

EXERCICE : Asservissement d'un four

Les modèles d'étude des systèmes asservis sont des modèles idéaux qui supposent que les valeurs des grandeurs participant à l'élaboration de la commande soient physiquement réalisables. Or, certains types de consigne, notamment l'échelon, conduisent parfois à des régimes transitoires nécessitant des valeurs de grandeurs intermédiaires totalement irréalistes. Ces valeurs intermédiaires peuvent être des intensités et des tensions dans le cas d'asservissement à chaîne d'action électrique, ou des pressions et débits dans le cas d'asservissements hydrauliques.

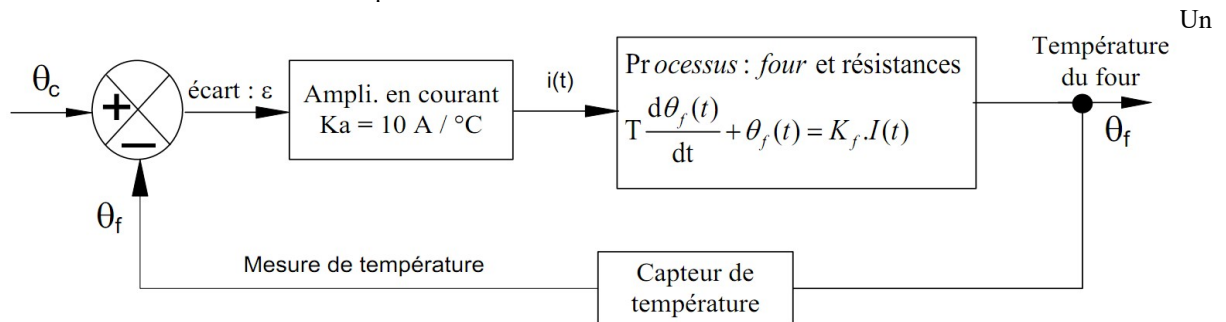
L'exemple du four asservi étudié ci dessous permet d'illustrer ce problème.

Soit un four de traitement thermique dont la température de fonctionnement θ_f de 1000°C est atteinte avec une constante de temps τ de 15 min, et pour un courant de commande i constant de 100A. L'équation différentielle modélisant assez bien le comportement de ce four est la suivante :

$$\tau \cdot \frac{d\theta_f(t)}{dt} + \theta_f(t) = K_f \cdot i(t) \quad \text{avec } \tau = 900\text{s et } K_f = \frac{\theta_f}{i} = 10^\circ\text{C} \cdot \text{A}^{-1}$$

Question 1. Calculer littéralement puis numériquement la fonction de transfert de ce four. Mettre cette fonction sous forme canonique et donner les éléments caractéristiques.

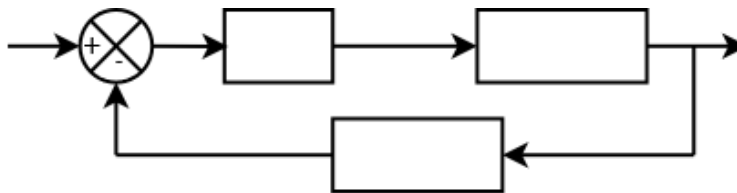
On réalise maintenant un asservissement de température à l'aide du schéma fonctionnel ci-dessous :



préactionneur, à gain pur K_a , est placé en amont du four.

On suppose le capteur de température comme étant parfait, le système est donc supposé à retour unitaire.

Question 2. Compléter le schéma bloc de l'asservissement en mettant en place les fonctions de transferts définies précédemment.



Question 3. Calculer la FTBO de l'asservissement.

Question 4. Calculer littéralement et numériquement la FTBF du système. Reconnaître le type de système obtenu et préciser ses paramètres caractéristiques (avec leurs unités).

Question 5. On soumet le système à un échelon de température $\theta_c(t) = A = 1000^\circ\text{C}$. Déterminer et tracer $\theta_f(t)$. (Soyez précis sur le tracé pour les valeurs caractéristiques)

Question 6. Calculer le temps de réponse à 5% de la BO et comparer à la valeur obtenue en BF. Conclure. Commenter l'ordre de grandeur obtenu pour la valeur en BF.

Question 7. Donner l'expression de $\varepsilon(p)$ en fonction des paramètres du système et de $\theta_c(p)$

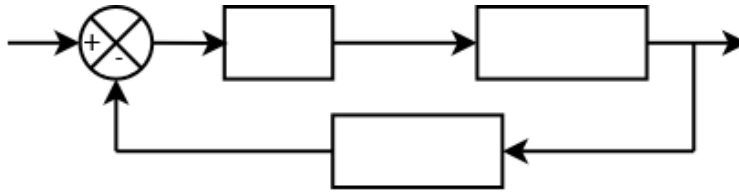
Question 8. Déterminer l'erreur statique ε_s , obtenue en réponse à un échelon de 1000°C , du système en boucle fermée à partir :

- des résultats précédents
- du théorème de la valeur finale appliquée à $\varepsilon(t)$

Question 9. Calculer la valeur du courant initial $i(0)$ nécessaire lors de la réponse à un échelon de 1000°C (on pourra utiliser le théorème de la valeur initiale) ; conclusion ?

On remplace l'amplification en courant K_a par un **intégrateur** de fonction de transfert **B/p**

Question 10. Compléter le schéma bloc, calculer la nouvelle FTBF, notée $G(p)$, et préciser littéralement ses paramètres caractéristiques.



Question 11. A l'aide de l'abaque des temps de réponse donné page 10, déterminer la valeur de B pour avoir un temps de réponse à 5% le plus faible possible ; préciser numériquement la valeur de ce temps de réponse.

Question 12. Calculer le nouvel écart statique obtenu en réponse à un échelon de 1000°C ; conclure quant à l'intérêt d'avoir mis un intégrateur dans la boucle ouverte. Donner la nouvelle intensité initiale $i(0)$