

Máquinas Para Fluidos 1

Examen Diciembre 2023

Se tiene un compresor reciprocante de dos etapas simple efecto, siendo tanto la etapa de baja como de alta con un único pistón en cada etapa. Se sabe que el largo de carrera es igual en la etapa de baja y en la etapa de alta, el exponente politrópico $n=1.3$, el $\eta_v=0.96$ igual en cada etapa y el $\eta_p=0.95$, y se puede asumir $e_{v1}=e_{v2}=0.99$.

El compresor tiene un sistema de transmisión por correas siendo la velocidad de giro nominal del cigüeñal de $N=450$ rpm, se puede asumir que las pérdidas mecánicas son proporcionales a la velocidad del giro del compresor, y que el compresor opera siempre a velocidad de giro constante.

El diámetro del pistón de baja es $D_B = 15,2$ cm y el diámetro del pistón de alta es $D_A = 8,3$ cm.

a) La presión de descarga tomando aire ambiente (1 kgf/cm^2 , 20°C) en condición nominal de trabajo es de $P_{\text{Tanque}}=12 \text{ kgf/cm}^2$ (manométrica), se asume fraccionamiento óptimo en dicha condición. Siendo en este caso caudal volumétrico entregado por el compresor $49 \text{ m}^3/\text{h}$ @ 1 kgf/cm^2 , 20°C . Se pide calcular el largo de carrera de los pistones (iguales en ambas etapas).

b) Se mide la potencia en punta de eje del motor en condición operación nominal siendo la misma $P_{\text{Punta-eje}}=5,1 \text{ kW}$. Calcular la potencia asociada a las pérdidas mecánicas en la condición de trabajo nominal.

c) El compresor descarga en un tanque de 150 lt , desde el cual se alimenta un proceso con una demanda de caudal volumétrico constante durante todo el día igual a $10 \text{ m}^3/\text{h}$ @ 1 kgf/cm^2 , 20°C . Las presiones (manométricas) de seteo de los presostatos del sistema ON-OFF del tanque varían a lo largo del día:

de 22:00 a 18:00 -- [$P_{\min}=11.5 \text{ kgf/cm}^2$, $P_{\max}=12.5 \text{ kgf/cm}^2$]
de 18:00 a 22:00 -- [$P_{\min}=8.5 \text{ kgf/cm}^2$, $P_{\max}=9.5 \text{ kgf/cm}^2$]

Siendo en costo de energía eléctrica en la planta variable de acuerdo a la franja horaria:

Valle -- de 00:00 a 07:00 --- $2.232 \text{ \$/kWh}$

Llano -- de 07:00 a 18:00 y de 22:00 a 24:00 --- $3.855 \text{ \$/kWh}$

Punta -- de 18:00 a 22:00 --- $7.614 \text{ \$/kWh}$

Calcular el costo energético diario del consumo de energía asociado al compresor, se puede asumir un rendimiento eléctrico del motor del compresor de 90% .



$$v_T = 13$$

$$v_B v_A = v_T$$

F RACIONAMIENTO
OPTIMO

$$v_B = M_v^{\frac{n}{2(n-1)}} \sqrt{v_T}$$

$$v_B = 3,3$$

$$v_A = 3,9$$

$$P_i = P_1 v_B$$

PUNTEANDO BALANCE DE MASA

$$\frac{\pi D_B^2}{4} L N e v_1 v_2 (1 - c(v_B^{n_m} - 1)) M_v^2 = \frac{P_i \pi D_A^2}{P_1} \frac{1}{4} L N e v_1 v_2 (1 - c(v_A^{n_m} - 1)) M_v^2$$

$$D_B^2 (1 - c(v_B^{n_m} - 1)) M_v^2 = \frac{P_i}{P_1} D_A^2 (1 - c(v_A^{n_m} - 1)) M_v^2$$

$$\rightarrow c = 5,2 \%$$

$$\dot{V} = 49 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{V} = \frac{\pi D_B^2}{4} L N e v_1 v_2 (1 - c(v_B^{n_m} - 1)) M_v^2$$

$$L = \frac{\dot{V}}{\frac{\pi D_B^2}{4} N e v_1 v_2 (1 - c(v_B^{n_m} - 1)) M_v^2}$$

$$L = \frac{49}{\frac{3,14 (0,152)^2}{4} \times 450 \times 60 \times 0,92^2 (1 - 0,052 (3,3^{1,3} - 1) / 0,26^2)}$$

$$L = 0,116 \text{ m} = 11,6 \text{ cm}$$



$$\dot{W}_I = \frac{n}{(n-1)} \frac{P_1 \dot{V}}{\eta_r} \left(\frac{1}{\eta_v} \left(v_B^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) + \frac{1}{\eta_v} \left(v_A^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) \right)$$

$$\dot{W}_I = \frac{1,3}{(1,3-1)} \frac{98000 \cdot 49}{0,95 \cdot 3600} \left(\frac{1}{0,96} \left(3,3^{\frac{1,3-1}{1,3}} - 1 \right) + \frac{1}{0,96} \left(3,1^{\frac{1,3-1}{1,3}} - 1 \right) \right)$$

$$\dot{W}_I = 4433 \text{ W}$$

$$\dot{W}_{\text{PERDIDAS}} = \dot{W}_{\text{ESE}} - \dot{W}_I = 5100 - 4433$$

$$\dot{W}_{\text{PERDIDAS}} = 667 \text{ W}$$

PARA HACER LOS REQUERIMIENTOS DE COMPRESIÓN
PLANTEO BALANCE DE MAS

$$D_B^2 (1 - C (v_B^{\gamma_m} - 1)) M_v^2 = v_B D_A^2 (1 - C (v_A^{\gamma_m} - 1))$$

$$v_r = v_B v_A = 10$$

$$\rightarrow v_B = 3,2$$

$$v_A = 3,1$$

$$\dot{V} \approx 49 \text{ m}^3/\text{h}$$

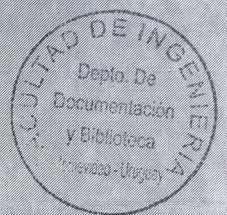
PERMANECE
APROXIMADAMENTE
INCAMBIADO

AL WLO PA POTENCIA EN FUNTA DE

ESE WANTO $v_r = 10$

$$\dot{W}_I = \frac{1,3}{(1,3-1)} \frac{98000 \cdot 49}{0,95 \cdot 3600} \left(\frac{1}{0,96} \left(3,2^{\frac{0,3 \cdot 1,3}{1,3}} - 1 \right) + \frac{1}{0,96} \left(3,1^{\frac{0,3 \cdot 1,3}{1,3}} - 1 \right) \right)$$

$$\dot{W}_I = 207 \text{ W} \quad 3/8$$



$$U_{ESE} = W_{\pm} + W_{PERDIDAS} = 3924 + 667$$

$$W_{ESE} = 4591 \text{ W}$$

AL LUGAR TIEMPO DE ENCIENDOS Y APAGADOS

DADO QUE

$$P_1 \dot{V}_{PROL} = \frac{V_T \Delta P}{Z_{AP}}$$

$$\Delta P = 1 \text{ kgf/cm}^2$$

$$P_1 = 1 \text{ kgf/cm}^2$$

$\dot{V}_{COMPR}$ VARIA MUCHO ENTRE $V_x = 13$ Y $V_x = 2$

$$Z_{AP} = \frac{V_T}{\dot{V}_{PROL}} = \frac{0,150}{10} \times 60 = 0,9 \text{ min}$$

SE ASUME KE

$$P_1 (\dot{V}_{COMPR} - \dot{V}_{PROL}) = \frac{V_T \Delta P}{Z_{ENC}}$$

$$Z_{ENC} = 0,225 \text{ min}$$



$$\% \text{ TIEMPO ENCENDIDO} = \frac{0,225}{0,9 + 0,225} = 20\%$$

$$\begin{aligned} \text{COSTO DIARIO} &= \left(\frac{4 \times 7,614 \times 4,599}{0,9} + \frac{13 \times 3,855 \times 5,1}{0,9} \right. \\ &\quad \left. + \frac{7 \times 2,232 \times 5,1}{0,9} \right) \times 0,2 \end{aligned}$$

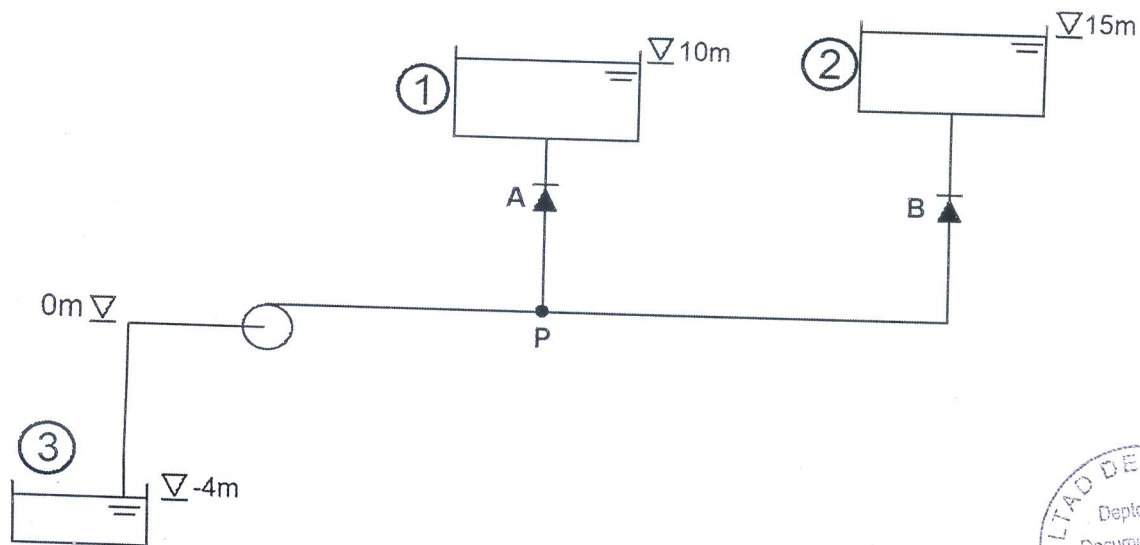
$$\text{COSTO DIARIO} = 105,6 \$$$

Examen Máquinas Para Fluidos 1
Diciembre 2023

Se tiene la instalación de bombeo que se muestra en la figura. Se cuenta con dos bombas centrífugas cuya curva característica se muestra a continuación.

Curva característica con $N = 980 \text{ rpm}$

$Q \text{ [m}^3/\text{h]}$	0	50	100	150	200	250	300	350
$H \text{ [m]}$	6,2	6,5	6,3	6	5,4	4,5	3,5	2,3
$h_{svr} \text{ [m]}$	0,45	0,5	0,55	0,70	1,0	1,4	1,6	1,9



Los coeficiente de pérdida de carga en la instalación son los siguientes:

Desde el tanque hasta la succión de la bomba $K_{\text{succión}} = 2,41 \times 10^{-5} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2$.
Tramo desde impulsión hasta punto P, se tiene una pérdida de carga despreciable.
Desde P al tanque 1, $K_A = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2$
Desde P al tanque 2, $K_B = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2$



Se pide:

- Calcular la mínima velocidad de giro de modo que ingrese agua en ambos tanques.
- Se tienen dos motores de 1480 rpm de velocidad nominal. Dados los requerimientos del proceso se decide operar con 2 bombas idénticas en serie, acopladas en forma directa a los motores de 1480 rpm. Hallar los caudales en los tramos A y B para la operación de las bombas en serie.
- Manteniendo la operación de las bombas en serie a la velocidad de giro nominal del motor. Se plantea regular el caudal en el tramo A, mediante una válvula globo. Hallar la pérdida de carga que debe imponer la válvula, para que el caudal que circule por este tramo sea el mismo que en el tramo B.
- Verificar si las bombas cavitan dada la condición de operación dada en c).

$$1) \quad H_{B1} = H_P + 4 + 2.4 \times 10^{-5} Q_{B1}^2$$

$$H_P = 10 + 4.6 \times 10^{-5} Q_A^2$$

$$H_P = 15 + 4.6 \times 10^{-5} Q_B^2$$

$$H_{P_{min}} = 15m \rightarrow Q_A = \left(\frac{15-10}{4.6 \times 10^{-5}} \right)^{1/2} = 329.7 m^3/h \quad Q_B = 0$$

$$Q_{B1} = 329.7 m^3/h$$

$$H_{B1} = 15 + 4 + 2.4 \times 10^{-5} \times 329.7^2 \rightarrow H_{B1} = 21.6m$$

$$H_{05} = 0.0002 Q_{05}^2$$

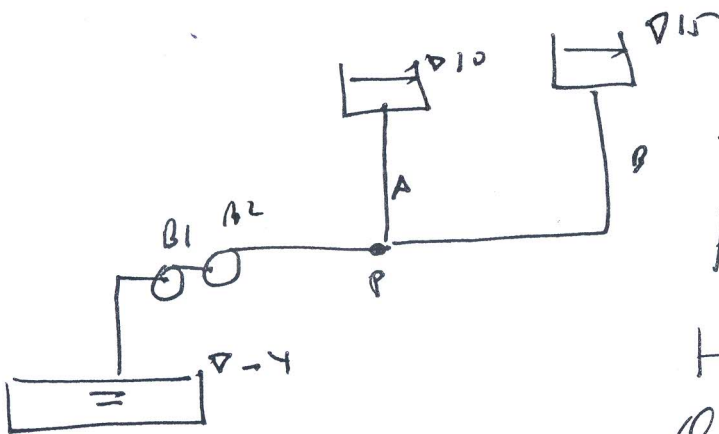
$$H_{05} = -0.012 Q_{05} + 7.8 \quad \left. \vphantom{H_{05}} \right\} Q_{05} = 169.7 m^3/h$$

$$N = \frac{329.7}{169.7} \times 980$$

$$N = 1903 rpm$$



2)



$$2H_{B1} = H_P + 4 + 2.4 \times 10^{-5} Q_{B1}^2$$

$$H_P = 10 + 4.6 \times 10^{-5} Q_A^2$$

$$H_P = 15 + 4.6 \times 10^{-5} Q_B^2$$

$$Q_A + Q_B = Q_{B1}$$

$$H_{B1} = \left(\frac{1480}{980} \right)^2 H_{05} = 2.281 H_{05}$$

$$Q_{05} = \left(\frac{1480}{980} \right) Q_{05} = 1.51 Q_{05}$$

$$Q_{BS} = 200 \text{ m}^3/\text{h} \quad H_{BS} = 5.4 \text{ m} \quad Q_{B1} = 302 \text{ m}^3/\text{h} \quad H_P = 18.4 \text{ m} \quad Q_A = 421 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{B1} = 12.32 \text{ m} \quad Q_B = 275 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{B1} = 703 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{BS} = 250 \text{ m}^3/\text{h} \quad H_{BS} = 4.5 \text{ m} \quad Q_{B1} = 377.5 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_A = 259 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{B1} = 10.3 \text{ m} \quad H_P = 13.1 \text{ m} \quad Q_B = 0$$

$$Q_{BS} = 240 \text{ m}^3/\text{h} \quad H_{BS} = 4.68 \text{ m} \quad Q_{B1} = 362 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_A = 301$$

$$H_{B1} = 10.67 \text{ m} \quad H_P = 14.18 \text{ m}$$

$$Q_{BS} = 230 \text{ m}^3/\text{h} \quad H_{BS} = 4.86 \text{ m} \quad Q_{B1} = 347 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_A = 338 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{B1} = 11.09 \text{ m} \quad H_P = 15.3 \text{ m} \quad Q_B = 76.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{BS} = 232 \text{ m}^3/\text{h} \quad H_{BS} = 4.82 \text{ m} \quad Q_{B1} = 350 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_A = 331 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{B1} = 11.0 \text{ m} \quad H_P = 15.04 \text{ m} \quad Q_B = 30 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} Q_A = 331 \text{ m}^3/\text{h} \\ Q_B = 30 \text{ m}^3/\text{h} \end{array}}$$



$$Q_m = 361 \text{ m}^3/\text{h}$$

✓

$$3) \quad Q_A = Q_B = Q$$

$$H_P = 10 + (4.6 \times 10^{-5} + K_{VA}) Q^2$$

$$H_P = 15 + 4.6 \times 10^{-5} Q^2$$

$$2H_B = H_P + 4 + 2.41 \times 10^{-6} \times 4Q^2$$

$$H_B = 2.281 H_{BS}$$

$$Q_B = 1.51 Q_{BS}$$

$$Q_{BS} = 220 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{BS} = 5.04 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} 2H_B = 19 + 14.24 \times 10^{-5} (Q_B/2)^2 \\ H_{BS} = 4.16 + 1.8 \times 10^{-5} Q_{BS}^2 \\ H_{BS} = -0.018 Q_{BS} + 9 \end{array} \right\}$$

$$Q_B = 332.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$2 \times 2.281 \times 5.04 = H_p + 4 + 2.4 \times 10^{-5} \times 332.7^2$$

$$H_p = 16.3 \text{ m}$$

$$16.3 = 10 + (4.6 \times 10^{-5} + K_{WG}) \times \left(\frac{332.7}{2}\right)^2$$

$$K_{WG} = 1.8 \times 10^{-4} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2$$



$$4) \left. \begin{array}{l} h_{svr_s} = 1.16 \text{ m} \\ h_{svr_n} = 2.61 \text{ m} \end{array} \right\} \underline{\text{No Canals}}$$

$$h_{vD} = 10 - 4 - 2.4 \times 10^{-5} \times 332.7^2 = 3.33 \text{ m}$$