Electrotechnique - Correction Examen 2007

total 29 pts

I - Transformateur (18 pts)

I 1) Loi d'Hopkinson (7 pts)

a) Th. Ampère le long de la ligne de champ indiquée en pointillés

$$\oint_{\ell} \vec{H}\,\vec{dl} = \iint_S \vec{j}\,\vec{dS}$$

(1)

$$H.L = NI$$

b) $\mathcal{R} = \dfrac{\mathcal{E}}{\phi}$ avec $\phi = \iint_s \vec{B}\,\vec{ds}$ s : section du tore

on a $\mathcal{E} = NI = \oint_{\ell} \vec{H}\,\vec{dl} = \oint_{\ell} \dfrac{\vec{B}}{\mu}\,\vec{dl}$

$$\mathcal{E} = \oint_{\ell} \frac{\phi\, dl}{\mu s} = \phi \oint_{\ell} \frac{dl}{\mu s}$$

(1,5) ici $\mathcal{R} = \dfrac{\mathcal{E}}{\phi} = \dfrac{L}{\mu s}$

c) $\mathcal{E} = \varepsilon \pm NI = \mathcal{R}\,\phi$

analogie électrique

(1,5)

$\mathcal{E} \rightarrow E$ fem

$\mathcal{R} \rightarrow R$ resistance

d) Hopkinson $NI = \mathcal{R}\phi$

$I = \dfrac{\mathcal{R}\, s\, B}{N}$ avec $\mathcal{R} = \dfrac{L}{\mu_0 \mu_r s} = \dfrac{0,62}{4\pi 10^{-7} \cdot 4500 \times 16.10^{-4}}$

(1)

$$I = \frac{BL}{N\mu_0\mu_r} = \frac{0,6 \times 0,62}{500 \times 4\pi.10^{-7} \times 4500} = 0,13\,A$$

e) on a $\phi = \dfrac{LI}{N}$ et $\phi = \dfrac{NI}{\mathcal{R}}$ (1)

$$L = \frac{N^2}{\mathcal{R}} = \frac{500^2}{685250} = 0,36\,H$$

$\mathcal{R} = 685250\ H^{-1}$

f) $\mathcal{R}_{total} = \mathcal{R}_{tore\ sans\ entrefer} + \mathcal{R}_{tore\ sans\ entrefer}$

$$\mathcal{R}_{total} = \frac{L}{\mu_0 \mu_R S} + \frac{e}{\mu_0 S} = \frac{1}{\mu_0 S}\left(\frac{L}{\mu_r} + e\right)$$

$$\mathcal{R}_{total} = \frac{1}{4\pi.10^{-7}\ 1{,}6.10^{-4}}\left(\frac{4500\ 0{,}62}{4500} + 0{,}10.10^{-3}\right)$$

$\mathcal{R}_{total} = 1\,182\,610\ H^{-1}$

(2) $$\boxed{I} = \frac{\mathcal{R}_{total}\ S\ B}{N} = \frac{1182610 \times 1{,}6.10^{-4} \times 0{,}6}{500} = \underline{0{,}23\ A}$$

cohérent avec l'analogie électrique

$R \nearrow \quad R \uparrow$

I.2 Bobine à noyau de fer en sinusoïdal (4 pts)

(2) a) $u = N \dfrac{d\varphi}{dt}$

(1) b) $\varphi = \dfrac{U\sqrt{2}}{N\omega} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) = \phi_m \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$

(1) c) $U = 4{,}44\ N f\ \phi_m$

I.3. Transformation parfait (4 pts)

(1) a) cf cours

b) loi d'Hopkinson $\quad N_1 i_1 + N_2 i_2 = \mathcal{R}\varphi = 0$

(1,5) $\quad \hookrightarrow \boxed{\dfrac{i_2}{i_1} = -\dfrac{N_1}{N_2}}$

au primaire $\quad u_1 = N_1 \dfrac{d\varphi}{dt}$

(1,5) au secondaire $\quad u_2 = -N_2 \dfrac{d\varphi}{dt}$ $\quad \boxed{\dfrac{u_2}{u_1} = -\dfrac{N_2}{N_1}}$

I-4 - Impédance ramenée au primaire. (3 pts)

a) on a $\underline{U}_2 = \underline{Z}_2 . \underline{I}_2$

d'après $\underline{I}_2 = -\underline{I}_1/m$ avec $m = N_2/N_1$

$\underline{U}_2 = -m\,\underline{U}_1$

on trouve $\underline{U}_1 = \frac{\underline{Z}_2}{m^2}\,\underline{I}_1$

(1)

soit $\underline{U}_1 = \underline{Z}_1\,\underline{I}_1$ en posant $\boxed{\underline{Z}_1 = \frac{\underline{Z}_2}{m^2}}$ CQFD

b) Adaptation en puissance : pour obtenir un transfert maximal de puissance entre un générateur et sa charge il faut que ~~lorsque~~ leurs impédances complexes soient conjuguées.

(1)

↳ Insérer un transformateur de rapport de transformation

(1) $m = \cancel{\frac{1{,}25}{50\Omega}} \sqrt{\frac{1{,}25\ k\Omega}{50\,\Omega}} = 5$

II - Machine asynchrone. (11 pts)

II-1 - Champs tournants (5 pts)

a) $\underline{H}_1 = H_0 \cos(\omega t)$

$\underline{H}_2 = H_0 \cos(\omega t - \frac{2\pi}{3})\, e^{j\frac{2\pi}{3}}$

(3)

$\underline{H}_3 = H_0 \cos(\omega t - \frac{4\pi}{3})\, e^{+j\frac{4\pi}{3}}$

b) $\underline{H} = \underline{H}_1 + \underline{H}_2 + \underline{H}_3$

$\underline{H}_1 = \frac{H_0}{2} e^{j\omega t} + \frac{H_0}{2} e^{-j\omega t}$

(2)

$\underline{H}_2 = \frac{H_0}{2} e^{j\omega t} \cancel{e^{-j\frac{2\pi}{3}} e^{j\frac{2\pi}{3}}} + \frac{H_0}{2} e^{-j\omega t} e^{+j\frac{2\pi}{3}} e^{j\frac{2\pi}{3}}$

$\underline{H}_3 = \frac{H_0}{2} e^{j\omega t} \cancel{e^{-j\frac{4\pi}{3}} e^{j\frac{4\pi}{3}}} + \frac{H_0}{2} e^{-j\omega t} e^{j\frac{4\pi}{3}} e^{j\frac{4\pi}{3}}$

$\boxed{\underline{H} = \frac{3}{2} H_0 e^{j\omega t}} + \frac{H_0}{2} e^{j\omega t} \underbrace{\left(1 + e^{j\frac{4\pi}{3}} + e^{j\frac{2\pi}{3}}\right)}_{=0}$

(1) c) cf cours.

II.2 - Machine synchrone 6 pts

(2) a) cf cours

b) on a $\theta(t) = (\omega - \omega_0) t + \theta_0$

(1) $\Gamma_{em} = \| \vec{m} \wedge \vec{B} \|$

$\boxed{\Gamma_{em} = m B \sin \theta(t)}$

c) • pour $\omega = \omega_0$

$\langle \Gamma_{em} \rangle = m B \sin \theta_0$

Dans le cas où $\theta_0 \neq 0 [\pi]$ le couple moteur est non nul, le rotor tourne à la vitesse angulaire ω.

(3) • pour $\omega \neq \omega_0$

$\langle \sin \theta(t) \rangle = 0$

$\hookrightarrow \langle \Gamma_{em} \rangle = 0$

$\Rightarrow$ le couple de démarrage (pour $\omega_0 = \omega$) est nul

Une machine synchrone ne peut démarrer seule.