

Master 1 SMIS EEAS Parcours SYGELEC

2M6EE4M : Initiation à la Recherche et Gestion de projets - CIRCUITS NON-LINÉAIRES

Jeudi 29 juin 2006

Documents autorisés

Durée : 40 minutes

"LE TUBE FLUO"

... suite de l'épisode du jeudi 22 juin ...

La figure 1 représente la structure de base de l'alimentation monophasée classique d'une lampe d'éclairage à décharge basse pression ("tube fluo"). La tension du réseau $v_r(t)$ est sinusoïdale de fréquence $f = 1/T = 50\text{Hz}$. On supposera dans la suite que le ballast ferromagnétique est linéaire. Lorsqu'elle est amorcée, la décharge est modélisée comme une résistance R_D . La figure 2 donne le schéma équivalent du tube à décharge (R_e résistance d'une électrode supposée constante).

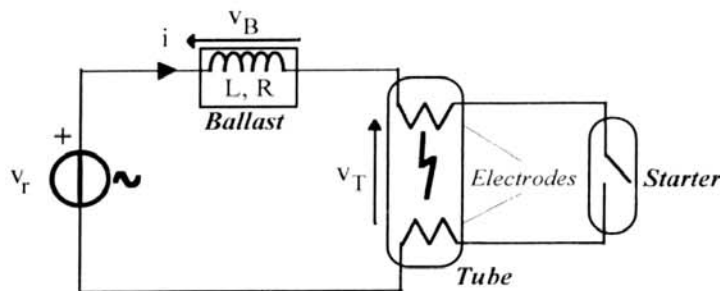


Figure 1

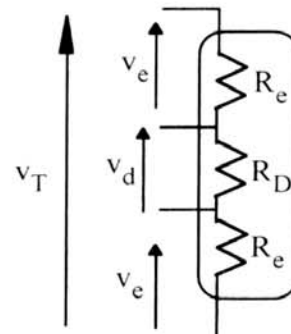


Figure 2

On donne : $i(t) = I\sqrt{2} \sin(\omega t)$ $v_r(t) = V_r\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_r)$

- En régime permanent, des relevés de puissance active, de tensions et courant efficaces ont donné :

$$V_r = 222 \text{ V} ; I = 0,163 \text{ A} ; P = 14 \text{ W (puissance totale consommée)} ;$$

$$V_B = 207 \text{ V} ; V_T = 54 \text{ V} ; V_e = 4 \text{ V} ; V_d = 46 \text{ V}.$$

1 – Déterminer R_e la résistance équivalente d'une électrode.

2- Dans cette partie, R_D est supposée linéaire et invariante. La tension $v_d(t)$ est donc supposée sinusoïdale. Bien que grossière, cette hypothèse associée aux autres données plus haut, permet en première approche (épisode 1 du "tube fluo" vu le jeudi 22 juin) de décrire de façon satisfaisante le fonctionnement du tube amorcé.

2-1 – Déterminer alors les puissances active P_B et réactive Q_B du ballast. En déduire les valeurs de R et de L .

2-2 Déterminer la valeur de la capacité C d'un condensateur qui, placé en tête de l'ensemble tube+ballast, permettrait de relever le facteur de puissance à 1.

2-3 Que compense ce condensateur C ?

3- Dans toute la suite, R_D dépend du temps. La tension $v_d(t)$, aux bornes de la décharge, est désormais supposée carré symétrique avec un rapport cyclique de 0,5. Le courant $i(t)$ est quasiment sinusoïdal. Ces hypothèses, bien que toujours grossières, permettent, en deuxième approche, de décrire de façon plus satisfaisante le fonctionnement du tube amorcé. On admet donc :

$$v_d(t) = \begin{cases} +V_d & \text{pour } t \in [0, \frac{T}{2}] \\ -V_d & \text{pour } t \in [\frac{T}{2}, T] \end{cases} \Leftrightarrow v_d(t) = \frac{2\sqrt{2} V_d}{\pi} \left\{ \sqrt{2} \sin(\omega t) + \frac{\sqrt{2} \sin(3\omega t)}{3} + \frac{\sqrt{2} \sin(5\omega t)}{5} + \frac{\sqrt{2} \sin(7\omega t)}{7} + \dots \right\}$$

3-1 En considérant seulement le fondamental de $v_d(t)$, déterminer des nouvelles valeurs de R et de L .

(Aide : Exprimer V_r en fonction de I puis faire la projection.)

3-2 Comparer ces nouvelles valeurs de R et de L aux anciennes. Commenter vos résultats.

3-3 Calculer la puissance déformante D de l'ensemble ballast/lampe.

3-4 Déterminer la valeur de la capacité C_1 d'un condensateur qui, placé en tête de l'ensemble tube+ballast, permettrait de relever le facteur de puissance à 1.

3-5 Que compense ce condensateur C_1 ?

4-1 Que pensez-vous de l'hypothèse suivante : $v_B(t)$ est sinusoïdale ?

4-2 Le voltmètre utilisé pour la mesure des tensions a une bande passante de 40 – 400 Hz. Qu'en pensez-vous ?

... fin du feuilleton "tube fluo" ...

Correction :

$$1) R_e = \frac{V_e}{I} = \frac{4}{0,163} = 24,6 \Omega$$

$$2) P_B = P - 2R_e I^2 - V_D I = 14 - 7,5 - 1,31 = 5,2 W$$
$$Q_B = Q = +\sqrt{S^2 - P^2} = 33,4 \text{ VAR} \quad S = 36,2 \text{ VA}$$
$$R_B = P_B / I^2 = 196 \Omega \quad L_B \omega = \frac{Q_B}{I^2} = 1254 \Omega \quad L_B = 4,0 \text{ mH}$$

$$2-2) Q_C = -Q = -C \omega V_r^2$$
$$\Rightarrow C = \frac{Q}{V_r^2 \omega} = 2,15 \mu F.$$

2-3) C compense Q (Régime linéaire).

← supposée sinusoïdale

$$3-1) V_r = 2V_e + V_{D1} + V_B$$
$$V_r \cos \phi_r = 2V_e + \frac{2\sqrt{2}V_D}{\pi} + R_B I \quad \cos \phi_r = \frac{P}{S} = \frac{5,2}{36,2}$$
$$\sin \phi_r = +$$

$$\Rightarrow R_B = \frac{222 \times 0,39 - 8 - 2\sqrt{2} \cdot 46}{0,163 \pi}$$

$$R_B = 228 \Omega.$$

$$V_r \sin \phi_r = L_B \omega I \Rightarrow L_B \omega = 1254 \Omega \Rightarrow L_B = 4,0 \text{ mH}$$

3-2) les nouvelles valeurs sont proches des anciens
l'hypothèse de considérer le circuit en régime linéaire. les valeurs calculées ici sont meilleures. Mais elles peuvent être améliorées si on tient compte des harmoniques de $i(t)$, et de $v_B(t)$.

$$3-3) P = 14 \text{ W}$$

$$S = 36,2 \text{ VA}$$

$$Q = L \omega I^2$$

$$D^2 = I^2 \cdot (V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + \dots)$$

$$D = I \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_D \left[\frac{1}{9} + \frac{1}{25} + \frac{1}{49} + \frac{1}{81} + \dots \right]$$
$$= 6,75 \times 0,429 = 2,9 \text{ VAR}$$

3-4) $C_1 = C = 3,15 \mu F$

3-4) C_1 compense Q et D car
 il n'y a pas parfaitement sinusoidal.

4-1) $u(t) = u_B + u_D + 2V_e \sin \omega t$
 Sinus Non-sinus

$\Rightarrow u_B$ non sinus mais
 comme $\left(\frac{V_B}{V_D}\right)^2 = 20,45 \gg 1$ qui n'a pas
 une grande influence
 sur le résultat.

4-2) La val. eff. de u_D est bien
 mesurée car l'erreur est faible.
 0,045 comparé à 1,23