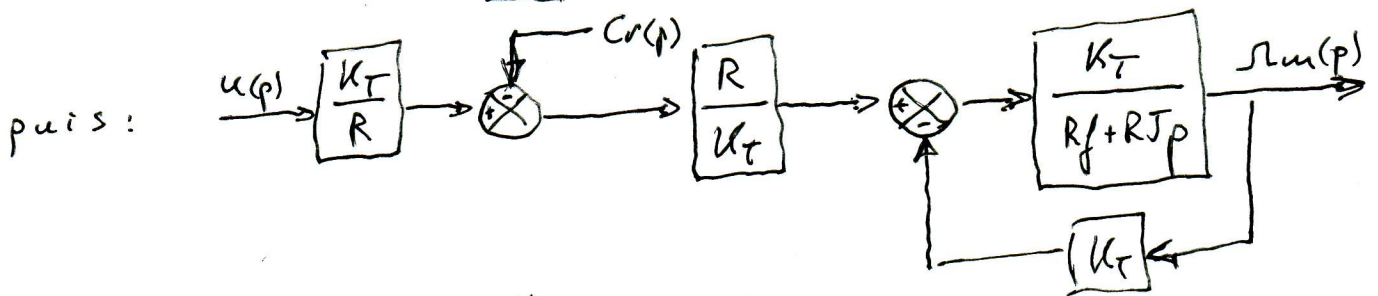
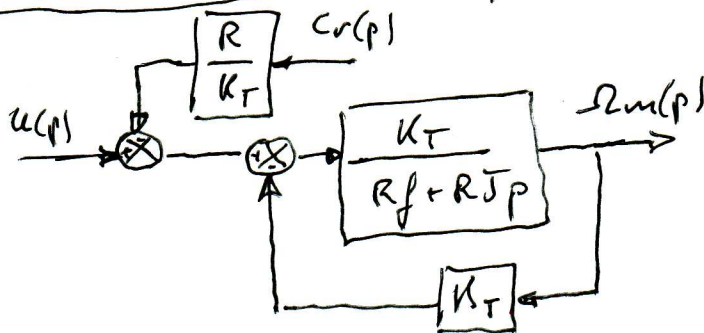


1.1 schéma bloc équivalent du moteur.

1^{ère} méthode: Manipulation des schémas bloc



On obtient donc $H_1(p) = \frac{K_T}{R}$

$$H_2(p) = \frac{R}{K_T} \times \frac{\frac{K_T}{R_f + R_T p}}{1 + \frac{K_T^2}{R_f + R_T p}} \Rightarrow H_2(p) = \frac{\frac{R}{R_f + K_T^2}}{1 + \frac{R_T}{R_f + K_T^2} p}$$

2^{ème} méthode Principe de superposition
Du schéma bloc original.

$$\left(\frac{\Omega_m(p)}{u(p)} \right)_{C_R(p)=0} = \frac{\frac{K_T}{R_f + R_T p}}{1 + \frac{K_T^2}{R_f + R_T p}} = \frac{\frac{K_T}{R_f + K_T^2}}{1 + \frac{R_T}{R_f + K_T^2} p}$$

et

$$\left(\frac{\Omega_m(p)}{C_R(p)} \right)_{u(p)=0} = \frac{\frac{1}{f + Jp}}{1 + \frac{K_T^2}{R_f + R_T p}} = \frac{\frac{R}{R_f + K_T^2}}{1 + \frac{R_T}{R_f + K_T^2} p}$$

Du schéma bloc équivalent: $\left(\frac{\Omega_m(p)}{u(p)} \right)_{C_R(p)=0} = H_1(p) H_2(p)$ et $\left(\frac{\Omega_m(p)}{C_R(p)} \right)_{u(p)=0} = H_2(p)$

On en déduit :

2/5

$$H_2(p) = \frac{\frac{R}{R_f + K_T^2}}{1 + \frac{RJ}{R_f + K_T^2} p}$$

$$\text{et } H_1(p) H_2(p) = \frac{\frac{K_T}{R_f + K_T^2}}{1 + \frac{RJ}{R_f + K_T^2} p}$$

$$\text{soit } H_1(p) = \frac{\frac{K_T}{R_f + K_T^2}}{1 + \frac{RJ}{R_f + K_T^2} p} \times \frac{1 + \frac{RJ}{R_f + K_T^2} p}{\frac{R}{R_f + K_T^2}} \Rightarrow H_1(p) = \frac{K_T}{R}$$

3^{ème} méthode Par lecture du schéma bloc ①

$$r_m(p) = \frac{1}{f + JP} \left[\frac{K_T}{R} \{ u(p) - K_T r_m(p) \} - C_r(p) \right] \text{ Après calcul}$$

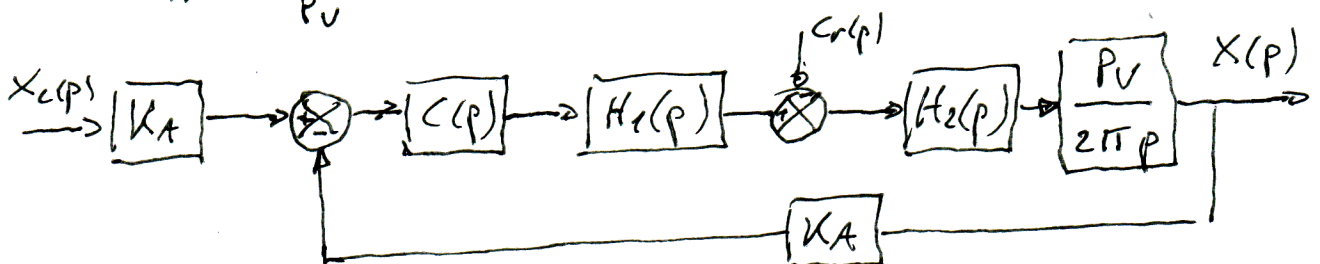
$$\text{on obtient : } r_m(p) = \frac{\frac{K_T}{R_f + K_T^2}}{1 + \frac{RJ}{R_f + K_T^2} p} u(p) - \frac{\frac{R}{R_f + K_T^2}}{1 + \frac{RJ}{R_f + K_T^2} p} C_r(p)$$

sachant que $r_m(p) = H_1(p) \cdot H_2(p) \cdot u(p) - H_2(p) C_r(p)$ on obtient

$$H_2(p) = \frac{\frac{R}{R_f + K_T^2}}{1 + \frac{RJ}{R_f + K_T^2} p} \text{ et } H_1(p) = \frac{1}{H_2(p)} \times \frac{\frac{K_T}{R_f + K_T^2}}{1 + \frac{RJ}{R_f + K_T^2} p} \Rightarrow H_1(p) = \frac{K_T}{R}$$

①.2 Pour un fonctionnement normal il faut $K_A = \frac{16}{2\pi} \times \frac{2\pi}{P_V}$

soit $K_A = \frac{16}{P_V}$ le schéma bloc devient alors :



on obtient donc

$$F_1(p) = K_A H_1(p) \text{ et } F_2(p) = H_2(p) \frac{P_V}{2\pi}$$

Soit

3/5

$$\boxed{F_1(p) = \frac{16 K_r}{R P_V}}$$

$$\text{et } \boxed{F_2(p) = \frac{\frac{R \cdot P_V}{2\pi(R_f + K_r^2)}}{p \left(1 + \frac{R J}{R_f + K_r^2} p\right)}}$$

1.3 Application numérique

$$\boxed{F_1(p) = 306 \text{ N} \cdot \text{inc} \cdot \text{V}^{-1}}$$

$$\boxed{F_2(p) = \frac{5,33 \cdot 10^{-2}}{p(1 + 0,067 p)} \text{ N}^{-1}}$$

On en déduit $\boxed{H_{\text{bouc}}(p) = F_1(p) F_2(p) = \frac{16,3}{p(1 + 0,067 p)} \text{ inc} \cdot \text{V}^{-1}}$

2.1 La FTBO non corrigée étant de classe 1 l'erreur statique en réponse à un échelon de consigne est nulle : $\boxed{E_s = 0}$

2.2 La FTBO non corrigée étant de classe 1 l'erreur de trainage en réponse à une consigne en rampe de pente V est $E_t = \frac{V}{K_{BO}}$ où K_{BO} est le gain de la FTBO. Or ce gain est avec le correcteur proportionnel $K_{BO} = 16,3 \text{ K}$ D'où $E_t = \frac{V}{16,3 \text{ K}}$ soit pour $V = 0,1 \text{ m.s}^{-1}$

$$\boxed{E_t = \frac{0,1}{16,3 \text{ K}}}$$

2.3 L'intégrateur de la FTBO est placé en aval de la perturbation donc l'erreur due à un échelon de perturbation est de $E_p = \frac{C_{ro}}{K K_1}$ où K_1 est le gain de $F_1(p)$

Donc pour $C_{ro} = 0,2 \text{ N} \cdot \text{m}$ $\boxed{E_p = \frac{0,2}{306 \text{ K}}}$

(2.4) Donc avec une perturbation de $0,2 \text{ N.m}$
 * L'erreur statique en réponse à un échelon de consigne sera de $E_{ST} = 0 + E_p = \frac{0,2}{306 K}$

* L'erreur de trainage en réponse à une consigne en rampe de pente $0,1 \text{ m.s}^{-1}$ sera de :

$$E_{ET} = E_t + E_p = \frac{0,1}{16,3 K} + \frac{0,2}{306 K} = \frac{6,79 \cdot 10^{-3}}{K}$$

Donc pour vérifier le critère d'erreur statique il faut $\frac{0,2}{306 K} \leq 1 \cdot 10^{-3} \Leftrightarrow K \geq 0,634 \text{ V.inc}^{-1}$

Et pour vérifier le critère d'erreur de trainage il faut $\frac{6,79 \cdot 10^{-2}}{K} \leq 5 \cdot 10^{-3} \Leftrightarrow K \geq 1,36 \text{ V.inc}^{-1}$

Donc pour respecter tous les critères de précision du cahier des charges il faut $K \geq 1,36 \text{ V.inc}^{-1}$

(3.1) Avec un correcteur proportionnel de gain $K=1$ on lit sur le diagramme de Bode de la FTBO non corrigée que la marge de phase est de $M\phi = 50^\circ < 60^\circ$

Or si $K \uparrow$ alors $E_s \downarrow$ mais $M\phi \downarrow$

et si $K \downarrow$ alors $E_s \uparrow$ et $M\phi \uparrow$

Donc quelque soit la valeur de K on ne peut pas respecter les 2 critères de précision et celui de marge de phase.

3.2 Pour la FTBO non corrigée on a à 30 rad.s^{-1} 5/5

$$\varphi_{\text{BONC}}(30) = -90 - \arctan(30 \times 0,067) = -153,5^\circ$$

$$G_{\text{dB BONC}}(30) = 20 \log 16,3 - 20 \log 30 - 10 \log(1 + (30 \times 0,067)^2) = -12,3 \text{ dB}$$

Il nous faut donc un correcteur tel que :

$$60^\circ = 180^\circ - 153,8 + \varphi_{\text{cor}}(30^\circ) \Rightarrow \varphi_{\text{cor}}(30) = 33,8^\circ$$

$$\text{D'où } \left\{ \begin{array}{l} C = \frac{1 + \sin 33,8}{1 - \sin 33,8} = 3,5 \text{ et } T = \frac{1}{30 \sqrt{3,5}} = 0,018 \text{ s} \end{array} \right.$$

3.3 Pour avoir $\omega_{\text{odb}} = 30 \text{ rad.s}^{-1}$ il faut

$$G_{\text{dB cor}}(30) + G_{\text{dB BONC}}(30) = 0 \text{ dB} \quad \text{soit } G_{\text{dB cor}} = +12,3 \text{ dB}$$

Il nous faut donc un gain tel que

$$20 \log K + 10 \log C = 12,3 \quad \text{soit } \left\{ K = 2,2 \text{ V.inc}^{-1} \right.$$

3.4 On a alors
$$C(p) = \frac{2,2(1 + 0,063p)}{1 + 0,018p}$$

Ce correcteur n'introduisant ni plus ni moins d'intégrateur dans la FTBO que le correcteur proportionnel la condition pour respecter les critères de précision sera la même $K \geq 1,36 \text{ V.inc}^{-1}$

Donc ce correcteur respecte les critères de précision. D'autre part de par son dimensionnement, il respecte les critères de marge de phase et pulsation de coupure. Il est donc probable qu'il respecte la rapidité et l'amortissement.