TD Gestion de l'énergie (elts de correction)

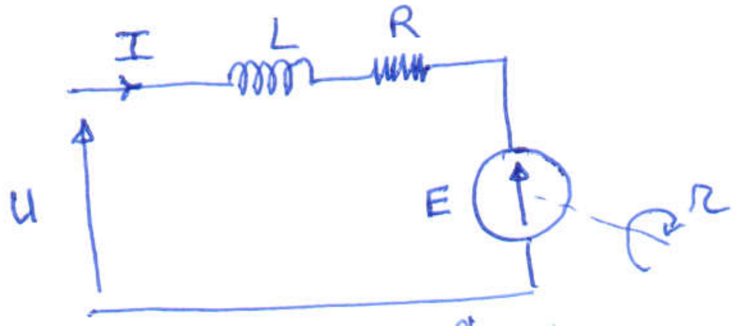
Q1 Représenter la boucle de régulation de la barre franche en mode pilotage automatique par rapport au cap.

↳ Modèle dynamique d'une machine à courant continu

$$\boxed{\frac{\Omega(p)}{U(p)} = FTBF(p)}$$

excitation indépendante / à aimant permanent } ϕ cste

(1) Equ. électromécaniques du MCC (en régime dynamique)



Modèle équivalent de l'induit

L : inductance d'induit + inductance de lissage

(a) équ. électriques

$$\begin{cases} u(t) = R\, i(t) + L\dfrac{d i(t)}{dt} + E(t) \\ E(t) = K\,\Omega(t) \end{cases}$$

(b) équ. mécaniques

J moment d'inertie $kg\,m^2$

$$\text{PFD} \begin{cases} J\dfrac{d\Omega(t)}{dt} = Cu(t) - Cr(t) \\ Cu(t) = Cem(t) - Cp(t) \\ Cr(t) = f\,\Omega(t) \\ Cem(t) = K\, i(t) \end{cases}$$

f coef de frottement visqueux

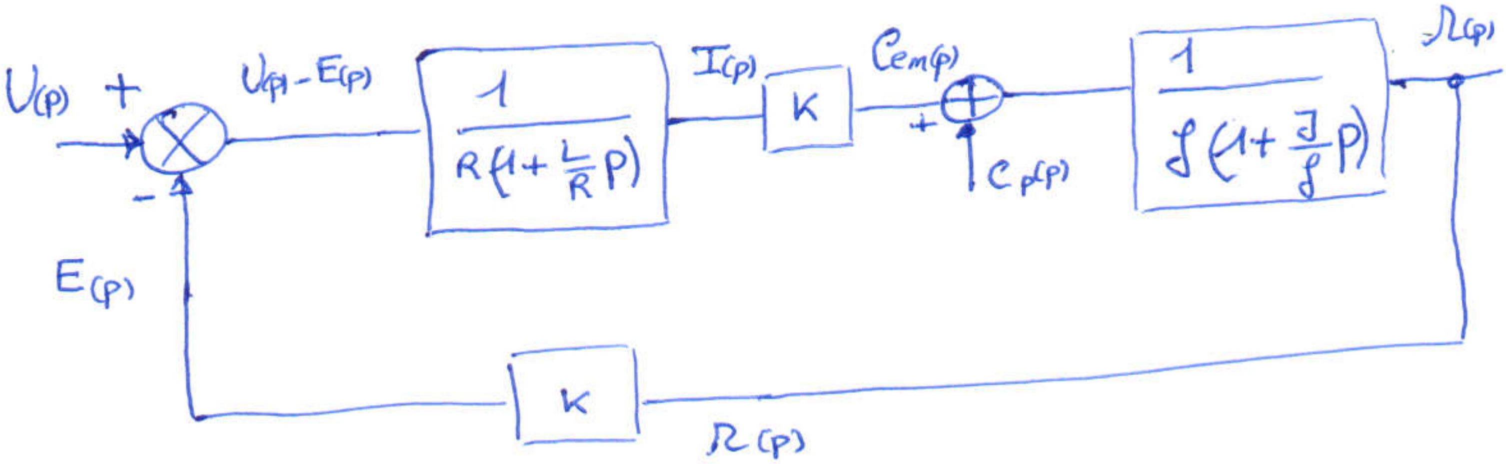
rappel : $Cr = 0$ fct à vide

$Cr = cste$ ex : cas d'un frottement sec

$Cr = f\,\Omega(t)$ ex : cas d'un frottement visqueux

Modèle de Laplace :

$$\begin{cases} U(p) - E(p) = (R + Lp)\, I(p) \\ \qquad \longrightarrow I(p) = \dfrac{U(p) - E(p)}{R + Lp} = \dfrac{U(p) - E(p)}{R\left(1 + \frac{L}{R} p\right)} \\ E(p) = K\, \Omega(p) \end{cases}$$



$$\begin{cases} J p\, \Omega(p) = C_u(p) - C_r(p) \\ \qquad = \left(C_{em}(p) - C_p(p)\right) - f\, \Omega(p) \\ (Jp + f)\, \Omega(p) = C_{em}(p) - C_p(p) \\ \qquad = K\, I(p) - C_p(p) \end{cases}$$

cste de temps électrique $\tau_e = \dfrac{L}{R}$

cste de temps mécanique $\tau = \dfrac{J}{f}$

hyp C_p négligeable Couple des pertes (vu comme une perturbation)

$\rightarrow \boxed{FTBF(p) = \dfrac{\Omega(p)}{U(p)}}$ à mettre sous forme canonique

$$FTBF(p) = \frac{A(p)}{1 + A(p)\,B(p)} = \frac{\frac{K}{Rf} \cdot \frac{1}{(1+\tau_e p)} \cdot \frac{1}{(1+\tau p)}}{1 + K \frac{K}{Rf} \frac{1}{(1+\tau_e p)} \frac{1}{(1+\tau p)}}$$

$$= \frac{K}{K^2 + Rf\,(1+\tau_e p)(1+\tau p)}$$

$$(1 + \tau_e p + \tau p + \tau_e \tau p^2)$$

$$1 + (\tau_e + \tau)p + \tau_e \tau p^2$$

$$= \frac{K}{K^2 + Rf + Rf(\tau_e + \tau)p + Rf\,\tau_e \tau p^2}$$

$$= \frac{K}{K^2 + Rf} \; \frac{1}{1 + \frac{Rf(\tau_e + \tau)}{K^2 + Rf} p + \frac{Rf\,\tau_e \tau}{K^2 + R.f} p^2}$$

K_0

on pose $\alpha = \dfrac{Rf}{K^2 + Rf} = \dfrac{1}{1 + \frac{K^2}{Rf}}$

$$= K_0 \; \frac{1}{1 + \alpha(\tau_e + \tau)p + \alpha \tau_e \tau p^2}$$

$$\alpha \tau_e + \alpha \tau$$

$$\alpha \tau_e \ll \alpha \tau$$

$\alpha \ll 1$ et $\tau_e \ll \tau$
à démontrer

$$= K_0 \; \frac{1}{1 + \underset{(\alpha\tau + \tau_e)}{\alpha \tau p} + \alpha \tau \tau_e p^2}$$

$\alpha \tau \sim \alpha \tau + \tau_e$

$\alpha \tau = \tau_m$

cste de temps
électromécaniques

$$= K_0 \; \frac{1}{(1 + \alpha \tau p)(1 + \tau_e p)}$$

$\tau_e \ll \tau_m$

$\frac{1}{\tau_e} \gg \frac{1}{\tau_m}$

$$FTBF(p) = K_0 \; \frac{1}{(1 + \tau_m p)(1 + \tau_e p)}$$

dem : $C_{em} \gg C_r$ $\qquad E = K\Omega \gg RI$

$KI \gg f\Omega$

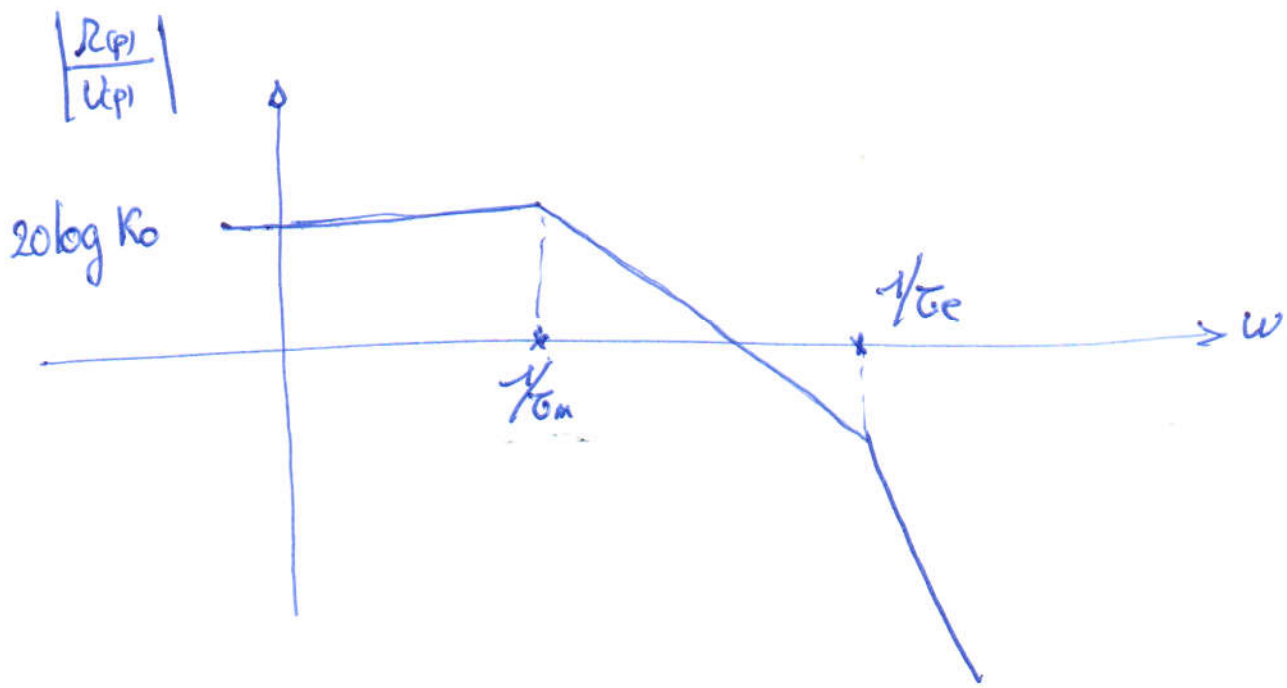
$$K^2 \cancel{\Omega} \cancel{I} \gg f \cancel{\Omega} R \cancel{I}$$

$$K^2 \gg f R$$

$$\frac{K^2}{R f} \gg 1$$

$$\boxed{\alpha = \frac{1}{1 + \frac{K^2}{R f}} \ll 1}$$

$$FTBF(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{K_0}{(1+\tau_m p)(1+\tau_e p)}$$



$$f_m = \frac{1}{2\pi \tau_m}$$

$$f_e = \frac{1}{2\pi \tau_e}$$

si $1/\tau_e \gg$ devant $1/\tau_m$ on peut assimiler le syst à 1 premier ordre.