

Corrigé examen 2022

1) Inductance, saturation

a) Flux dans l'inductance

La valeur efficace du flux totalisé dans l'inductance vaut :

$$\psi = LI = 6 \cdot 10^{-3} \text{ [wb]}$$

Donc:

$$\hat{\psi} = \sqrt{2} \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 8.485 \cdot 10^{-3} \text{ [wb]}$$

$$\phi = \frac{\psi}{N} = 0.2121 \cdot 10^{-3} \text{ [wb]}$$

b) Calcul de la valeur de crête de l'induction et saturation

$$B = \frac{\phi}{S} = \frac{0.2121 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-6}} = 2.12 \text{ [T]}$$

L'induction est supérieure à 2 T, le système est donc saturé

2) Calcul d'une force, actionneur réluctant

$$F_x = \frac{1}{2} \frac{d\Lambda_\delta}{dx} N^2 I^2$$

Avec :

$$\frac{d\Lambda_\delta}{dx} = -\frac{k}{x^2}$$

Donc

$$F_x = -\frac{k N^2 I^2}{2x^2} = -\frac{2 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^{-6}} = -10 \text{ [N]}$$

On ne tient pas compte du signe dans l'évaluation de F_x .

3) Moteur à courant continu

a) La vitesse angulaire du moteur et son couple peuvent être exprimés en fonction du rayon r:

$$\Omega = \frac{v}{r}$$

Et :

$$M = F r$$

b) On pose :

$$M = k_u \phi I$$

$$U = RI + k_u \phi \Omega$$

Et donc

$$U = R \frac{M}{k_u \phi} + k_u \phi \Omega$$

Enfin

$$\Omega = \frac{U}{k_u \phi} - \frac{RM}{(k_u \phi)^2}$$

En remplaçant le couple et la vitesse en fonction de r

$$v = r \frac{U}{k_u \phi} - r^2 \frac{RF}{(k_u \phi)^2}$$

c) On cherche la vitesse max

$$\begin{aligned} \frac{dv}{dr} &= 0 \\ 0 &= \frac{U}{k_u \phi} - 2r \frac{RF}{(k_u \phi)^2} \\ r &= \frac{k_u \phi U}{2RF} = 2 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

4) Moteur asynchrone

a) Vitesse synchrone

Si la vitesse nominale est de 2900 t/min à 50Hz, la vitesse du champ tournant est de 3000 t/min

Le nombre de paires de pôles est de 1 (2 pôles)

b) Glissement nominal et glissement critique

La vitesse critique est de 2500 t/min, le glissement critique vaut alors :

$$s_k = \frac{n_s - n_k}{n_s} = 0.1667$$

De même pour le glissement nominal

$$s_n = \frac{n_s - n_n}{n_s} = 0.0333$$

c) On pose

$$s_k = \frac{R'_r}{\sqrt{R_e^2 + X_{cc}^2}}$$

Donc

$$X_{cc} = R_e \sqrt{\frac{1}{s_k^2} - 1}$$

d) L'expression du couple d'un moteur asynchrone est :

$$M = \frac{3R'_r \sigma_s^2 U_s^2}{\left(\left(R_e + \frac{R'_r}{s} \right)^2 + X_{cc}^2 \right) s \Omega_s}$$

En remplaçant R'r et Xcc par leurs valeurs en fonction de Re :

$$M = \frac{3 R_e \sigma_s^2 U_s^2}{\left(\left(R_e + \frac{R_e}{s} \right)^2 + R_e^2 \left(\frac{1}{s_k^2} - 1 \right) \right) s \Omega_s}$$

Et donc :

$$M = \frac{3 \sigma_s^2 U_s^2}{\left(\left(1 + \frac{1}{s} \right)^2 + \frac{1}{s_k^2} - 1 \right) R_e s \Omega_s}$$

On isole les termes qui ne dépendent pas du glissement :

$$M = \frac{3 \sigma_s^2 U_s^2}{R_e \Omega_s} \frac{1}{\left(\left(1 + \frac{1}{s} \right)^2 + \frac{1}{s_k^2} - 1 \right) s}$$

e) On cherche :

$$k = \frac{3 \sigma_s^2 U_s^2}{R_e \Omega_s} = M_k \left(\left(1 + \frac{1}{s_k} \right)^2 + \frac{1}{s_k^2} - 1 \right) s_k = 140$$

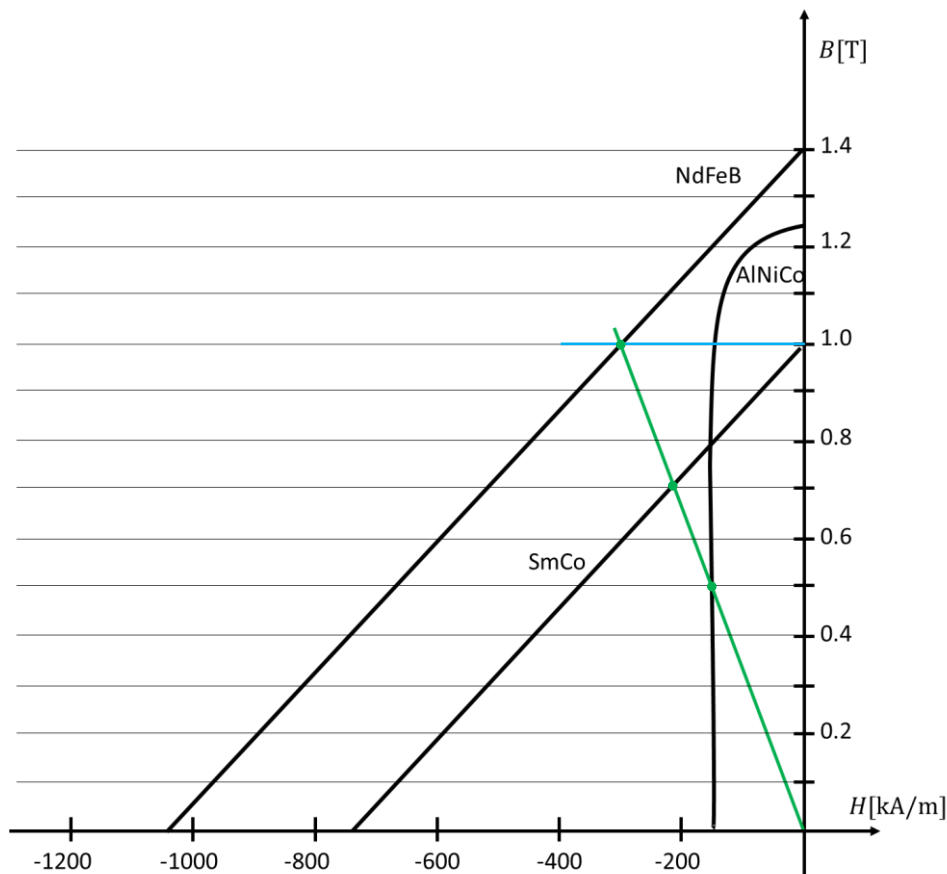
On remplace ensuite dans l'équation du couple

$$M = \frac{3 \sigma_s^2 U_s^2}{R_e \Omega_s} \frac{1}{\left(\left(1 + \frac{1}{s_n} \right)^2 + \frac{1}{s_k^2} - 1 \right) s_n} = 4.22 [Nm]$$

5) Aimant

D'autre part la droite de charge ne dépend pas du matériau de l'aimant et donc elle ne change pas pour les 3 moteurs.

Il faut donc tracer une droite de charge qui fait que l'induction dans le NdFeB = 1 T



C'est le cas lorsque $B(\text{NdFeB}) = 1 \text{ T}$,

$B(\text{AlNiCo}) = 0.5 \text{ T}$ et $B(\text{SmCo}) = 0.7 \text{ T}$

Donc la tension induite dans les moteurs réalisés avec un aimant en AlNiCo ou en SmCo valent :

$$U_i(\text{AlNiCo}) = U_i(\text{NdFeB}) / B(\text{NdFeB}) \times B(\text{AlNiCo}) = 5 \text{ [V]} / 1 \text{ [T]} \times 0.5 \text{ [T]} = 2.5 \text{ [V]}$$

$$U_i(\text{SmCo}) = U_i(\text{NdFeB}) / B(\text{NdFeB}) \times B(\text{SmCo}) = 5 \text{ [V]} / 1 \text{ [T]} \times 0.7 \text{ [T]} = 3.5 \text{ [V]}$$

6) Similitude, bobinage

- a) Le facteur de bobinage ne dépend pas des dimensions du moteur donc il reste inchangé lorsqu'on les augmente de manière homothétique. $k_w = 0.87$
- b) Le nombre d'encoches par pôle et par phase (q) ne change pas, Le rapport entre la taille d'une encoche et le pas polaire ne change pas donc le facteur de distribution k_z et le facteur de raccourcissement k_s ne changent pas $\Rightarrow k_w$ ne change pas