz présent dans le "starter". Cette ionisation réchauffe le bilame présent dans le "starter", qui finit par se fermer.

Seconde étape

Une fois le "starter" en position fermée, un courant circule à travers les électrodes du tube, réchauffant ainsi le gaz se situant à leur proximité. Pendant ce temps, le gaz présent dans le "starter" n'étant plus ionisé, le bilame du "starter" se refroidit au point de redevenir ouvert.

Troisième étape

L'interruption brutale du courant dans la bobine ballast, entraîne une forte surtension. Cette surtension est susceptible d'allumer le tube en ionisant suffisamment le gaz qu'il contient pour qu'il puisse rester durablement conducteur. Si tel est le cas, le tube et le ballast continuent d'être traversés par un courant. Le ballast limite alors la tension (loi d'Ohm), aux bornes du tube. La tension aux bornes du "starter" n'est plus suffisante pour provoquer la fermeture de celui-ci. Le cycle d'allumage est terminé.

Si le tube fluorescent n'est pas allumé à la fin du cycle de démarrage, le cycle recommence depuis la première étape. Le gaz présent dans le tube est plus chaud que lors du début du cycle précédent, le nouveau cycle a plus de chance d'aboutir à l'allumage du tube.

Questions pour approfondir :

- 1) Dans votre circuit RLC, que vaut R? (il faut compter la résistance du GBF) Comment déterminer expérimentalement le C de votre circuit RLC? Expliquer comment vous avez déterminé vos barres d'erreur ? Comment aurait-on pu déterminer le L du RLC autrement ? Comment est liée L au nombre de spires ?
- 2) Quel est le principe d'un self-mètre ?
- 3) Comment la résistance de la bobine varie-t-elle avec la fréquence ?

Bibliographie:

- [1] R. Duffait, J-P. Lièvre « **Expériences d'électronique ; Agrégation de physique** », Bréal, 2^{ème} édition
- [2] R. Duffait, « **Expériences de physique au Capes** », Bréal, 3^{ème} édition
- [3] D. Aubert, J-M. Donnini, L. Quaranta, R. Payan, P. Renucci, « **Dictionnaire de physique expérimentale, tomes III Electronique, IV Electricité.** » Editions Pierron.
- [4] M. Vauchelles, « **Travaux pratiques d'électronique.** » Ellipses
- [5] BUP n°822, 823, « Phénomènes d'induction associé au mvt d'un aimant dans un tube de cuivre. », A. Deiber, O. Kempf, F. Paviet
n°844, « Retard inductif à l'allumage d'une lampe. », A. Deiber, J.P. Simond, O. Kempf, A. Zimmer
n°789, « L'auto induction ; tp de terminale S. » M. Bourgarel
n°727, « Force électromotrice d'auto induction. », J. Le Moal
n° 830(2), « Effet de peau dans une bobine ; modélisation, bilan énergétique d'un circuit RLC série. », M. Krob
n°891, « Etude expérimentale et première modélisation du freinage par courant de Foucault. », A. Deiber, H. Idda
n°831, « Transition de courants volumiques/surfaciques dans un câble coaxial. », A. Deiber, O. Kempf, L. Markiewicz
n°452, « La rupture d'un courant continu. » Guinier
- [6] Am.J.Phys, 66 (12), December 1998, « Eddy current damping of a magnet moving through a pipe. »