

TP1 Mesures électriques

Important : faites valider par votre enseignante tout montage électrique dont vous n'êtes pas absolument sûr-es avant d'allumer le générateur

Cette séance dont l'objectif pratique est de "déterminer expérimentalement les caractéristiques d'une bobine et d'un condensateur" permet de passer en revue

- différentes méthodes expérimentales en électricité
- des méthodes de résolution spécifiques pour différents types de régime (régime transitoire, régime sinusoïdal forcé).

Nous verrons aussi l'intérêt de l'étude spécifique des régimes transitoires.

Toute mesure expérimentale n'est précise qu'accompagnée de son incertitude associée, c'est pourquoi la détermination de l'incertitude sera demandée pour différentes mesures réalisées. Pour l'évaluation des incertitudes, reportez-vous sans modération à la fiche récapitulative permettant l'estimation d'une incertitude de mesure.

1. Mesures des caractéristiques d'une bobine

1.1. Mesure de la résistance interne de la bobine

- Déterminer par la méthode de votre choix, la résistance interne r de la bobine ainsi que l'incertitude associée à cette mesure.
- Présenter dans votre compte-rendu (CR) la méthode utilisée et le résultat.

1.2. Mesure de l'inductance propre L de la bobine

a) Par méthode volt-ampérométrique

On s'intéresse au comportement de la bobine en régime sinusoïdal forcé à la fréquence f .

- Exprimer théoriquement l'inductance propre L de la bobine en fonction de la fréquence f , de la tension efficace $U_{L,eff}$ aux bornes de la bobine, de l'intensité efficace I_{eff} traversant la bobine et de sa résistance interne r .

Quelques remarques :

- On pourra, pour cela, exploiter avantageusement la notation complexe !
- Rappeler les définitions de la valeur efficace et de l'amplitude d'une tension sinusoïdale, le lien entre tension efficace et amplitude pour un signal sinusoïdal. Avec quel(s) appareil(s) mesure-t-on utiliser une tension efficace ou l'amplitude de la tension ?
- Proposer un montage permettant de réaliser les mesures de $U_{L,eff}$ et I_{eff}
- Réaliser le montage avec la bobine sur votre paillasse à une fréquence de $f=100\text{ Hz}$ et mesurer $U_{L,eff}$ et I_{eff} ainsi que leurs incertitudes associées.
- En déduire une première mesure de l'inductance L de la bobine ainsi que son incertitude associée. Vous pourrez utiliser le programme Python à adapter pour le calcul de l'incertitude.
- Présenter dans votre compte-rendu (CR) le schéma du montage et le résultat des mesures de $U_{L,eff}$ et I_{eff} ainsi qu'une première estimation de l'inductance L grâce à la formule théorique que vous donnerez.

b) Par mesure du déphasage

La mesure du déphasage entre la tension aux bornes du circuit et l'intensité $i(t)$ du courant électrique circulant dans le circuit permet une autre détermination de l'inductance de la bobine.

Pour cela, on place une résistance $R=100\ \Omega$ en série avec la bobine de façon à pouvoir visualiser simultanément sur l'oscilloscope

- la tension $u_e(t)$ délivrée par le GBF et
- la tension $u_R(t)=Ri(t)$ aux bornes de la résistance R .
- Représenter le schéma du montage en faisant figurer explicitement les positions des voies de l'oscilloscope et de la masse.

Quel est l'intérêt de l'utilisation de la résistance additionnelle R ?

Pourquoi ne peut-on pas mesurer expérimentalement à l'oscilloscope, avec ce montage (et sans outil additionnel) la tension aux bornes de la bobine ? Quel serait le déphasage attendu entre la tension aux bornes d'une bobine idéale et l'intensité la traversant avec un oscilloscope ?

- Montrer que le déphasage entre la tension d'entrée et l'intensité du courant $\phi_{u_e/i}$ vérifie

$$\tan \phi_{u_e/i} = \frac{L\omega}{R+r} \quad \text{en utilisant le fait d'être en régime sinusoïdal forcé.}$$

- Réaliser les mesures.
- Présenter dans votre compte-rendu (CR) le schéma du montage, les conditions expérimentales, le résultat des mesures effectuées ainsi que la deuxième estimation de l'inductance L que vous donnerez avec son incertitude associée.
- Aide : A quel retard temporel correspond un déphasage de 2π ?

c) Autres méthodes

- Présenter dans votre CR d'autres méthodes possibles pour la détermination de L si vous avez des idées.

2. Mesures des caractéristiques d'un condensateur

2.1. Étude d'un régime transitoire

L'étude des régimes transitoires nous renseigne aussi souvent sur les caractéristiques des composants du circuit.

Ainsi, chaque appareil a une signature électrique spécifique (au niveau du compteur) en fonction de son usage. Lors d'une mise en fonctionnement ou lors d'un changement de mode de fonctionnement, la charge est soumise à une perturbation instantanée qui génère un régime transitoire. C'est notamment par l'étude de ces différentes signatures que les compteurs, dits intelligents, déterminent la nature des appareils en fonctionnement.

- Proposer un montage expérimental et les conditions expérimentales permettant d'étudier la réponse en tension aux bornes du condensateur lors d'une excitation par un échelon de tension d'un circuit RC. Faire un schéma du montage expérimental.
- Déterminer l'expression du temps de montée τ à 63% de la tension $u_C(t)$ aux bornes de C.
- Réaliser le montage, avec la boîte de capacités variables déjà réglée et $R=1000\Omega$. Mesurer, par la méthode de votre choix (oscilloscope avec utilisation des curseurs, Latis-Pro. . .), le temps de montée τ à 63% de la tension $u_C(t)$. En déduire une première mesure de C assortie de son incertitude de mesure.
- Vous présenterez dans votre CR le schéma du montage, les conditions expérimentales, le résultat des mesures effectuées ainsi que la première estimation de C que vous donnerez avec son incertitude associée.

2.2. Mesure de déphasage

Une autre détermination de la capacité d'un condensateur est permise par l'étude du déphasage entre la tension d'entrée du circuit et la tension aux bornes du condensateur.

- Réaliser une telle étude, théorique puis expérimentale.
- Vous présenterez dans votre CR le schéma du montage, les conditions expérimentales, le résultat des mesures effectuées ainsi que la deuxième estimation de C que vous donnerez avec son incertitude associée.

3. Étude d'un circuit RLC série

3.1. Résonance en intensité

Pour déterminer la fréquence de résonance en intensité d'un circuit (R, L, C) série, on peut exploiter le fait qu'à la résonance (en intensité), l'intensité est en phase avec la tension délivrée par le générateur basse fréquence.

- Représenter le schéma du montage en faisant figurer explicitement les positions des voies de l'oscilloscope permettant de visualiser les tensions mesurées pour étudier la résonance en intensité ainsi que la masse.
- Déterminer théoriquement l'expression de la fréquence de résonance en intensité.
- Déterminer expérimentalement la fréquence de résonance du circuit en utilisant la bobine et le condensateur dont vous avez précédemment déterminé les caractéristiques. Vérifier la cohérence de la mesure avec les résultats obtenus précédemment.

3.2. Étude du régime transitoire

On s'intéresse maintenant à la réponse à un échelon de tension de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.

- Représenter le schéma du montage en faisant figurer explicitement les positions des voies de l'oscilloscope permettant de visualiser la tension $u_C(t)$ et la tension en entrée $u_e(t)$ ainsi que la masse.
- Établir l'équation différentielle pilotant l'évolution temporelle de la tension $u_C(t)$ et l'écrire sous sa forme canonique en identifiant les paramètres ω_0 et Q et le terme E:

$$\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{d u_C}{dt} + \omega_0^2 u_C = \omega_0^2 E$$

NB : Attention aux résistances "cachées" du circuit.

- Réaliser le montage et décrire qualitativement les différents régimes observés de la réponse de la tension $u_C(t)$ en fonction du facteur de qualité (que l'on fait varier en modifiant R). Vous décrierez et justifierez notamment l'allure de la tension aux bornes du GBF.

La solution générale de cette équation différentielle, dans le cas du régime pseudo-périodique ($Q > \frac{1}{2}$) est

$$u_C(t) = E + A e^{\frac{-\omega_0}{2Q}t} \cos\left(\omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} t + \varphi\right)$$

Le facteur de qualité Q de ce circuit peut être mesuré à partir du décrétement logarithmique δ qui est le logarithme népérien du rapport de deux maxima successifs (ou plus) du terme transitoire (donc de la solution de l'équation sans second membre) :

$$\delta = \frac{1}{n} \ln\left(\frac{u_C(t_0) - E}{u_C(t_0 + nT) - E}\right)$$

Un calcul non demandé ici mais à savoir faire conduit aux expressions suivantes de δ et Q

$$\delta = \frac{\omega_0}{2Q} T = \frac{\pi}{\sqrt{Q^2 - \frac{1}{4}}} \quad \text{donc} \quad Q = \sqrt{\left(\frac{\pi}{\delta}\right)^2 + \frac{1}{4}}$$

- Déterminer le facteur de qualité dans le cas où $R = 100 \Omega$. En déduire la résistance totale du montage. Commenter. Pour cette partie, l'analyse des incertitudes n'est pas demandée.

Points expérimentaux à retenir:

- !! masse d'un circuit !!
- méthodes de mesure des caractéristiques d'un signal sinusoïdal :
 - tension et intensité efficaces, amplitude des signaux
 - période et fréquence de signaux sinusoïdaux
 - mode AC/DC d'un multimètre,
 - déphasage entre deux signaux sinusoïdaux avec possibilité de l'utilisation du mode XY de l'oscilloscope
- Utilisation d'une résistance pour accéder à une intensité dans un circuit
- Estimation des incertitudes de mesures
- éventuellement utilisation de câbles coaxiaux
- Impédance de sortie du générateur (odg à connaître)

Entrainement sur ce thème : Cahier d'entraînement Chapitre 18 Signaux Partie Régimes transitoires 18.2 à 18.5

Liste de matériel :

- oscilloscope
- GBF métrix
- 2 multimètres avec notices
- Boîtes AOIP
- Boîte de capacités variables
- 2 bobines identiques (36 mH ou 44 mH)
- Fils et câbles coaxiaux