

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2011

### ÉPREUVE E 4.1

Étude d'un système technique industriel

Pré étude et modélisation

Durée : 4 heures – Coefficient : 3

## SÉCHEUR DE GRANULÉS P.E.T

### CORRECTION et PROPOSITION DE BARÈME /60 points

#### A- Étude énergétique du nouveau réchauffeur (16 points)

##### A.1 Caractéristiques d'une charge triphasée du réchauffeur (3 points)

A.1.1  $P_{1\max} = \frac{P_{\text{Total}}}{3} = 32 \text{ kW}$  avec  $P_{\text{Total}} = 96 \text{ kW}$

A.1.2 On adopte un couplage **triangle** pour appliquer aux éléments résistifs la tension composée 400V du réseau.

A.1.3 La charge triphasée se compose de 3 éléments chauffants de résistance R alors  $P_{1\max} = 3 \times \frac{U^2}{R}$ , il vient  $R = 3 \times \frac{U^2}{P_{1\max}}$  avec  $U = 400\text{V}$ , la résistance  $R = 15\Omega$

##### A.2 Commande par train d'onde d'un élément chauffant (10 points)

A.2.1 Mise en conduction d'un thyristor :  $v_{AK} > 0$  (tension anode-cathode) et une impulsion sur sa gâchette

Condition de blocage : tension  $v_{AK} < 0$  et annulation du courant

A.2.2 Voir document réponse A

A.2.3  $T_c = p.T$

A.2.4  $\alpha = \frac{n.T}{T_c} = \frac{n.T}{p.T} = \frac{n}{p}$

A.2.5 On a  $v_c(t) = r.i(t)$  donc la tension  $v_c(t)$  a même allure que le courant  $i(t)$  voir document réponse A

$\hat{V}_c = \hat{V} = V.\sqrt{2}$  avec  $V = 230\text{V}$  on a  $\hat{V}_c = 325\text{V}$ .

A.2.6 Définition puissance active  $P = \langle p(t) \rangle = \langle v_c(t).i(t) \rangle = \langle \frac{v_c^2(t)}{r} \rangle$

A.2.7 La puissance P s'écrit :  $P = \langle v_c(t).i(t) \rangle = \langle \frac{v_c^2(t)}{r} \rangle = \frac{V_c^2}{r} = \frac{V^2}{r} . \alpha$

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - CORRIGÉ		Session 2011
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : EQPEM	Page : 1/6

**A.2.8** La puissance  $P$  varie entre  $P = 0$  et  $P = P_{\max} = \frac{V^2}{r}$

Le réglage de la puissance de chauffe se fera en réglant le rapport cyclique  $\alpha$ , les deux grandeurs étant proportionnelles.

### **A.3 Bilan énergétique du chauffage de l'air pour le séchage du P.E.T. (3 points)**

**A.3.1** Énergie  $W_n$  consommée :  $W_n = P_n \cdot t_n = 48 \text{ kW.h}$  avec  $P_n = 96 \text{ kW}$  et  $t_n =$  temps de fonctionnement à  $96 \text{ kW}$  sur  $1 \text{ h} = 30 \text{ s} \times 60 = 1800 \text{ s} = 0,5 \text{ h}$

Énergie  $W_a$  consommée :  $W_a = P_a \cdot t_n = 80 \text{ kW.h}$  avec  $P_a = 160 \text{ kW}$  ;

L'énergie économisée en 1 heure est  $W_{\text{écoR}} = W_a - W_n = 32 \text{ kW.h}$

**A.3.2** L'économie réalisée est de 40%.

## **B- Étude de l'isolation de la trémie (12 points)**

### **B.1 Rappel sur les unités de température (2 points)**

**B.1.1**  $100^\circ\text{C}$  correspond au point d'ébullition de l'eau sous une pression d'une atmosphère

**B.1.2** voir document réponse B

### **B.2 Pertes thermiques à travers la paroi de la trémie (5 points)**

**B.2.1**  $R_{th} = \frac{\theta_{in} - \theta_{ex}}{P_c}$  soit  $R_{th}$  en  $^\circ\text{C/W}$  ou en  $\text{K/W}$

**B.2.2**  $P_{c0} = \frac{\theta_{in} - \theta_{ex}}{R_{thp}} = 40 \text{ W}$  avec  $\theta_{ex} = 30^\circ\text{C}$  ;  $\theta_{in} = 130^\circ\text{C}$  ;  $R_{thp} = 2,5 \text{ K.W}^{-1}$

**B.2.3** Surface trémie :  $S = 2\pi R.H + 2(\pi R^2) = 28,3 \text{ m}^2$

**B.2.4**  $P_{ct1} = 28 P_{c0} = 1,12 \text{ kW}$

**B.2.5**  $R_{th} = \frac{\theta_{in} - \theta_{ex}}{P_{ct1}} = 89,3 \cdot 10^{-3} \text{ KW}^{-1}$

**B.2.6** Expression :  $R_{th} = \frac{R_{thp}}{N_p}$  avec  $N_p = 28$

$R_{th}$  correspond à une association en parallèle de 28 résistances  $R_{thp}$

### **B.3 Réduction des pertes thermiques liée à l'augmentation de l'épaisseur de l'isolant (5 points)**

**B.3.1** La superposition de 2 plaques est une association série.

Association série de résistances thermiques  $R_{thp}$  soit :  $R_{thp}' = 2 R_{thp} = 5 \text{ KW}^{-1}$

**B.3.2** Association parallèle de résistances thermiques  $R_{thp}'$  soit :

$R_{th}' = \frac{R_{thp}'}{N_p} = 179 \cdot 10^{-3} \text{ KW}^{-1}$

**B.3.3**  $P_{ct2} = \frac{\theta_{in} - \theta_{ex}}{R_{th}'} = 560 \text{ W}$  avec  $R_{th}' = 178,56 \cdot 10^{-3} \text{ KW}^{-1}$

**B.3.4** L'économie réalisée est de 50%.  $W_{\text{écoT}} = 560 \text{ W.h}$

<b>BTS ÉLECTROTECHNIQUE - CORRIGÉ</b>		Session 2011
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : EQPEM	Page : 2/6

## C - Étude énergétique du variateur de vitesse alimentant le moteur de la soufflante (10 points)

### C.1 Analyse de la structure du variateur (2 points)

C.1.1 Voir document réponse C

C.1.2 Le type de commande est de type modulation à largeur d'impulsion (MLI)

### C.2 Économie d'énergie réalisée à l'aide du nouveau variateur de vitesse (8 points)

C.2.1  $P_{1M} = 5,7 \text{ kW}$   
 $S_{1M} = 6,7 \text{ kVA}$   
 $I_M = 26,8 \text{ A}$   
 $V = 250 \text{ V}$   
 $V_{H01} = 230 \text{ V}$   
 $PF = 0,847$   
 $DPF = 0,934$

C.2.2 On vérifie bien :

$$S = V \cdot I_M = 6,7 \text{ kVA}$$

$$P = V_{H01} \cdot I_M \cdot DPF = 5,7 \text{ kW}$$

C.2.3  $P_M = 3 P_{1M} = 17,1 \text{ kW}$

$P_V = P_M = 17,6 \text{ kW}$  car le rendement du variateur est de 97%.

C.2.4  $W_V = P_V \cdot t_{\text{séchage}} = 17,6 \text{ kW.h}$

C.2.5  $W_{\text{ecoV}} = W_{\text{ancien}} - W_V = 2,4 \text{ kW.h}$  avec  $W_{\text{ancien}} = 20 \text{ kW.h}$

## D - Bilan énergétique (6 points)

D.1 La cadence de production de P.E.T. de 820 Kg pour 1 heure de fonctionnement, on en déduit les énergies en W.h/kg en réalisant l'opération

$$\frac{W_i}{820}$$

- pour le réchauffeur :  $W_{\text{ecoR}} = 39 \text{ W.h/kg}$

- pour l'isolation de la trémie :  $W_{\text{ecoT}} = 0,68 \text{ W.h/kg}$

- pour le variateur :  $W_{\text{ecoV}} = 2,9 \text{ W.h/kg}$

D.2 Dans sa globalité, le nouveau sécheur permet d'économiser 64 W.h/kg (152-88), donc le réchauffeur réalise 61% de cette économie, l'isolation de la trémie 1%, et le variateur 4%

D.3 Ces résultats font apparaître que c'est le nouveau système de chauffage qui permet de réduire de manière la plus importante la consommation d'énergie. Pour sa part, la double isolation de la trémie n'est pas à envisager car l'économie d'énergie est négligeable par rapport aux autres énergies économisées alors que le coût d'amélioration de l'isolation serait très important.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE - CORRIGÉ		Session 2011
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : EQPEM	Page : 3/6

## E - Influence du système de chauffage et du variateur de vitesse sur le comportement du réseau (16 points)

### E.1 Analyse des relevés en entrée du réchauffeur (4 points)

**E.1.1**  $i_r(t)$  est sinusoïdal donc ne doit pas comporter d'harmoniques ce qui est confirmé par le relevé du spectre.

**E.1.2** Valeur efficace  $I_r = 46,7A$  et valeur max  $I_{rmax} = I_r \cdot \sqrt{2} = 66A$  (ou  $I_r \cdot CF$ )

**E.1.3** Le taux de distorsion d'harmonique en courant est faible ce qui signifie une faible influence des harmoniques. Le réchauffeur ne pollue pas le réseau

### E.2 Analyse des relevés en entrée du variateur (12 points)

**E.2.1**  $i_v(t)$  n'est pas sinusoïdal donc il comporte des harmoniques ce qui est confirmé par le relevé de son spectre

**E.2.2** La valeur efficace  $I_v$  du courant de ligne  $i_v(t)$  :  $I_v = 29A$  (écran 3) ;

**E.2.3** Harmoniques les plus polluants sont le **rang 5 et 7** :

$I_{VH5}$  de fréquence  $f_5 = 5 \cdot f = 250Hz$  on mesure  $I_{VH5} = 45,8\%$  de  $I_{VH1}$  soit  $I_{VH5} = 11,4A$

$I_{VH7}$  de fréquence  $f_7 = 7 \cdot f = 350Hz$  on mesure  $I_{VH7} = 33,3\%$  de  $I_{VH1}$  soit  $I_{VH7} = 8,3A$

**E.2.4** On a  $THDi_v = 100 \times \frac{\sqrt{I_{VH5}^2 + I_{VH7}^2}}{I_{VH1}} = 56,6 \%$  avec  $I_{VH1} = 24,9A$ .

Sur l'analyseur, on relève  $THDi_v = 59,1\%$ , les deux rangs sont donc prépondérants.

**E.2.5** On a  $\tan \varphi_1 = 0,186$ .

Ou directement DPF (facteur de déplacement) =  $\cos \varphi_1 = 0,983$ . Il permet de connaître la différence de phase  $\varphi_1$  entre le fondamental du courant  $i_v(t)$  et la tension réseau  $v(t)$  sur une ligne.

**E.2.6**  $P_1 = V \cdot I_v \cdot f_p$  ou  $P_1 = V \cdot I_{VH1} \cdot \cos \varphi_1$

**E.2.7** On trouve, après calcul, avec  $V = 237,8V$ ,  $I_v = 29A$ ,  $f_p = 0,851$  et  $I_{VH1} = 24,9A$  :  $P_1 = 5,87 kW$  et  $P_1 = 5,82 kW$ ; les résultats numériques sont sensiblement égaux d'où la propriété : la puissance active est transportée par le fondamental.

**E.2.8** On détermine  $D_1$  avec :  $D_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2 - Q_1^2} = 3,43 kVA$

avec  $S_1 = 6,843 kVA$  (écran 5) ;  $P_1 = 5,824 kW$  (écran 5) et  $Q_1 = P_1 \cdot \tan \varphi_1 = 1,08 kVars$  (ou  $Q_1 = V \cdot I_{VH1} \cdot \sin \varphi_1$ )

On retrouve la valeur affichée avec  $Q'1 = \sqrt{Q_1^2 + D_1^2} = 3,59 kVars$

**E.2.9** On déduit  $P = 3 \cdot P_1 = 17,5 kW$  ;

$Q = 3 \cdot Q_1 = 3,24 kVars$  ;  $S = 3 \cdot V \cdot I_v = 20,7 kVA$  puis on a  $D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} = 10,6 kVA$

**E.2.10** On remarque que la puissance déformante est importante (cela confirme l'analyse aux E.2.3 à E.2.6) : filtrage nécessaire des harmoniques de courant.

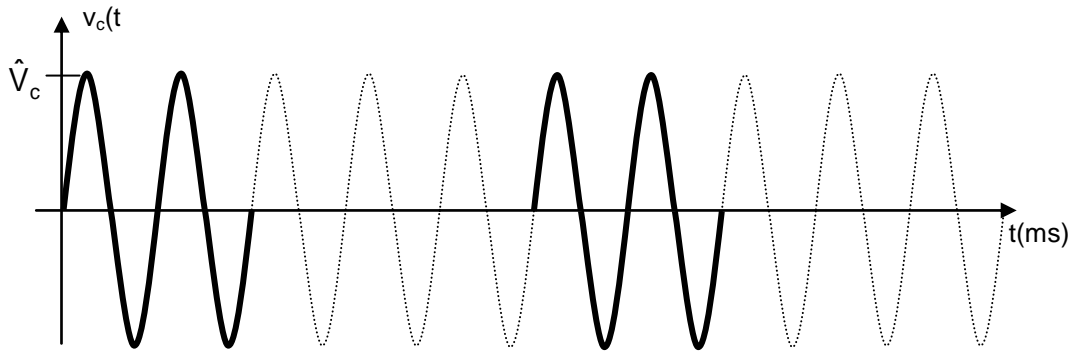
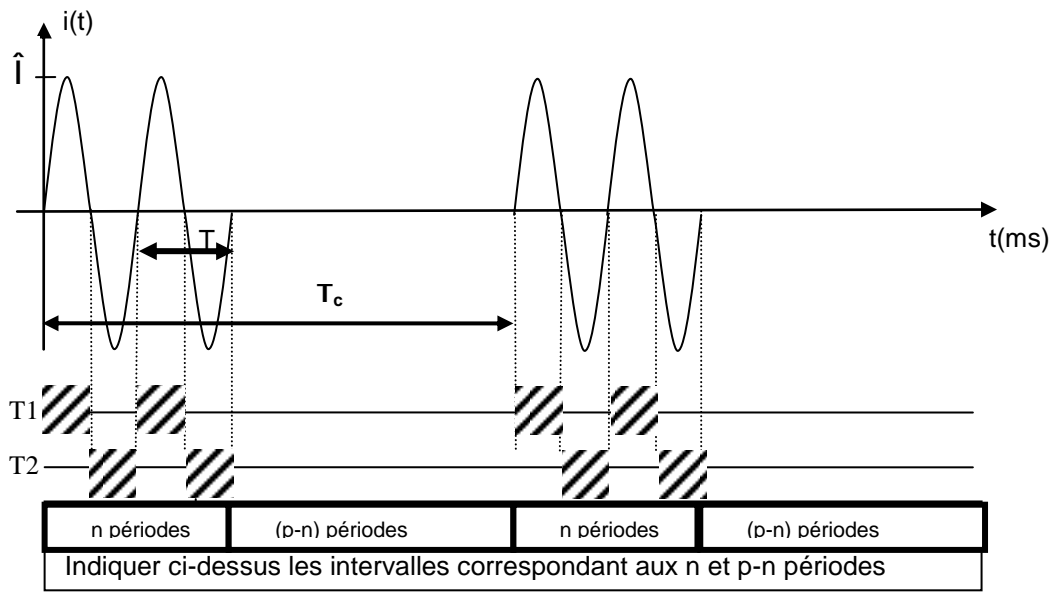
La puissance réactive  $Q$  pourrait être aussi compensée par une batterie de condensateur.

L'ensemble de ces actions permettrait de relever le facteur de puissance (même si celui-ci reste dans les normes :  $> 0,82$ )

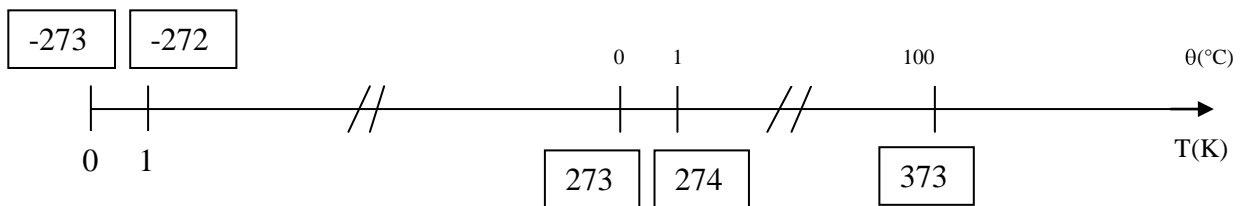
BTS ÉLECTROTECHNIQUE - CORRIGÉ		Session 2011
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel : Pré-étude et modélisation	Code : EQPEM	Page : 4/6

## DOCUMENT RÉPONSE A

### Questions A.2.2



## DOCUMENT RÉPONSE B



**DOCUMENT RÉPONSE C**

**Figure n°3**

