

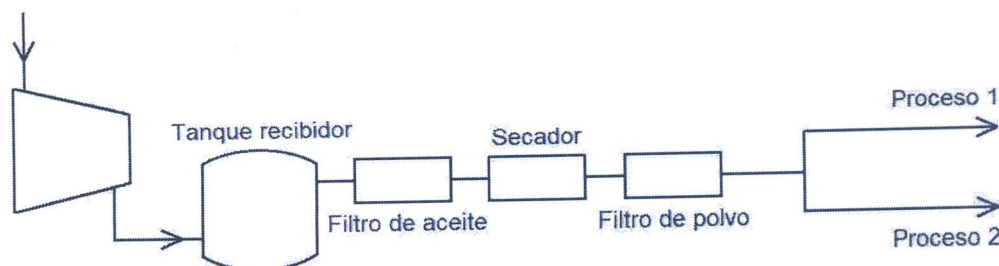
Máquinas para Fluidos I

Examen

Julio, 2023



En una planta industrial se cuenta con una red de aire comprimido, que aspira ambiente a 1 bar y 20 °C, y que alimenta dos procesos. El proceso 1 requiere un caudal de aire comprimido de 350 l/s en condiciones de entrada, mientras que el proceso 2 requiere un caudal de 100 l/s en condiciones de entrada. El sistema de compresión se detalla en la siguiente figura, donde se cuenta con elementos acondicionadores del flujo de aire. Estos elementos introducen caídas de presión, con los siguientes coeficientes: $k_{\text{Filtro de aceite}} = 0.4 \frac{\text{bar}}{(\text{m}^3/\text{s})^2}$, $k_{\text{Secador}} = 0.44 \frac{\text{bar}}{(\text{m}^3/\text{s})^2}$, $k_{\text{Filtro de polvo}} = 0.4 \frac{\text{bar}}{(\text{m}^3/\text{s})^2}$, $k_{\text{Cañerías consumidores}} = 0.75 \frac{\text{bar}}{(\text{m}^3/\text{s})^2}$, con el caudal referenciado en condiciones de entrada ($\Delta P = kQ^2$).

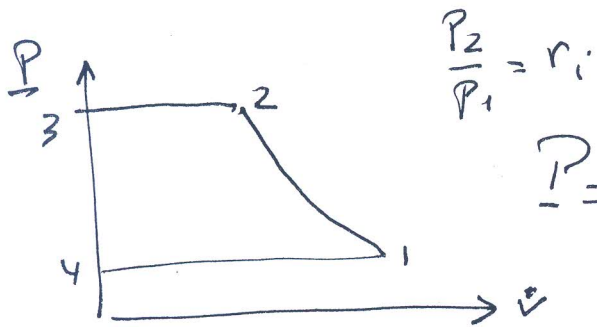


Se cuenta con un compresor de tornillo cuyas condiciones de diseño son: $r_i = 7.5$, $V_D = 0.0108 \text{ m}^3$, $\eta_v = 1 - 0.0067 \cdot r$, $\eta_p = 0.83$ y $\dot{W}_B = 160 \text{ kW}$ girando a 2940 rpm.

- Asumiendo un índice politrópico de $n = 1.14$, calcular el rendimiento mecánico y el caudal del compresor de tornillo para una velocidad de giro de 2940 rpm.
- Se quiere implementar un sistema de control ON-OFF, en el cual se necesita que el compresor este apagado un mínimo de 5 minutos, y que la presión que llegue a los procesos una presión media de 6.5 bar.
 - Calcular la presión de salida en el tanque recibidor.
 - Dimensionar el volumen del tanque recibidor si la fluctuación admisible dentro del tanque es de $\pm 5\%$ del valor medio y la temperatura en su interior es de $T_{\text{Tanque}} = 40^\circ \text{C}$.
- En determinado momento del día, cesa el consumo del proceso 2, considerando que en el tanque recibidor se mantiene el seteo de presiones calculado en la parte b.
 - Calcular el tiempo en el que el compresor se encuentra prendido y apagado respectivamente.
 - Verificar que la presión en el proceso 1 permanezca en el rango de 6 - 7 bar.
- Si la planta trabaja, durante los 365 días del año, en el horario 8:00 - 20:00 con ambos procesos y de 20:00 - 3:00 únicamente consumiendo aire comprimido con el proceso 1, determinar el costo anual de energía consumida por dicha red de aire comprimido.

Valle	00:00 - 07:00	2.133 \$/kWh
Llano	07:00 - 18:00 y 22:00-24:00	3.513 \$/kWh
Punta	18:00 - 22:00	4.884 \$/kWh

a) En condiciones de diseño



$$\frac{P_2}{P_1} = r_c$$

$$\bar{P} = \frac{n}{n-1} P_1 \frac{\dot{V}}{\dot{V}_c} \left(r_c^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) \frac{1}{\gamma_p} \cdot \frac{1}{\gamma_m}$$

$$160 = \frac{1.14}{0.14} \times \frac{10^5}{10^3} \times \frac{0.0108 \times 2940}{60} \left(7.5^{\frac{0.14}{1.14}} - 1 \right) \frac{1}{0.83} \cdot \frac{1}{\gamma_m}$$

$$\boxed{\gamma_m = 0.911}$$

$$\dot{V} = 0.0108 \times \frac{2940}{60} \times (1 - 0.0067 \times 7.5) \quad \boxed{\dot{V} = 0.503 \text{ m}^3/\text{s}}$$

b) i) $\bar{P}_{\text{Ingreso}} = 6.5 \text{ bar}$ $\left. \begin{array}{l} Q_{P_1} = 350 \text{ l/s} \\ Q_{P_2} = 100 \text{ l/s} \end{array} \right\} \rightarrow \dot{V}_{\text{loc.}} = 0.45 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\Delta P = (0.4 + 0.44 + 0.4 + 0.75) \times 0.45^2 \rightarrow \Delta P = 0.4 \text{ bar}$$

$\bar{P}_{\text{tanque}} = 6.9 \text{ bar} \rightarrow \text{Variación de presión en el tanque} = 0.1 \times 6.9 = 0.69 \text{ bar}$

ii) Mientras está apagado

$$- \dot{V}_{\text{fuga}} P_1 \frac{T_f}{T_1} Z_{ap} = - V_T \Delta P_{\text{var.}}$$

$$0.45 \times 1 \times \frac{273+40}{273+70} \times 5 \times 60 = V_T \times 0.69$$

2/3

$$\boxed{V_T = 209 \text{ m}^3}$$

c) $\dot{V}_{proc} 2 \Rightarrow \dot{V}_{proc} = 0.35 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\dot{V} = 0.0108 \times \frac{2940}{60} (1 - 0.0067 \times 6.9) = 0.505 \text{ m}^3/\text{s}$$

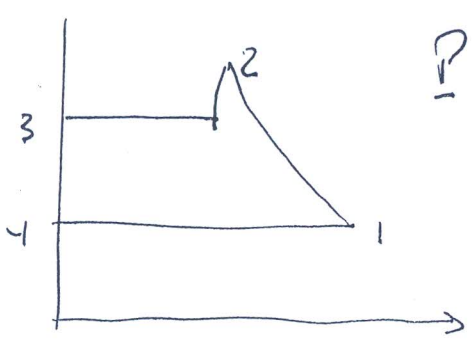
$$(0.505 - 0.35) \times 1 \times \frac{313}{293} = 209 \times 0.69 \rightarrow \boxed{Z_{enc} = 14.8 \text{ min}}$$

$$0.35 \times 1 \times \frac{313}{293} \times Z_{ap} = 209 \times 0.69 \rightarrow \boxed{Z_{ap} = 6.4 \text{ min}}$$

ii) $\Delta P = 0.4 \times \left(\frac{0.35}{0.45} \right)^2 = 0.24 \text{ bar}$

$$\boxed{\bar{P}_{proc} = 6.9 - 0.24 = 6.66 \text{ bar}}$$

d)



$$\dot{P} = \dot{P}_1 \dot{V}_1 \left[\frac{r}{r_i^{1/n}} + \frac{1}{n-1} \left(r_i^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) \right] \frac{1}{\eta_p \eta_m}$$

$$\dot{P} = 10^5 \times 0.0108 \times \frac{2940}{60} \left[\frac{6.9}{7.5^{1/1.14}} + \frac{1}{0.14} \left(7.5^{\frac{0.14}{1.14}} - 1 \right) \right] \frac{1}{0.88 \times 0.911}$$

$$\dot{P} = 152.8 \text{ kW}$$

Si ambos procesos están operando

$$(0.505 - 0.45) \times 1 \times \frac{313}{293} \times Z_{enc} = 209 \times 0.69 \rightarrow Z_{enc} = 40.9 \text{ min}$$

Mientras ambos procesos están operativos

$$Z_T = 5 + 40.9 = 45.9 \text{ min} \rightarrow 0.765 \text{ h/ciclo}$$



$$E_{1+2} = 152.8 \times \frac{1}{0.765} \times \frac{40.9}{60} = 136.2 \frac{\text{kWh}}{\text{h}}$$

Mientras opera solo el proceso 1

$$Z_T = 14.5 + 6.4 = 20.9 \text{ min} \rightarrow 0.348 \text{ h/ciclo}$$

$$E_1 = 152.8 \times \frac{1}{0.348} \times \frac{14.5}{60} = 106.1 \frac{\text{kWh}}{\text{h}}$$

En un día

$$\text{Costo} = (10 \times 3.513 + 2 \times 4.884) \times 136.2 + (2 \times 4.884 + 3 \times 2.133) \times 106.1$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{Costo Diario} = \$7830 \\ \text{Costo anual} = \$2.86 \times 10^6 \end{array} \right]$$

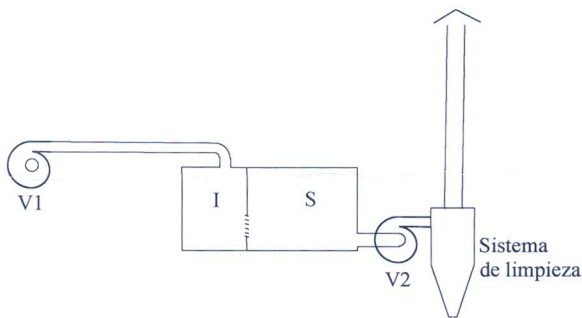
MÁQUINAS PARA FLUIDOS I

Examen

Julio, 2023.

En la instalación de ventilación de la figura operan dos ventiladores iguales V1 y V2. El V1 toma aire del ambiente y lo impulsa a la sala I donde la presión es P1. Luego, el aire circula a través de una reja difusora a la sala S donde la presión es P2. El ventilador V2 succiona aire desde la sala S, y lo impulsa al exterior a través de un sistema de limpieza. En la siguiente tabla se consignan las curvas características de los ventiladores a 750 rpm, cuya sección de salida tiene un área de 0.7 m^2 .

(Q/1000) (m^3/h)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Ps (Pa)	1830	1890	1830	1730	1480	1235	826	580	120
Potencia (kW)	9.5	13.9	17.9	22.2	23.8	24.0	24.6	26.3	29.3



El tramo Entre V1 y la sala I impone una pérdida de carga $5.5 \times 10^{-9} Q^2$, entre V2 y la salida de la chimenea, $4.9 \times 10^{-7} Q^2$, en ambos casos metros de columna de aire con Q en m^3/h . La diferencia de presión entre los locales es $k_R Q^2$, pero no podría ser inferior a 400 Pa.

- 1) Suponiendo que ambos ventiladores operen a la misma velocidad de giro (750 rpm) y que la diferencia de presión entre las salas es 400 Pa, determinar el coeficiente de pérdida de carga k_R y la potencia demandada por cada ventilador
- 2) El caudal por el ambiente se debe aumentar un 50% respecto al determinado en la parte 1. Manteniendo la velocidad de giro de V1 en 750 rpm, se pide hallar la velocidad a la que debería girar el ventilador V2 y la potencia demanda por ambos ventiladores
- 3) Para atender la condición de trabajo definida en la parte 2, se analiza sustituir los dos ventiladores por un único ventilador de la misma familia que opere en condiciones máximo rendimiento. Determinar su velocidad de giro, el diámetro del rotor relativo a los disponibles y la potencia demandada

1) $Q/10$ (m³/h) 0 10 20 30 40 50 60 70 80

P_s (Pa) 1820 1890 1820 1730 1480 1235 826 580 120

H_v (m) 155.6 161.5 157.8 164.3 138.6 125.1 99.1 88.6 61.6

$$H_v = \frac{P_s}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \frac{P_s}{1.2 \times 9.8} + \frac{\left(\frac{Q}{3600 \times 0.7}\right)^2}{2 \times 9.8} = 0.0815 P_s + 8.03 \times 10^{-9} Q^2$$

$$2H_v = 5.5 \times 10^{-9} Q^2 + \frac{400\phi}{1.2 \times 9.8} + 4.9 \times 10^{-7} Q^2$$

$$2H_v = 4.955 \times 10^{-7} Q^2 + 34$$

$$Q = 25000 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow H_v = 171.8 \text{ m}$$

$$Q = 20000 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow H_v = 116.1 \text{ m} < 158.8$$

$$Q = 22500 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow H_v = 142 \text{ m} < 156.7$$

$$Q = 23750 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow H_v = 156.7 < 157.1 \quad \checkmark$$

$$Q = 24735 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow H_v = 164.2 > 156.7$$

$$\boxed{Q = 23750 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\frac{400}{1.2 \times 9.8} =$$

$$\boxed{P = 19.5 \text{ kW}}$$

$$k_R \times 23750^2 \rightarrow$$

$$k_R = 6. \times 10^{-8} \frac{\text{m}}{(\text{m}^3/\text{h})^2}$$

$$\boxed{P_T = 39 \text{ kW}}$$

6/8



$$2) Q = 1.5 \times 23750 = 35625 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{V1} = 5.5 \times 10^{-9} Q^2 + 6 \times 10^{-8} Q^2 + P_2/\gamma$$

$$H_{V2} = 4.9 \times 10^{-7} Q^2 - P_2/\gamma$$

$$\text{Si } Q = 35625 \rightarrow H_{V1} = 145.5 \text{ m} \rightarrow P_2/\gamma = 62.4 \text{ m}$$

$$H_{V2} = 555.5 \text{ m}$$

$$\frac{H}{Q^2} = 4.4 \times 10^{-7} \Rightarrow (H_s - 161.5) \times 10000 = (158.8 - 161.5) (Q_s - 10000)$$

$$4.4 \times 10^{-7} Q_s + 4.27 \times 10^{-7} Q_s - 164.2 = 0$$

$$Q_s = 19013 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow N = \frac{35625}{19013} \times 750 =$$

$$P_s = 17.5 \text{ kW}$$

$$N = 1405 \text{ rpm}$$

$$P_1 = 23.1 \text{ kW}$$

$$P_2 = 17.5 \left(\frac{1405}{750} \right)^3$$

$$P_2 = 115 \text{ kW}$$

$$P_T = 138 \text{ kW}$$

7/0

$$H_v = (5.5 \times 10^{-9} + 6 \times 10^{-8} + 4.9 \times 10^{-7}) Q^2$$



$$H_v = 705 \text{ m}$$

$$\eta = \frac{\gamma Q H}{P} = \frac{1.2 \times 9.8 \times \frac{Q}{3600} \times H}{1000 P} = 3.27 \times 10^{-6} \frac{QH}{P}$$

$Q \text{ (m}^3/\text{h)}$	30 000	40 000	50 000	60 000
$\eta (\%)$	68.2	76.2	85.2	79
			↑	

$$\eta = \eta_{\text{max}} \quad Q = 50000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 125.1 \text{ m}$$

$$P = 24 \text{ kW}$$

$$\frac{3562r}{N^1 D^3} = \frac{50000}{N^1 D^3}$$

$$\frac{705}{N^1 D^2} = \frac{125.1}{N^2 D^2}$$

$$\frac{3562r^2}{705} \frac{1}{D^3} = \frac{50000^2}{125.1} \frac{1}{D^3}$$

$$D'/D = \sqrt[4]{\frac{(3562r)^2 125.1}{50000^2 705}}$$

$$\boxed{D'/D = 0.55}$$

$$N^1 = \frac{3562r}{50000} \frac{1}{0.55^3} \times 750 \quad \boxed{N^1 = 3212 \text{ rpm}}$$

$$P = \frac{1.2 \times 9.8 \times \frac{3562r}{3600} \times 705}{0.85}$$

$$\boxed{P = 96.5 \text{ kW}}$$

8/8