Propriété du site http://www.chimix.com

thermique (8 points)

Un immeuble comporte une grande façade vitrée de longueur L=16 m et de hauteur h= 3 m. En hiver la température moyenne extérieure est θ_e=0°C et la température moyenne intérieure est θ_i= 23°C. On donne les résistances superficielles interne et externes : R_{si}= 0,13 m^2KW^{-1} ; R_{se}= 0,04 m^2KW^{-1} ; la conductivité thermique du verre est λ=1,15 W m^{-1} K^{-1}.

1. La paroi vitrée est en simple vitrage d'épaisseur e_1= 8 mm. Calculer la résistance thermique R_1 de cette paroi.
   - Le flux thermique moyen φ_1 traversant cette paroi par unité de surface.
   - En déduire la puissance thermique moyenne P_1 nécessaire pour compenser les déperditions.
   - Calculer la température θ_{iv} de la face interne de la vitre.
2. Afin de réaliser des économies d'énergie, on remplace la paroi vitrée simple vitrage par un double vitrage. Celui-ci est constitué par deux parois en verre, d'épaisseur e_2= 6 mm chacune, séparée par une lame d'air dont la résistance thermique vaut R_{air}= 0,15 m² W K^{-1}.
   - Calculer la résistance thermique R_2 de la baie vitrée.
   - Calculer la puissance thermique P_2 perdue au travers de cette paroi.
   - Calculer la température de la face interne du double vitrage.
   - Calculer le pourcentage de gain de puissance réalisée en utilisant le double vitrage.

corrigé

résistance thermique R_1 de cette paroi :

$R_1=R_{si}+ e_1/\lambda+ R_{se}$= 0,13 + 0,008/1,15 + 0,04 = 0,177m^2KW^{-1}.

flux thermique moyen φ_1 traversant cette paroi :$\varphi_1 = 1/R_1(\theta_i- \theta_e)$=23/0,177=130 Wm^{-2}.

puissance thermique moyenne $P_1 = \varphi_1$ Lh= 130*16*3=6240 W= 6,24 kW.

température θ_{iv} de la face interne de la vitre : $\varphi_1 = 1/R_{iv}(\theta_i- \theta_{iv})$; $\varphi_1 R_{iv}= \theta_i- \theta_{iv}$;

$\theta_{iv} = \theta_i- \varphi_1 R_{iv}$= 23-130*0,13 = 6,1 °C.

résistance thermique R_2 de cette paroi :

$R_2=R_{si}+ 2e_2/\lambda+R_{air}+ R_{se}$= 0,13 + 0,012/1,15 + 0,15+0,04 = 0,330m^2KW^{-1}.

flux thermique moyen φ_1 traversant cette paroi :$\varphi_2 = 1/R_2(\theta_i- \theta_e)$=23/0,33=70 Wm^{-2}.

puissance thermique moyenne $P_2 = \varphi_2$ Lh= 70*16*3=3350 W= 3,35 kW.

température θ_{iv} de la face interne de la vitre : $\varphi_2 = 1/R_{iv}(\theta_i- \theta_{iv})$; $\varphi_2 R_{iv}= \theta_i- \theta_{iv}$;

Corrigé proposé par Claude Raclot du Lycée des Haberges

$\theta_{iv} = \theta_i - \varphi_2 R_{iv} = 23-70*0,13 =$ 13,9 °C.

gain de puissance réalisée : 6,24-3,35 =2,9 soit : 2,9/6,24*100 = 46 % par rapport au simple vitrage.

Chimie : méthane (4 points)

Le chauffage du local concerné par la baie vitrée est assuré par une chaudière à gaz. Le gaz est essentiellement constitué par du méthane CH_4.

1. Ecrire l'équation traduisant la combustion complète du méthane.
2. On appelle pouvoir comburivore le volume d'air sec nécessaire à la combustion complète d'un volume V= 1 m^3 du combustible. Calculer le pouvoir comburivore du méthane. (79 % diazote et 21% dioxygène en volume dans l'air)
3. On appelle pouvoir fumigène sec le volume total de gaz autres que la vapeur d'eau sortant de la cheminée lors de la combustion de V=1 m^3 du mélange combustible. Calculer le pouvoir fumigène sec du méthane. Volume molaire : V_0= 24 L/mol.
4. Les pertes thermiques du local sont de 5 kW. Le rendement de la chaudière est de 90 %. Le pouvoir calorifique du méthane est de 4,0 10^4 kJ m^{-3}. Calculer la puissance de la chaudière. En déduire le débit volumique du méthane du brûleur.

---

corrigé

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

Quantité de matière (mol) de méthane = volume(L) / volume molaire (L/mol)= 1000/24 =41,7 mol

D'après les coefficients de l'équation : $n(O_2)$= 2 n(méthane) =2*1000/24 =83,3 mol.

Quantité de matière de diazote : 83,3 /21*79=313,5 mol

Quantité de matière d'air : 313,5+83,3 =396,8 mol

soit en volume : 396,8 V_0 =396,8*24 =9520 L = 9,5 m^3.

Le mélange combustible contient :

x = 1000 / 24 = 41,7 mol de méthane, 2 x =83,3 mol de dioxygène et 83,3*79/21 = 313,5 mol de diazote

Les gaz qui sont issus de la combustion (eau exceptée) sont le CO_2 et le diazote.

D'après les coefficients de la réaction, la quantité de matière de CO_2 est égale à celle de méthane.

$n(CO_2)$ =41,7 mol ; n(diazote) = 313,5 mol

volume total des gaz issus de la combustion autres que H_2O : (41,7+313,5)*24 =8520 L= 8,5 m^3.

puissance de la chaudière (kW) =pertes thermiques (kW) / rendement chaudière = 5 /0,9 =5,6 kW.

Le pouvoir calorifique du méthane est de 4,0 10^4 kJ m^{-3} : le volume de méthane brûlé chaque seconde est donc : 5,6 / 4 10^4 =1,4 10^{-4} m^3/s= 0,14 L/s.

électricité (8 points)

Pour le confort des usagers le gérant souhaite installer un dispositif de fermeture automatique des stores lorsque la luminosité est trop importante.

I Etude du circuit de commande : le montage suivant va fixer le seuil de luminosité pour lequel on souhaite fermer les stores..

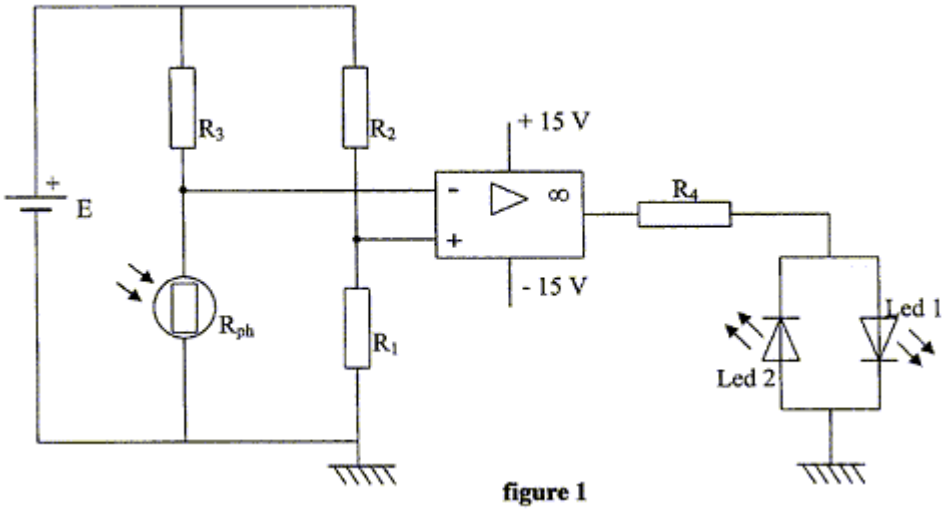

figure 1

L'amplificateur opérationnel est supposé parfait; il est alimenté entre +15V et -15 V. Ses tensions de saturation sont : + V_{sat} = +15 v et - V_{sat} = -15 V.

On note U_E^+ la tension de l'entrée non inverseuse, U_E^- la tension de l'entrée non inverseuse ; ε = U_E^+-U_E^- la tension différentielle d'entrée.

E= 9 V ; R_1 = 10 kΩ ; R_2 = 2 kΩ ; R_3 = 10 kΩ ; R_4 = 1 kΩ.

Le composant sensible à la lumière est une photorésistance. Pour un éclairement maximum, la valeur de sa résistance est R_{ph}=400 Ω et atteint 1MΩ à l'obscurité.

Les deux LED en sortie de l'AO supportent une tension maximum de 5 V. La LED 1 émet dans le vert et la LED 2 émet dans le rouge.

1. Quel est le mode de fonctionnement de l'AO ?
2. Indiquer en fonction du signe de ε la valeur de la tension de sortie de l'AO.
3. Exprimer puis calculer la tension U_E^+.
4. Exprimer puis calculer la tension U_E^- dans le cas de l'éclairement maximum, puis dans le cas de l'obscurité.

5. En déduire dans chaque cas le signe de la tension différentielle ε et la valeur de la tension de sortie U_S de l'AO.
6. Indiquer alors quelle LED émet dans chaque cas.
7. Préciser l'utilité du résistor R_4 à la sortie de l'AO.

II. Etude du basculement : Le basculement de l'AO ayant lieu pour l'éclairement souhaité, il reste à étudier le dispositif de commande de fermeture des stores. La tension de sortie U_S de l'AO va commander la bobine d'un relais qui permettra la mise en route du moteur.

On complète le montage précédent avec une diode D parfaite de tension de seuil U_{seuil} = 0,6 V, d'un transistor NPN (coefficient d'amplification β=50) et d'un relais. Le circuit moteur, qui permettra de manoeuvrer les stores, ainsi que les LED ne sont pas représentées.

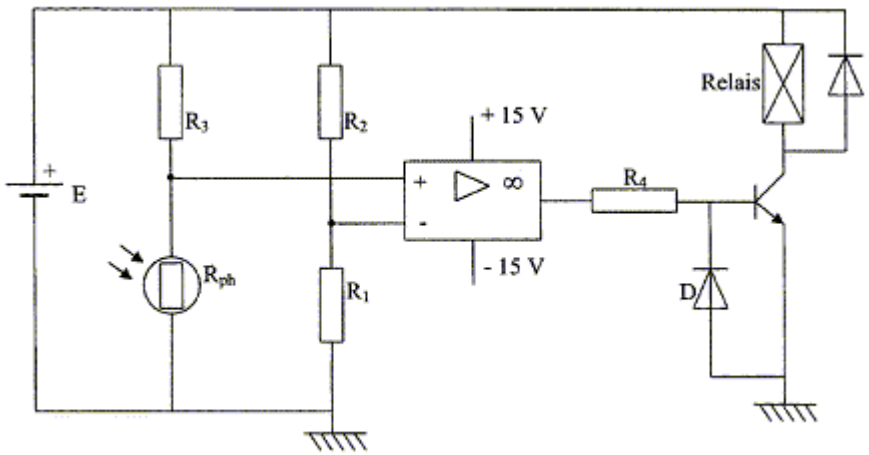

figure 2

1. Cas d'un faible éclairement (obscurité). Rappeler la valeur de U_S. Que peut-on dire de l'état de la diode D ?
   - Quel est alors l'état de fonctionnement du transistor, et que peut-on dire du courant dans la bobine du relais ?
2. Cas d'un fort éclairement : Rappeler la valeur de U_S. Que peut-on dire de l'état de la diode D ?
   - En supposant que le transistor fonctionne en régime linéaire et en prenant une tension base-émetteur U_{BE}=0,7 V, calculer l'intensité du courant dans la bobine du relais.
3. Lors du basculement, que peut-on dire des tensions aux bornes de R_1 et de R_{ph} ? En déduire la valeur de R_{ph} dans ce cas.

corrigé

mode de fonctionnement de l'AO : mode comparateur, régime saturé.

si ε négatif la tension de sortie est $-V_{sat}$ = -15 V ; si ε positif la tension de sortie est $+V_{sat}$ = +15 V

tension U_E^+ : soit i l'intensité du courant traversant R_1 et R_2.

$E= R_1 i+R_2 i$ soit $i= E/(R_1+R_2)$

Or $U_E^+ =R_1 i = R_1 E/(R_1+R_2)= 10*9/12 = 7,5$ V.

tension U_E^- : même calcul $U_E^- =R_{pH} E/(R_3+R_{pH})$.

en pleine lumière : $U_E^- = 0,4*9 / 10,4 = 0,35$ V ; tension différentielle $\varepsilon = 7,5-0,35 = 7,15$ V positive donc tension de sortie $U_S =+15$ V.

La LED 1, verte est alors passante.

à l'obscurité : $U_E^- = 10^6*9 / 10^6 = 9$V ; tension différentielle $\varepsilon = 7,5-9= -1,5$ V négative donc tension de sortie $U_S =-15$ V.

La LED 2, rouge est alors passante.

Le résistor R_4 à la sortie de l'AO, protège les LED qui ne peuvent pas supporter une tension supérieure à 5 V.

Cas d'un faible éclairement $U_S=-15$ V, la diode D est passante.

la tension U_{BE} est inférieure à 0,7 V, le transistor est non passant.

Cas d'un fort éclairement $U_S=+15$ V, la diode D est non passante.

la tension U_{BE} atteint la valeur 0,7 V, le transistor est passant.

intensité I_C du courant dans la bobine du relais : $I_C=\beta I_B$ avec $+ V_{sat} = R_4 I_B + U_{BE}$.

$R_4 I_B =+ V_{sat} -U_{BE}$ soit $_4 I_B =(+ V_{sat} -U_{BE}) / R_4 = (15-0,7) / 1 = 14,3$ mA

$I_C= \beta I_B = 50*14,3 = 715$ mA $= 0,71$ A.

Lors du basculement, $\varepsilon=0$ et les tensions aux bornes de R_1 et de R_{ph} sont égales :

$R_1 /(R_1+R_2) = R_{pH} /(R_3+R_{pH})$ soit : $10/12 = R_{pH} /(10+R_{pH})$

$10(10+R_{pH}) = 12R_{pH}$; $100 = 2 R_{pH}$ soit $R_{pH} = 50$ kΩ.