

Séance 2001 Corrigé succinct

Amélioration du facteur de puissance d'une installation utilisant un pont à thyristors

Première partie : Étude du moteur à courant continu.

Moteur à excitation constante.

11- Calcul de la constante de f.e.m. : $K_E = \frac{E}{\Omega}$

D'après les caractéristiques nominales $E_n = 350 - 0,52 \cdot 70 \Rightarrow E_n = 314 \text{ V}$.

Avec $\Omega_n = \frac{\pi \cdot 1500}{30} \Rightarrow \Omega_n = 157 \text{ rad/s} \Rightarrow \underline{K_E = 2,0 \text{ V} \cdot \text{s} \cdot \text{rad}^{-1}}$

12- Puissance absorbée par l'induit au point nominal :

$P_{absm} = U_n \cdot I_n \Rightarrow P_{absm} = 350 \times 70 \Rightarrow \underline{P_{absm} = 24500 \text{ W}}$

Rendement de l'induit $\eta_n = \frac{20000}{24500} \Rightarrow \underline{\eta_n = 81,6\%}$

13- Pour le fonctionnement nominal : $T_{em_n} = \frac{E_n I_n}{\Omega_n} \Rightarrow T_{em_n} = K_E \cdot I_n$

$\Rightarrow T_{em_n} = \frac{314 \cdot 70}{157} \Rightarrow \underline{T_{em_n} = 140 \text{ Nm}}$

Couple utile : $T_u = \frac{P_n}{\Omega_n} = \frac{30 P_n}{\pi \cdot n_n} = \frac{30 \cdot 20000}{\pi \cdot 1500} \Rightarrow \underline{T_u = 127 \text{ Nm}}$

Couple de pertes : C'est par définition $T_p = T_{em} - T_u \Rightarrow \underline{T_{pm} = 13 \text{ Nm}}$

14- Fonctionnements particuliers

141- Marche en moteur à 750 tr/min avec $T_u = 80 \text{ Nm}$.

Alors on aura $T_{em} = 93 \text{ Nm}$ donc $I_c = \frac{93}{K_E} \Rightarrow \underline{I_{c_1} = 46,5 \text{ A}}$

$E_1 = K_E \Omega_1 = 157 \text{ V} \Rightarrow \underline{V = 181 \text{ V}}$

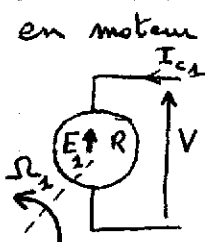
142- Marche en génératrice avec $n = -750 \text{ tr/min}$ et un couple

sur l'arbre de 80 Nm . Alors $T_{em} = 80 - 13 = 67 \text{ Nm}$

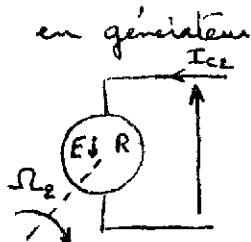
donc $I_c = \frac{67}{K_E} \Rightarrow \underline{I_{c_2} = 33,5 \text{ A}}$

$E_2 = K_E \Omega_2 \Rightarrow E_2 = -157 \text{ V}$.

$V = -157 + 0,5 \cdot I_{c_2} \Rightarrow \underline{V = -140 \text{ V}}$

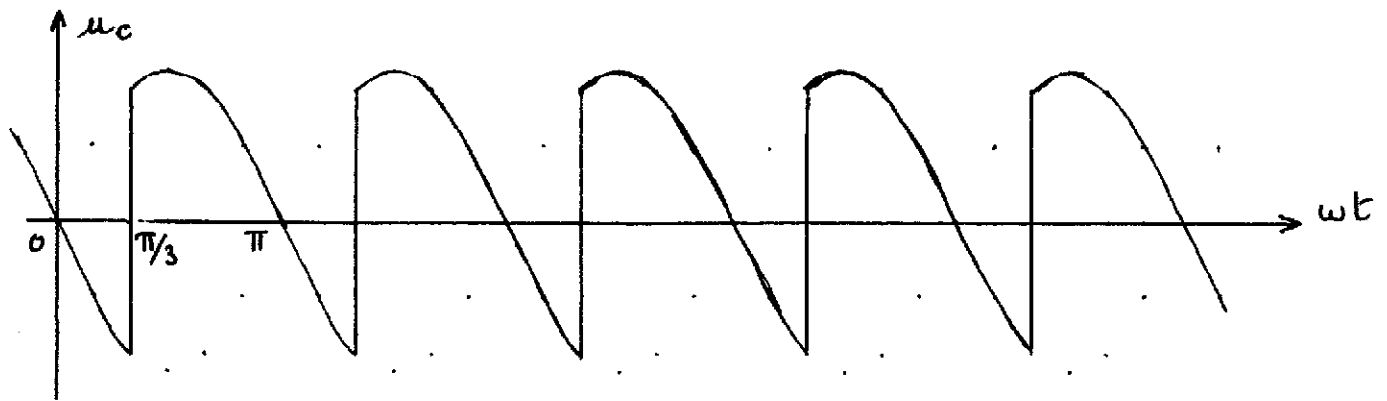


$V = E + R I_c$

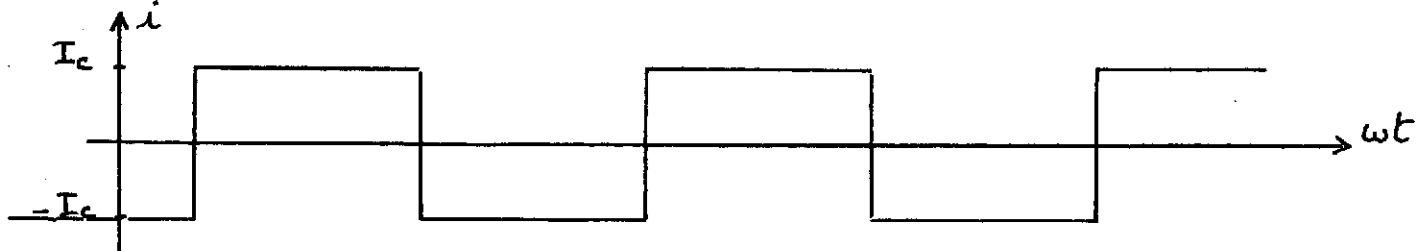


Deuxième partie : Etude du pont tout thyristors.

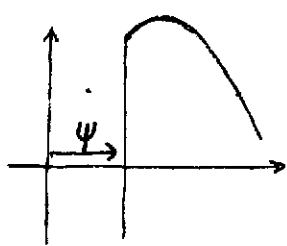
21 - le pont est en conduction ininterrompue donc u_c s'appuie à chaque instant sur $\pm u$.



Comp. ponts	Th ₁ et Th ₄	Th ₁ et Th ₃	Th ₂ et Th ₄	Th ₁ et Th ₃	Th ₂ et Th ₄	Th ₁ et Th ₃
-------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------



22 - Calcul de la tension moyenne à la sortie du pont



$$U_{c\text{moy}} = \frac{1}{\pi} \int_{\psi}^{\psi+\pi} U\sqrt{2} \sin \theta d\theta \quad \text{en posant } \theta = \omega t$$

$$U_{c\text{moy}} = \frac{U\sqrt{2}}{\pi} \left[-\cos \theta \right]_{\psi}^{\psi+\pi}$$

$$\text{donc } U_{c\text{moy}} = \frac{U\sqrt{2}}{\pi} \cdot 2 \cos \psi \Rightarrow \boxed{U_{c\text{moy}} = \frac{2U\sqrt{2}}{\pi} \cos \psi}$$

Si on a $\psi > \frac{\pi}{2}$ en maintenant la conduction ininterrompue, on a alors $U_{c\text{moy}} < 0$.

Le pont fonctionne en onduleur assisté.

23 - Application numérique. Pour $\psi = \frac{\pi}{3}$ et $I_c = 40\text{A}$ avec $U = 400\text{V}$.

$$\text{Tension } \Rightarrow U_{c\text{moy}} = \frac{2 \cdot 400 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cos \frac{\pi}{3} \Rightarrow \boxed{U_{c\text{moy}} = 180\text{V}}$$

$$\text{Puissance absorbée par le moteur : } P = U_{c\text{moy}} \cdot I_c \Rightarrow \boxed{P = 7200\text{W}}$$

$$\text{Valeur efficace I du courant i : } I = I_c \Rightarrow \boxed{I = 40\text{A}}$$

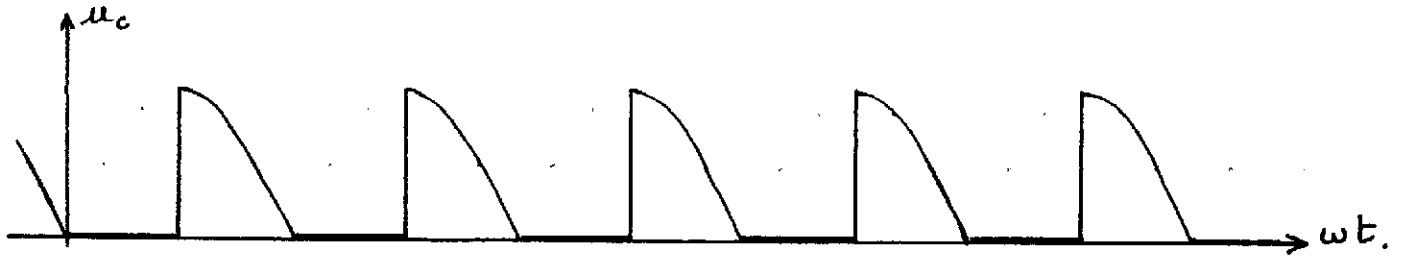
$$\text{Puissance apparente } S = U \cdot I \Rightarrow \boxed{S = 16000\text{VA}}$$

$$\text{Facteur de puissance de l'installation : } \cos \phi = P/S \Rightarrow \boxed{\cos \phi = 0,45}$$

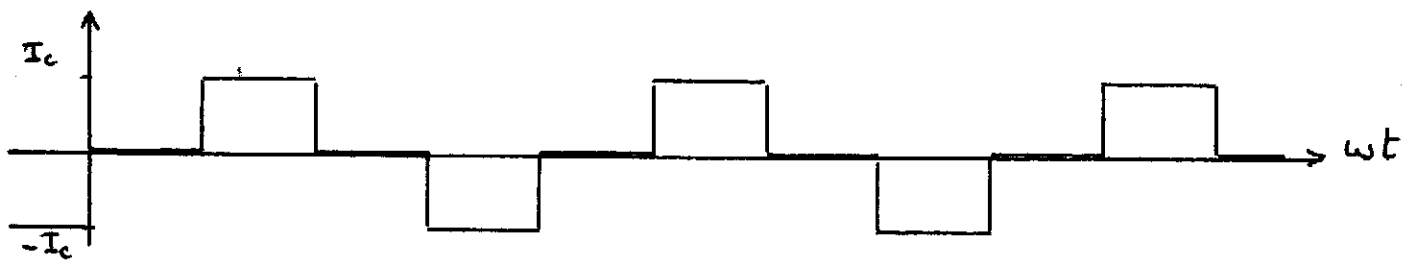
Troisième partie : Fonctionnement en pont mixte.

Abs le courant I_c emprunte le passage par la diode D_{RL} lors des passages de la tension réseau en négatif.

31- Pour $\psi = \frac{\pi}{2}$



Composants Parents	D_{RL}	TR_1 TR_3	D_{RL}	TR_2 TR_4	D_{RL}	TR_1 TR_3	D_{RL}	TR_2 TR_4	D_{RL}	TR_1 TR_3	D_{RL}



32- Calcul de ψ : $U_{cmoy} = \frac{U\sqrt{2}}{\pi} (1 + \cos\psi)$. On veut $U_{cmoy} = 180V$

$\Rightarrow 180 = \frac{400\sqrt{2}}{\pi} [1 + \cos\psi] \Rightarrow \cos\psi \approx 0 \Rightarrow \psi = \frac{\pi}{2}$

33- Calcul de la valeur efficace de i :

on définit: $I^2 = I_c^2 \frac{\pi - \psi}{\pi} \Rightarrow I = I_c \sqrt{\frac{\pi - \psi}{\pi}}$

34- Application numérique. Pour $I_c = 50A$ et $U_{cmoy} = 180V$

La puissance P absorbée par le moteur est: $P = 180 \cdot 50 \Rightarrow P = 9000W$

La valeur efficace $I = 50 \sqrt{\frac{\pi - \pi/2}{\pi}} \Rightarrow I = 35,4A$

La puissance apparente $S = U \cdot I \Rightarrow S = 14140VA$

Le facteur de puissance $k = \frac{P}{S} \Rightarrow k = 0,636$

35- Ce pont ne permet pas à U_{cmoy} d'être négative. Il ne peut donc pas fonctionner en onduleur.

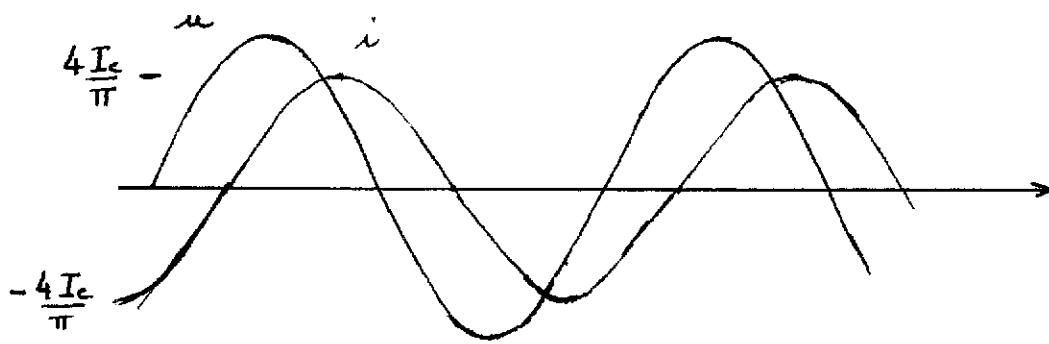
Quatrième partie : Amélioration du facteur de puissance avec un circuit LC

41- Pour le courant i donné figure 7 $\Rightarrow I = I_c \Rightarrow \underline{I = 50A}$

Alors la puissance apparente $S = U \cdot I = 400 \cdot 50 \Rightarrow \underline{S = 20000VA}$

42- Puissances mises en œuvre par u sinusoidal et i en créneaux.

421- Représentation des fondamentales de i



Pour $I_c = 50A$

$I_{Fmax} = 63,7A$

donc

$\underline{I_F = 45A}$

le fondamental du courant est en retard de $\varphi_F = \varphi$ sur la tension réseau.

422- Expressions : $\left\{ P = U I_F \cos \varphi_F \right.$

$\left\{ Q = U I_F \sin \varphi_F \right.$

ANumerique : $\left\{ P = 3000 W \right.$

$\left\{ Q = 15600 VARs \right.$

Puissance apparente : $S = U \cdot I = 20000VA \Rightarrow \underline{R = 0,45}$

43- Puissance déformante : $D^2 = S^2 - P^2 - Q^2 \Rightarrow \underline{D = 8718 VAD}$

Pour améliorer le facteur de puissance il faut diminuer Q et D

44- Action de LC sur la puissance réactive.

441- Impédance complexe de LC : $Z_{LC} = j(L\omega - \frac{1}{C\omega})$ à 50Hz : ~~28,3~~

$\Rightarrow \underline{Z_{LC} = -j14,2 \Omega} \Rightarrow \underline{I_2 = 28,3A}$

442- En convention récepteur la puissance réactive absorbée par la dipôle LC est $\underline{Q_{LC} = -11270 VARs}$. Donc $|Q_{LC}|$ est fournie par LC

443- le réseau devra donc fournir $Q_C = Q + Q_{LC} \Rightarrow \underline{Q_C = 4330 VARs}$

45- Action de LC sur la puissance déformante.

451- pour $f = 150Hz$ $\left\{ \underline{Z_{LC3} \approx 0 \Omega} \ll Z_{\lambda 3} \right.$ ($Z_{LC3} = 0,985 m\Omega$; $Z_{\lambda 3} = 0,377\Omega$)

452- Donc l'harmonique 3 de i s'efface par le réseau puisque Z_{LC} le cct.

C'est la terme D qui est modifiée par l'action de LC, dans l'exp. de S.

453- On voit que $i_{s3} = i -$ terme des fréquence 3.f. soit $i_p = i - i_{H3}$.

454- Des (A) efficace via, une analyse de spectres partiraient de compléter l'osillo.