mcc. Exercice 7 Corrigé Ponts redresseurs mono associés à un moteur à courant continu.

a) Le bobinage inducteur se comporte vis à vis de son alimentation comme un dipôle série R_d L_d . En courant continu, l'inductance L_d se comporte comme un court-circuit. Donc : $U_d = R_d . I_d$. En utilisant les valeurs nominales, on en déduit : $R_d = \frac{U_{dn}}{I_{dn}} = \frac{200}{0{,}72} = 278\,\Omega$.

La tension moyenne aux bornes de l'inducteur est $U_{d_{moy}} = \frac{1}{\pi}.\int_0^{\pi} \hat{V}.\sin(\theta).d\theta = \frac{2.\hat{V}}{\pi} = \frac{2.311}{\pi} = 198\,V$

$$I_{d_{moy}} = \frac{U_{d_{moy}}}{R_d} = \frac{198}{278} = 0{,}712\ A$$

La tension moyenne aux bornes de l'inducteur est constante. Le bobinage inducteur est très inductif, donc le courant qui le traverse est presque constant et égal à sa valeur moyenne $I_{d_{moy}} = 0{,}712\ A$. Donc le « flux « φ » sous un pôle » de la machine (« parfaitement compensée ») est quasiment constant.

Sachant que dans une machine à courant continu : $E = k.\varphi.\Omega$ avec « k » constante pour une machine donnée, « Ω » constant (par hypothèse, la vitesse est constante) et « φ » constant. La f.e.m. entre les balais est donc constante.

La puissance active dans l'inducteur (Pertes Joule de l'inducteur) vaut :

$$P_{\text{joule de l'inducteur}} = R_d . I_d{}^2 = 278.0{,}712^2 = 141\,W$$

b.1) $U_{c_{moy}} = \frac{1}{\pi}.\int_{\frac{\pi}{6}}^{\pi} \hat{V}.\sin(\theta).d\theta = \frac{\hat{V}}{\pi}.\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \frac{311}{\pi}.\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 184{,}7\,V$

Sachant que la tension moyenne aux bornes d'une inductance est nulle

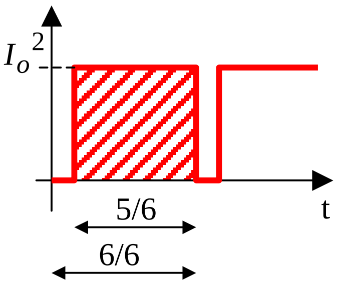
$$\Rightarrow\ I_{c_{moy}} = \frac{U_{c_{moy}} - E}{R_a} = \frac{184{,}7-156}{1{,}92} = 15\ A = Io$$

b.2) L'indication du wattmètre est $P_e = \left(v_e(t).i_e(t)\right)_{moy} = \left(u_c(t).i_c(t)\right)_{moy}$ car la puissance active est conservative et le pont à thyristors ne consomme aucune puissance.

Sachant que $i_c(t) \approx Io = constante$

$$\Rightarrow\ P_e = \left(v_e(t).i_e(t)\right)_{moy} = \left(u_c(t).i_c(t)\right)_{moy} = U_{c_{moy}}.Io = 184{,}7.15 = 2770\,W$$

b.3) L'ampèremètre A_1 mesure la valeur efficace de $i_e(t)$; c'est à dire la racine carrée de la valeur moyenne de $i_e(t)^2$.



$$I_{e_{eff}} = \sqrt{\frac{5}{6}.I_o{}^2} = 15.\sqrt{\frac{5}{6}} = 13{,}69\ A$$

b.4) L'ampèremètre A_2 mesure la valeur moyenne de $i_e(t)$. Cette valeur moyenne est nulle (évident)

b.5) Le facteur de puissance de la ligne vaut :

$$k_e = \frac{P_e}{V_{e_{eff}}.I_{e_{eff}}} = \frac{P_e}{V_{e_{eff}}.I_{e_{eff}}} = \frac{\left(v_e(t).i_e(t)\right)_{moy}}{V_{e_{eff}}.I_{e_{eff}}} = \frac{2770}{220.13{,}69} = 0{,}92$$

(Le facteur de puissance est toujours inférieur ou égal à 1)

b.6) Rendement du moteur : $\eta = \dfrac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{absorbée}}} = \dfrac{\text{P}_{\text{absorbée par l'induit}} - \text{Pertes}_{\text{de l'induit}}}{\text{P}_{\text{absorbée par l'induit}} + \text{P}_{\text{absorbée par l'inducteur}}}$

$$\eta = \frac{2770 - Ra.I_{c_{eff}}{}^2 - P_{mf}}{2770 + P_{\text{joule de l'inducteur}}} = \frac{2770 - 1{,}92.15^2 - 120}{2770 + 141} = 0{,}762 = 76{,}2\ \%$$

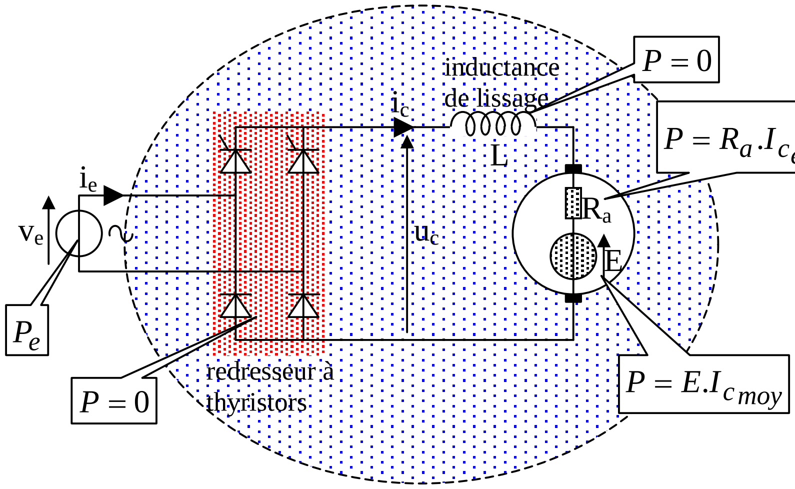
c.1) $I_{c_{moy}} = \dfrac{U_{c_{moy}} - E}{R_a}$. $U_{c_{moy}}$ et E sont inchangés par rapport à la partie précédente. Donc :

$$I_{c_{moy}} = \frac{U_{c_{moy}} - E}{R_a} = \frac{184{,}7 - 156}{1{,}92} = 15\ A = Io$$

c.2 $i_c(t)$ est la somme de sa composante continue ($I_{c_{moy}}$) et d'une composante alternative ($i_{c_{alt}}(t)$).
On sait que la valeur efficace d'une fonction s'exprime en fonction de sa composante continue et de sa composante alternative par la relation : $I_{c_{eff}} = \sqrt{I_{c_{moy}}{}^2 + I_{c_{alt_{eff}}}{}^2}$

$$\Rightarrow I_{c_{eff}} = \sqrt{15^2 + \left(\frac{\Delta i_c/2}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{15^2 + \left(\frac{5}{\sqrt{2}}\right)^2} = 15{,}41\ A$$

c.3) La puissance active est conservative :



La puissance active consommée par une somme d'éléments électriques est la somme des puissances actives consommées par chacun des éléments de la somme.

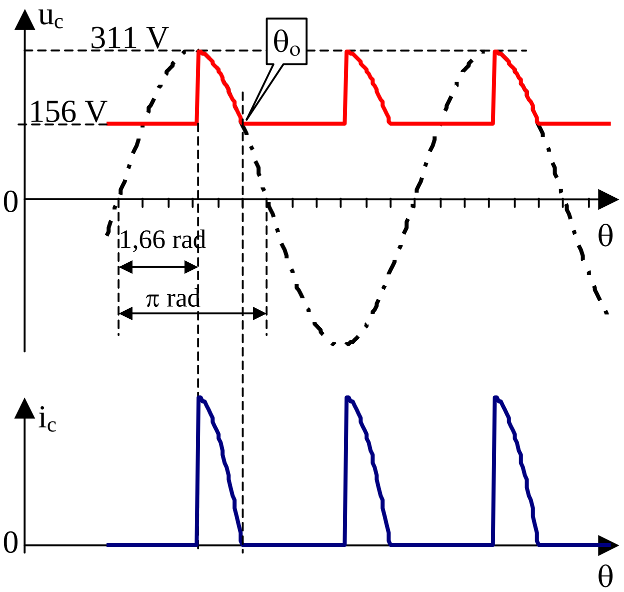
Donc : $P_e = E.I_{c\,moy} + R_a.I_{c\,eff}^{\;2}$

$\Rightarrow P_e = 156.15 + 1{,}92.15{,}41^2 = 2796\ W$

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{absorbée}}} = \frac{P_{\text{absorbée par l'induit}} - \text{Pertes}_{\text{de l'induit}}}{P_{\text{absorbée par l'induit}} + P_{\text{absorbée par l'inducteur}}}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\left(E.I_{c\,moy} + R_a.I_{c\,eff}^{\;2}\right) - R_a.I_{c\,eff}^{\;2} - P_{mf}}{\left(E.I_{c\,moy} + R_a.I_{c\,eff}^{\;2}\right) + P_{\text{joule de l'inducteur}}} = \frac{156.15 - 120}{2796 + 141} = 0{,}756 = 75{,}6\ \%$$

d.1)



$$i_c(t) = \frac{u_c(t) - E}{R_a}$$ donc lorsque $u_c(t) = E$: $i_c(t) = 0$

L'angle θ_o est tel que $311.\sin(\theta_o) = 156$ avec $\theta_o > \frac{\pi}{2}$

$\Rightarrow \theta_o = 2{,}616\ rad$

$$I_{c\,max} = \frac{311.\sin(1{,}66) - 156}{1{,}92} = 80{,}1\ A$$

$$I_{c\,moy} = \frac{1}{\pi} . \int_{1{,}66}^{2{,}616} \frac{311.\sin(\theta) - 156}{1{,}92} . d\theta = 15{,}3\ A$$

Ce résultat est normal car la vitesse du moteur est inchangée (présence d'une régulation), donc le couple utile moyen de celui-ci est inchangé (même mécanique entraînée), ses pertes mécaniques sont inchangée, ses pertes fer ont peu variées. Donc sa puissance électromagnétique a très peu varié et de même pour le couple électromagnétique moyen.
Sachant que $C_{em} = \lambda.I_a$ lorsque le flux sous un pôle est constant, on en déduit que le courant moyen à très peu varié par rapport aux cas précédents.

$$I_{c_{eff}} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot \int_{1,66}^{2,616} \left(\frac{311.\sin(\theta) - 156}{1,92} \right)^2 . d\theta} = 30,9\ A$$

d.2) La puissance absorbée par l'induit vaut : $P_e = E.I_{c_{moy}} + R_a.I_{c_{eff}}{}^2 = 156.15,3 + 1,92.30,9^2 = 4220\ W$

Le rendement du moteur vaut :

$$\Rightarrow \eta = \frac{\left(E.I_{c_{moy}} + R_a.I_{c_{eff}}{}^2\right) - R_a.I_{c_{eff}}{}^2 - P_{mf}}{\left(E.I_{c_{moy}} + R_a.I_{c_{eff}}{}^2\right) + P_{\text{joule de l'inducteur}}} = \frac{156.15,3 - 120}{4220 + 141} = 0,52 = 52\ \%$$

Remarques :
Le courant dans l'induit n'est pas continu et donc les pertes fer sont augmentées dans l'induit. Elles sont supérieures à 120 W et donc le rendement est inférieur à 52%.

e) Dans le troisième cas (sans inductance), le courant maximum de 80,1 A est supérieur au courant maximum admissibles par les contacts balais/collecteur (30 A). Les étincelles au collecteur risquent de le détruire.

Le courant efficace dans l'induit (30,9 A) est supérieur au courant efficace maximum admissible $(15.(1 + 0,25) = 18,7A)$, donc l'échauffement de l'induit par effet joule est trop important.

En conclusion : Pour le point de fonctionnement imposé au moteur dans ce cas de figure, l'inductance est indispensable.