

TP Induction

Le but de ce TP est d'étudier le phénomène d'induction dans le but de pouvoir réaliser un système de capteurs permettant d'identifier la position d'un robot mobile par rapport à un fil.

1. Travail préparatoire à réaliser avant de venir en TP

Le but est de pouvoir caractériser la position exacte du robot par rapport au fil .

- On suppose le fil rectiligne et infini. Comment le modéliser mathématiquement ?
- Le robot sera modélisé mathématiquement, il faut caractériser sa position, et sa direction: quels sont les 2 outils mathématiques permettant de modéliser proprement ces deux notions.
- Définir mathématiquement les phrases « le robot est sur le fil » et « le robot est parallèle au fil »
- Par des exemples dessinés caractériser la différence entre ces deux phrases.
- Définir un repère permettant mathématiquement de caractériser si le robot est à droite ou à gauche du fil, et si le robot se dirige vers la zone à droite du fil ou vers la zone à gauche du fil.
- Quelles variables devront être asservies avec quelles valeurs de consignes pour obéir à la phrase suivante : « le robot mobile autonome suit parfaitement le fil » ?

FAIRE UN SCHEMA SUR UNE FEUILLE ENTIERE POUR LES QUESTIONS PRECEDENTES: faire une vue de dessus et une vue suivant l'axe du fil.

- Calculer (ou trouver sur le net) le champ magnétique créé par un fil rectiligne infini, parcouru par un courant I en un point M de l'espace défini par :
 - Sa distance x entre P projeté vertical de M sur le sol, et le fil.
 - Son altitude h .
- Considérons une spire rectangulaire disposée horizontalement (de longueur l // au fil, largeur d). Le centre de cette spire est situé à la distance x (bobine de $x-d/2$ à $x+d/2$) et à l'altitude h .
 - Dessiner le fil et la spire en précisant le repère.
 - Exprimer le flux du champ magnétique enlacé par cette spire (Formule théorique).
 - Décomposer le champ en composante horizontale et verticale, en posant un angle θ .
 - Exprimer θ en fonction de x et de h pour un point de la spire.
 - Définissez le vecteur surface pour la spire, dessiner une surface élémentaire.
 - Donnez une taille aux cotés de l'élément de surface. Quel est la composante du champ qui donne un flux non nul, quelle est celle qui ne donne pas de flux? Prédire l'allure de la courbe du flux lorsqu'on fait varier le paramètre x .
- Calculer le flux engendré par le fil dans notre bobine carrée. Détaillez les deux paramètres d'intégration. Si on dit que un des paramètres d'intégration est v et l'autre w , quelles sont les bornes de variation de v et w ? On pensera à utiliser la Formule utile suivante :
$$\frac{\partial \ln(f(v, w))}{\partial w} = \frac{\partial f(v, w) / \partial w}{f(v, w)}$$
ou alors on fait faire le calcul à excell. Dans le cas du calcul par excell, détailler la notion de pas d'intégration: une intégrale devient une somme
- Donnez la formule de la FEM mesurable aux bornes de la bobine. On précisera à quelles conditions une FEM peut apparaître dans un circuit délimitant une surface. Donnez les différentes causes ici possibles de variation du flux qui provoquent l'apparition d'une FEM.
- Sachant que lorsque le robot suit le fil, sa dérive latérale est lente, faut-il mieux injecter dans le fil un courant continu ou alternatif pour récupérer un signal exploitable?
 - Représenter les chronogrammes du signal obtenu par rapport au signal injecté dans les différents cas suivants (en reprenant le repère défini dans les premiers schémas): Bobine à droite du fil, bobine à gauche du fil, bobine au dessus du fil.
 - Représenter complètement le gain et la phase du signal obtenu par rapport au signal émis en normalisant ainsi à 1 ampère, l'amplitude du signal émis, en fonction de la position x du centre de la bobine (penser à bien préciser quel côté du fil caractérise $x < 0$).

- Sachant que le signal injecté dans le fil est inaccessible depuis le robot, peut-on savoir juste avec ce capteur de quel côté du fil, le robot se trouve ?
- Sans faire de calculs, on veut établir la FEM induite dans une bobine rectangulaire, disposée verticalement, (de longueur l suivant l'axe du fil, de largeur d suivant la verticale) de N spires dont le centre est situé à la distance horizontale x' et à l'altitude h' définies précédemment.
 - Faire un nouveau schéma représentant cette nouvelle bobine par rapport au fil.
 - Pour éviter tout calcul, on cherchera s'il n'existe pas un moyen simple d'exploiter le résultat précédent en regardant comment on pourrait faire bouger la première bobine pour que son signal soit le même que celui de la seconde bobine quand elle se déplace horizontalement au dessus du fil. On cherchera alors à voir si on ne peut pas à partir de x et h établir une correspondance avec x' et h' .
- Représenter complètement le gain et la phase du signal obtenu par rapport au signal émis en normalisant ainsi à 1 ampère, l'amplitude du signal émis, en fonction de la position x' du centre de la bobine (penser à bien préciser quel côté du fil caractérise $x < 0$).
- Est-il possible d'imaginer un système multi-bobines permettant de savoir de quel côté du fil, le centre de la bobine horizontale se situe ?
- En considérant le centre de la bobine rectangulaire horizontale toujours à la même position, obtient-on toujours le même signal en faisant tourner horizontalement cette bobine sur elle-même ? Quel type de bobine faut-il choisir pour pouvoir récupérer une information indépendante de l'orientation du robot ?
- Qu'est ce que cela changerait sur la technique de calcul utilisée? Peut-on toujours établir une formule comme dans le premier cas ? Les paramètres d'intégrations évoluent comment ?
- Au vu des courbes tracées peut on établir la position du centre de la bobine par rapport au fil ? Est ce vrai pour toutes les distances ?
- Combien de bobines et quelles opérations mathématiques sont nécessaires pour reconstituer toutes les variables définies à la question 6 permettant un asservissement correct?

2. Mise en pratique, vérification expérimentale

- Tendre un fil sur la table en bord de table en faisant une grande boucle pour que le fil de retour passe loin. Quelle hypothèse n'est plus vérifiée dans la démarche théorique du dessus si on ne procède pas ainsi ? On mettra une résistance en série avec le fil pour pouvoir espionner à l'oscilloscope une image du courant parcourant le fil en se connectant aux bornes de cette résistance. On fera donc attention à connecter la résistance côté masse du générateur. Que se passe-t-il sinon ?
- Brancher une bobine sur la seconde entrée de l'oscilloscope. Passez cette bobine à différents endroits au dessus du fil avec diverses orientation. A-t-on un signal pour un signal continu injecté dans le fil ? Pourquoi ?
- Dans le cas d'un signal sinusoïdal injecté dans le fil, a-t-on un signal pour toutes les orientations de la bobine? On explorera en particulier les 3 axes principaux, l'axe du fil définissant le premier.
- Pour une orientation donnée par rapport à l'axe du fil, a-t-on un signal pour toutes les positions de la bobine par rapport au fil ? On explorera en particulier le cas où le vecteur normal à la bobine est contenu dans un plan orthogonal à l'axe du fil.
- Observer le déphasage entre le signal injecté dans le fil et le signal capté par la bobine en fonction de la position de la bobine par rapport au fil. On explorera la même situation que précédemment.
- Que se passe-t-il au niveau de l'amplitude et du déphasage pour une bobine toujours en même position et que l'on effectue un balayage en fréquence de 10 KHz à 1 MHz ?

Rappel : La bobine peut être modélisée un générateur $e = \frac{-d\phi}{dt}$ en série avec une résistance R et en série avec une inductance L , le tout en parallèle avec une capacité (dite capacité inter-spire) C .

- Injecter un signal rectangulaire au lieu d'un signal sinusoïdal. Que se passe-t-il quand on varie la période de ce signal rectangulaire ?