



With this equipment, a large list of the operations can be carried out, both start-up, operation and regulation necessary in a pumping installation.

One of the pumps is controlled by a frequency inverter, which allows the speed of rotation to be varied. This pump has also a measurement system of mechanical torque.

The flow rate is measured by an electronic flow meter.

In addition, the study of the characteristics of a pump can be carried out, working individually and in a group, in series or in parallel, carrying out a wide range of experiments and experiences.



FL 03.1 BOMBAS SERIE PARALELO

5.2. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BOMBAS INDIVIDUALES

5.2.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

Obtenemos experimentalmente los diferentes puntos de funcionamiento de cada una de las dos bombas. Ajustamos dichas nubes de puntos a una curva utilizando el método de los mínimos cuadrados u otro similar.

$$H(Q) = A - BQ - CQ^2$$

$$P_{\text{net}} = \rho g Q H(Q)$$

$$\eta(Q) = DQ - EQ^2$$

$$P_{\text{potencia}}(Q) = \frac{P_{\text{net}}(Q)}{\eta(Q)}$$

5.2.2. MÉTODO

- Para la realización de esta práctica debemos poner en marcha la bomba de velocidad variable (Bomba 2).
- Obtenemos la potencia mecánica de la bomba utilizando la siguiente expresión: $P_{\text{mecánica}} = F \cdot d \cdot w = M \cdot w$ donde F es la fuerza en N , d es el brazo del par en m y w es la velocidad de giro en radianes por segundo. La fuerza la obtenemos con el dinamómetro dispuesto.
- Partimos de caudal cero, válvula de regulación completamente cerrada, válvula de aspiración completamente abierta y establecemos una velocidad de giro determinada.
- Vamos abriendo la válvula de regulación y anotamos uno a uno los diferentes valores de caudal, presión, fuerza y potencia obtenidos para cada punto de trabajo.
- Completamos la tabla siguiente con los datos obtenidos.

NOTA: Al modificar el caudal de trabajo la velocidad de la bomba registra una pequeña variación. Este hecho se debe al resbalamiento del motor de la bomba.

27



FL 03.1 BOMBAS SERIE PARALELO

5.3. NPSH REQUERIDO EN UNA BOMBA

5.3.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

El fenómeno de la cavitación se produce cuando la presión del líquido que estamos bombeando disminuye hasta la de su presión de vapor para la temperatura de funcionamiento. En ese momento el líquido se vaporiza, formándose cavidades o bolsas de vapor que son arrastradas hacia zonas con una presión superior donde se vuelven a condensar generando sobrepresiones puntuales muy elevadas.

Las consecuencias más directas del fenómeno anteriormente descrito son fuertes vibraciones en la máquina, oxidación, desprendimiento del material y disminución tanto de la altura manométrica como del rendimiento.

Denominamos $NPSH_{\text{requerida}}$ a la energía mínima que tiene que tener el líquido a la entrada del rodete para que no se produzca cavitación. Si queremos obtener su valor, debemos de provocar la cavitación, igualando en ese momento el $NPSH_{\text{requerida}}$ con el $NPSH_{\text{disponible}}$.

$$NPSH_{\text{disponible}} = \frac{P_2 - P_{\text{vapor}}}{\rho \cdot g} - h_{\text{bomba}} - h_{\text{pérdida}}$$

$$h_{\text{pérdida}} = \left(\frac{P_{\text{entrada}}}{\rho \cdot g} + h_{\text{bomba}} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right)$$

Con lo que tenemos:

$$NPSH_{\text{disponible}} = \frac{P_2 - P_{\text{vapor}}}{\rho \cdot g} - h_{\text{bomba}} - \left(\frac{P_{\text{entrada}}}{\rho \cdot g} + h_{\text{bomba}} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right) = \frac{P_2 - P_{\text{vapor}}}{\rho \cdot g} - \frac{P_{\text{entrada}}}{\rho \cdot g} - \frac{v_2^2}{2 \cdot g}$$

Todos los términos de la última ecuación se pueden medir:

- Presión atmosférica (P_2)
- Presión de vapor (P_{vapor})
- Presión a la entrada (P_{entrada})
- Velocidad a la entrada (v_2)

$$v_2 = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2}$$

28

The instruction manual explains and shows all the theoretical foundations, as well as all the mathematic expressions used during the experimentation.

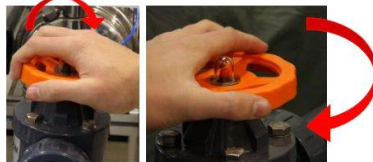


FL 03.1 BOMBAS SERIE PARALELO

- Maniobrar las válvulas del circuito hasta conseguir el funcionamiento deseado. Siempre que maniobremos las válvulas lo haremos con cuidado para evitar sobrepresiones.



- Abrimos las válvulas de aspiración y utilizamos la válvula de membrana para regular el caudal de funcionamiento.



- El caudal de trabajo lo visualizamos en el propio indicador del caudalímetro en las unidades que hayamos programado previamente el aparato.



19



FL 03.1 BOMBAS SERIE PARALELO

- Utilizamos el potenciómetro situado en el panel frontal del variador para regular la velocidad de la bomba 2.



- La velocidad de giro de cada bomba (Bomba 1 o Bomba 2) la visualizamos en el indicador digital.



Al cambiar mediante el selector la velocidad a mostrar en el indicador (Bomba 1 o Bomba 2) es aconsejable esperar unos segundos hasta que la señal de la velocidad de giro de las bombas se estabilice.

20

The manual shows clearly and with a lot of images, the hole process to operate the equipment.

LEARNING OBJECTIVES

- Start-up of a pump, analysis and study of different aspects to consider.
- Priming pump.
- Checking the sense of rotation.
- Overcurrent produced in the engine.
- Study and obtain the characteristic curves of a pump.
 - Height - flow (H-Q).
 - Hydraulic power - flow (P-Q).
 - Torque - flow (M-Q).
 - Mechanical efficiency - flow (η_m -Q).
 - Mechanical power - flow (Pm - Q).
 - Efficiency of the engine - flow (η_e -Q).
 - Electric power - flow (Pe-Q).
 - Total efficiency - flow (η -Q).
- Study of cavitation, and obtaining the N.P.S.H. Curve required-flow.
- Study of the different forms of regulating a pump. Checking similarity laws.
- Variation of the rotational speed. Obtaining the new characteristic curves.
- Changing the operating point by varying the pumping installation.
- Manoeuvred of the discharge valve.
- Analysis of the same and different pumps working in group.
 - Characteristic curves operating in serie.
 - Height - flow (H-Q).
 - Power - flow (P-Q).
 - Efficiency - flow (η -Q).
 - Characteristic curves operating in parallel.
 - Height - flow (H-Q).
 - Power - flow (P-Q).
 - Efficiency - flow (η -Q).

DATOS TECNICOSInternal diameters:

- Suction pipe
 - \varnothing interior = 45,2 mm.
 - \varnothing exterior = 50 mm.
- Drive pipe
 - \varnothing interior = 34 mm.
 - \varnothing exterior = 40 mm.

Tank:

- Capacity: 250 litros

Manometers:

- Bourdon type with glycerin from -10 to 70 m wc.
- Bourdon type with glycerin from -10 to 35 m wc. (x3)

Pumps characteristics:

- Maximum manometric height 24 m wc.
- Flow: 20 / 120 l/min.
- Manometric height: 23 / 12 m wc.
- Consumed power 0,55 kW (0,75 HP).
- Turning speed 2900 r.p.m. (50 Hz).

Other elements:

- Electronic flowmeter 1200-50000 l/h
- Dynamometer 2 Kg x 10 gr.
- Wattmeters de 0 a 1200 W.
- Frequency variator.

REQUIREMENTS

- Power supply: 230V/50Hz.
- * Other electrical inputs available.

Note: The picture shown may not correspond exactly to the supplied equipment.