

BREVET DE TECHNICIEN
SUPÉRIEUR
MAINTENANCE INDUSTRIELLE

ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire n° 86-228 du 28-07-86) est autorisée.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies

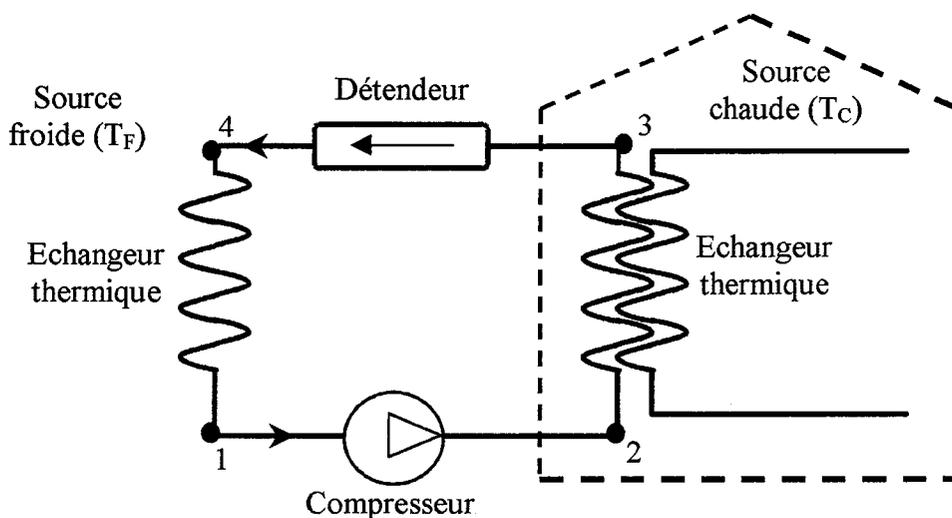
IMPORTANT : Ce sujet comporte 3 pages numérotées de 1/3 à 3/3 + la page de présentation.
Assurez-vous qu'il est complet.
S'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous en remettra un autre exemplaire.

I – Thermodynamique - Pompe à chaleur (12 Points)

Une pompe à chaleur est une machine thermique qui permet d'effectuer un transfert thermique (de la chaleur) d'une source froide de température T_F vers une source chaude de température T_C ($T_F < T_C$) en recevant du travail de l'extérieur.

Les pompes à chaleur sont utilisées pour le chauffage d'un local à partir d'un environnement plus froid pendant l'hiver.

Le schéma de principe est donné à la figure ci-dessous :



Un fluide frigorigène évolue en circuit fermé et subit des transformations thermodynamiques 1-2-3-4-1.

Pour simplifier l'étude, on considère le système en régime permanent (stationnaire) et le fluide comme un gaz parfait de pression P et de température T et de caractéristiques physiques :

Masse molaire moléculaire $M = 121 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Capacité thermique molaire à pression constante $C_p = 29 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Rapport des capacités thermiques molaires à pression constante et à volume constant $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$.

Constante des gaz parfaits : $R = 8,32 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Les transformations subies par ce gaz sont les suivantes :

1 → 2 : compression adiabatique réversible.

2 → 3 : refroidissement isobare.

3 → 4 : détente adiabatique réversible.

4 → 1 : échauffement isobare.

I-1 Représenter le cycle de ce gaz dans le diagramme de Clapeyron $P = f(V)$. Indiquer par une flèche le sens des transformations.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2005
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 05NC-MIE3SC		Page 1/3

I-2 La masse du gaz circulant en un point du circuit en une minute est $m = 1 \text{ kg}$.

I-2.1 Montrer que le nombre de mole passant dans le circuit en une minute est $n = 8,26$.

I-2.2 Donner le volume V_1 qu'occupent ces n moles sachant que $P_1 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ et $T_1 = 280 \text{ K}$. Exprimer ce résultat en litres.

I-3 Sachant que $P_2 = 10 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, montrer que la température T_2 du gaz au point 2 est alors $T_2 = 481 \text{ K}$. En déduire le volume V_2 .

I-4 Sachant que la quantité de chaleur Q_{23} reçue par le gaz par minute est $Q_{23} = -300 \text{ kJ}$.

I-4.1 Calculer la température T_3 .

I-4.2 Donner la signification du signe de Q_{23} .

I-4.3 Calculer la puissance de la pompe.

I-5 Rappeler l'expression du premier principe de la thermodynamique appliqué à la compression adiabatique réversible $1 \rightarrow 2$: En déduire la valeur de W_{12} .

I-6 On définit l'efficacité thermodynamique réelle, e , de la pompe à chaleur, comme le rapport entre la grandeur utile et la grandeur coûteuse.

I-6.1 Quelle est la grandeur physique utile ?

I-6.2 Quelle est la grandeur physique coûteuse ?

I-6.3 Calculer l'efficacité thermodynamique réelle e , sachant que $W_{12} = 35,7 \text{ kJ}$.

I-7 On montre que l'efficacité maximale théorique, appelée efficacité de Carnot, est :

$e_c = \frac{T_C}{T_C - T_F}$ où T_C et T_F désignent respectivement les températures de la source chaude et de la source froide.

I-7.1 Calculer e_c dans le cas où $T_C = 293 \text{ K}$ (20°C) et $T_F = 273 \text{ K}$ (0°C).

I-7.2 Interpréter ce résultat.

I-8 La pompe à chaleur est réversible, c'est-à-dire qu'elle peut fonctionner en climatiseur l'été. Quelle modification doit-on faire pour obtenir un tel fonctionnement ?

Données :

Pour un gaz parfait subissant une transformation adiabatique réversible, d'un état $A(P_A, T_A, V_A)$ à un état $B(P_B, T_B, V_B)$:

Formules de Laplace :

$$P_A V_A^\gamma = P_B V_B^\gamma$$
$$P_A^{1-\gamma} T_A^\gamma = P_B^{1-\gamma} T_B^\gamma$$

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2005
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 05NC-MIE3SC		Page 2/3

II – Electricité - Moteur asynchrone (8 Points)

La plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé à cage porte les indications suivantes :

230 V/400 V; 8,3 A / 4,8 A; $\cos\varphi = 0,72$; $f = 50$ Hz; 2,6 kW; 1425 tr.min⁻¹

Les essais de ce moteur sur un réseau triphasé de tension composée $U = 230$ V entre phases et de fréquence 50 Hz ont donné les résultats suivants :

Essai à vide : $I_0 = 8,37$ A ; $n_0 \approx n_s = 1500$ tr.min⁻¹

$P_{10} = 1160$ W ; $P_{20} = - 660$ W (mesurées par la méthode dite des 2 wattmètres).

Essai en charge : $I = 12,2$ A ; $n = 1425$ tr.min⁻¹

$P_1 = 2600$ W ; $P_2 = 740$ W (mesurées par la méthode des 2 wattmètres)

La résistance du stator, mesurée à chaud entre 2 bornes de phases est $R_{PH} = 0,67 \Omega$.

II-1

II-1.1 Quelle est la signification des grandeurs physiques sur la plaque signalétique ?

II-1.2 Quel doit être le couplage des enroulements pour que le moteur fonctionne normalement ?

II-1.3 Quelle est la tension efficace V aux bornes d'un enroulement ?

II-2 Déterminer à partir de l'essai à vide, les puissances des pertes fer P_{fe} au stator et des pertes mécaniques P_m en les supposant égales entre elles.

Dans la suite du problème, on prendra $P_{fs} = P_{méc} = 215$ W.

II-3 Déterminer pour l'essai en charge :

II-3.1 Le glissement g .

II-3.2 Le facteur de puissance du moteur $\cos\varphi$.

II-3.3 Les pertes dissipées par effet Joule au stator P_{js} .

II-3.4 Les pertes dissipées par effet Joule au rotor P_{jr} .

II-3.5 La puissance utile P_u , le rendement η et le moment du couple utile T_U .

II-3.6 La fréquence des courants rotoriques f_r ; en déduire que les pertes fer rotoriques sont toujours négligeables.

II-4 Régime transitoire :

Au démarrage direct d'un moteur asynchrone, l'intensité efficace du courant prélevé au réseau présente des valeurs trop importantes par rapport à la valeur nominale. Pour limiter cette intensité on peut utiliser un démarrage étoile-triangle.

II-4.1 Dans quel cas peut-on utiliser cette procédure ?

II-4.2 Dans ce cas, que peut-on dire de la tension efficace aux bornes d'un enroulement et de l'intensité du courant absorbée par le moteur par rapport à un démarrage direct ? Préciser votre réponse quant au rapport entre ces différentes grandeurs.

II-4.3 Que peut-on dire du couple électromagnétique de démarrage par rapport à un démarrage direct sachant que celui-ci est proportionnel au carré de la tension efficace aux bornes d'un enroulement ?

II-4.4 Citer une autre technique pour limiter l'intensité du courant au démarrage d'un moteur asynchrone.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2005
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : 05NC-MIE3SC		Page 3/3