REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Mohamed Boudiaf de M'sila

Faculté de Technologie
Département de génie électrique
1er Année Master CMT
Matière: CAME
M'sila : 2019/2020

TD 3: Modélisation dynamique de la machine Asynchrone et son alimentation

Exercice1

Une MAS alimentée par un réseau triphasé équilibré de la forme suivante :

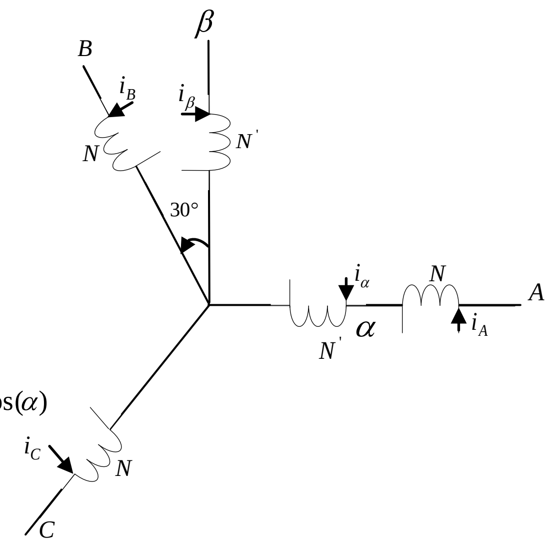
$$\begin{cases} v_a(t) = V_{\max}\cos(\theta_s) \\ v_b(t) = V_{\max}\cos(\theta_s - \frac{2\pi}{3}) \\ v_c(t) = V_{\max}\cos(\theta_s - \frac{4\pi}{3}) \end{cases} \qquad \begin{cases} i_a(t) = I_{\max}\cos(\theta_s + \alpha) \\ i_b(t) = I_{\max}\cos(\theta_s - \frac{2\pi}{3} + \alpha) \\ i_c(t) = I_{\max}\cos(\theta_s - \frac{4\pi}{3} + \alpha) \end{cases}$$

avec $\theta_s = \omega_s t$ et ω_s est la pulsation des courants statoriques.

α : Déphasage de $i_a(t)$ sur $v_a(t)$.

1- Démontrer que:

$$\cos(\theta_s).\cos(\theta_s+\alpha)+\cos(\theta_s-\frac{2\pi}{3}).\cos(\theta_s-\frac{2\pi}{3}+\alpha)+\cos(\theta_s-\frac{4\pi}{3}).\cos(\theta_s-\frac{4\pi}{3}+\alpha)=\frac{3}{2}\cos(\alpha)$$



La figure ci-contre représente le passage d'un système triphasé (abc) vers un système biphasé ($\alpha\beta$) fixe (Stationnaire).

Avec N, N': nombres fictifs de spires. Le rapport $k = \frac{N}{N'}$ est appelé coefficient de normalisation.

2- Donner les expressions mathématiques qui représentent l'équivalence des forces magnétomotrices entre les deux systèmes.

3- Déterminer la matrice de passage dusystème triphasé (abc) vers le système biphasé ($\alpha\beta$), c-à-dla matrice T tel que :

$$\begin{pmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{pmatrix} = T\begin{pmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{pmatrix}.$$

4- Déterminer la valeur de k lorsque $i_\alpha = i_a$. Quel est le nom de la matrice de passage dans ce cas?

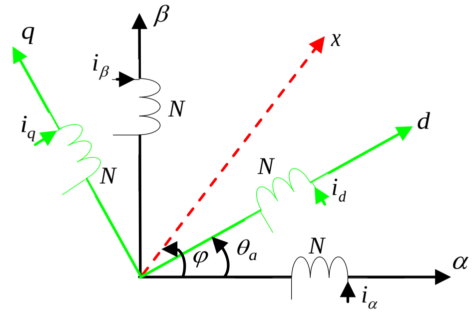
-Dans ce cas, déterminer les expressions de i_α et i_β en fonction de $I_{\max}$ et θ_s.

5- Donner les expressions des puissances dans les deux systèmes.

6- Déterminer la valeur de k lorsque les deux puissances sont égales. Quel est le nom de la matrice de passage dans ce cas?

7- Déterminer la matrice de passage du système triphasé (abc) vers le système biphasé ($\alpha\beta o$), lorsque cette dernière comporte une composent homopolaire i_o, c.-à-d. la matrice T tel que : $\begin{pmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \\ i_o \end{pmatrix} = T\begin{pmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{pmatrix}$.

La figure ci-contre représente le passage d'un système biphasé ($\alpha\beta$) fixe vers un système biphasé (dq) mobile (Arbitraire).



8- Exprimer la force magnétomotrice résultante $F_{\alpha\beta\to x}$ dans la position (x)en fonction de i_α, i_β, N et φ.

9- Exprimer la force magnétomotrice résultante $F_{\alpha\beta\to d}$ dans le l'axe (d)en fonction de i_d et N et en fonction de i_α, i_β, N et θ_a.

10- Exprimer la force magnétomotrice résultante $F_{\alpha\beta\to q}$ dans le l'axe (q) en fonction de i_q et N et en fonction de i_α, i_β, N et θ_a.

11- Déterminer la matrice de passage des système biphasé ($\alpha\beta$)vers le système biphasé (dq), c-à-d la matrice $G(\theta_a)$ tel que : $\begin{pmatrix} i_d \\ i_q \\ i_o \end{pmatrix} = G(\theta_a)\begin{pmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \\ i_o \end{pmatrix}$.

12- Déterminer les expressions de i_d et i_q en fonction de $I_{\max}$, θ_s et θ_a.

13- Déterminer les expressions de i_d et i_q dans les trois cas suivants:

13-1- lorsque $\theta_a = \theta_s$;

13-2- lorsque $\theta_a = \theta_r = \omega_r t$, avec ω_r la pulsation des courants rotoriques.

13-2- lorsque $\theta_a = \delta = const$,

14- Lorsque $\cos(\frac{2\pi}{3}) = -\frac{1}{2}$ et $\sin(\frac{2\pi}{3}) = \frac{\sqrt{3}}{2}$, déterminer la matrice de passage dusystème triphasé (abc) vers le système biphasé (dq), c-à-d la matrice $P(\theta_a)$ vérifiant : $\begin{pmatrix} i_d \\ i_q \\ i_o \end{pmatrix} = P(\theta_a)\begin{pmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{pmatrix}$.

15- Démontrer que : $P(\theta_a)\frac{d}{dt}P(\theta_a)^{-1} = \dot{\theta}_a\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$.

16- Démontrer que : $[P(\theta_a)]\begin{bmatrix} A\cos(\theta_a) & A\cos(\theta_a + \frac{2\pi}{3}) & A\cos(\theta_a - \frac{2\pi}{3}) \\ A\cos(\theta_a - \frac{2\pi}{3}) & A\cos(\theta_a) & A\cos(\theta_a + \frac{2\pi}{3}) \\ A\cos(\theta_a + \frac{2\pi}{3}) & A\cos(\theta_a - \frac{2\pi}{3}) & A\cos(\theta_a) \end{bmatrix}[P(\theta_a)]^{-1} = \frac{3}{2}A$.

Exercice 2

La transformation de **PARK** utilisé pour le passage du système triphasé (abc) vers le système biphasé (uvo) est donné par :

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

17- Démontrer que : $[P(\theta_a)]^{-1} = [P(\theta_a)]^T$.

18- Calculer $[P(\theta_a)][M_{sr}][P(\theta_a)]^{-1}$ dans les deux cas de k.

19- Exprimer les tensions statoriques v_{su} *et* v_{sv} en fonction de $i_{su}, i_{sv}, \omega_s, \varphi_{su}$ *et* φ_{sv} dans les deux cas de k.

20- Exprimer les tensions rotoriques v_{ru} *et* v_{rv} en fonction de $i_{ru}, i_{rv}, \omega_s, \varphi_{ru}$ *et* φ_{rv} dans les deux cas de k.

21- Exprimer les quatre flux statoriques et rotoriques en fonction de $i_{su}, i_{sv}, i_{ru}, i_{rv}$ dans les deux cas de k.

22- Exprimer la puissance électrique absorbé par la MAS en fonction de $i_{su}, i_{sv}, \omega_s, \varphi_{su}$ *et* φ_{sv} dans les deux cas de k.

23- Déterminer l'expression du couple en fonction de $i_{su}, i_{sv}, \varphi_{su}$ *et* φ_{sv} dans les deux cas de k.

24- Déterminer l'expression du couple en fonction de $i_{su}, i_{sv}, \varphi_{ru}$ *et* φ_{rv} dans les deux cas de k.

25- Déterminer l'expression du couple en fonction de i_{su}, i_{sv}, i_{ru} *et* i_{rv} dans les deux cas de k.

Exercice3

On désire varie la vitesse d'un moteur asynchrone de moyenne puissance par l'un des techniques de commandes.

1- Quelles sont les trois technique de commandes les plus connus, et quel est le repère biphasé adaptative avec chaque technique.

2- Que égale l'angle de Park θ_a pour passé d'une repère triphasé vers les trois repères biphasés pour les deux grandeurs statoriques et rotoriques.

3- Si on utilise la transformation de **Concordia**.

3-1 Donner la matrice de **Concordia** $\begin{pmatrix} x_\alpha \\ x_\beta \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} x_a \\ x_b \\ x_c \end{pmatrix}$.

3-2 Exprimer les tensions statoriques v_{sd} *et* v_{sq} en fonction de $i_{sd}, i_{sq}, \omega_s, \varphi_{sd}$ *et* φ_{sq}.

3-3 Exprimer les tensions rotoriques v_{rd} *et* v_{rq} en fonction de $i_{rd}, i_{rq}, \omega_s, \varphi_{rd}$ *et* φ_{rq}.

3-4 Exprimer les quatre flux statoriques et rotoriques $\varphi_{sd}, \varphi_{sq}, \varphi_{rd}$ *et* φ_{rq} en fonction de i_{sd}, i_{sq}, i_{rd} *et* i_{rq}.

3-5 Déterminer l'expression du couple en fonction de $i_{sd}, i_{sq}, \varphi_{sd}$ *et* φ_{sq} et en fonction de $i_{sd}, i_{sq}, \varphi_{rd}$ *et* φ_{rq}.

Exercice 4

La commande direct du couple et de flux DTC du moteur asynchrone se fait en régime dynamique dans le repère lié au stator ($\alpha\beta$) après la transformation de **Concordia**.

1- Que égale l'angle de Park θ_a afin de passé à partir de la repère triphasé vers le repère lié au stator ($\alpha\beta$) pour les deux grandeurs statoriques et rotoriques.

2- Exprimer les tensions statoriques v_{sd} *et* v_{sq} en fonction de $i_{sd}, i_{sq}, \omega_s, \varphi_{sd}$ *et* φ_{sq}.

3- Exprimer les tensions rotoriques v_{rd} *et* v_{rq} en fonction de $i_{rd}, i_{rq}, \omega_s, \varphi_{rd}$ *et* φ_{rq}.

4- Exprimer les quatre flux statoriques et rotoriques $\varphi_{sd}, \varphi_{sq}, \varphi_{rd}$ *et* φ_{rq} en fonction de i_{sd}, i_{sq}, i_{rd} *et* i_{rq}.

5- Déterminer l'expression du couple en fonction de $i_{sd}, i_{sq}, \varphi_{sd}$ *et* φ_{sq} et en fonction de $i_{sd}, i_{sq}, \varphi_{rd}$ *et* φ_{rq}.

6- Si on utilise le vecteur d'état $X^T = (i_{sd} \;\; i_{sq} \;\; \varphi_{rd} \;\; \varphi_{rq})$ et le vecteur de commande $U^T = (v_{sd} \;\; v_{sq})$.

6-1 Donner la représentation d'état de la machine.

6-2 Donner les deux matrices A et B.

6-3 Donner le schéma fonctionnel Simulink de la machine asynchrone.

7- Si on utilise le vecteur d'état $X^T = (\varphi_{rd} \;\; \varphi_{rq})$ et le vecteur de commande $U^T = (i_{sd} \;\; i_{sq})$.

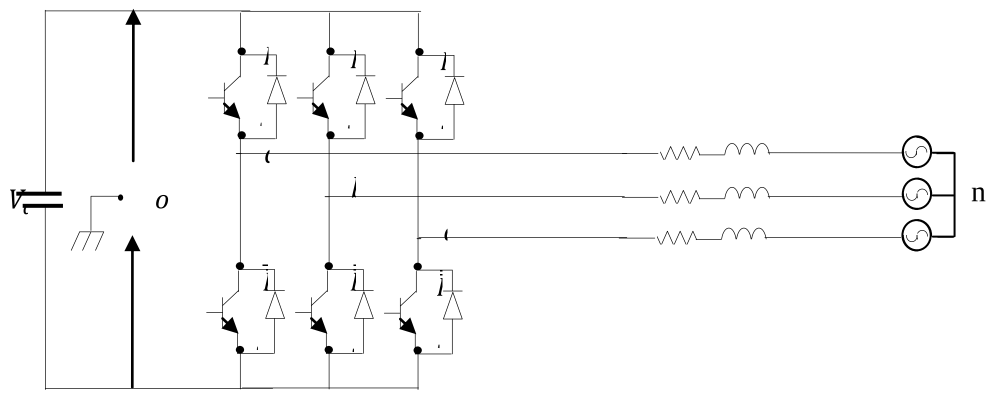
7-1 Donner la représentation d'état de la machine.

7-2 Donner les deux matrices A et B.

7-3 Donner le schéma fonctionnel Simulink de la machine asynchrone.

Exercice 5

Le schéma de la figure représente un onduleur de tension à deux niveaux alimenté par un source de tension continue à point million.



1- Exprimer les trois tensions v_{ao}, v_{bo} et v_{co} en fonction des signaux de commande (S_1, S_2 et S_3) et la tension continue V_{dc}.
2- Exprimer les tensions composées V_{ab} , V_{bc} et V_{ca} en fonction des signaux de commande (S_1, S_2, S_3) et la tension continue V_{dc}.
3- Exprimer la tension v_{no} en fonction des tensions v_{ao}, v_{bo} et v_{co}.
4- Exprimer les trois tensions simples de sortie de l'onduleur en fonction des tensions v_{ao}, v_{bo} et v_{co}.
5- Exprimer les trois tensions simples de sortie de l'onduleur en fonction des signaux de commande (S_1, S_2, S_3).
6- Si on applique sur les interrupteurs de l'onduleur le vecteur des signaux de commande (010).
   6-1 Déterminer les tensions de sortie de l'onduleur dans les deux repères (abc) et (αβ).
   6-2 Représenter le vecteur de tension généré par l'onduleur dans le plant (αβ).