

MOTEUR SYNCHRONES À AIMANTS PERMANENTS

v4

Dans cet exercice, nous allons étudier le moteur synchrone à aimants permanent, alimenté en "commutation par bloc à 120°".

Les moteurs synchrones à aimants permanents alimentés de cette manière sont habituellement appelés Brushless ou BLDC (BrushLessDC motor) car ils possèdent la même caractéristique couple-vitesse qu'un moteur DC à aimants permanents.

Avec ce type d'alimentation, l'inductance du stator peut habituellement être négligée car la forme de l'alimentation correspond à des blocs continus de 120° (d'où son nom).

A noter que, comme seules 2 phases sont alimentées en même temps, la proportionnalité entre couple et courant n'est pas donnée par $3k_\phi$ mais par un coefficient appelé k_T .

Les équations principales sont donc:

$$U = RI + k_\phi \Omega \quad (1)$$

$$U_i = k_\phi \Omega \quad (2)$$

$$T_{em} = k_T I \quad (3)$$

où toutes les grandeurs électriques sont des grandeurs de phase.

1 Donnée

Un dispositif est constitué d'un moteur synchrone à aimants permanents alimenté en commutation par bloc à 120°.

- La tension d'alimentation vaut 48[V] (tension de phase).
- La résistance statorique est mesurée à 1.03 [Ω].
- L'électronique de puissance limite le courant à 12[A].
- Le coefficient k_ϕ vaut 0.147 [Vs/rad].
- Le coefficient k_T vaut 0.243 [Nm/A].

1. Quelle est la vitesse théorique maximale que le moteur peut atteindre ?
2. Quel est le courant maximum que peut consommer le moteur et le couple correspondant ?
3. En supposant une caractéristique de charge proportionnelle à la vitesse, quelle est la vitesse dans ce cas ?

$$T_{load} = k_1 \Omega \text{ [Nm]}$$

$$k_1 = 5 \text{ [mNm s/rad]}$$

4. En supposant une caractéristique de charge proportionnelle au carré de la vitesse, quelle est la vitesse dans ce cas ?

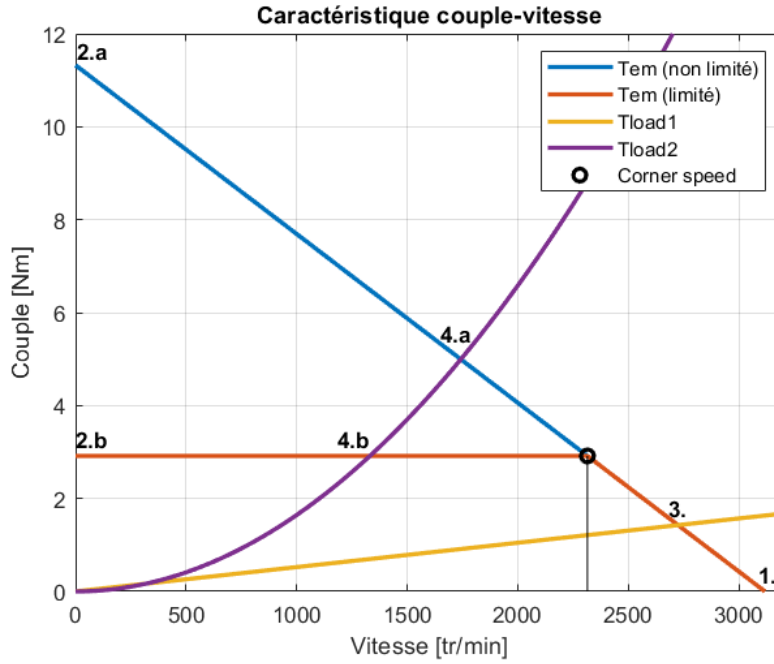
$$T_{load} = k_2 \Omega^2 \text{ [Nm]}$$

$$k_2 = 0.15 \text{ [mNm s}^2\text{/rad}^2\text{]}$$

2 Corrigé

La vitesse correspondant à l'intersection entre la limite de couple dû à la limitation du courant et le couple réel du moteur est appelée "corner speed". Elle correspond au point où le courant moteur vaut le courant limité par l'électronique de puissance.

$$\Omega_{cornerspeed} = \frac{U - RI}{k_{\Phi}} = 242.45 \text{ [rad/s]} \rightarrow N_{cornerspeed} = 2315.2 \text{ [tr/min]} \quad (4)$$



Les points 1. - 2.a - 2.b - 3. - 4.a - 4.b correspondent aux différents résultats des calculs effectués dans les questions correspondantes.

1. La vitesse maximale est atteinte à vide, lorsque le courant vaut 0 (selon (3)). Donc, selon (1), nous avons :

$$\Omega_0 = \frac{U - RI}{k_{\Phi}} = 326.53 \text{ [rad/s]} \rightarrow N_0 = 3118.1 \text{ [tr/min]} \quad (5)$$

2. Selon (1), le courant maximum est atteint lorsque $\Omega = 0$, à ce moment nous avons :

$$I = \frac{U}{R} = 46.6 \text{ [A]} \quad (6)$$

Et selon (3) le couple correspondant vaut :

$$T_{em} = 11.32 \text{ [Nm]} \quad (7)$$

Mais comme ce courant est plus grand que le courant maximum de l'électronique de puissance, le courant réel vaut :

$$I_{lim} = 12 \text{ [A]} \quad (8)$$

Et toujours selon (3) le couple correspondant vaut :

$$T_{emlim} = 2.916 \text{ [Nm]} \quad (9)$$

3. Nous cherchons le point de fonctionnement où $T_{em} = T_{load}$. Donc selon (3) nous avons :

$$T_{em} = k_T I = k_1 \Omega = T_{load} \quad (10)$$

Ainsi

$$I = \frac{k_1 \Omega}{k_T} \quad (11)$$

En remplaçant I dans (1) nous obtenons :

$$U = R \frac{k_1 \Omega}{k_T} + k_\Phi \Omega \quad (12)$$

Ainsi nous obtenons :

$$\Omega = \frac{U}{R \frac{k_1}{k_T} + k_\Phi} = 285.4 [rad/s] \rightarrow N = 2725.2 [tr/min] \quad (13)$$

Comme cette vitesse est au dessus des 2315.2 tr/min de la corner speed (4), c'est bel et bien la vitesse réelle atteinte car nous ne sommes pas limité par le courant de l'électronique de puissance.

4. Nous cherchons le point de fonctionnement où $T_{em} = T_{load}$. Donc selon (3) nous avons :

$$T_{em} = k_T I = k_2 \Omega^2 = T_{load} \quad (14)$$

Ainsi

$$I = \frac{k_2 \Omega^2}{k_T} \quad (15)$$

En remplaçant I dans (1) nous obtenons :

$$U = R \frac{k_2 \Omega^2}{k_T} + k_\Phi \Omega \quad (16)$$

En résolvant l'équation du second ordre nous obtenons 2 solutions

$$\begin{cases} s1 = 182.5 [rad/s] \\ s2 = -413.7 [rad/s] \end{cases} \quad (17)$$

Nous conservons la solution (1) car elle est positive et ainsi nous avons :

$$\Omega = 182.5 [rad/s] \rightarrow N = 1742.7 [tr/min] \quad (18)$$

Comme cette valeur est inférieure à la corner speed nous devons re-calculer la vraie vitesse lorsque le courant est limité par l'électronique de puissance. Selon (15) nous pour écrire :

$$\Omega = \sqrt{\frac{k_T I_{lim}}{k_2}} = 139.43 [rad/s] \rightarrow N = 1331.4 [tr/min] \quad (19)$$