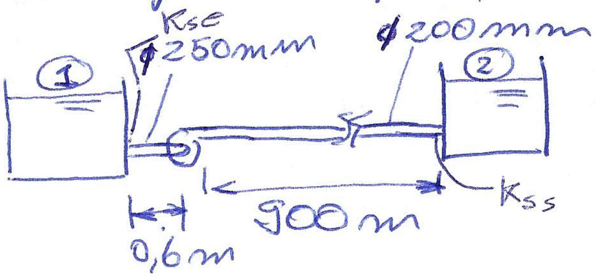
Curva de bomba e curva de sistema

A curva de uma bomba pode ser aproximada por uma parabola $H_b = h_0 - AQ^2$ onde $h_0 = 17\,m$ e $A = 2527{,}7\ m/(m^3/s)^2$. Na configuração abaixo, sabendo que os tubos são de fofo, encontre o ponto de operação do sistema.



1ª Lei da TERMO entre os reservatórios

$$\left(\alpha_1\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1\right) - \left(\alpha_2\frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2\right) = \frac{\dot{W}_a}{\gamma Q} - \frac{\dot{W}_m}{\gamma Q}$$

onde $\dfrac{\dot{W}_m}{\gamma Q} = H_b = H_{sist}$ no ponto de operação

$$\therefore\ H_b = H_{sist} = h_0 - AQ^2 = \left(K_{s_{ent.}} + f_e\frac{L_e}{D_e}\right)\frac{V_e^2}{2g} + \left(K_{s_{saida}} + f_s\frac{L_s}{D_s}\right)\frac{V_s^2}{2g}$$

Da continuidade: $Q = V_s A_s = V_e A_e \Rightarrow V_e \dfrac{\pi D_e^2}{4} = V_s \dfrac{\pi D_s^2}{4}$

$$\therefore\ h_0 - AQ^2 = \left[\left(K_{s_{ent.}} + f_e\frac{L_e}{D_e}\right)\frac{1}{D_e^4} + \left(f_s\frac{L_s}{D_s} + K_{s_{SAIDA}}\right)\cdot\frac{1}{D_s^4}\right]\cdot\frac{8Q^2}{\pi^2 g} \quad \text{(I)}$$

Admite-se inicialmente regime turbulento rugoso nas duas tubulações, com $\varepsilon = 0{,}26\,mm$ (fofo)

$$\frac{\varepsilon}{D_e} = 0{,}00104 \Rightarrow f_e = \left[-2{,}0\log\left(\frac{\varepsilon/D_e}{3{,}7}\right)\right]^{-2} = 0{,}0198$$

$$\frac{\varepsilon}{D_s} = 0{,}0013 \Rightarrow f_s = 0{,}0210.$$

Tomando-se de Tabelas $K_{s_{ent.}} = 0{,}5$ e $K_{s_{SAIDA}} = 1{,}0$ e $g = 9{,}8\,m/s^2$

chega-se na eq. (I), após substituições:

$$17 - 2527{,}2Q^2 = 4948{,}4Q^2 \Rightarrow Q = 0{,}0476\,m^3/s$$

Deve-se verificar se a hipótese de regime turbulento rugoso foi correta:

$$Re_e = \frac{4Q}{\pi D_e \nu} = \frac{4 \cdot 0{,}0476}{\pi \cdot 0{,}250 \times 10^{-6}} = 2{,}42 \times 10^5 \Rightarrow f'_e = 0{,}0210$$

ν

$$Re_s = 3{,}03 \times 10^5 \Rightarrow f'_s = 0{,}0218$$

Refazendo os cálculos:

$$17 - 2527{,}2Q^2 = 5134{,}5Q^2 \Rightarrow Q = 0{,}0471 m^3/s$$

(contra $0{,}0476 m^3/s$.

Verificam-se os valores de f:

$Re_e = 2{,}40 \times 10^5 \Rightarrow f'_e = 0{,}0210$ e $Re_s = 3 \times 10^5 \Rightarrow f'_s = 0{,}0218$

A carga fornecida pela bomba é portanto:

$$H_b = 17 - 2527{,}2 \times 0{,}0471^2 = \boxed{11{,}4 mca.}$$