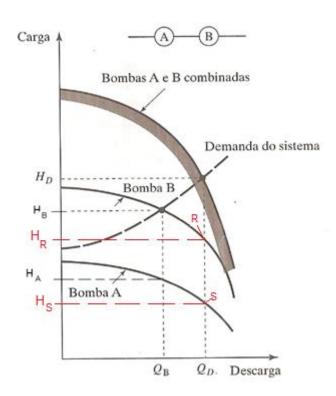
Primeira parte da P2 de ME5330 – turma D

- 1ª Questão: o gráfico a seguir representa a associação em série de duas bombas hidráulicas diferentes. Pode-se observar que a CCI, neste exemplo, para o funcionamento das bombas isoladas e das bombas associadas em série praticamente é a mesma, para esta situação:
 - a. especifique o significado da variável H_D; (valor 0,25)
 - b. especifique o significado de cada uma das variáveis H_B e H_A; (valor 0,25)
 - c. explique detalhadamente a determinação do rendimento da associação em série. (valor – 0,25)



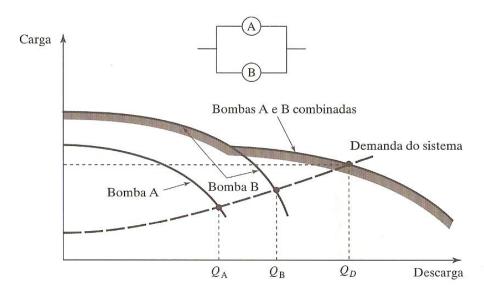
 $\textbf{2^a Questão:} \ \, \text{A água \'e bombeada entre dois reservatórios em uma tubulação com as seguintes características:} \ \, D_{\text{int}} = 300 \ \text{mm}, \ \, \text{L} = 70 \ \text{m}, \ \, \text{f} = 0,025 \ \text{e} \ \Sigma \text{leq} = 30 \ \text{m}. \ \, \text{A curva característica da bomba centrífuga de fluxo radial \'e dada pela equação:} \ \, H_B = 22,9+10,7\times Q-111\times Q^2 \ \, \text{, onde a carga manométrica \'e obtida em metro quando a vazão entra em m³/s. Sabendo que existem na casa de máquina duas bombas idênticas que podem operar isoladamente, em paralelo e$

em série, estime a potência de cada bomba em funcionamento para as seguintes situações:

- a. a carga estática da instalação é igual a 15 m, a variação da carga cinética entre a seção inicial e final é desprezível e a instalação opera com uma única bomba; (valor – 1,0)
- b. a carga estática da instalação é igual a 15 m, a variação da carga cinética entre a seção inicial e final é desprezível e a instalação opera com a associação em paralelo de duas bombas idênticas; (valor 1,5)
- c. a carga estática da instalação é igual a 25 m, a variação da carga cinética entre a seção inicial e final é desprezível e você deve viabilizar esta situação. (valor – 1,5)

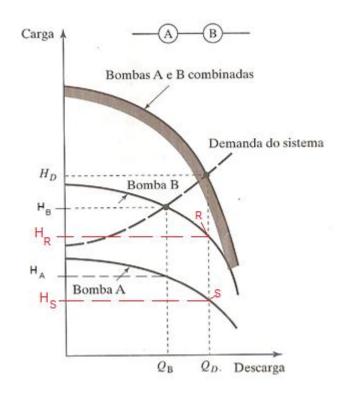
Dados: $\eta_B = 59,642+60,52\times Q-39,3\times Q^2$ com η_B em % e a Q em m³/s; $\rho_{\acute{a}gua} = 998 \frac{kg}{m^3} \ \ \text{e que a CCI permanece praticamente a mesma para todas as possibilidades de funcionamento das bombas com exceção da carga estática.}$

3ª Questão: Na última experiência ocorreu um fato interessante, em uma das linhas de dados observou-se que uma das bombas não estava funcionando (Q<0), identifique a região do gráfico que representa essa situação. (valor – 0,25)



Solução

1ª Questão:



- a. H_D é a carga manométrica no ponto de trabalho para a associação em série de bombas. (valor 0,25)
- b. H_B é a carga manométrica no ponto de trabalho no funcionamento da bomba B. (valor 0,125)

H_A – é a carga manométrica da bomba A para a vazão Q_B. (valor 0,125)

c.
$$N_{B_{as}} = N_{B_A} + N_{B_B} \Rightarrow \eta_{B_{as}} = \frac{H_D}{\frac{H_R}{\eta_{B_{A_{lidoem}R}}} + \frac{H_S}{\eta_{B_{B_{lidoem}S}}}}$$
 (valor 0,25)

2ª Questão:

a. para as condições impostas, obtemos a equação da CCI:

$$H_{S} = H_{est\'atica} + H_{p_{totail}} = 15 + 0.025 \times \frac{(70 + 30)}{0.3} \times \frac{Q^{2}}{19.6 \times \left(\frac{\pi \times 0.3^{2}}{4}\right)^{2}}$$

$$(0.25)$$

$$H_{S} = 15 + 85.1 \times Q^{2}$$

Como nas equações da CCI e CCB temos as grandezas definidas no mesmo sistema de unidade, temos no ponto de trabalho que:

$$H_{B} = H_{S} :: 22.9 + 10.7 \times Q - 111 \times Q^{2} = 15 + 85.1 \times Q^{2}$$

$$196.1 \times Q^{2} - 10.7 \times Q - 7.9 = 0$$

$$Q_{\tau} = \frac{10.7 + \sqrt{10.7^{2} + 4 \times 196.1 \times 7.9}}{2 \times 196.1} \cong 0.223 \frac{m^{3}}{s}$$

Com a vazão do ponto de trabalho definida, podemos calcular para o mesmo a carga manométrica e o rendimento:

$$\begin{split} &\eta_{B} = 59,642 + 60,52 \times 0,223 - 39,3 \times 0,223^{2} \cong 71,2\% \\ &H_{B} = 22,9 + 10,7 \times 0,223 - 111 \times 0,223^{2} \cong 19,8m \\ &\therefore N_{B} = \frac{998 \times 9,8 \times 0,223 \times 19,8}{0.712} \cong 60652,2W \approx 60,7kW \end{split}$$

b. para a associação em paralelo das bombas, temos a alteração da equação da

CCB:
$$H_{B_{ap}} = 22.9 + 10.7 \times \frac{Q}{2} - 111 \times \left(\frac{Q}{2}\right)^2 = 22.9 + 5.35 \times Q - 27.75 \times Q^2$$

Como não há alteração na CCI, no ponto de trabalho temos:

$$H_{B_{ap}} = H_{S} :: 22.9 + 5.35 \times Q - 27.75 \times Q^{2} = 15 + 85.1 \times Q^{2}$$

$$112.85 \times Q^{2} - 5.35 \times Q - 7.9 = 0$$

$$Q_{ap_{\tau}} = \frac{5.35 + \sqrt{5.35^{2} + 4 \times 112.85 \times 7.9}}{2 \times 112.85} \cong 0.290 \frac{m^{3}}{s}$$

Como as bombas são iguais cada uma irá contribuir com uma vazão de $\frac{0,290}{2} = 0,145 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{e é com esta vazão que iremos ler o rendimento, ou seja:}$

$$\eta_B = 59,642 + 60,52 \times 0,145 - 39,3 \times 0,145^2 \cong 67,6\% \text{ (0,25)}$$

Já a carga manométrica será:

$$H_{B_{\tau}} = 24.9 + 5.85 \times 0.293 - 29 \times 0.293^2 \approx 24.2 \text{m}$$

$$\therefore N_B = \frac{998 \times 9.8 \times 0.1465 \times 24.2}{0.677} \approx 51217.8 \text{W}$$
(0.50)

c. Como a carga estática (25 m) é maior que a que a carga manométrica para a vazão nula (ponto de shut-off = 22,9m) já concluímos que uma bomba só não conseguirá bombear o fluido, portanto para tentar viabilizar este escoamento propomos a associação em série das bombas e isto origina:

$$H_{B_{as}} = 2 \times (22.9 + 10.7 \times Q - 111 \times Q^2) = 45.8 + 21.4 \times Q - 222 \times Q^2 (0.25)$$

Já a CCI para esta situação será: $H_S = 25 + 85,1 \times Q^2$ (0,25), portanto no ponto de trabalho temos:

$$\begin{split} H_{B_{as}} &= H_{S} :: 45,8 + 21,4 \times Q - 222 \times Q^{2} = 25 + 85,1 \times Q^{2} \\ &307,1 \times Q^{2} - 21,4 \times Q - 20,8 = 0 \Rightarrow Q_{as_{\tau}} = \frac{21,4 + \sqrt{21,4^{2} + 4 \times 307,1 \times 20,8}}{2 \times 307,1} \\ &: Q_{as_{\tau}} \cong 0,298 \frac{m^{3}}{s} \end{split}$$

$$(0,25)$$

Para a associação em série nós sabemos que a vazão é constante, portanto:

$$\begin{split} H_{B_{as}} &= 45.8 + 21.4 \times 0.298 - 222 \times 0.298^2 \cong 32.5 \text{m}, \quad \text{portanto} \quad \text{cada} \quad \text{bomba} \\ &\text{contribuirá} \quad \text{com} \quad H_B &= \frac{32.5}{2} = 16.25 \text{m} \Rightarrow N_B = \frac{998 \times 9.8 \times 0.298 \times 16.25}{\eta_B}, \quad \text{onde} \\ &\text{podemos determinar o rendimento:} \end{split}$$

$$\begin{split} &\eta_B = 59,\!642 + 60,\!52 \times 0,\!298 - 39,\!3 \times 0,\!298^2 \cong 74,\!2\% \\ &\therefore N_B = \frac{998 \times 9,\!8 \times 0,\!298 \times 16,\!25}{0,\!742} \cong 63829,\!6W \end{split} \tag{0,75}$$

3ª Questão: seria na região I especificada, isto porque na mesma só existe a atuação da bomba (2). (0,25)

