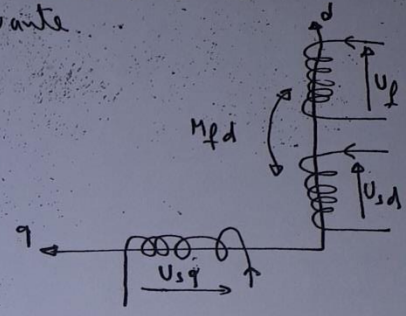


TP4: simulation d'un moteur synchrone
 Sans et avec amortisseurs.

Partie I: sans amortisseurs

La machine synchrone est généralement étudiée dans le repère (dq) lié au rotor ($\omega_{\text{coor}} = \omega_r$). La figure suivante représente le modèle électrique du moteur synchrone sans amortisseurs.

$$\begin{cases} U_{sd} = R_s \cdot i_{sd} + \frac{d\psi_{ds}}{dt} - \omega_r \cdot \psi_{qs} \\ U_{sq} = R_s \cdot i_{sq} + \frac{d\psi_{qs}}{dt} + \omega_r \cdot \psi_{ds} \\ U_f = R_f \cdot i_f + \frac{d\psi_f}{dt} \end{cases}$$



Les expressions des flux.

$$\begin{cases} \psi_{ds} = L_{ds} \cdot i_{ds} + M_{fd} \cdot i_f \\ \psi_{qs} = L_{qs} \cdot i_{qs} \\ \psi_f = L_f \cdot i_f + M_{fd} \cdot i_{ds} \end{cases}$$

Pour résoudre ce système d'équations, il faut le mettre sous forme d'équations d'état.

$$\frac{d[\mathbf{I}]}{dt} = [\dot{\mathbf{I}}] = [\mathbf{L}]^{-1} \cdot [\mathbf{U}] - [\mathbf{L}]^{-1} \cdot [\mathbf{R}] \cdot [\mathbf{I}] \quad \text{avec:}$$

$$[\mathbf{L}] = \begin{bmatrix} L_{ds} & 0 & M_{fd} \\ 0 & L_{qs} & 0 \\ M_{fd} & 0 & L_f \end{bmatrix}, \quad [\mathbf{R}] = \begin{bmatrix} R_s & \omega_r L_{qs} & 0 \\ \omega_r L_{ds} & R_s & \omega_r M_{fd} \\ 0 & 0 & R_f \end{bmatrix}, \quad [\mathbf{R}] = [\mathbf{R}_1] + \omega_r \cdot [\mathbf{R}_2]$$

$$[\mathbf{R}_1] = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_f \end{bmatrix}, \quad [\mathbf{R}_2] = \begin{bmatrix} 0 & -L_{qs} & 0 \\ L_{ds} & 0 & M_{fd} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad [\mathbf{U}] = [U_{sd} \ U_{sq} \ U_f]^t$$

$$[\mathbf{I}] = [i_{ds} \ i_{qs} \ i_f]^t$$

$$C_e = P \cdot [(L_{ds} - L_{qs}) \cdot i_{ds} \cdot i_{qs} + M_{fd} \cdot i_{qs} \cdot i_f] \quad \text{et} \quad C_e - C_r - f \cdot \omega = J \cdot \frac{d\omega}{dt}, \quad \omega_r = P \cdot \omega$$

Travail demandé

- 1 - implémenter le modèle du moteur synchrone sans amortisseurs dans Simulink, en utilisant la forme matricielle.
- 2 - Tracer le couple électromagnétique C_e et le couple de charge C_r

suite TP4

$$[A1] = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_{kd} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_{kq} \end{bmatrix}, [A2] = \begin{bmatrix} 0 & -L_{qs} & 0 & 0 & -M_{kq} \\ L_{ds} & 0 & M_f & M_{kd} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

et $[B] = [L]^{-1}$, $[I] = [i_{ds} \ i_{qs} \ i_f \ i_{kd} \ i_{kq}]^t$, $[u] = [U_{sd} \ U_{sq} \ U_f \ 0 \ 0]^t$

- le couple: C_e :

$$C_e = P \cdot (L_{ds} \cdot i_{qs} + M_f \cdot i_f i_{qs} + M_{kd} \cdot i_{qs} - L_{qs} \cdot i_{qs} \cdot i_{ds} - M_{kq} \cdot i_{kq} \cdot i_{ds})$$

et $C_e - C_r - f \cdot \Omega = J \cdot \frac{d\Omega}{dt}$, $\Omega_r = P \cdot \Omega$

Travail demandé (démarrage à vide suivi par une charge $C_r = 30 \text{ N.m}$)

- 1- en se basant sur le fichier de la M-S sans amortisseurs, implanter le modèle de la M-S avec amortisseurs sous forme matricielle.
- 2- Tracer le C_e et le C_r .
- 3- Tracer la vitesse de rotation
- 4- Tracer les courants de phases: i_a, i_b et i_c .
- 5- Tracer les courants: i_{kd} et i_{kq} dans les amortisseurs
- 6- Tracer les composantes i_{ds} et i_{qs} .
- 7- Tracer le courant d'excitation
- 8- interprétation des résultats.

Données de la M-S avec amortisseurs

$R_s = 0,2498 \Omega$; $R_f = 14,666 \Omega$; $R_{kd} = 0,45747 \Omega$; $R_{kq} = 0,41637 \Omega$; $L_f = 9030,888 \text{ mH}$
 $L_{ds} = 902985 \mu\text{H}$; $L_{qs} = 0,01487 \text{ H}$; $L_{kd} = 9030981 \mu\text{H}$; $L_{kq} = 0,015882 \text{ H}$.
 $M_f = 0,028895 \text{ H}$; $M_{fd} = 0,028895 \text{ H}$; $M_{kd} = 0,028895 \text{ H}$; $M_{kq} = 0,013813 \text{ H}$.
 $P = 2$; $J = 0,15$; $F = 9,0002$.

- 3- Tracer la vitesse de rotation
- 4- Représenter les courbes des courants de phases: i_a, i_b, i_c
- 5- Tracer le courant d'excitation:
- 6- Tracer les composantes i_d et i_q.
- 7- interprétation des résultats.

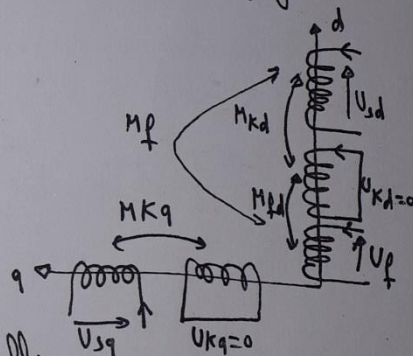
Données de la machine sans amortisseurs

$L_{ds} = 0,00231 \text{ H}; L_{qs} = 0,00231 \text{ H}; L_f = 0,924 \text{ H}; R_s = 0,48 \Omega; R_f = 125 \Omega;$
 $P = 3; M_{fd} = 0,0236 \text{ H}; J = 0,263 \text{ Kg.m}^2; F = 0,0002.$

Partie II: Moteur synchrone avec amortisseurs

Les machines à pôles saillants sont munies d'amortisseurs logés dans les pièces polaires. Les amortisseurs s'opposent à toute variation rapide du flux à travers le rotor. Ils ont un rôle important dans la stabilisation de la vitesse, ainsi qu'au démarrage.

- Le modèle de la M-s avec amortisseurs est donné par la figure suivante:



- le modèle électrique sous forme matricielle:

$$\frac{d[I]}{dt} = -[L]^{-1} \cdot [A] \cdot [I] + [L]^{-1} \cdot [U] \quad \text{avec:}$$

$$[L] = \begin{bmatrix} L_{ds} & 0 & M_f & M_{kd} & 0 \\ 0 & L_{qs} & 0 & 0 & M_{kq} \\ M_f & 0 & L_f & M_{fd} & 0 \\ M_{kd} & 0 & M_{fd} & L_{kd} & 0 \\ 0 & M_{kq} & 0 & 0 & L_{kq} \end{bmatrix} \quad [A] = \begin{bmatrix} R_s & -\omega_r L_{qs} & 0 & 0 & -\omega_r M_{kq} \\ \omega_r L_{ds} & R_s & \omega_r M_f & \omega_r M_{kd} & 0 \\ 0 & 0 & R_f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_{kd} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_{kq} \end{bmatrix}$$

on peut écrire: $[A] = [A_1] + \omega_r [A_2]$: tel que: