

5. En una nevera de compresión se trata de fabricar 5 kg de hielo cada hora partiendo de agua a 0° C. El ambiente exterior está a 27 °C.

Calcular:

- Eficiencia de la nevera.
- La potencia teórica del motor de la nevera.
- Potencia real si el rendimiento de la operación es del 75 %.
- el costo de la energía necesaria para fabricar 100 kg de hielo a 14,61 pts el kW-h.

Datos: Calor de fusión del hielo $L_f = 80$ cal/gr.

Oposición Castilla La Mancha 1998

Resolución

a) Eficiencia de la nevera.

La eficiencia frigorífica se define como el cociente entre el calor extraído del foco frío (Q_2) y el trabajo (W) consumido para ello.

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{W_1}$$

De la lectura del enunciado deducimos que la nevera realiza un ciclo de Carnot. Además, por ser reversible, se cumple la relación:

$$\Delta S = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

Estas dos expresiones, nos permiten expresar la eficiencia sólo en función de las temperaturas de los focos (por tratarse de un ciclo de Carnot).

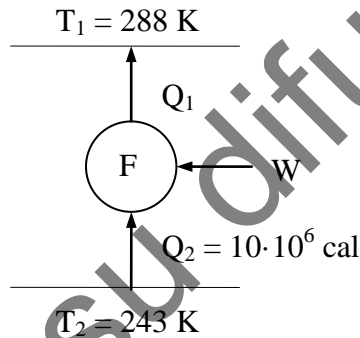
$$\varepsilon = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{\Delta S \cdot T_2}{\Delta S \cdot T_1 - \Delta S \cdot T_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad W = Q_1 - Q_2$$

Expresando las temperaturas en la escala absoluta obtenemos la eficiencia de la nevera:

$$\varepsilon = \frac{273 \text{ K}}{300 \text{ K} - 273 \text{ K}} = 10,11$$

b) La potencia teórica del motor de la nevera.

El gráfico adjunto nos ayudará a comprender el funcionamiento de la máquina. Debemos suponer que esta potencia teórica se refiere a la potencia mínima, es decir, suponiendo que se describe el ciclo de Carnot, o de máximo rendimiento.



Calculamos primero el calor Q_2 , necesario para congelar los 5 kg de hielo.

$$Q_2 = m \cdot C_e = 5 \text{ kg} \cdot 80 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 400 \text{ kcal} \cdot \frac{4,18 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} = 165,38 \text{ kJ}$$

Teniendo en cuenta la eficacia calculada, el trabajo del compresor necesario será:

$$W = \frac{Q_2}{\varepsilon} = \frac{1.672.000 \text{ J}}{10,11} = 165.380 \text{ J}$$

El tiempo en el que debe realizarse la congelación es de 1 hora, lo que nos permite calcular la potencia teórica.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{165.380 \text{ J}}{3.600 \text{ s}} = 45,93 \text{ W}$$

c) Potencia real si el rendimiento de la operación es del 75 %.

Será necesaria una potencia mayor que la teórica para ajustar el proceso a la situación real.

$$P_{real} = \frac{P}{\eta} = \frac{45,93 \text{ W}}{0,75} = 61,25 \text{ W}$$

d) El costo de la energía necesaria para fabricar 100 kg de hielo a 14,61 pts / kW-h.

Tomaremos un precio de 0,09 € el kW-h.

Para resolver este apartado haremos uso de la potencia real calculada en el último apartado.

Si el proceso de congelación de 5 kg dura 1 hora, el de 100 kg durará 20 horas, originando el coste siguiente:

$$\text{Coste} = 0,06125 \text{ kW} \cdot 20 \text{ h} \cdot 0,09 \frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{h}} = 0,11 \text{ €}$$

Prohibida su difusión
El autor

6. Un motor de 3 cilindros Diesel de 4 tiempos y 1.500 cm³ de cilindrada con un grado de compresión $\rho = 20$ y un grado de combustión $\rho_0 = 4$, gira a 2.500 rpm; relación combustible:aire = 15:1; densidad del aire $d = 1,293 \text{ kg/m}^3$; poder calorífico $H = 44 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$; rendimiento indicado $\eta_i = 0,65$; rendimiento mecánico $\eta_m = 0,85$ y $\gamma = 1,4$.

Calcular:

- Rendimiento térmico teórico del ciclo.
- Trabajo teórico del ciclo.
- Potencia del motor
- Peso del combustible que se inyecta cada vez.
- Consumo específico del motor.

Oposición Murcia 1998

Resolución

a) Rendimiento térmico teórico del ciclo.

El rendimiento teórico del ciclo Diesel responde a la siguiente expresión:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\rho^{\gamma-1}} \cdot \frac{\rho_0^\gamma - 1}{\gamma(\rho_0 - 1)} = 1 - \frac{1}{20^{1,4-1}} \cdot \frac{4^{1,4} - 1}{1,4(4-1)} = 0,5715 = 57,15\%$$

b) Trabajo teórico del ciclo.

En primer lugar calculamos la cantidad de combustible introducido a partir de la cilindrada, la relación combustible:aire, y las revoluciones del motor.

$$M_{\text{aire}} = d \cdot V = 1,293 \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} \cdot 1,5 \text{ dm}^3 = 1,94 \text{ g}$$

$$M_{\text{comb}} = \frac{1,94 \text{ g}}{15} = 0,1293 \text{ g}$$

$$Q = 0,1293 \text{ g} \cdot 44 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}} = 5.689,2 \text{ J}$$

A partir del rendimiento teórico se determina el trabajo teórico del ciclo.

$$W = Q \cdot \eta_t = 5.689,2 \text{ J} \cdot 0,5715 = 3.251,4 \text{ J}$$

c) Potencia del motor.

Para determinar la potencia real debemos aplicar, al trabajo teórico, el rendimiento del ciclo indicado y el rendimiento mecánico; dividiendo el resultado por el tiempo que tarda en desarrollarse un ciclo, obtenemos la potencia.

$$W_{\text{útil}} = W_t \cdot \eta_i \cdot \eta_m = 3.251,4 J \cdot 0,65 \cdot 0,85 = 1.796,4 J$$

Como el motor gira a razón de 2.500 r.p.m, cada minuto se completarán 1.250 ciclos, al tratarse de un motor de 4 tiempos. El tiempo correspondiente a un ciclo es:

$$t = \frac{60 s}{1.250 \text{ ciclos}} = 0,048 s$$

$$P = \frac{W_{\text{útil}}}{t} = \frac{1.796,4 J}{0,048 s} = 37.425 W = 50,85 CV$$

d) Peso del combustible que se inyecta cada vez.

Este valor fue obtenido en la realización del apartado b).

$$M_{\text{comb}} = \frac{1,94 g}{15} = 0,1293 g$$

e) Consumo específico del motor.

El consumo específico mide la masa de combustible consumida por kW-h de potencia generado.

$$G = \frac{M_{\text{comb}}}{P \cdot t} = \frac{0,1293 g}{37.425 \frac{J}{s} \cdot 0,048 s} = 7,1977 \cdot 10^{-5} \frac{g}{J} \cdot \frac{3,6 \cdot 10^6 J}{1 kW \cdot h} \cdot \frac{1 kg}{10^3 g} = 0,2591 \frac{kg}{kW \cdot h}$$

7. Un edificio adquiere energía de un sistema de cogeneración electricidad-calor al que hace funcionar durante todo el día. El aparato de cogeneración ofrece una potencia eléctrica de 100 kW. La energía producida por el aparato que no se consume en el edificio se devuelve a la red y la compañía la paga a 3,5 pts/kW-h. El edificio consume una potencia de 90 kW desde las 14 h hasta las 22 h; 15 kW desde las 22 h hasta las 6; y 60 kW desde las 6 h hasta las 14 h.

Calcular:

- La energía consumida al día por el edificio.
- La factura bimensual que debería pagarse si no se dispusiera del sistema de cogeneración. (1 kWh = 14 pts)
- La energía producida por el aparato de cogeneración, expresada en kJ.
- El volumen diario de combustible consumido por el aparato de cogeneración suponiendo un rendimiento en la conversión de energía del combustible a energía eléctrica del 25 % ($P_c = 12.400 \text{ kJ/kg}$, densidad = 0,9 kg/l)
- Ahorro bimensual de dinero suponiendo un precio del combustible de 40 pts/l.

Oposición Galicia 1999

Resolución

a) La energía consumida al día por el edificio.

Los intervalos de consumo corresponden a un período de 8 horas cada uno. El consumo diario será:

$$E = 90 \text{ kW} \cdot 8 \text{ h} + 15 \text{ kW} \cdot 8 \text{ h} + 60 \text{ kW} \cdot 8 \text{ h} = 1.320 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

b) La factura bimensual sin cogeneración.

Supondremos un coste del kW·h de 0,09 € y 30 días por mes.

$$\text{Factura} = 1.320 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot 60 \text{ días} \cdot 0,09 \frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{h}} = 7.128 \text{ €}$$

c) La energía producida por el aparato de cogeneración, expresada en kJ.