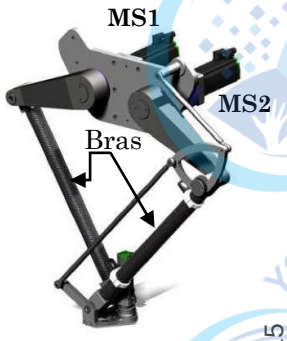
Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

TD3 : Robot delta 2 axes de transfert dans une chaine

I. Présentation

L'étude concerne un robot de type « delta 2 axes » utilisé dans une usine de conditionnement de produits agroalimentaires. Ce robot est destiné à remplacer un robot de type cartésien (mouvement vertical et horizontal) utilisé pour un transfert rapide de produits emballés entre 2 tapis roulants. Plusieurs modèles de ce type de robot sont commercialisés. L'étude porte sur celui présenté sur la figure 1.

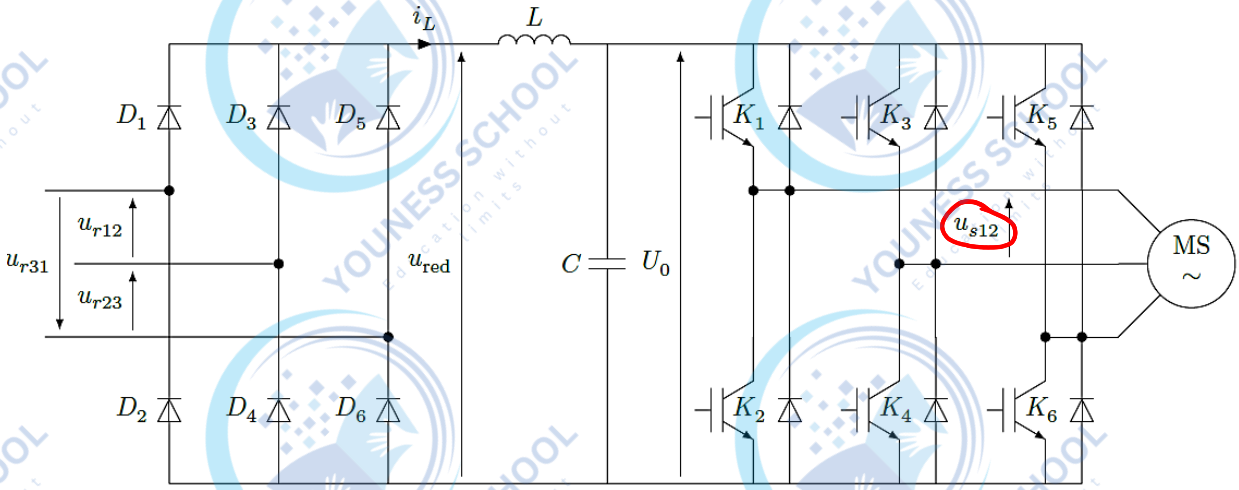


Le robot est mis en mouvement par deux moteurs synchrones à aimants permanents. Chaque moteur entraine un bras principal par l'intermédiaire d'un réducteur à train épicycloïdal. Les moteurs sont alimentés par des variateurs de vitesse dont les consignes de vitesse sont issues d' une unité centrale de traitement.

II. Etude de la machine synchrone : fournir l'énergie électrique aux moteurs

Objectif : Vérifier que la source d'énergie alimentant l'ensemble moto-variateur permet de satisfaire aux exigences de vitesse et de couple lors du déplacement de la charge.

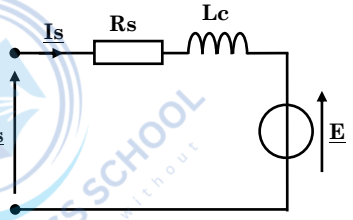
L'ensemble composé d'un variateur de vitesse et d'un moteur synchrone est appelé moto-variateur. La figure 5 présente le schéma électrique de la partie puissance de cet ensemble. Le module de freinage n'est pas représenté.



L'étude suivante a pour objectif de déterminer la tension d' alimentation du moteur dans le cas le plus défavorable, soit pour une vitesse angulaire $\omega m1 = 200$ rad·s-1 et un couple mécanique $Cm1 = 11$ N·m. Les caractéristiques de chaque moteur synchrone sont données dans le tableau suivant.

Nombre de paires de pôles	5
Vitesse nominale	3000 tr·min^{-1}
Fréquence nominale	250 Hz
Couple nominal	6,37 N.m
Couple maximal	19,1 N.m
Courant nominal	4,12 A
Résistance *Rs* par phase à 20 °C	0,7 Ω
Inductance cyclique *Lc* par phase	5,7 mH

Le schéma équivalent par phase du moteur synchrone est présenté figure Suivant :



Hypothèses :

- Les seules pertes considérées seront celles dues aux résistances des bobinages du stator.
- À vitesse constante, les aimants du rotor induisent des forces électromotrices dans chaque phase du stator, fonctions sinusoïdales du temps

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Notation :

- f — Fréquence des grandeurs électriques au stator (Hz)
- ω $= 2\pi f$ — Pulsation des grandeurs électriques (rad·s^{-1})
- p — Nombre de paires de pôles
- ωs $\rightarrow \Omega_s$ — Vitesse angulaire du champ tournant statorique (rad· s^{-1})
- ωm $\rightarrow \Omega_m$ — Vitesse angulaire du rotor (rad· s^{-1})
- Rs — Résistance statorique par phase (Ω)
- Lc — Inductance cyclique statorique (H)
- $\underline{Vs}$, $\underline{Is}$, $\underline{E}$ — Amplitude complexe de la tension, du courant, de la force électromotrice par phase
- Vs — Vs valeur efficace de la tension $\underline{Vs}$ appliquée au stator par phase (V)
- Is — Is valeur efficace du courant $\underline{Is}$ par phase (A)
- E — E valeur efficace de la force électromotrice $\underline{E}$ par phase (V)
- ke — ke constante de force électromotrice telle que $E = ke.\omega s$ $\Rightarrow E = k_e \Omega_s$
- $\varphi = (\overrightarrow{Is}, \overrightarrow{Vs})$ — le déphasage du courant $\overrightarrow{Is}$ sur la tension $\overrightarrow{Vs}$
- $\psi = (\overrightarrow{Is}, \vec{E})$ — le déphasage du courant $\overrightarrow{Is}$ sur la force électromotrice $\vec{E}$

$\rightarrow$ angle d'autopilotage.

Q1. Exprimer la puissance électromagnétique Pem transmise par le stator triphasé au rotor en fonction de E, Is et ψ.

Le mode de fonctionnement synchrone autopiloté, gérant la pulsation de l'alimentation du stator en fonction de la position du rotor, garantit l'égalité $\omega s = \omega m$.

Q2. Exprimer le couple Cm en fonction de ke , Is et ψ.

Q3. Expliquer l'intérêt d'imposer les valeurs ψ=0 et ψ=π. Exprimer dans ce cas la constante de couple kc, telle que $Cm = kc.Is$, en fonction de ke .

$C_m > 0$ moteur — $C_m < 0$ génératrice — $k_c = 3k_e$

Q4. Pour $\psi = 0$, exprimer la valeur efficace de la tension Vs par phase en fonction de E, Rs, Lc, Is et ω. Présenter à cet effet un diagramme de Fresnel des grandeurs en jeu.

Q5. Pour $\psi = 0$, $\omega m = 200$ rad·s^{-1} et $Cm = 11$ N·m, calculer la valeur efficace de la force électromotrice E par phase, la valeur efficace du courant Is par phase, la fréquence des grandeurs électriques, la valeur efficace de la tension Vs par phase puis la valeur efficace de la tension Us entre phases (prendre $kc = 1{,}55$).

$\rightarrow U_s = \sqrt{3}\, V_s$

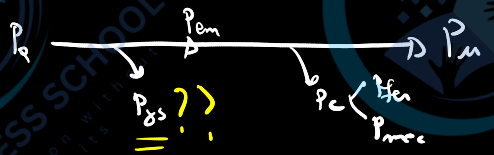
$\Omega_s = 60 \frac{f}{p} \Rightarrow \omega_s$

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Corrigé TD N°3 → machine synchrone

Extrait de CCS 2020

Q1/ la puissance P_{em}



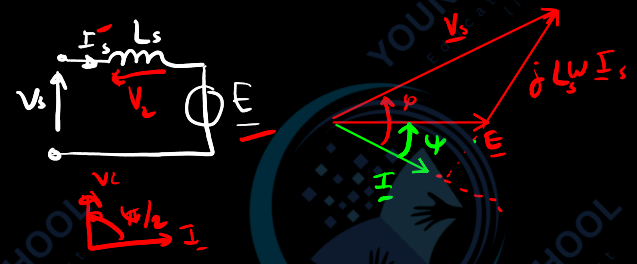
on néglige les pertes joules statoriques

$P_{js} = 0 \Rightarrow P_{em} = P_a$

$\Rightarrow$ on a $P_a = 3 V.I. \cos\varphi$

d'où : $P_{em} = 3 V.I_s \cos\varphi$

schéma :



$$V_s \cos\varphi = E \cos\psi$$

or $$P_{em} = 3E.I_s \cos\psi$$

Q2/ Expression de couple moteur

$C_m = C_{em} - C_p \Rightarrow C_m = C_{em}$

or $C_{em} = \frac{P_{em}}{\omega_s}$ $\quad \omega_s \to \Omega_s$

$\Rightarrow C_m = \frac{P_{em}}{\omega_s} = \frac{3EI_s \cos\psi}{\omega_s}$ avec : $E = k_e \omega_s$

d'où : $C_m = \frac{3 k_e . \omega_s . I_s \cos\psi}{\omega_s}$

bmc : $$C_m = 3 k_e I_s \cos\psi$$

Q3/ Intérêt de $\psi = 0$ et $\psi = \pi$

les deux valeurs de ψ permettent de rendre la MS similaire au fct de la MCC

afin que de maximiser le couple C_m pour chaque valeur de courant I_s.

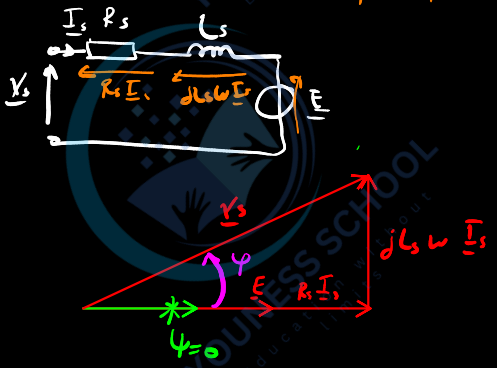
$\Rightarrow$ pour $\psi = 0 \Rightarrow C_m = 3 k_e I_s = k_c . I_s$

d'où $k_c = 3 k_e \Rightarrow$ fct moteur

$\Rightarrow$ pour $\psi = \pi \Rightarrow C_m = -3 k_e . I_s = -k_c I_s$

$\hookrightarrow k_c = 3 k_e \Rightarrow$ fct en génératrice

Q4/ Expression de Vs pour $\psi = 0$



d'après le théorème de Pythagore :

$$V_s^2 = (E + R_s I_s)^2 + (L_s \omega I_s)^2$$

d'où : $$V_s = \sqrt{(E + R_s I_s)^2 + (L_s \omega I_s)^2}$$

Q5/ $\psi = 0$, $\omega_m = 200$ rad/s, $C_m = 11$ Nm, $k_c = 1.55$

* la force électromotrice E :

$E = k_e \omega_s \Rightarrow \omega_s = \omega_m$, $k_c = 3 k_e \hookrightarrow k_e = \frac{k_c}{3}$

d'où : $E = \frac{k_c}{3} . \omega_m$

$\hookrightarrow$ $E = 103.33$ V

* le courant I_s

on a : $C_m = k_c . I_s \Rightarrow I_s = \frac{C_m}{k_c}$

$\Rightarrow$ d'où : $I_s = 7.09$ A

* la fréquence f

Sachant que : $\omega_s = 60 . \frac{f}{p} = \omega_m$ $\quad \omega_s \to \Omega_s$

$\omega_s = \omega_m$

d'où : $f = \frac{p . \omega_m}{60}$

$f = 159$ Hz $\Rightarrow \omega = 2\pi f \hookrightarrow \omega = 1000$ rad/s

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515

* La tension Vs

d'après la question précédente : $V_s = 115,8\,V$

* La tension entre phase U_s

on a : $U_s = \sqrt{3} V_s \Rightarrow U_s = 200\,V$

Pour toute demande/question, merci de nous contacter sur WTSP au : +212 625-197515