Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique
Module : Systèmes de conversion de l'énergie éolienne
Niveau : M1-Energies Renouvelables
Année universitaire : 2019 / 2020 – Semestre2

TP N° 3 : Modélisation et Simulation de la génératrice synchrone à aimant permanents

Objectifs:

- Savoir modéliser et simuler une machine électrique par MATLAB-SIMULINK en vue de l'utiliser dans une chaine de conversion éolienne.

Introduction :

La structure de la machine synchrone à aimants permanents comporte un enroulement triphasé au stator. L'excitation rotorique est créée par des aimants permanents au rotor.

Modélisation de la GSAP

1/Equations électriques

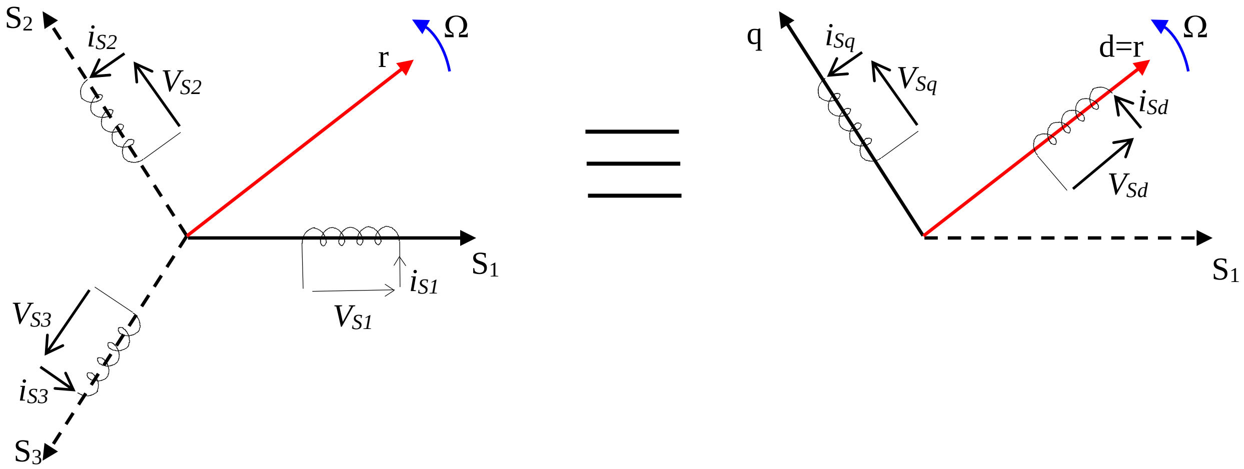
$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = R_s \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt}\begin{bmatrix} \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_c \end{bmatrix}$$

$[v_a \quad v_b \quad v_c]^t$: Vecteur tension de phases statoriques.

$[i_a \quad i_b \quad i_c]^t$: Vecteur courant de phases statoriques.

$[\psi_a \quad \psi_b \quad \psi_c]^t$: Vecteur des flux totaux traversant les bobines statoriques.

2/Passage au repère de Park



$$\begin{bmatrix} U_d & U_q & U_o \end{bmatrix} = P(\theta).[U_a \quad U_b \quad U_c]^T$$

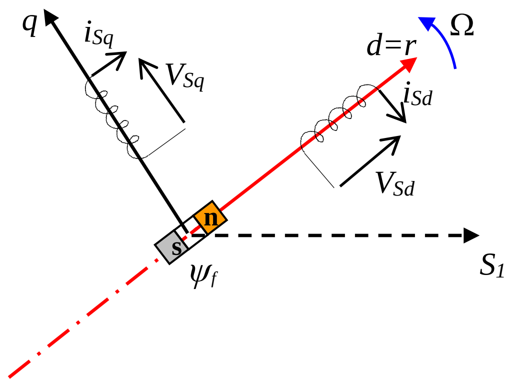
$$\begin{bmatrix} I_d & I_q & I_o \end{bmatrix} = P(\theta).[I_a \quad I_b \quad I_c]^T$$

$$\begin{bmatrix} \varphi_d & \varphi_q & \varphi_o \end{bmatrix} = P(\theta).[\varphi_a \quad \varphi_b \quad \varphi_c]^T$$

$$p(\theta)=\frac{2}{3}\begin{pmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta-\frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta-\frac{4\pi}{3}) \\ -\sin(\theta) & -\sin(\theta-\frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta-\frac{4\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \qquad P(\theta)^{-1}=\frac{2}{3}\begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & 1 \\ \cos\left(\theta-\frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta-\frac{2\pi}{3}\right) & 1 \\ \cos\left(\theta-\frac{4\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta-\frac{4\pi}{3}\right) & 1 \end{bmatrix}$$

3/Modèle de la Génératrice synchrone à aimants permanents

$$\begin{cases} V_d = -R_s I_d - L_d \frac{d}{dt} I_d + \omega L_q I_q \\ V_q = -R_s I_q - L_q \frac{d}{dt} I_q - \omega L_d I_d + \omega \psi_f \end{cases} \qquad (1)$$



4/ Expression du couple électromagnétique

$$C_{em} = \frac{3}{2} P(\psi_d i_q - \psi_q i_d)$$

$$C_{em} = \frac{3}{2} P[(L_q - L_d) i_d i_q + i_q \psi_f)]$$

Simulation de la GSAP

1/ A vide

$$\begin{cases} I_d = 0 \\ I_q = 0 \end{cases}$$

Les expressions des tensions et couple deviennent:

$$\begin{cases} V_d = 0 \\ V_q = \omega \psi_f \\ C_{em} = 0 \end{cases}$$

Travail demandé:

Déclarer les paramètres de la GSAP dans un fichier SCRIPT

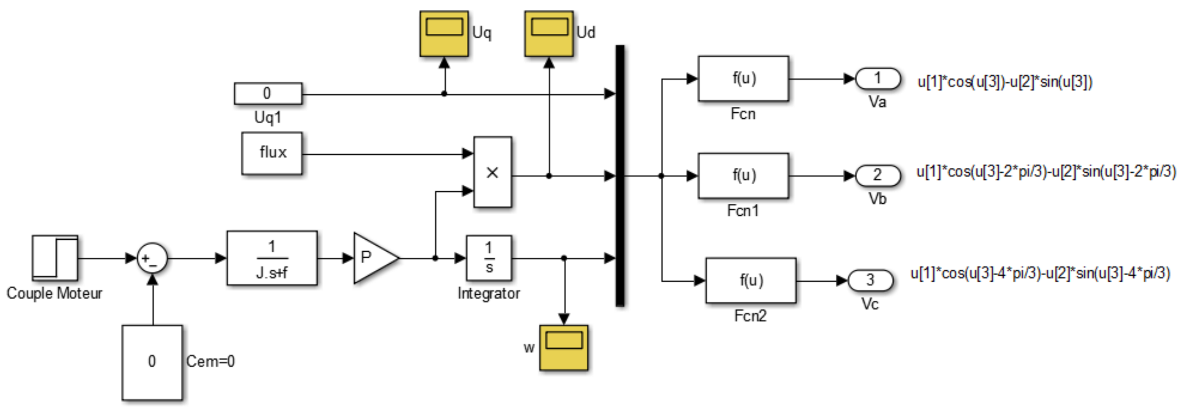
Rs=2.875(Ω);Ld=8.5e-3(H);Lq=8.5e-3(H);flux=0.175(Wb);P=4;J=0.008Kg.m²;f=0Nm/rd.s;

De l'instant **t=0**s à l'instant **t=0.4s**, On appliquer à la génératrice un couple moteur de 6.28(Nm), puis on diminue le couple moteur à 3Nm jusqu'à l'instant **1s**

1/ Implanter et exécuter le schéma bloc de la GSAP à vide pour une durée de (1s)

2/ Visualiser les grandeurs : Vabc , Ud , Uq

3/ Commentaires et conclusion



2/GSAP sur une charge séparée (*R_{ch}*, *L_{ch}*) avec correction

La génératrice alimente dans ce cas une charge électrique (R_{ch}, L_{ch}).

on applique d'une part, les équations (1) :

D'autre part, l'application des tensions V_d et V_q sur la charge donne:

$$\begin{cases} V_d = R_{ch} I_d + L_{ch} \dfrac{d}{dt} I_d - \omega L_{ch} I_q \\ V_q = R_{ch} I_q + L_{ch} \dfrac{d}{dt} I_q + \omega L_{ch} I_d \end{cases} \qquad (2)$$

En introduisant la transformée de ***LAPLACE*** dans les équations 1 et 2, elles deviennent :

$$\begin{cases} SI_d = \dfrac{1}{L_d + L_{ch}}[-(R_s + R_{ch})I_d + \omega(L_q + L_{ch})I_q] \\ SI_q = \dfrac{1}{L_q + L_{ch}}[-(R_s + R_{ch})I_q - \omega(L_d + L_{ch})I_d + \omega\psi_f] \end{cases}$$

Equations d'état

On cherche à obtenir un système d'équations sous forme d'équations d'état:

$[\dot{x}] = [A][x] + [B]$, $[x] = [i_d \quad i_q]^t$

Partie 1

1/Trouver les matrices A et B
2/Ecrire A sous forme **: A=Y11+w.Y12** (trouver Y11 et Y12)
3/Ecrire B sous forme **B=w.Z** (trouver Z)
4/Déclarer les paramètres de la génératrice dans un fichier **SCRIPT**

```
Rs=1.137;Ld=0.0027;Lq=0.0027;J=0.0016;f=0;P=17;flux=0.15;Rch=50;Lch=0.002;
Rg=Rs+Rch;
L1=Ld+Lch;
L2=Lq+Lch;
Z= ?
Y11= ?
Y12= ?
```

Partie2

A l'instant (t=0s) on applique à la génératrice un couple moteur Cm=6.28(Nm)
A l'instant (t=0.2s) on diminue le couple moteur à 3(Nm)

5/ Compléter et simuler le schéma bloc sur une période de 0.6(s).
6/ Visualiser les grandeurs : w , Vd , Vq , Id , Iq , Iabc , Vabc , Cem
7/Commentaires et conclusion

Important : Pour mieux assimiler le TP, et avant d'aller à la correction, veuillez essayer de répondre aux questions ci-dessus.

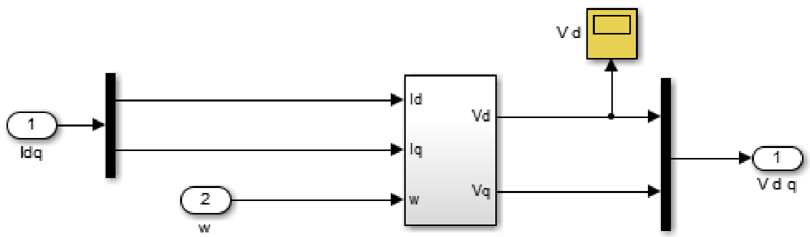
Correction TP2

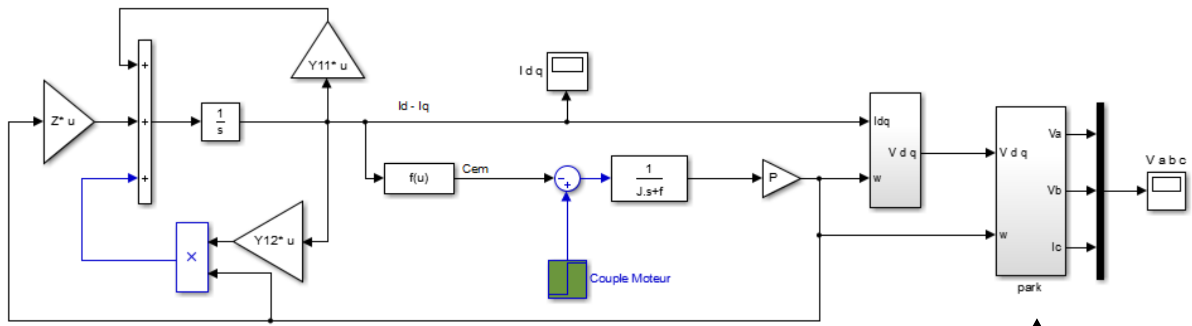
$$\begin{bmatrix}\dot{I}_{ds}\\ I_{qs}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-\dfrac{R_s+R_{ch}}{L_d+L_{ch}} & \omega\dfrac{L_q+L_{ch}}{L_d+L_{ch}}\\ -\omega\dfrac{L_d+L_{ch}}{L_q+L_{ch}} & -\dfrac{R_s+R_{ch}}{L_q+L_{ch}}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}I_d\\ I_q\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\ \dfrac{\omega\psi_f}{L_q+L_{ch}}\end{bmatrix}$$

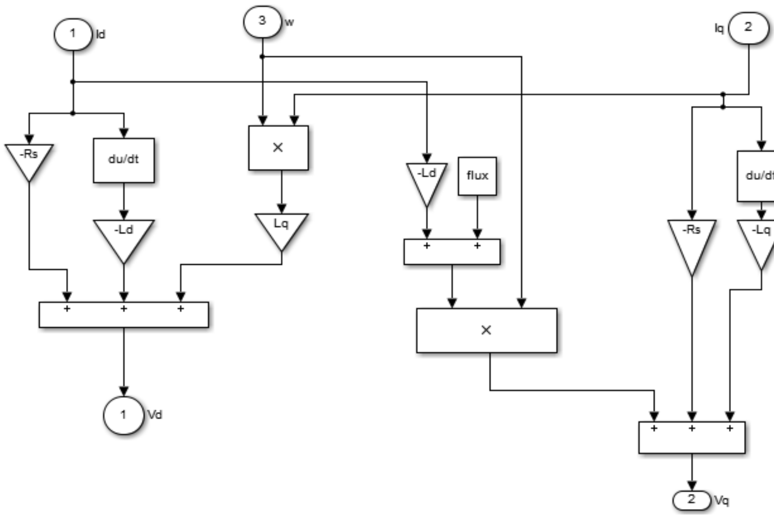
$$[A]=Y11+\omega Y12=\begin{bmatrix}-\dfrac{R_s+R_{ch}}{L_d+L_{ch}} & 0\\ 0 & -\dfrac{R_s+R_{ch}}{L_q+L_{ch}}\end{bmatrix}+\omega\begin{bmatrix}0 & \dfrac{L_q+L_{ch}}{L_d+L_{ch}}\\ -\dfrac{L_d+L_{ch}}{L_q+L_{ch}} & 0\end{bmatrix}$$

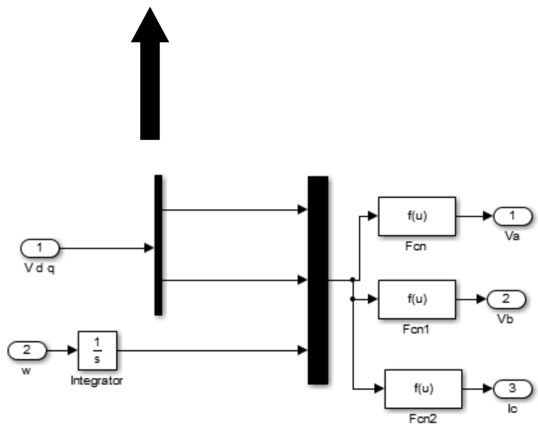
$$[B]=\omega Z=\omega.\frac{1}{L_q+L_{ch}}\begin{bmatrix}0\\ \psi_f\end{bmatrix}$$

```
Rs=1.137;Ld=0.0027;Lq=0.0027;J=0.0016;f=0;P=17;flux=0.15;Rch=50;Lch=0.002;
Rg=Rs+Rch;
L1=Ld+Lch;
L2=Lq+Lch;
Z=[0;flux/L2];
Y11=[-Rg/L1 0;0 -Rg/L2];
Y12=[0 L2/L1;-L1/L2 0];
```









Le couple électromagnétique :

C_{em}=(3/2)*P*((Lq-Ld)*u[1]*u[2]+flux*u[2])

Enseignant : M.MAYOUF