

Se dispone de una impulsión realizada con tubería de fibrocemento de 2.5 km de longitud y f 250 mm. Dicha impulsión salva un desnivel geométrico de 80 m. El caudal que transporta es de 50 l/s.

Se dispone un rodete cuyos datos, a 2900 rpm, son:

<i>Caudal</i>	<i>Altura</i>	<i>Rendimiento</i>
<i>144 m³/h</i>	<i>17 m.c.a.</i>	<i>80 %</i>
<i>198 m³/h</i>	<i>11.5 m.c.a.</i>	<i>78 %</i>

El rodete tiene un diámetro de 240 mm.

Se pide:

Determinar las ecuaciones de las curvas características de la conducción y de rodete.

Número de rodetes mínimo para poder transportar el agua.

Punto de funcionamiento de la bomba con el número de rodetes previamente determinado.

Recorte de rodete necesario en todos ellos para conseguir el punto de trabajo preciso, indicando las ecuaciones de las curvas características de la bomba multicelular con los rodetes ya recortados.

Determinar la velocidad de giro de la bomba original para conseguir el punto de trabajo preciso.

Ecuaciones de las curvas características de la bomba y del rodete

✓ Rodete

$$H = a + b \cdot Q^2$$

$$\left. \begin{array}{l} 17 = a + b \cdot 144^2 \\ 11.5 = a + b \cdot 198^2 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} a = 23.175 \\ b = -2.978 \cdot 10^{-4} \end{array} \right.$$

$$H = 23.175 - 2.978 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$$

$$\eta = E \cdot Q + F \cdot Q^2$$

$$\left. \begin{array}{l} 0.80 = E \cdot 144 + F \cdot 144^2 \\ 0.78 = E \cdot 198 + F \cdot 198^2 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} E = 9.865 \cdot 10^{-3} \\ F = -2.993 \cdot 10^{-5} \end{array} \right.$$

$$\eta = 9.865 \cdot 10^{-3} \cdot Q - 2.993 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$$

$$\begin{array}{l} H = 23.175 - 2.978 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \\ \eta = 9.865 \cdot 10^{-3} \cdot Q - 2.993 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2 \end{array}$$

✓ Conducción

$$H = H_g + k \cdot Q^2$$

Pérdida de carga de la conducción

$$\left. \begin{array}{l} \text{Fibrocemento} \\ Q = 50 \text{ l/s} \\ \phi = 250 \text{ mm} \end{array} \right\} J = 3.56 \text{ ‰}$$

$$h_T = h_c = J \cdot L = \frac{3.56}{1000} \cdot 2500 = 8.9 \text{ m.c.a.}$$

$$h_T = K \cdot Q^2$$

$$Q = 50 \text{ l/s} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K = \frac{h_T}{Q^2} = \frac{8.9}{180^2} = 2.747 \cdot 10^{-4}$$

$$H = 80 + 2.747 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$$

Número de rodetes mínimo para poder transportar el agua

✓ Altura que proporciona cada rodete

$$H = 23.175 - 2.978 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q = 50 \text{ l/s} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 23.175 - 2.978 \cdot 10^{-4} \cdot 180^2$$

$$H = 13.53 \text{ m}$$

✓ Presión necesaria

$$H_m = H_g + \frac{P}{\gamma} + h_T$$

$$H_m = 80 + 8.9 = 88.9 \text{ m.c.a.}$$

✓ Número de rodetes necesario

$$N^{\circ} \text{ rodetes} = n = \frac{88.9}{13.53} = 6.6 \rightarrow 7 \text{ rodetes}$$

✓ Punto de funcionamiento con 7 rodetes

$$H = 7 \cdot (23.175 - 2.978 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2)$$

$$H = 162.225 - 20.846 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$$

$$\left. \begin{aligned} H &= 162.225 - 20.846 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \\ H &= 80 + 2.747 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 \end{aligned} \right\}$$

El punto de funcionamiento será la intersección de ambas curvas; así pues, resolviendo el sistema tenemos que:

$$Q = 186.69 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 89.57 \text{ m.c.a.}$$

Recorte del rodete y nuevas ecuaciones

✓ Ecuación característica de la bomba con el rodete recortado

$$H = \lambda^2 \cdot a + \frac{b \cdot Q^2}{\lambda^2}$$

Punto de trabajo

$$Q = 50 \text{ l/s} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 88.9 \text{ m.c.a.}$$

$$88.9 = \lambda^2 \cdot 166.225 - \frac{20.846 \cdot 10^{-4} \cdot 180^2}{\lambda^2}$$

$$162.225 \cdot \lambda^4 - 88.9 \cdot \lambda^2 - 67.541 = 0$$

$$\lambda^2 = 0.975 \rightarrow \lambda = 0.987$$

$$1 - 0.987 = 0.013 \rightarrow \text{Por tanto, el recorte es del 1.3\%}$$

✓ Nuevo diámetro del rodete

$$\lambda = \frac{D}{D_1} \rightarrow D = \lambda \cdot D_1 = 0.987 \cdot 240 = 236.88 \text{ mm}$$

$$D = 236.88 \text{ mm}$$

✓ Curvas características con el rodete recortado

$$H = \lambda^2 \cdot 162.225 - \frac{20.846 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2}{\lambda^2}$$

$$\lambda^2 = 0.975$$

$$H = 158.169 - 2.138 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2$$

$$\eta = 9.865 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{Q}{\lambda} - 2.993 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{Q^2}{\lambda^2}$$

$$\eta = 9.994 \cdot 10^{-3} \cdot Q - 3.069 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$$

Velocidad de giro de la bomba original

$$H = 162.225 - 20.846 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$$

✓ Ecuación del cambio de velocidad

$$H = a \cdot \alpha^2 + b \cdot Q^2$$

Punto de funcionamiento

$$Q = 50 \text{ l/s} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 88.9 \text{ m.c.a.}$$

$$88.9 = 162.225 \cdot \alpha^2 - 20.846 \cdot 10^{-4} \cdot 180^2$$

$$\alpha^2 = 0.964 \rightarrow \alpha = 0.982$$

✓ Velocidad de giro

$$\alpha = \frac{n}{n_1} = \frac{n}{2900} \rightarrow n = 0.982 \cdot 2900 = 2847.8 \text{ rpm}$$

$$n = 2847.8 \text{ rpm}$$

✓ Nueva ecuación característica

$$H = 162.225 \cdot 0.964 - 20.846 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$$

$$H = 156.385 - 20.846 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2$$