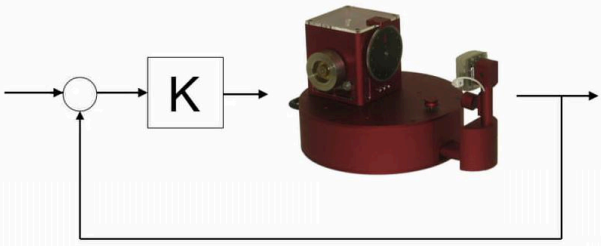


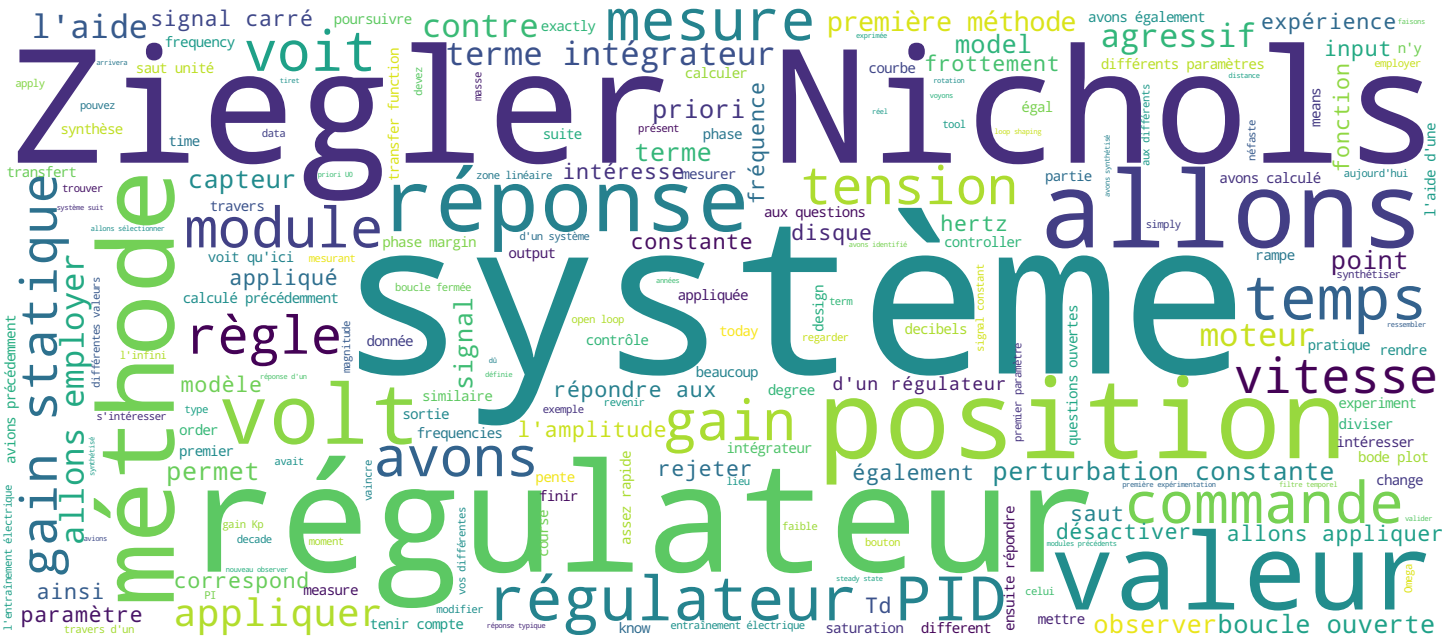
Synthèse du régulateur

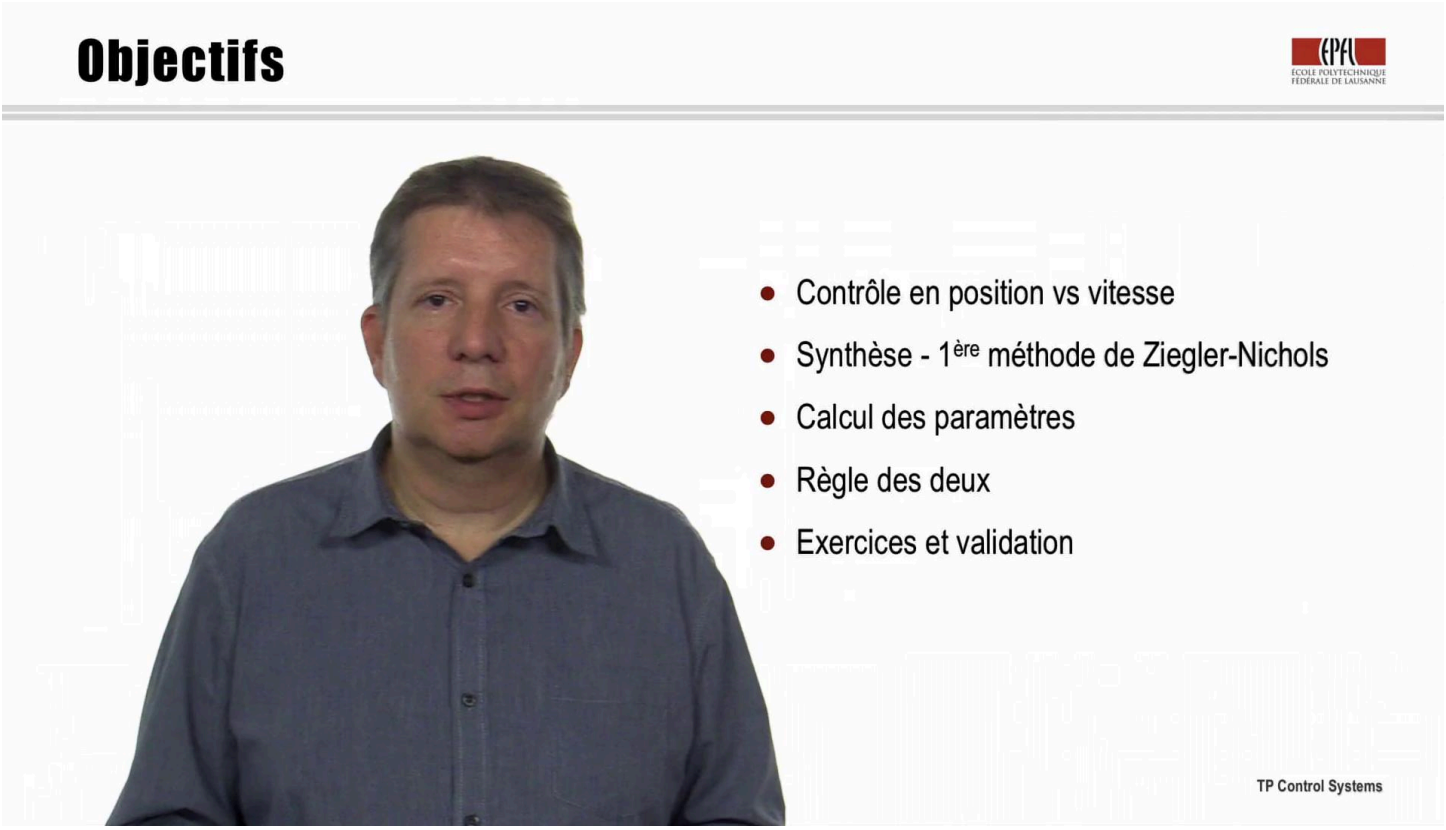
Contrôle en position avec Ziegler-Nichols

Controls Systems' Hand on Sessions

Christophe Salzmann & Colin Jones

Automatic Control Lab





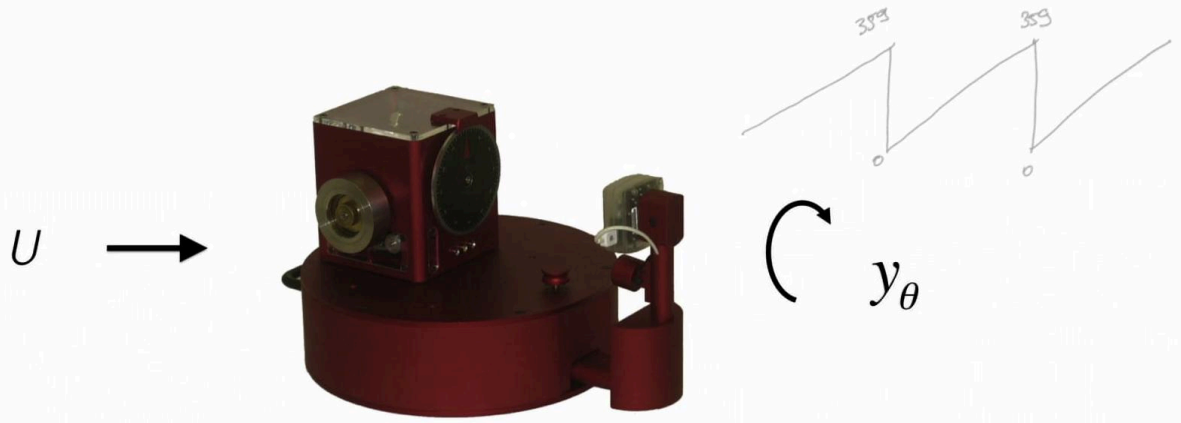
Bonjour. Dans ce module, nous allons nous intéresser au contrôle en position de l'entraînement électrique. Nous nous sommes intéressés précédemment au contrôle en vitesse de ce système. Pour cela, nous allons employer la méthode de Ziegler-Nichols pour synthétiser le régulateur. Nous allons voir comment calculer les différents paramètres. Nous allons également voir la règle des deux qui permet de rendre un régulateur calculé par Ziegler-Nichols moins agressif. Pour finir, nous allons faire quelques exercices pour valider les régulateurs que nous avons synthétisés par la méthode de Ziegler-Nichols.

Notes

Summary

0m 04s

Mesure en position



La position est remise à zéro à chaque tour

TP Control Systems

Dans ce module, nous allons employer le même entraînement électrique que dans les modules précédents. Cependant, au lieu de mesurer la vitesse angulaire de la masse, nous allons nous intéresser à la position du disque. On va toujours appliquer une tension U au système et cette fois, nous allons mesurer la position du disque au travers d'un capteur. La mesure, c'est l'angle θ qu'on voit ici, donc la sortie yθ. Cette sortie est exprimée en volts, entre plus ou moins 5 volts et comme le système tourne à l'infini, la tension va monter, monter puis quand elle arrivera à par exemple 359 degré, elle va revenir à zéro pour ensuite remonter et ainsi de suite. Un autre tiret ici.

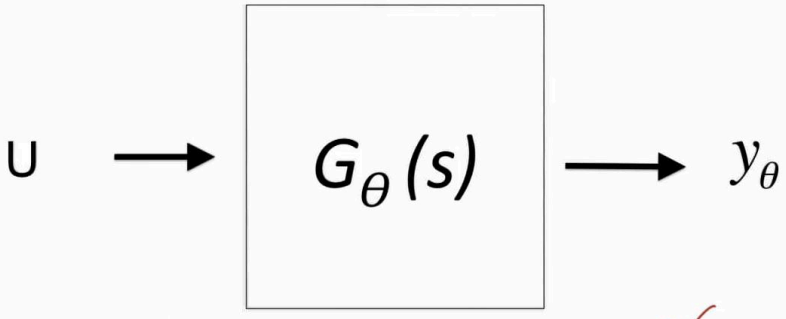
Notes

Summary

0m 34s

Fonction de transfert en boucle ouverte

$$G_\theta(s) = \frac{\gamma_\theta}{s(\tau s + 1)}$$



$\gamma_\omega \neq \gamma_\theta$

TP Control Systems

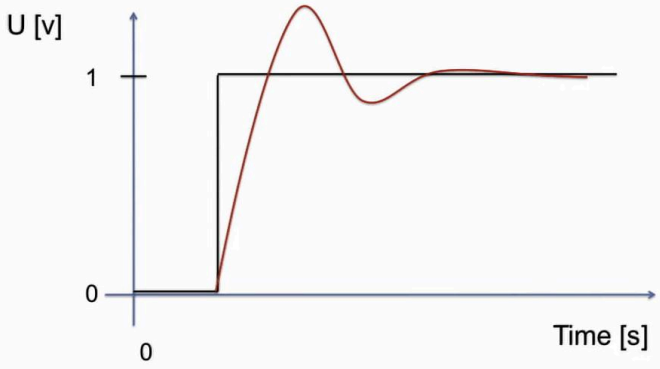
La fonction de transfert de notre système en boucle ouverte est très similaire à celle que nous avions pour le système en vitesse. Seulement, nous voyons ici un terme intégrateur qui est dû à la mesure de la position. On voit également ici qu'on a le gain statique comme précédemment. Le gain, c'est le gain vu par le capteur de position et plus le gain vu par le capteur de vitesse. Donc le gain statique que nous avions précédemment n'est pas du tout égal au gain statique que nous avons pour la position. Par contre, la constante de temps, elle est similaire à celle que nous avions précédemment. Intuitivement, on sent bien que la constante du temps du système devrait ressembler à celle que nous avons précédemment. Rien ne change. Par contre, la mesure que nous faisons au travers de deux capteurs différents implique que le gain statique est différent.

Notes

Summary

1m 27s

Synthèse - 1ère méthode de Ziegler-Nichols



- Facile à implémenter
  - Appliquer un saut en boucle ouverte
  - Pas de connaissances a priori nécessaires
- "Agressive"
  - Réduire le gain
- Dépassement
  - Ne convient pas à tous les systèmes, par ex. commande d'axe de machine outil

TP Control Systems

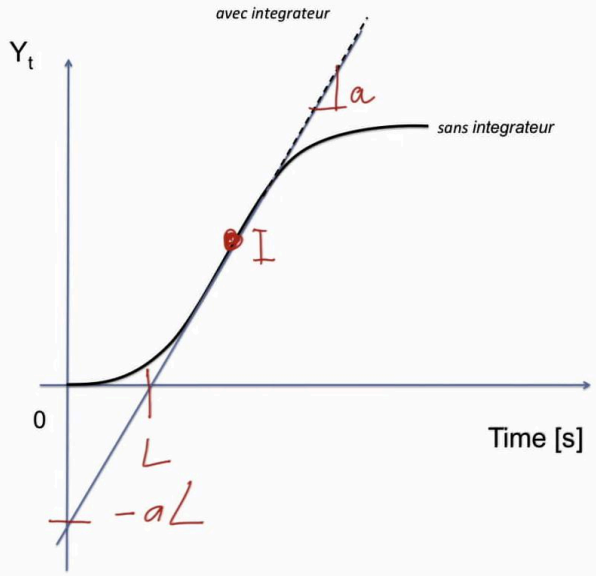
La méthode de synthèse du régulateur que nous allons voir aujourd'hui est la première méthode de Ziegler-Nichols. C'est une méthode qui a été définie dans les années 1940. Cette figure représente une réponse typique à un saut unité pour un système qui a été synthétisé à l'aide des Ziegler-Nichols. Cette méthode est relativement simple et facile à implémenter. Il suffit d'appliquer un saut en boucle ouverte au système pour pouvoir trouver les informations nécessaires au design du régulateur PID. Il n'y a pas de connaissances a priori à avoir. Par contre, ce qu'on voit, c'est que la réponse est relativement agressive. Il y a un over shoot qui peut être néfaste dans certains cas. Il suffit d'imaginer que vous allez contrôler l'axe d'une machine-outil et si vous avez un dépassement de ce type, vous allez mordre dans la matière. Dans quelques semaines, nous allons voir comment réduire l'agressivité du régulateur designé par Ziegler-Nichols.

Notes

Summary

2m 23s

1ère méthode de Ziegler-Nichols



Z-N 1ère méthode

- Appliquez un saut en boucle ouverte
- Identifiez les paramètres clés *a* et *L*
- Calculez les paramètres des régulateurs P, PI, PID à l'aide de la table de Z-N

TP Control Systems

La première méthode de Ziegler-Nichols fonctionne comme suit. Vous avez ici la réponse d'un système soit avec un intégrateur, soit sans intégrateur et on va s'intéresser à quelques paramètres clés. Le premier paramètre qui nous intéresse, c'est la pente de cette courbe ici. On voit qu'ici, on a notre point d'inflexion I et la pente de notre courbe ici que l'on définit comme a. Il y a aussi l'autre point qui nous intéresse, c'est cette valeur L, c'est au moment où la droite coupe l'axe du temps. Nous avons également ici la valeur moins a fois L. Une fois que nous avons identifié ces valeurs a et L, on peut à l'aide d'une table fournie par Ziegler-Nichols, calculer les paramètres des différents régulateurs P, PI ou PID.

Notes

Summary

3m 17s

Table – 1ère méthode de Ziegler-Nichols

Contrôleur	K_p	T_i	T_d
P	1/aL	-	-
PI	0.9/aL	3 L	-
PID	1.2/aL	2 L	L/2

- En pratique, l'amplitude du saut de tension est souvent différente de 1
- Il faut en tenir compte et diviser *a* par l'amplitude du signal appliqué

TP Control Systems

Vous avez ici la table pour la première méthode de Ziegler–Nichols en rentrant vos différentes valeurs a et L et en fonction du régulateur que vous trouvez, vous pouvez trouver les valeurs des différents paramètres Kp, Ti ou Td. Dans la pratique, c'est rarement un saut unité que vous avez appliqué à votre système. Donc, vous devez en tenir compte et diviser a pour tenir compte de l'amplitude du signal qui est appliqué.

Notes

Summary

4m 12s

Expérimentation 1 – PID avec Z-N

En boucle ouverte et mesure de la **position**

- Appliquez un saut dans la zone linéaire (~0.7 - 2 [v]) et sauvez le résultat
- Utilisez l'outil de fit-temporel, chargez la réponse du saut et ajustez le modèle pour identifier les valeurs *a* et *L*
- Employez la table de Z-N's pour trouver les coefficients du régulateur PID

TP Control Systems

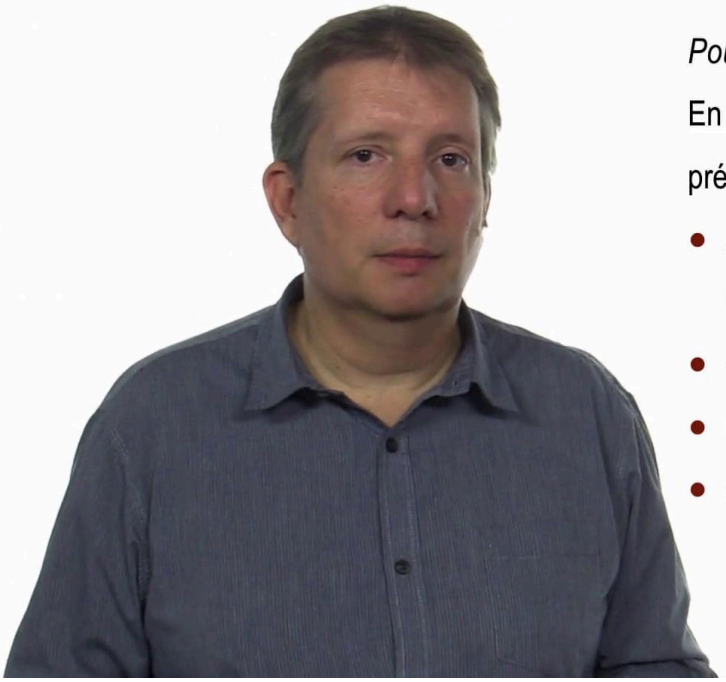
Dans cette première expérimentation, nous allons synthétiser en régulateur à l'aide de la méthode de Ziegler-Nichols. Pour cela, nous allons faire en premier une mesure en boucle ouverte en mesurant la réponse en position du système. Nous allons appliquer un saut dans la zone linéaire entre à peu près zéro-sept et deux volts et nous allons enregistrer le résultat. Ensuite, nous allons utiliser l'outil de filtre temporel. Nous allons sélectionner le modèle qui correspond à celui que nous avons et nous allons ajuster les valeurs de a et L. Une fois que nous avons trouvé ces deux paramètres a et L, nous allons regarder dans la table de Ziegler-Nichols qui correspond à la première méthode pour trouver les gains d'un régulateurs PID.

Notes

Summary

4m 37s

Expérimention 2 – validation avec une rampe



Poursuite d'une rampe sans trainée

En utilisant le régulateur PID calculé précédemment (expérimentation 1)

- Appliquez une **rampe** entre -1 et 1 [v], avec une fréquence de 0.05 [Hz]
- Observez la réponse
- Désactivez le terme intégrateur du contrôleur
- Observez la réponse

TP Control Systems

Le but de cette expérience est de poursuivre une rampe sans trainée. Nous allons employer le régulateur PID précédent. Nous allons appliquer une rampe entre plus ou moins un volt avec une fréquence de 0,05 hertz et vous allez observer la réponse. Est-ce que votre système suit correctement la rampe qui est injectée. Dans un deuxième temps, vous allez désactiver le terme intégrateur et vous allez observer la réponse. Normalement, un traînée devrait apparaître.

Notes

Summary

5m 17s

Expérimentation 3 – PID & signal carré

En utilisant le régulateur PID calculé précédemment

- Appliquez un signal carré entre -1 et 1 [v], avec une fréquence de 0.05 [Hz]
- Observez la réponse (commande)
- Désactivez les termes *D* et *I* du régulateur
- Observez la réponse (commande)

TP Control Systems

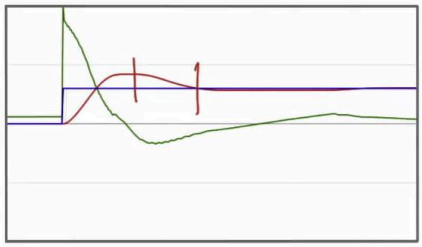
Dans cette troisième expérience, vous allez toujours employer le même régulateur PID, mais cette fois avec un signal carré, toujours entre zéro et un volt. Et vous allez observer la réponse du système et plus particulièrement la commande qui est appliquée au système. Vous allez ensuite désactiver le terme d et le terme I du régulateur et vous allez de nouveau observer la commande. Vous allez ensuite répondre aux questions ouvertes qui sont proposées dans ce module.

Notes

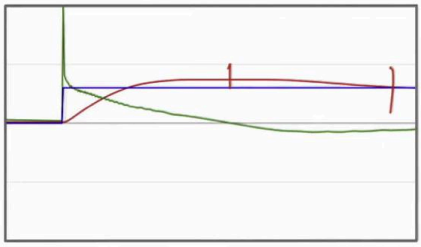
Summary

5m 44s

"Règle des deux"



Sans règle des deux



Avec règle des deux

- La règle des deux est une solution empirique pour rendre moins agressif un régulateur défini à l'aide de Z-N.
- Elle divise K_p par 2 et multiplie T_i et T_d par 2

TP Control Systems

La synthèse d'un régulateur à l'aide de Ziegler-Nichols produit souvent un régulateur qui est très agressif. Une des méthodes pour le rendre moins agressif est la règle des deux. C'est une règle empirique qui divise le gain Kp par deux et qui multiplie Ti et Td par deux. On voit ici le premier système avec une réponse de Ziegler-Nichols. On voit qu'on a une pente assez rapide, de forts dépassements, mais par contre le temps, ici, est assez rapide. On voit ici la réponse du même système, mais cette fois, on a appliqué la règle des deux aux différents gains du régulateur PID et on voit qu'ici le temps d'établissement est beaucoup plus grand par l'amplitude ici est beaucoup plus faible que celle qu'on avait ici. Notre régulateur est moins agressif, mais il est aussi plus lent.

Notes

Summary

6m 07s

Expérimentation 5 – PID & rejet de perturbations

Une perturbation constante peut être simulée en appliquant une commande a priori

En position, utilisez le régulateur PID (avec la règle des deux) calculé précédemment

- Appliquez un signal constant de 1 [v]
- Changez la commande a priori (U_0) de 0 à 2 [v]
- Observez la réponse
- Désactivez le terme intégrateur
- Observez la réponse

TP Control Systems

Dans cette quatrième expérience, on va mettre en œuvre la règle des deux. Pour cela, nous allons employer le régulateur que nous avons calculé précédemment à l'aide de Ziegler-Nichols. On va appliquer toujours un signal carré entre -1 et 1 volt avec une fréquence de 0,02 hertz. On va regarder la réponse. Ensuite, on va appliquer la règle des deux et modifier les paramètres du régulateur PID, Kp, on va le diviser par deux et on va multiplier par deux Ti Td. Vous allez ensuite observer la réponse pour pouvoir répondre aux questions vertes du module courant. Dans cette dernière expérience, on va voir comment un régulateur PID pour le système en position peut rejeter une perturbation constante. Cette perturbation constante, on va la simuler à l'aide d'une commande a priori qu'on applique au système. On a vu que le terme I permettait de compenser le frottement du moteur, mais on va voir qui permet aussi de rejeter une perturbation constante.

Notes

Summary

6m 54s

Expérimentation 5 – PID & rejet de perturbations

Pour cela, nous allons prendre le régulateur PID que nous avons calculé précédemment, nous allons appliquer un signal constant de 1 volt, puis, nous allons changer la commande a priori U0 en passant de 0 à 2 volts. Puis, vous allez désactiver le terme PID et observer l'effet sur la réponse. Vous pourrez ensuite répondre aux différentes questions ouvertes relatives à cette expérience.

Notes

Summary

7m 53s

Conclusions

Qu'ai-je appris aujourd'hui ?

- Le système en position a un intégrateur
- La première méthode de Ziegler-Nichols définit un contrôleur *agressif*
- Le terme intégrateur permet de vaincre les frottements et de rejeter une perturbation constante

TP Control Systems

Aujourd'hui, nous avons vu que le système en position à un intégrateur qui est déjà présent. Nous avons également vu la méthode de synthèse de Ziegler-Nichols qui définit un régulateur qui est relativement agressif. Nous avons vu la méthode des deux qui permet de réduire l'« agressivité » de ce régulateur. On a aussi vu que le terme intégrateur permet un, de vaincre les frottements et également de rejeter une perturbation constante.

Notes

Summary

8m 10s