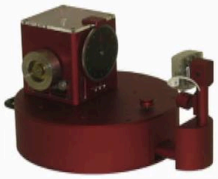
ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE



$$G_\omega(s)$$

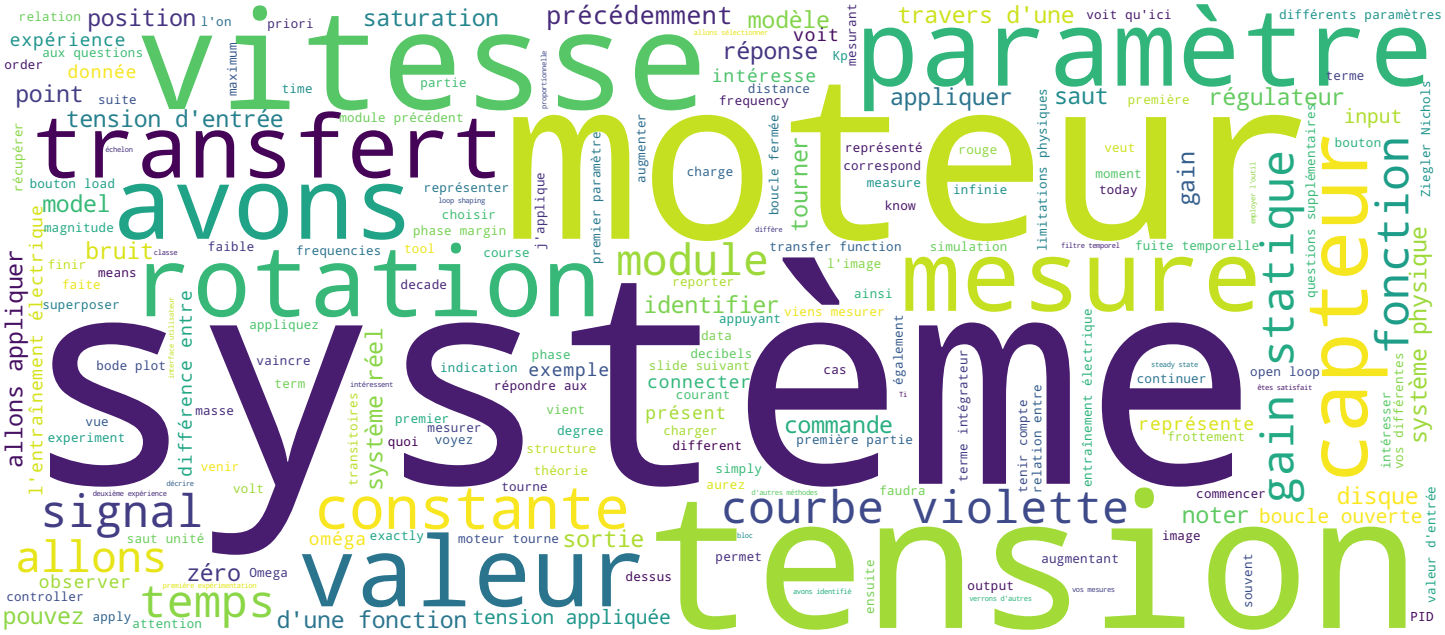
System Modeling

Parameters identifications using step response

Controls Systems' Hand on Sessions

Christophe Salzmann & Colin Jones

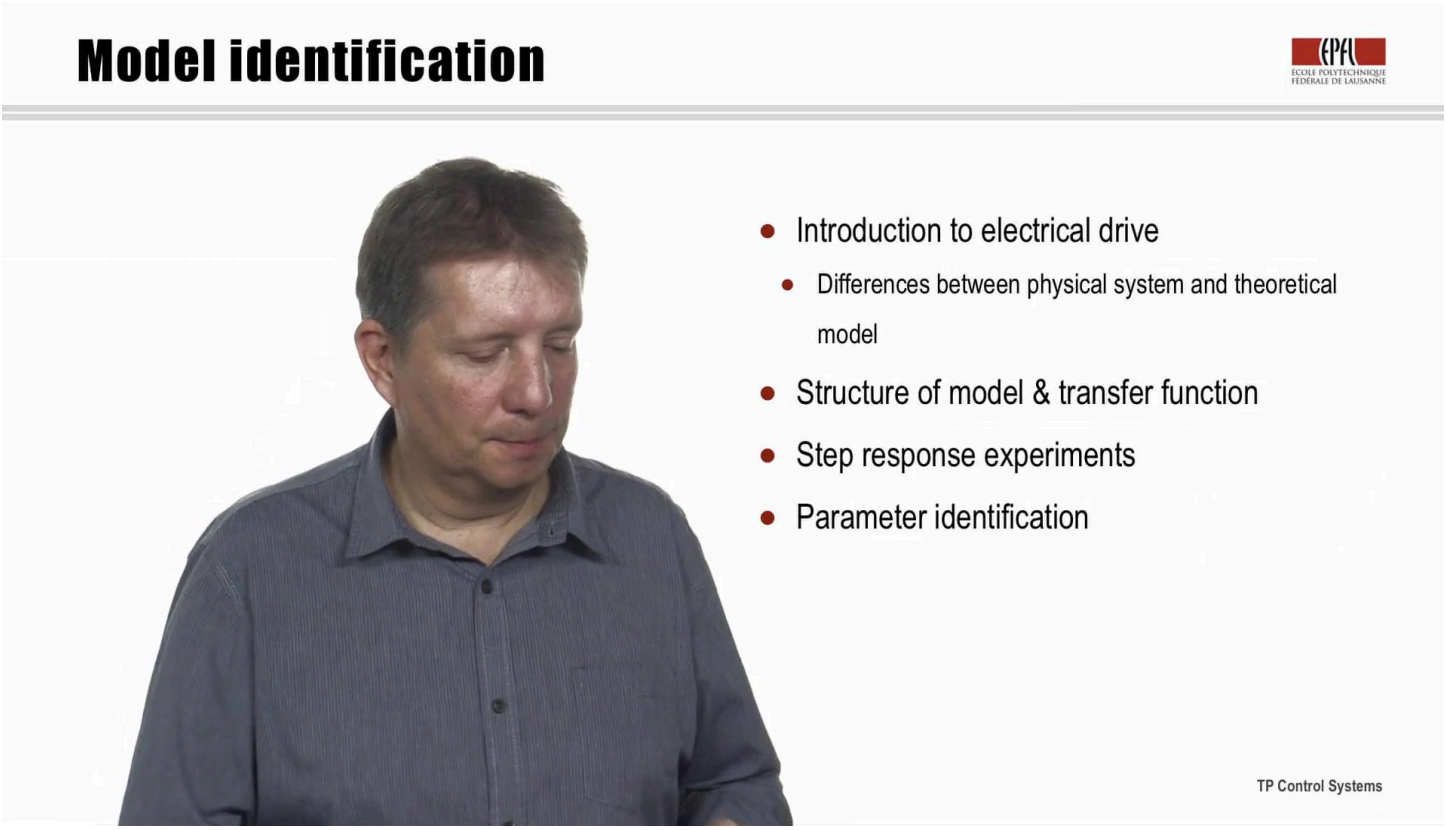
Automatic Control Lab



Search MOOC

Video

EPFL



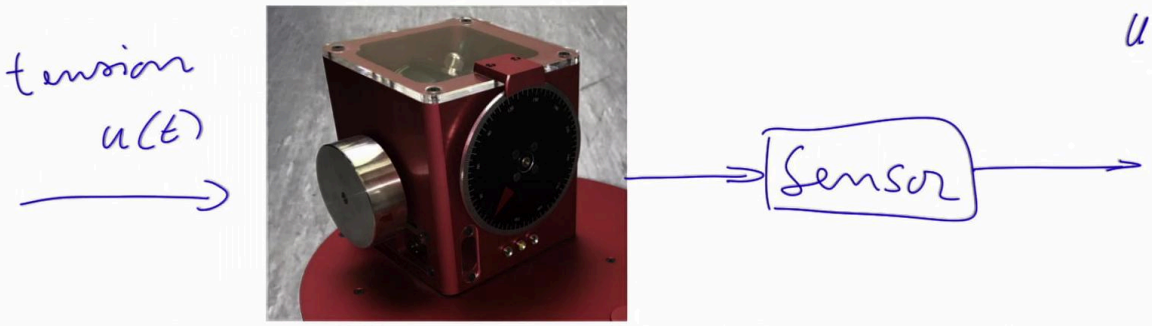
Bonjour ! Bienvenue dans ce module qui va couvrir l'identification d'un modèle. Ce que nous aimerions modéliser aujourd'hui, c'est l'entraînement électrique que nous avons vu au module précédent. Nous allons nous intéresser à la structure de ce modèle ainsi qu'à la fonction de transfert qui va décrire ce modèle. Dans cette fonction de transfert, il y aura différents paramètres que nous allons identifier... Et pour les identifier, nous allons appliquer un échelon au système en boucle ouverte et ainsi, nous allons pouvoir extraire les différents paramètres qui nous intéressent. Et vous allez pouvoir tester tout ça sur le système réel et vous allez voir qu'il y a une différence entre la théorie que vous avez vue en classe et les paramètres réels que vous allez identifier. Il faudra faire attention à certaines limitations physiques du système qui diffère de la théorie où on a souvent un système idéal.

Notes

Summary

0m 04s

Electrical drive



TP Control Systems

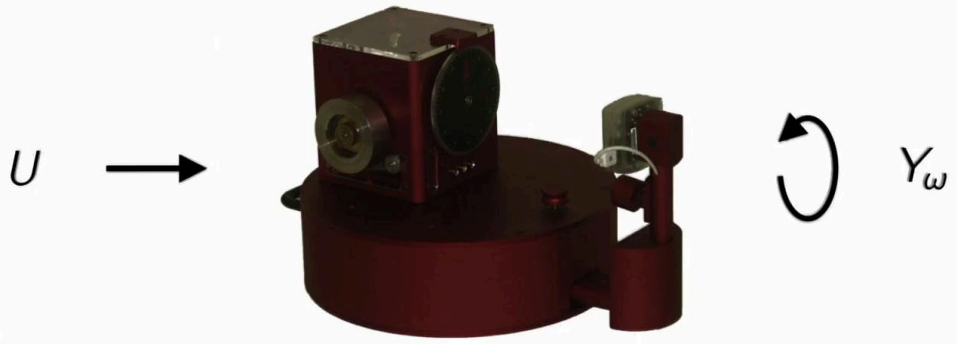
Ici, nous avons l'entraînement électrique que nous avons vu précédemment. Sur ce système, je viens appliquer une tension U. Cette tension va faire tourner le moteur. Vous allez voir le disque ici, tourner, ainsi que la masse, la charge qui va tourner également. Vous avez ici un capteur qui vient mesurer soit la vitesse de rotation, soit la position du disque. En fait, vous avez deux capteurs. Et en sortie du capteur, vous avez une tension U qui est proportionnelle à la vitesse de rotation du système par exemple, ou à la position du disque.

Notes

Summary

0m 56s

Electrical drive



What is the dynamic relationship between input [volt] and output speed [volt]?

TP Control Systems

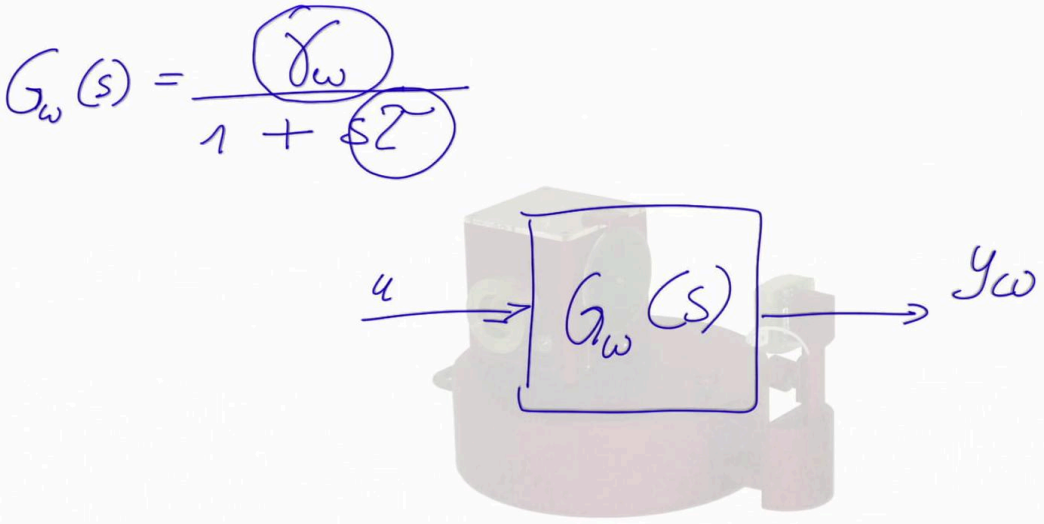
Ce qui nous intéresse, c'est la relation entre la tension d'entrée que j'applique au moteur et la tension que je viens mesurer sur le capteur qui est une image de la vitesse de rotation du moteur. Donc c'est cette relation qui nous intéresse et c'est cette relation que nous allons décrire au travers d'une fonction de transfert.

Notes

Summary

1m 37s

Model transfer function



What is the dynamic relationship between input [volt] and output speed [volt]?

TP Control Systems

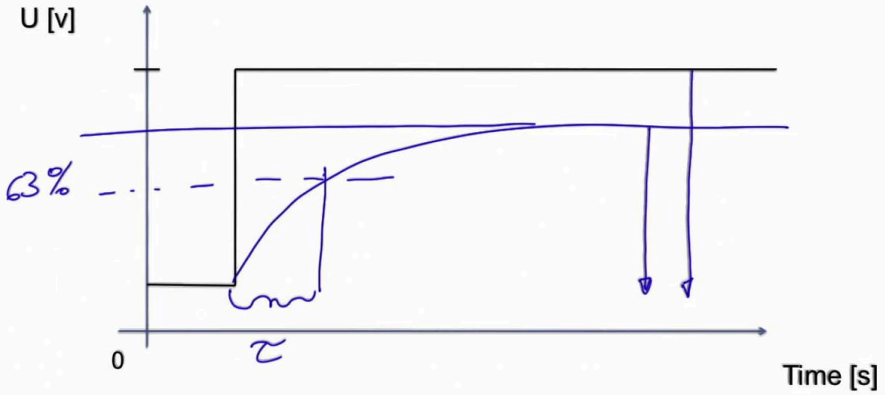
Je peux représenter la relation dynamique entre la tension d'entrée et la tension de sortie au travers d'une fonction de transfert. Donc le bloc que j'ai ici, je vais le représenter à travers d'une fonction de transfert entre l'attention que j'applique et l'image, ici, Y oméga. Le oméga indique que je viens mesurer la vitesse de rotation, cette fonction de transfert. J'ai oméga de S, peut s'écrire comme ça. Vous avez ici un premier paramètre qui est le gain statique sur un plus S. Vous avez ici deux paramètres. Le premier qui représente le gain statique du système, on va le voir à quoi ça correspond dans le slide suivant. Et vous avez ici un autre paramètre qui représente la constante de temps du système.

Notes

Summary

1m 58s

Model parameters



TP Control Systems

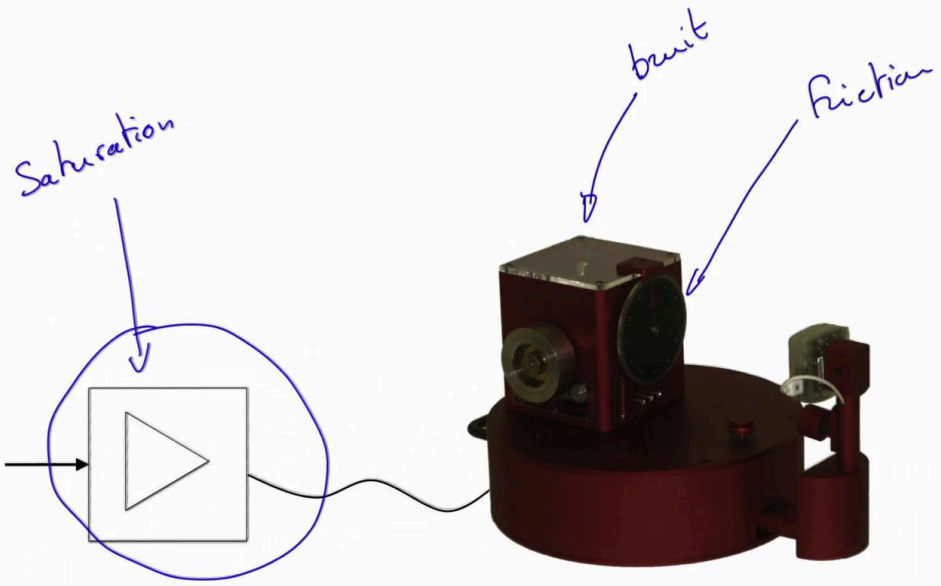
La fonction de transfert du système a deux paramètres. Nous avons le gain statique et la constante de temps. Il est possible d'identifier ces deux paramètres en appliquant un saut unité à l'entrée de notre entraînement électrique et en mesurant la réponse du signal. La réponse sera de cet ordre-là et on va voir à quoi correspondent ces deux valeurs. La première, le gain statique, c'est le ratio entre la valeur d'entrée et la valeur de sortie du signal une fois que les transitoires sont terminées. De même, la constante de temps se mesure au 63 % de la valeur finale du système. Nous avons ici approximativement les 63 % et la constante de temps représente ce temps ici... Vous voyez ici, une représentation graphique des deux paramètres de la fonction de transfert vu précédemment.

Notes

Summary

3m 00s

Physical system



TP Control Systems

Dans ce MOOC, vous allez travailler avec un système physique et c'' système physique a des limitations. La première limitation que vous allez avoir, elle vient de l'alimentation du système. Cette alimentation n'est pas infinie. Vous ne pouvez pas appliquer une tension de 100 000 volts aux bornes du moteur. Donc ici, vous allez avoir une première limite, une saturation au niveau du système. De même, ici, comme on l'a vu dans les slides précédents, il y a plein de pièces mécaniques et vous allez avoir plusieurs sortes de friction et de frottement sur votre système. Les courants et les entraînements, ainsi de suite. Et il y a une troisième différence entre un système théorique et le système physique, c'est qu'ici, nous avons des capteurs et ces capteurs ont du bruit de mesure. Et vous le verrez dans vos différentes expériences que le bruit est toujours présent ou pratiquement toujours présent. En tout cas quand vous mesurez la vitesse de rotation du moteur. Ce bruit, vous ne pouvez pas l'éviter. Il vient de la technologie qui est employée pour fabriquer le capteur.

Notes

Summary

3m 56s

Physical system

Ici, vous avez une mesure faite sur le système réel. En bleu, c'est la tension appliquée au moteur et en rouge, c'est l'image de la vitesse de rotation du moteur. On voit qu'ici, quand la tension est faible, même que la tension appliquée au moteur est différente de zéro, le moteur ne tourne pas et la mesure est toujours à zéro. Ça veut dire que la tension appliquée n'est pas assez forte pour vaincre les frottements. Ensuite, la tension augmente, le moteur se met à tourner de plus en plus vite au fur et à mesure qu'on augmente la tension. Mais à la dernière augmentation de tension, le moteur tourne toujours à la même vitesse et on voit ici qu'on a atteint la saturation du système.

Notes

Summary

5m 03s

Experimentation 1 – Identify linear range

- Connect to the system
- Select the open-loop & speed mode
- Increase the motor voltage, starting from 0[v]
- Observe when the disc starts to turn

  Take note of the applied voltage
- Keep increasing the voltage until saturation

  Take note of the applied voltage when reaching the saturation
- Report the linear range

TP Control Systems

Donc maintenant, ça va être à vous de faire votre première expérimentation sur le système réel. Vous allez vous connecter au système, vous allez choisir l'outil d'expérimentation à distance, vous allez faire attention d'être un boucle ouverte et de mesurer la vitesse de rotation du moteur et vous allez commencer votre expérience en augmentant la vitesse de rotation, en partant de zéro et en allant jusqu'à la vitesse maximum. Vous allez augmenter progressivement la vitesse et regardez à quel moment le moteur va commencer à tourner. Quand vous allez noter cette valeur et vous allez continuer à augmenter la tension que vous appliquez au moteur jusqu'à ce qu'une variation de la tension d'entrée n'influe plus la vitesse de rotation du moteur. Et ainsi, vous aurez une indication de la valeur de saturation du moteur. Vous allez noter ces deux valeurs et vous allez la reporter dans l'interface NX.

Notes

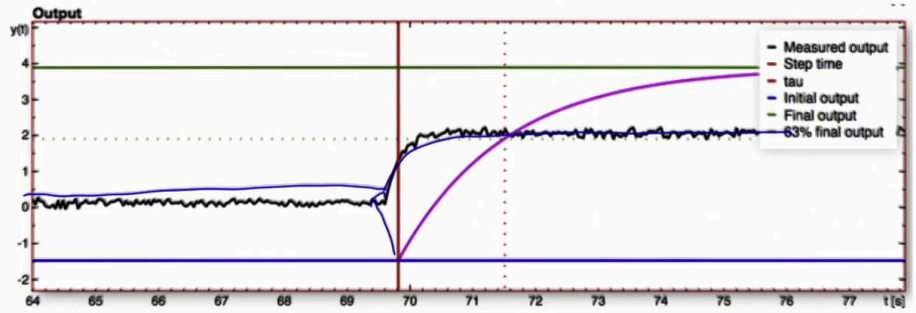
Summary

5m 39s

Parameters identification via model fitting

Idea:

- Superimpose a simulation (pink) on the top of the measurements
- Interactively change the shape of the curve to modify the simulation parameters
- When the two overlap (within experimental error), we have a reasonable system model



TP Control Systems

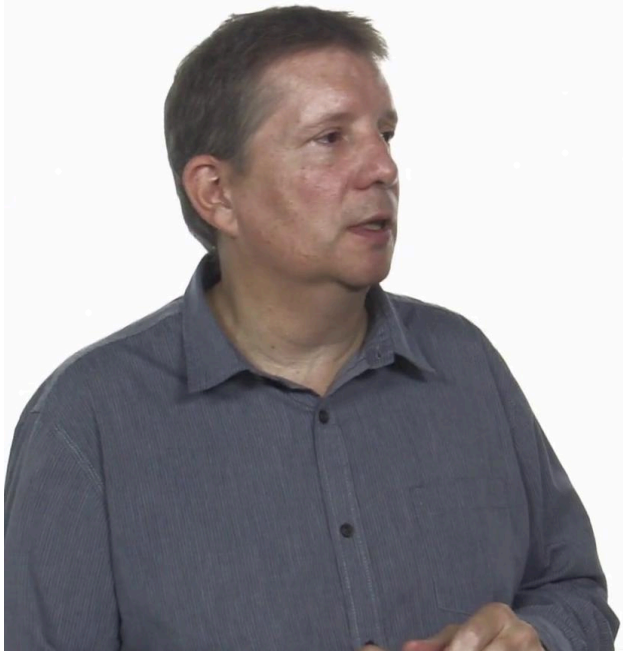
Maintenant, nous allons passer à l'identification des paramètres de la réponse. L'idée ici, c'est de superposer un modèle théorique qui est représenté par la courbe violette, ici, au-dessus de la mesure que vous avez faite et sauvée précédemment. Vous allez charger une mesure que vous avez faite et vous allez déplacer cette courbe violette pour qu'elle vienne suivre ici parfaitement le signal que vous avez mesuré. Une fois que la courbe violette superpose vos mesures, vous saurez que les paramètres de simulation de la courbe violette correspondront aux paramètres expérimentaux de votre système.

Notes

Summary

6m 32s

Experimentation 2 – Step response



- Connect to the system
- Apply step input within linear range
- Observe response
  - Is it within the linear range ?
  - Is the response what you expect ?
  - ⇨ If not, redo the experiment !
- Save measurements for the next step by clicking in your UI

TP Control Systems

Cette deuxième expérience a pour but d'identifier les paramètres du système. Pour cela, nous allons appliquer un saut impulsionnel au système. Dans cette première partie, nous allons appliquer ce saut de tension qui sera compris dans le domaine linéaire que nous avons identifié précédemment. Pour cela, nous allons nous connecter dans le système, attendre que ce soit notre tour, appliquer un saut de tension entre une valeur minimum et maximum. On va observer la réponse. Est-ce que c'est ce à quoi on s'attend ? Si c'est oui, nous allons sauver les données pour pouvoir les récupérer dans l'outil de fuite temporelle.

Notes

Summary

7m 08s

Experimentation 3 – Temporal model fitting

- Select the temporal-fit tool
- Load saved measurements using Load
- Select the model to fit
- Fit the model
  - When satisfied, note the parameters
- Report the parameters and answer the additional questions

TP Control Systems

Dans cette deuxième partie, nous allons superposer un modèle du système sur les mesures que nous avons faites. Pour ce faire, nous allons sélectionner l'outil de fuite temporelle. On va charger les mesures que nous avons fait précédemment en appuyant sur le bouton load. On va choisir le modèle que nous voulons superposer et on va superposer la courbe violette sur les mesures que l'on a fait. Vous remarquerez que les paramètres de la courbe violette, le gain statique et la constante de temps changent dans votre interface utilisateur. Une fois que vous êtes satisfait avec votre superposition, vous allez noter les deux paramètres et les reporter dans l'interface EDX ainsi que répondre aux questions supplémentaires.

Notes

Summary

7m 42s

Conclusions

What you have learned today

- An electric drive can be reasonably approximated as a first order model
- Two parameters to fit : time constant and steady-state gain
- Parameter identification by fitting a simulated model to experimental measurements
- Physical limitations must be considered when estimating a model

TP Control Systems

On a vu que pour identifier ces deux paramètres, on peut appliquer un saut de tension au système et ensuite employer l'outil de filtre temporel pour les identifier. Dans des modules à venir, nous verrons d'autres méthodes d'identification. Pour finir, nous avons vu que ces systèmes réels ont des limitations physiques et qu'il faut en tenir compte lors de nos expérimentations.

Notes

Summary

8m 23s