

ÉLECTROGINÉTIQUE

CHAPITRE 4 : CIRCUITS EN RÉGIME
SINUSOÏDAL FORCÉ

Impédances complexes.	Établir et connaître l'impédance d'une résistance, d'un condensateur, d'une bobine.
Association de deux impédances.	Remplacer une association série ou parallèle de deux impédances par une impédance équivalente.
Oscillateur électrique soumis à une excitation sinusoïdale. Résonance.	Relier l'acuité d'une résonance au facteur de qualité. Déterminer la pulsation propre et le facteur de qualité à partir de graphes expérimentaux d'amplitude et de phase.

I L'électrocinétique en notation complexe

A Notation complexe

1) Notation réelle $\leftrightarrow$ Notation complexe

2) Propriétés

B Lois de l'électrocinétique

1) Lois de Kirchhoff

(a) Loi des mailles

(b) Loi des noeuds

2) Impédances des dipôles linéaires passifs

(a) Résistor

(b) Condensateur

(c) Bobine

3) Association de dipôles linéaires passifs

(a) Impédances équivalentes

(b) Ponts diviseurs

4) Loi des noeuds en termes de potentiel

II Circuits électriques du 1^{er} ordre
en régime sinusoïdal forcé

avec le circuit RC série

1) Avec la notation réelle

2) Avec la notation complexe

3) Notation réelle $\leftrightarrow$ Notation complexe

III Circuits électriques du 2^{ème} ordre en régime sinusoïdal forcé

avec le circuit RLC série

A Intensité du courant dans le circuit RLC série

1) Transadmittance du circuit RLC série

2) Généralisation : Passe-bande du deuxième ordre

(a) Fonction de transfert

$$\underline{H}(\omega) = \frac{H_0 \frac{j\omega}{Q\omega_0}}{1 + \frac{j\omega}{Q\omega_0} + \left(j\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} = \frac{H_0}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

(b) Gain et phase

3) Résonance

(a) Pulsation de résonance $\omega_R = \omega_0$

(b) Gain et phase à la résonance $|\underline{H}(\omega_R)| = |H_0|$ $\varphi(\omega_R) = \arg(H_0)$

4) Pulsations de coupure et bande passante

$$|\underline{H}(\omega_{c\pm})| = \frac{|H_0|}{\sqrt{2}} \quad \text{donc} \quad \Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q}$$

5) Représentation graphique

Q comme qualité de la résonance : sélectivité

6) Résonance en intensité du circuit RLC série

B Tension aux bornes du condensateur dans le circuit RLC série

1) Amplification complexe en tension du circuit RLC série

2) Généralisation : Passe-bas du deuxième ordre

(a) Fonction de transfert

$$\underline{H}(\omega) = \frac{H_0}{1 + \frac{j\omega}{Q\omega_0} + \left(j\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

(b) Gain et phase

3) Résonance

(a) Condition et pulsation de résonance $Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$

(b) Gain à la résonance

4) Pulsation de coupure et bande passante $|\underline{H}(\omega_c)| = \frac{|H_0|}{\sqrt{2}}$

5) Représentation graphique

Q comme qualité de la résonance : intensité

6) Résonance en tension du circuit RLC série

Questions de cours / Applications directes du cours :

1. Comment passer d'une notation réelle à une notation complexe ?
Comment passer d'une notation complexe à une notation réelle ?
2. Quel est l'équivalent d'une équation différentielle temporelle en complexes ?
Quel est l'équivalent d'une fonction de transfert en $(j\omega)$ en réels ?
3. Donner la définition de l'impédance complexe d'un dipôle linéaire passif à partir d'un schéma.
Déterminer les expressions des impédances complexes d'un résistor, d'un condensateur et d'une bobine.
4. Quelle est l'impédance complexe équivalente d'une association série/-parallèle de dipôles linéaires passifs ?
Déterminer les impédances complexes équivalentes de n'importe quelle association de dipôles linéaires passifs.
5. Quelle est la formule du pont diviseur de tension/courant en régime sinusoïdal forcé ?
6. Présenter la loi des noeuds en termes de potentiel.
7. Pour chaque signal en sortie $s(t)$ dans les circuits électriques en régime sinusoïdal forcé de pulsation ω :
Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $s(t)$ en fonction de $e(t)$ à partir de la fonction de transfert $\frac{s}{e}$.
 - (a) Pour la tension aux bornes du condensateur dans le circuit RC série.
 - (b) Pour la tension aux bornes de la résistance dans le circuit RC série.
 - (c) Pour la tension aux bornes du condensateur dans le circuit RLC série.
 - (d) Pour la tension aux bornes de la résistance dans le circuit RLC série.
 Déterminer l'équation différentielle à partir de la fonction de transfert de n'importe quel circuit électrique en régime sinusoïdal forcé.
8. Régime sinusoïdal forcé d'un circuit électrique constitué d'un générateur de tension idéal avec un signal alternatif en série avec un résistor de résistance R et un condensateur de capacité C pour la tension aux bornes du condensateur u_c .
 - (a) en réels : faire un schéma du circuit, établir l'équation différentielle, déterminer la solution particulière sinusoïdale.
 - (b) en complexes : faire un schéma du circuit, établir la fonction de transfert, déterminer la partie réelle de la solution complexe.
9. Donner les deux formes canoniques de la fonction de transfert d'un passe-bande du deuxième ordre.
Déterminer le gain et la phase de la fonction de transfert d'un passe-bande du deuxième ordre.
10. Déterminer les limites à basses fréquences et à hautes fréquences du gain et de la phase de la fonction de transfert d'un passe-bande du deuxième ordre.
11. Déterminer la pulsation de résonance d'un passe-bande du deuxième ordre.
Déterminer le gain et la phase à la résonance d'un passe-bande du deuxième ordre.
12. Déterminer l'expression de la bande passante d'un passe-bande du deuxième ordre.
13. Tracer l'allure du gain et de la phase d'un passe-bande du deuxième ordre en fonction de la pulsation en précisant les limites, les coordonnées de la résonance et la position et l'expression de la bande passante.
14. Régime sinusoïdal forcé d'un circuit électrique constitué d'un générateur de tension idéal avec un signal alternatif en série avec un résistor de résistance R , une bobine d'inductance L et un condensateur de capacité C pour le courant dans le circuit i .
 - (a) Faire un schéma du circuit.
 - (b) Établir la fonction de transfert.
 - (c) Caractériser la résonance et la bande passante.
 - (d) Tracer les allures de la courbe en gain et en phase.

15. Donner la forme canonique de la fonction de transfert d'un passe-bas du deuxième ordre.
Déterminer le gain et la phase de la fonction de transfert d'un passe-bas du deuxième ordre.
16. Déterminer les limites à basses fréquences et à hautes fréquences du gain et de la phase de la fonction de transfert d'un passe-bas du deuxième ordre.
17. Déterminer le gain et la phase à la pulsation propre d'un passe-bas du deuxième ordre.
18. Déterminer la condition de résonance d'un passe-bas du deuxième ordre.
Déterminer la pulsation de résonance d'un passe-bas du deuxième ordre.
19. Tracer l'allure du gain et de la phase d'un passe-bas du deuxième ordre en fonction de la pulsation en précisant les limites, les coordonnées de la pulsation propre, la condition de résonance et les positions de la pulsation de résonance et du gain à la résonance et la position de la pulsation de coupure en fonction de la valeur du facteur de qualité.
20. Régime sinusoïdal forcé d'un circuit électrique constitué d'un générateur de tension idéal avec un signal alternatif en série avec un résistor de résistance R , une bobine d'inductance L et un condensateur de capacité C pour la tension aux bornes du condensateur u_c .
 - (a) Faire un schéma du circuit.
 - (b) Établir la fonction de transfert.
 - (c) Caractériser la résonance et la bande passante.
 - (d) Tracer les allures de la courbe en gain et en phase.
21. ...

ÉLECTROCINÉTIQUE

CHAPITRE 5 : FILTRAGE LINÉAIRE

Signaux périodiques.

Analyser la décomposition fournie d'un signal périodique en une somme de fonctions sinusoïdales. Définir la valeur moyenne et la valeur efficace d'un signal.
Établir par le calcul la valeur efficace d'un signal sinusoïdal.

I Définitions**A Filtres linéaires**

- 1) Quadripôle linéaire
- 2) Fonction de transfert
- 3) Ordre du filtre
- 4) Gain et phase

B Actions des filtres linéaires sur les signaux d'entrée

- 1) Linéarité
- 2) Classement des filtres
- 3) Pulsation(s) de coupure et bande passante
- 4) Fonctions des filtres
- 5) Gabarit d'un filtre

C Diagramme de Bode

- 1) Gain en dB et phase
- 2) Diagramme de Bode en gain et en phase
- 3) Échelle semi-logarithmique
- 4) Intérêt

II Filtres linéaires du premier ordre**A Passe-haut du premier ordre****1) Exemple de filtre passe-haut du premier ordre passif****2) Fonction de transfert du filtre passe-haut du premier ordre**

$$\underline{H}(\omega) = \frac{H_0 \frac{j\omega}{\omega_0}}{1 + \frac{j\omega}{\omega_0}}$$

3) Nature du filtre**(a) Comportement limite du circuit électrique****(b) Limites asymptotiques du gain et de la phase****4) Pulsation de coupure et bande passante****5) Fonctions du filtre****6) Diagramme de Bode**

B Passe-bas du premier ordre

- 1) Exemple de filtre passe-bas du premier ordre passif
- 2) Fonction de transfert du filtre passe-bas du premier ordre

$$\underline{H}(\omega) = \frac{H_0}{1 + \frac{j\omega}{\omega_0}}$$

- 3) Nature du filtre

- (a) Comportement limite du circuit électrique
 - (b) Limites asymptotiques du gain et de la phase
- 4) Pulsation de coupure et bande passante
 - 5) Fonctions du filtre
 - 6) Diagramme de Bode

III Filtres linéaires du deuxième ordre**A Passe-bande du deuxième ordre**

- 1) Exemple de filtre passe-bande du deuxième ordre passif
 - 2) Fonctions de transfert du filtre passe-bande du deuxième ordre
 - 3) Nature du filtre
 - (a) Comportement limite du circuit électrique
 - (b) Limites asymptotiques du gain et de la phase
 - 4) Résonance
 - 5) Pulsations de coupure et bande passante
 - 6) Fonctions du filtre
 - 7) Diagramme de Bode
-

Questions de cours / Applications directes du cours :

1. Donner la définition d'une fonction de transfert.
Que doivent vérifier les formes canoniques?
Comment détermine-t-on l'ordre?
2. Définir le gain et la phase.
Expliquer ce que représentent physiquement le gain et la phase.
3. Pour un signal alternatif en entrée d'un filtre : Comment déterminer l'amplitude et la phase du signal en sortie du filtre?
Pour tout autre signal : Comment déterminer l'amplitude et la phase de chaque composante du signal en sortie du filtre?
4. Citer et définir 3(/5) natures de filtres.
Définir le(s) pulsation(s) de coupure et la bande passante d'un filtre.
5. Citer et définir 3(/5) fonctions de filtres.
Donner la dérivée/primitive d'un signal triangles/créneaux.
6. Donner la définition du gain en dB.
Comparer au gain.
7. Donner la définition d'un diagramme de Bode.
Donner la définition de l'échelle semi-logarithmique.
8. Donner la définition de l'atténuation en dB/décade.
Citer les cas particuliers : pour -20 dB/décade à une décade et à plus de deux décades et pour -40 dB/décade à plus de deux décades.
9. Pour un passe-haut du premier ordre :
10. Pour un passe-bas du premier ordre :
11. Pour un passe-bande du deuxième ordre :
 - (a) Donner un exemple de circuit électrique passif en précisant le signal d'entrée et le signal de sortie.
 - (b) Donner la forme canonique de la fonction de transfert en précisant le nom des paramètres physiques qui interviennent.
En déduire le gain, le gain en dB et la phase.
 - (c) Étudier le comportement limite à très basses et à très hautes fréquences pour en déduire la nature.
 - (d) Déterminer les limites asymptotiques du gain en dB et de la phase à basses et hautes fréquences.
 - (e) Résonance : Donner la définition de la résonance.
 - PH1 et PB1 : pas de résonance pour les premiers ordres.
 - PBde2 : toujours résonance, pulsation de résonance, gain et phase à la résonance.
 - (f) Coupure : Donner la définition du gain à la coupure.
 - PH1 et PB1 : pulsation de coupure, bande passante et phase à la coupure.
 - PBde2 : pulsations de coupure, bande passante à -3 dB (, centre de la bande passante et phases à la coupure).
 - (g) Déterminer les fonctions du filtre à basses et hautes fréquences.
 - (h) Tracer le diagramme de Bode asymptotique en gain et en phase et l'allure du diagramme de Bode réel en gain et en phase.
12. ...