

منحنيات الأداء وكيفية اختيار المضخات Performance Curves & Pump Selection

لكي نتعرف على سلوك الطلمبة الطاردة المركزية عند استخدامها للضخ في أي نظام (SYSTEM) يجب أولاً أن تكون على علم كامل بالمواصفات العامة والفنية لها من خلال منحنيات الأداء الخاصة بها.

بداية ما هي منحنيات الأداء؟

تقوم الشركات المنتجة للطلمبات بإجراء اختبارات فعلية على طلمبة ما (Pump Testing) تحصل من خلالها على مجموعة منحنيات تعبر عن تغيّر كل من معدل ضخ السائل (Q) والضغط المانومتري (H) والقدرة (P) والكفاءة (η) وذلك عند سرعة دوران معينة ،

ويتم وضع نتائج الاختبار في صورة منحنيات تُعطى في كتالوج الطلمبة وتسمى منحنيات خواص الطلمبة Characteristic Curve أو منحنيات أداء الطلمبة Performance Curve

.....

كيف يتم إجراء تلك الاختبارات؟

يتم الاختبار عند سرعة دوران معينة (N) تقاس بواسطة التاكوميتر (Tachometer) ، وتجرى القياسات الآتية :

- قياس التصرف (Q) بواسطة أي من أجهزة قياس السريان (Flow Meters) أو عدادات فرق الضغط قبل وبعد فتحة القياس.

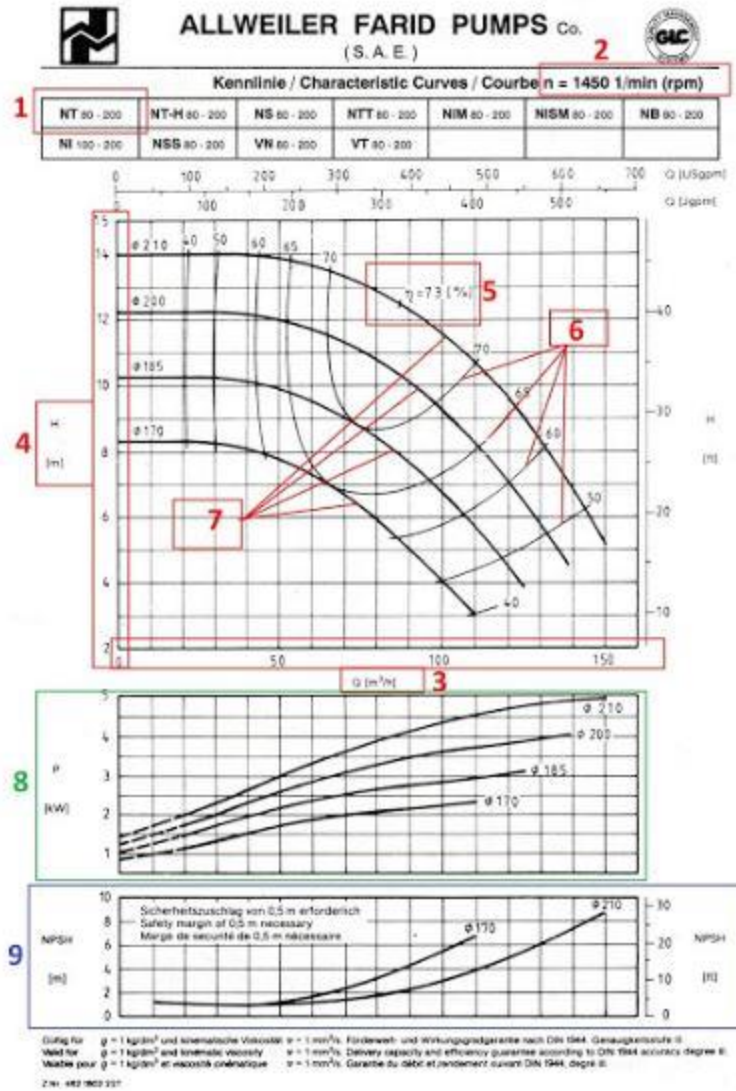
- قياس الضغط (H) بواسطة مانومتر ويتم تسجيل قراءة عداد الضغط قبل وبعد الطلمبة.

- قياس قدرة العمود (P) بواسطة الديناموميتر (Dynamometer) أو باستخدام محرك كهربائي تم معايرته وقياس قدرته الكهربائية المستهلكة بالكيلووات.

يتم تكرار التجربة بتغيير معدل التصرف (Q) مرات عديدة بواسطة التحكم في فتح محبس الطرد (Delivery Valve) ، وتدونّ القراءات في كل حالة في جدول أو في منحنى .

.....

شرح منحنى أداء خاص بشركة الوابيلر فريد للظلمبات :



(1) هو مسمى طراز الطلمبة الخاص بالشركة المصنعة ، ويختلف هذا المسمى من شركة لأخرى.

(2) هي سرعة الدوران N (لفة/دقيقة) المبني عليها نتائج منحنى الأداء ، أي هي سرعة المحرك المطلوب لتحقيق هذه النتائج (المواصفات الفنية) ، وإذا تم تركيب محرك ذات سرعة مختلفة عن المذكورة لهذه الطلمبة سوف تختلف كل نتائج المنحنى وبالتالي يختلف سلوك الطلمبة عن الموضح بالشكل.

(3) هو منحنى التصرف Q (مترمكعب/ساعة) - ممثلاً على المحور الأفقي- ونلاحظ أنه يبدأ بـ(صفر) ويتدرج حتى ينتهي بأقصى قيمة لتصرف هذه الطلمبة ، ويتم التحكم عملياً في معدل التصرف الخارج من الطلمبة عن طريق محبس الطرد ، فعندما يكون (التصرف = صفر) يدل ذلك على أن محبس الطرد مغلق تماماً وبالتالي بفتح المحبس تدريجياً نحصل على قيم مختلفة من معدلات التصرف حتى نقف عند المعدل المطلوب ضعه من الطلمبة.

(4) هو منحنى الضاغط H (متر) - ممثلاً على المحور الرأسي- ويقل الضاغط المانومتري بزيادة التصرف ، ويسمى الضاغط الذي يقابل تصرف مقداره (صفر) بضاغط الإيقاف Shut-off Head .

(5) هي نقطة أقصى كفاءة للطلمبة Maximum efficiency وهي نقطة تصميم الطلمبة Design Point ، وتقل الكفاءة إذا ابتعدنا عن هذه النقطة.

(6) هي منحنيات تعبر عن الكفاءة η عند نقاط التشغيل المختلفة ، والكفاءة هي النسبة بين ما حمله السائل من قدرة بواسطة الطلمبة إلى القدرة الفرملية المطلوبة من محرك الطلمبة.

(7) هي منحنيات تمثل القطر الخارجي للمروحة D التي يتم تركيبها داخل غلاف الطلمبة ويحدد قطر المروحة حسب **نقطة التشغيل** المطلوبة.

(8) هي منحنيات القدرة P التي توضح القدرة المطلوبة لإدارة الطلمبة عند **نقطة التشغيل** المطلوبة ، ونلاحظ أيضاً أن القدرة أقل ما يمكن عند التصرف (صفر) أي عندما يكون محبس الطرد مغلق بالكامل وتزداد بزيادة التصرف إلى حد أقصى معين ..

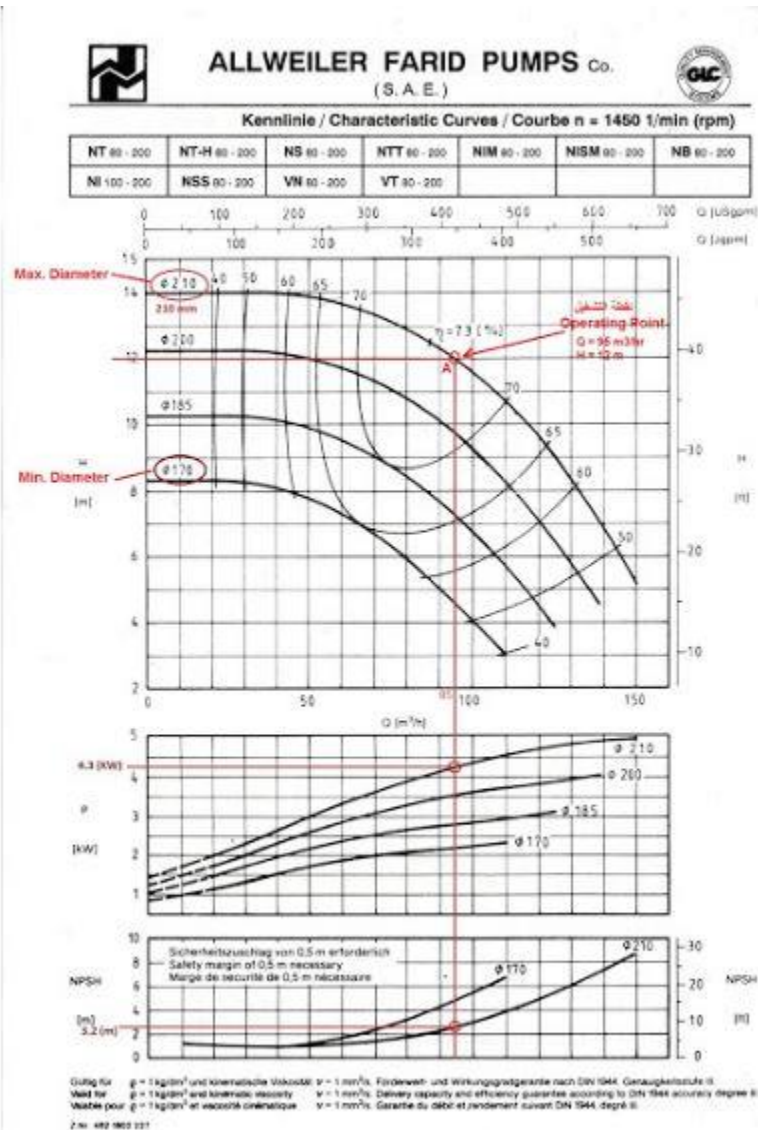
(9) هو منحنى صافي خط السحب الموجب NPSH والذي يعطي دلالة لعمق السحب المطلوب لتشغيل الطلمبة.

إذن كيف تختار الطلمبة المناسبة من خلال منحنيات الأداء؟ وكيف تختار المحرك اللازم لإدارتها؟

نقوم بشرح مثال على نفس منحنى الأداء السابق ..

بدايةً يتم اختيار الطلمبة بمعلومية التصريف (Q) والضغط (H) ، فإذا كان لديك على سبيل المثال نظام SYSTEM يحتاج : تصرف = 95 (متر مكعب/ساعة) ، ضغط = 12 (متر) ..

نذهب إلى الشركة المصنعة للطللمبات ونبحث لديها في منحنيات الأداء الخاصة بالطللمبات التي تقوم بإنتاجها بمعلومية التصريف والضغط لإيجاد الطلمبة المناسبة لتلك المواصفات المطلوبة لنجد منحنى أدائها كالتالي :



أولاً : من منحنى التصريف والضاغط : نبدأ باختيار التصريف 95 (مترمكعب/ساعة) يقابله ضاغط 12 (متر) فيتقابلان في النقطة (A) وهي **نقطة تشغيل الطلمبة "Operating Point"** ، وهذه النقطة عليها عدة ملاحظات :

- **وقعت النقطة على منحنى ذات قطر المروحة 210 (مم) ،** أي يتم تركيب مروحة ذات قطر خارجي 220 (مم) لتحقيق نقطة التشغيل المطلوبة ،
وواضح أن هذا أقصى قطر خارجي يمكن تركيبه داخل غلاف الطلمبة ، أما أصغر قطر يمكن تركيبه هو 170 (مم) كما هو موجود على منحنيات قطر المروحة.

"نستنتج من ذلك أنه يمكن تركيب عدد لا نهائي من أقطار المراوح داخل الطلمبة حسب نقطة التشغيل بشرط ألا تتجاوز أقصى وأقل قيمة لأقطار المراوح المتاحة على المنحنى ، والمنحنيان الموجودان ذات قطر 200مم و 185مم هي منحنيات استرشادية لتسهيل حساب قطر المروحة إذا وقعت نقطة التشغيل ما بين أحدهم."

- **كفاءة الطلمبة عند هذه النقطة 72% ،** وواضح أن نقطة التشغيل لا تقع تماماً عند نقطة أقصى كفاءة وهي 73% بل تقع عند نقطة قريبة منها ، مما يدل على أننا في بعض الأحيان لا يمكننا تشغيل الطلمبة عند نقطة أقصى كفاءة وذلك حسب الطلبات المتوافرة في الأسواق وأيضاً حسب نقطة التشغيل المطلوبة للنظام الموجود.

ثانياً : بالنزول على منحنى القدرة المطلوبة (KW) لمروحة قطرها 210 (مم) نجد أن القدرة تساوي 4.3 ك.وات ،
وعند اختيار المحرك المطلوب فإن قدرته = $4.3 \times 1.36 \times 1.25 = 7.3$ حصان " أي محرك كهربائي قدرة 7.5 حصان ، سرعته 1450 لفة/دقيقة"
(1.36 للتحويل من ك.وات إلى حصان ، 1.25 هي زيادة 25% أمان للمحرك)

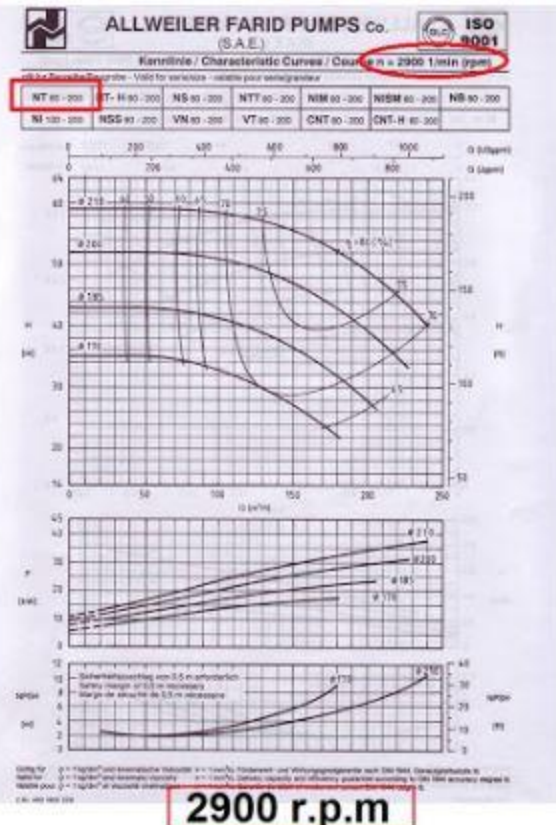
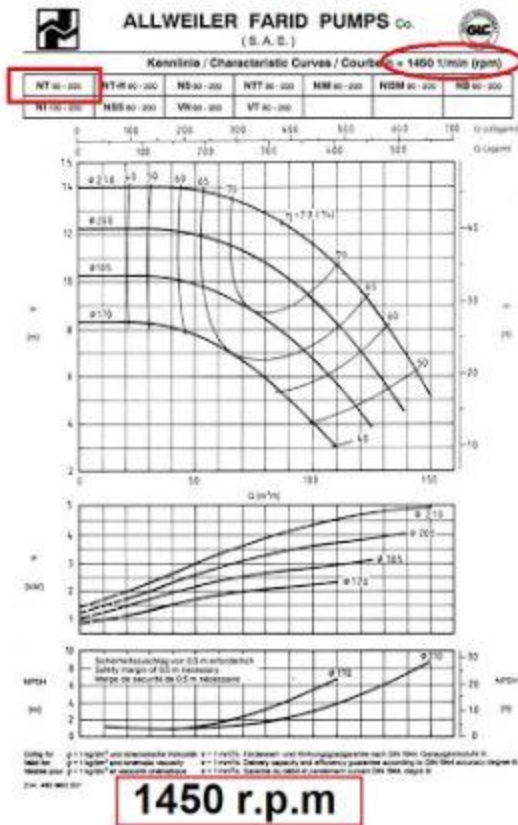
ثالثاً : بالنزول على منحنى NPSH لمروحة قطرها 210 (مم) نجد أن قيمة صافي الضغط الموجب للسحب = 3.2 م .. ماذا يعني ذلك؟

الإجابة: تستطيع الطلمبة أن تسحب من عمق حتى 6.8 متر (10 - 3.2) .. أي يتم طرح قيمة NPSH من قيمة الضغط الجوي لمعرفة عمق السحب للطلمبة (المسافة الرأسية بين سطح المياه وبين الطلمبة) ، وبالطبع كلما قل عمق السحب عن (6.8 متر) كلما كان أفضل للتشغيل.

.....

سؤال هام .. هل يمكن الحصول على تصرف أكبر وضغط أكبر من نفس الطلمبة المستخدمة ؟

الإجابة في الصورة التالية لنفس الطلمبة السابقة عند سرعة دوران مختلفة :



نجد عند تشغيل الطلمبة على سرعة 2900 لفة/دقيقة بدلاً من 1450 لفة/دقيقة أن جميع بيانات المنحنى قد تغيرت سواء كان معدل التصريف أو الضاغط المانومتري أو القدرة أو صافي خط السحب الموجب ...

وإذا كنت قومي بالملاحظة سوف تجد أنه :

“تزداد قيم معدل التصريف والضاغط والقدرة بزيادة سرعة الدوران.”

نتيجة زيادة القوة الطاردة المركزية بزيادة السرعة ، أما تأثير السرعة على كفاءة الطلمبة فإنه يكون طفيفاً.

وتبعاً لقوانين الطلمبات النظرية نجد أن :

عند ثبوت قطر المروحة وتغير سرعة الدوران (N)

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad , \quad \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \quad , \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3$$

الضاغط المانومتري
← معدل التصريف
← القدرة (Shp)

أما عند ثبوت سرعة الدوران وتغير قطر المروحة (D)

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{D_2}{D_1} \quad , \quad \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 \quad , \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

ملحوظات هامة :

يجب دائماً استخدام الطلمبة بحيث تكون نقطة التشغيل (Flow Rate) لا تزيد عن 120% من التصريف عند أعلى كفاءة لتجنب حدوث ظاهرة التكيف Cavitation ولا تقل عن 60% من التصريف عند أعلى كفاءة لتجنب حدوث اهتزازات Vibration ,, والموصى به عند التشغيل $\pm 15\%$ من أعلى كفاءة.

في بداية تشغيل الطلمبة الطاردة المركزية يكون محبس الطرد مغلق تماماً وتدار الطلمبة فتكون القدرة المطلوبة في البداية (صفر) عند تصرف (صفر) كما تم توضيحه بمنحنى الأداء , ثم يفتح صمام الطرد تدريجياً حتى الحصول على التصريف المطلوب ... ولكن ما السبب ؟؟

علمياً في بداية تشغيل الموتور الكهربى (Starting) يقوم الموتور بسحب حوالى ثلاثة أضعاف الأمبير المطلوب منه للتشغيل , ولذلك نراعى عند بدء التشغيل يكون منحنى القدرة عند أقل قيمة له والتي تتحقق عند أقل قيمة للتصرف (محبس الطرد مغلق) وذلك للحماية من حمل أمبير البدء وتجنب حدوث Over Load على المحرك .

.....