

Examen final**Durée** : 2 heures.**Documents** : non autorisés sauf une feuille manuscrite – format A4.**Exercice N°1 (8 points) :**

Un onduleur en pont monophasé, présenté à la figure 1, est alimenté par une source continue $E = 300 \text{ V}$ et fournit un courant de charge dont l'expression simplifiée est la suivante :

$$i_c(t) = 540 \cdot \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right)$$

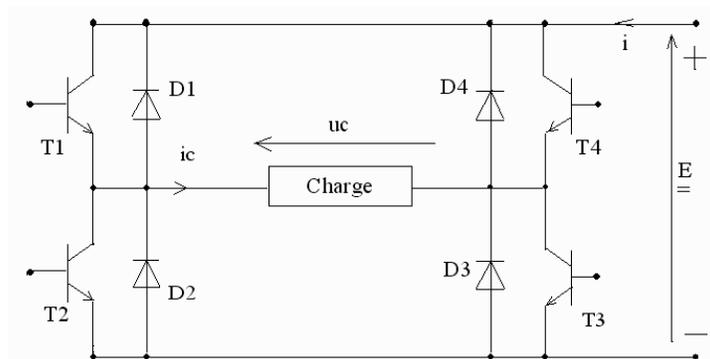
Supposez un fonctionnement idéal de cet onduleur.

A. COMMANDE SYMETRIQUE

1. Expliquer le principe de la commande symétrique. Quel est le rôle des 2 diodes ?
2. Tracer les formes d'ondes pour la tension de charge (u_c), le courant de charge (i_c) et le courant de source (i), en prenant soin d'indiquer les intervalles de conduction de charge semi-conducteur et cela pour une durée d'au moins une période.
3. Quelle est la durée de conduction, en degrés électriques, du transistor T1 et de la diode D1 ?
4. Calculer la valeur moyenne du courant de la source (I) et la puissance (P) fournie par la source E. Justifiez votre réponse.

B. COMMANDE DECALEE

1. Expliquer le principe de la commande décalée. Quel est son avantage par rapport à la commande symétrique ?
2. Donner le développement en séries de Fourier⁽¹⁾ de la tension de charge u_c en fonction de γ et des autres paramètres du montage. En déduire l'expression du fondamental de u_c ainsi que la valeur de γ lui donnant une valeur efficace de 190V.
3. Tracer les formes d'ondes pour la tension de charge (u_c), le courant de charge (i_c) et le courant de source (i), en prenant soin d'indiquer les intervalles de conduction de charge semi-conducteur et cela pour une durée d'au moins une période et pour un angle de décalage $\gamma = \pi/12$.
4. Calculer la valeur moyenne du courant de la source (I) et la puissance (P) fournie par la source E. Justifiez votre réponse.

**Figure 1****Exercice N°2 (12 points):**

Soit, le pont de Graëtz triphasé représenté par la figure 2, pour lequel on admet les hypothèses d'étude suivantes :

- composants semi conducteurs parfaits;
 - V_{a1} V_{a2} V_{a3} tensions sinusoïdales parfaites formant un système direct;
 - la charge est une source de courant I_{d_a} ;
 - l'amorçage des thyristors est réalisé avec des angles α pour P3a et α' pour P3a' comptés par rapport à l'angle de commutation naturel.
1. En vous aidant du document réponse 1, montrer que le pont PD3a peut être considéré comme l'association série de deux ponts simples triphasés P3a et P3a'.

2. Représenter la forme d'onde de $j_{ra1}(\omega t)$ sur ce même document réponse 1.
3. Calculer les coefficients a_0 , a_n et b_n du développement en série de Fourier du courant $j_{ra1}(\omega t)$ ⁽¹⁾.
4. \hat{I}_n représente l'amplitude maximale de l'harmonique de rang n du courant $j_{ra1}(\omega t)$. Donner l'expression de \hat{I}_n .
5. Montrer que l'on peut écrire le développement en série Fourier de $j_{ra1}(\omega t)$ sous la forme :

$$j_{ra1}(\omega t) = \frac{I_{da}}{3} + \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{\hat{I}_n}{2} [(1 - \cos n\pi) \cdot \sin n(\omega t - \alpha) + (1 + \cos n\pi) \cdot \cos n(\omega t - \alpha)]$$

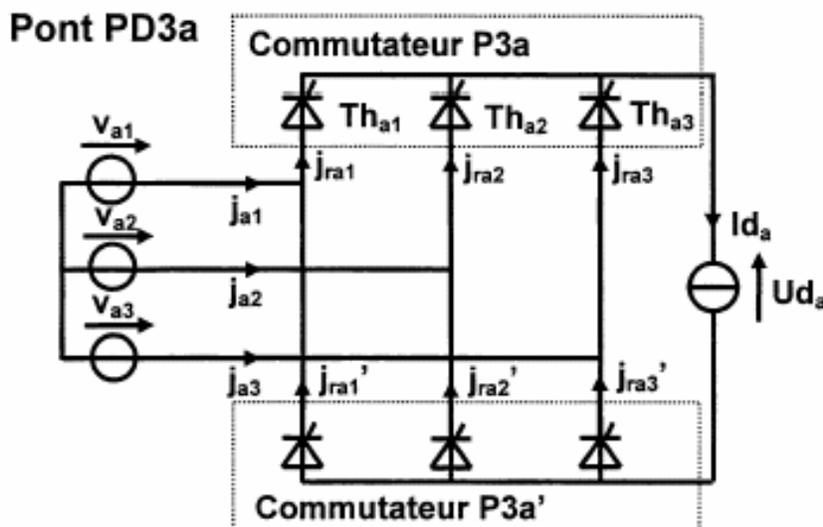


Figure 2

6. On donne les angles de commande α pour P3a et α' pour P3a' tels que $\alpha > \alpha'$. Représenter dans un même plan complexe (Q, P), les puissances apparentes produites par les courants fondamentaux pour chacun des ponts P3a et P3a'.
7. Représenter dans le même plan complexe la puissance apparente produite par les courants fondamentaux pour le pont PD3a.
8. On note U_{d0} la valeur maximale de la tension moyenne appliquée à la charge. Exprimer U_d en fonction de U_{d0} , α et α' .
9. Exprimer la puissance moyenne appelée par la charge en fonction de V_{a1} , I_{da} , α ,

On veut tenir compte de l'impédance du secondaire du transformateur d'alimentation (source) dont le schéma équivalent est représenté sur la figure 3.

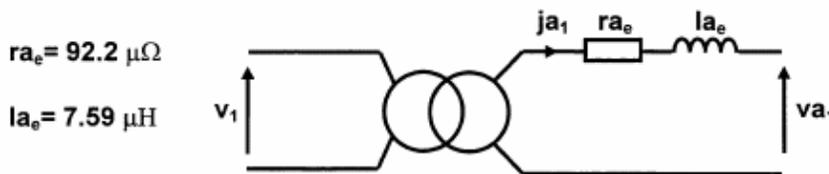


Figure 3

10. Etablir l'équation du courant $j_{a1}(\omega t)$ pendant une commutation entre thyristors en négligeant le terme résistif r_{ae} de l'impédance du transformateur. Dédire de l'équation précédente l'expression de l'angle d'empiètement μ des thyristors.
11. Quantifier de manière approchée l'influence de l'empiètement sur la puissance réactive.

⁽¹⁾**Rappel :** coefficients du développement en série de Fourier d'une fonction $f(x)$ de période 2π .

$$\begin{cases} a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(nx) dx \\ b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin(nx) dx \end{cases}$$

Document réponse 1

Nom : _____ **Prénom :** _____ **Signature :** _____

