المحاضرة الثالثة

المنحنيات المميزة للمضخات الديناميكية الدوارة

(الجريان في المضخات الديامكية الدوارة +
نظرية التشابه في المضخات الديناميكية الدوارة
محذوفة)

من النادر أن تعمل المضخة بغزارة ثابتة ، وإنما تعمل بغزارات متفاوتة وذلك لأسباب عديدة سوف نأتي على ذكرها في الفصول القادمة ، ولذلك لابد من تحديد سلوك المضخة عندما تعمل بغزارات مختلفة ومعرفة قيم الضاغط والاستطاعة المستهلكة من قبل المضخة والمردود الموافق لهذه الغزارات .

المنحنيات المميزة للمضخات Characteristic Curves هي منحنيات تربط بين كل من ضاغط المضخة والاستطاعة المستهلكة من قبلها ومردودها بغزارتها . وهذه المنحنيات هي :

$$H = f(Q) \qquad (٥-١)$$

$$P_w = f(Q) \qquad (٥-٢)$$

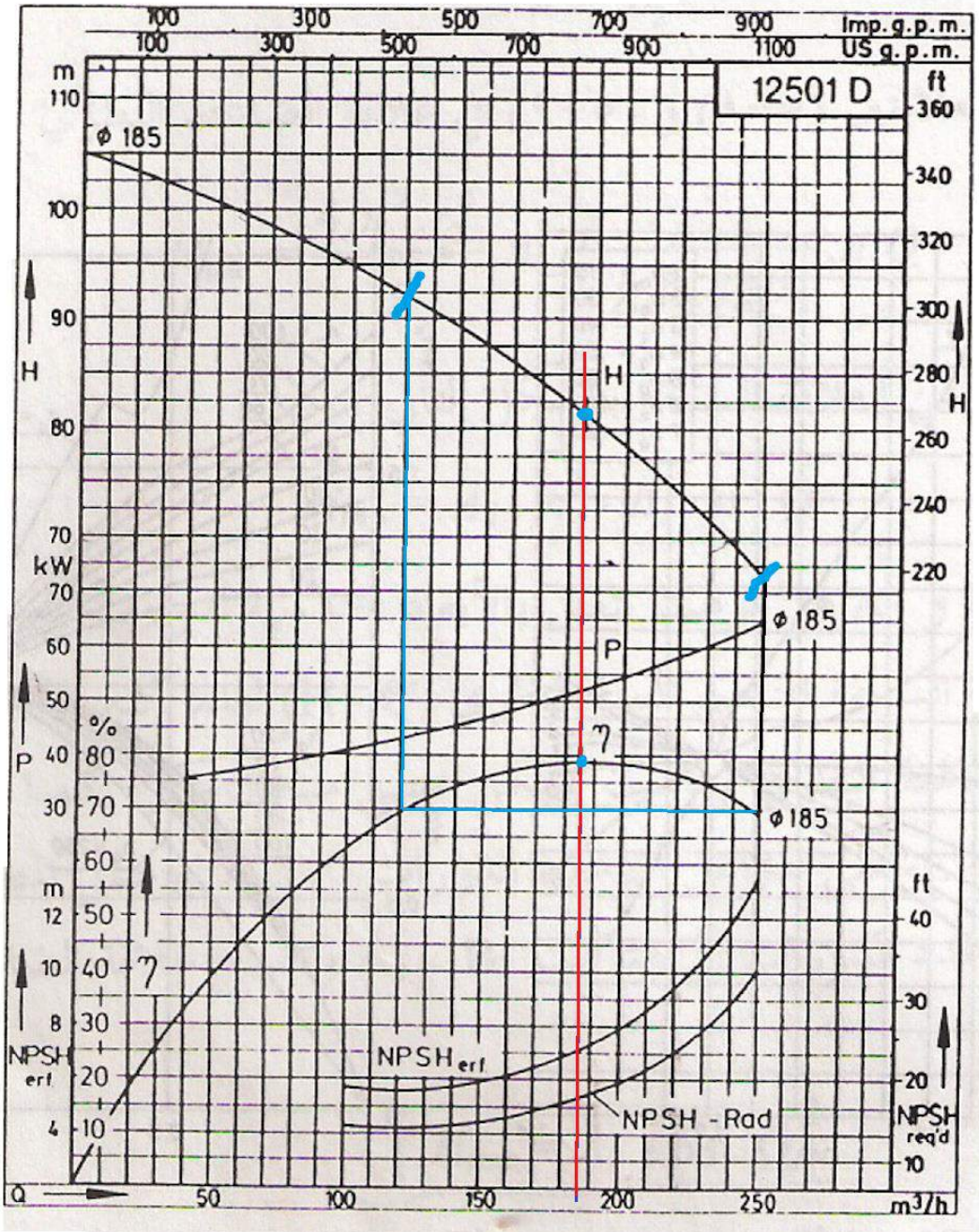
$$\eta = f(Q) \qquad (٥-٣)$$

$NPSH_r = f(Q)$

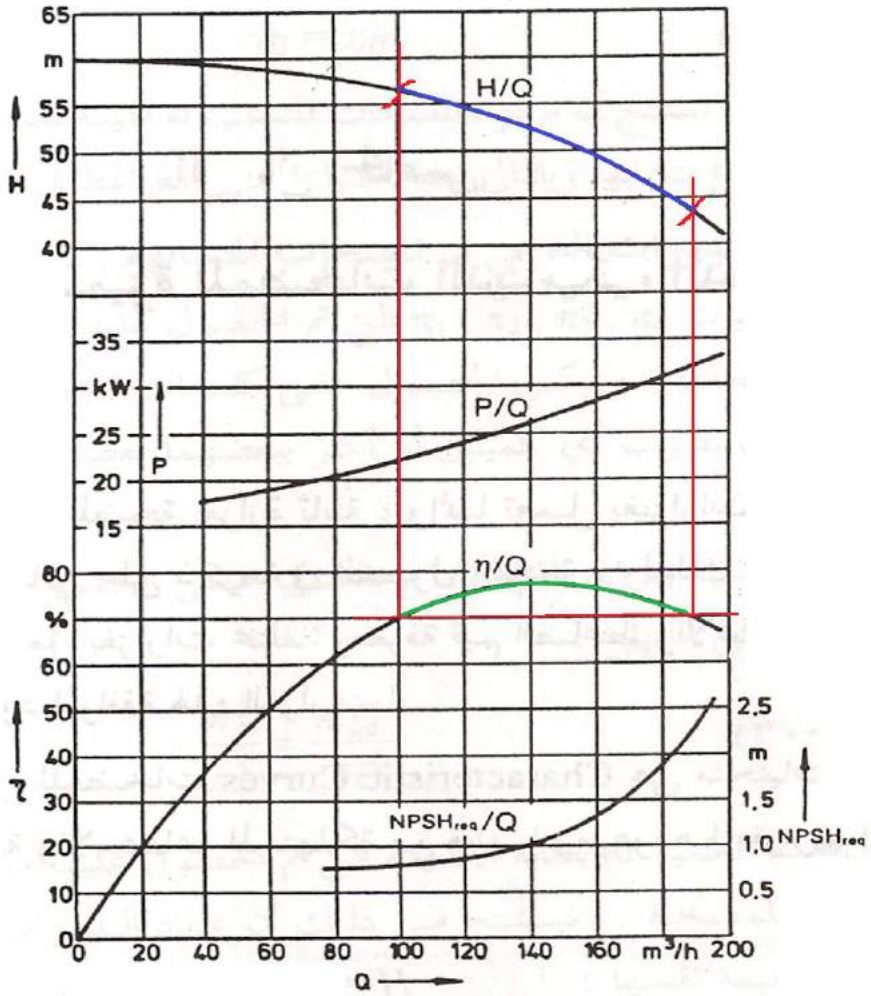
وهناك أيضا منحني مميز يربط بين احتياطي التكهف والغزارة سنتعرف عليه في بحث التكهف لاحقاً

عادة تعطى هذه المنحنيات تخطيطياً (الشكل ٥-١) ، وفي حالات قليلة تعطى تحليلياً على شكل معادلات رياضية تقريبية .

ويتم الحصول على المنحنيات المميزة للمضخات تجريبياً وذلك من خلال اختبارات خاصة تجرى في مخابرالشركات المنتجة لها . أما المنحنيات المميزة التي يتم الحصول عليها نظرياً ورغم التقدم الكبير في الطرائق الحسابية وبمساعدة الحاسوب فهي غير كافية ويمكن أن تعطينا فكرة عامة فقط .

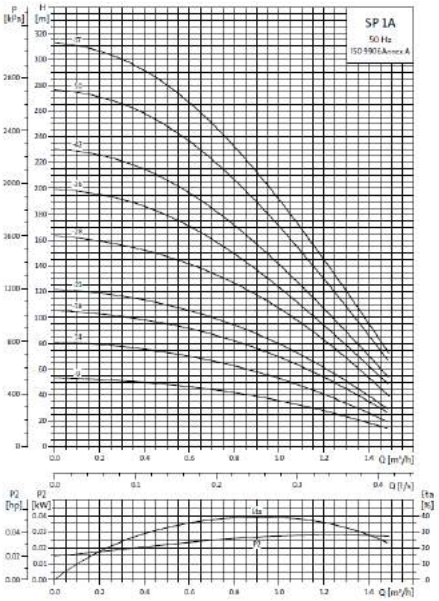


الشكل (٥-٢) منحنيات مميزة لإحدى المضخات النابذة



الشكل (٥–١) المنحنيات المميزة لإحدى المضخات النابذة

تكون هذه المنحنيات المميزة بعدية وهي الأكثر استخداماً حيث يعطى الضاغط بـ m والغزارة بـ m^3/s أو m^3/h (الشكل ٥–٢) ،



مخطط مواصفات لمضخة غاطسة (مضخة آبار) وهي مضخة نابذة متعددة المراحل

تعطى الخطوط المميزة للضاغط بحسب عدد المراحل (انظر الشكل)

يمكن البرهنة على أن الشكل العام للمنحني المميز النظري للمضخات النابذة يعطى بالشكل

$$H_{th\infty} = A_2 - B_2 \cdot Q \qquad (١٢-٥)$$

تمثل هذه العلاقة معادلة خط مستقيم ، ولرسم هذا المستقيم نذكر ثلاث حالات وذلك حسب إشارة الثابت B_2 والذي يتعلق بزاوية الريش عند طرف الخروج (الشكل٥-٤) :

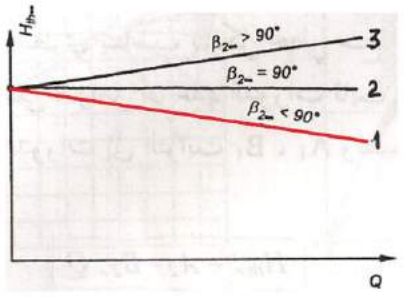
١ - $\beta_2 < 90$ حيث يكون المستقيم هو رقم 1 ويتناقص الضاغط بزيادة الغزارة.

٢ - $\beta_2 = 90$ حيث يكون المستقيم هو رقم 2 ولاتتغير قيمة الضاغط مع تغير الغزارة .

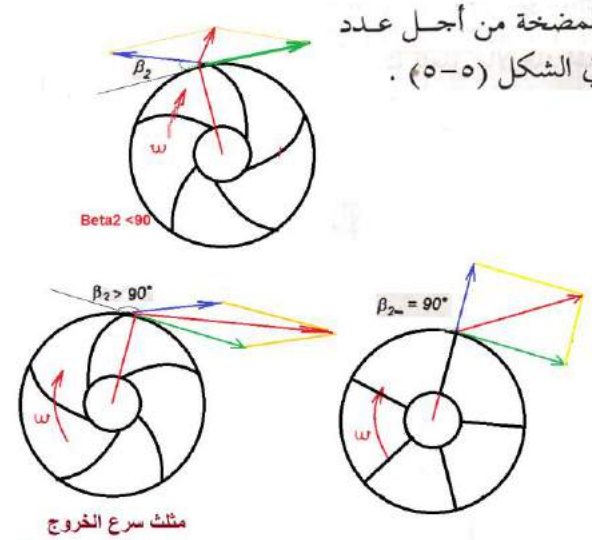
٣ - $\beta_2 > 90$ حيث يكون المستقيم هو رقم 3 ويزداد الضاغط مع زيادة الغزارة.

وعندما تصنع الريش بزاوية $\beta_2 > 90$ فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض كبير في قيمة المردود بسبب تشكل دوامات شديدة يرافقها ضياعات كبيرة ، ولتلافي هذا الانخفاض يجب أن تصنع الريش بزاوية $\beta_2 < 90$ ، ويكون المستقيم هو رقم 1 ويمثل المنحني المميز النظري (H-Q) للمضخة .

تمثل العلاقة (٥-١٢) الضاغط النظري من أجل عدد كبير جداً من الريش . وكما وجدنا سابقاً عندما يكون عدد الريش محدوداً فإن الضاغط ينخفض وبالتالي يصبح شكل المنحني المميز النظري للمضخة من أجل عدد محدود من الريش هو المستقيم CD المبين في الشكل (٥-٥) .



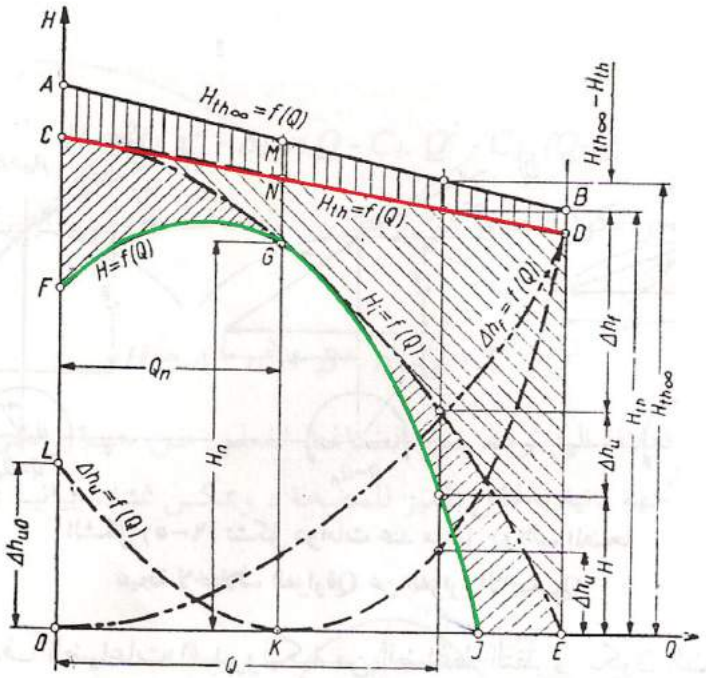
الشكل (٥-٤) . المنحني المميز النظري (H-Q) من أجل عدد كبير من الريش



مثلث سرع الخروج
عندما تكون ريش الدولاب منعطفة نحو الأمام

٥-٣- المنحني المميز (H-Q) الفعلي للمضخة الديناميكية الدوارة :

إن العلاقة السابقة التي حصلنا عليها من أجل ضاغط المضخة بدلالة الغزارة تم استنتاجها حسب شروط الدخول إلى الدولاب والخروج منه وذلك بالاعتماد على مثلثات السرع ، ولم يؤخذ وضع الجريان في الأقنية بين الريش بالحسبان . وإذا ما تذكرنا أن الجريان بين الريش يشبه تماماً الجريان في الأنابيب ، بناء على ذلك سوف تحصل مجموعة من الفواقد الهيدروليكية ، وهذه الفواقد سوف تؤدي إلى خفض إضافي في قيمة الضاغط الذي تقدمه المضخة .



الشكل (٥-٥) المنحني المميز النظري (H-Q) من أجل عدد محدد من الريش والانتقال منه إلى المنحني المميز الفعلي (باللون الأخضر)

في دولاب المضخة يحصل نوعان من الفواقد :

• **فواقد الاحتكاك Δh_f** : وتنجم عن احتكاك السائل بجدران الأقنية المحصورة بين الريش أثناء مروره في الدولاب ، وعن احتكاكه بالجدران الداخلية للمضخة بين طرفي الدخول والخروج . وكما نعلم فإن هذه الفواقد تتناسب مع مربع الغزارة كما يلي :

$$\Delta h_f = C_1 \cdot Q^2 \qquad (١٤-٥)$$

للاطلاع فقط **فواقد الصدم Δh_u** : تحدث هذه الضياعات عادة عندما تختلف الغزارة المارة في المضخة عن الغزارة الاسمية . وكما مر معنا سابقاً حين تختلف غزارة المضخة عن الغزارة الاسمية تتشكل مركبة محيطية تؤدي إلى تدوم السائل عند مدخل الدولاب وتؤدي أيضاً إلى اختلاف زاوية دخول السائل عن زاوية الريشة β_1 (الشكل ٥-٦)، مما يؤدي إلى تشكل دوامات إضافية تسبب ضياعات هيدروليكية كبيرة . وترتفع قيمة هذه الضياعات عندما يزداد الفرق بين الغزارة المارة والغزارة الاسمية على شكل تربيعي:

بعد حذف الضياعات الهيدروليكية من الضاغط النظري يكون الضـاغط الفعلي هو :

$$H = H_{th} - \Delta h_f - \Delta h_u \qquad (١٦-٥)$$

وبعد التعويض نجد أن :

$$H = A_2 - B_2 \cdot Q - C_1 \cdot Q^2 - C_2 \cdot (Q-Q_n)^2 \qquad (١٧-٥)$$

انتهى للاطلاع

إن هـذه العلاقـة تمثـل المنحـني المميز الفعلـي (H-Q) للمضخـة بعـد حـذف الضياعات الهيدروليكية التي تحدث فيها (الشكل ٥-٥) وهو المنحني الممثل بالخط FJ ، وهي تمثل معادلة قطع مكافىء من الدرجة الثانية شكلها العام هو :

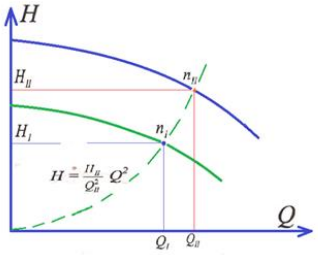
$$H = A \cdot Q^2 + B \cdot Q + C \qquad (١٨-٥)$$

يمكن للتبسيط في حل المسائل أن تكون معادلة الخط المميز للمضخة من الشكل

$H = A \cdot Q^2 + C$ (قطع مكافئ متناظر)

٥-٥- المنحني المميز للمضخة لعدد دورات مختلفة - معادلة خطوط تساوي المردود :

عندما يتغير عدد دورات دولاب المضخة فـإن غزارتهـا وضاغطهـا يتغـيران تبعاً لقوانين التشابه الخاصة على النحو التالي :



$$\frac{H_I}{n_I^2} = \frac{H_{II}}{n_{II}^2} \Rightarrow \frac{H_I}{H_{II}} = \left(\frac{n_I}{n_{II}}\right)^2 \qquad (٢١-٥)$$

$$\frac{Q_I}{n_I} = \frac{Q_{II}}{n_{II}} \Rightarrow \frac{n_I}{n_{II}} = \frac{Q_I}{Q_{II}} \qquad (٢٢-٥)$$

وبتعويض العلاقة (٥-٢١) في العلاقة (٥-٢٢) نحصل على المعادلة التالية :

$$\frac{H_I}{H_{II}} = \left(\frac{Q_I}{Q_{II}}\right)^2 \Rightarrow \frac{H_I}{Q_I^2} = \frac{H_{II}}{Q_{II}^2} = C \qquad (٢٣-٥)$$

أي أن :

$$H = C \cdot Q^2 \qquad (٢٤-٥)$$

ومما سبق يمكن استنتاج ما يلي :

عند تغير عدد دورات المضخة فإن المنحني المميز لها سوف ينزلق ، بحيث إن كل نقطة تقع على المنحني المميز للمضخة قبل تغيير عدد الدورات سوف تنزلق إلى نقطة جديدة تقع مع الأولى على قطع مكافىء مار من مبدأ الإحداثيات وأن جميع النقاط الواقعة على هذا القطع لها المردود نفسه (هذا الكلام صحيح من الناحية النظرية أما من الناحية العملية التجريبية لا تكون قيم المردود متساوية وإنما متقاربة إلى حد ما) .

ويمكن استخدام قوانين التشابه ومفهوم خطوط تساوي المردود في إيجاد مجموعة المنحنيات المميزة للمضخة ضمن مجال كامل لعدد دوراتها $n_{min} \sim n_{max}$.

على افتراض أن النقطة N_1 تقع على المنحني المميز لمضخة عدد دوراتها n_1 (الشكل ٥-٨) ولنفترض أن الغزارة في هذه النقطة هي Q_1 والضاغط هو H_1 . إذا تغير عدد دورات المضخة من n_1 إلى n_2 بحيث $n_2 < n_1$ فإن قيمة كل من الغزارة والضاغط تتغير أيضاً إلى Q_2 و H_2 وفق العلاقتين :

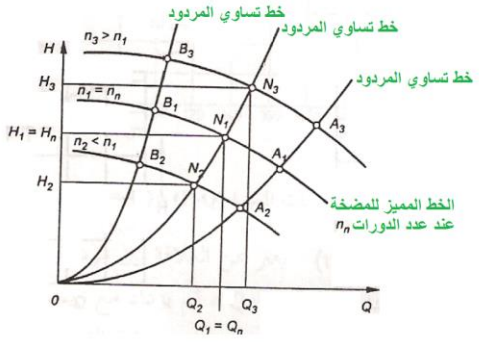
$$Q_2 = Q_1 . \frac{n_2}{n_1} \qquad (٢٥-٥)$$

$$H_2 = H_1 . \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \qquad (٢٦-٥)$$

على هذا نكون قد حصلنا على النقطة N_2 . نكرر العملية بالنسبة للنقاط B_1 ، A_1 فنحصل على النقاط B_2 ، A_2 ، بعد ذلك نصل بين النقاط B_2 ، N_2 ، A_2 فنحصل على المنحني المميز للمضخة والموافق لعدد دورات n_2 .

ويمكن إعادة الأسلوب السابق نفسه تماماً في إيجاد المنحني المميز من أجل عدد دورات n_3 أكبر من n_1 ومو ممثل على الشكل (٥-٨) بالنقاط B_3 ، N_3 ، A_3 .

أما النقاط N_3 ، N_2 ، N_1 و A_3 ، A_2 ، A_1 و B_3 ، B_2 ، B_1 فإنها تقع على خطوط تساوي المردود كما هو مبين في الشكل .



الشكل (٥-٨) تغير المنحني المميز للمضخة بتغيير عدد الدورات – خطوط تساوي المردود

تطرح مسألة تغيير عدد الدورات بشكلين:
1- معطى المنحنى المميز للمضخة، وعدد الدورات، والمطلوب رسم الخط المميز للمضخة بعدد دورات آخر.

2- معطى المنحني المميز، وعدد الدورات، وإحداثيات نقطة لا تقع على المنحني المميز للمضخة. والمطلوب: إيجاد عدد الدورات الجديد الذي يجعل الخط المميز الجديد يمر من النقطة المعطاة.

٥-٦- المنحنيات المميزة التجريبية للمضخات الديناميكية الدوارة :

باستخدام الطرائق الحسابية التحليلية البسيطة استنتجنا أن معادلة المنحني المميز للمضخة هي قطع مكافىء من الدرجة الثانية ، إلا أن هذه المعادلة لا تمكننا من حساب الضاغط بشكل دقيق ، لأن الضياعات الهيدروليكية التي تحصل في المضخة لا يمكن تحديدها إلا بشكل تجريبي بسبب البنية الإنشائية المعقدة للدولاب وصعوبة تحليل الظواهر الهيدروليكية التي تحدث فيه . لذلك تفيدنا معادلة المنحني المميز للمضخة في إعطائنا فكرة عامة فقط ، أما المنحنيات المميزة الحقيقية فيمكن الحصول عليها تجريبياً،

وتعطى على شكل مخططات صادرة عن الشركة الصانعة للمضخة وتكون بمثابة البطاقة الذاتية للمضخة .

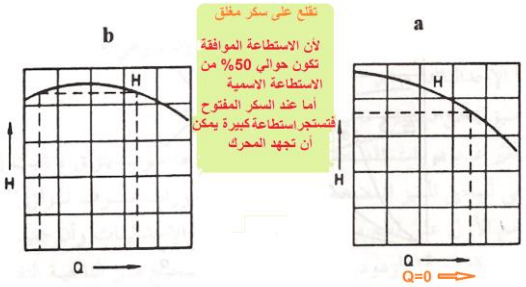
والآن سنشرح بشيء من التفصيل الشكل العام لهذه المنحنيات وذلك للأنواع الرئيسة الثلاثة بالنسبة للمضخات الديناميكية الدوارة .

٥-٦-١- المنحنيات المميزة للمضخات النابذة :

- **المنحني المميز (H-Q)** : وهو يعبر عن العلاقة التي تربط بين الضاغط الذي تقدمه المضخة وغزارتها ، لهذا المنحني شكلان بالنسبة للمضخات النابذة :

١- المنحني المميز الستاتيكي : حيث يكون الضاغط أعظمياً عند $Q = 0$ ثم يبدأ الضاغط بالانخفاض مع زيادة الغزارة (الشكل ٥-٩-a) .

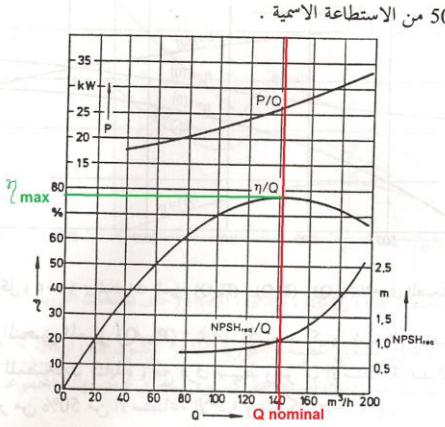
تقلع على سكر مغلق
لأن الاستطاعة الموافقة تكون حوالي 50% من الاستطاعة الاسمية أما عند السكر المفتوح فتستجر استطاعة كبيرة يمكن أن تجهد المحرك



الشكل (٥-٩) المنحني المميز (H-Q) للمضخة النابذة
a) المنحني المميز الستاتيكي . b) المنحني المميز غير الستاتيكي

٢ - المنحني المميز غير الستاتيكي : حيث يكون الضاغط أعظمياً عند قيمة معينة للغزارة أكبر من الصفر ثم تنخفض هذه القيمة مع زيادة الغزارة (الشكل ٥-٩-b) .

- **المنحني المميز (P_w - Q)** : وهو يعبر عن العلاقة التي تربط بين الاستطاعة التي تستهلكها المضخة وغزارتها ، حيث تزداد هذه الاستطاعة بزيادة الغزارة (الشكل ٥-١٠) . وتجدر الإشارة إلى أنه عند الغزارة Q = 0 لا تنعدم الاستطاعة المستهلكة وإنما تستهلك على شكل ضياعات نتيجة الدوامات ، وتكون قيمة هذه الاستطاعة نحو 50% من الاستطاعة الاسمية .

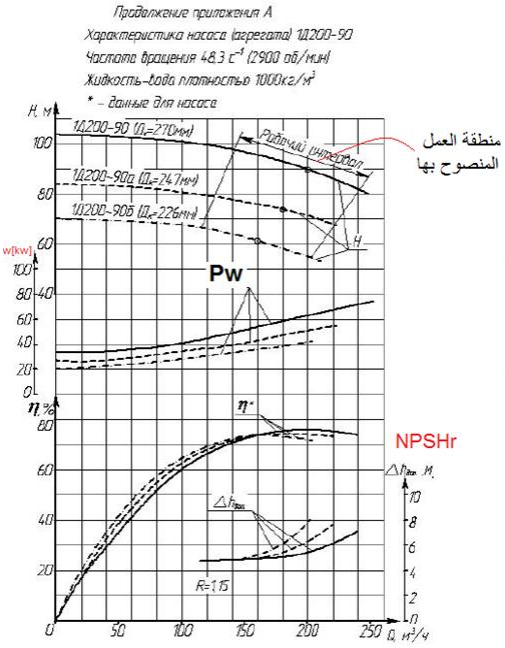


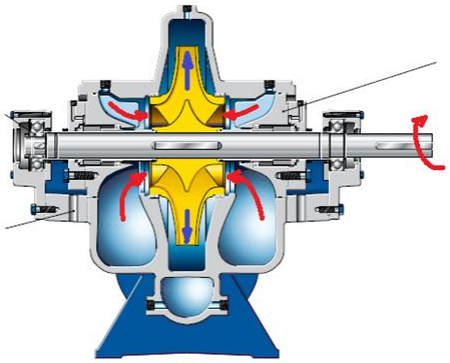
الشكل (٥-١٠) المنحنيات المميزة (P-Q) ، (η-Q) لإحدى المضخات النابذة

- **المنحني المميز (η-Q)** : يعبر عن العلاقة بين مردود المضخة وغزارتها ، حيث نلاحظ انعدام المردود عند الغزارة Q =0 ، ثم يزداد مع زيادة الغزارة إلى أن يصل إلى قيمة عظمى ، ثم يبدأ بالتناقص من جديد مع زيادة الغزارة (الشكل ٥-١٠) . إن أفضل وضع للمضخة عندما تعمل بمردودها الأعظمي ، وندعو الغزارة الموافقة للمردود الأعظمي بالغزارة الاسمية والضاغط الموافق بالضاغط الاسمي والاستطاعة الموافقة بالاستطاعة الاسمية .

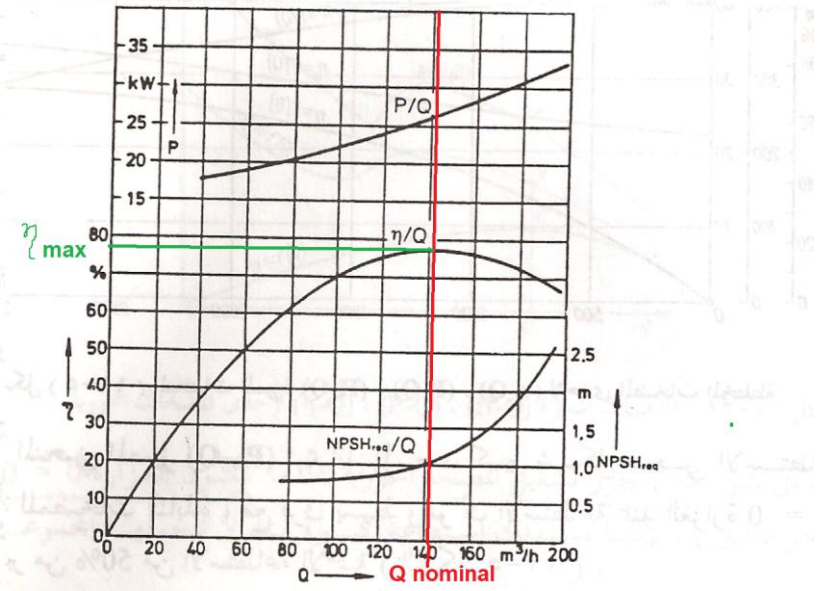
تسمى هذه النقطة نقطة العمل المثلى: BEP

مخطط مواصفات مضخة **نابذة ثنائية المدخل** 90-200 Д
بعدد دورات 2900 دورة في الدقيقة
بأقطار مختلفة للدولاب العامل 270 و 247 و 226 ملم





الاستطاعة نحو 50% من الاستطاعة الاسمية .



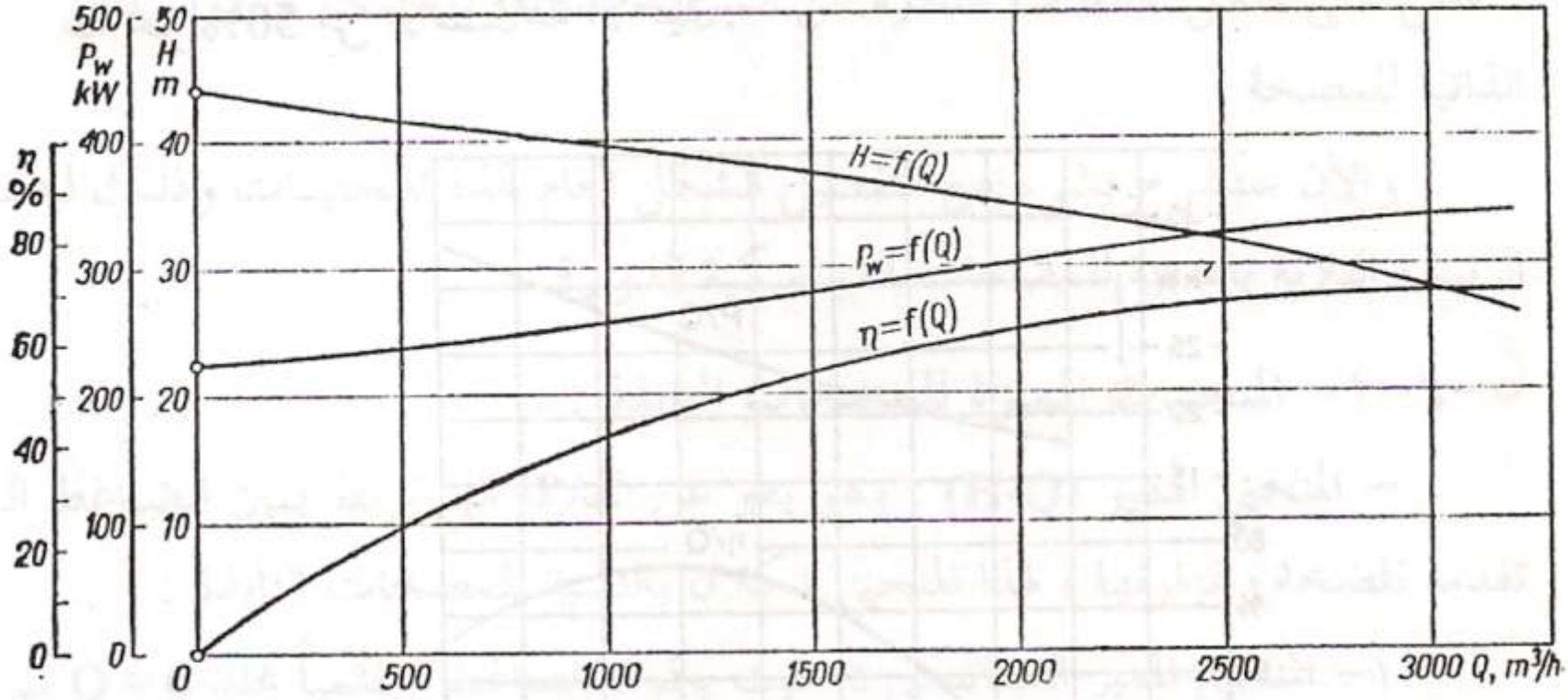
الشكل (٥–١٠) المنحنيات المميزة (P-Q) ، (η-Q) لإحدى المضخات النابذة

– **المنحني المميز (η-Q)** : يعبر عن العلاقة بين مردود المضخة وغزارتها ، حيث نلاحظ انعدام المردود عند الغزارة Q = 0 ، ثم يزداد مع زيادة الغزارة إلى أن يصل إلى قيمة عظمى ، ثم يبدأ بالتناقص من جديد مع زيادة الغزارة (الشكل ٥-١٠) . إن أفضل وضع للمضخة عندما تعمل بمردودها الأعظمي ، وندعو الغزارة الموافقة للمردود الأعظمي بالغزارة الاسمية والضاغط الموافق بالضاغط الاسمي والاستطاعة الموافقة بالاستطاعة الاسمية .

تسمى هذه النقطة نقطة العمل المثلى: BEP

٥-٦-٢- المنحنيات المميزة للمضخات المختلطة :

– **المنحني المميز (H-Q)** : شكله لا يختلف كثيراً عن المنحني الستاتيكي للمضخات النابذة . والفرق الوحيد فقط هو أنه عند البداية ينخفض الضاغط مع زيادة الغزارة ، ثم بعد ذلك يقل معدل الانخفاض ، ثم من جديد يزداد معدل الانخفاض مع زيادة الغزارة (الشكل ٥-١١) .



الشكل (٥-١١) المنحنيات المميزة (H-Q) ، (P-Q) ، (η-Q) لإحدى المضخات المختلطة

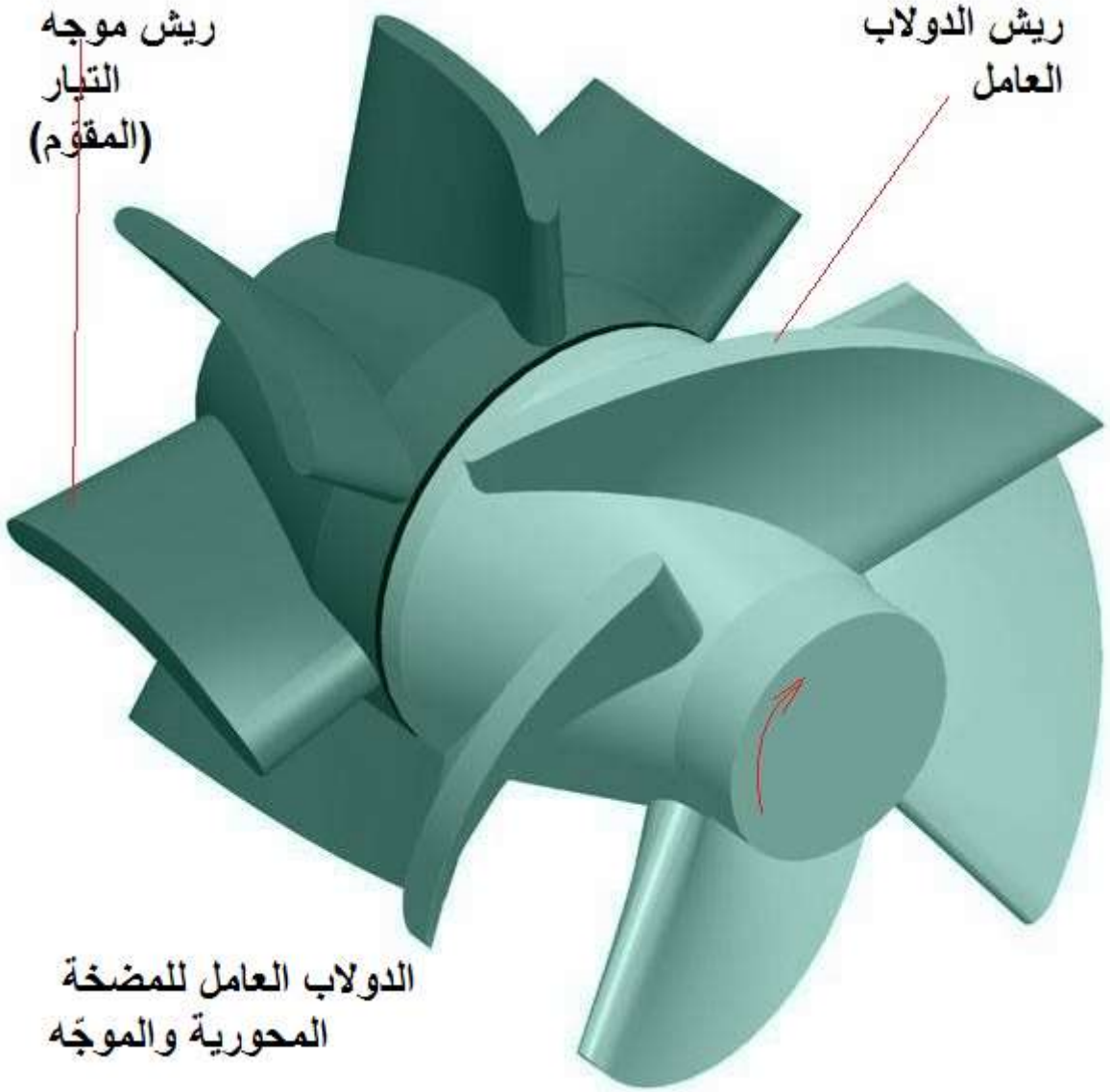
– **المنحني المميز (P_w-Q)** : يماثل إلى حد كبير شكل منحني الاستطاعة المستهلكة للمضخات النابذة ، مع فرق بسيط وهو أن الاستطاعة عند الغزارة Q = 0 تكون أكبر من 50% من الاستطاعة الاسمية (الشكل ٥-١١) .

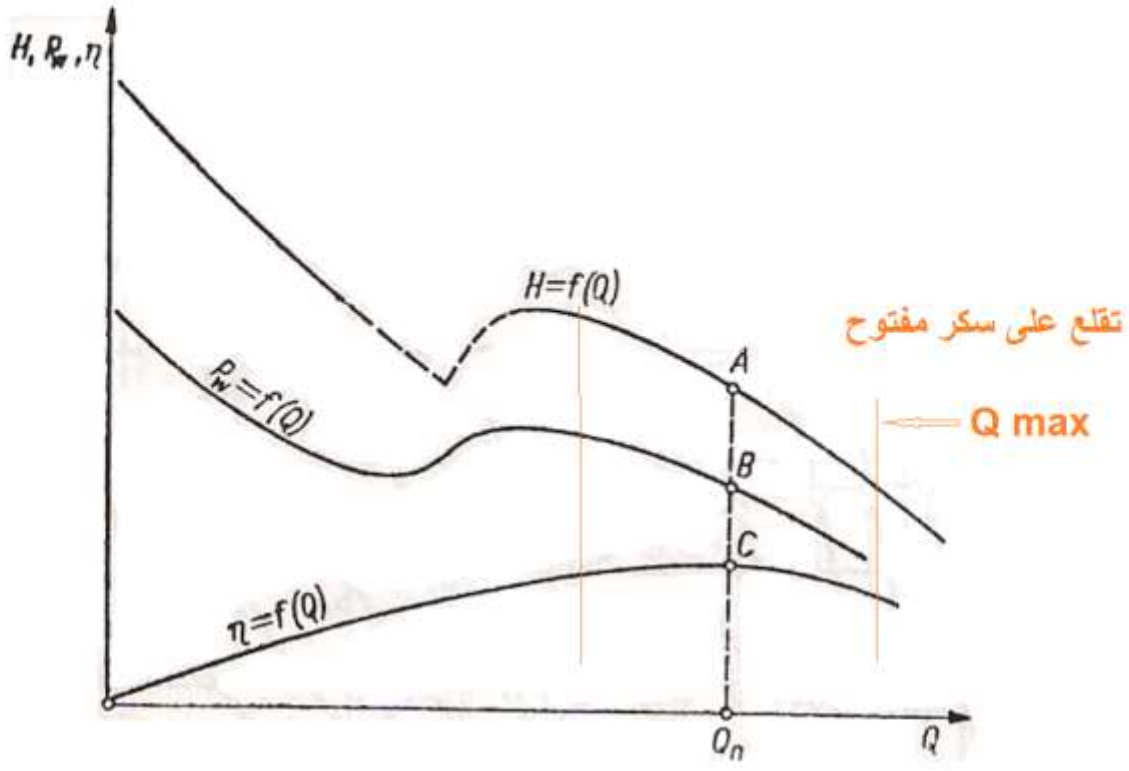
– **المنحني المميز (η-Q)** : مشابه تماماً في حالة المضخات النابذة .

٥-٦-٣- المنحنيات المميزة للمضخات المحورية :

- **المنحني المميز (H-Q)** : شكله يختلف عما هو عليه في المضخات النابذة والمختلطة . فعند $Q = 0$ يكون الضاغط أعظمياً ، ثم ينخفض بشكل سريع مع زيادة الغزارة ، وبعدها يحصل له ارتفاع ثم انخفاض من جديد (الشكل ٥-١٢) . تبدي المضخة عدم استقرار في عملها عند الغزارة $Q = 0,5 . Q_n$ ، ويعود السبب إلى تشكل دوامات راجعة قبل دولاب المضخة عند هذه الغزارة .

- **المنحني المميز (P_w-Q)** : له شكل مخالف تماماً عما هو عليه في المضخات المختلطة والنابذة . إذ تكون الاستطاعة المستهلكة أعظمية عند الغزارة $Q = 0$ ، ثم تنخفض مع زيادة الغزارة ، ثم تزداد لتعاود بعدها الانخفاض من جديد (الشكل ٥-١٢) .


ريش موجه
التيار
(المقوّم)
ريش الدولاب
العامل
الدولاب العامل للمضخة
المحورية والموجّه



الشكل (٥-١٢) المنحنيات المميزة (H-Q) ، (P-Q) ، (η-Q) لإحدى المضخات المحورية

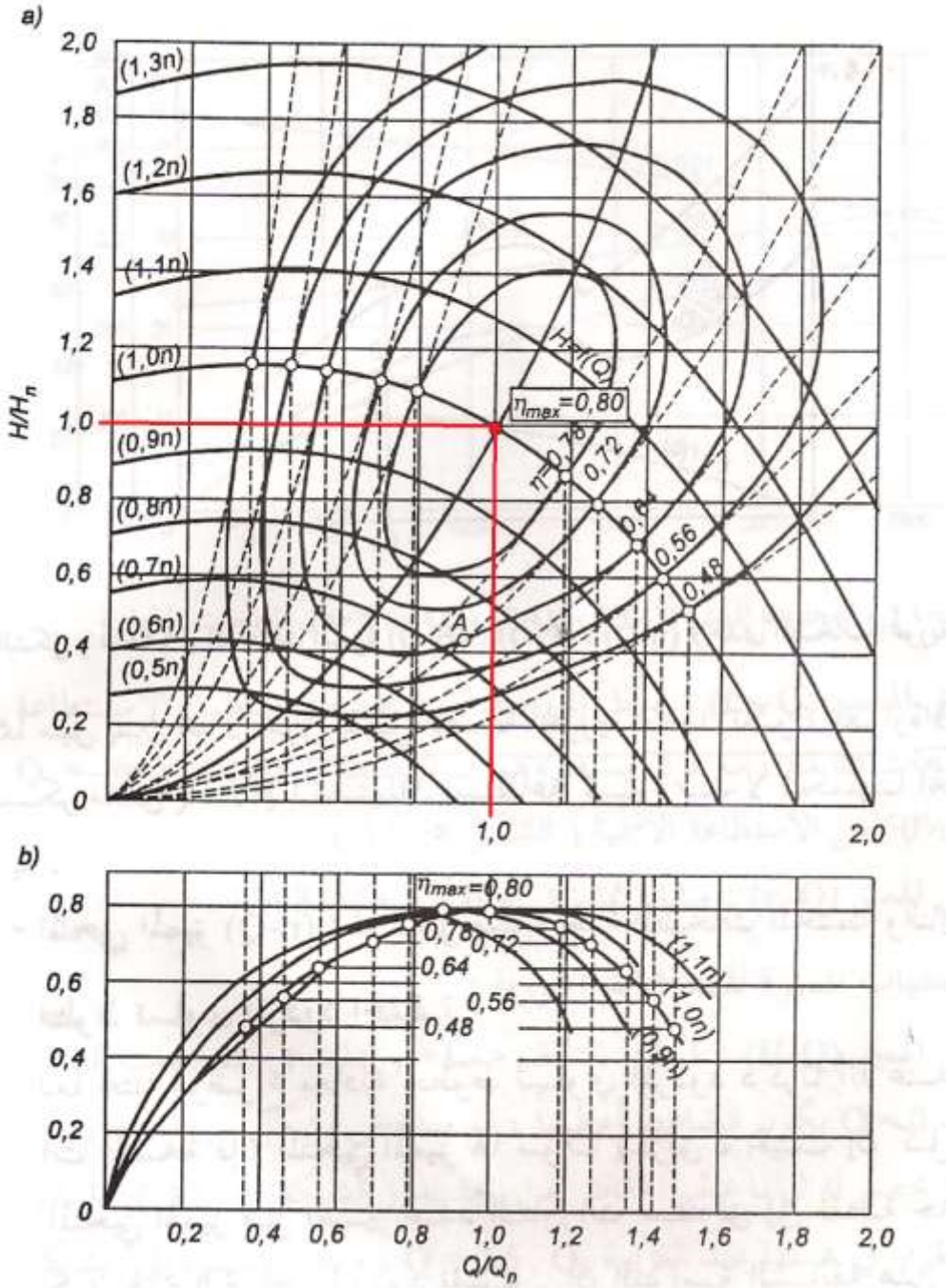
مما سبق يتبين أنه لا يجوز تشغيل المضخة المحورية عندما تكون الغزارة Q = 0 (أي السكر مغلق) ، لأنها تستهلك استطاعة كبيرة قد لا تتحملها المجموعة الكهربائية .

وكذلك لأن الضاغط يمر بمنطقة غير مستقرة قبل أن تصل الغزارة إلى مجال العمل المنصوح به

– **المنحني المميز (η-Q)** : له شكل مشابه لحالة المضخات المختلطة والنابذة .

٥-٧- خطوط تساوي المردود الحقيقية :

عندما بحثنا موضوع معادلة خطوط تساوي المردود ذكرنا أنه عند تغيير عدد دورات المضخة فإن المنحني المميز لها سوف ينزلق ، بحيث إن كل نقطة تقع على المنحني المميز قبل تغيير عدد الدورات ستنزلق إلى نقطة جديدة ، وسوف تكون لهذه النقاط المردود نفسه . إن الدراسة السابقة هي دراسة نظرية تنتج من قوانين التشابه بغض النظر عما يجري داخل المضخة . ولقد أثبتت التجارب أنه يوجد بعض الاختلاف في قيمة المردود ، حيث إن خطوط تساوي المراديد هي ليست قطوعاً مكافئة ، وإنما هي مجموعة من الخطوط المغلقة كما هو مبين في الشكل (٥-١٣) . وتمثل الخطوط المنقطة في الشكل خطوط تساوي المردود النظرية .



الشكل (٥-١٣) خطوط تساوي المردود الحقيقية للمضخات

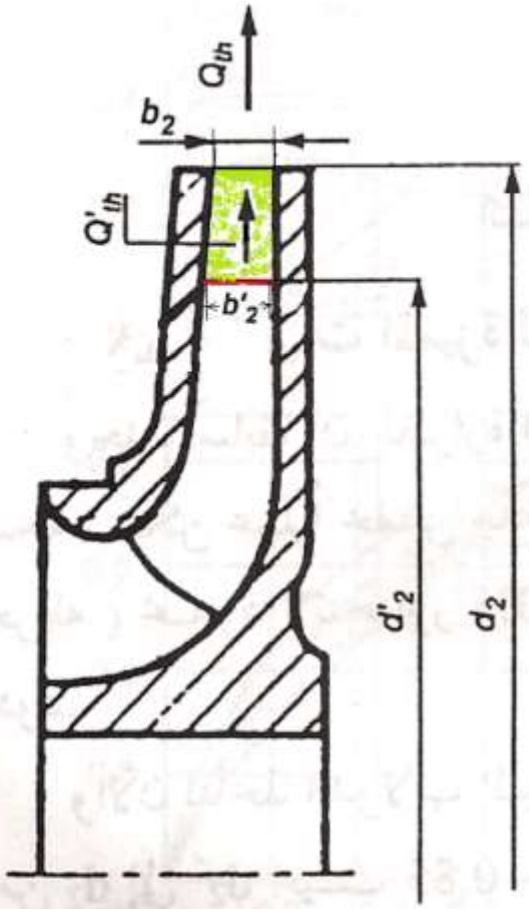
مع كل هذا تبقى طريقة الاعتماد على التشابه في استنتاج المنحنيات المميزة لعدد دورات مختلفة هي الوحيدة حين لا تعطي الشركة الصانعة للمضخة سوى مجموعة محددة من المنحنيات ولعدد دورات معينة .

عندما نمثل خطوط تساوي المردود بشكل فراغي ، نحصل على شكل يشبه الهضبة (الشكل ٥-١٤) ، من أجل ذلك تدعى خطوط تساوي المردود بهضبة المردود في بعض المراجع .

٥-٨- تغير المنحنيات المميزة للمضخة بتغير القطر الخارجي للدولاب : خَرط الدولاب

وجدنا سابقاً أن لغزارة المضخة وضاغطها علاقة بالقطر الخارجي لدولاب المضخة . يمكن عملياً خفض هذه الغزارة وذلك بإنقاص القطر الخارجي للدولاب (خرطه) بحدود لاتتجاوز 20% - 15% دون أن يؤدي ذلك إلى خفض كبير في المردود.

والآن لنأخذ الدولاب المبين في الشكل (٥-١٥) ، فعند إنقاص القطر الخارجي له من d_2 إلى d_2' بحيث $0.8 - 0.85 \geq d_2' / d_2$ ،



الشكل (٥-١٥)

مقطع في دولاب مضخة نابذة

يمكن البرهنة على أن الغزارة والضاغط قبل وبعد الخرط تتناسب مع تغير القطر وفق العلاقتين:

$$\frac{Q'}{Q} = \left(\frac{d'_2}{d_2}\right)^2 \quad ، \quad \frac{H'}{H} = \left(\frac{d'_2}{d_2}\right)^2$$

صورة توضيحية لعملية خرط الدولاب العامل

بحل المعادلتين السابقتين حلاً مشتركاً نجد المحل الهندسي للنقاط المتساوية المردود

$$\frac{H'}{H}=\frac{Q'}{Q}\Rightarrow\frac{H'}{Q'}=const=D\Rightarrow H=D.Q \qquad (٣٣-٥)$$

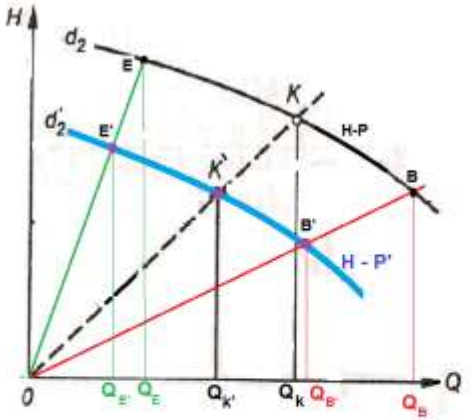
قيمة ثابت المستقيم

وعلى هذا نستنتج أنه عند إنقاص قطر دولاب المضخة فإن المنحني المميز للمضخة سوف ينزلق (الشكل ٥-١٦) ، بحيث إن كل نقطة تقع على المنحني المميز للمضخة قبل الخرط سوف تنزلق إلى نقطة أخرى تقع مع الأولى على خط مستقيم مار من مبدأ الإحداثيات ، وأن النقاط الواقعة على هذا الخط لها قيم متقاربة في المردود بشرط أن لا تزيد نسبة الخرط على 20% - 15% .

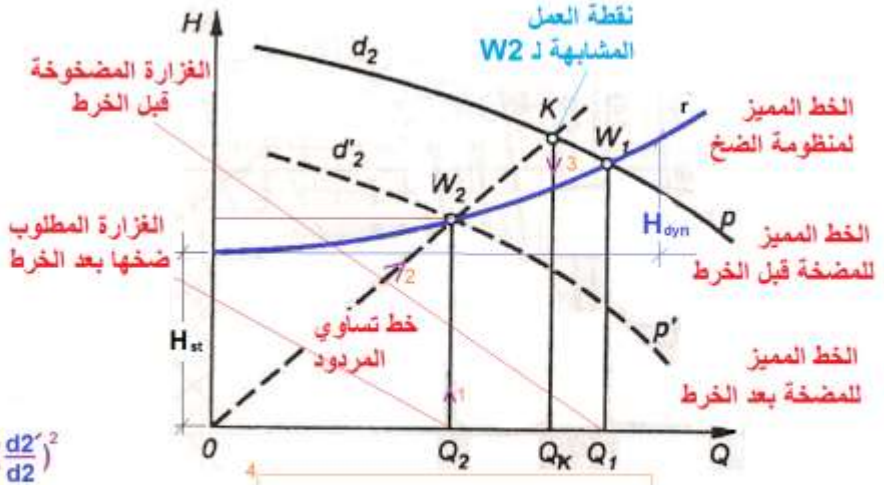
(خط تساوي المردود)

معطى: المنحني المميز للمضخة وللمنظومة و d2
والغزارة المطلوب ضخها في المنظومة. والمطلوب حساب d'2

معطى: المنحني المميز الأساسي وقيمة d2 ونسبة الخرط
المطلوب: المنحني المميز بعد الخرط



$$Q_{E'}=Q_E\cdot\left(\frac{d2'}{d2}\right)^2 \quad ، \quad Q_{K'}=Q_K\cdot\left(\frac{d2'}{d2}\right)^2 \quad ، \quad Q_{B'}=Q_B\cdot\left(\frac{d2'}{d2}\right)^2$$



$$\frac{Q_2}{Q_K}=\left(\frac{d2'}{d2}\right)^2\Rightarrow d2'=d2.\sqrt{\frac{Q_2}{Q_K}}$$

الشكل (٥-١٦) تغير المنحني المميز للمضخة عند إنقاص القطر الخارجي للدولاب

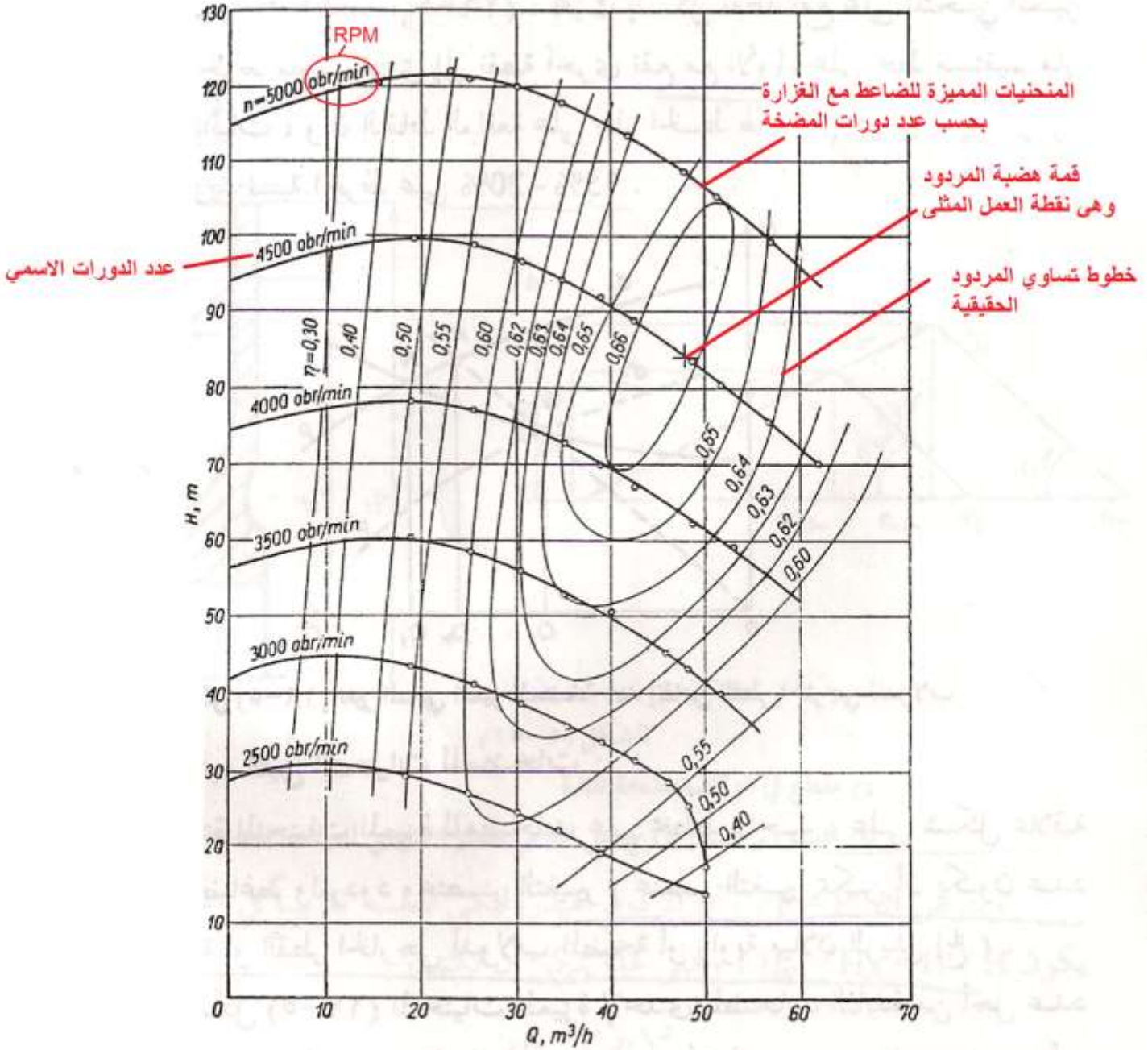
٥-٩- أسلوب تمثيل المنحنيات للمضخات :

تمثل عادة المنحنيات المميزة للمضخات على مخطط واحد ، على شكل علاقة بين الغزارة والضاغط والمردود وعنصر التغيير (عنصر التغيير يمكن أن يكون عدد دورات المضخة أو القطر الخارجي لدولاب المضخة أو زاوية ميلان الريش إلخ) .

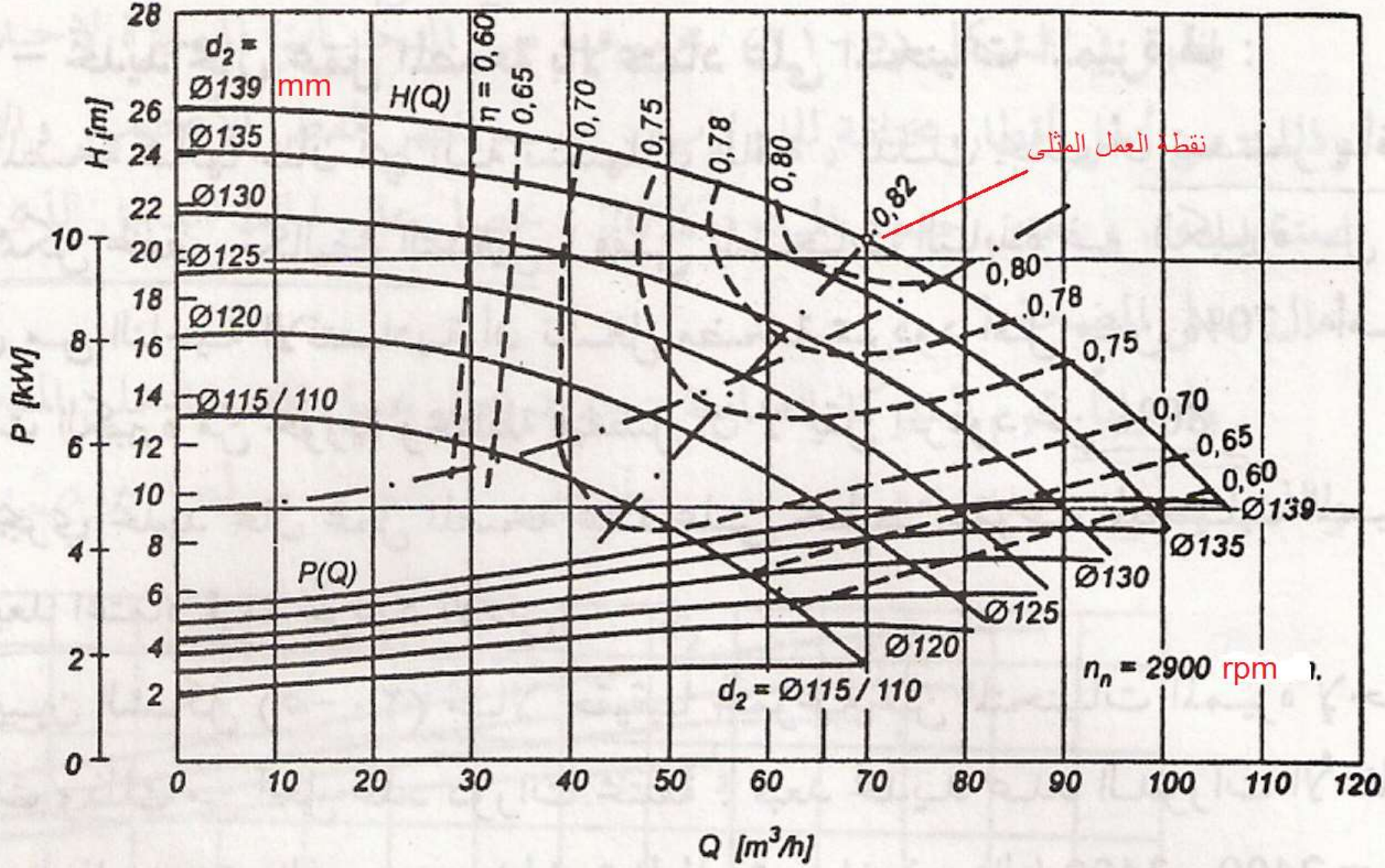
يمثل الشكل (٥-١٧) المنحنيات المميزة لإحدى المضخات النابذة من أجل عدد دورات مختلفة . ونستطيع من خطوط تساوي المردود أن نحدد مردود المضخة عند أي قيمة للغزارة والضاغط وعدد الدورات .

أما الشكل (٥-١٨) فيمثل المنحنيات المميزة لمضخة نابذة وذلك من أجل أقطار مختلفة لدولابها ، حيث يمكن معرفة مردود المضخة عند أي قطر وغزارة وضاغط . كما يظهر على الشكل نفسه المنحنيات المميزة للاستطاعة لأقطار مختلفة لهذه المضخة .

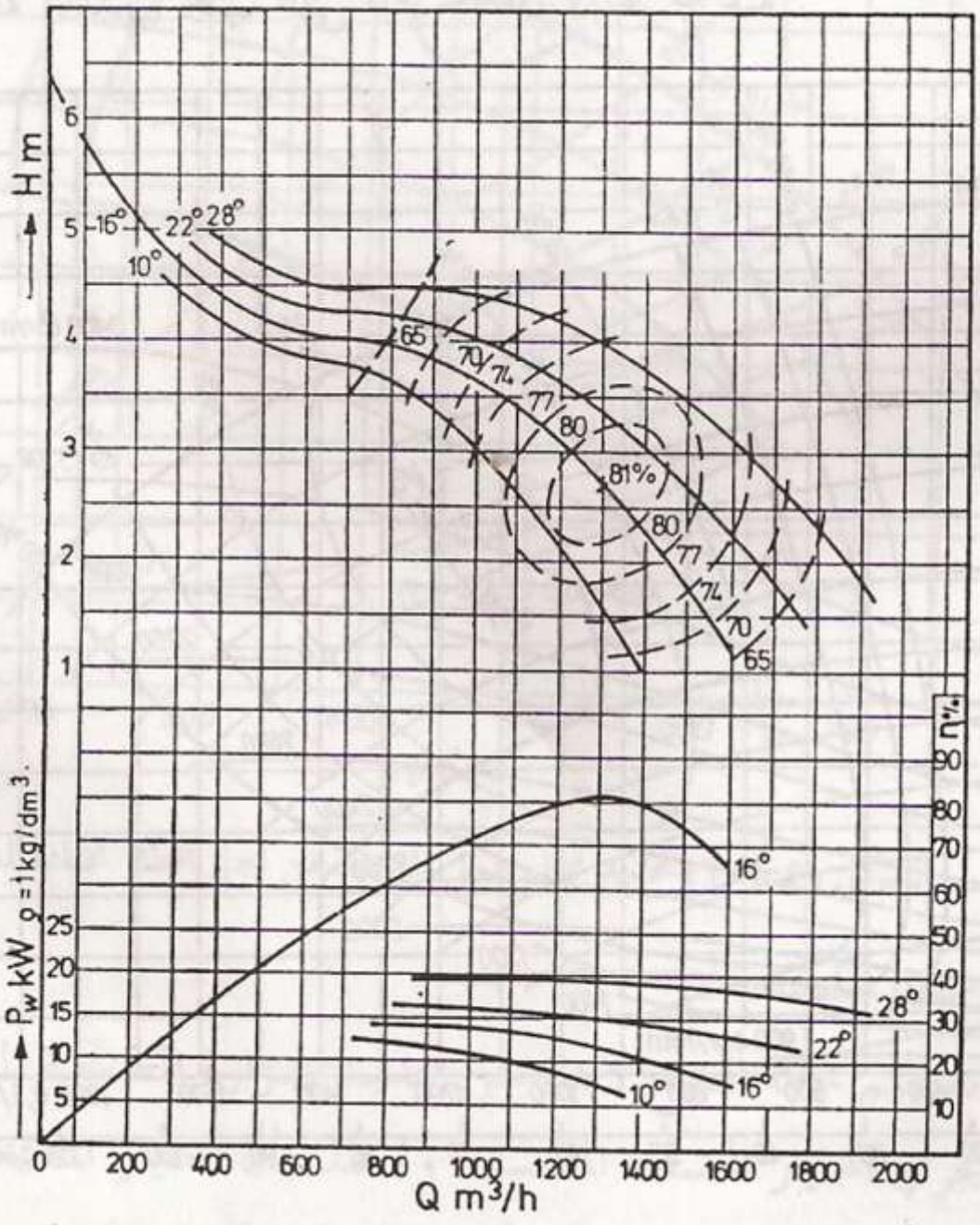
ويمثل الشكل (٥-١٩) المنحنيات المميزة لمضخة محورية وذلك من أجل زوايا مختلفة لميلان الريش . ويظهر على الشكل أيضاً خطوط تساوي المراديد والمنحنيات المميزة للاستطاعة لعدد من الزوايا .



الشكل (٥-١٧) المنحنيات المميزة لإحدى المضخات النابذة وذلك من أجل عدد دورات مختلفة 2500 rpm < n < 5000 rpm ، كما تظهر على الشكل أيضاً خطوط تساوي المردود



الشكل (٥–١٨) المنحنيات المميزة لإحدى المضخات النابذة من أجل أقطار مختلفة لدولابها ، كما تظهر خطوط تساوي المردود



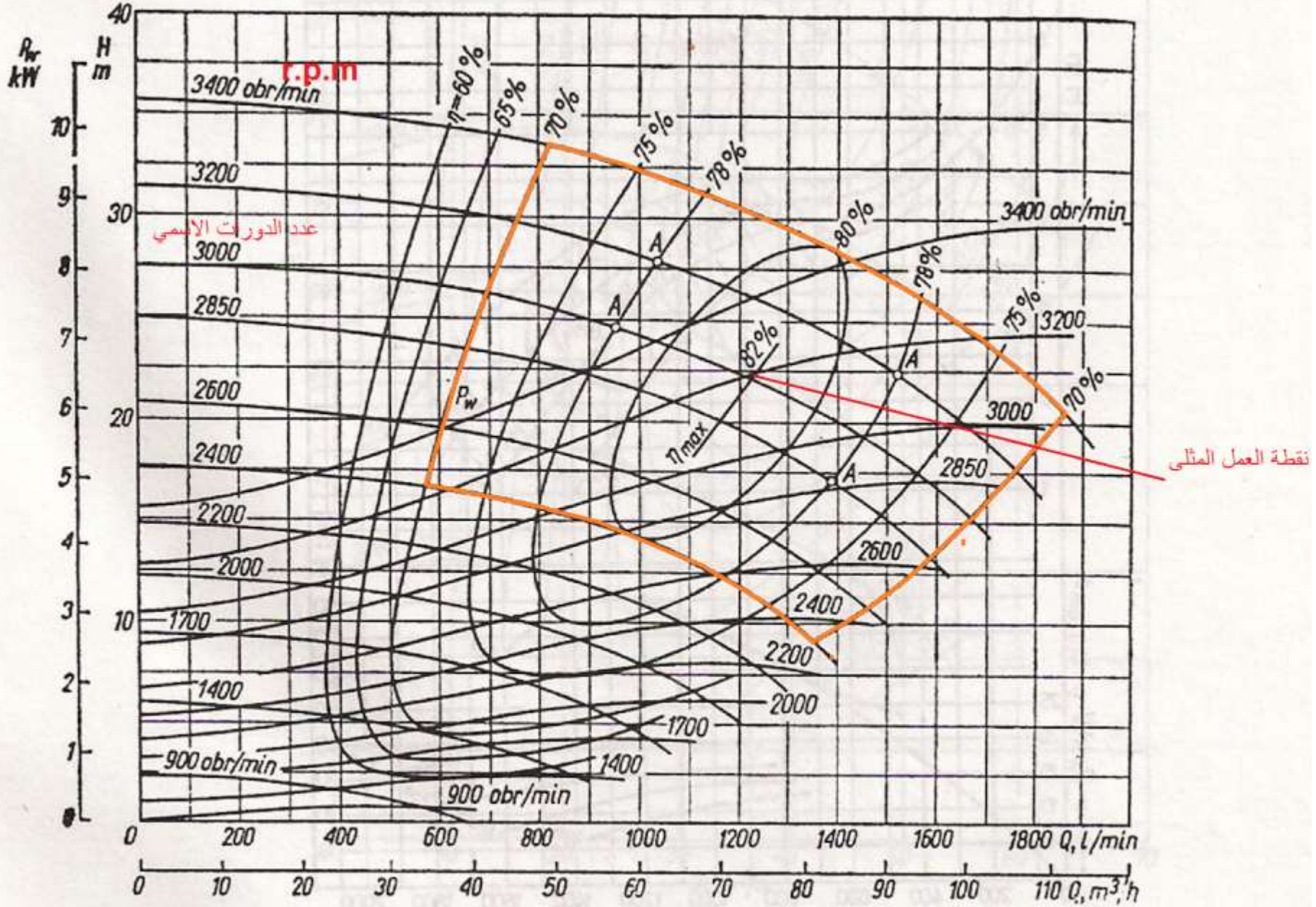
الشكل (٥-١٩) المنحنيات المميزة لإحدى المضخات المحورية من أجل زوايا مختلفة لميلان الريش

٥-١٠- تحديد مجال عمل المضخة بالاعتماد على المنحنيات المميزة لها :

المضخة شأنها شأن أي آلة تستهلك طاقة ، لذلك يجب أن تستثمر بأفضل مردود ممكن لخفض تكاليف التشغيل. ففي المضخات النابذة غير الكبيرة من غير المعقول من الناحية الاقتصادية أن تشغل مضخة بمردود أقل من 70% ، أما في المضخات الكبيرة من محورية ومختلطة فيفضل أن لا يقل المردود عن 80% .

يجري تحديد مجال عمل المضخة عادة على مخطط مجموعة المنحنيات المميزة ، وذلك بعد اعتماد قيمة المردود الأدنى

يبين الشكل (٥-٢٠) مثالا حقيقياً لمجموعة من المنحنيات المميزة لإحدى المضخات وذلك من أجل عدد دورات مختلفة . فبعد تحديد عدد الدورات الأعظمي والأصغري للمضخة والذي يؤمن الحاجة المطلوبة ويبلغ في مثالنا n = 2400 - 3400 ، يجري وبشكل تخطيطي تعيين حدود المردود 70% . الخط الغامق يمثل حدود مجال عمل المضخة ، الذي يجب على المضخة أن لا تخرج عنه .

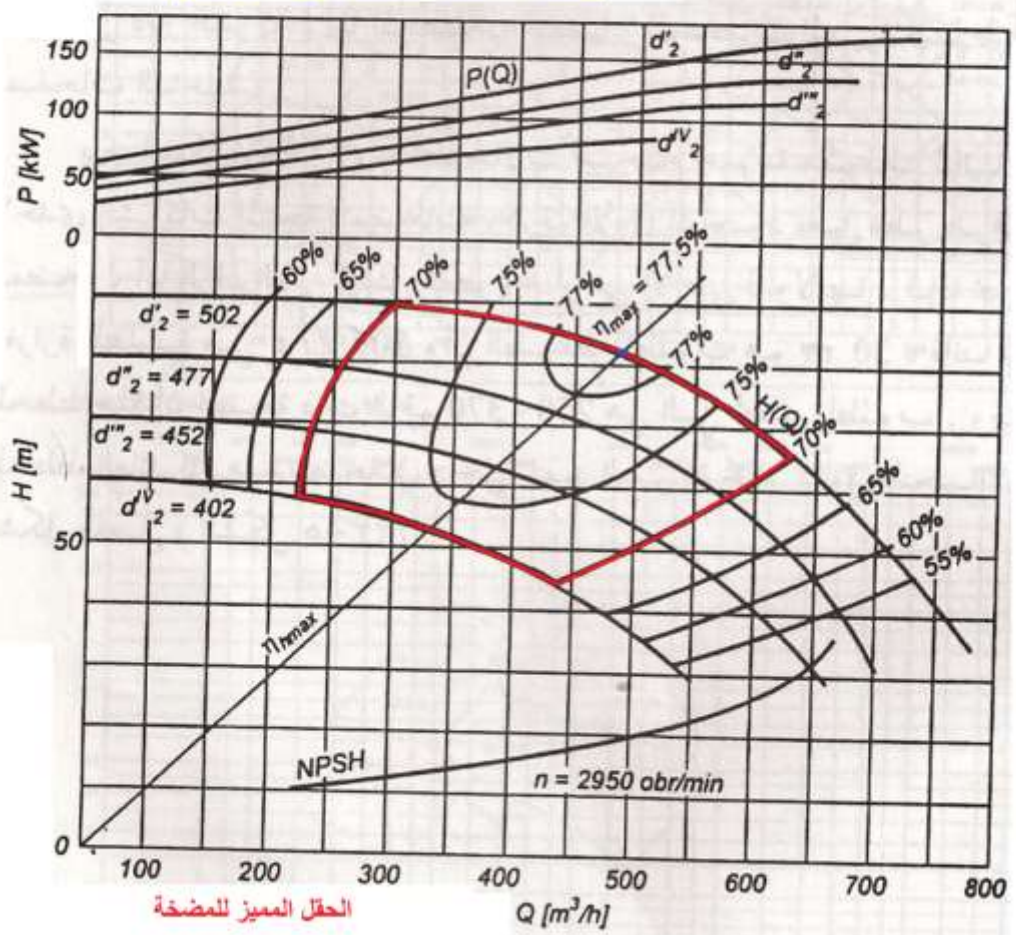


الشكل (٥–٢٠) تحديد مجال عمل المضخة من أجل عدد دورات مختلفة

يظهر في الشكل (٥-٢١) مجموعة من المنحنيات المميزة لإحدى المضخات وذلك من أجل أقطار مختلفة للدولاب، حيث يظهر القطر الأعظمي والأدنى الممكن استخدامه. وبتعيين حدود المردود 70%، نحصل على الخط الغامق الذي يمثل حدود مجال عمل المضخة.

وأحياناً تقوم الشركة الصانعة بتحديد مجال عمل المضخة على المنحنيات المميزة والذي ينصح باستخدامه.

مجال العمل المنصوح به



الشكل (٥-٢١) تحديد مجال عمل المضخة من أجل أقطار مختلفة لدولابها

٥-١١- اختيار المضخة :

عند تصميم محطة الضخ لابد من تحديد غزارة المضخة المطلوبة وضاغطها ، وبعد ذلك يجري اختيار المضخة المناسبة . ولاشك أن اختيار المضخة يحتاج كثيراً من الخبرة والتفكير والتدقيق في دفاتر الشركات الصانعة للمضخات .

وعادة تقوم الشركات المنتجة بتجهيز مخططات تحتوي مجالات استخدام عدد كبير من المضخات التي تنتمي إلى نموذج واحد ، وذلك من أجل أقطار مختلفة لطرفي الدفع والامتصاص والدولاب ومن أجل عدد دورات متنوعة . ويستطيع المرء أن يدقق في مخطط واحد ويحدد فيما إذا كانت إحدى المضخات تحقق الغرض المطلوب أم لا . وبعد اختيار إحدى المضخات ، يتم التدقيق في المنحنيات المميزة التفصيلية لها .

وعادة يوضع المخطط الذي يحوي مجالات استخدام المضخات في الصفحات الأولى من دفتر الشركة ، أما المخططات التفصيلية للمنحنيات المميزة فيتم عرضها في الصفحات الداخلية .

مخطط الحقول المميزة للمضخات

يبين الشكل (٥-٢٢) مخططاً لمجالات استخدام مجموعة مضخات ثنائية المدخل لإحدى الشركات المنتجة للمضخات . الرقم الأول الموجود يعني قطر طرف الدفع للمضخة ، أما الرقم الثاني فيمثل القطر الخارجي الاسمي لدولابها . فإذا افترضنا أن الغزارة المطلوبة هي 300 ℓ / s وأن الضاغط المطلوب هو 30 m ، فإننا نجد من المخطط هذا أن المضخة ذات الرقم 370 - 250 هي التي تحقق المطلوب . وبالنظر في المخطط العائد إلى هذه المضخة في داخل دفتر الشركة نجد كامل المنحنيات المميزة بشكل مفصل (الشكل ٥-٢٣) .

الكلي

ملحوظة جديرة بالاهتمام!!

عند القيام بعملية اختيار مضخة للعمل في منظومة هيدروليكية معينة يجب توخي الدقة في حساب الضاغط الكلي، المطلوب من المضخة توفيره وكذلك الغزارة المطلوب ضخها واختيار المضخة التي تلاقي هذه المتطلبات عند نقطة العمل المثلى لها(BEP) Best Efficiency Point دون المبالغة بقيم الضاغط أو الغزارة المحسوبتين، من باب الظن بأن هذا في صالح الأمان!

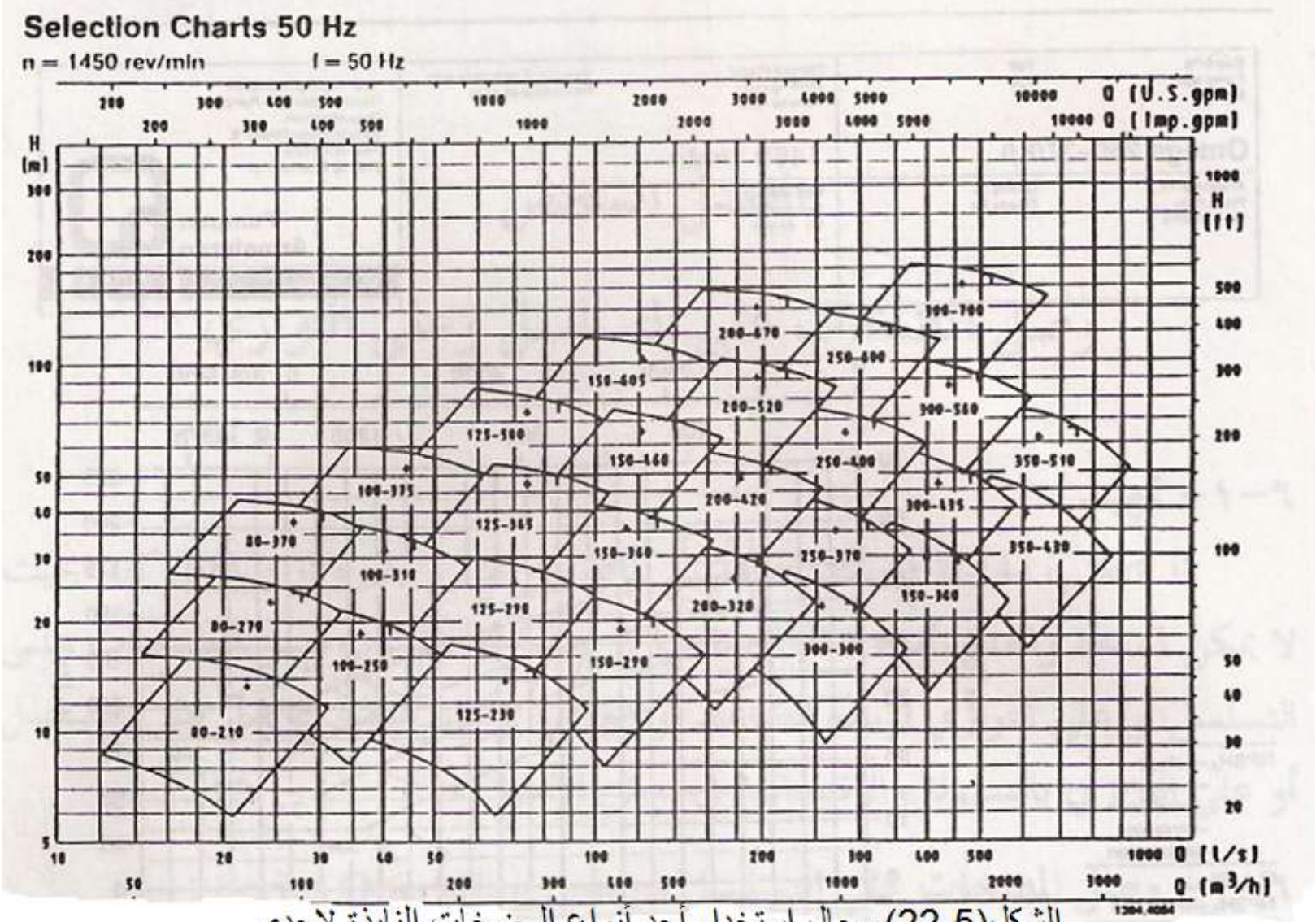
إن هذا يؤدي إلى زلق نقطة العمل إلى اليمين ونقصان المردود وزيادة الاستطاعة المستجرة ومساوئ أخرى

يمكن الحديث هنا عن طرق الاختيار عن طريق الإنترنت من مواقع الشركات الصانعة للمضخات، حيث تقدم إمكانية الاختيار الآلي للمضخة، ونوعها بحسب إحداثيات نقطة العمل وظروف عمل المضخة(مثلا العنوان التالي: https://easyselect.ksb.com/camosHtml/camosHtmlServlet

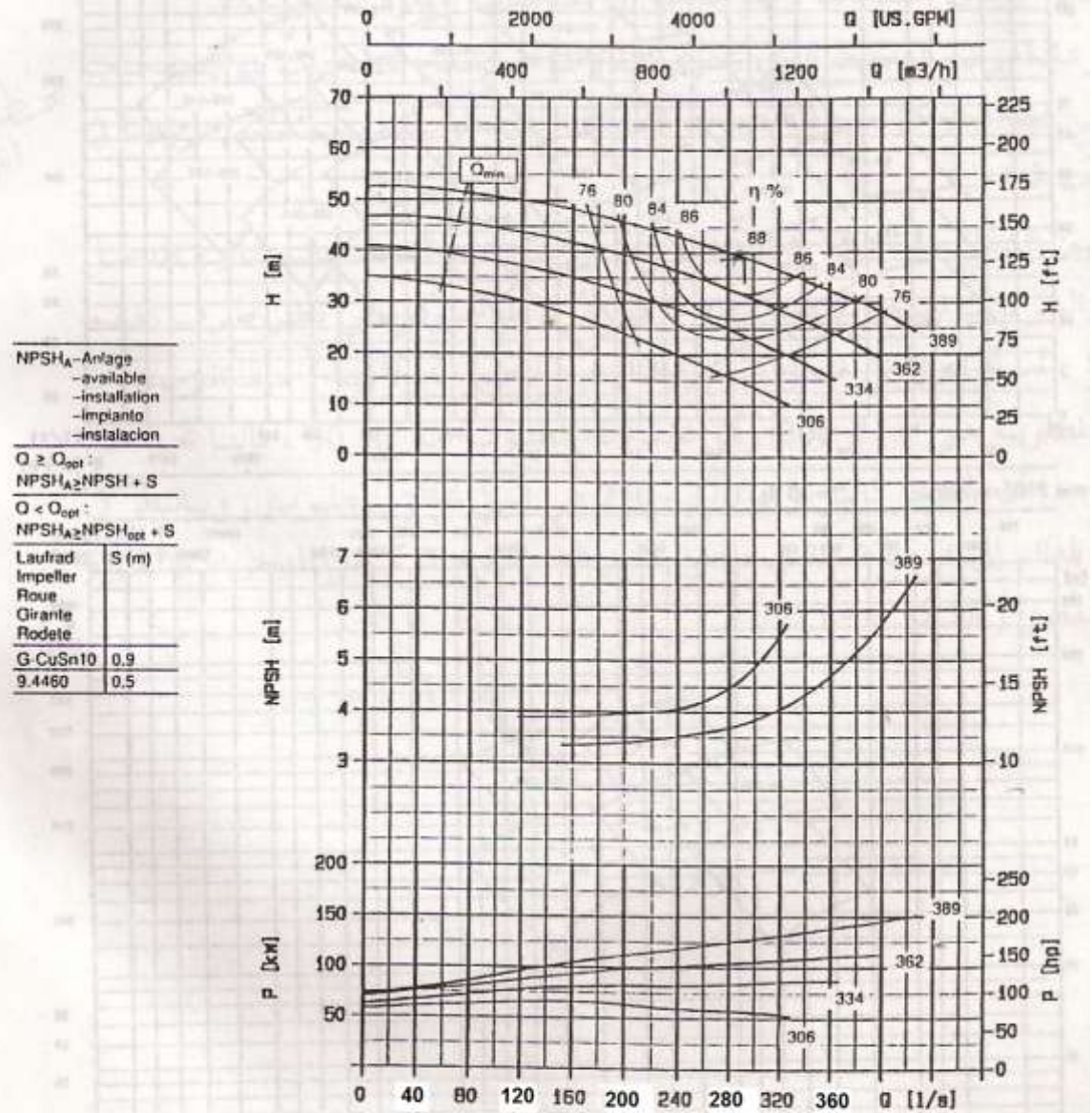
Selection Charts

KSB

Omega/Omega V



الشكل(5-22) مجال استخدام أحد أنواع المضخات النابذة لإحدى الشركات وذلك من أجل قياسات مختلفة لهذه المضخات



الشكل (٥-٢٣) . المنحنيات المميزة الكاملة لإحدى المضخات النابذة ثنائية المدخل .
عدد دوراتها 1450rpm، قطر طرف الدفع 250mm، القطر الاسمي لدولابها370mm.
يلاحظ من الشكل أن هناك إمكاناً لاستخدام دواليب بأقطار تتراوح بين 306-389mm لهذه المضخة وذلك حسب الغزارة و الضاغط المطلوبين .