

TP1: étude du phénomène transitoire de la machine asynchrone avec onduleur MLI sous Matlab/Simulink

Hypothèse simplificatrices

La modélisation de la machine asynchrone s'appuie sur un certain nombre d'hypothèses simplificatrices, qui sont

- L'entrefer est d'épaisseur uniforme.
- L'effet d'encochage est négligé.
- Distribution spatiale des forces magnétomotrices d'entrefer est sinusoïdale.
- Circuit magnétique non saturé et à perméabilité constante.
- Pertes ferromagnétiques négligeables.

Les résistances des enroulements ne varient pas en fonction de la température de fonctionnement et on néglige également l'effet de peau

Ainsi, parmi les conséquences importantes de ces hypothèses, on peut citer :

- L'additivité du flux.
- La constance des inductances propres.
- La loi de variation sinusoïdale des inductances mutuelles entre les enroulements statoriques et rotoriques en fonction de l'angle électrique entre leurs axes magnétiques.

Les équations générales (1) décrivant le fonctionnement des moteurs à asynchrone dans la référentiel $U-V$.

En réécrivant les équations précédentes (1) dans un référentiel stationnaire $\alpha - \beta$ ($\omega_c = 0$), on obtient le modèle (2).

Les équations électriques :

$$\begin{aligned} u_{ds} &= r_s \cdot i_{ds} + \frac{d\phi_{ds}}{dt} - \omega_c \cdot \phi_{qs} & u_{s\alpha} &= r_s \cdot i_{s\alpha} + \frac{d\phi_{s\alpha}}{dt} \\ u_{qs} &= r_s \cdot i_{qs} + \frac{d\phi_{qs}}{dt} + \omega_c \cdot \phi_{ds} & u_{s\beta} &= r_s \cdot i_{s\beta} + \frac{d\phi_{s\beta}}{dt} \\ u_{dr} &= r_r \cdot i_{dr} + \frac{d\phi_{dr}}{dt} - (\omega_c - \omega_r) \cdot \phi_{qr} & 0 &= r_r \cdot i_{r\alpha} + \frac{d\phi_{r\alpha}}{dt} + \omega_r \cdot \phi_{r\beta} \\ u_{qr} &= r_r \cdot i_{qr} + \frac{d\phi_{qr}}{dt} + (\omega_c - \omega_r) \cdot \phi_{dr} & 0 &= r_r \cdot i_{r\beta} + \frac{d\phi_{r\beta}}{dt} - \omega_r \cdot \phi_{r\alpha} \end{aligned} \quad (1) \quad \Rightarrow \quad (2)$$

les équations des flux

$$\begin{cases} \Phi_{\alpha s} = L_s i_{\alpha s} + M i_{\beta r} \\ \Phi_{\beta s} = L_s i_{\beta s} + M i_{\alpha r} \\ \Phi_{\alpha r} = L_r i_{\alpha r} + M i_{\beta s} \\ \Phi_{\beta r} = L_r i_{\beta r} + M i_{\alpha s} \end{cases}$$

L'équation de couple électromagnétique:

$$C_e = \frac{3}{2} PM (i_{r\alpha} i_{s\beta} - i_{s\alpha} i_{r\beta})$$

Les équations mécanique :

$$C_e - C_r = J \frac{d\omega}{dt} + f\omega$$

1-Alimentation direct de la MAS par réseau triphasé

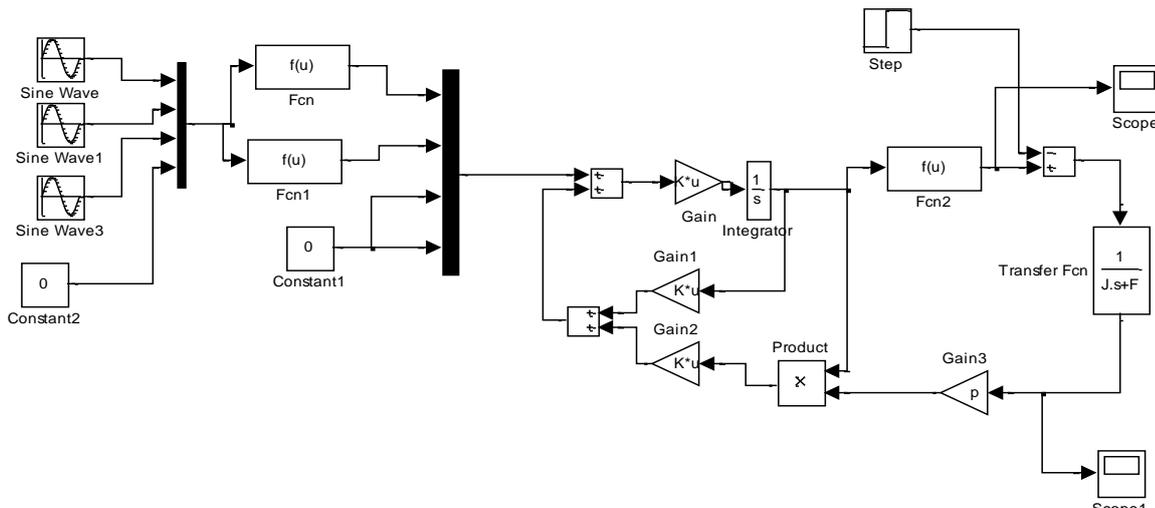


Fig.I MAS sous MATLAB /Simulink dans le réparer $\alpha - \beta$

2-Alimentation de la MAS par un onduleur de tension

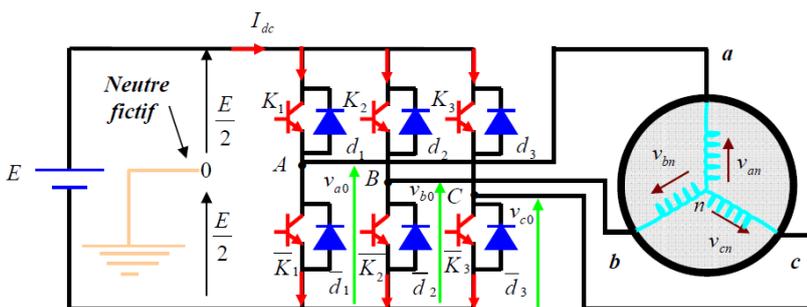


Fig.2. Représentation de l'ensemble onduleur + machine asynchrone

Modélisation d'un onduleur de tension MLI

Le modèle mathématique d'un onduleur de tension donné par :

$$\begin{bmatrix} V_{as} \\ V_{bs} \\ V_{cs} \end{bmatrix} = \frac{E}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix}$$

E : la tension du bus continu
f1 ,f2 , f3 les état des interrupteur

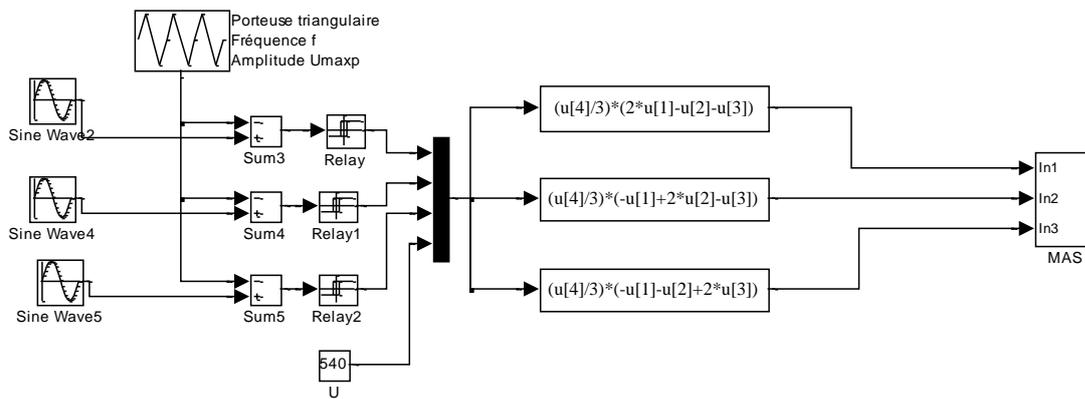


Fig.2. Alimentation de la MAS par un onduleur de tension à MLI sinus- triangulaire sous MATLAB –Simulink

Travail demandé :

1- écrit sous la forme d'une équation d'état le modèle mathématique de la machine, dans un repère (α, β) :

$$\dot{X} = AX + BU \quad , x = [i_{s\alpha} \quad i_{s\beta} \quad i_{r\alpha} \quad i_{r\beta}]^T : \text{Vecteur d'état}$$

2- réaliser du modèle de simulation du moteur asynchrone à cage dans l'environnement MATLAB /SMULINK.

1- présenter les résultats obtenus suite à la simulation du moteur asynchrone à cage,

(Démarge a vide et Insérer une charge)

3- alimenté la MAS par un onduleur de tension et présentation les résultats obtenus

4-écrit sous la forme d'une équation d'état le modèle mathématique de la machine, dans un repère d-q et présentation les résultats obtenus suite à la simulation de la MAS.

$$V_{ds} = (u[1] * \cos(u[4]) + u[2] * \cos(u[4] + 2 * \pi / 3) + u[3] * \cos(u[4] + 4 * \pi / 3)) * \text{sqrt}(2/3)$$

$$V_{qs} = -(u[1] * \sin(u[4]) + u[2] * \sin(u[4] + 2 * \pi / 3) + u[3] * \sin(u[4] + 4 * \pi / 3)) * \text{sqrt}(2/3)$$

$$C_e = (2/3) * m * p * (u[2] * u[3] - u[4] * u[1])$$

Programme M-file MAS dans la repère (α, β) :

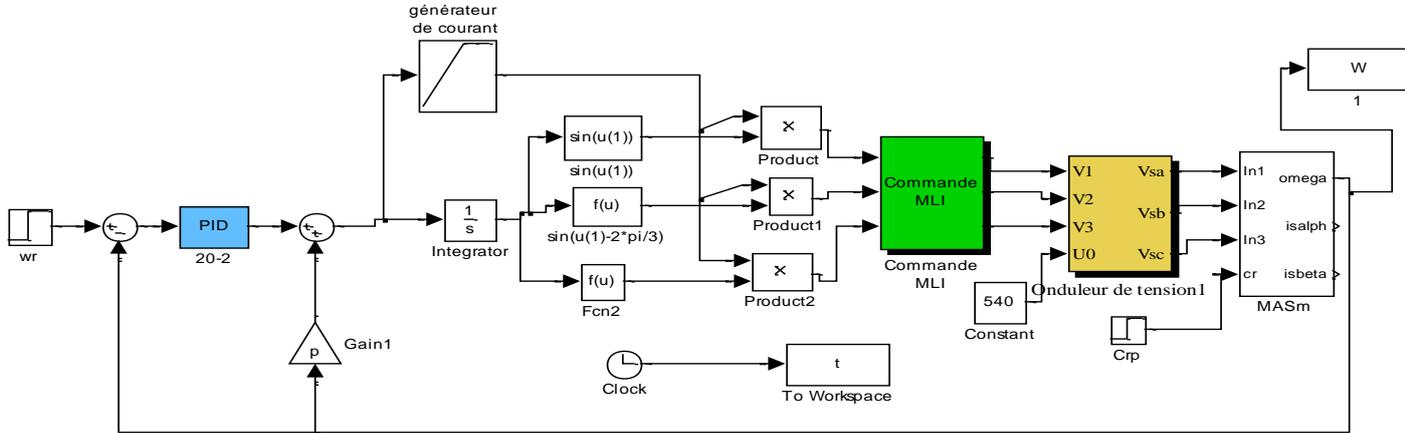
```
% Les paramètres du moteur:
rs=0.63;rr=0.4;ls=0.097;lr=0.091;F=0.001;J=0.22;p=2;m=0.091;
F=0.0001;J=0.13;
L=[ls 0 m 0;
  0 ls 0 m;
  m 0 lr 0;
  0 m 0 lr]
B=inv(L)
A1=[-rs 0 0 0;
  0 -rs 0 0;
  0 0 -rr 0;
  0 0 0 -rr]
A2=[0 0 0 0;
  0 0 0 0;
  0 -m 0 -lr;
  m 0 lr 0]
```

TP2: command scalaire de la machine asynchrone sous Matlab/Simulink

Commande scalaire

Le but de se TP résultats la simulation de la commande scalaire en couple par contrôle des courants statoriques.

1--Contrôle scalaire de la tension



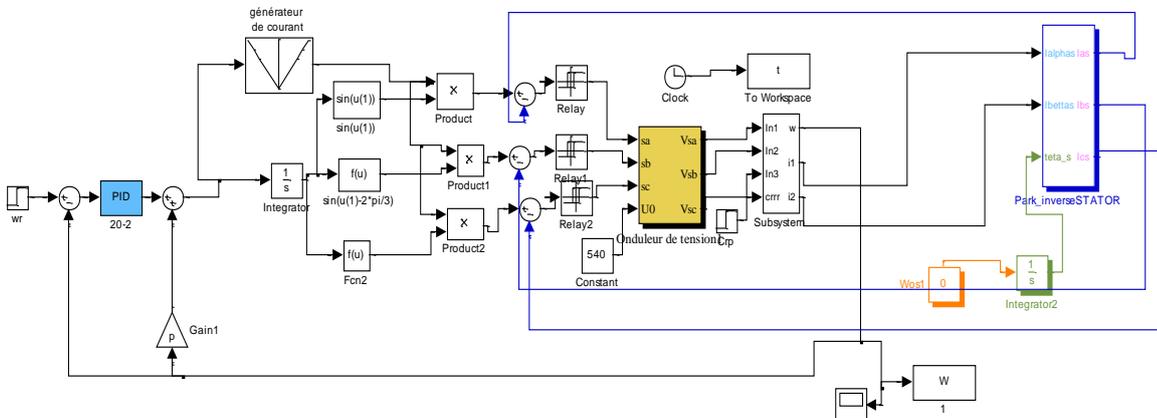
$Fcn1 = \sin(u(1))$, $Fcn2 = \sin(u(1)+2*\pi/3)$, $Fcn3 = \sin(u(1)+4*\pi/3)$

Lookup :

Vector of input values [0 314 400 500]

Vector of output values [40 220*sqrt(2) 220*sqrt(2) 220*sqrt(2)]

2--Contrôle scalaire du courant



Lookup :

Vector of input values [-500 -400 -314 0 314 400 500]

Vector of output values [50 40 31 0 31 40 50]

Travail demandé :

1- réaliser la simulation des deux commandes scalaire dans l'environnement MATLAB /SMULINK. et présenter les résultats obtenus ,(la vitesse avec sa référence, le flux rotorique ,le couple et les courants...)

Les paramètres du moteur: $r_s=0.63$; $r_r=0.4$; $L_s=0.097$; $L_r=0.091$; $F=0.001$; $J=0.22$; $p=2$; $M=0.091$;

Faculté des Sciences et de la Technologie
 Département de génie électrique
 1^{er} année master réseaux -2019/2020
 TP commande des systèmes électro-énergétiques

TP4: commande vectorielle de la MSAP sous Matlab/Simulink

- Le but de se TP résultats la simulation de la commande vectorielle de la Moteur Synchrone à Aimants Permanents
- Pour simplifier le système de commande en néglige le terme de compensation

1- modèle dynamique de la machine

Le modèle électrique de la MSAP sous la forme suivante :

$$\begin{cases} V_{ds} = R_s I_{ds} + L_{ds} \frac{d}{dt} I_{ds} - \omega L_{qs} I_{qs} \\ V_{qs} = R_s I_{qs} + L_{qs} \frac{d}{dt} I_{qs} + \omega L_{ds} I_{ds} + \omega \Phi_f \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} I_{ds} = \frac{1}{L_{ds}} (V_{ds} - R_s I_{ds} + \omega L_{qs} I_{qs}) \\ \frac{d}{dt} I_{qs} = \frac{1}{L_{qs}} (V_{qs} - R_s I_{qs} - \omega L_{ds} I_{ds} + \omega \Phi_f) \end{cases}$$

Le couple développé par la machine s'écrit : $C_e = \frac{3}{2} p [(L_d - L_q) I_{ds} I_{qs} + \Phi_f I_{qs}]$

Les equations mécaniques : $C_e - C_r = J \frac{d\Omega}{dt} + f\Omega$

Avec : $\omega = p\Omega$

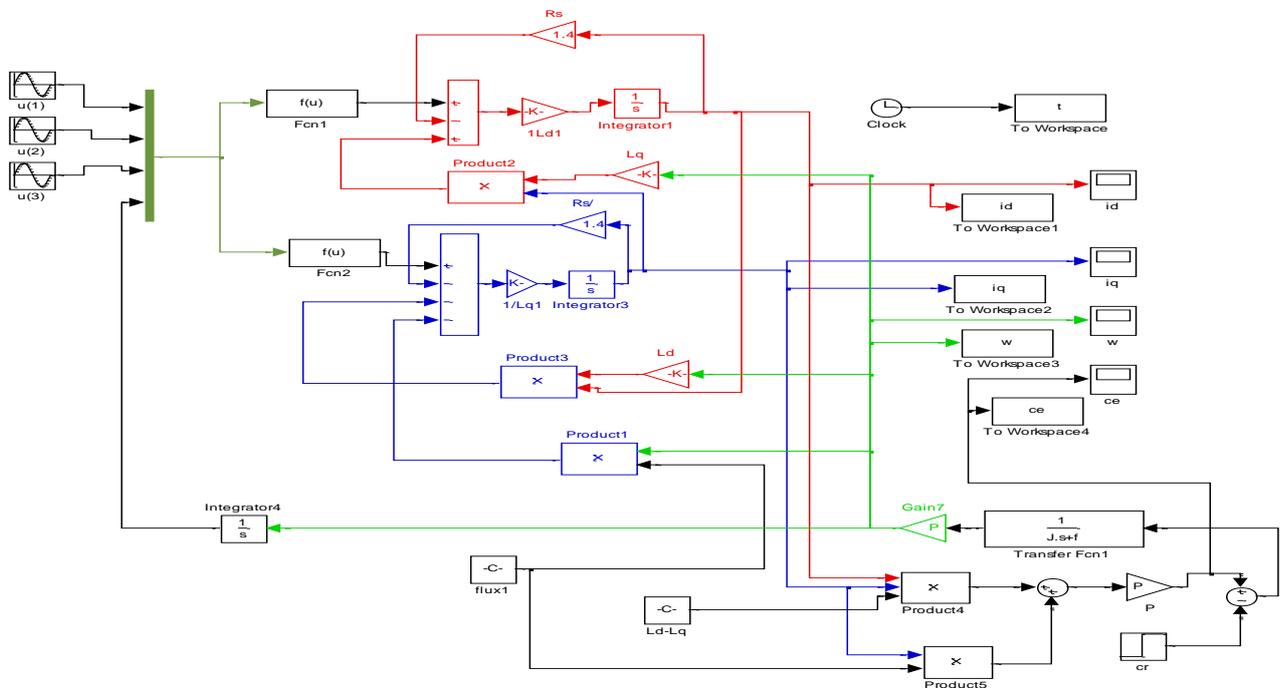


Fig 1-schéma bloc de la MSAP alimentée en tension.

2- commande vectorielle du MSAP

Si le courant i_d est nul

La forme du couple électromagnétique est donnée par: $C_e = \frac{3}{2} p \phi_f i_q$

Découplage par compensation

$$R_s I_{ds} + L_{ds} \frac{dI_{ds}}{dt} = V_{ds} - \omega L_{qs} I_{qs}$$



$$V_{sd1} = V_{sd} + e_q$$

$$V_{sq1} = V_{sq} + e_d$$

$$R_s I_{qs} + L_{qs} \frac{dI_{qs}}{dt} = V_{qs} + \omega L_{ds} I_{ds} + \omega \Phi_e$$

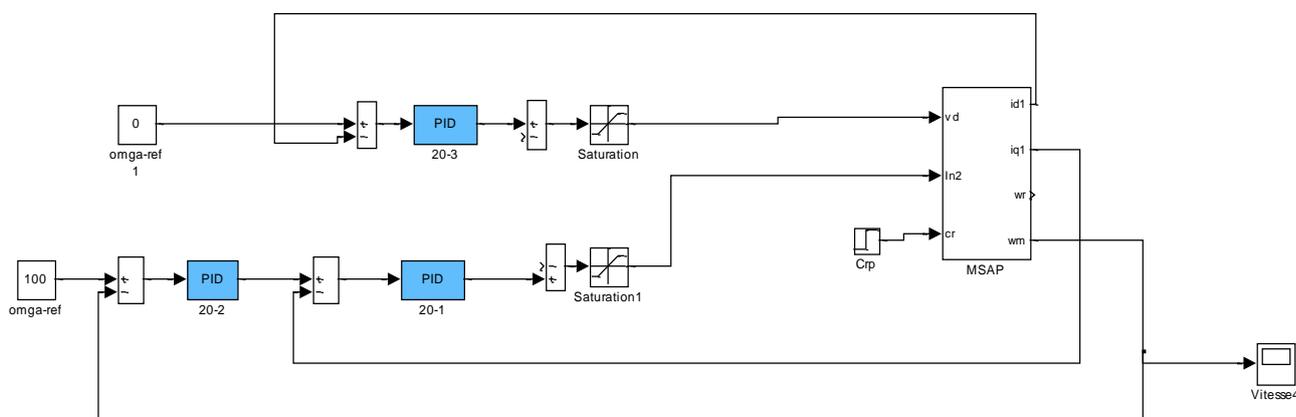


Fig 2- Bloc diagramme de la commande vectorielle de la MSAP

Travail demandé :

- 1- réalisé la simulation du modèle dynamique de la machine
 - 2- réalisé la simulation de la commande vectorielle dans l'environnement MATLAB /SMULINK.
 - 3- déterminer les paramètres des régulateurs (régulateur de vitesse, régulateur des courants
- Pour : $T_{repi}=0.01$, $T_{repw}=0.02$
- 4- présenter les résultats obtenus ,(la vitesse avec sa référence, le flux rotorique ,le couple et les courants)

Les paramètres du moteur:

$J=0.00176$; $f=0.0003881$; $L_d=0.0066$; $L_q=0.0058$; $R_s=1.4$; $\text{flux}=0.1546$; $P=3$

.....
 $\text{Fnc1} = (\text{sqrt}(2/3)) * (((u[1]) * \cos(u[4])) + ((u[2]) * \cos(u[4] - 2 * \text{pi}/3)) + ((u[3]) * \cos(u[4] - 4 * \text{pi}/3)))$
 $\text{Fnc2} = (-\text{sqrt}(2/3)) * (((u[1]) * \sin(u[4])) + ((u[2]) * \sin(u[4] - 2 * \text{pi}/3)) + ((u[3]) * \sin(u[4] - 4 * \text{pi}/3)))$