

Montage 33 : Régimes transitoires

Introduction

Un régime transitoire est le régime d'évolution d'un système qui n'a pas encore atteint un état stable ou un régime établi. L'étude des régimes transitoires revient à étudier ce qui se passe entre deux régimes continus. Un régime transitoire peut apparaître lors d'une modification d'un système. Ils sont présents dans tous les domaines de la physique. Il existe des régimes transitoires chaotiques qui sont difficiles à décrire. En raison de cette difficulté nous nous intéresserons aux régimes linéaires uniquement. Ces régimes peuvent être définis par un temps de relaxation (τ) et un facteur de qualité (Q) que nous étudierons. Nous verrons qu'il ne s'agit pas seulement d'un retour à l'équilibre et que les durées de celui-ci sont variables.

I) Régime transitoire d'un ressort

Nous commençons par l'étude d'un système assez intuitif. Il s'agit du ressort avec une masse qui oscille après avoir été étiré. Il s'agit d'un cas simple pendant lequel on voit ce qui se passe entre deux positions d'équilibre du ressort, on voit très nettement qu'il s'agit d'un échange d'énergie entre l'énergie cinétique et l'énergie potentielle.

Matériel :

- Petit ressort
- Masse de 200g
- Capteur de force

Manipulation :

Pour visualiser le mouvement de la masse au bout du ressort on utilise un capteur de force qui détecte les forces exercées sur la masse ; elles permettent de remonter à l'équation du mouvement en effectuant le PFD. On aboutit en effet à l'équation différentielle : $0 = \ddot{z} - \frac{\lambda}{m} \dot{z} + \frac{k}{m} z$.

Résultat :

La modélisation sur le logiciel régressi permet de trouver l'équation du mouvement et nous donne les valeurs de la pseudo-période et du temps de relaxation, nous permettant ainsi de trouver la raideur du ressort et le coefficient de frottement de l'air.

Les régimes transitoires ne sont pas que pseudo-périodiques ils peuvent aussi être apériodiques, c'est-à-dire que le nouvel état d'équilibre peut être atteint sans aucune oscillation. Ceci n'est pas facile à visualiser avec un ressort donc on va passer par le biais de l'électronique et du circuit RLC pour l'étudier.

II) Régimes critique et apériodique

Dans le cas des circuits RLC série il y a toujours un échange d'énergie, cette fois c'est entre la bobine et le condensateur. Comme pour le ressort nous voulons étudier la réponse libre du circuit c'est-à-dire la façon dont il se comporte sans aucune source dans le circuit, nous voulons donc partir d'un

condensateur chargé et étudier sa décharge. Un oscilloscope permet de visualiser la tension aux bornes du générateur et celle aux bornes du condensateur.

Matériel :

- Boite à décade d'inductance
- Boite à décade de résistance
- Boite à décade de capacité
- GBF

Manipulation

La façon la plus simple de procéder est d'étudier la réponse indicielle du système en intégrant un GBF capable de générer des créneaux. La décharge du condensateur d'observe en passant d'un créneau haut à un créneau bas.

- ⇒ La fréquence des créneaux doit être suffisamment petite pour observer le régime transitoire.

En régime pseudo-périodique on se place à une fréquence inférieure à $1/(5\tau)$ qui est le moment où la tension a presque atteint sa nouvelle valeur imposée par le créneau.

- ⇒ Choix des valeurs de R,L et C pour que $Q > 1/2$ (caractéristique du régime pseudo périodique) et donc ensuite de la fréquence du générateur

Le régime critique correspond au régime apériodique de durée minimale. On sait que le régime apériodique est caractérisé par $Q < 1/2$.

- ⇒ Il faut donc augmenter R pour l'obtenir lorsqu'on part du régime pseudo périodique. On peut approximativement donner une valeur de R_c pour le régime critique puisque c'est le moment où il n'y a plus d'oscillations. **Ce n'est cependant qu'une approximation puisque le régime ne peut être précisément obtenu expérimentalement.**
- ⇒ On continue d'augmenter R et on regarde à quel moment (t) le signal atteint 5% de sa valeur initiale en mesurant avec les curseurs de l'oscilloscope.

Résultat

Plus la valeur de la résistance est élevée plus la durée du régime transitoire est importante. Ceci paraît être un résultat cohérent puisque plus la résistance est grande plus il y a d'opposition du système pour atteindre la nouvelle valeur d'équilibre. Le tracé du ratio R/R_c en fonction du ratio t/t_c nous montre que ces grandeurs sont proportionnelles.

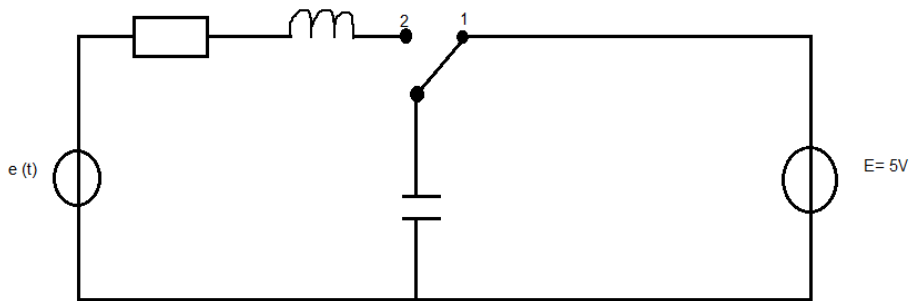
III) Régime transitoire dans un circuit RLC en régime sinusoïdal forcé

Les régimes transitoires existent aussi lorsqu'un régime forcé est imposé au système. On étudie encore la décharge d'un condensateur mais cette fois ci le GBF fournit une tension sinusoïdale. Afin de charger préalablement le condensateur on utilise un autre générateur ainsi qu'un commutateur (voir schéma).

Matériel :

- Boite à décade d'inductance
- Boite à décade de résistance
- Boite à décade de capacité

- GBF
- Commutateur
- Générateur de tension continue



- ⇒ On reprend des valeurs de R, L et C de telle sorte que le régime transitoire soit pseudo-périodique. Attention la durée du régime transitoire doit être assez longue !
- ⇒ La fréquence du GBF est réglée pour qu'elle soit proche de celle du circuit pour observer les battements ; en effet on a superposition de vibrations sinusoïdales de pulsation différentes mais assez proche pour obtenir des battements.
- ⇒ Mesure de la pseudo période du signal et de celle de l'enveloppe
- ⇒ Montrer qu'au bout d'un certain temps la période devient celle fournie par le générateur

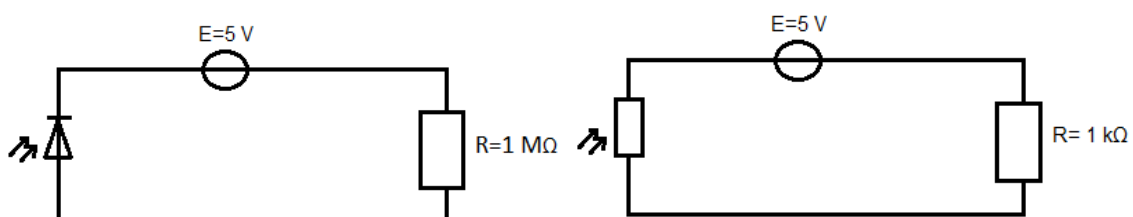
IV) Limites liées au transitoire

Mesure du temps de réponse d'une photodiode et d'une photorésistance à partir d'un signal lumineux fournit par stroboscope.

Matériel :

- 2 générateurs de tension continue
- 2 boîtes à décades de résistance
- 1 photodiode
- 1 photorésistance

Manipulation



Résultat

Le temps de réponse à la disparition de l'éclairement est très long pour la photorésistance alors que pour la photodiode la réponse est quasi-instantanée. En augmentant la fréquence du stroboscope on voit que la photorésistance n'a pas le temps de revenir à l'équilibre. Les photorésistances sont utilisées comme capteurs de détection mais leur temps de réponse important fait qu'on évite de les utiliser quand la fréquence des signaux lumineux est trop élevée.

Conclusion

Il est important d'étudier les régimes transitoires comme nous l'a montré cette dernière expérience car cela permet d'adapter l'utilisation de certains systèmes. Il est possible d'ajuster les propriétés des systèmes pour qu'ils conviennent à l'utilisation souhaitée en modifiant certains paramètres tels que la raideur d'un ressort, la valeur d'une résistance dans un circuit... Ainsi on peut obtenir un régime pseudo-périodique ou apériodique de durée plus ou moins longue.

Bibliographie

- H prépa, Electronique et électrocinétique 1° année MPSI-PCSI-PTSI, Jean-Marie Brébec
- Physique expérimentale aux concours de l'enseignement, Electricité, électromagnétisme, électronique, acoustique, JP Bellier, C Bouloy, D Guéant, Dunod
- Physique PCSTI, D.Augier et C. More, Tec et Doc