

Partie I : LE MOTEUR SYNCHRONES

I.1 LE SOLÉNOÏDE

$$\alpha_1 \rightarrow 0$$

I.1.a) B_i correspond à la limite : $\alpha_2 \rightarrow \pi$, c'est-à-dire à la limite du solénoïde infiniment long

$$B_i = \mu_0 \frac{N}{L} I$$

I.1.b) Compte tenu de la symétrie du problème par rapport au plan orthogonal à l'axe des bobines et contenant le point O :

$$\vec{B}(O) = \vec{B}_1(O) + \vec{B}_2(O) = 2\vec{B}_1(O) = 2 \frac{B_i}{2} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \vec{e}_x \quad \text{Où} \quad : \quad \text{INCORPORER} \quad \text{Equation.3}$$

$$\vec{B}(O) = \vec{B}_1(O) + \vec{B}_2(O) = 2\vec{B}_1(O) = 2 \frac{B_i}{2} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \vec{e}_x \quad \text{Donc} \quad : \quad \text{INCORPORER} \quad \text{Equation.3}$$

$$\vec{B}(O) = \vec{B}_1(O) + \vec{B}_2(O) = 2\vec{B}_1(O) = 2 \frac{B_i}{2} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \vec{e}_x, \quad \text{avec} \quad : \quad \text{INCORPORER} \quad \text{Equation.3}$$

$$\vec{B}(O) = \vec{B}_1(O) + \vec{B}_2(O) = 2\vec{B}_1(O) = 2 \frac{B_i}{2} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) \vec{e}_x \quad \text{AN : } k = 8,127.10^{-3} \quad T.A-1B = 3,25.10^{-2}$$

TI.2PRODUCTION D'UN CHAMP TOURNANT I.2.a) L'existence de la capacité C dans la branche parcourue par i' entraîne que i' est en retard par rapport au courant i circulant dans la branche ne contenant pas la capacité C Le champ magnétique total va être tournant dans le plan xOy, à la pulsation ω I.2.b) en notation complexe :

INCORPORER Equation.3

$$i = \frac{u}{z_R + z_L} = \frac{u}{R + jL\omega_0}$$

$$i' = \frac{u}{z_R + z_L + z_C} = \frac{u}{R + jL\omega_0 + \frac{1}{jC\omega_0}} = \frac{u}{R + j\left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)} \quad \text{On déduit des équations précédentes} :$$

$$i = \frac{u}{z_R + z_L} = \frac{u}{R + jL\omega_0}$$

$$i' = \frac{u}{z_R + z_L + z_C} = \frac{u}{R + jL\omega_0 + \frac{1}{jC\omega_0}} = \frac{u}{R + j\left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)} \quad \text{et} :$$

INCORPORER Equation.3

$$i = \frac{u}{z_R + z_L} = \frac{u}{R + jL\omega_0}$$

$$i' = \frac{u}{z_R + z_L + z_C} = \frac{u}{R + jL\omega_0 + \frac{1}{jC\omega_0}} = \frac{u}{R + j\left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)}$$

INCORPORER Equation.3
condition I = I' entraîne : INCORPORER Equation.3

$$i = \frac{u}{z_R + z_L} = \frac{u}{R + jL\omega_0}$$

$$i' = \frac{u}{z_R + z_L + z_C} = \frac{u}{R + jL\omega_0 + \frac{1}{jC\omega_0}} = \frac{u}{R + j\left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)}$$

, donc : INCORPORER Equation.3

$$i = \frac{u}{z_R + z_L} = \frac{u}{R + jL\omega_0}$$

$$i' = \frac{u}{z_R + z_L + z_C} = \frac{u}{R + jL\omega_0 + \frac{1}{jC\omega_0}} = \frac{u}{R + j\left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)}$$

La seule solution possible correspond à

$$i = \frac{u}{z_R + z_L} = \frac{u}{R + jL\omega_0}$$

$$i' = \frac{u}{z_R + z_L + z_C} = \frac{u}{R + jL\omega_0 + \frac{1}{jC\omega_0}} = \frac{u}{R + j\left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)}$$

-) ; alors : INCORPORER Equation.3
La condition INCORPORER Equation.3

$$i = \frac{u}{z_R + z_L} = \frac{u}{R + jL\omega_0}$$

$$i' = \frac{u}{z_R + z_L + z_C} = \frac{u}{R + jL\omega_0 + \frac{1}{jC\omega_0}} = \frac{u}{R + j\left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)}$$

il y a une erreur de signe dans le texte)

$$i = \frac{u}{z_R + z_L} = \frac{u}{R + jL\omega_0}$$

$$i' = \frac{u}{z_R + z_L + z_C} = \frac{u}{R + jL\omega_0 + \frac{1}{jC\omega_0}} = \frac{u}{R + j\left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)}$$

entraîne : INCORPORER Equation.3

$$i = \frac{u}{z_R + z_L} = \frac{u}{R + jL\omega_0}$$

$$i' = \frac{u}{z_R + z_L + z_C} = \frac{u}{R + jL\omega_0 + \frac{1}{jC\omega_0}} = \frac{u}{R + j\left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)}$$

donc : INCORPORER Equation.3

$$i = \frac{u}{z_R + z_L} = \frac{u}{R + jL\omega_0}$$

$$i' = \frac{u}{z_R + z_L + z_C} = \frac{u}{R + jL\omega_0 + \frac{1}{jC\omega_0}} = \frac{u}{R + j\left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0}\right)}$$

d'où : INCORPORER Equation.3

$$L = \frac{R}{\omega_0} \qquad L = \frac{R}{\omega_0}$$

$$C = \frac{1}{2R\omega_0} \qquad C = \frac{1}{2R\omega_0}$$

Alors : INCORPORER Equation.3

Donc : INCORPORER Equation.3

Et :

$$L = \frac{R}{\omega_0} \qquad L = \frac{R}{\omega_0}$$

$$C = \frac{1}{2R\omega_0} \qquad C = \frac{1}{2R\omega_0}$$

INCORPORER Equation.3

Donc : INCORPORER Equation.3

On constate

que $\varphi' < \varphi$: l'intensité i' est bien en retard par rapport à l'intensité i L'extrémité du vecteur champ magnétique décrit alors une ellipse de centre O dans le plan xOy I.2.d) AN : $L = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ H}$ $HC = 63,4 \mu\text{FI} = I' = 3,1 \text{ A}$ I.2.e) Le vecteur champ magnétique a pour composantes : INCORPORER Equation.3

$$L = \frac{R}{\omega_0} \qquad L = \frac{R}{\omega_0}$$

$$C = \frac{1}{2R\omega_0} \qquad C = \frac{1}{2R\omega_0}$$

Avec : INCORPORER Equation.3

Alors : INCORPORER Equation.3

$$L = \frac{R}{\omega_0}$$

$$C = \frac{1}{2R\omega_0}$$

L'extrémité du vecteur champ magnétique décrit un cercle à la vitesse angulaire ω_0 ; compte tenu du signe du déphasage entre les deux composantes, ce cercle est décrit dans le sens direct

AN : $B_0 = 3,56 \cdot 10^{-2} \text{ T}$

I.3 ENTRAÎNEMENT DE LA PIÈCE MOBILE

I.3.a) INCORPORER Equation.3

Donc : INCORPORER Equation.3

Si INCORPORER Equation.3

INCORPORER Equation.3

Si INCORPORER Equation.3

INCORPORER Equation.3

I.3.b) la puissance instantanée que fournit le moteur est : INCORPORER Equation.3

Donc la puissance est, si INCORPORER Equation.3 : INCORPORER Equation.3

Si l'on veut effectivement avoir un moteur, il faut donc : $P_m > 0$, c'est-à-dire : $\sin \psi > 0$,
 c'est-à-dire :

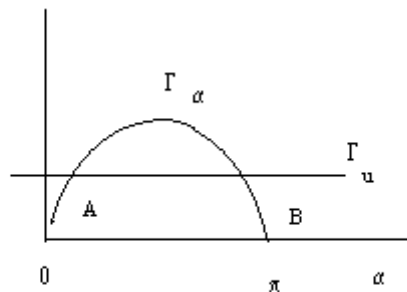
$0 < \psi < \frac{\pi}{2}$ $\Rightarrow$ l'aimant suit donc le champ

La puissance maximale que peut fournir le moteur est obtenue pour $\psi = \frac{\pi}{2}$ et vaut :
 INCORPORER Equation.3

Dans ce montage, la source d'énergie est celle qui crée le champ magnétique

I.3.c) INCORPORER Equation.3 ou, puisque $0 < \psi < \frac{\pi}{2}$: INCORPORER Equation.3
 Donc : INCORPORER Equation.3 et : INCORPORER Equation.3

En régime permanent : $\Gamma_m = \Gamma_u$



On constate graphiquement qu'il existe deux valeurs de ψ satisfaisant à la condition de régime permanent, pour un couple Γ_u donné

I.3.d) Le fonctionnement en moteur est stable si, et seulement si, dans le cas où le moteur prend accidentellement de l'avance (c'est-à-dire si ψ diminue) par rapport au régime permanent (respectivement : du retard, c'est-à-dire si ψ augmente), alors la résultante des deux couples Γ_m et Γ_u tend à ramener ψ vers la valeur correspondant au régime permanent, c'est-à-dire à le faire augmenter (respectivement : diminuer)

Pour le problème étudié :

Si le point de fonctionnement pour le régime permanent est A, alors si ψ diminue (respectivement : augmente) : $\Gamma_m < \Gamma_u$ (respectivement : $\Gamma_m > \Gamma_u$) : il y a freinage (respectivement : accélération) du dipôle magnétique et retour vers le point A : le régime permanent correspondant à A est donc stable

Si le point de fonctionnement pour le régime permanent est B, alors si ψ diminue (respectivement : augmente) : $\Gamma_m > \Gamma_u$ (respectivement : $\Gamma_m < \Gamma_u$) : il y a accélération (respectivement : freinage) du dipôle magnétique et éloignement du point B : le régime permanent correspondant à B est donc instable

I.3.e) Au départ : $\Gamma = 0$ et, donc : INCORPORER Equation.3
 Le moteur ne peut donc pas démarrer seul

II.1) BILAN ÉNERGÉTIQUE :

II.1.a) On effectue un bilan classique d'énergie dans le volume de la barre compris entre x et $x+dx$, pendant dt :

INCORPORER Equation.3

d'où : INCORPORER Equation.3

II.1.b) En utilisant la loi de Fourier, on obtient alors : INCORPORER Equation.3
 c'est-à-dire : INCORPORER Equation.3 (1) où : INCORPORER Equation.3 se mesure en m^2s^{-1}

II.1.c)
 Les thermostats ayant des capacités thermiques infinies, leurs températures sont des constantes
 En régime permanent, (1) devient : INCORPORER Equation.3 , qui s'intègre en : $T(x) = a.x+b$, a et b étant deux constantes qui se calculent à partir des conditions aux limites : $T(x=0) = T_1$ et $T(x=L) = T_2$. On obtient alors : INCORPORER Equation.3
 La résistance thermique est alors : INCORPORER Equation.3

II.1.d) qualitativement : c étant petit, D sera très grand ; on déduit alors de (1) que INCORPORER Equation.3 sera très petit ; on pourra donc considérer que l'on a à tout instant un régime quasi permanent dans la barre, les températures aux extrémités étant $T_1(t)$ et $T_2(t)$; on aura donc approximativement à tout instant t : INCORPORER Equation.3

II.1.e)
 On néglige les échanges thermiques dans la barre ; on peut donc considérer l'ensemble des thermostats 1 et 2 comme un système isolé : INCORPORER Equation.3 ; donc : INCORPORER Equation.3 , c'est-à-dire encore : INCORPORER Equation.3 ou encore : INCORPORER Equation.3 .

Faisons alors un bilan d'énergie en $x = 0$: INCORPORER Equation.3
 Faisons de même un bilan d'énergie en $x = L$: INCORPORER Equation.3
 on a donc finalement : INCORPORER Equation.3
 ce système se résout de façon immédiate en introduisant la somme T_1+T_2 et la différence T_2-T_1 :

INCORPORER Equation.3
 on obtient : INCORPORER Equation.3 où :  $R_{th}C$

d'où finalement : INCORPORER Equation.3

Le circuit électrique équivalent est :

INCORPORER PBrush

II.2) BILAN ENTROPIQUE :

II.2.a)
 INCORPORER Equation.3
 INCORPORER Equation.3
 INCORPORER Equation.3

II.2.b) bilan d’entropie dans le volume élémentaire dx pendant dt : $dS = \heartsuit S_{éch} + \heartsuit S_{cr}$

Donc : INCORPORER Equation.3

C’est-à-dire : INCORPORER Equation.3
 D’où, en divisant par dxdt : INCORPORER Equation.3 (2)

II.2.c) En régime permanent :
 INCORPORER Equation.3
 Et donc : INCORPORER Equation.3

(2) devient : INCORPORER Equation.3
 INCORPORER Equation.3

d’où : INCORPORER Equation.3
 ou encore : INCORPORER Equation.3

II.2.d) L’entropie S_{éch} échangée par la barre est : INCORPORER Equation.3

Donc : INCORPORER Equation.3

II.2.e) donc : INCORPORER Equation.3

Et, d’après les questions précédentes :
 INCORPORER Equation.3

Ce résultat était a priori prévisible puisque l’on est en régime permanent : l’entropie de la barre est constante, l’entropie échangée compensant la création d’entropie, nécessairement strictement positive, compte tenu de l’irréversibilité du phénomène.