

## الوحدة السادسة: المضخات ومحطات الضخ

### الجدارة:

يتعرف المتدرب في هذا الفصل على أنواع المضخات المستخدمة في رفع المياه من الأحواض والخزانات إلى شبكات توزيع مياه التغذية، كما يتعرف على كيفية اختيار نظام تشغيل وحدات الضخ وحساب قدرة وكفاءة المضخات.

### الأهداف:

عند الانتهاء من هذا الفصل يكون المتدرب قادراً بإذن الله على:

١٣. معرفة أنواع المضخات المختلفة.

١٤. اختيار المضخات المناسبة لشبكة التوزيع.

١٥. حساب قدرة المضخات.

١٦. حساب كفاءة وحدات الضخ.

**مستوى الأداء المطلوب:** إتقان المتدرب لهذا الفصل بنسبة لا تقل عن ٩٥ %.

**الوقت المتوقع لإنهاء هذا الفصل:** ٤ ساعات.

## المضخات ومحطات الضخ

### ٦- ١ مقدمة

تعمل المضخات على رفع المياه بعد مرحلة الترشيح والتطهير من أحواض المياه المرشحة ومن الخزانات إلى شبكة توزيع المياه، وذلك لإمداد المدينة بالمياه بالمعدلات والضغوط المناسبة.

### ٦- ٢ أنواع المضخات

تنقسم المضخات حسب رفع المياه إلى قسمين:

١. مضخات الضغط المنخفض: وتقوم برفع المياه من بئر المياه العكورة الملحق بمحطة المضخات حتى منسوب المياه في عمليات التنقية وهذا لا يزيد عادة عن عشرة أمتار ولذلك سميت محطات الرفع المنخفض.

٢. مضخات الضغط العالي: وهي التي توجد في أول شبكة التوزيع وتضغط الماء بحيث يكون الضغط في شبكة المياه يساوي ٢٥ متر ماء في أقصى نقطة في المدينة.

وهناك ثلاثة أنواع رئيسة من المضخات:

- مضخات طرد مركزية (Centrifugal Pumps)
- مضخات ترددية (Reciprocating Pumps)
- مضخات دورانية (Rotary Pumps)

الشكل (٦- ١) يوضح أنواعاً مختلفة للمضخات المستخدمة لرفع المياه.



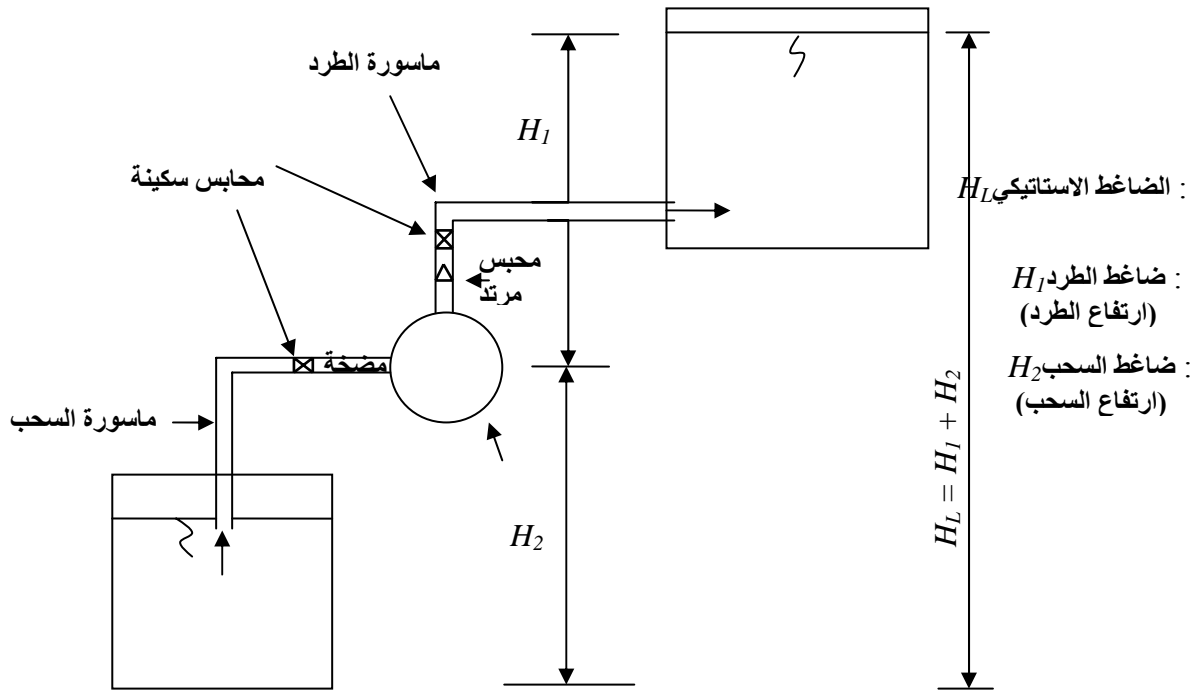
الشكل (٦- ١): مضخات رفع المياه.

### ٦- ٣ كفاءة المضخات

يتم اختيار نظام تشغيل وحدات الضخ وتصرفاتها بعد دراسة اقتصادية وفنية شاملة، لمقارنة ساعات التشغيل وقوة المضخات وحجم الخزانات العلوية المطلوبة لكل طريقة من طرق التشغيل. ويتم حساب الرفع الكلي للمضخات على أساس الفاقد في أطوال مواسير الشبكة، والضغط المطلوب توافره في جميع أجزاء الشبكة. ويؤثر في ضغط المضخات ارتفاع الخزانات العالية وموقعها بالنسبة لشبكة التوزيع. وتستخدم مضخات ذات قدرة تصرف تتراوح من ١,٩ إلى ٥,٧ م<sup>٣</sup>/ دقيقة ويفضل استخدام مضخات بقدرة ٢,٨ م<sup>٣</sup>/ دقيقة أو أكبر بالنسبة للمناطق السكانية التي يتعدى عدد سكانها ١٠٠٠٠ نسمة.

### ٦- ٤ اختيار المضخات

يراعى في اختيار وحدات الضخ أن يكون الضغط الكلي للمضخة كافياً لرفع المياه من موقع المأخذ إلى وحدات التنقية وإلى الخزانات العليا. وكما هو موضح في الشكل (٦- ٢) يكون الضغط الكلي للمضخة مساوياً للفرق في منسوب المياه بين أدنى مستوى عند موقع المأخذ وسطح المياه في الخزانات أو وحدات التنقية، ويضاف إلى ذلك مجموع الفاقد في مسار المياه.



الشكل (٦ - ٢): ضخ المياه إلى خزان علوي.

ويستعمل مصطلح ضاغط (Head) لوصف الطاقة الهيدروليكية الكامنة التي تدفع بالماء إلى المنسوب المطلوب. ولمعرفة المجموع الضاغط الديناميكي (TDH: Total Dynamic Head) الذي يجب أن تشغل من أجله المضخة نحسب:

$$TDH = H_L + H_F + H_V \quad (٦ - ١)$$

حيث:

•  $H_L$ : مجموع الضاغط الاستاتيكي (Total Static Head) وهو الفارق في منسوب المياه بين

مستوى المأخذ ومستوى الخزان ويحسب كالتالي:

$$H_L = H_1 + H_2 \quad (٦ - ٢)$$

حيث:  $H_1$  ضاغط الطرد (ارتفاع الطرد) و  $H_2$  ضاغط السحب (ارتفاع السحب).

•  $H_F$ : مجموع فواقد الضغط الناتج عن الاحتكاك (Total Friction Headloss) ويحسب من

معادلة دارسي التالية:

$$H_f = \frac{4fLV^2}{2gD} \quad (٦-٣)$$

حيث:

$D$ : قطر خط المواسير

$f$ : معامل الاحتكاك لمادة المواسير

$L$ : طول خط المواسير (ماسورة السحب + ماسورة الطرد)

$V$ : سرعة المياه

$g$ : عجلة الجاذبية

•  $H_V$ : ضاغط السرعة (Velocity Head) (يمكن إهماله في بعض الحالات)، وهو عبارة عن

الفواقد الثانوية وهي مكونة من جزأين هما:

$$\left[ \frac{1}{2} \frac{V^2}{g} \right]: \text{فواقد المدخل}$$

$$\left[ \frac{V^2}{2g} \right]: \text{وفواقد المخرج}$$

وبذلك فإن ضاغط السرعة يساوي:

$$H_V = \frac{1}{2} \times \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g} = 1.5 \frac{V^2}{2g} \quad (٦-٤)$$

وتكون قدرة تدفق المياه في المواسير مساوية للناتج الصافي للمضخة (Net output)، ويمكن حساب

ذلك باستخدام العلاقة التالية:

$$P_w = KQH \quad (٦-٥)$$

حيث:

$P_w$ : قدرة الماء (كيلو وات) (Water Power, kW)

$Q$ : التدفق (م<sup>٣</sup>/دقيقة) (Flow, m<sup>3</sup>/min)

$H$ : مجموع الضاغط الديناميكي، بالمتري (Total dynamic head, m)

$K$ : ثابت يتعلق بكثافة السائل وبالوحدات المستعملة. فبالنسبة للماء عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية وباستعمال الوحدات (kW, m<sup>3</sup>/min, m) يكون  $K$  يساوي ٠,١٦٣.  
وتحتاج وحدات الضخ إلى قدرة كافية لضخ المياه بالضغط المناسب في المواسير. ويمكن حساب قدرة المضخات باستخدام العلاقة التالية:

$$P_p = \frac{P_w}{E_p} \quad (٦ - ٦)$$

حيث:

$P_p$ : قدرة المضخة (كيلو واط) (Power input to the pump, kW)

$P_w$ : قدرة الماء (كيلو واط) (Water Power, kW)

$E_p$ : كفاءة المضخة (Pump Efficiency)

مثال (٦ - ١):

احسب قدرة تدفق الماء وقدرة مضخة صممت لرفع الماء بمعدل ١,٩ م<sup>٣</sup> / دقيقة إلى ارتفاع قدره ٧٠ متر، علماً أن كفاءة المضخة تساوي ٩٠٪.

الحل:

$$P_w = KQH$$

$$P_w = 0.163 \times 1.9 \times 70 = 21.68 \text{ kW}$$

$$P_p = \frac{P_w}{E_p}$$

$$P_p = \frac{21.68}{0.9} = 24.9 \text{ kW}$$

## أسئلة وتمارين:

١. عدد أنواع مضخات الرفع المستخدمة في شبكات توزيع المياه مع توضيح أهمية وضع مضخات الرفع في الشبكة وأماكن وضعها
٢. وضع مع الاستعانة بالرسم كيفية حساب الضغط الكلي للمضخة ثم وضع كيفية حساب قدرة المضخة
٣. مضخة صممت لرفع الماء بمعدل ٢ م<sup>٣</sup> / دقيقة إلى ارتفاع قدره ٥٠ متر. احسب قدرة تدفق الماء وقدرة هذه المضخة إذا كانت كفاءة المضخة تساوي ٩٠٪.
٤. احسب الضاغط الكلي لطلبة مخصصة لرفع المياه إلى خزان علوي ومقاومة فاقد الاحتكاك في المواسير، علماً أن مقدار عمود السحب ١٠ م ومقدار عمود الطرد ٦٥ م وقطر ماسورة السحب والطرد ٣٠ سم وطول ماسورة السحب ١٥ م وطول ماسورة الطرد ٧٥ م ومعامل الخشونة للمواسير ٠,٠٠٢ وهي مصنوعة من الحديد الصلب. وإذا علمت أن المضخة صممت لرفع الماء بمعدل ٢ م<sup>٣</sup> / دقيقة وكفاءة المضخة ٩٠٪ فاحسب قدرة المضخة.