

TP Sinusoïdal forcé

Mesures de phases à l'oscilloscope : bouton « Meas », puis $\phi_2 \rightarrow 1$ ou indifféremment, $\phi_1 \rightarrow 2$. Mais dans tous les cas :

- Vérifier le signe (le corriger si besoin) de la mesure obtenue (c'est exigible au concours) : $\phi_2 \rightarrow 1$ est positif quand le signal 2 est en avance sur le signal 1.
- Ce n'est vrai que si ϕ est dans le domaine principal $]-180^\circ; +180^\circ]$, le ramener éventuellement dans ce domaine en ajoutant ou en enlevant un tour = 360° .

On rappelle par ailleurs que les **mesures d'amplitude** à l'oscilloscope sont dans la norme étasunienne, donc « peak to peak » : c'est donc le double de l'amplitude, coefficient devant le cosinus.

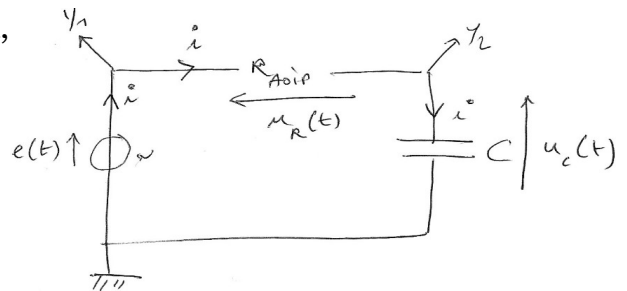
I – DIAGRAMMES DE FRESNEL DU CIRCUIT E,RC SÉRIE

Monter le circuit suivant (! circuit principal d'abord, oscilloscope ensuite, réglages bouton « Output » off), en prenant

$R = 1 \text{ k}\Omega$, $C = 0,1 \mu\text{F}$, GBF en mode sinusoïdal :
 $E = 10 \text{ V}_{pp}$, $f = 900 \text{ Hz}$

La loi d'additivité des tensions donne qu'on a

$$\boxed{e(t) = u_C(t) + u_R(t)}$$



On supposera toujours que la tension d'alimentation du circuit, $e(t)$, a une phase à l'origine des dates nulle (choix libre de l'origine des dates).

1. Sur le papier polaire, placer le vecteur de Fresnel \vec{U}_E associé à la tension $e(t)$
Attention : mesurer l'amplitude à l'oscilloscope – on verra que ce n'est pas exactement celle qui a été réglée.
2. Placer le vecteur de Fresnel \vec{U}_C , associé à la tension $u_C(t)$
3. En déduire graphiquement le vecteur \vec{U}_R , associé à la tension $u_R(t)$, puis les caractéristiques de la tension correspondante $u_R(t)$.
 A-t-on pour les amplitudes $E = U_C + U_R$?
4. Lorsqu'on change l'ordre des dipôles dans un circuit série, le comportement n'est pas modifié : changer le montage pour visualiser en même temps à l'oscilloscope $e(t)$ et $u_R(t)$.

Vérifier ce qui a été obtenu à la question 3.

5. Vérifier graphiquement qu'on retrouve la loi du condensateur $\frac{u_R}{R} = C \frac{du_C}{dt} = i$. Pour cela, utiliser la version complexe de cette égalité théorique et vérifier les égalités des modules et des arguments.

II – PHÉNOMÈNE DE RÉSONANCE

1. En mécanique

Nous travaillons sur un système masse-ressort vertical, où

- la masse plonge dans l'eau, ce qui crée un frottement fluide
- « l'autre » extrémité du ressort a un mouvement sinusoïdal, créé par un moteur tournant.

On peut régler la la fréquence du moteur, liée à sa vitesse angulaire (de rotation). Il est possible de relever les positions hautes et basses d'une tige, et donc en déduire l'amplitude du mouvement de la masse.

Complétons ensemble le tableau suivant :

Fréquence moteur (Hz)									
Abcisse max (cm)									
Abcisse min (cm)									
Amplitude (cm)									

Donner une estimation de l'amplitude de l'excitation :

Observe-t-on des situations où l'excitation et le mouvement de la masse sont

- en phase ?
- en opposition de phase ?

Tracer la courbe de l'amplitude en fonction de la fréquence du moteur.

2. Résonances du circuit R,L,C série

On rappelle qu'il y a *résonance* lorsque l'amplitude de la grandeur étudié évolue en fonction de **la fréquence de l'excitation** en présentant *un maximum* à une certaine fréquence, appelée *fréquence de résonance*.

Schématiser un circuit similaire à celui du I, en mettant les trois dipôles R , L et C en série avec le GBF, de telle sorte qu'on visualise sur la voie 1 la tension aux bornes du GBF, et sur la voie 2, celle aux bornes de la résistance. Le monter en prenant cette fois-ci $E=5 V_{pp}$ et $R=200\Omega$.

On a toujours l'additivité des tensions : $e(t) = u_R(t) + u_L(t) + u_C(t)$

1. Chercher la fréquence de résonance pour la tension visualisée $u_R(t)$, et vérifier qu'alors cette tension est en phase avec la tension délivrée par le GBF $e(t)$.

Utiliser cette propriété pour mieux déterminer la fréquence de résonance.

2. Toujours en modifiant assez rapidement la fréquence à l'oscilloscope (roulette, pas de 100Hz), observer l'effet du mode XY (voir polycopié de documentation de l'oscilloscope), et expliquer en quoi il permet de repérer une valeur précise de déphasage.

Améliorer encore la précision, au hertz près, sur la fréquence de résonance.

3. En permutant des dipôles, faire les mesures nécessaires (cf I) pour construire le diagramme de Fresnel sous la forme $\vec{U}_E = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$ à la fréquence où $u_R(t)$ est déphasée par rapport à $e(t)$ de $+45^\circ$ (postes côté couloir) ou de -45° (postes côté rue)

- Proposer deux méthodes pour déterminer les deux fréquences de coupure de la résonance **en intensité** avec l'oscilloscope (sans avoir à construire le diagramme de Fresnel).
En déduire le facteur de qualité Q du dispositif et vérifier avec les valeurs des dipôles.

3. Coupe-bande avec un circuit R,L,C série

On note Z l'impédance de l'association série bobine L + condensateur C , et \underline{u}_{LC} la tension complexe à ses bornes.

On note toujours \underline{u}_R la tension aux bornes de la résistance.

- Schématiser complètement le montage R,L,C série permettant la visualisation de la tension du GBF et de $u_{LC}(t)$.
- Théorie :
 - exprimer Z : que peut-on dire de ce complexe ?
 - Obtenir $\frac{\underline{u}_{LC}}{e}$ avec un théorème de haut niveau. Justifier qu'il s'annule pour une fréquence dont on calculera la valeur avec les valeurs choisies pour les dipôles.
- Faire le montage avec $R=50\ \Omega$ et tracer la courbe de $\frac{U_{LC}}{E}$ (amplitudes) dans un domaine de fréquences suffisant pour que la courbe soit intéressante.
Comment appelle-t-on ce phénomène ?
- Expliquer l'écart éventuel avec la théorie.

III – OPTIMISATION DE L'ALIMENTATION D'UN ÉLECTROAIMANT DE LEVAGE

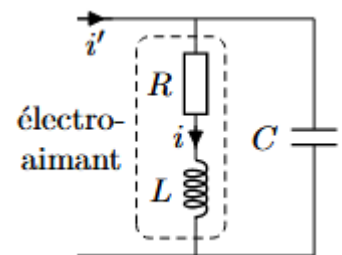
Un électroaimant de levage est un dispositif industriel permettant de soulever des pièces métalliques à l'aide de champs magnétiques intenses.

On étudie un tel appareil en le modélisant par une bobine d'inductance L en série avec une résistance R représentant la résistance interne du bobinage.

Dans son utilisation industrielle, il est traversé par un courant i sinusoïdal très intense, dont l'amplitude I_m est imposée pour son bon fonctionnement (de l'ordre de 30 A).

Les pertes Joule sont donc non négligeables dans les câbles d'alimentation. Pour les minimiser, la méthode usuelle consiste à installer un condensateur de capacité C en dérivation avec l'électroaimant.

Le but est donc de déterminer la valeur de C qui minimise l'amplitude I'_m du courant d'alimentation i' .



En TP, nous devons prendre des valeurs très différentes des valeurs industrielles pour des raisons de sécurité.

L : bobine de 1000 spires, d'inductance voisine de 50 mH.

$R = 250\ \Omega$ (on peut alors tout juste négliger la résistance interne r de la bobine).

Fréquence des signaux $f = 500\ \text{Hz}$

$I_m = 25\ \text{mA}$; C réglable, de l'ordre de quelques μF .

1. Montage et mesures

On alimente le circuit précédent avec le GBF en mode sinusoïdal pur.

Schématiser, en s'inspirant du schéma précédent (il faudra le modifier), le montage permettant de visualiser à l'oscilloscope

- la tension e aux bornes de l'électroaimant, délivrée par le GBF, sur la voie 1 ;
- une tension u proportionnelle à l'intensité i sur la voie 2.

On inclura le condensateur dans le schéma et le montage.

Faire le montage et ajuster l'amplitude de la tension d'alimentation pour obtenir la valeur souhaitée de I_m .

On note $\varphi = \varphi_{i/e}$ le déphasage de l'intensité i sur la tension e . Mesurer φ avec l'oscilloscope.

2. Diagramme de Fresnel

On fixe la phase à l'origine de la tension e nulle.

Placer le vecteur de Fresnel \vec{I} sur le diagramme – on prendra comme échelle 2 cm pour 5 mA ; on utilisera la mesure faite précédemment.

On note i_C l'intensité traversant le condensateur. D'après sa loi théorique, que vaut son déphasage par rapport à la tension d'alimentation e ?

Avec la loi des nœuds, et en s'inspirant de la méthode vue à la partie I, trouver la construction sur le diagramme de Fresnel du vecteur \vec{I}_C , tel que l'amplitude I'_m du courant d'alimentation i' soit minimale.

Lorsque c'est le cas, quelle est la relation théorique entre I_{Cm} (amplitude de i_C), I_m (amplitude de i) et φ ?

En déduire l'amplitude I_{Cm} en mA, puis la valeur de C cherchée.

3. Vérification

Ajouter un ampèremètre en sortie du générateur.

Pour mesurer les amplitudes des intensités sinusoïdales, il faut utiliser les multimètres en mode « AC » (touche bleue) : celui-ci donne alors une grandeur appelée *valeur efficace*, proportionnelle à l'amplitude de la sinusoïde.

Vérifier, en modifiant la valeur de C , que la valeur obtenue au 2. minimise bien l'amplitude du courant total délivré par le générateur.