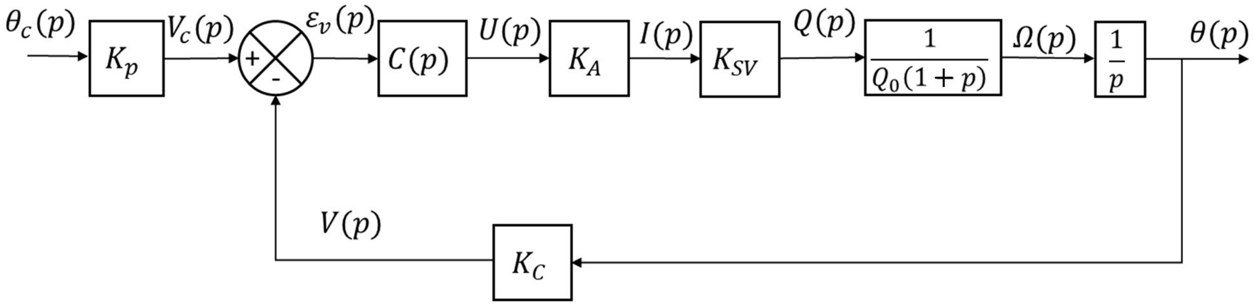
Eolienne

Q.1. **Mettre en place le schéma-bloc fonctionnel complet de l'asservissement en indiquant le nom des composants constituant chaque bloc.**

Q.2. **A partir de ce schéma-bloc fonctionnel et de la description du comportement de chaque constituant, proposer des fonctions de transfert pour chaque bloc fonctionnel et établir le schéma-blocs du système.**



Q.3. **Quelle valeur doit-on donner au gain K_p pour que l'asservissement soit correct (c'est à dire qu'une erreur nulle corresponde à un écart nul) ?**

L'erreur est nulle si $e = \theta_c(p) - \theta(p)$. Pour obtenir un écart ε_v nul, il faut nécessairement $K_p = K_C$.

En effet $\varepsilon_v = V_c - V = K_p\theta_c - K_C\theta$. Si l'erreur est nulle alors $\theta_c = \theta$ donc $\varepsilon_v = \theta_c\left(K_p - K_C\right)$ et si l'écart ε_v est nul alors $K_p = K_C$.

Q.4. **Déterminer l'expression de $FTBO(p)$.**

$$FTBO(p) = \frac{V(p)}{\varepsilon_v(p)} = \frac{K_C C K_A K_{SV}}{Q_0 p(1+p)}$$

Q.5. **Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée $H(p) = \frac{\theta(p)}{\theta_c(p)}$.**

$$H(p) = \frac{\theta(p)}{\theta_c(p)} = K_C \frac{\frac{C K_A K_{SV}}{Q_0 p(1+p)}}{1 + \frac{K_C C K_A K_{SV}}{Q_0 p(1+p)}} = \frac{1}{1 + \frac{Q_0 p(1+p)}{K_C C K_A K_{SV}}}$$

Q.6. **Exprimer $\varepsilon_\theta = \theta_c(p) - \theta(p)$, erreur sur la position angulaire, en fonction de $\theta_c(p)$ et de la $FTBO(p)$. À l'aide du théorème de la valeur finale, déterminer la valeur de l'erreur statique $\varepsilon_{\theta s}$ pour une entrée échelon d'amplitude θ_0. Pouvait-on prévoir ce résultat par rapport à la FTBO ?**

L'écart est $\varepsilon_\theta = \theta_c(p) - \theta(p) = \theta_c(p)\big(1 - H(p)\big) = \theta_c(p)\left(1 - \frac{FTBO(p)}{1+FTBO(p)}\right) = \frac{\theta_c(p)}{1+FTBO(p)}$

La consigne est un échelon de position angulaire d'amplitude θ_0 donc $\theta_c(p) = \frac{\theta_0}{p}$. Appliquons le théorème de la valeur finale :

$$\varepsilon_{\theta s} = \lim_{t\to\infty} \varepsilon_\theta(t) = \lim_{p\to 0} p\varepsilon_\theta(p) = \lim_{p\to 0} \frac{\theta_0}{1+FTBO(p)} = \lim_{p\to 0} \frac{\theta_0 Q_0 p(1+p)}{Q_0 p(1+p) + K_C C K_A K_{SV}} = 0$$

Ainsi le système est précis. On remarque que la FTBO est de classe 1, pour une entrée en échelon, on sait que l'erreur est nulle.

Q.7. **Mettre la fonction de transfert en boucle fermée sous forme canonique et déterminer ses paramètres caractéristiques en fonction de C.**

$H(p)$ est du second ordre, on cherche donc

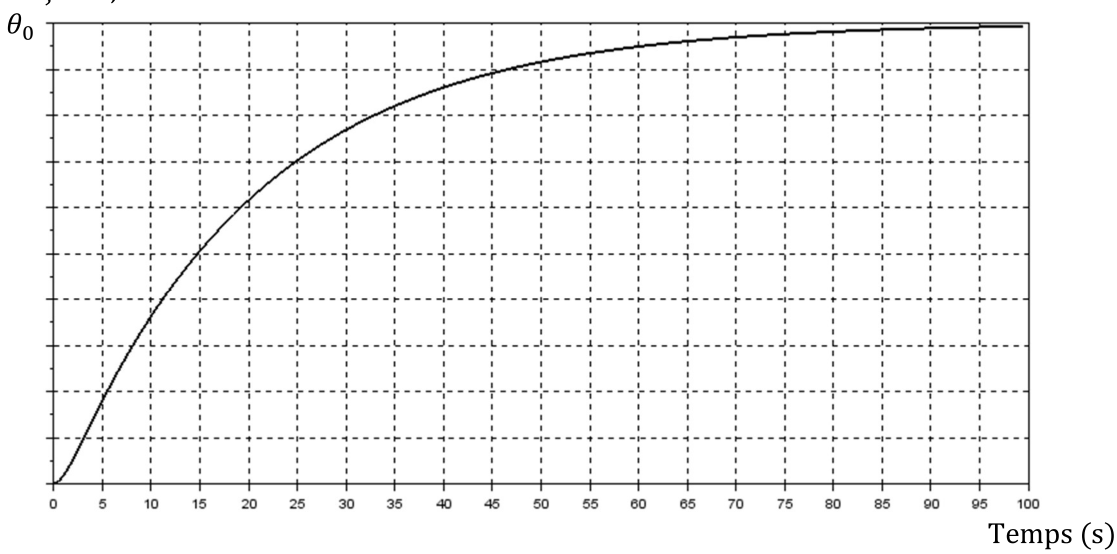
$$H(p) = \frac{1}{1 + \frac{Q_0 p(1+p)}{K_C C K_A K_{SV}}} = \frac{K}{1 + \frac{2\xi}{\omega_0} p + \frac{p^2}{{\omega_0}^2}}$$

Avec

$$\begin{cases} K = 1 \\ \frac{1}{{\omega_0}^2} = \frac{Q_0}{K_C C K_A K_{SV}} \\ \frac{2\xi}{\omega_0} = \frac{Q_0}{K_C C K_A K_{SV}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} K = 1 \\ \omega_0 = \sqrt{\frac{K_C C K_A K_{SV}}{Q_0}} \\ \xi = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{Q_0}{K_C C K_A K_{SV}}} \end{cases}$$

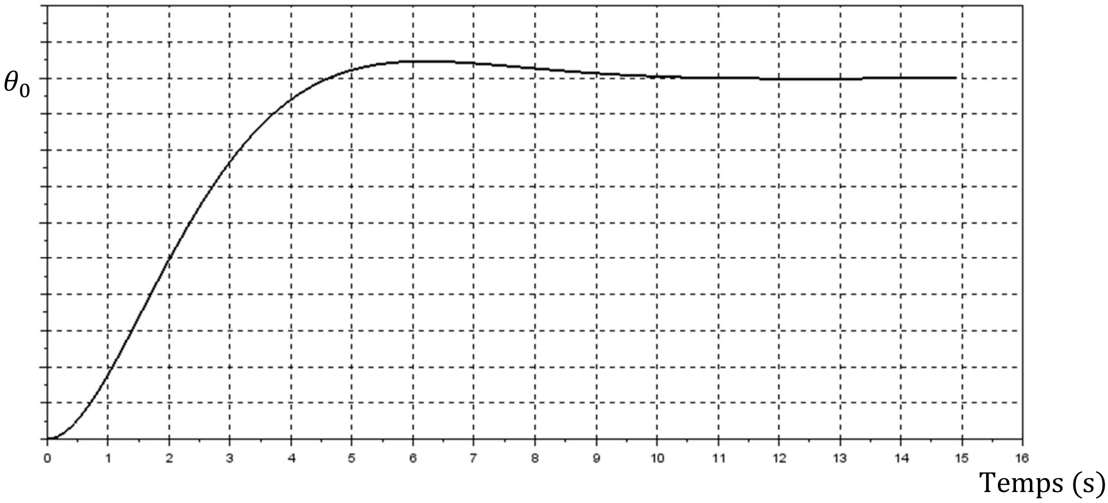
Q.8. **Donner la valeur de ξ et ω_0 pour $C = 1$. Tracer l'allure de la réponse indicielle $\theta(t)$ pour une entrée échelon $\theta_c(t) = \theta_0 . u(t)$ dans ces conditions.**

AN : $\begin{cases} K = 1 \\ \omega_0 = 0{,}22\ rad/s \\ \xi = 2{,}29 \end{cases}$, ce qui donne comme allure de réponse :



Q.9. **On sait que le système est le plus rapide pour $\xi = 0,7$, déterminer alors la valeur de C correspondante et en déduire la valeur de ω_0. Tracer l'allure de la réponse indicielle $\theta(t)$ pour une entrée échelon $\theta_c(t) = \theta_0 . u(t)$ dans ces conditions.**

Pour $\xi = 0{,}7$, $C = \frac{1}{4\xi^2}\frac{Q_0}{K_C K_A K_{SV}}$, soit $C = 10{,}7$ et $\omega_0 = 0.71\ rad/s$.



Q.10. **Pour les deux valeurs de ξ déterminées précédemment, lire le temps de réponse réduit correspondant et en déduire $t_{5\%}$. Conclure sur l'intérêt de réglage du correcteur.**

Pour le premier réglage, $\xi = 2{,}29$, le diagramme montre que le temps de réponse réduit est $t_{5\%}.\omega_0 = 13$, d'où $t_{5\%} = 59s$.

Pour le second réglage, $\xi = 0{,}7$, le diagramme montre que le temps de réponse réduit est $t_{5\%}.\omega_0 = 3$, d'où $t_{5\%} = 4{,}2s$.

L'intérêt de régler un correcteur est donc d'améliorer les performances du système (ici le temps de réponse à 5%).

Robot préhenseur de pièces

Q.1. **Déterminer le lien entre K_1 et K_7 pour que $\theta_b(p)$ soit asservi sur $\theta_c(p)$.**

Pour que $\theta_b(p)$ soit asservi sur $\theta_c(p)$, il faut que $\varepsilon(p)$ soit nul quand $\theta_b(p) = \theta_c(p)$. Donc $K_1 = K_7$.

Q.2. **Déterminer la fonction de transfert $H_3(p)=\frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)}$ et la mettre sous la forme canonique $H_m(p)=\frac{K_3}{1+T_3 p}$.**

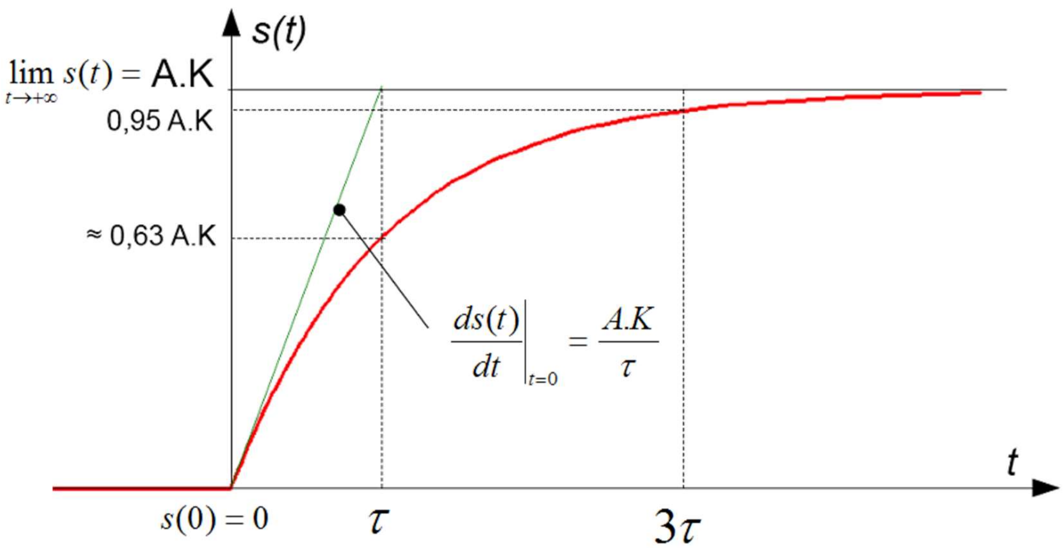
$$U_m(p) = E(p) + R.I(p) = k_e.\Omega_m(p) + \frac{R}{k_m}.C_m(p) = k_e.\Omega_m(p) + \frac{JR}{k_m}p.\Omega_m(p)$$

$$\Leftrightarrow H_3(p) = \frac{\Omega_m(p)}{U_m(p)} = \frac{1}{k_e + \frac{JR}{k_m}p} = \frac{\frac{1}{k_e}}{1+\frac{JR}{k_e k_m}p}$$

$$K_3 = \frac{1}{k_e} \text{ et } T_3 = \frac{JR}{k_e k_m}$$

Q.3. **Tracer l'allure de la courbe $\omega_m(t)$ pour une entrée $u_m(t)$ en échelon de tension d'amplitude U_0.**

Il s'agit d'une réponse d'un premier ordre à une entrée en échelon :



Q.4. **Déterminer $\omega_m(t)$ lorsque $u_m(t)$ est un échelon de tension d'amplitude u_0. Exprimer le résultat en fonction de K_3, T_3 et u_0. On donne $\mathcal{L}^{-1}\left(\frac{1}{p}\right) = u(t)$ et $\mathcal{L}^{-1}\left(\frac{1}{p+a}\right) = e^{-at}u(t)$ où $u(t)$ est la fonction de Heaviside.**

$\Omega_m(p) = \frac{u_0 K_3}{(1+T_3 p)p} = u_0 K_3\left(\frac{1}{p} + \frac{-T_3}{1+T_3 p}\right)$ (d'après la méthode de la décomposition en élément simple)

$$\omega_m(t) = u_0 K_3\left(1 - e^{-\frac{t}{T_3}}\right)u(t)$$

Q.5. **Déterminer $H_4(p)$ puis déterminer la fonction de transfert $H(p) = \frac{\theta_b(p)}{\theta_c(p)}$. Montrer que cette fonction peut se mettre sous la forme $\frac{K}{1+\frac{2\xi}{\omega_0}p+\frac{p^2}{\omega_0^2}}$. . Déterminer les constantes K, ξ et ω_0 en fonction des constantes fournies.**

$$H(p) = \frac{\theta_b(p)}{\theta_c(p)} = \frac{\frac{K_T}{(1+T_3p)p}}{1+\frac{K_T}{(1+T_3p)p}} = \frac{K_T}{(1+T_3p)p+K_T} = \frac{1}{1+\frac{p}{K_T}+\frac{T_3p^2}{K_T}}$$

$K = 1, \xi = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{T_3K_T}}$ et $\omega_0 = \sqrt{\frac{K_T}{T_3}}$

Q.6. **Déterminer, à l'aide des abaques fournies, les valeurs numériques de K, ξ et ω_0.** ***Le temps de réponse réduit correspond au temps de réponde à 5% multiplié par ω_0.***

$K = 1, \xi = 0{,}2$ et $\omega_0 = \frac{13}{0.28} = 46\, rad.s^{-1}$

Q.7. **L'exigence 1.2.1 est-elle vérifiée ?**

Par lecture graphique : $t_{5\%} = 0{,}28s$.

L'exigence 1.2.1 n'est pas validée.

Banderoleuse à plateau tournant

Q.1. **Donner la fonction de transfert $T(p)$ qui assure que $\varepsilon(t)$ soit une image pertinente de l'erreur, c'est-à-dire que l'écart soit nul si l'entrée est égale à la sortie.**

$$\varepsilon(p) = \mathrm{E}(p) - \mathrm{E_{mes}}(p) = \Gamma_c(p) * \mathrm{T(p)} - \Gamma(p) * \mathrm{S}$$

On veut $\varepsilon(t) = 0$ si $\Gamma_c(t) = \Gamma(t)$

Donc $\mathrm{T(p)} = \mathrm{S}$

Q.2. **Calculer la fonction de transfert en boucle fermée $H(p) = \frac{\Gamma(p)}{\Gamma_C(p)}$. Mettre $H(p)$ sous forme canonique et déterminer ses paramètres caractéristiques. Faire les applications numériques.**

$$H(p) = \frac{\Gamma(p)}{\Gamma_C(p)} = \mathrm{S}\frac{\frac{A}{1+\tau p}}{1+\frac{sA}{1+\tau p}} = \frac{SA}{SA+(1+\tau p)} = \frac{SA}{1+SA}\frac{1}{1+\frac{\tau}{1+SA}p} = \frac{K_1}{1+\tau_1 p}$$

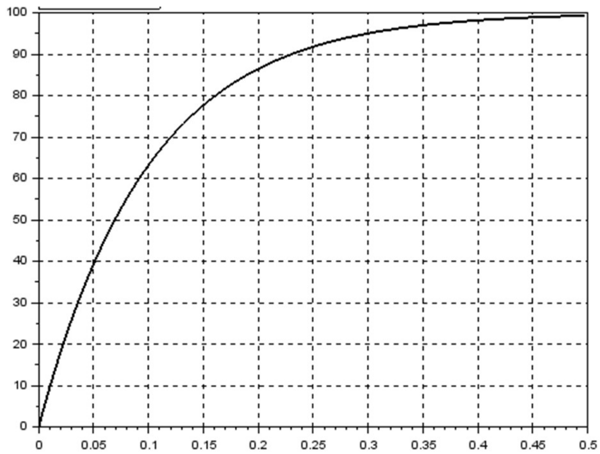
Avec $\tau_1 = \frac{\tau}{1+SA} = 0{,}1$ et $K_1 = \frac{SA}{1+SA} = 0{,}5$

Q.3. **Le système est-il stable ?**

Oui car τ_1 est positif.

Q.4. **Dessiner l'allure de $\gamma(t)$ en précisant les valeurs caractéristiques pour une entrée en échelon.**

La réponse d'un premier ordre pour une entrée en échelon :



Q.5. Calculer le temps de réponse à 5 % de ce système à une entrée en échelon.

$$t_{5\%} = 3\tau_1 = 0{,}3\ s$$

Q.6. Donner la valeur de l'accélération $\boldsymbol{\gamma(t)}$ en régime permanent, c'est-à-dire $\boldsymbol{\gamma_\infty = \lim_{t\to+\infty} \gamma(t)}$. Le système est-il précis ?

$$\gamma_\infty = \lim_{t\to+\infty} \gamma(\mathrm{t}) = K * 20g = 10g$$

Le système n'est pas précis.

Q.7. Conclure sur le respect du cahier des charges.

La rapidité est respectée, mais pas la précision.

1.1. Deuxième étude : système asservi avec un correcteur intégral : $\boldsymbol{C(p) = \frac{1}{p}}$

Q.8. Calculer la nouvelle fonction de transfert $\boldsymbol{H(p)}$ et la mettre sous forme canonique. Déterminer ses paramètres caractéristiques et les calculer numériquement.

$$H(p) = \frac{\Gamma(p)}{\Gamma_C(p)} = \mathrm{S}\frac{\frac{A}{p(1+\tau p)}}{1+\frac{SA}{p(1+\tau p)}} = \frac{SA}{SA+p(1+\tau p)} = \frac{1}{1+\frac{1}{SA}p+\frac{\tau}{SA}p^2} = \frac{1}{1+p+\tau p^2}$$
$$= \frac{K}{1+\frac{2\xi}{\omega_0}p+\frac{p^2}{\omega_0{}^2}}$$

Avec $K = 1$, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{\tau}} = 2{,}24$ et $\xi = \frac{\omega_0}{2} = 1{,}12$.

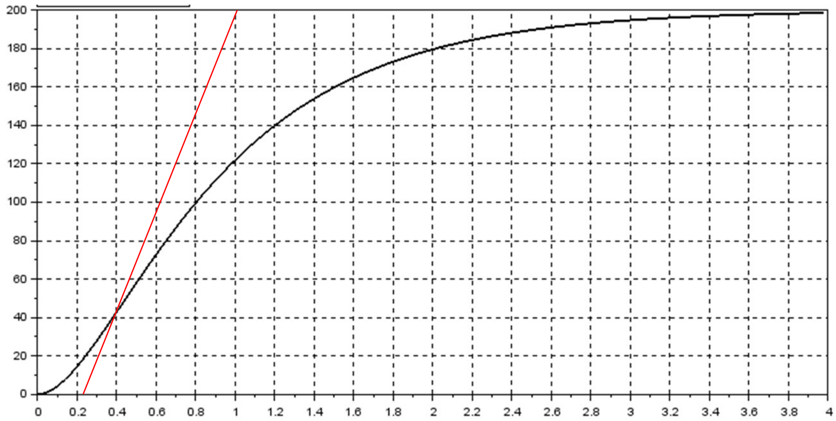
Q.9. Le système est-il stable ?

Oui car tous les coefficients des polynômes sont du même signe.

Q.10. Dessiner l'allure de $\boldsymbol{\gamma(t)}$ en précisant les valeurs caractéristiques pour une entrée en échelon.

$\xi > 1$, il faut donc mettre la fonction de transfert sous la forme : $\frac{K}{(1+\tau_1 p)(1+\tau_2 p)}$

Par identification on trouve $\tau_1 = 0{,}22$ et $\tau_2 = 0{,}78$ (τ_1 et τ_2 jouent un rôle symétrique)



Q.11. **En utilisant l'abaque précédente, calculer le temps de réponse à 5 % de ce système à une entrée en échelon. Conclure en le comparant au système asservi sans correction.**

Avec $\xi = 1{,}12$, on lit $tr_{5\%}.\omega_0 = 6$ d'où $tr_{5\%} = \frac{6}{\omega_0} = 2{,}7\ s$

Le système est plus lent que sans la correction, mais il est maintenant précis.

Q.12. **Donner la valeur de l'accélération $\boldsymbol{\gamma(t)}$ en régime permanent, c'est-à-dire $\boldsymbol{\gamma_\infty = \lim_{t\to+\infty} \gamma(t)}$. Le système est-il précis ?**

$$\gamma_\infty = \lim_{t\to+\infty} \gamma(\mathrm{t}) \ = K * 20g = 20g$$

Le système est précis.

Q.13. **Conclure sur le respect du cahier des charges.**

Tous les critères sont respectés.

Q.14. **Quel impact a le correcteur intégral sur les performances de l'asservissement par rapport au correcteur proportionnel ?**

Le correcteur intégral semble rendre le système précis, mais il augmente le temps de réponse en contrepartie.