

CONCOURS INTERNE D'INGENIEUR SUBDIVISIONNAIRE
JUIN 97
PHYSIQUE APPLIQUEE

Durée : 3 heures

Barème :

RDM	7,5 points
Hydraulique	3 points
Electricité	5 points
Energétique	4,5 points

PARTIE ELECTRICITE : Installation électrique de trois sèche-linges rotatifs

On hésite entre une installation électrique monophasée 220 V ou triphasée 220-380 V. Chaque sèche-linge est équipé d'un chauffage par résistances électriques dissipant une puissance de 12 kW sur lesquelles est branché en parallèle un moteur de puissance mécanique 400 W, de rendement 0,8 et de facteur de puissance 0,85 aussi bien en monophasé qu'en triphasé.

1°/ Dans le cas d'une alimentation monophasée, calculer :

- le facteur de puissance global d'un sèche-linge,
- l'intensité du courant de chauffage d'un sèche-linge,
- l'intensité du courant qui traverse le moteur d'un sèche-linge,
- l'intensité totale du courant qui alimente l'ensemble des trois sèche-linges lorsqu'ils fonctionnent simultanément.

2°/ Dans le cas d'un sèche-linge fonctionnant en triphasé et dont les résistances forment un système équilibré, calculer dans l'un des fils de phase :

- l'intensité du courant de chauffage,
- l'intensité du courant d'alimentation du moteur.

3°/ On dispose de trois sèche-linges fonctionnant en monophasé et d'une installation triphasée 220-380V. On installe chaque sèche-linge sur une phase différente. Calculer l'intensité du courant dans les fils de phase et dans le neutre:

- lorsque les trois appareils fonctionnent simultanément,
- lorsque seuls deux appareils fonctionnent simultanément,
- lorsqu'un seul appareil est en fonctionnement.

PARTIE ENERGETIQUE : Fonctionnement thermique d'un sèche-linge

On ne considère que le régime permanent et l'air est assimilé à un gaz parfait à la pression atmosphérique.

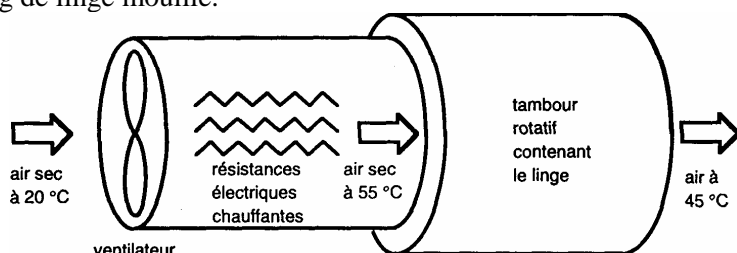
Le ventilateur d'un sèche-linge aspire de l'air sec à 20°C avec un débit de 960 m³/h. Des résistances électriques communiquent une puissance de 12 kW à ce débit d'air.

1°/ Quelle est la température de l'air chauffé ?

2°/ En fait, compte tenu de pertes, cette température est de 55°C. Calculer le débit volumique d'air à cette température.

3°/ Déterminer la durée de séchage de 7 kg de linge mouillé.

On précise (voir figure) qu'à l'entrée du tambour le linge mouillé contient 1/3 de son poids d'eau et que sa température est de 20°C. A la sortie du tambour, l'air est à une température de 45°C (on suppose que toute l'évaporation s'effectue à cette température).



4°/ Quel est le rendement thermique du sèche-linge ?

Capacité calorifique massique de l'air : $1\,000\text{ J/kg.}^{\circ}\text{C}$

Capacité calorifique massique de l'eau : $4180\text{ J/kg.}^{\circ}\text{C}$

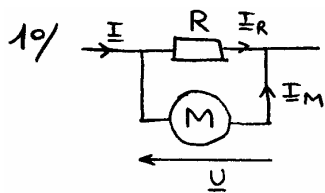
Capacité calorifique massique du linge sec : $1\,500\text{ J/kg.}^{\circ}\text{C}$

Chaleur latente de vaporisation de l'eau à 45°C : $2,41.10^6\text{ J/kg}$

Masse volumique de l'air à 20°C : $1,20\text{ kg/m}^3$

CORRECTION :

PARTIE ELECTRICITE



notations

$$P_R = 12 \text{ kW}$$

$$M \begin{cases} P_u = 400 \text{ W} \\ \eta = 0,8 \end{cases} \quad P_a = 500 \text{ W}$$

$$\cos \varphi_M = 0,85 \rightarrow \varphi_M = 31,788^\circ$$

a) $P = U I \cos \varphi = P_R + P_a = 12500 \text{ W}$

$$Q = Q_a = P_a \tan \varphi_M = 309,87 \text{ VAR}$$

d'où $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 12503,84 \text{ VA}$

or $P = S \cos \varphi \Rightarrow \cos \varphi = \frac{P}{S} = 0,999693$

$$\boxed{\cos \varphi \approx 1,000}$$

facteur de puissance global
d'un sèche-linge

b) $I_R = \frac{P_R}{U} = \frac{12000}{220} = 54,545$

$$\boxed{I_R \approx 54,5 \text{ A}}$$

intensité du courant de chauffage

c) $I_M = \frac{P_a}{U \cos \varphi_M} = \frac{500}{220 \times 0,85} = 2,673737$

$$\boxed{I_M \approx 2,67 \text{ A}}$$

intensité traversant le moteur

d) Pour 1 sèche linge,

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{12500}{220 \times 0,9997} = 56,83563 \approx 56,8 \text{ A}$$

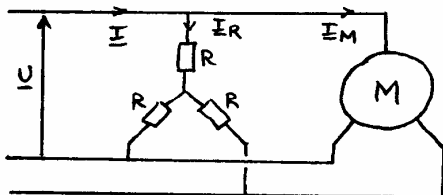
Pour l'ensemble,

$$I_{\text{tot}} = 3 I = 170,50699$$

$$\boxed{I_{\text{tot}} \approx 170,5 \text{ A}}$$

20/

a)



$$P_R = U I_R \sqrt{3}$$

$$\Rightarrow I_R = \frac{P_R}{U \sqrt{3}} = \frac{12000}{380 \sqrt{3}}$$

$$I_R = 18,232 \text{ A}$$

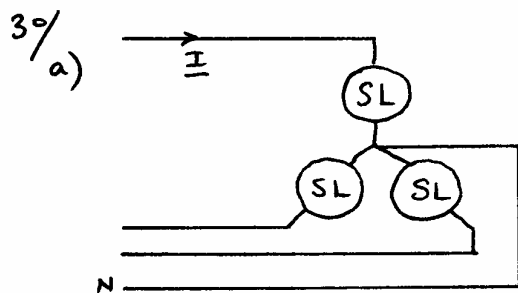
ou $I_R = \frac{P_R}{3V} = \frac{12000}{3 \times 220} = 18,182 \text{ A}$

$$\Rightarrow \boxed{I_R = 18,2 \text{ A}}$$

b) $P_a = U I_M \sqrt{3} \cos \varphi_M \Rightarrow I_M = \frac{P_a}{U \sqrt{3} \cos \varphi_M} = \frac{500}{380 \sqrt{3} \times 0,85} = 0,89373 \text{ A}$

ou $\frac{500}{660 \times 0,85} = 0,89127 \text{ A}$

$$\Rightarrow \boxed{I_M = 0,89 \text{ A}}$$



$$P_{tot} = 3(\underbrace{P_R + P_a}_P) = UI\sqrt{3} \cos \varphi$$

$$I = \frac{3(P)}{UI\sqrt{3} \cos \varphi} = \frac{3 \times 12500}{380\sqrt{3} \times 0,9997}$$

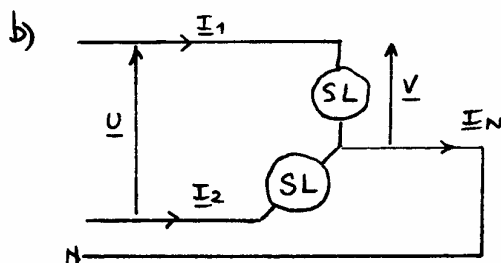
$$= 56,95786 \text{ A}$$

ou $P = VI \cos \varphi$ (pour 1 réchauffeur)

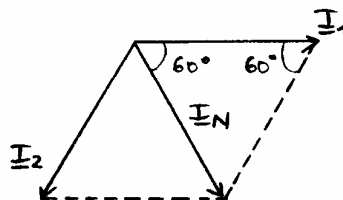
$$\Rightarrow I = \frac{P}{V \cos \varphi} = \frac{12500}{220 \times 0,9997} = 56,83563 \text{ A}$$

$I_N = 0$ (équilibre)

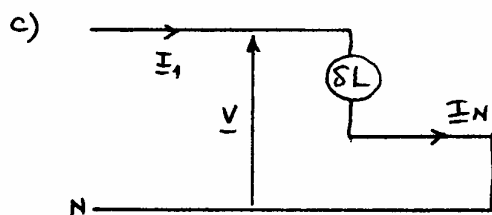
$\Rightarrow I \approx 57 \text{ A}$



construction de Fresnel:



$\Rightarrow I_1 = I_2 = I_N = 57 \text{ A}$
 $I_3 = 0$



$I_1 = I_N = 57 \text{ A}$
 $I_2 = I_3 = 0$

PARTIE ENERGETIQUE

1°/ L'air reçoit une puissance thermique $P = \frac{Q}{t} > 0$

Q étant la quantité de chaleur échangée par l'air

Q ? Le régime étant permanent, la pression est constante.

$$\Rightarrow Q = \Delta H = C_p \Delta T = m c_p (T_2 - T_1) \quad \text{avec } T_1 = 20^\circ\text{C} \text{ et } T_2 \text{ inconnue}$$

$$m = \rho V = \rho q_v t \quad \text{avec } \rho \text{ masse volumique} \quad \left. \begin{array}{l} q_v \text{ débit volumique} \end{array} \right| \text{ à } 20^\circ\text{C}$$

$$\text{d'où } P = \rho q_v c_p (T_2 - T_1) \quad \left. \begin{array}{l} q_v = 960 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = \frac{960}{3600} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \end{array} \right|$$

$$\Rightarrow T_2 = T_1 + \frac{P}{\rho q_v c_p} = 20 + \frac{12000 \times 3600}{1,2 \times 960 \times 1000}$$

$$\boxed{T_2 = 57,5^\circ\text{C}}$$

2°/ $T_2 = 55^\circ\text{C}$ - Régime permanent \Rightarrow débit massique q_m est

Par contre le débit volumique dépend de la température. En effet,

$$q_v = \frac{V}{t} = \frac{nRT}{p t} = \frac{mRT}{p t} \quad (pV = nRT = mRT)$$

$$\text{d'où } q_v = \frac{q_m R T}{p} \quad p \text{ étant cste, } q_v \text{ est proportionnel à } T$$

$$\Rightarrow \frac{q'_v(55^\circ\text{C})}{q_v(20^\circ\text{C})} = \frac{273 + 55}{273 + 20} \quad \text{d'où } q'_v = \frac{328}{293} \times 960$$

$$\boxed{q'_v = 1075 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}} \quad (1074,6758)$$

3°/ Soit $m = 7 \text{ kg}$ la masse de linge mouillé

$$m = m_L + m_e \quad \text{avec } m_L = \frac{14}{3} \text{ kg} \text{ masse de linge sec}$$

$$m_e = \frac{7}{3} \text{ kg} \text{ masse d'eau}$$

Le séchage de 7 kg de linge mouillé fait intervenir :

$$m_L \text{ chauffée de } 20^\circ\text{C} \text{ à } 45^\circ\text{C} \rightarrow Q_L = m_L c_L \Delta T$$

$$m_e \text{ chauffée de } 20^\circ\text{C} \text{ à } 45^\circ\text{C} \rightarrow Q_e = m_e c_e \Delta T$$

$$m_e \text{ évaporée à } 45^\circ\text{C} \rightarrow L_v = m_e l_v$$

La quantité de chaleur échangée par le linge mouillé vaut donc

$$Q = Q_L + Q_e + L_v = \frac{14}{3} \times 1500 \times (45 - 20) + \frac{7}{3} \times 4180 \times (45 - 20) + \frac{7}{3} \times 2,41 \cdot 10^6$$

$$Q = 6042,17 \text{ kJ} \quad (> 0 \text{ car reçue})$$

Cette quantité de chaleur est fournie par l'air. La puissance

thermique échangée par l'air s'exprime par

$$P = \rho' q'_v c_p (T_3 - T_2) \quad \text{avec } T_3 = 45^\circ\text{C} \quad (\text{cf 1°})$$

$\rho' = \text{masse volumique de l'air à } 55^\circ\text{C}$

On a $\rho' q' v = q_m = \rho q_v$

d'où $\dot{P} = \rho q_v c_p (T_3 - T_2) = 1,2 \times \frac{960}{3600} \times 1000 \times (45 - 55)$

$\dot{P} = -3200 \text{ W}$ (< 0 car cédée par l'air)

Le premier principe conduit à $Q = -\dot{P} t$

d'où $t = -\frac{Q}{\dot{P}} = -\frac{6042,167}{-3200} = 1888,17 \text{ s} = 31,47 \text{ min}$

$t = 31 \text{ min } 28 \text{ s}$

4°/ Rendement thermique

$\eta = \frac{\text{puissance thermique cédée au linge}}{\text{puissance thermique fournie par les résistances}}$

$\eta = \frac{3200}{12000} = 0,26667$

$\eta = 0,267 = 26,7 \%$