

TP N°02

MODELISATION DE LA MACHINE A COURANT CONTINU

I- Introduction :

Selon la façon d'excitation on distingue plusieurs types des machines à courant continu [support de cours] :

- la machine à excitation séparée,
- la machine à excitation shunt,
- la machine à excitation série,
- la machine à excitation composée.

II. Objectif du TP

Simuler le fonctionnement d'une machine à courant continu selon les différents modes d'excitation à l'aide du logiciel SIMULINK/MATLAB.

III. Rappels Théoriques

Pour plus de détaille consulter le support de cours

III. 1. Excitation séparée

Le modèle du moteur à excitation séparée est représenté dans le système d'axe « d, q » comme suit :

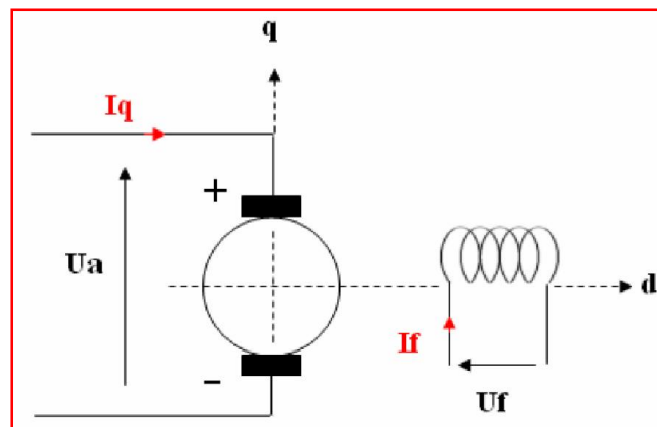


Figure 1. Schéma du MCC à excitation séparée sur les axes « d, q ».

A partir du schéma de la figure 1, on peut écrire les équations électriques et mécaniques régissant le fonctionnement de la machine :

➤ Equations électriques :	➤ Equations mécaniques :
$\begin{cases} C_e = M_{fa} * I_f * I_a \\ U_f = R_f * I_f + L_f * \frac{dI_f}{dt} \\ U_a = R_a * I_a + L_a * \frac{dI_a}{dt} + \omega_r * M_{fa} * I_f \end{cases} \quad (1)$	$J * \frac{d\omega_r}{dt} = C_e - C_r \quad (2)$

On remplace « Ce » par son expression de l'équation (1) dans l'équation (2), on obtient :

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{M_{fa} * I_a * I_f}{J} - \frac{C_r}{J} \quad (3)$$

D'après ces équations on peut construire le schéma bloc suivant :

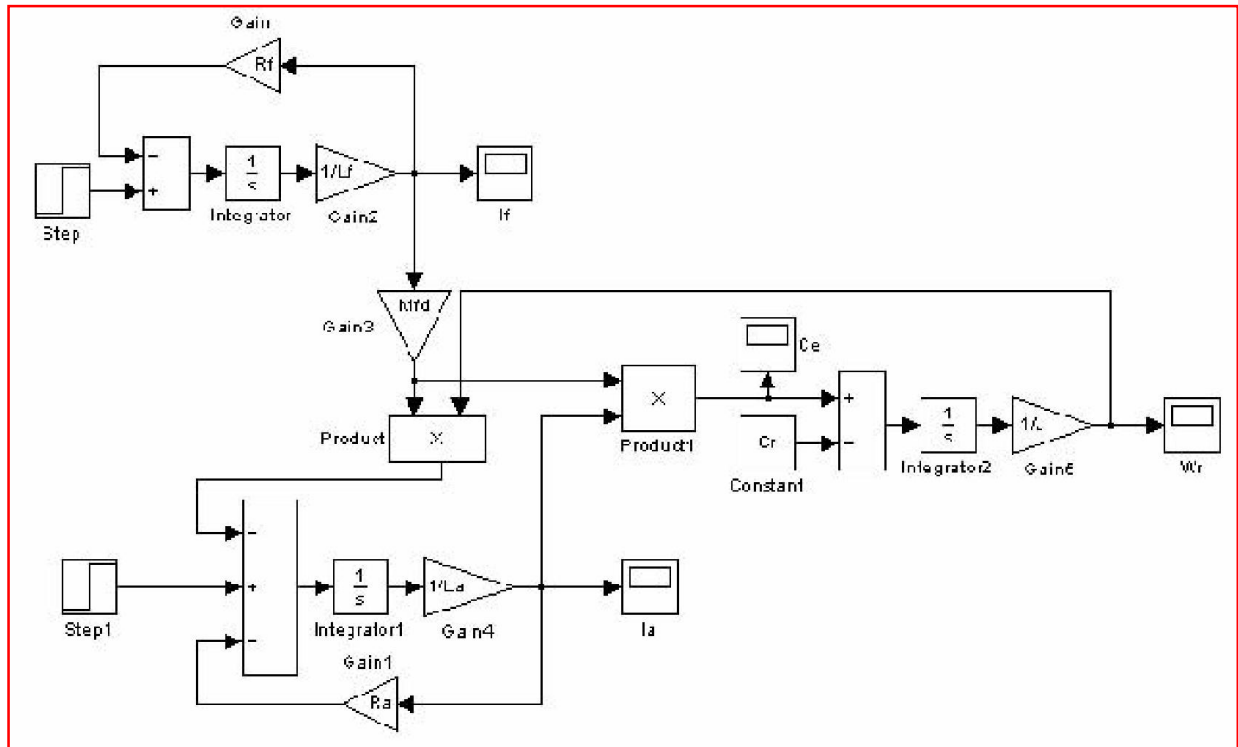


Figure 2. Modèle SIMULINK/MATLAB du MCC à excitation séparée.

III.2. Excitation série

Le modèle du moteur à excitation série sur les axes « d , q » est illustré par la figure 3.

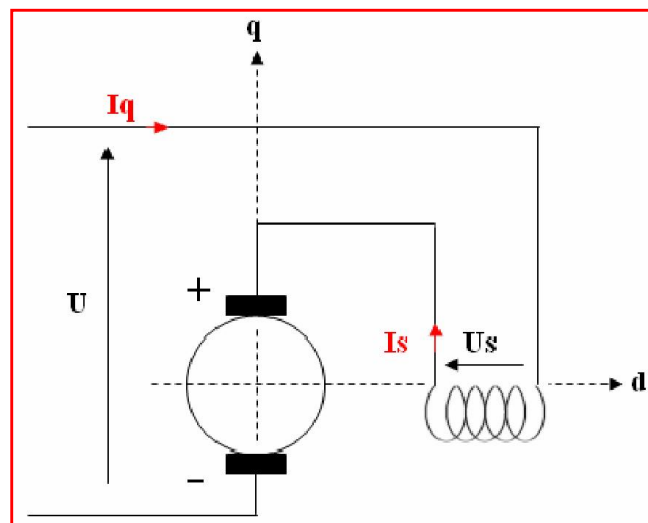


Figure 3. Schéma du MCC à excitation série sur les axes « d , q ».

Pour le moteur à excitation série, le circuit d'induit est en série avec l'inducteur alors le même courant traverse les deux circuits, et la tension est égale à la somme des deux tensions, ce qui nous conduit à écrire :

$$\begin{cases} U = U_q + U_s \\ I_q = I_s \end{cases} \quad (4)$$

➤ Equations électriques :	➤ Equations mécaniques :
$\begin{cases} U_s = R_s * I_s + L_s * \frac{dI_s}{dt} \\ U_q = R_q * I_q + L_q * \frac{dI_q}{dt} + \omega_r * M_{sq} * I_q \\ U = (R_q + R_s + \omega_r * M_{sq}) * I_q + (L_q + L_s) * \frac{dI_q}{dt} \\ C_e = M_{sq} * I_f * I_q \end{cases} \quad (5)$	$J * \frac{d\omega_r}{dt} = C_e - C_r \quad (6)$

En remplaçant « C_e » par son expression, on obtient :

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{M_{sq} * I_q^2}{J} - \frac{C_r}{J} \quad (7)$$

III.3. Excitation shunte

Le modèle du moteur à excitation shunte est représenté dans le système d'axes (d, q) comme suit :

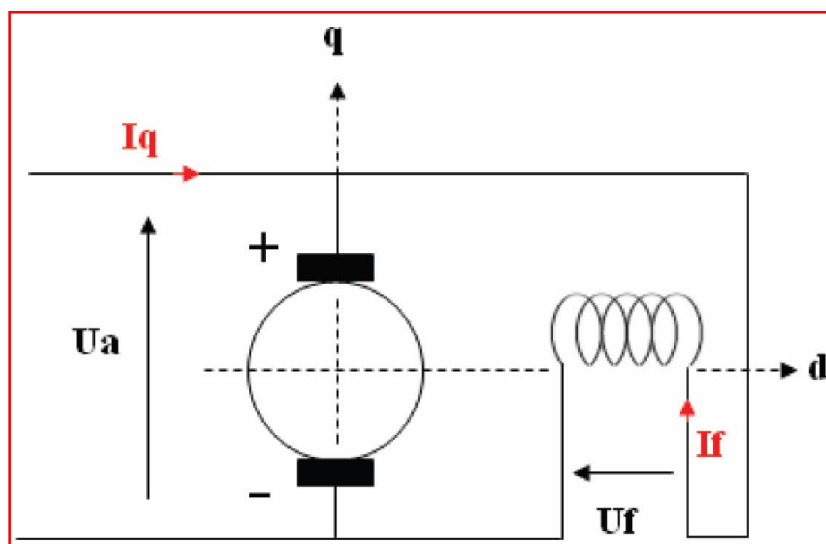


Figure 4. Schéma du MCC à excitation shunte sur les axes « d, q ».

Le circuit d'induit est en parallèle avec l'inducteur, donc la tension aux bornes des deux circuits est la même, par contre le courant est différent parce qu'il dépend des paramètres de chaque circuit.

$$U_a = U_f \quad (8)$$

➤ Equations électriques :	➤ Equations mécaniques :
$\begin{cases} C_e = M_{fa} * I_f * I_a \\ U_f = R_f * I_f + L_f * \frac{dI_f}{dt} \\ U_a = R_a * I_a + L_a * \frac{dI_a}{dt} + \omega_r * M_{fa} * I_f \end{cases} \quad (9)$	$J * \frac{d\omega_r}{dt} = C_e - C_r \quad (10)$

On remplace « C_e » par son expression, l'équation (10) devient :

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{M_{fa} * I_a * I_f}{J} - \frac{C_r}{J} \quad (11)$$

III.4. Excitation Composée

L'excitation composée est le jumelage des deux excitations composée et série, et sa représentation sur le système d'axes « d, q » est la suivante :

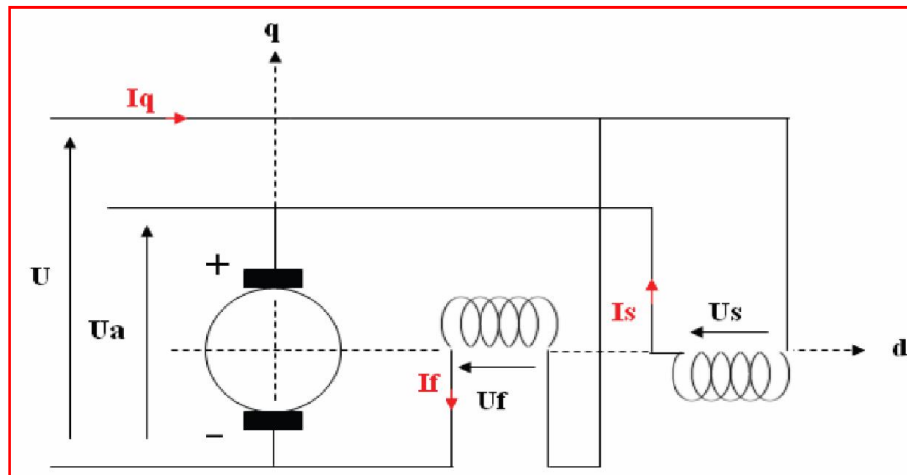


Figure 5. Schéma du MCC à excitation composée sur les axes « d, q ».

Du schéma de la figure précédente, on remarque que le courant est le même qui traverse la partie série et l'inducteur mais la tension est la somme des deux et est égale à celle de la partie parallèle, ce qui nous conduit à écrire :

$$\begin{cases} U = U_a + U_s \\ U = U_f \\ I_a = I_s \end{cases} \quad (12)$$

➤ Equations électriques :

$$\begin{cases} U_s = R_s * I_s + L_s * \frac{dI_s}{dt} + M_{fs} * \frac{dI_f}{dt} \\ U_a = (R_a + \omega_r * M_{sd}) * I_a + L_a * \frac{dI_a}{dt} + \omega_r * M_{fd} * I_f \\ U_f = R_f * I_f + L_f * \frac{dI_f}{dt} + M_{fs} * \frac{dI_a}{dt} \end{cases} \quad (13)$$

A partir des systèmes d'équation (12) et (13), on peut écrire :

$$\begin{cases} U = (R_a + R_s + \omega_r * M_{sd}) * I_a + (L_a + L_s) * \frac{dI_a}{dt} + M_{fs} * \frac{dI_f}{dt} + \omega_r * M_{fd} * I_f \\ C_e = M_{fd} * I_f * I_a + M_{sd} * I_a^2 \end{cases} \quad (14)$$

➤ Equations mécaniques:

$$J * \frac{d\omega_r}{dt} = C_e - C_r \quad (15)$$

On remplace C_e par son équation, on obtient :

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{M_{fd} * I_f * I_a + M_{sd} * I_a^2}{J} - \frac{C_r}{J} \quad (16)$$

IV. Travail demandé

1-Implanter le schéma bloc du MCC à excitation séparée sous SIMULINK/MATLAB (Donné en III.1).

2-Tracer les courbes $I_a(t)$, $I_f(t)$, $C_e(t)$ et $\omega_r(t)$.

3-Fixer un couple résistance de 5N.m et tracer les courbes $I_a(t)$, $I_f(t)$, $C_e(t)$ et $\omega_r(t)$. Comparer ces résultats à ceux obtenus précédemment sans couple résistant.

4. Montrer l'impacte de la variation brusque de la charge (variation du couple résistant de 5 à 7 à l'instante t=8s) sur les allures de $I_a(t)$, $I_f(t)$, $C_e(t)$ et $\omega_r(t)$.

V. Homework

Travailler en binômes pour refaire les questions 1, 2,3 et 4 pour les autres types du MCC (excitation série, excitation shunte et excitation Composée).

N.B :

Binôme 1 fait l'excitation série

Binôme 2 fait Excitation shunte

Binôme 2 fait Excitation Composée

Envoyer vos rapport par e_mail

Les paramètres de la machine à courant continu sont les suivants :

Excitation séparée	Excitation série	Excitation shunte	Excitation Composée
$L_f = 55.366 \text{ H}$ $L_a = 0.198 \text{ H}$ $J = 0.0398 \text{ kg.m}^2$ $R_f = 880 \Omega$ $R_a = 6.67 \Omega$ $M_{fd} = 5.213 \text{ H}$	$L_s = 0.0868 \text{ H}$ $L_a = 0.198 \text{ H}$ $J = 0.0398 \text{ kg.m}^2$ $R_s = 1.158 \Omega$ $R_a = 6.67 \Omega$ $M_{fd} = 0.2125 \text{ H}$	$L_f = 55.366 \text{ H}$ $R_f = 880 \Omega$ $L_a = 0.198 \text{ H}$ $R_a = 6.67 \Omega$ $M_{fd} = 5.213 \text{ H}$ $J = 0.0398 \text{ kg.m}^2$	$L_s = 0.0868 \text{ H}$ $L_a = 0.198 \text{ H}$ $L_f = 55.366 \text{ H}$ $M_{fd} = 5.213 \text{ H}$ $M_{sd} = 0.2125 \text{ H}$ $M_{fs} = 1.12 \text{ H}$ $R_f = 880 \Omega$ $R_s = 1.158 \Omega$ $R_a = 6.67 \Omega$

Table 1. Les paramètres de la machine à courant continu.