

Modélisation et Simulation De La MSAP**Objectifs**

❶ Pour une machine donnée, étudier l'influence de la forme des courants injectés sur le couple.

❷ Déterminer les éléments d'un correcteur courant et étudier les limites de fonctionnement.

Le moteur synchrone à aimants permanents (MSAP) comporte au stator un enroulement triphasé représenté par les trois axes (a.b.c) déphasés l'un par rapport l'autre, de 120° électrique et au rotor des aimants permanents assurant son excitation en fonction

de la manière dans les aimants sont placés, on peut distinguer deux types de rotor. Dans la premier type, les aimants sont montés sur la surface du rotors offrant un entrefer homogène, le moteur est appelé à rotor lisse et l'inductance ne dépendent pas de la position du rotor. Dans la deuxième, par contre les aimants sont montés à l'intérieur de la masse rotorique et l'entrefer sera variable à cause de l'effet de la saillance. Dans ce cas, les inductances dépendent fortement de la position de rotor.

Mise en équation de la machine :**Equation électrique :****au stator :**

$$[V_s] = [R_s][I_s] + \frac{d}{dt}[\phi_s]$$

Les variables sont au stator et nous définissons $[V_s], [I_s], [\phi_s]$ comme tensions, courants et flux triphasés du stator de la machine.

Avec :

$$[R_s] = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix}$$

au rotor :

$$[V_f] = [R_f][I_f] + \frac{d}{dt}[\phi_f]$$

$$\text{Tel que : } \begin{bmatrix} V_f \\ I_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_f \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} R_f \\ I_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_f & 0 & 0 \\ 0 & R_f & 0 \\ 0 & 0 & R_f \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_f \\ \phi_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_f \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$[V_f], [I_f], [\phi_f]$: Tensions, courants et flux du rotor de la machine.

Equations magnétiques :

Flux statorique :

$$[\phi_s] = [L_{ss}][I_s] + [M_{sf}][I_f]$$

Flux rotorique :

$$[\phi_f] = [L_f][I_f] + [M_{fs}][I_s]$$

Avec :

$$[L_f] = \begin{bmatrix} L_f & 0 & 0 \\ 0 & L_f & 0 \\ 0 & 0 & L_f \end{bmatrix}$$

$$[M_{sf}] = M_f \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) \\ \cos(\theta - \frac{4\pi}{3}) \end{bmatrix}$$

On développe les équations sous formes :

$$[V_s] = [R_s][I_s] + \frac{d}{dt} ([L_{ss}][I_s] + [M_{sf}][I_f])$$

$$[V_f] = [R_f][I_f] + \frac{d}{dt} ([M_{fs}][I_s] + [L_f][I_f])$$

Transformation de Park :

Pour éliminer θ de la matrice $[L_{ss}]$, et afin que les algorithmes de commande traitent des grandeurs électriques continues. Les enroulements statoriques (a, b, c) sont remplacés par deux enroulements (d, q) en quadrature. Le passage des grandeurs électriques du stator (a, b, c) aux grandeurs électriques (d, q) qui assure la conversion de la fmm et de la puissance instantanée est obtenu par la transformation de Park.

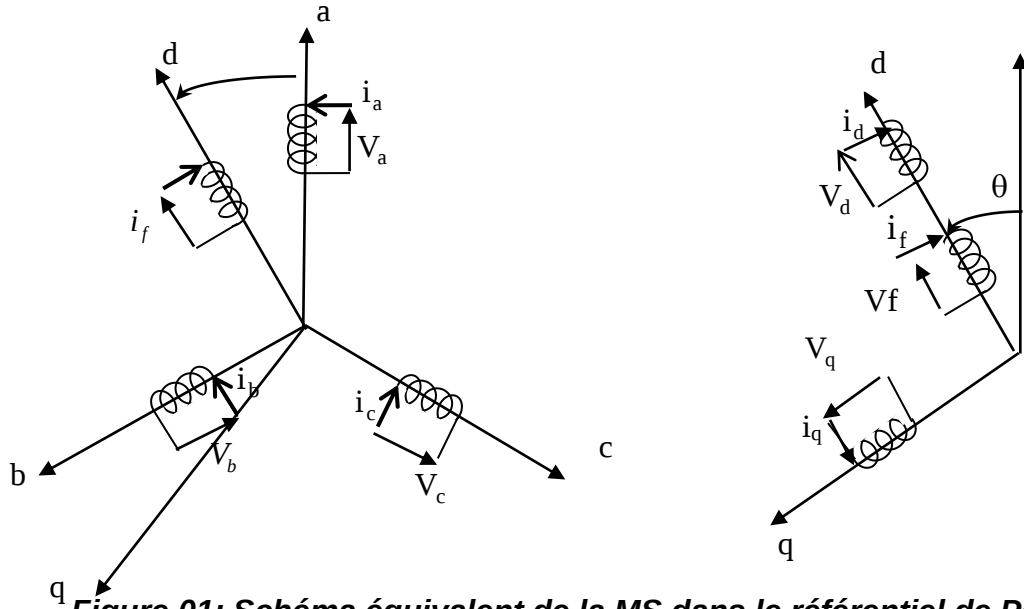


Figure 01: Schéma équivalent de la MS dans le référentiel de Park.

La matrice de passage notée $[P(\theta)]$ appelée matrice de Park est donnée par :

$$[P(\theta)] = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta - \frac{4\pi}{3}) \\ -\sin \theta & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta - \frac{4\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

Le passage du système triphasé au système (d, q) lié au rotor se fait en utilisant les relations suivantes :

$$\begin{bmatrix} V_a & V_b & V_c \end{bmatrix} = [P(\theta)] \begin{bmatrix} V_d & V_q \end{bmatrix}$$

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

$$\begin{bmatrix} \phi_a & \phi_b & \phi_c \end{bmatrix} = [P(\theta)] \begin{bmatrix} \phi_d & \phi_q \end{bmatrix}$$

En appliquant la transformation au système :

$$[V_{sdq}] [P(\theta)] = [R_s] [P(\theta)] [I_{sdq}] + \frac{d}{dt} ([L_{ss}] [P(\theta)] [I_{sdq}] + [M_{sf}] [I_f])$$

$$[V_f] = [R_f] [I_f] + \frac{d}{dt} ([M_{fs}] [P(\theta)] [I_{sdq}] + [L_f] [I_f])$$

Ensuite, en multipliant par $[P(\theta)]^{-1}$:

$$[V_{sdq}] = [P(\theta)]^{-1} [R_s] [P(\theta)] [I_{sdq}] + [P(\theta)]^{-1} \frac{d}{dt} ([L_{ss}] [P(\theta)] [I_{sdq}] + [M_{sf}] [I_f])$$

Dans le moteur synchrone à aimants permanents, le flux engendré par les aimants est constant. Le modèle de ce moteur s'obtient donc en posant I_f constant, nous obtenons les équations suivantes :

Equations magnétiques :

Sur l'axe d : $\phi_d = L_d I_d + \phi_f$ Et $\phi_f = M_f I_d + L_f I_f$

Sur l'axe q : $\phi_q = L_q I_q$

Equations électriques :

D'après le système :

$$V_{ds} = R_s I_{ds} + \frac{d}{dt} \phi_{ds} - \omega \phi_{qs}$$

$$V_{qs} = R_s I_{qs} + \frac{d}{dt} \phi_{qs} + \omega \phi_{ds}$$

Elle devient :

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

$$V_{qs} = R_s I_{qs} + L_{qs} \frac{d}{dt} I_{qs} + \omega L_{ds} I_{ds} + \omega \phi_f$$

Caractéristiques de la machine étudiée et de la charge.

Paramètres de la machine.

Résistance d'un enroulement: $R = 1.4 \Omega$
 Inductance direct: $L_d = 6.6 \text{ mH}$
 Inductance quadratique: $L_q = 5.8 \text{ mH}$
 Nombre de paires de pôles: $P = 2$
 Frottement : $F = 0.0003881$
 Flux : $\Phi = 0.1546 \text{ Wb}$
 Moment d'inertie du groupe: $J = 0.00176 \text{ kg.m}^2$

Paramètres de la charge.

On supposera que la charge impose un couple résistant $C_r = 10 \text{ N.m}$ à $t = 1 \text{ s}$.

$$B = \begin{bmatrix} 1/L_d & 0 \\ 0 & 1/L_q \end{bmatrix};$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & -\Phi/L_q \end{bmatrix};$$

f : Fréquence de la porteuse triangulaire.

$U_{\max}$: Amplitude de la porteuse

Mise sous forme d'équation d'état :

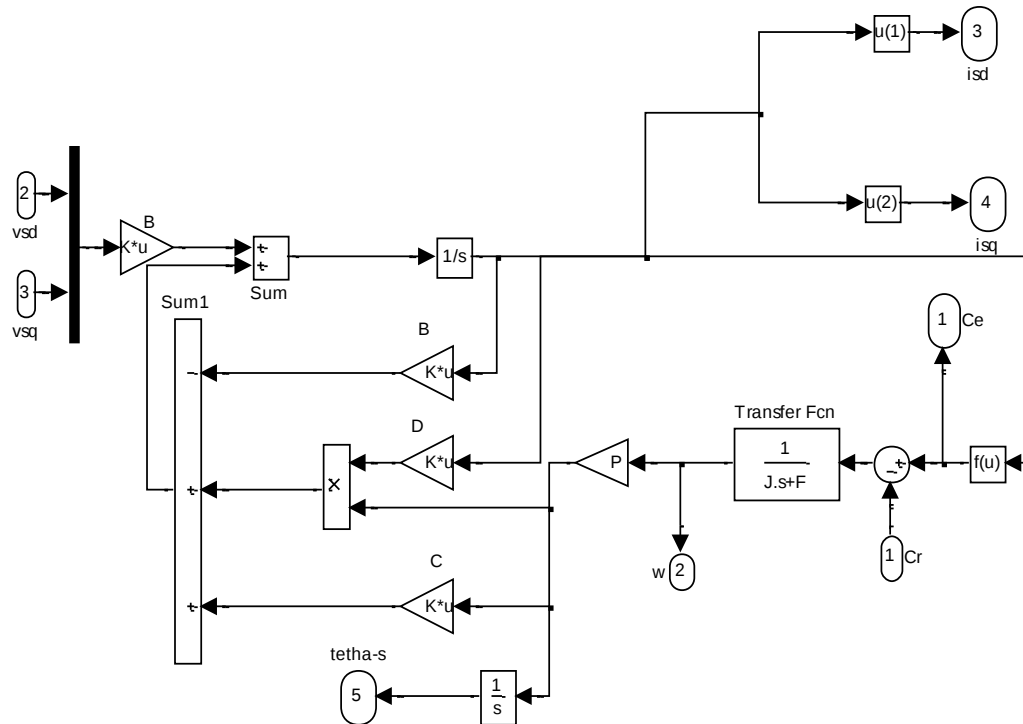
TP 2	BELHAMDI SAAD	2020//2021	4/5	Moteur synchrone
------	---------------	------------	-----	------------------

$$\begin{bmatrix} \dot{X} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \end{bmatrix}$$

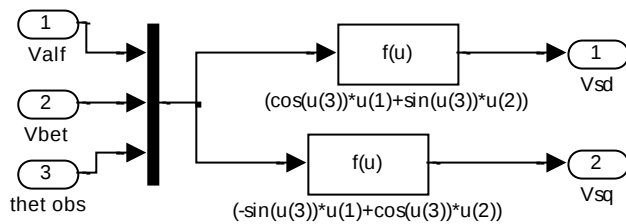
$$\begin{bmatrix} Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \end{bmatrix}$$

2)MODELES DES MACHINES SYNCHRONES.

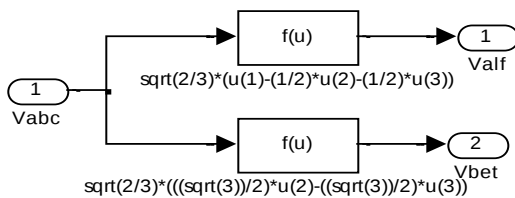
>

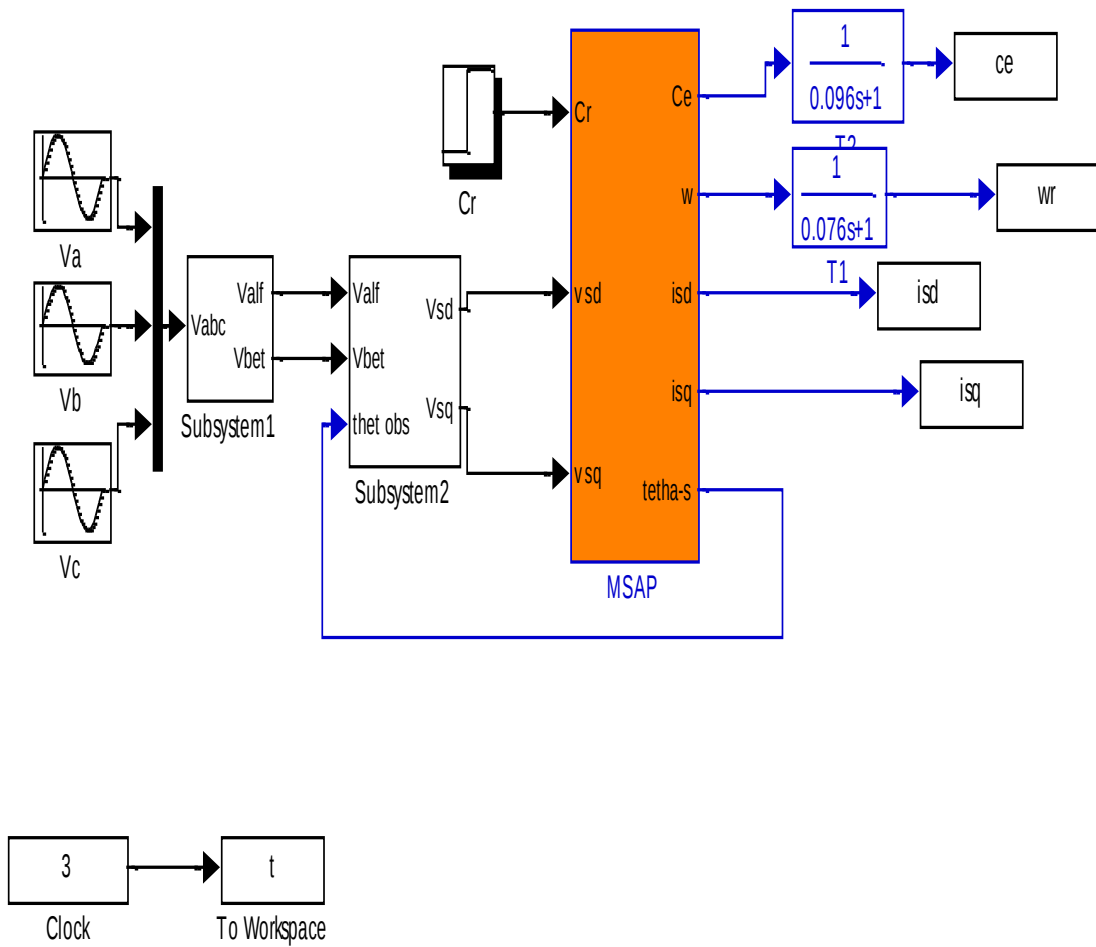


Transformation biphas à biphas



Transformation triphase a biphas





Modele du Moteur synchrone