Rapport de Travaux Pratiques (TP)

Automatique

Alexis GIBERT

Nour GHILOUFI

1A SRI UPSSITECH

Analyse d’un asservissement de position sur un procédé électromécanique 3

1 But de la manipulation 3

2 Description du matériel 3

2.1 Matériel utilisé – Principe de l’asservissement 3

2.2 Modélisation des éléments constitutifs de la maquette 4

3 Analyse d’un asservissement de position élémentaire 4

3.1 Modélisation et identification des éléments constitutifs de l’asservissement 4

3.2 Mise en place d’une commande proportionnelle 7

3.3 Analyse de la stabilité de l’asservissement 7

3.4 Analyse des performances temporelles de l’asservissement 9

3.5 Analyse harmonique de l’asservissement 10

3.6 Conclusion 10

Réalisation d’un asservissement de position sur un procédé électromécanique 11

1 But de la manipulation 11

2 Mise en place d’un correcteur à avance de phase 11

Analyse d’un asservissement de position sur un procédé électromécanique

# But de la manipulation

L’objectif de cette manipulation de Travaux Pratiques est d’analyser théoriquement et par l’expérimentation les propriétés d’une boucle d’asservissement de position réalisée sur un procédé électromécanique.

# Description du matériel

## Matériel utilisé – Principe de l’asservissement

La platine didactique utilisée est constituée des éléments suivants :

* un moteur à courant continu, dont l’axe tourne dans le sens direct ou horaire selon que la tension d’induit est positive ou négative, respectivement ; la position de l’axe de ce moteur est repérée par la variable ; cet élément est couplé à un système de freinage à courants de Foucault non utilisé ici ;
* un réducteur de vitesse reliant l’axe du moteur à un axe secondaire dont la position est repérée par la variable ;
* un potentiomètre dit de sortie, permettant de convertir la position en une tension ;
* une génératrice tachymétrique, qui délivre une tension fonction de la vitesse angulaire de l’axe du moteur ;
* un potentiomètre dit d’entrée, désolidarisé de cet ensemble électromécanique, permettant de convertir une position en une tension ;
* un tachymètre digital, permettant de lire la vitesse angulaire de l’axe secondaire exprimée en tours par minute. Ainsi, par l’intermédiaire de platines dédiées à base d’amplificateurs opérationnels, il est immédiatement possible de réaliser un asservissement de la position à une valeur de référence , cf. par exemple la configuration reportée sur la Figure 1.

Une image contenant diagramme

Description générée automatiquement

Figure 1 - Schéma de principe d’un asservissement de position réalisé autour du procédé électromécanique

## Modélisation des éléments constitutifs de la maquette

On admet que les potentiomètres d’entrée et de sortie sont des éléments instantanés, et que leur fonctionnement est linéaire. Ils peuvent alors être représentés par des gains et tels que

et

En première approximation, la génératrice tachymétrique est supposée délivrer une tension image instantanée de la vitesse de l’axe moteur et proportionnelle à celle-ci. Elle est donc modélisable par un gain tel que

, avec .

Une modélisation de l’ensemble moteur-réducteur peut être obtenue au moyen des considérations suivantes :

* l’application d’une tension entraine l’évolution de la vitesse de l’axe moteur. Celle-ci peut être décrite en première approximation par l’équation diférentielle entrée-sortie

où les constantes et sont respectivement le gain en vitesse et la constante de temps mécanique du moteur ;

* le réducteur de vitesse est de rapport

Hormis en ce qui concerne le tachymètre digital, les temps seront exprimés en secondes. Les angles seront exprimés en tours et les tensions en Volts.

# Analyse d’un asservissement de position élémentaire

## Modélisation et identification des éléments constitutifs de l’asservissement

1. **A l’aide de la description précédente et des modèles temporels (1)-(2)-(3)-(4), compléter la représentation par schéma-bloc de la platine dessinée dans la Figure 2 , et indiquer à quel sous-sytème physique correspond chaque bloc. On note ,, etc. On donne et .**

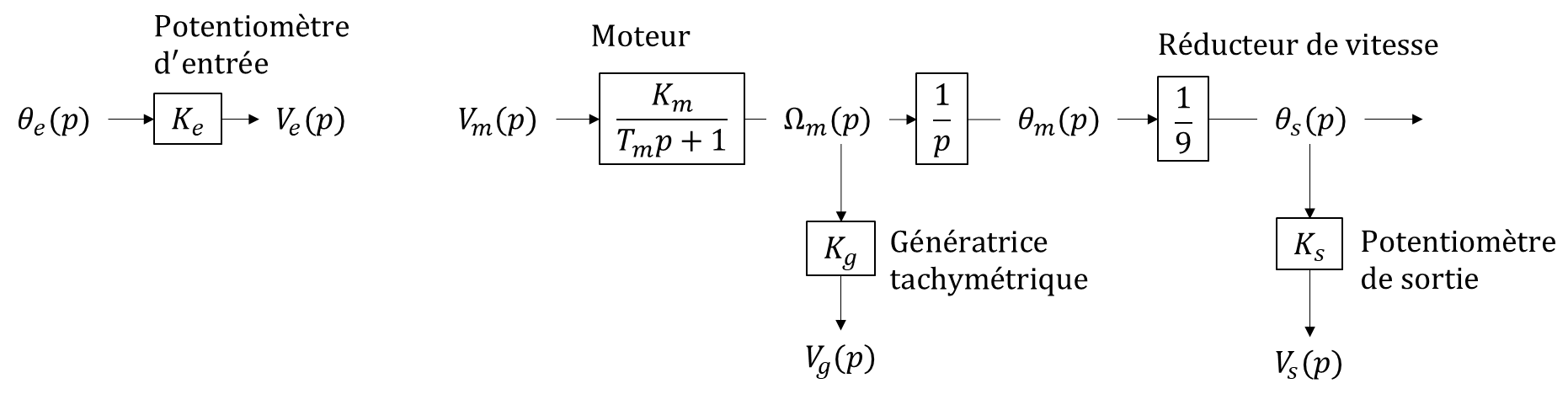


Figure 2 - Schéma-bloc de la platine didactique

1. **En constatant que le sous-système compris entre les tensions – accessibles à la mesure – et est du premier ordre, identifier expérimentalement par une méthode indicielle les coeffcients et intervenant dans le modèle du moteur. Indiquer le principe d’une méthode harmonique permettant également leur détermination, sans l’expérimenter sur le procédé.**

On sait qu’un système du 1er ordre est de la forme on peut déduire que est un système du premier ordre avec et .

Soit 2 méthodes pour déterminer et  :

* **Par la méthode indicielle**
* **Par la méthode harmonique**

**Par la méthode indicielle**

* On applique un signal échelonné d’amplitude et de fréquence faible au moteur à l’aide d’un et on observe la tension de sortie à l'aide d'un oscilloscope.
* On identifie graphiquement :
  + : Le gain du système correspondant à la valeur finale divisée par l’amplitude du signal échelonné injecté en entrée . Soit
  + : Temps nécessaire pour que la réponse atteigne de la valeur finale,

Une image contenant graphique

Description générée automatiquement

Figure 3 - Identification graphique de et dans le cas d’un système du 1er ordre

**Par la méthode harmonique** (2 méthodes)

* Par lecture du diagramme de Bode (MATLAB)
* Par l’expérimentation (lecture sur l’osciloscope)

|  |  |
| --- | --- |
| **Méthode harmonique 1 : Par lecture du diagramme de Bode (MATLAB)** | |
| Une image contenant diagramme  Description générée automatiquement | Où le **gain statique** se calcule de la manière suivante :  Et la **constante de temps**  : |

|  |  |
| --- | --- |
| **Méthode harmonique 2 : Par l’expérimentation (lecture sur l’osciloscope)** | |
| Pour le **gain statique**   * Synchroniser le signal sinusoidal d’entrée via le trigger * Rechercher une fréquence pour laquelle le signal d’entrée et le signal de sortie sont en phase (si à de ) * Etaler verticalement e(t) et s(t) avec les calibres temporels * Activer les mesures ou avec l’outil * Relever les valeurs et * Calculer | Pour la **constante de temps** (et le gain staique )   * Synchroniser le signal sinusoidal d’entrée via le trigger * Activer la mesure de déphasage via l’outil * Placer les curseurs-lignes * Rechercher la fréquence pour laquelle est en retard de phase de par rapport à * Calculer   Suite a la détermination de on peut aussi mesurer le gain statique avec la procédure suivante :   * Activer les mesures via l’outil * Relever les valeurs et * Calculer |

Une image contenant graphique

Description générée automatiquementUne image contenant graphique

Description générée automatiquement

Figure 4 - Affichage osciloscoppe pour la méthode harmonique par expérimentation avec

* A gauche : la determination du gain statique
* A droite : la détermination de la constante de temps (et optionnellement du gain statique )

## Mise en place d’une commande proportionnelle

On considère l’asservissement de position, présenté Figure 5, dont la grandeur de commande est définie par la relation , avec .

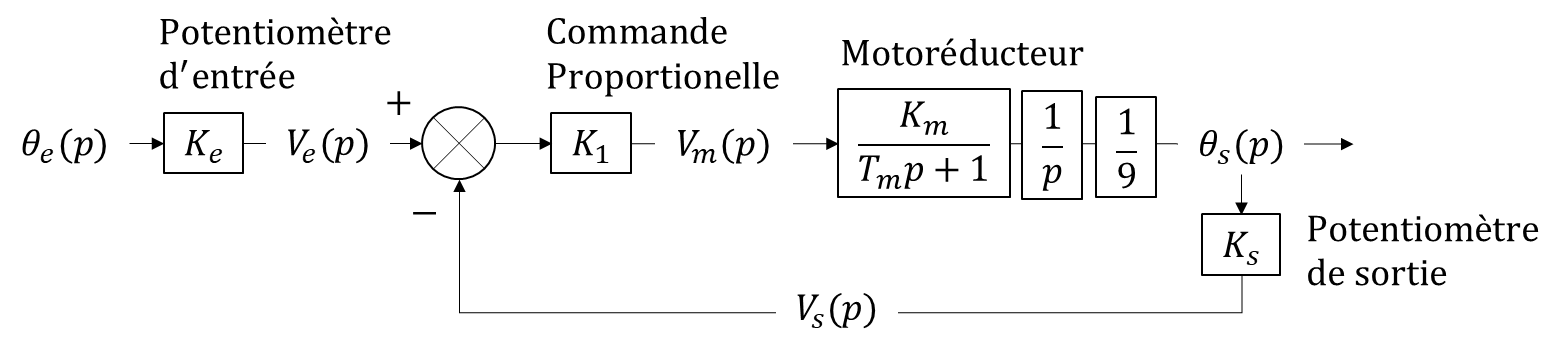


Figure 5 - Schéma bloc de l'asservissement de position par commande proportionelle

1. **Ecrire la fonction de transfert de l’asservissement.**

Nos mesures expérimentales donnent :

1. **Réaliser un tel asservissement sur le procédé physique pour , en utilisant la platine PID Controller.**

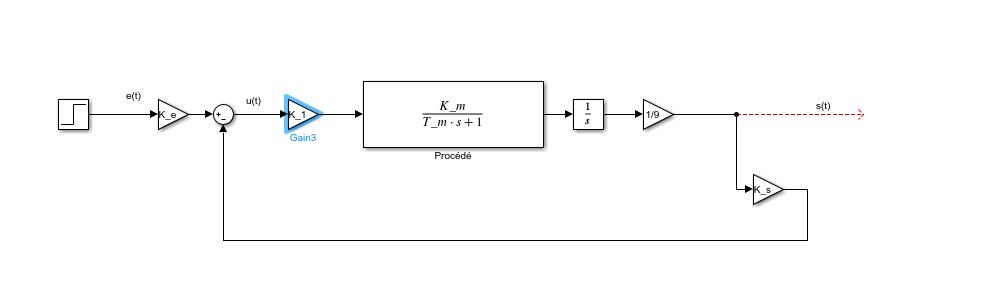


Figure 6 – Schéma bloc de l’asservissement de position sur MATLAB-SIMULINK avec

## Analyse de la stabilité de l’asservissement

1. **Etablir la fonction de transfert de la boucle ouverte à partir de laquelle il est possible de conclure sur la stabilité du système asservi par application du critère du revers, en justifiant pourquoi ce critère peut être invoqué ici.**

Comme demandé en Travaux Pratique nous mettrons en application le critère de Routh en non celui du revers afin de déterminer si notre système est stable. Néanmoins pour pouvoir l’utiliser on se doit de connaitre la fonction de transfert en boucle ouverte . Dans notre cas

avec .

Ainsi, la table de Routh aura  lignes.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Comme tous les éléments de la 1ère colonne de la Table de Routh sont de même signe et non nuls et qu’on sait que et on peut donc en déduire que le système sera stable a condition que .

**Tracer sous MATLAB le diagramme de Bode de pour puis pour . Conclure sur la stabilité de l’asservissement et mesurer ses marges de gain et de phase. Comment évoluent ces propriétés sous l’effet d’une modification de ?**

|  |  |
| --- | --- |
| **Diagramme de Bode en boucle ouverte avec** | **Diagramme de Bode en boucle ouverte avec** |
|  |  |
|  |  |

Dans les deux cas donnés, la marge de gain en boucle ouverte est infinie, ce qui signifie que le système a une bonne robustesse en termes de stabilité de gain. En revanche, la marge de phase diminue lorsque augmente, passant de 37.8459° à 23.7073°. On peut donc conclure que, bien que le système est proche de la limite de stabilité, le système reste stable tant pour que pour (mais reste plus stable pour que pour ).

1. **étant fixé à , étudier la stabilité du système asservi directement à partir de sa fonction de transfert sans procéder au calcul explicite de ses pôles. Déterminer l’ensemble des valeurs de , positives ou négatives, conduisant à une boucle fermée stable.**

(voir question 5)

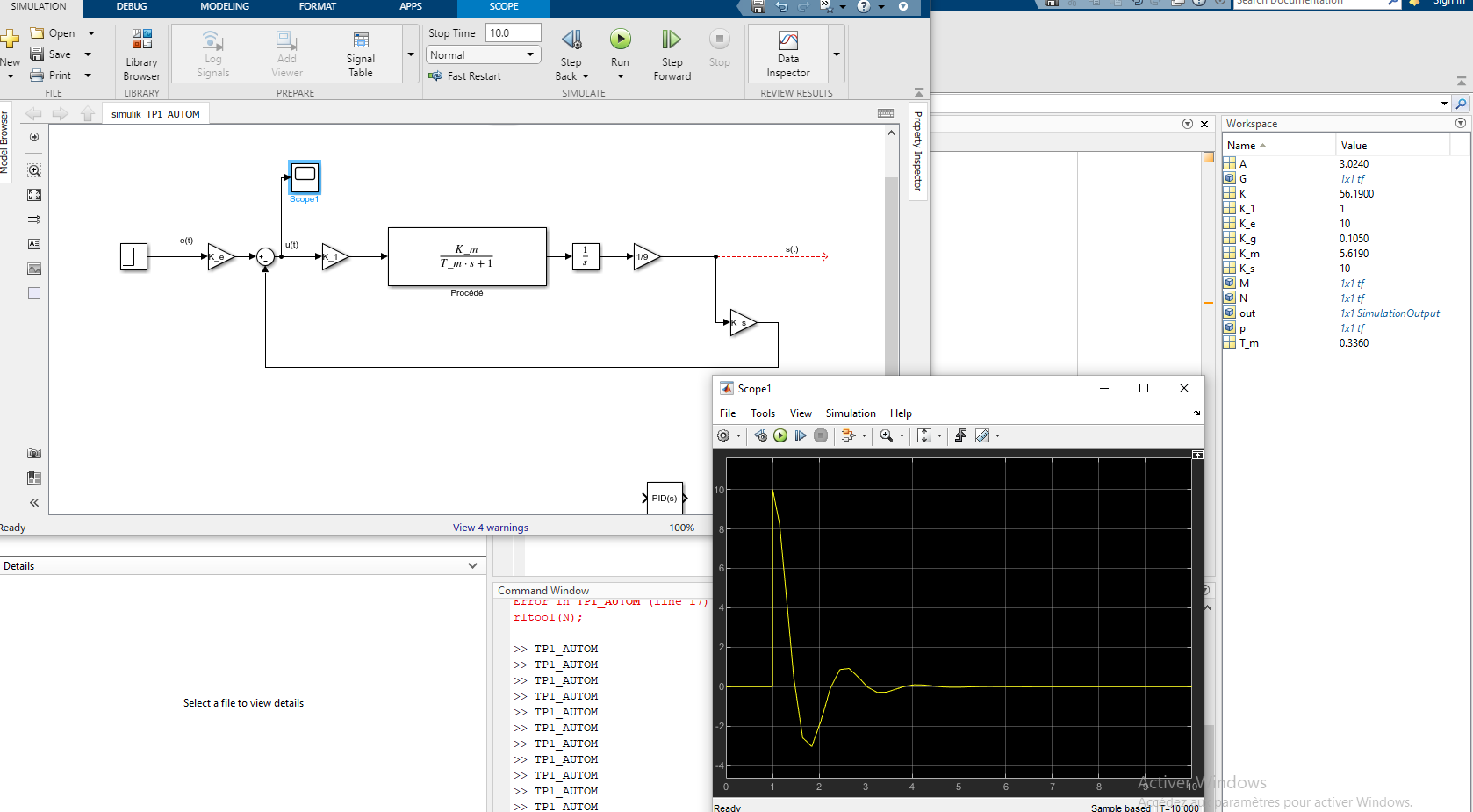
1. **Retrouver ces considérations théoriques liées à la stabilité de lorsque varie, par simulation sous MATLAB-SIMULINK puis par expérimentation sur le procédé.**

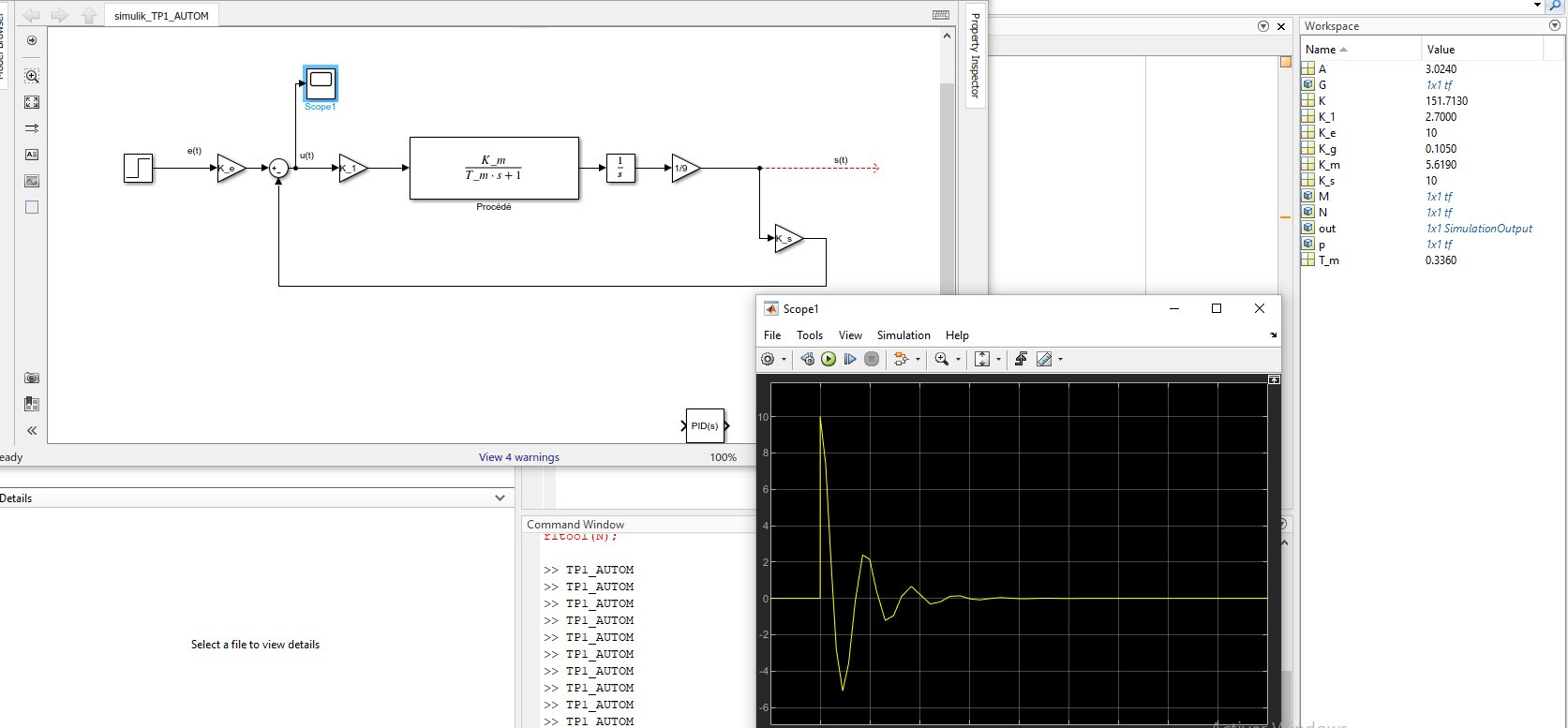
## Analyse des performances temporelles de l’asservissement

1. **Simuler sous MATLAB-SIMULINK la réponse indicielle de l’asservissement pour et . Relever la valeur théorique du temps de montée, du temps de réponse, et, s’il y a lieu, du premier dépassement pour chacune des valeurs de .**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

1. Répéter ces mesures sur la réponse indicielle expérimentale. Concordent-elles avec leurs valeurs théoriques ? Pourquoi ?
2. On suppose que le gain est réglé de telle sorte que l’asservissement soit stable. Calculer la transformée de Laplace de l’erreur . En déduire les expressions théoriques de l’erreur de position pour une consigne échelon de position de valeur , et de l’erreur de vitesse pour une consigne échelon de vitesse de pente . Indiquer le sens d’évolution de ces erreurs en fonction de . La valeur de était-elle prévisible ? Pourquoi ?





1. Retrouver les valeurs de et par simulation sous MATLAB-SIMULINK, puis par expérimentation sur le procédé.

## Analyse harmonique de l’asservissement

1. **Simuler sous MATLAB-SIMULINK la réponse harmonique de l’asservissement pour et . Relever la valeur théorique de la pulsation de coupure, de la pulsation de résonance, et du coefficient de surtension.**

Rappel : On utilise

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Une image contenant texte  Description générée automatiquement |  |
|  |  |

Faire un graph pour monter comment on trouve les omegaC et omegaR

1. Relever ces mêmes grandeurs caractéristiques sur le procédé physique. Discuter la concordance avec leurs valeurs théoriques.

## Conclusion

1. Résumer le comportement de l’asservissement selon le choix de la valeur positive de .

Faire un tableau comparatif

Réalisation d’un asservissement de position sur un procédé électromécanique

# But de la manipulation

Cette manipulation concerne la réalisation d’un asservissement de position angulaire autour du procédé électromécanique déjà utilisé en séances de Travaux Pratiques. L’objectif principal est de synthétiser et d’implémenter un correcteur de type avance de phase. On rappelle le schéma-bloc de l’asservissement lorsqu’un retour proportionnel est utilisé.

Une image contenant diagramme, schématique

Description générée automatiquement

Figure 7 - Asservissement de position avec correction proportionnelle

# Mise en place d’un correcteur à avance de phase

L’asservissement de la position de l’axe secondaire du procédé électromécanique est réalisé au moyen d’une commande proportionnelle de la forme .

1. **Rappeler les propriétés du système asservi selon que ou .**

(voir Annexe)

On souhaite que l’asservissement possède la même erreur de traînage que celle obtenue dans le cas où , mais que sa marge de phase soit de l’ordre de .

1. **Indiquer la raison de ce choix de .**

rajoute un pôle et un zéro

Car si on augmente trop (bien que cela réduise l’erreur de vitesse) la réponse sera trop rapide et le système physique n’aura pas le temps de réagir à la commande.

1. **Montrer qu’une commande décrite par l’expression algébrique , avec où et , permet d’atteindre ces objectifs.**
2. **Indiquer pourquoi la valeur de doit être déterminée préalablement à .**
3. **Etablir les valeurs de , et .**
4. **Vérifier en simulation sous MATLAB-SIMULINK que les propriétés souhaitées sont théoriquement satisfaites.**
5. **Sachant que le circuit électronique présenté Figure 3 admet pour fonction de transfert – les signaux et définis ici n’ayant aucun rapport direct avec les signaux et accessibles sur la platine électromécanique –, câbler le réseau correcteur ainsi que l’asservissement.**

Une image contenant texte, horloge

Description générée automatiquement

Figure 8 - Réalisation électronique d’un réseau avance de phase

1. Etudier en simulation puis sur le procédé les réponses temporelles à un échelon de position d’amplitude et à un échelon de vitesse de pente . Comparer les nouvelles caractéristiques avec celles obtenues pour la commande proportionnelle , : erreurs, temps de montée et de réponse, dépassement,... Quelle serait l’influence d’une modification de sur les réponses temporelles observées ?
2. Etudier en simulation puis sur le procédé la réponse harmonique de l’asservissement. Comparer la pulsation de résonance, le coefficient de surtension, et la pulsation de coupure aux valeurs établies pour , .
3. Pourrait-on réaliser les mêmes objectifs ( et conservation de l’erreur de vitesse) avec un correcteur de type retard de phase? Si oui, donner sa structure et expliquer brièvement comment déterminer ses paramètres.

**Tableau de synthèse des résultats**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Caractéristiques de performance** | **Commande Proportionnelle** | | **Avance de phase** | **Autre commande ? PID ?** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**Rappel : Le cahier des charges donne :**

**Attention à la commande appliquée au système !**