Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Faculté de Technologie
Département de Génie Electrique
Master Académique : Commandes Electriques (CE)
Matière : TP Techniques de la commande électrique

جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'sila

TP. N° : 02

Commande scalaire d'un moteur asynchrone à cage d'écureuil

Objectif

Dans ce TP on propose d'analyser les performances de la commande scalaire d'un moteur asynchrone alimenté en tension.

Commande scalaire

Il existe fondamentalement deux structures de commandes scalaires selon que l'on agit sur le courant ou sur la tension. Dans ce TP une attention particulière est portée sur la machine asynchrone alimentée en tension commandée par la commande scalaire dite V_s/f_s constant (constant Volts per Hertz).

La figure (1) représente le schéma bloc de l'asservissement de vitesse du moteur asynchrone à l'aide de la commande scalaire. La variation de la vitesse est obtenue par la variation de la pulsation statorique. Cette dernière est obtenue par la loi d'autopilotage via l'addition de la vitesse de rotation et la pulsation rotorique générée directement par le régulateur de vitesse.

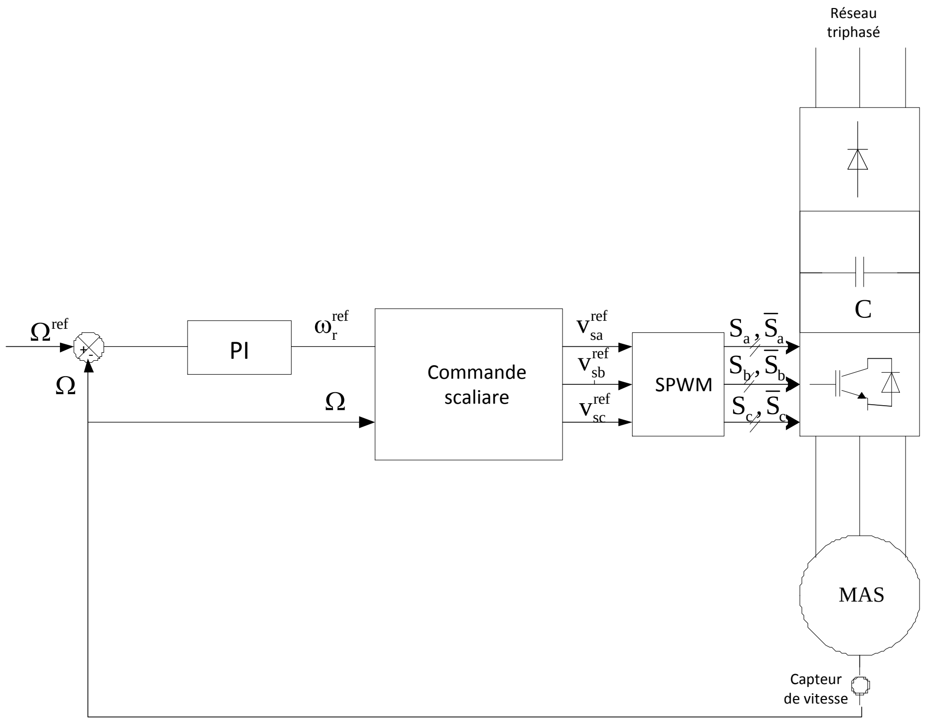

Figure (1): Schéma bloc de la commande scalaire du MAS

Etude théorique

1°) Monter que la commande scalaire peut être approximée par la loi suivante:

$$V_s \cong \omega_s \phi_s \sqrt{(\frac{R_s}{L_s \omega_s})^2 + 1}$$

Dans le cas où une loi linéaire est adoptée, représenter le schéma de la commande tout en tenant compte de l'influence de la chute résistive à basse vitesse.

2°) Calculer les gains du régulateur de vitesse.

Etude par simulation

Le schéma de commande de la figure (2) représente la commande scalaire de du moteur asynchrone alimenté par un onduleur parfait.

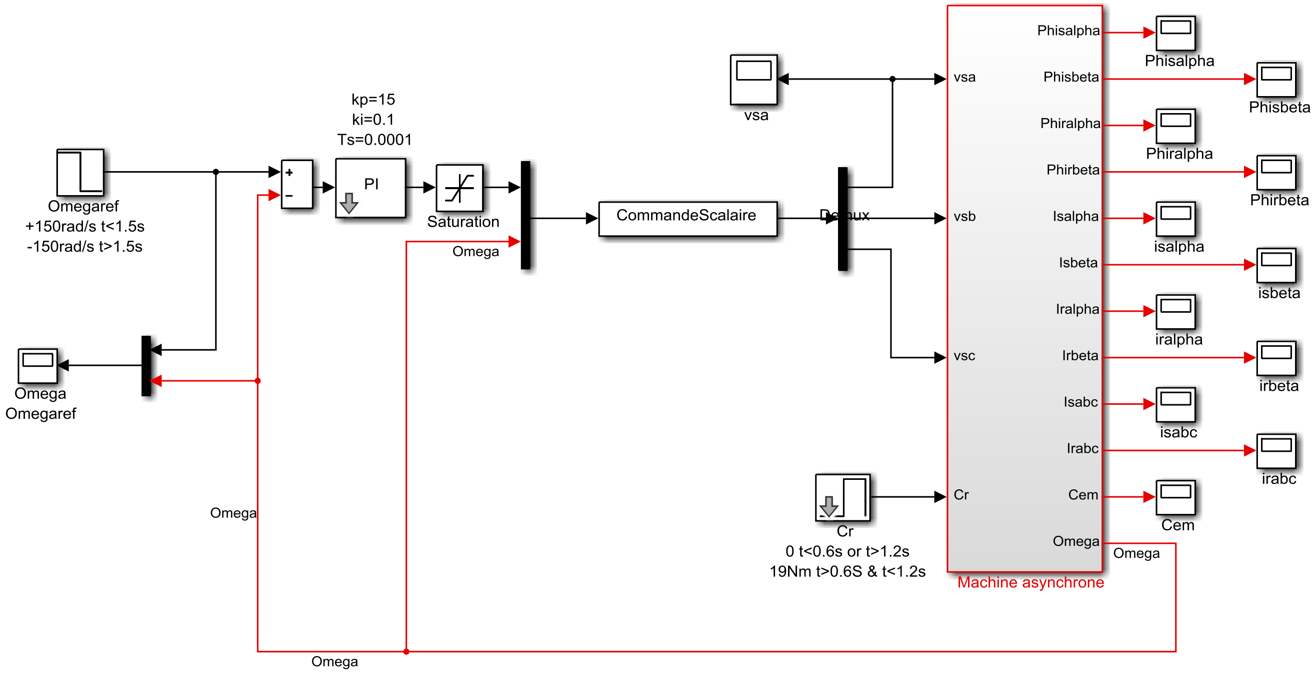

Figure (2): Schéma de simulation de la commande scalaire du MAS

Les paramètres du moteur utilisé en simulation sont résumés dans la table ci-dessous.

Puissance nominale	3 kW
Tension nominale	220 V
Fréquence nominale	50 Hz
Vitesse nominale	1460 tr/min
Couple de charge nominal	19 Nm
Nombre de paires de pôle	2
Résistance statorique	1.411 Ω
Résistance rotorique	1.045 Ω
Inductance cyclique du stator	0.1164 H
Inductance cyclique du rotor	0.1164 H
Inductance mutuelle	0.1113 H
Moment d'inertie	0.011 kgm^2
Coefficient de frottement	0.001136 Nms/rad

Tableau 1: Paramètres du MAS

Le bloc "Machine asynchrone" est explicité dans la figure (3):

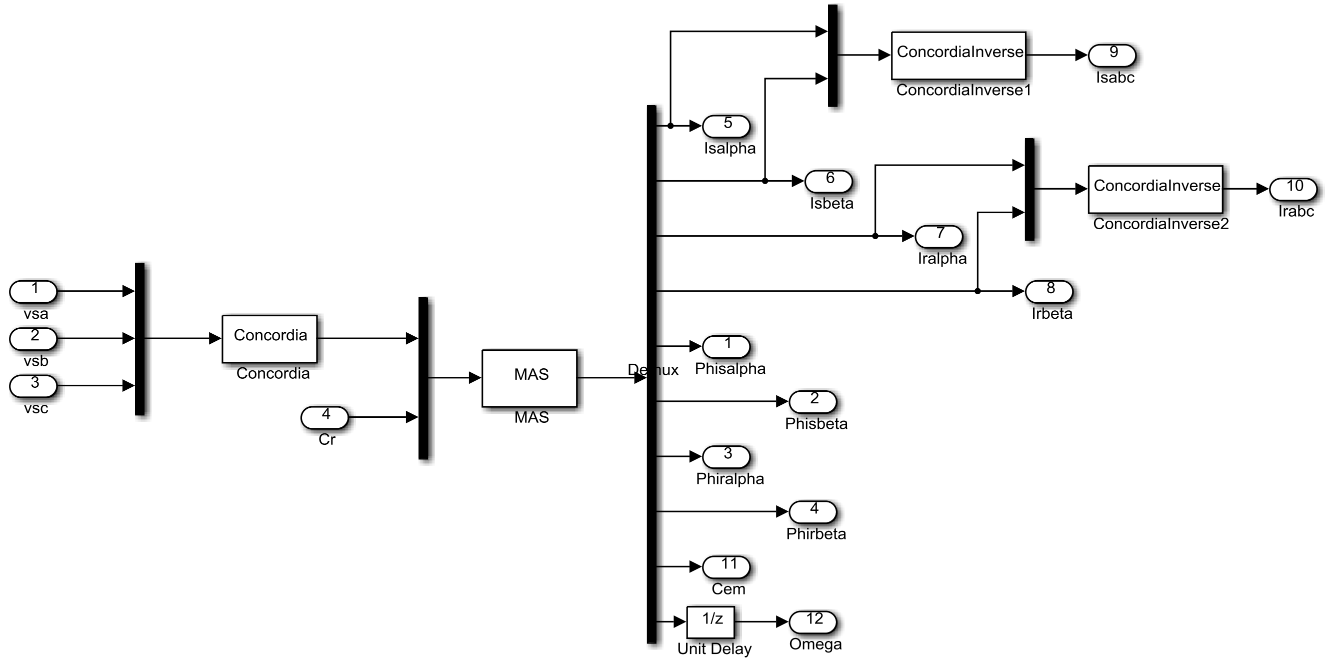

Figure (3): Modèle de simulation du MAS à base de s-functions

La transformation de Concordia est une transformation statique qui permet de transformer un système triphasé en un système biphasé. La matrice de transformation est comme suit:

$$C = \sqrt{\frac{2}{3}}\begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}$$

Dans le cas où la composante homopolaire est supposée nulle, la s-function permettant de réaliser cette transformation est décrite dans le script suivant:

```
function [sys,x0,str,ts]=Concordia(t,x,u,flag)

% Transformation du repère abc vers le repère stationnaire

if flag==0

sys=[0,0,2,3,0,1,1];
x0=[];
str=[];
ts=[0 0];

elseif flag == 3

xa=u(1);
xb=u(2);
xc=u(3);

xalpha=sqrt(2/3)*(xa-xb/2-xc/2);
xbeta=sqrt(2/3)*(xb*sqrt(3)/2-xc*sqrt(3)/2);

% Sorties

sys=[xalpha;xbeta];

else
```

```
sys=[];

end
```

La transformation de Concordia inverse permet le passage d'un repère diphasé en un repère triphasé. La matrice de transformation inverse n'est que le transposé de la matrice de Concordia. Celle-ci peut être traduite par le code suivant:

```
function [sys,x0,str,ts] =ConcordiaInverse(t,x,u,flag)

% Transformation du repère stationnaire vers le repère abc

if flag==0,

sys=[0,0,3,2,0,1,1];
x0=[];
str=[];
ts=[0 0];

elseif flag == 3,

xalpha=u(1);
xbeta=u(2);

xa=sqrt(2/3)*xalpha;
xb=sqrt(2/3)*(-xalpha/2+xbeta*sqrt(3)/2);
xc=sqrt(2/3)*(-xalpha/2-xbeta*sqrt(3)/2);

% Sorties

sys=[xa;xb;xc];

else

sys=[];

end
```

En choisissant les flux statoriques et rotoriques comme variables d'état, le modèle de la machine asynchrone est concrétisé par la fonction suivante:

```
function [sys,x0,str,ts]=MAS(t,x,u,flag,Rs,Ls,Rr,Lr,M,p,J,f)

% Modèle de la machine asynchrone dans le repère alpha-beta

% Calcul des coefficients

sigma=1-M^2/(Lr*Ls);

a1=-Rs/(Ls*sigma);
a2=Rs*M/(Ls*Lr*sigma);

b1=-Rr/(Lr*sigma);
b2=Rr*M/(Ls*Lr*sigma);

if flag==0

sys=[5,0,10,3,0,1,1];
x0=[0 0 0 0 0];
str=[];
ts=[0 0];

elseif flag == 1

% Entrées

vsalpha=u(1);
vsbeta=u(2);
Cr=u(3);
```

```
% Variables d'état

Phisalpha=x(1);
Phisbeta=x(2);
Phiralpha=x(3);
Phirbeta=x(4);
Omega=x(5);

% Calcul des dérivées

dPhisalpha=a1*Phisalpha+a2*Phiralpha+vsalpha;
dPhisbeta=a1*Phisbeta+a2*Phirbeta+vsbeta;
dPhiralpha=b1*Phiralpha+b2*Phisalpha-p*Omega*Phirbeta;
dPhirbeta=b1*Phirbeta+b2*Phisbeta+p*Omega*Phiralpha;

% Calcul des courants statoriques et rotoriques

iralpha=(Phiralpha-M*Phisalpha/Ls)/(Lr*sigma);
irbeta=(Phirbeta-M*Phisbeta/Ls)/(Lr*sigma);
isalpha=(Phisalpha-M*iralpha)/Ls;
isbeta=(Phisbeta-M*irbeta)/Ls;

% Calcul du couple

Cem=p*M*(iralpha*isbeta-irbeta*isalpha);

% Equation mécanique

dOmega=(Cem-f*Omega-Cr)/J;

sys=[dPhisalpha dPhisbeta dPhiralpha dPhirbeta dOmega];

elseif flag == 3

% Variables d'état

Phisalpha=x(1);
Phisbeta=x(2);
Phiralpha=x(3);
Phirbeta=x(4);
Omega=x(5);

% Calcul des courants statoriques et rotoriques

iralpha=(Phiralpha-M*Phisalpha/Ls)/(Lr*sigma);
irbeta=(Phirbeta-M*Phisbeta/Ls)/(Lr*sigma);
isalpha=(Phisalpha-M*iralpha)/Ls;
isbeta=(Phisbeta-M*irbeta)/Ls;

% Calcul du couple

Cem=p*M*(iralpha*isbeta-irbeta*isalpha);

% Sorties

sys=[isalpha isbeta iralpha irbeta Phisalpha Phisbeta Phiralpha Phirbeta Cem Omega];

else

sys=[];

end
```

En supposant que la chute de tension au stator est négligeable, et l'amplitude de la tension est strictement proportionnelle à la fréquence, la loi V_s/f_s peut être implémentée par la fonction suivante:

```
function [sys,x0,str,ts]=CommandeScalaire(t,x,u,flag,Vsn,wsn,p,Ts)

% Commande scalaire
```

```
kphi=Vsn/wsn;

if flag==0

sys=[0,1,3,2,0,1,1];
x0=0;
str=[];
ts=[Ts 0];

elseif flag == 2

wrref=u(1);
Omega=u(2);

Thetasref=x;

wsref=wrref+p*Omega;

% Calcul de Thetas de référence

Thetasref=Thetasref+Ts*wsref;

sys=rem(Thetasref,2*pi);

elseif flag == 3

wrref=u(1);
Omega=u(2);

Thetasref=x;

% Pulsation statorique de référence

wsref=wrref+p*Omega;

% Amplitude de la tension de référence

Vsref=kphi*wsref;

% Génération des tensions de référence

vsaref=sqrt(2)*Vsref*sin(Thetasref);
vsbref=sqrt(2)*Vsref*sin(Thetasref-2*pi/3);
vscref=sqrt(2)*Vsref*sin(Thetasref+2*pi/3);

% Sorties

sys=[vsaref;vsbref;vscref];

else

sys=[];

end
```

Travail demandé:

1°) Simuler le schéma de commande de la figure (2) sur un horizon de 2.5s avec un pas fixe de 10^{-4}. La sortie du PI est saturée à $\pm$10 rad/s. Interpréter les résultats trouvés (vitesse, couple, courants de phase, …).

2°) Ajouter au schéma de simulation de la commande scalaire une s-function modélisant l'onduleur de tension commandé par la technique de modulation SPWM , et alimenté par une source continue $v_{dc} = 600\,V$. Relever les résultats correspondant et les comparer par rapport au cas sans onduleur.

3°) Remplacer le régulateur PI et sans limiteur par une s-function semblable.

4°) Remplacer le modèle de l'onduleur et celui du moteur asynchrone par leurs équivalents dans l'environnement SimPowerSystems.