

## M20 : INDUCTION AUTO-INDUCTION

### Idées directrices à faire passer

- technique de mesure
- valeur d'inductance type
- application des effets inductifs

### Commentaires du jury

—

### Bibliographie

- [1] Dictionnaire de physique expérimentale , tome III l'électronique, Quaranta, Editions Pierron
- [2] Dictionnaire de physique expérimentale , tome IV l'électricité, Quaranta, Editions Pierron
- [3] Expériences d'électronique, Duffait, Bréal
- [4] BUP n°691, "Mise en évidence expérimentale de l'énergie emmagasinée dans un condensateur ou dans une bobine"

**Introduction** : bref historique de la découverte expérimentale de l'induction

## I Mesure de L et M

### 1 Mesure de l'impédance d'une bobine : auto-induction [3]

- utiliser le montage classique à AO de mesure d'impédance inconnue (convertisseur courant->tension avec le dipôle à mesurer reliant la sortie à la borne -)
- ainsi la fonction de transfert s'écrit :

$$\frac{v_s}{v_e} = -\frac{D}{R}$$

- on obtient donc facilement la caractéristique de D en mesurant gain et phase pour différentes fréquences
- dans le cas d'une bobine, à basse fréquence (en l'absence d'effet capacitif donc), on peut donc évaluer L ainsi que la résistance interne de la bobine (et percevoir éventuellement un effet de peau)

### 2 Mise en évidence de l'inductance mutuelle : mesure de M [2]

- alimenter une première bobine avec un GBF de puissance (mesurer le courant à l'aide d'une pince ampèremétrique par exemple)
- mesurer la tension aux bornes d'une seconde bobine
- les deux seront visualisés à l'oscilloscope
- injecter un signal triangle et constater que l'on récupère un signal rectangle (caractère déviateur de la loi de Faraday)
- travailler ensuite en sinusoïdal et constater que l'amplitude de  $e$  est proportionnelle à la fréquence
- on peut également constater la proportionnalité à l'amplitude du courant
- ainsi on comprend que l'on peut écrire  $e = M \frac{di}{dt}$
- mesurer alors au LC-mètre le coefficient de mutuelle : mesurer au LC-mètre l'inductance totale des deux bobines en plaçant la connectique une fois dans le même sens, une fois en opposition : on obtient alors  $2(L + M)$  et  $2(L - M)$ . Il est alors facile de remonter à la valeur de M

## II Phénomènes liés à l'induction

### 1 Opposition à l'établissement d'un courant [2]

- "Etude quantitative du régime transitoire" p42 du Quaranta

- on cherche à quantifier le temps de montée du circuit RL (très simple et permet de montrer l'effet de retard à l'établissement du courant
- évidemment on travaille à basse amplitude donc en régime non saturé (ce qui assure que L a du sens)
- ne pas oublier le suiveur pour rendre le GBF parfait

## 2 Stockage d'énergie sous forme magnétique [2] et [4]

- suivre le Quaranta p46, mais on va simplement décharger dans une résistance en mesurant la tension à ses bornes au cours du temps à l'oscilloscope en mode single
- l'idée du montage est de charger (à courant imposé) une bobine avec noyau de fer et entrefer d'épaisseur variable puis de vider l'énergie accumulée dans une résistance
- il suffira ensuite d'en déduire la puissance dissipée dans la résistance ( $P = U^2/R$ ) puis d'intégrer pour avoir l'énergie totale dissipée
- on constate que l'énergie accumulée présente un extremum pour une certaine valeur d'entrefer (à régler avec plusieurs épaisseurs de feuilles de papier)
- l'expérience est semi-quantitative : elle permet d'insister sur le caractère non linéaire de la relation entre  $\phi$  et  $i$  (ou le champ exciteur H)
- en fait la valeur L qui donne la proportionnalité entre les deux grandeurs n'est valable que tant que le milieu n'est pas saturé
- en toute généralité, l'énergie volumique stockée s'écrit  $\int_0^B H dB$
- on comprend alors que le maximum d'énergie stockée à excitation imposée est atteint pour un optimum entre vitesse de montée et non saturation
- le BUP explique très bien les choses : montrer l'allure des graphes H – B en fonction de la largeur de l'entrefer

## III Applications

### 1 Freinage par induction

- rester qualitatif sur cette partie
- utiliser la petite maquette de démonstration de l'effet des courants de Foucault pour dissiper l'énergie
- on peut montrer que le feuilletage du matériau réduit cet effet (c'est pourquoi les noyaux de transfo sont feuilletés)
- expliquer l'intérêt pour le freinage des poids lourds par exemple (dissipation non mécanique)

### 2 Fluxmètre magnétique [2]

- ENSC 373
- le circuit intégrateur doit être ajusté finement (en particulier il faut prendre des AO compensés!)
- ici on fait un intégrateur pur (pas de résistance en parallèle de la capacité) donc on intègre également les BF et le continu d'où la grande sensibilité à la dérive
- on peut alors mesurer le champ magnétique d'un aimant, après intégration on a

$$|v_{\text{out}}| = \frac{N}{RC}(\phi_{\text{final}} - \phi_{\text{initial}})$$

**Conclusion** : ouvrir sur l'ensemble des applications électrotechniques de l'induction. En particulier moteurs et transformateurs

### Q/R

1. Quelles sont les limites de l'AO ? Limite du montage à AO pour mesurer l'impédance d'un composant inconnu.
2. Equivalence d'une bobine à BF ?
3. Expliquer l'effet capacitif dans une bobine à très haute fréquence.