مكونات هيدروليكية ونيوماتية

المضخات والمحركات الهيدروليكية

الأهداف

بإكمال الباب الأول يكون المتدرب قادرا على:

* أن يعرف القوانين الأساسية الخاصة بالمضخات والمحركات الهيدروليكية
* أن يكون قادرا على حساب الحجم الهندسي، معدل تدفق وقدرة كل نوع من أنواع المضخات
❖ أن يكون قادرا على حساب عزم ،سرعة وقدرة أي نوع من أنواع المحركات الهيدروليكية
* رسم و/أو قراءة رموز مختلف المضخات والمحركات الهيدروليكية
* التعرف على أجهزة التحكم في المضخات الهيدروليكية
*أن يعدد العناصر المكونة لكل مضخة أومحرك هيدروليكي

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه المهارة ١٠٠٪

الوقت المتوقع للتدريب: ١٠ ساعات

الوسائل المساعدة:

١- استخدام التعليمات في هذا الباب وتطبيقها.
٢- استخدام شفافات لعرض المعلومات الهامة.
٣- جهاز عرض شفافات.

الوحدة الأولى

المضخات والمحركات الهيدروليكية

١- مقدمة :

المضخات والمحركات الهيدروليكية هي عناصر هيدروليكية تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى هيدروليكية والعكس.

المضخة تقوم بسحب السائل من الخزان وتضخه بعد شحنه بالطاقة (ضغط) نحو صمام توجيهي الذي يقوم بإعادته إلى الخزان في الوضع العادي، بينما يوجهه نحو المشغل (أسطوانة أو محرك هيدروليكي) في وضع التشغيل.

المحركات الهيدروليكية تحول الطاقة الهيدروليكية التي أنتجتها المضخات إلى طاقة ميكانيكية لإدارة عنصر معين.

- **المضخات الهيدروليكية**

تقوم المضخة الهيدروليكية بدور هام في الدائرة الهيدروليكية ،يشبه دور القلب عند الإنسان. فهي تجعل الزيت ينقل أحمال عبر أنابيب باستخدام أسطوانات ومحركات هيدروليكية. المضخة تلعب دورا من المستوى الأول لأنها هي التي تنتج الطاقة في الدائرة الهيدروليكية.

٢- ١ أنواع المضخات :

نظراً لتنوع التطبيقات الصناعية، فإنه يوجد عدة أنواع من المضخات والتي يمكن تقسيمها إلى نوعين رئيسين : المضخات ثابتة الحجم ومتغيرة الحجم، وهذين النوعين يمكن تصنيفهما من حيث نظام التشغيل إلى :

- نظام دوار: المضخات الترسية، المضخات الريشية، المضخة الحلزونية.
- نظام ترددي: المضخة المكبسية المحورية، المضخة المكبسية النصف قطرية.

٢- ٢ الخصائص الأساسية :

هناك مضخات يمكن تعريفها حسب: النوع، الضغط الأقصى، التدفق الحجمي، القدرة، ظروف السحب، الكفاءة الكلية، السائل المستخدم (اللزوجة).

*** معدل التدفق Q :**

يعتمد معدل تدفق المضخة الهيدروليكية على عنصرين:

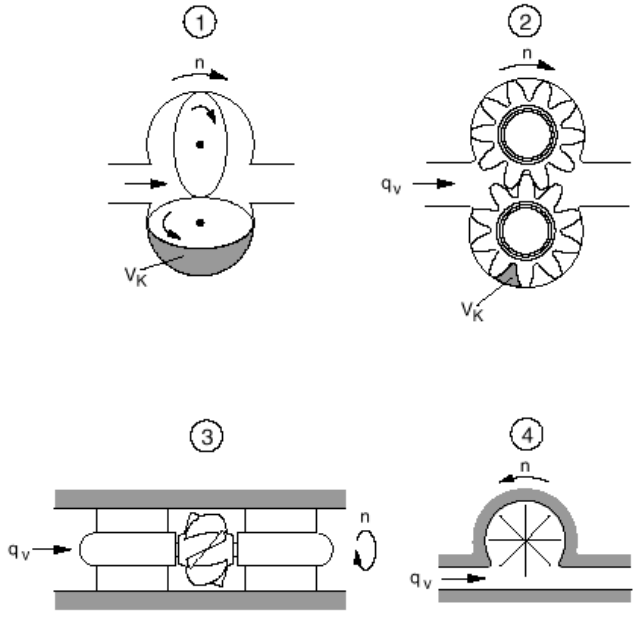
- ☒ الحجم الهندسي V
- ☒ سرعة الدوران N

يتم وصف المضخات عن طريق معدل تدفقها وضغطها الأقصى،

المعادلة التالية تبين قانون معدل التدفق الحجمي:

$$Q = \frac{V \times N}{1000} \qquad (١ - ١)$$

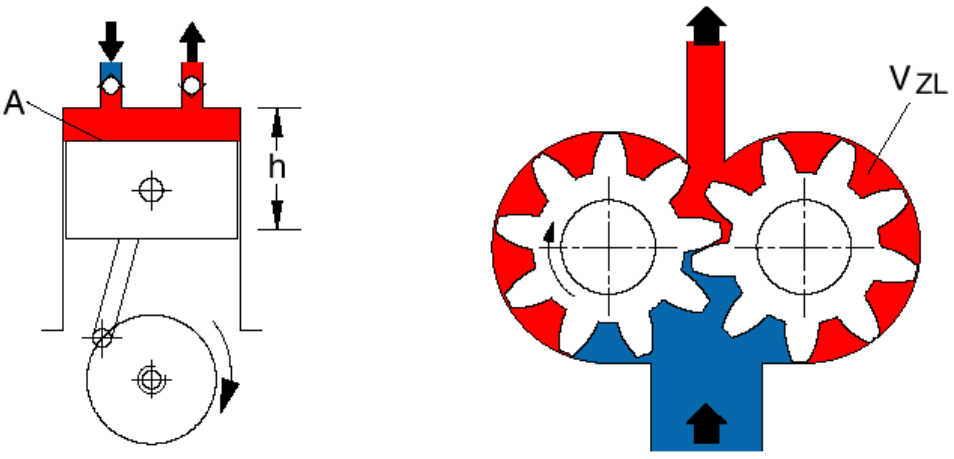
حيث: Q باللتر/الدقيقة (L/min) ، V هو الحجم الهندسي للمضخة بالسنتمتر مكعب/الدقيقة (cm^3/min) ، N هي سرعة دوران المضخة باللفة/الدقيقة (rev/min).



شكل١- ١

*** الحجم الهندسي V :**

هو حجم أو كمية السائل الذي تضخه المضخة خلال دورة أو لفة واحدة، وحدة قياسه بالسنتمتر مكعب في اللفة (cm^3/rev).



شكل١- ٢

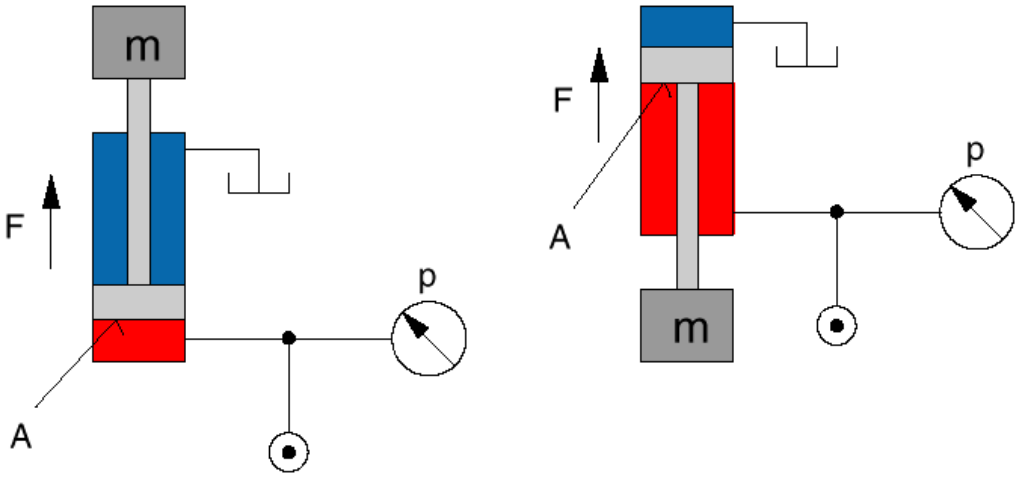
*** سرعة الدوران N :**

العنصر الثاني الذي يؤثر على معدل التدفق هو سرعة الدوران. إن المضخة موصولة بمحرك عن طريق قارن، حيث يتم إدارة المضخة وعادة السرعات تكون 1200rev/min ، 1500rev/min و 1800rev/min. ولكن يجب أخذ سرعة الدوران التي يستخدمها المصنع بعين الاعتبار لأنها هي السرعة الحقيقية.

* **الضغط p:**

إن الضغط في الدائرة الهيدروليكية يكون بسبب مقاومة سريان السائل. فمقاومة السريان تكون نتيجة قوة على أسطوانة ، حمل على محرك أو تضييق في أنبوب. الوحدات المستخدمة في الضغط هي الباسكال (Pascal) والبار (bar) (1bar=100000pa).

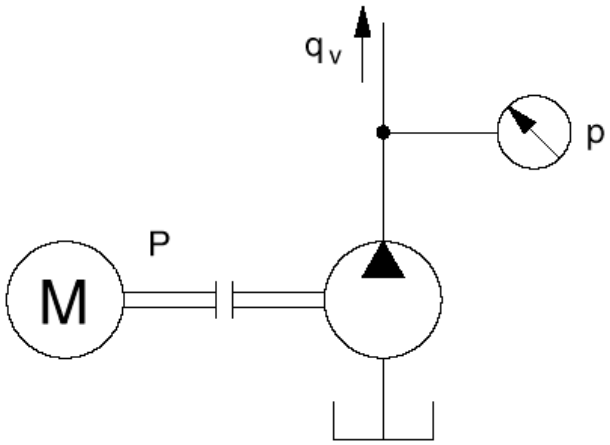
$$P=F/A$$



شكل١- ٣

* **القدرة (P):**

لكي تكتمل المهمة وهي تحريك السائل، فالمضخة الهيدروليكية مقرونة ميكانيكيا بمصدر الطاقة الميكانيكية. دور هذه الطاقة هو توفير قدرة ميكانيكية لإدارة محور المضخة وذلك لتحريك العناصر الداخلية لهذه الأخيرة. إذن فالمضخة الهيدروليكية تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة هيدروليكية (العزم T× سرعة الدوران N) ← (الضغط p × التدفق Q).



شكل١- ٤

القدرة اللازمة لإدارة المضخة هي:

$$P = \frac{p \times Q}{600 \times \eta_{ges}} \quad (KW) \qquad (٢)$$

حيث: p = ضغط التشغيل (bar)، η_{ges} = الكفاءة الكلية (من 0.8 إلى 0.85)

$$\eta_{ges} = \eta_{vol} \times \eta_{hm}$$

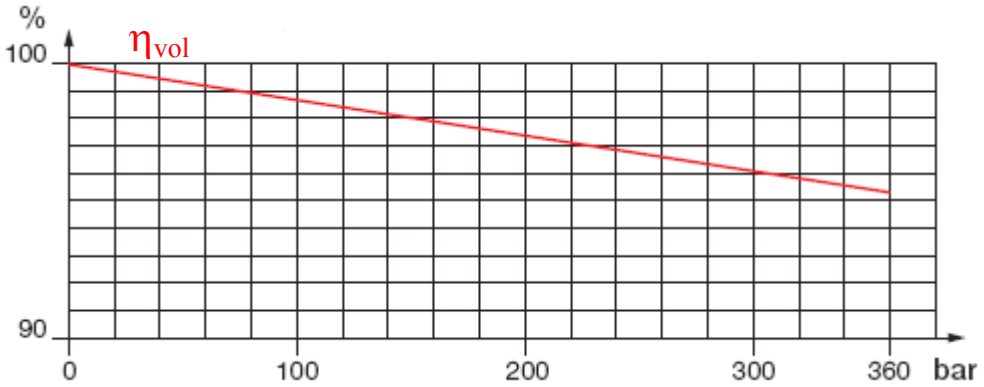
حيث: η_{vol} = الكفاءة الحجمية (من 0.9 إلى 0.95)، η_{hm} = الكفاءة الميكانيكية-الهيدروليكية (من 0.9 إلى 0.95).

حيث تعرف الكفاءة الحجمية بأنها النسبة لتدفق السائل للمضخة الفعلي و الافتراضي لكي ينتج الطاقة العملية المشغلة.

إن المضخة تنتج تدفقا، بينما مقاومة السريان التي يجدها التدفق في الدائرة ينتج عنها الضغط الإستاتيكي. هذه المقاومة سببها تضييق أو قوة. فإذا كان التدفق الذي تنتجه المضخة لا يجب أن يواجه إلا مقاومة ضعيفة جدا، فإن الضغط الناتج عن ذلك يكون ضعيفا.

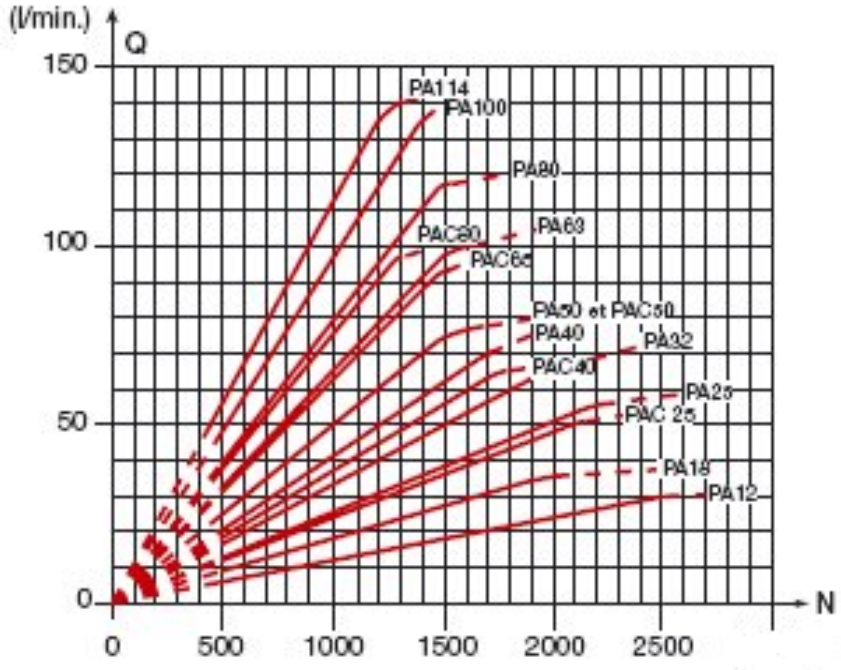
الضغط الموجود في الدائرة يؤثر في تدفق المضخة، فعندما يزداد الضغط يقل التدفق. هذا النقص في التدفق ناتج عن زيادة في التسريبات الداخلية في المضخة.

هذه التسريبات موجودة في أي مضخة ، وهذا ما يجعل لكل تدفق ضغط معين. هذه الخاصية تساعد على تعريف الكفاءة بالنسبة المئوية (شكل١- ٥).

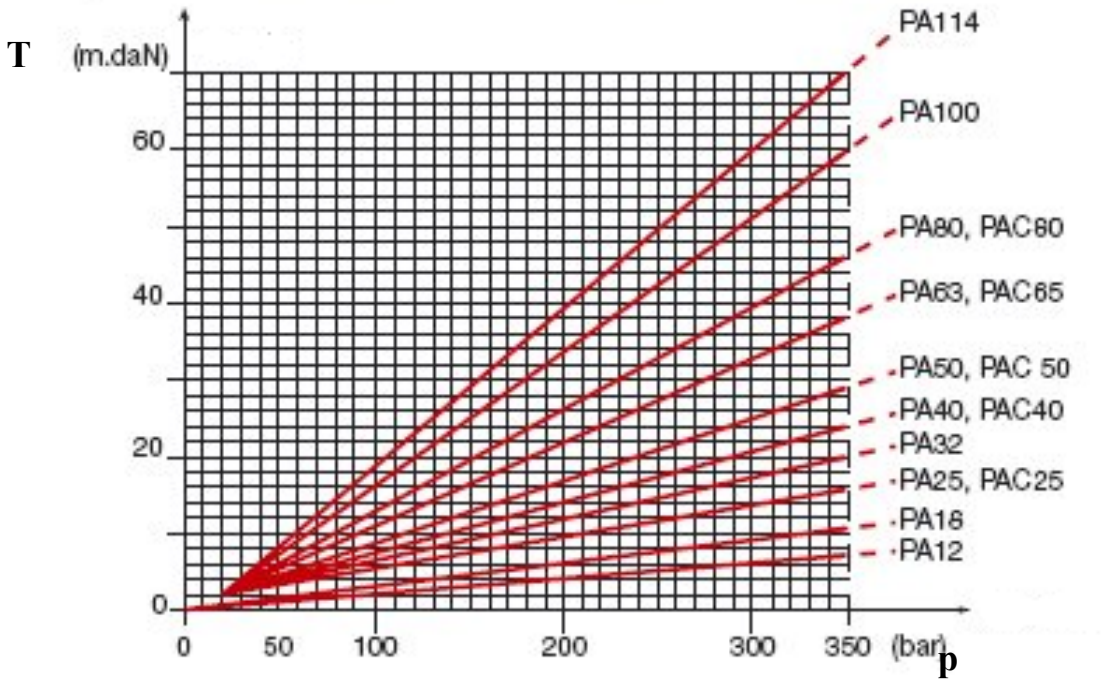


شكل١- ٥: تغير الكفاءة الحجمية η_{vol} حسب قيمة الضغط للمضخات طراز PA

في ما يلي رسمين بيانيين للمضخات الترسية طراز PA، في الشكل ١- ٦ نبين العلاقة بين التدفق Q وسرعة الدوران N حيث نلاحظ أن العلاقة خطية، أما الشكل ١- ٧ فيبين العلاقة بين العزم T والضغط p ، حسب نوع أو طراز المضخة.



شكل١- ٦: العلاقة بين معدل التدفق Q وسرعة الدوران N(rev/min) للمضخات طراز PA



شكل١- ٧: العلاقة بين الضغط p والعزم T على محور المضخة طراز PA

في الجدول التالي نبين أنواع المضخات ومجال الاستخدام حسب الضغط:

مستوى الضغط	70b	100b	140b	175b	200b	250b	300b	350b
مضخة ترسية:								
❖ خارجية غير متوازنة								
❖ خارجية متوازنة								
مضخة ترسية داخلية:								
❖ متوازنة								
مضخة حلزونية:								
مضخة ريشية:								
❖ غير متوازنة								
❖ متوازنة								
❖ متغيرة الحجم								
مضخة مكبسية:								
❖ محورية								
❖ محورية بمحور مائل								
❖ محورية بجسم مكبس دوار وقرص مائل وثابت								
❖ محورية بجسم مكبس ثابت وقرص دوار								
❖ نصف قطرية (نجمة)								
❖ حجم متغير مكبس محوري ونصف قطري								

شكل١- ٨

٢- ٣ المضخات الترسية gear pumps:

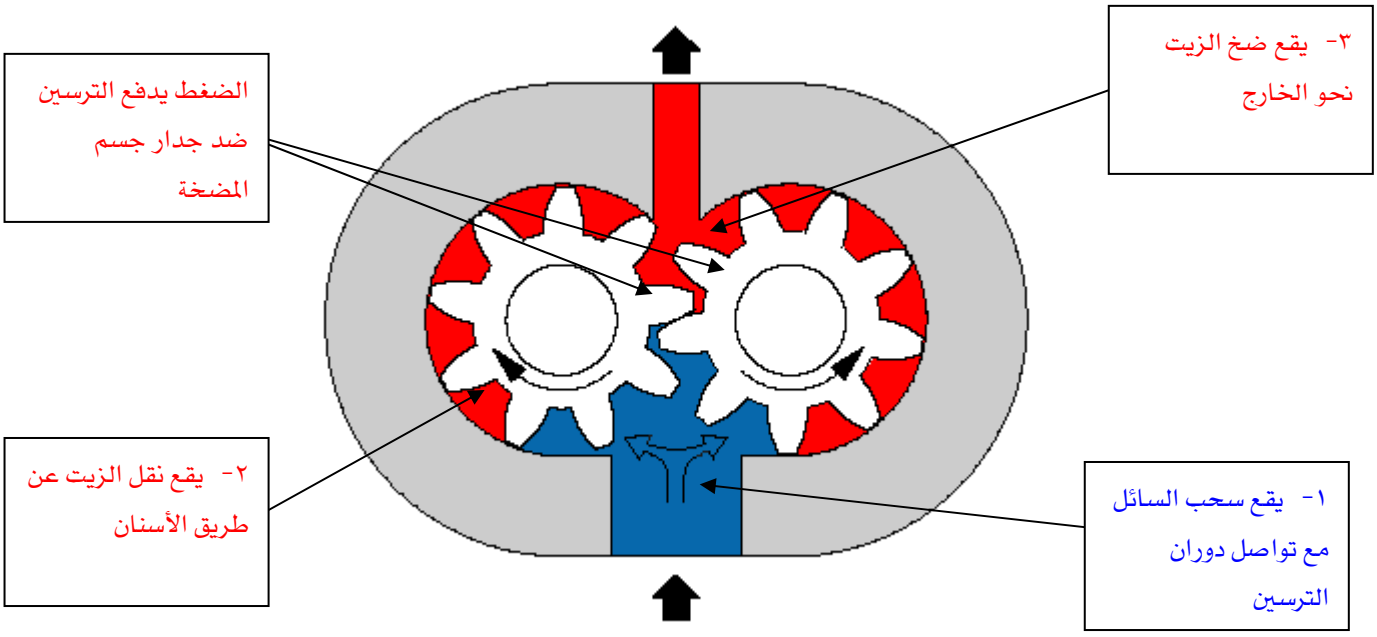
هناك نوعان وهما:

- ❖ المضخة ذات التروس الخارجية **External gear pump**
- ❖ المضخة ذات التروس الداخلية **Internal gear pump**

أ- المضخة ذات التروس الخارجية:

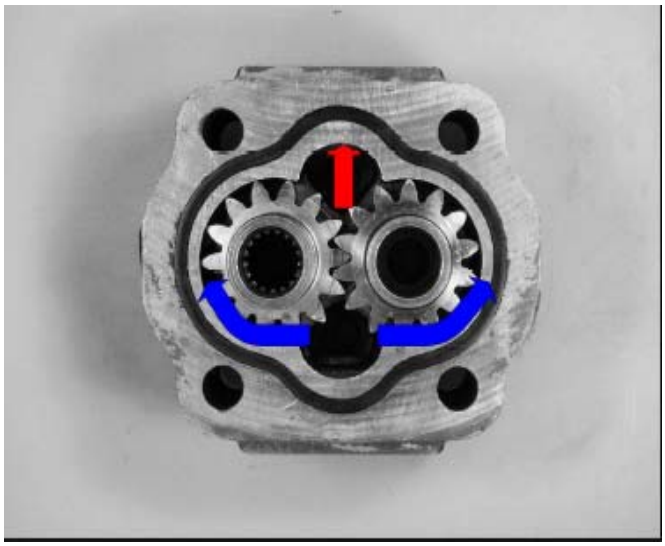
وهي المضخة الأكثر استخداما، فهي باستخدام عناصر قليلة متحركة تعطينا مجال كبير لسرعة الدوران، ظروف سحب جيدة، ونسبة جودة وأسعار ممتازة.

ولكن استخدام هذه المضخات يبقى محدودا بما أن الضغط الأقصى يصل إلى حوالي ٢٠٠بار.



شكل١- ٩ :مضخة ترسية ذات التروس الخارجية

المضخة ذات التروس الداخلية



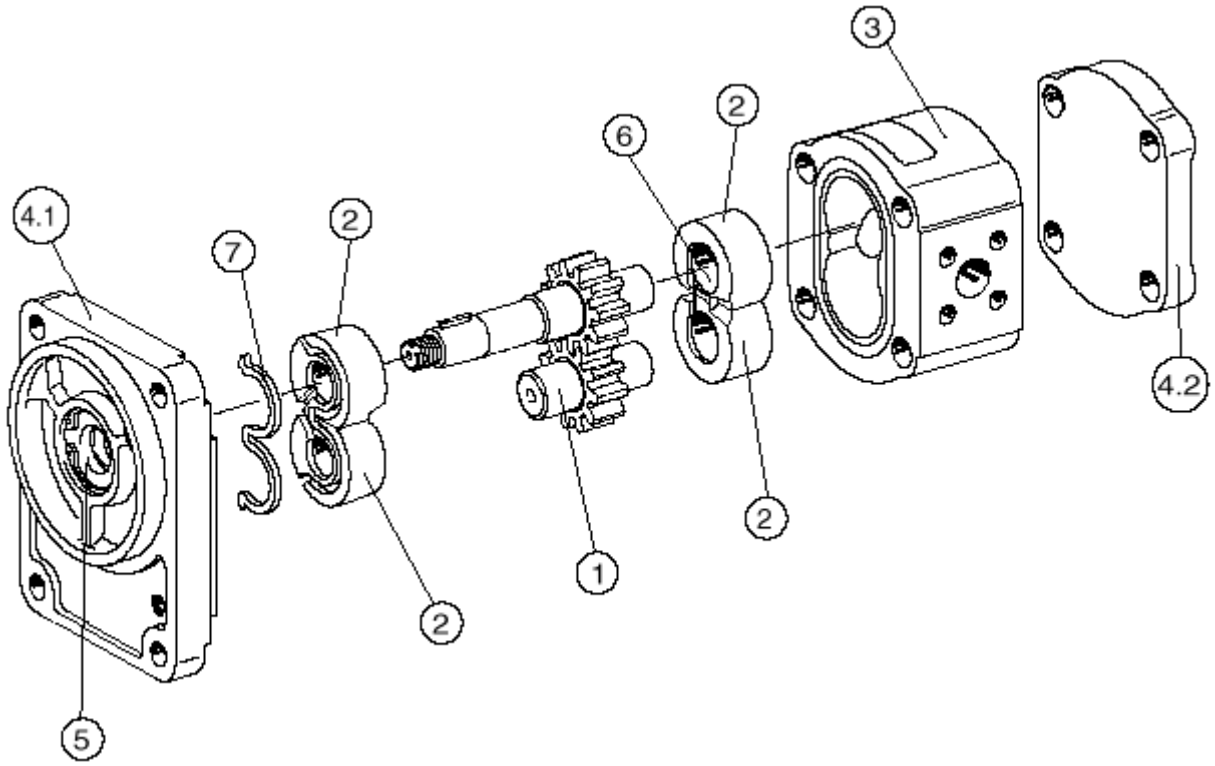
المضخة ذات التروس الخارجية

شكل١- ١٠

هذه المضخات الترسية الخارجية تستمد اسمها من وضع الترسين المسننين. هذان الترسين جنبا إلى جنب يتعاشقان الواحد في الثاني عن طريق الأسنان على المحيط. تحتوي هذه المضخة على ترس مدار وترس مدور، يدوران في اتجاهين متعاكسين. عند فتحة السحب يفترق الترسان محدثين فراغ جزئي يتم ملؤه بالزيت الأتي من الخزان. هذا الزيت يتم نقله عن طريق الأسنان باستخدام التجاويف الموجودة في الترس. هناك صفيحات تضمن عدم تسرب الزيت عبر محور الأسنان، ثم يتم ضخ الزيت المضغوط نحو المخرج بشكل متواصل مع دوران الترسين.

بفعل الضغط الموجود عند المخرج، يقع دفع الترسين ضد جسم المضخة، بسبب الخلوص الموجود بين واجهة الأسنان وجسم المضخة، هذا الخلوص يزداد كلما زاد عمر المضخة حيث تتآكل وتتلفت. الضياعات الحجمية تزداد بزيادة التآكل والتلف، وينتج عن ذلك تدني في الكفاءة الحجمية.

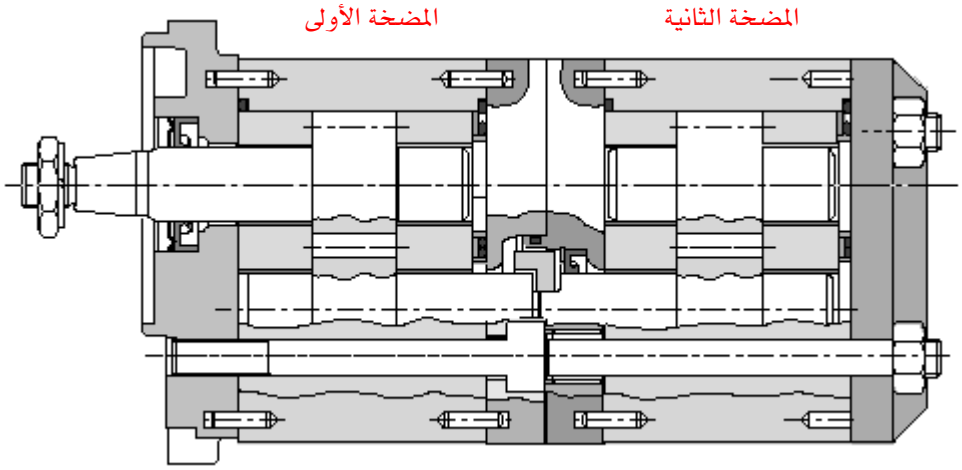
في الشكل التالي نبين مضخة ترسية خارجية مفككة، ونلاحظ وجود الصفيحات التي تضمن عدم تسرب الزيت عبر المحور.

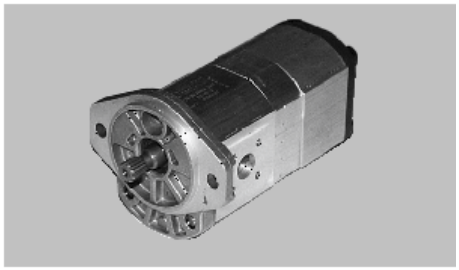


	العناصر
1	الترسين المسننين (مدار ومدور)
2	صفيحة منع تسرب الزيت
3	جسم المضخة
4.1	غطاء أمامي
4.2	غطاء خلفي
5	طوق منع التسرب
6	صندوق المحور
7	حلقة دائرية

شكل١- ١١

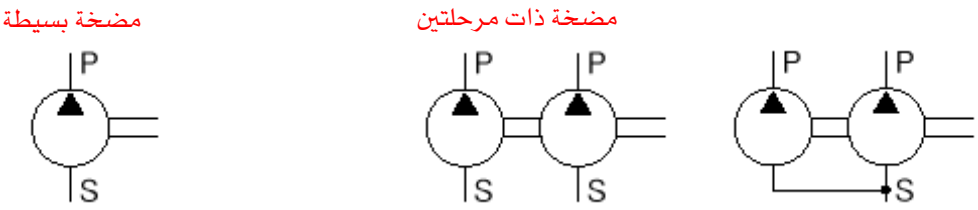
كما يوجد أيضا المضخات الترسية ذات المرحلتين، كما هو مبين في الشكل التالي هذه المضخة هي في الأصل متكونة من مضختين متحدتين، ويتم إدارتهما بنفس المحور، ولهما مخرج واحد.هذا النوع من المضخات يمكن أن يزود دائرتين هيدروليكيتين مستقلتين أو يعطي تدفقا أكبر لدائرة واحدة.





شكل١- ١٢

❖ الرمز:



❖ معدل التدفق Q للمضخة ذات التروس الخارجية:

$$Q = \frac{V \times N \times \eta_{vol}}{1000} = \frac{(2 \times \pi \times m^2 \times Z \times b) \times N \times \eta_{vol}}{1000} \qquad (٣)$$

$$Q = 2 \times \pi \times \frac{D_p^2}{Z} \times b \times N \times \eta_{vol}$$

حيث: m هي معامل الترس بالسنتمتر، Z هي عدد الأسنان، b هي عرض السن بالسنتمتر، N سرعة دوران المضخة باللفة في الدقيقة، $D_p=mxZ$ وهو القطر البدائي للترس. نلاحظ أن معدل التدفق يزداد كلما قل عدد الأسنان: $7<Z<15$.

❖ مثال: مضخة ترسية ذات تروس خارجية لها الخصائص التالية:

m=0.5cm ، Z=13 ، b=2cm ، N=1800rev/min. أوجد قيمة معدل التدفق Q للمضخة ، ثم استنتج القدرة اللازمة للمضخة P(KW) ، إذا كانت الكفاءة الحجمية $\eta_{vol}=0.9$ ، والكفاءة الميكانيكية- الهيدروليكية $\eta_{mH}=0.9$ ، والضغط الأقصى $p_{max}=100bar$.

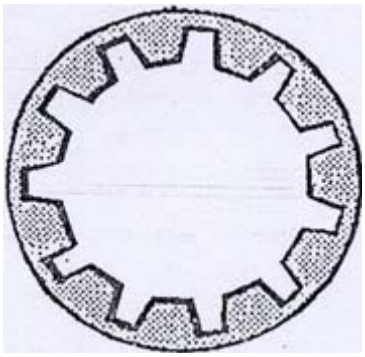
$$Q=\frac{V\times N\times \eta_{vol}}{1000}=\frac{(2\times \pi\times m^2\times Z\times b)\times N\times \eta_{vol}}{1000}$$

$$Q=\frac{(2\times \pi\times (0.5)^2\times 13\times 2)\times 1800\times \eta_{vol}}{1000}=66.5L/\min$$

$$P=\frac{p\times Q}{600\times \eta_{ges}}=\frac{100\times 66.5}{600\times 0.9\times 0.9}=13.68KW$$

ب- المضخة ذات التروس الداخلية:

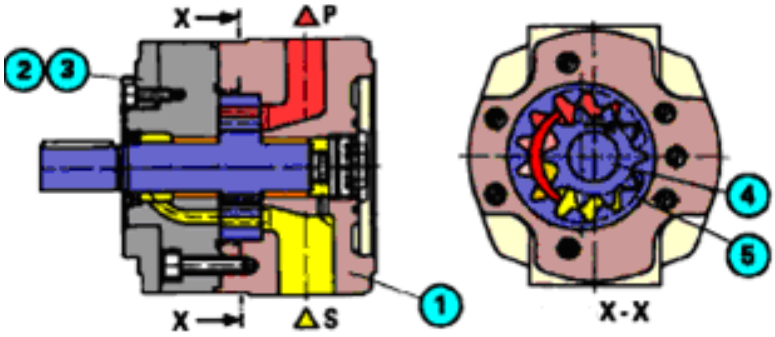
هذه المضخات الترسية الداخلية تستمد اسمها من أن لها عنصر متحرك وهو ترس ذو أسنان داخلية.



شكل١- ١٢: ترس ذات أسنان داخلية

تتكون أساسا من جسم 1 يدور بداخله زوج من التروس بينه وبين الجسم خلوص صغير جدا في كلا الاتجاهين المحوري والقطري ، بحيث تكون المضخة عمليا محكمة بالنسبة لتسرب الزيت.تتصل ناحية السحب(أصفر) بالخزان ، بينما تتصل ناحية الضغط (أحمر) بالدائرة الهيدروليكية.

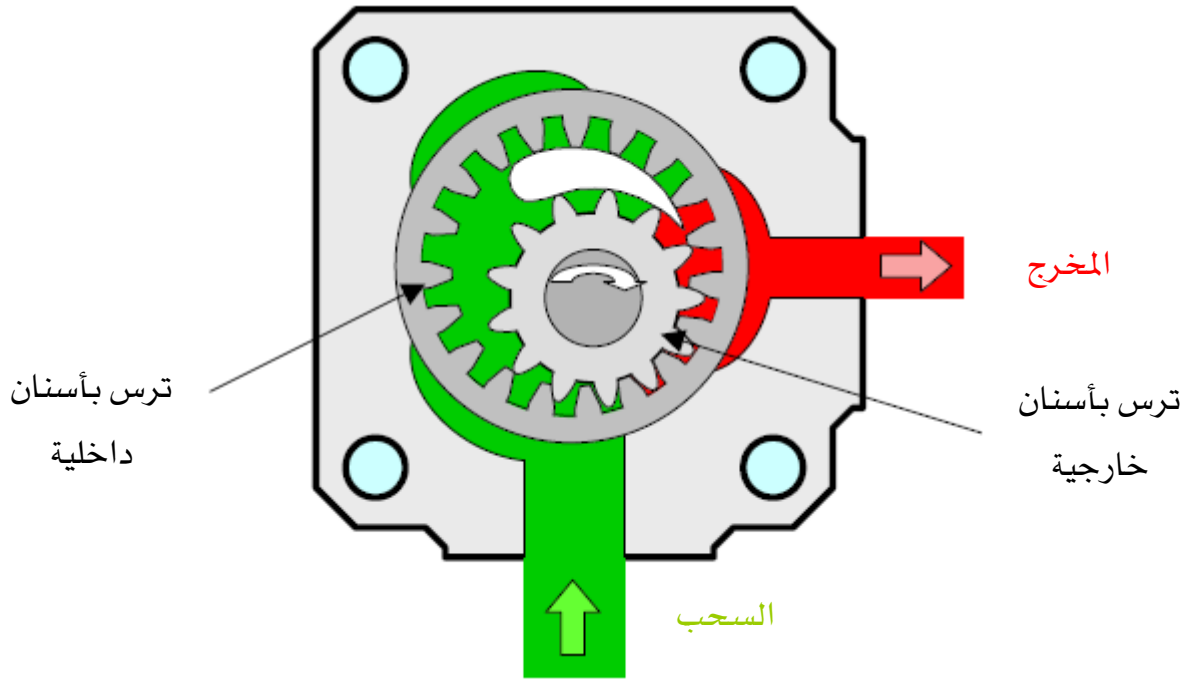
يدار الترس الداخلي 4 في اتجاه عقارب الساعة ، فيأخذ معه الترس الخارجي 5، ليدورا معا في نفس الاتجاه .



شكل١- ١٤ :مضخة ترسية ذات التروس الداخلية

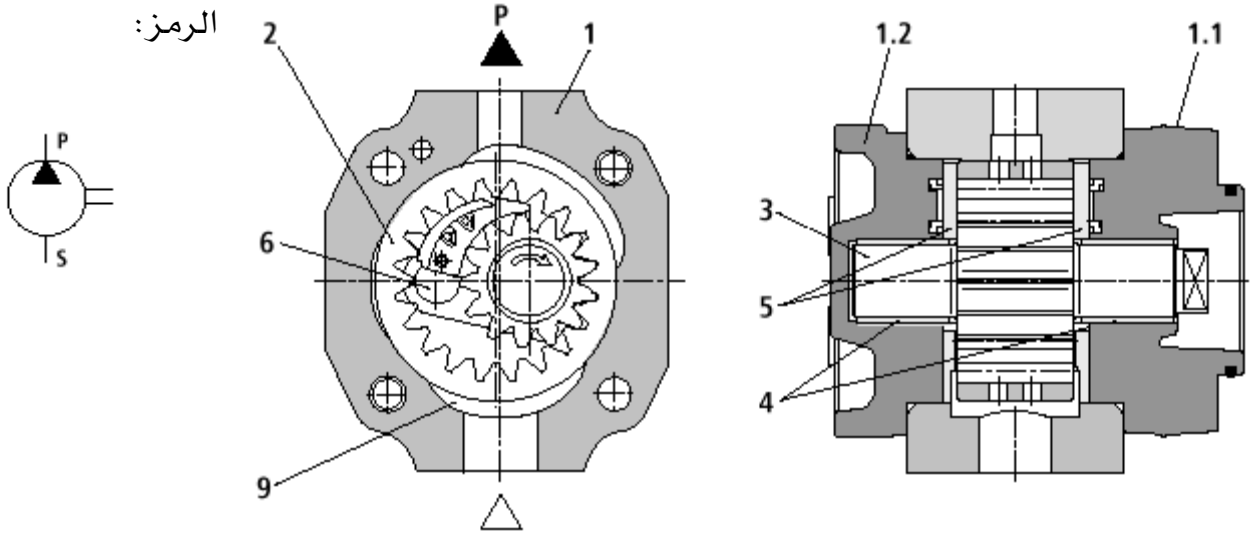
عند انفصال أسنان التروس نتيجة الحركة الدائرية ، تتسع الفراغات بين الأسنان مما يؤدي إلى انخفاض الضغط في هذه الأماكن عن الضغط الجوي. تحت تأثير الضغط الجوي المؤثر على سطح السائل بالخزان ، ينساب السائل من الخزان إلى هذه الأماكن داخل المضخة .يطلق على ذلك عموما أن (المضخة تسحب السائل).

يملأ السائل فراغات التروس ،التي تكون غرفا مغلقة مع جسم المضخة والجزء الهلالي أثناء مرحلة أخرى من الدوران ، وباستمرار الدوران يدفع السائل إلى ناحية الضغط (أحمر).بعد ذلك تبدأ أسنان التروس في التعشيق مرة أخرى فتطرد السائل من غرف التروس إلى الخارج .



شكل١- ١٥ : مبدأ عمل مضخة ذات تروس داخلية

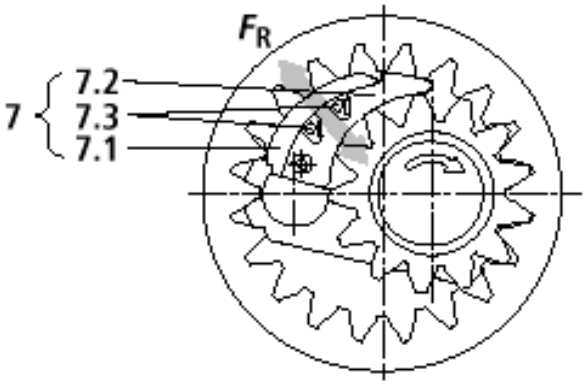
تعمل أسنان التروس عند تداخلها بالكامل على منع تسرب الزيت عبر الأسنان من غرفة الضغط المرتفع إلى غرفة السحب.



شكل١- ١٦ : عناصر المضخة ذات تروس داخلية

المضخات الهيدروليكية ذات التروس الداخلية، تتكون أساسا من جسم (1)، غطاء صندوق المحور (1.1)، غطاء (1.2)، عجلة ذات أسنان داخلية (2) ،ترس المحور (3)، صندوقي المحور الناعم (4)،

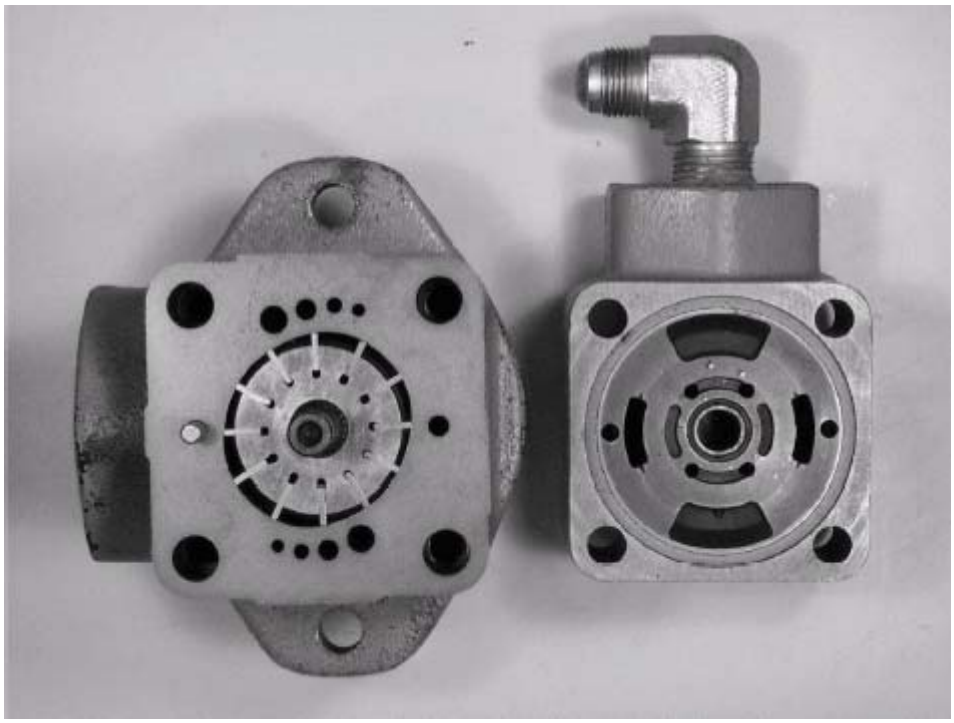
أقراص محورية لمنع التسريب (5)، عامود محمل الدفع (6)، قطعة مقحمة (7)، المسمار (7.1) ، حامل المسمار (7.2)، وأسطوانات منع تسريب (7.3). إن القوة النصف قطرية F_R تكون مسلطة على المسمار (7.1) وحامله (7.2).

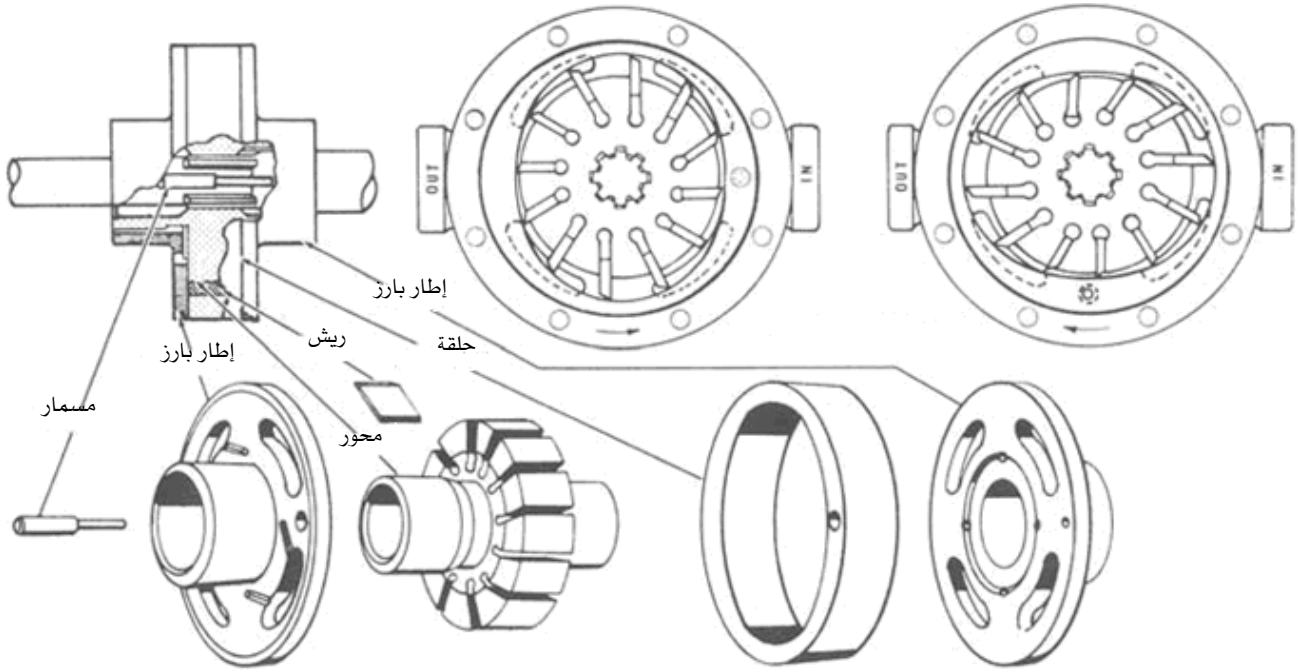


شكل١- ١٧

٢- ٤ المضخة الريشية Vane pump :

هذه المضخات الهيدروليكية الريشية تستخدم عادة لأنها تمتاز بكفاءة حجمية مرتفعة (η_v)، فهي تعطينا كفاءة حجمية أفضل من المضخات الترسية، ولكن تكلفتها مرتفعة مقارنة بالمضخات الترسية. المضخات الريشية كما يبين ذلك اسمها تحتوي على ريش، هذه الريش لها شكل مستطيل ووقع إدخالها في شقوق نصف قطرية (انظر الشكل ١- ١٨). يمكن لهذه الريش أن تنزلق داخل الشقوق.





شكل١- ١٨ : عناصر المضخة الريشية

هناك نوعان من المضخات الريشية:

- المضخة الريشية ثابتة الحجم الهندسي.
- المضخة الريشية متغيرة الحجم الهندسي.

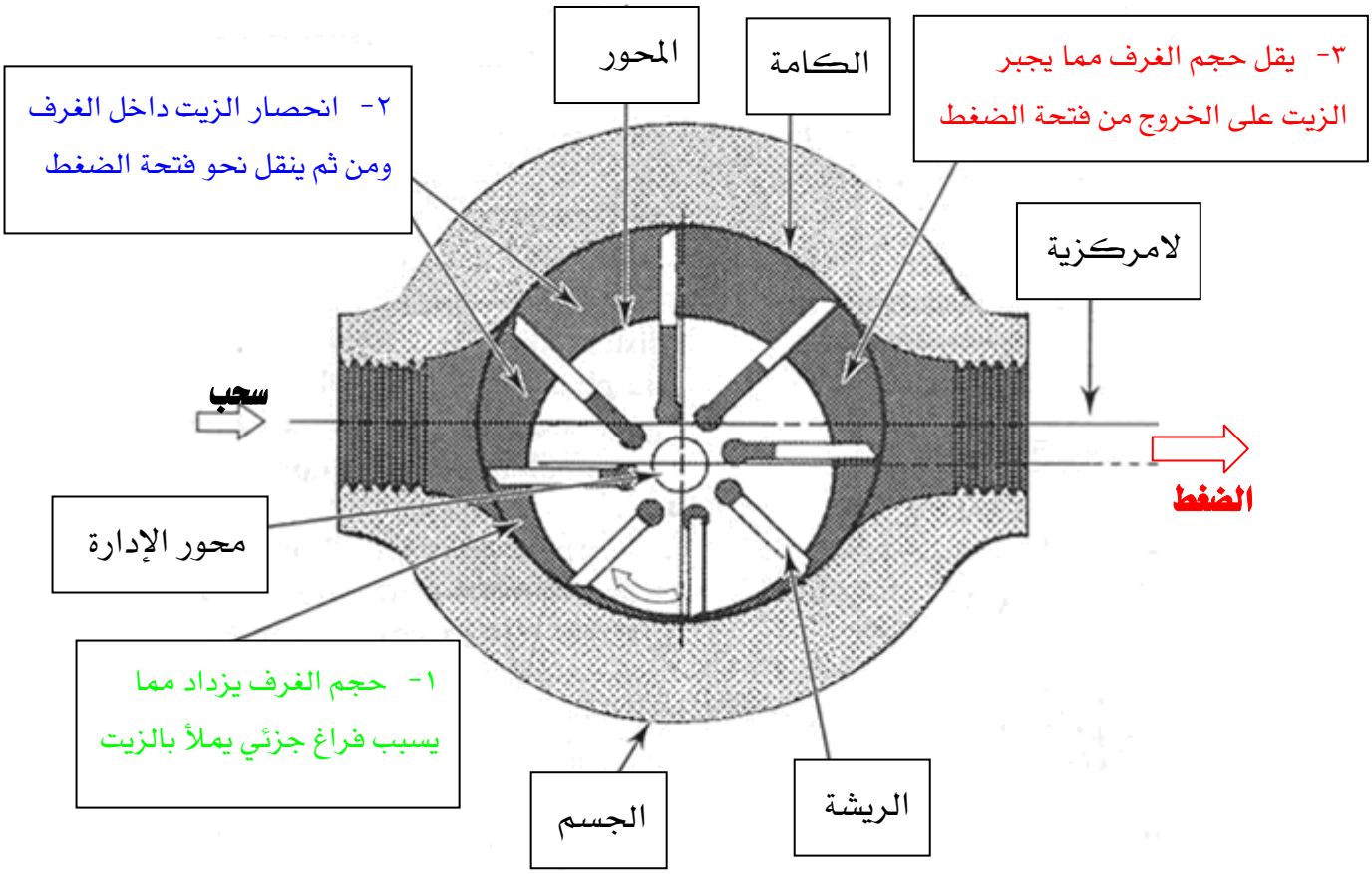
أ- المضخة الريشية ثابتة الحجم الهندسي:

تنقسم المضخات الريشية إلى قسمين:

- مضخات ريشية ثابتة الحجم ذات المحور الغير متوازن
- مضخات ريشية ثابتة الحجم ذات المحور المتوازن

أ- ١ المضخات الريشية ثابتة الحجم ذات المحور الغير متوازن:

تمتاز هذه المضخات بمبدأ تشغيل بسيط نوعا ما. حيث أن الريش تم تركيبها على المحور المثبت على جسم المضخة. هذا المحور له لامركزية مع مركز جسم المضخة. الشكل ١- ١٩ يبين مبدأ تشغيل هذه المضخة.



شكل١- ١٩ : مبدأ تشغيل المضخة الريشية ذات المحور الغير متوازن

عندما يقوم المحرك بإدارة محور المضخة، تنتج قوة طاردة تدفع الريش ضد الكامة الدائرية. عندما يدور المحور تتبع الريش مسار الكامة، ونلاحظ أن شطف الريش يتبع دائما اتجاه الدوران. بسبب لامركزية المحور مع الكامة، فإن الريش تقسم الفضاء الموجود بين المحور والكامة إلى سلسلة غرف. يوجد سحب المضخة من الجهة التي يزداد فيها حجم الغرف، حيث يتكون فراغ جزئي يملأ

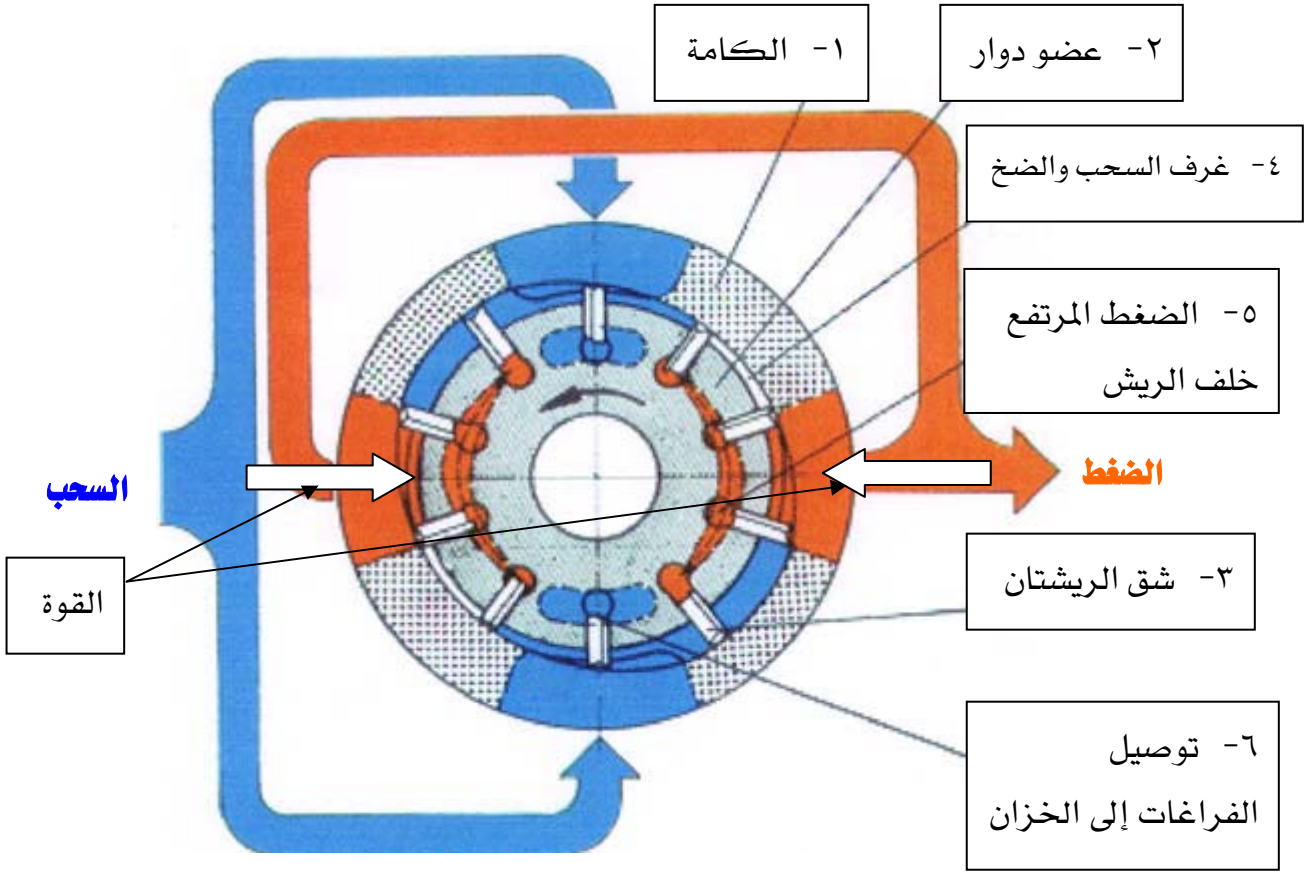
بالزيت مدفوعا بالضغط الجوي الموجود في الخزان. ينحصر الزيت في الغرف ثم ينقل إلى فتحة ضغط المضخة. بعد ذلك يجبر نقصان حجم الغرف الزيت على الخروج نحو فتحة الضغط عند مخرج المضخة. ولكن نلاحظ وجود قوة دفع للمحور من جهة واحدة بسبب الضغط الموجود عند المخرج. بسبب عدم توازن القوى على المحور سميت هذه المضخة بالريشية ذات المحور الغير متوازن. ولحل هذه المشكلة نلجأ عادة إلى مضخات متوازنة وهي الريشية ذات المحور المتوازن.

❖ معدل التدفق الحجمي للمضخات الريشية ثابتة الحجم ذات المحور الغير متوازن Q:

$$Q = 4\pi.e.b.R.N.\eta_{vol} \qquad (٤)$$

حيث: e: اللامحورية (cm) ، b: عرض الريشة (cm)، R: نصف قطر الكامة (cm)، N: سرعة الدوران (rev/min).

أ- ١ المضخات الريشية ثابتة الحجم ذات المحور المتوازن:



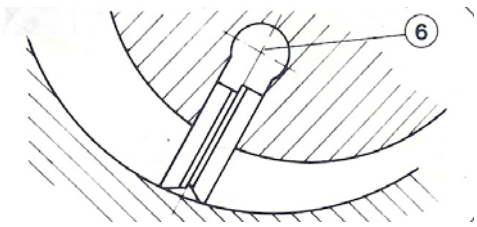
شكل١- ٢٠: المضخة الريشية ثابتة الحجم ذات المحور المتوازن

تتكون المضخة الريشية أساسا من جسم وكامة 1 وعضو دوار 2 به الريش 3 . للكامة 1 سطح داخلي تلامسه الريش ،ذو اختلاف مركزي مزدوج . العضو الدوار هو جزء القيادة .بكل شق ريشتان 3(ريش مزدوجة) يمكن أن تضغط كل منها على الأخرى ، كما يمكنهما الانزلاق داخل الشق.

عند إدارة العضو الدوار تندفع الريش إلى الخارج تحت تأثير كل من قوة الطرد المركزي ، وضغط الدورة المرتفع الذي يؤثر خلف الريش . بهذا تلامس الحافة الخارجية لكل ريشه السطح الداخلي للكامة. تتكون غرف السحب والضخ 4 من زوجين متتاليين من الريش وسطح العضو الدوار وسطح الكامة الداخلي وأقراص التوجه الجانبية.

يتم السحب (الأزرق) والضخ (الأحمر)من خلال أقراص توجيه جانبية (غير موضحة بالرسم).

عند دوران العضو الدوار في اتجاه السهم الموضح بالشكل، تتحرك الريش داخل الشقوق .عند الاقتراب من خط السحب (أعلى وأسفل) تكون أجزاء الريش الخارجية من الشقوق صغيرة للغاية . باستمرار الدوران ،يزداد طول جزء الريش الخارج من الشقوق ويزيد الحجم المحصور بين كل زوجين متتاليين من الريش ،ويمتلئ بالسائل الذي يصل إلى المضخة من خط السحب .عندما يصل هذا الحجم إلى أقصى قيمة له (عند أكبر مسافة بين مركز العضو الدوار والعضو الداخلي للكامة) ينقطع الاتصال بينه وبين خط السحب وذلك عن طريق تشكيل أقراص التوجيه الجانبية ،ويبدأ الاتصال بناحية الضغط .عند هذا الموضع تبدأ الكامة في دفع الريش داخل الشقوق فيقل الحجم مما يؤدي إلى طرد السائل إلى الخارج من فتحات الضغط . ولما كانت الكامة مصممة بحيث تكون ذات اختلاف مركزي مزدوج، فإن كل ريشة تنفذ دورتين كاملتين (دورتي سحب ودورتي طرد)أثناء اللفة الواحدة للعضو الدوار . وفي نفس الوقت تتقابل غرفتا السحب وكذلك غرفتا الطرد مما ينتج عنه اتزان القوى الضغط التي تؤثر على عمود الدوران (يسمى هذا بالاتزان الهيدروليكي). يؤثر الضغط المرتفع خلف الريش 5 ويدفعها للخارج وبذلك يتحقق إحكام أفضل للتسريب، فضلا عن الإحكام المزدوج الناشئ عن طرف الريش .لتقليل الاحتكاك تشطف نهايتا الريشتين الموجودتين في كل شق كما هو موضح في شكل التالي .



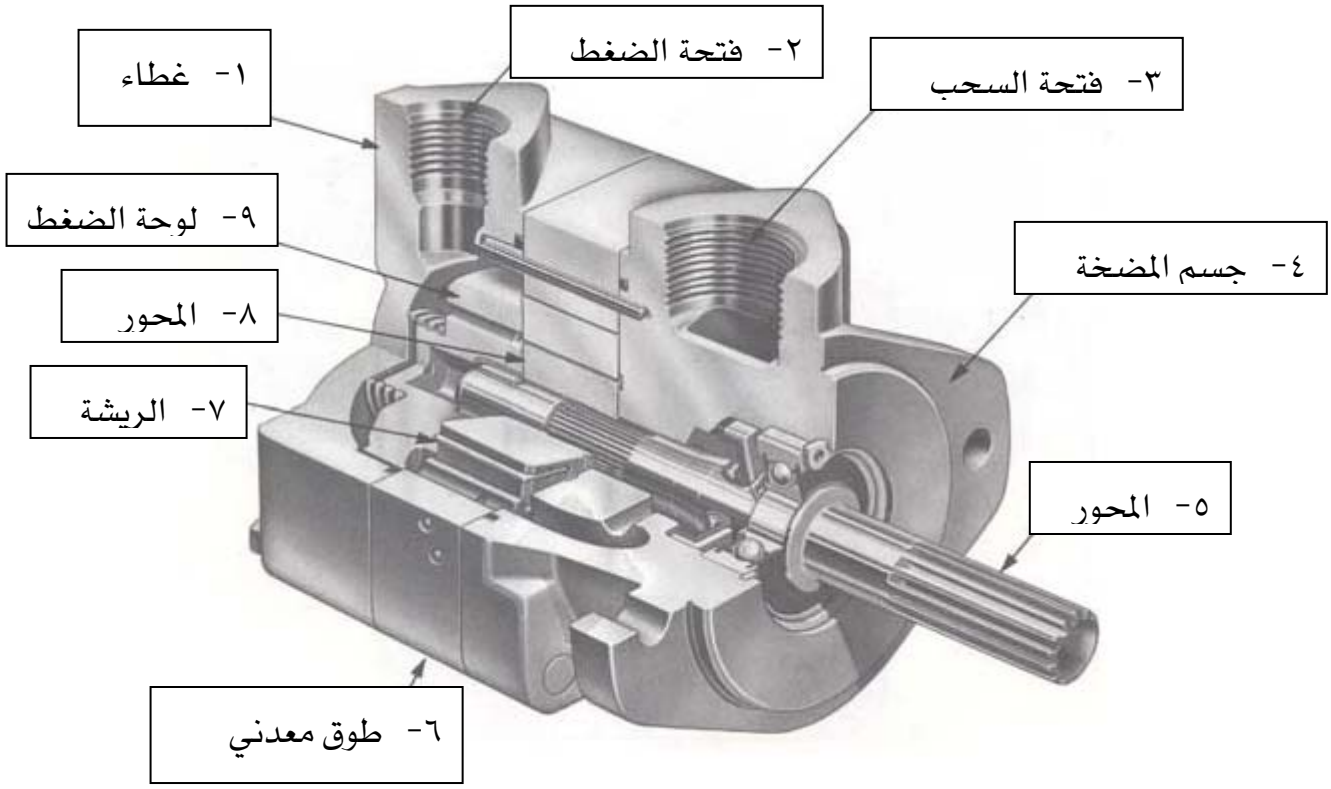
شكل١- ٢١ : شطف نهايتا الريشتين

يؤدي الشطف الطولي لجوانب الريش إلى توازن الضغط المؤثر على أطراف الريش .يظل سطح دحرجة الريش هو سطح التلامس مع الكامة . أثناء السحب لا تكون قوة التلامس المطلوبة بين الريش والكامة كبيرة .لهذا وفي هذه الأثناء يتم توصيل الفراغات خلف الريش 6 إلى الخزان .

نلاحظ أثناء التشغيل ، أنه يوجد فتحتي سحب وفتحتي ضغط، خلال لفة واحدة للمحور، مما يجعل فتحتي الضغط متعاكستين ($180°$) وهذا يجعل المحور متوازن.

إن المضخات الريشية متوازنة المحور تقاوم بشكل جيد ارتفاع الضغط عند المخرج، وزيادة على ذلك فإنها تتمتع بمدى حياة أكثر من المضخات الغير متوازنة المحور.

لتقليل تسرب الزيت عند نقطة التلامس بين الريش والكامة، يمكن تطبيق ضغط أو نابض تحت الريش حتى تتمكن القوة الطاردة من دفع الريش ضد الكامة أو جسم المضخة. الشكل التالي يبين منظر مقطعي لمضخة ريشية ذات محور متوازن.



شكل١- ٢٢: منظر مقطعي لمضخة ريشية ذات محور متوازن

❖ معدل التدفق الحجمي للمضخات الريشية ثابتة الحجم ذات المحور المتوازن Q:

$$Q = K.(R-r)^2.\pi.b.N.\eta_{vol} \quad (٥)$$

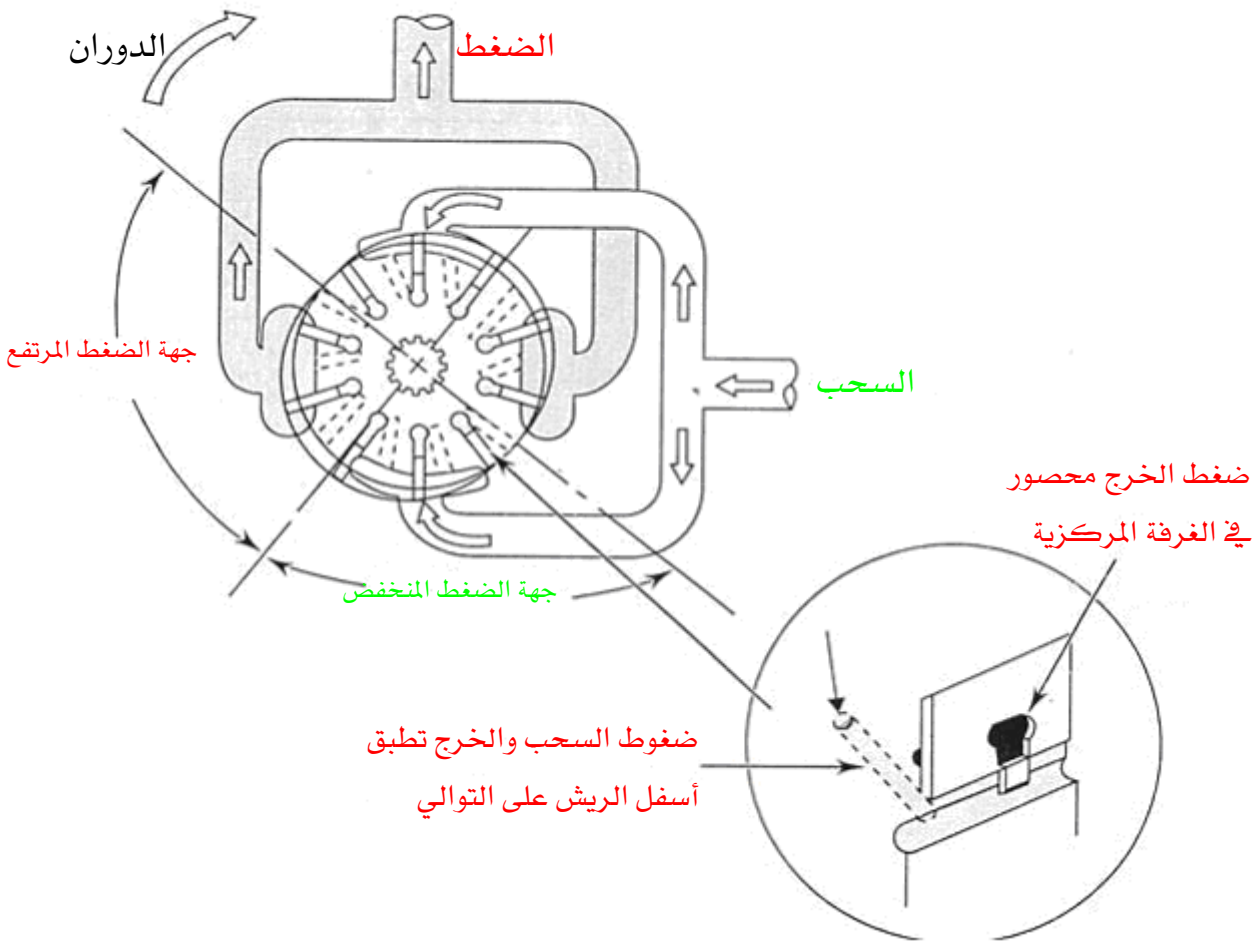
حيث: K: عدد فتحات الضغط (عادة K=2) ، b: عرض الريشة (cm)، R: نصف قطر الكامة (cm)، r: نصف قطر المحور الحامل للريش (cm)، N: سرعة الدوران (rev/min).

$$Q = 2(R-r)^2.\pi.b.N.\eta_{vol} \quad (٦)$$

❖ المضخة الريشية ذات المحور المتوازن خاصة بالضغوط المرتفعة:

يوجد في الأسواق مضخات ريشية ذات المحور المتوازن قادرة على العمل في ضغوط عالية تصل إلى حدود 17000Kpa أو 2500psi وبسرعة دوران مرتفعة 1800rev/min.هذه المضخات تتمتع بنفس مبدأ عمل المضخات الريشية السابقة، ولكن مع إدخال بعض التغييرات. تحت ضغط يصل إلى 17000Kpa وباستخدام ريش مستطيلة الشكل تنتج قوة أسفل الريش وهو ما ينتج عنه تآكل سريع للريش والكامة أو الجسم. ولكن لتفادي هذه المشكلة هناك ثقوب وقع حفرها في الذراع الدوار rotor، مما يجعل الزيت المضغوط ينساب إلى المساحات السفلية للريش وهذا من جهة الضغط العالي فقط، التي تجعل إمكانية تسرب الزيت بين الريش والجسم ضئيلة جدا. الشكل التالي يبين مضخة ريشية ذات المحور المتوازن خاصة بالضغوط المرتفعة.

من جهة الضغط المنخفض تصبح قيمة الضغط أسفل الريش صفرا، دفع الريشة ضد جسم المضخة يكون عن طريق الضغط المرتفع المحصور في الغرفة المركزية المحفورة أسفل الريشة.



شكل١- ٢٣ : المضخة الريشية ذات المحور المتوازن خاصة بالضغوط المرتفعة

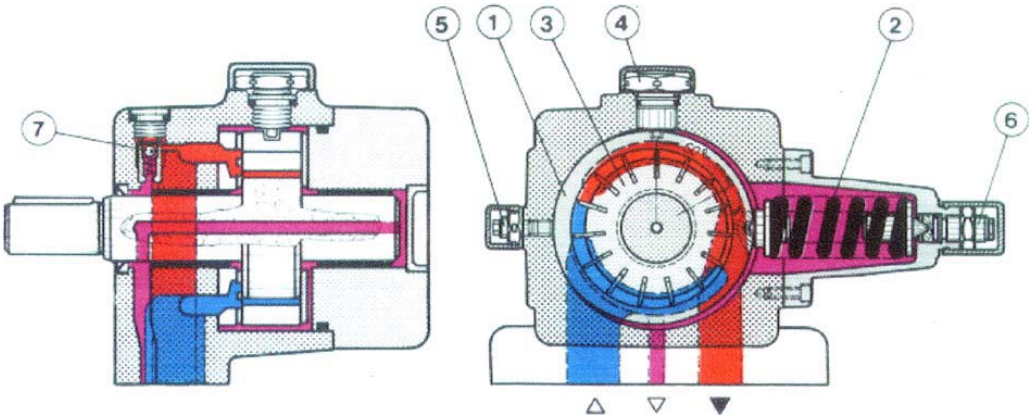
ب- المضخة الريشية متغيرة الحجم الهندسي:

ب- ١ التحكم المباشر:

في هذا النوع من المضخات يمكن تغيير الحجم الهندسي عند أقصى ضغط تشغيل يتم تحديده.

وتتماثل هذه المضخة المبينة في الشكل التالي مع فكرة عمل المضخة ثابتة الحجم الهندسي التي سبق ذكرها.

ولكن في هذه الحالة الحاضرة تكون الكامة عبارة عن قرص مستدير متمركز مع محور الدوران يدفعه زنبرك 2 إلى وضع لامركزي ناحية العضو الدوار . يتم ضبط قيمة اللاتمركز القصوى ،و بالتالي أقصى حجم هندسي عن طريق مسمار ملولب للضبط 6 .يمكن كذلك تحريك الكامة في اتجاه المماس المتعامد عن الزنبرك عن طريق مسمار ملولب لضبط الارتفاع 4 وذلك للتحكم في صوت المضخة

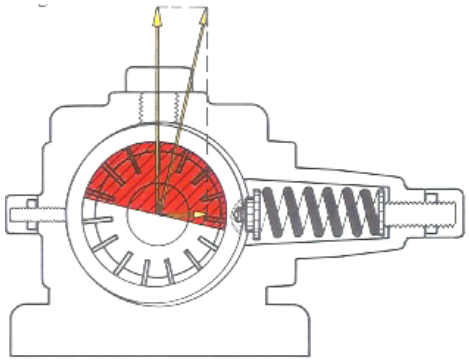


شكل١- ٢٤ : مضخة ريشية متغيرة الحجم الهندسي

العنصر	
1	الكامة المتحركة
2	زنبرك معوض للضغط
3	محور دوار
4	برغي مثبت للكامة
5	لامركزية للكامة المتحركة يقع تعديلها عن طريق هذا البرغي
6	برغي تعديل معوض الضغط(عندما ينتج الضغط قوة كافية على الكامة للتصدي لقوة الزنبرك فإن الكامة المتحركة تتحرك وتتمركز.
7	صمام الاستنزاف (تعديل الضغط من ناحية الزنبرك)

يؤثر ضغط التشغيل الذي يتولد نتيجة مقاومة الحمل (كما في حالة الأسطوانة ذات الحمل) على سطح الكامة الداخلي عند ناحية الضغط . ينتج عن ذلك مركبة قوة في الاتجاه الأفقي مضادة لقوة الزنبرك كما هو مبين في الشكل التالي.

عند زيادة المركبة الأفقية للقوة الناجمة عن الضغط القوة المحددة عن الزنبرك (والتي تناظر ضغطا معينا) تتحرك الكامة من الوضع اللامركزي الأقصى إلى وضع لامركزي جديد أقل في القيمة . بهذا يقل الحجم الهندسي والتدفق في القيمة التي يحتاجها المستخدم (الأسطوانة مثلا).



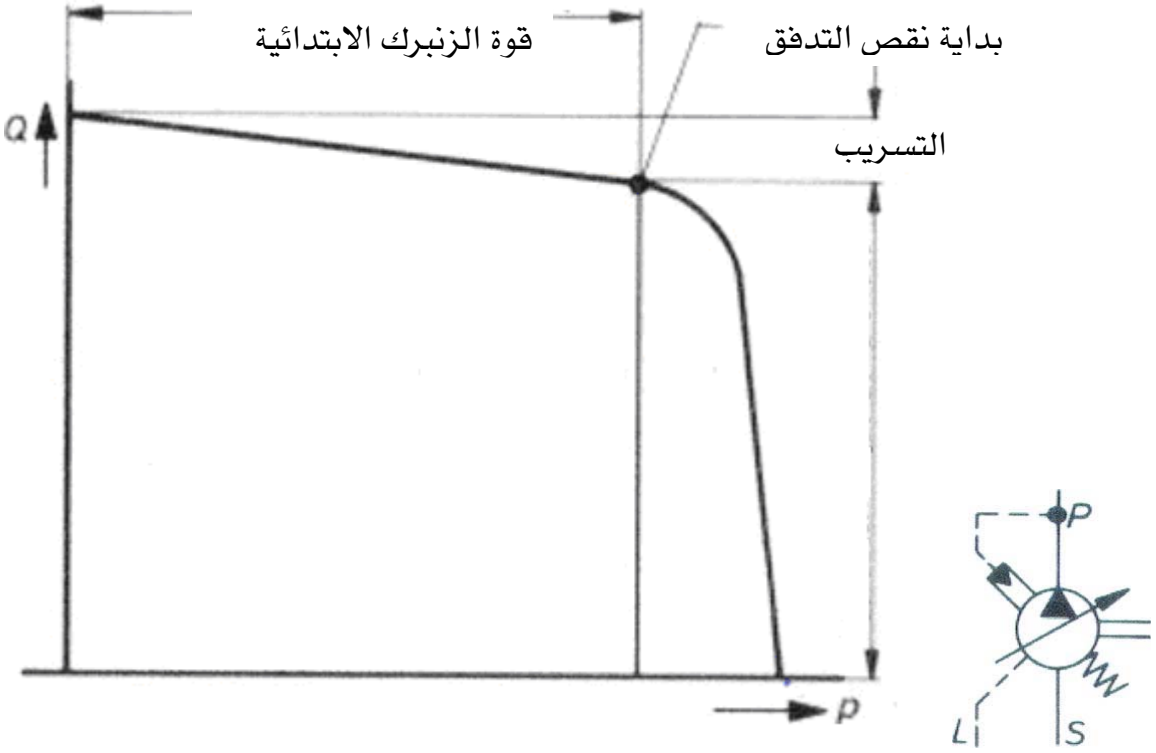
شكل١- ٢٥ : قوة في الاتجاه الأفقي مضادة لقوة الزنبرك

عند انقطاع حاجة المستخدم للسائل ،يرتفع الضغط ويتغلب على قوة الزنبرك ، فتتحرك الكامة إلى الوضع المركزي تقريبا ، وينعدم التدفق إلى الخارج من المضخة .يتم الاحتفاظ بضغط التشغيل في هذه الحالة تقوم المضخة بتعويض الفقد الناتج عن التسرب فقط . بهذا يكون فقد القدرة وبالتالي تسخين السائل أقل ما يمكن .

يوضح المنحنى Q-p في الرسم البياني التالي خواص المضخة .

عندما يرتفع الضغط إلى القيمة الكافية للتغلب على قوة الزنبرك الأولية .تتحرك الكامة فيقل التدفق مع الحفاظ على الضغط . يعتمد ميل منحنى الأداء على خواص الزنبرك المستخدم كما يختلف الميل عند استخدام زنبرك معين مع اختلاف ضغط بداية التحكم . لتحسين حاسة الإجابة، تجهز المضخة بأي من أربعة زنبركات مختلفة (يناسب كل واحد منها مدى معين من الضغط).

هناك أيضا صمام الاستنزاف 7 الذي تزود به نمطيا هذه المضخات لتسهيل عملية بدء التشغيل عن طريق الاستنزاف الأوتوماتيكي للهواء.عند بدء التشغيل يدفع الزنبرك كرة الصمام بعيدا عن المقعد ويكون الصمام مفتوحا . يظل الصمام مفتوحا طالما مر منه هواء خلال فترة بدء التشغيل . عند مرور سائل خال من الهواء عبر الصمام تدفع الكرة إلى المقعد ضد كرة الزنبرك فيغلق الصمام بإحكام .



شكل١- ٢٦ :منحنى خواص المضخة ورمز المضخة

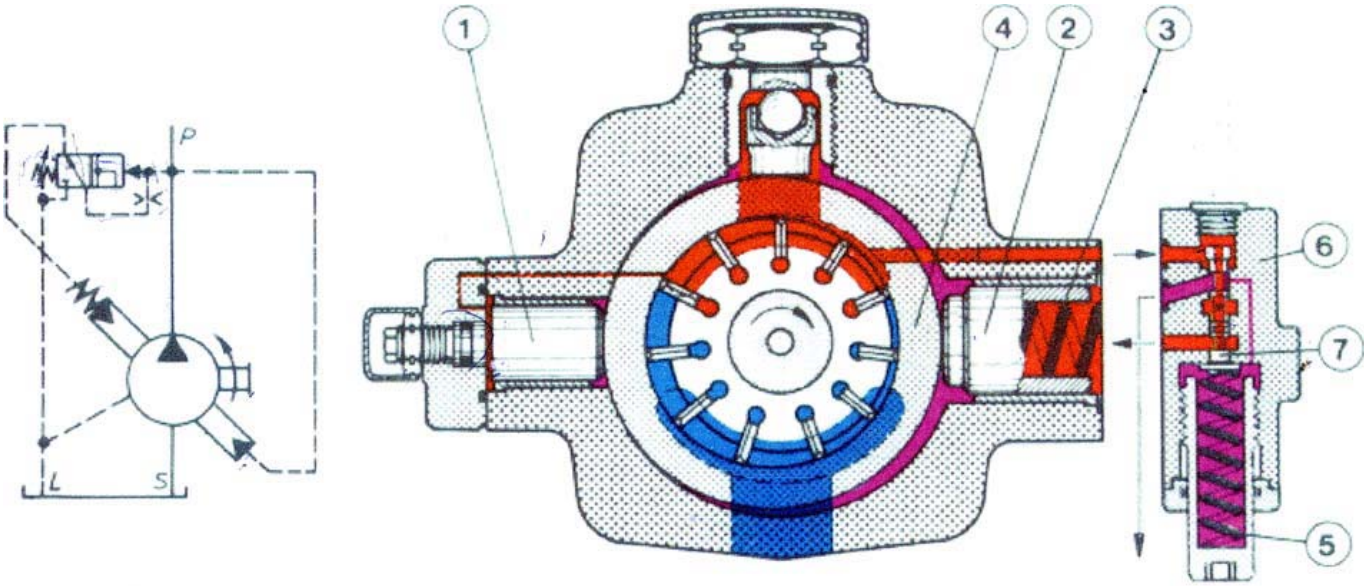
ب- ٢ التحكم المرشد :

يشابه التصميم الأساسي للطراز مرشد التحكم مثيله للطراز مباشر التحكم، حيث تتشابه تماما عمليات السحب والضخ في كلا الطرازين .

يختلف الطرازان من ناحيتين .الأولى هي أن المضخة ذات التحكم المرشد مزودة بريش مزدوجة . فكما في حالة المضخة ثابتة الحجم الهندسي يوجد في كل شق بالعضو الدوار ريشتان مما ينتج عنه حدين اثنين لإحكام منع التسرب ، كذلك انخفاض قوى التلامس نتيجة عدم التحميل الهيدروليكي في المنطقة الانتقالية . الاختلاف الثاني يتمثل في طريقة التحكم . في الطراز مرشد التحكم تثبت الكامة بين كباسين 1 و2 واقعين تحت تأثير ضغط التشغيل ، ونسبة مساحة مقطعي الكباسين هي 1 : 2 تقريبا انظر الشكل التالي.

يعمل الزنبرك 3، الضعيف نسبيا والموجود عند الكباس الأكبر ، على ضمان بدء الضخ عند بداية التشغيل . يضمن هذا الزنبرك دفع الكامة 4 إلى الوضع اللامركزي عند توقف المضخة أو انخفاض الضغط . يتم ضبط الضغط الأقصى المطلوب عن طريق الزنبرك 5 الخاص بصمام التحكم في الضغط 6 يعمل الزنبرك 5 على احتفاظ زلاق التحكم 7 بموضعه إلى أعلى كما هو موضح بالشكل . عندما يرتفع الضغط إلى القيمة المحددة ، يتحرك الزلاق داخل صمام التحكم إلى أسفل ، ضد قوة الزنبرك .

يؤدي ذلك إلى اتصال الغرفة الموجودة خلف الكباس الكبير 2 بالخزان من خلال الفتحة L . يمكن للكباس الصغير 1 الآن أن يحرك الكامة 4 إلى موضع جديد ، فتضخ المضخة الكمية المطلوبة فحسب. يمكن تركيب وسائل تحكم مختلفة على هذه المضخة نظرا لأن الكامة يتم التحكم فيها هيدروليكيا .



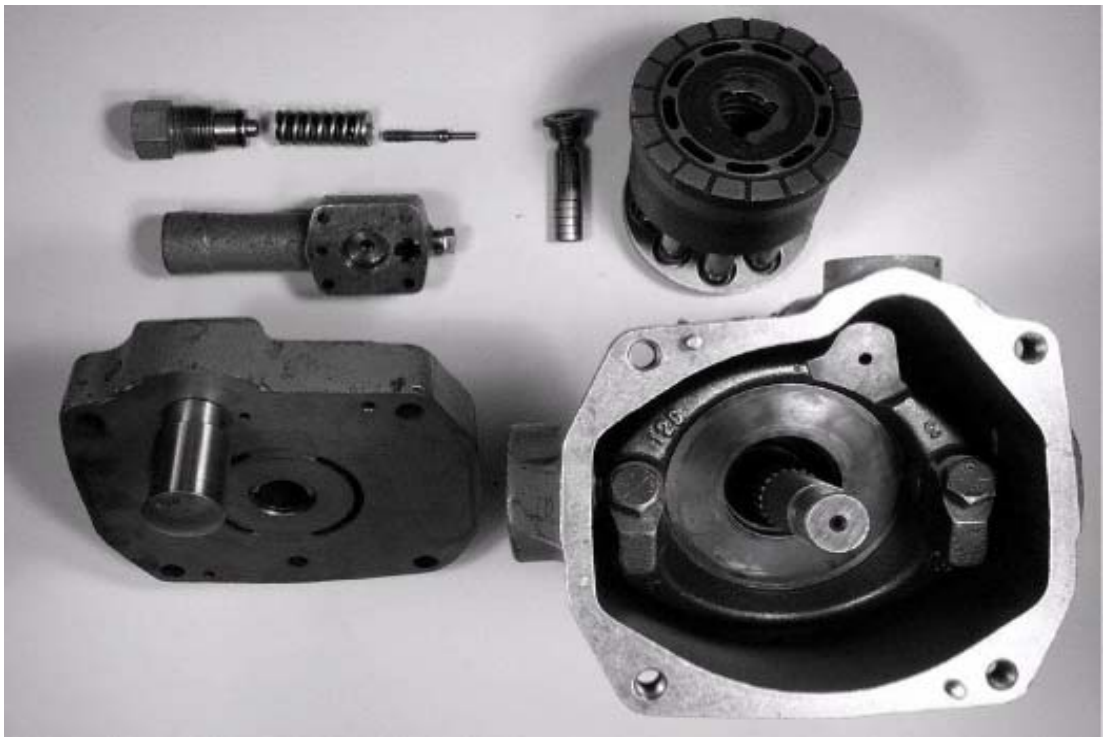
شكل١- ٢٧ : المضخة الريشية ذات التحكم المرشد ورمزها

أهم مزايا استخدام المضخات مباشرة التحكم ومرشدة التحكم هي:

- توفير استخدام الطاقة عن طريق الضغط الأمثل والذاتي للتدفق ، ليناسب الاحتياج الفعلي للمستخدم.
- يؤدي ذلك عامة إلى تخفيض درجة الحرارة أثناء التشغيل مما يطيل من عمر موانع التسرب ويسمح بزيادة فترة استخدام السائل .
- تبسيط الدائرة الهيدروليكية ، ويرجع ذلك إلى أنه في بعض الأحيان يمكن الاستغناء عن صمامات حد الضغط والغلق .

٢- ٥ المضخة المكبسية المحورية Axial piston pump :

أ- المضخة المكبسية المحورية ثابتة الحجم الهندسي ذو القرص المتراوح:



شكل١- ٢٨

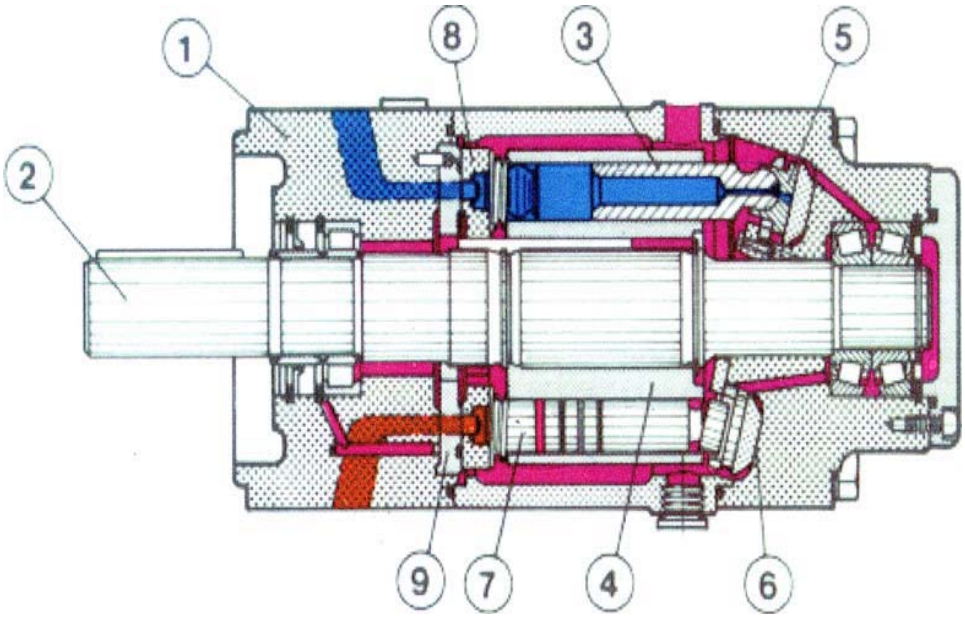
تم وضع عدد من الكباسات 3 (عدد فردي 5 ، 7، 9) على دائرة داخل الجسم الثابت 1 ، بحيث يكون محور الكباسات موازيا لعمود الإدارة 2. بعد ذلك تتحرك الكباسات داخل الأسطوانة 4 والمثبتة إلى عمود الإدارة عن طريق خابور. ولقد صممت نهايات الكباس على شكل وصلة عامة الحركة وثبتت في وسائد المنزلقة.

توضع الوسائد على السطح 6 المائل بزاوية °15 ، ويحتفظ بهذا الوضع عن طريق حلقات دفع واحتجاز. أما في الوحدات ثابتة الحجم الهندسي يكون السطح المائل جزءا من الجسم ، وبذلك يكون الميل ثابتا.

عندما يبدأ العمود في الدوران تدور الأسطوانة 4 والجلب 7 وغطاء الأسطوانة 8، فضلا عن الكباسات 3 والوسائد المنزلقة 5. ولما كانت نهاية الكباسات محتفظ بها على السطح المائل عن طريق الوسائد المنزلقة، يتحرك كل كباس ترددیا أثناء دورانه مع الأسطوانة وعمود الإدارة.

إن التحكم في دخول وخروج السائل من المضخة يتم عن طريق فتحتان في شكل كلية ، موجودتان في قرص التحكم 9 المثبت في الجسم.

تتصل غرف الكباسات أثناء خروجها من الأسطوانة بناحية السحب (أزرق) عن طريق فتحة التحكم، فيتم سحب السائل إلى داخل المضخة. في هذه الأثناء ،تتصل غرف الكباسات المتحركة إلى داخل الأسطوانة بناحية الضغط (أحمر) عن طريق فتحة التحكم الأخرى، مما يدفع السائل من داخل غرف هذه الكباسات إلى خارج المضخة من فتحة الضغط. ومن الملاحظ أنه دائما يتواجد كباس واحد في الموضع الانتقالي بين جانب السحب وجانب الضغط أو العكس. يصل السائل المضغوط إلى مواضع الانزلاق عند الوسائد من خلال فتحات في الكباسات، وذلك للتزييت الكراسي والمحاور.



١- جسم المضخة
٢- عمود الإدارة
٣- الكباس
٤- جسم الأسطوانات
٥- الوسائد المنزلقة
٦- سطح مائل
٧- الجلبة
٨- غطاء الأسطوانة
٩- قرص التحكم

شكل١- ٢٩ : المضخة المكبسية المحورية ثابتة الحجم الهندسي ذو القرص المتراوح

❖ معدل تدفق المضخة المكبسية المحورية ثابتة الحجم الهندسي ذو القرص المتراوح هو:

$$Q = A.2.r_z.\tan\alpha.Z.N.\eta_{vol} \qquad (٩)$$

حيث:

A: مساحة الكباس

r_z: نصف قطر جسم الأسطوانات

α: زاوية ميلان السطح المائل

Z: عدد الكباسات

مثال: مضخة مكبسية محورية ثابتة الحجم الهندسي ذو القرص المتراوح لها الخصائص التالية:

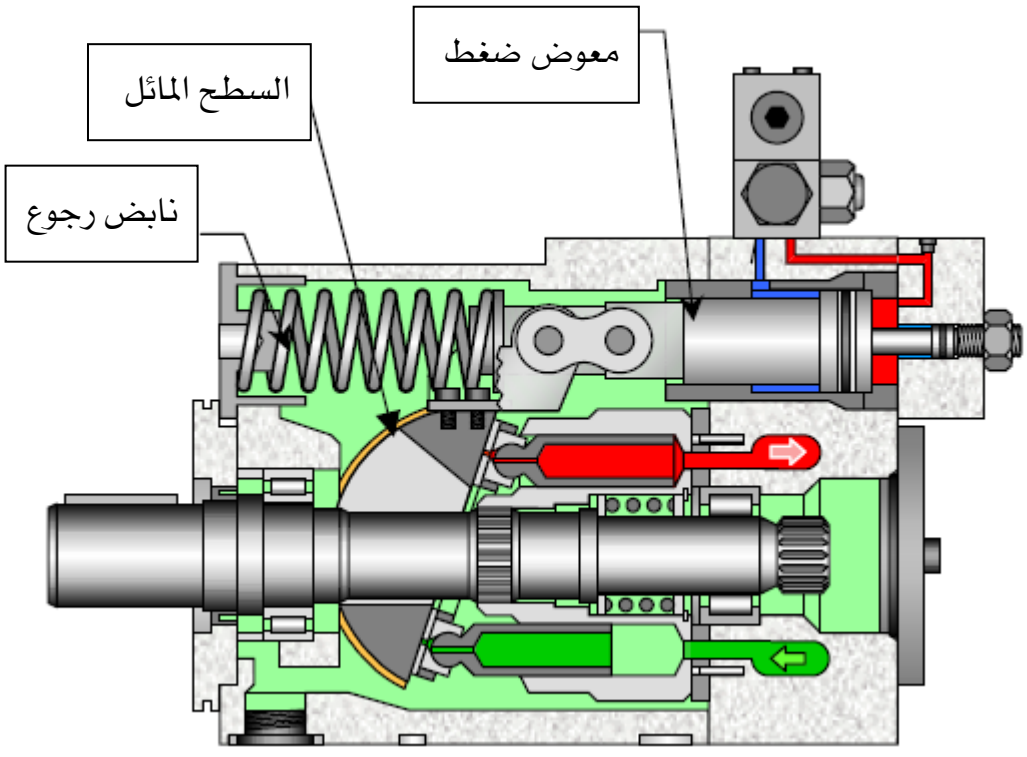
قطر الكباس: d=10mm ، r_z=25mm ، α=15° ، Z=7 ، N=1000rev/min ، η_{vol}=0.9

$$Q = A.2.r_z.\tan\alpha.Z.N.\eta_{vol} \quad (١٠)$$

$$Q = (\tfrac{\pi}{4} \times 0.01^2) \times 2 \times 0.025 \times \tan 15 \times 7 \times 1000 \times 0.9$$

$$Q = 0.37\ m^3/\min = 370\ L/\min$$

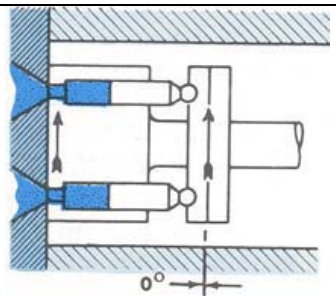
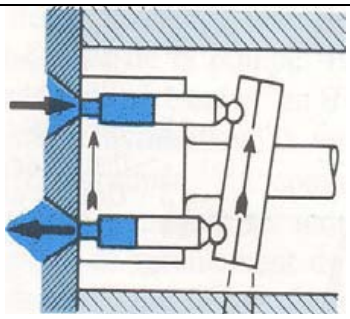
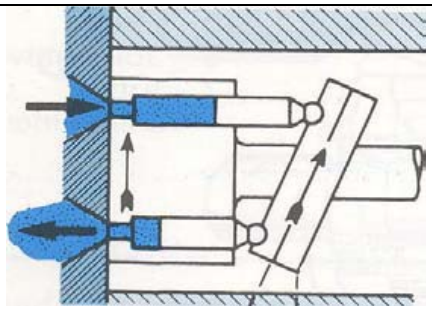
ب- المضخة المكبسية المحورية متغيرة الحجم الهندسي:



شكل١- ٣٠: المضخة المكبسية متغيرة الحجم

هذه المضخات تحتوي على سطح مائل متحرك، باستخدام نظام تعديل للسطح يمكن تغيير الأوضاع الزاوية لهذا الأخير.

فحسب وضع السطح المائل يعني زاوية الميلان ، الكباسات يمكن لها أن تؤدي مشوارا معينا. هذه المشوار هو الذي يحدد قيمة الحجم الهندسي للمضخة. إن مشوار الكباسات يزداد بازدياد زاوية الميلان.

		
زاوية الميلان تساوي صفر: الحجم الهندسي يساوي صفر	التقليل من ميلان السطح يقلل من الحجم الهندسي	أقصى ميلان للسطح:أقصى قيمة للحجم الهندسي

شكل١- ٣١

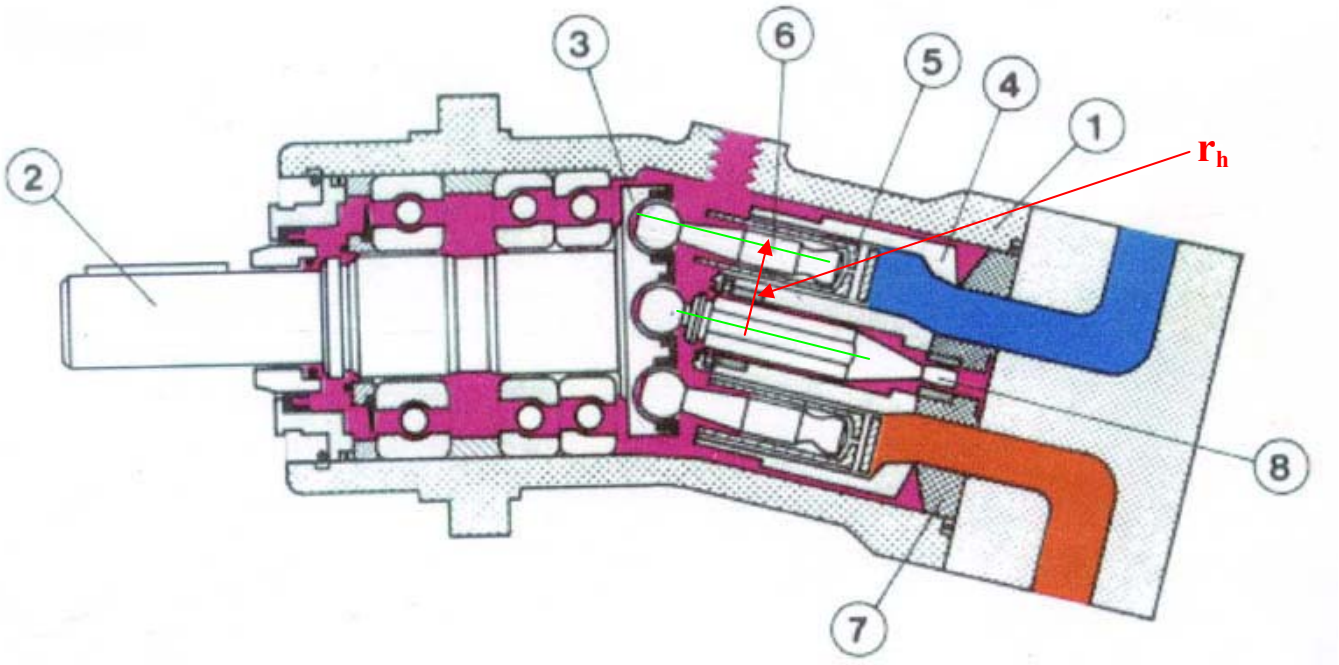
ج- المضخة المكبسية المحورية ذات المحور المحني، ثابتة ومتغيرة الحجم الهندسي:

ج- ١ المضخة ذات المحور المنحني ثابتة الحجم الهندسي:

داخل المضخة1 وقع تركيب العمود2 ، وقرص الكامة3 ،والأسطوانة4 التي تتحرك بداخلها الكباسات5 ذات أذرع التوصيل6، وقرص التحكم7.

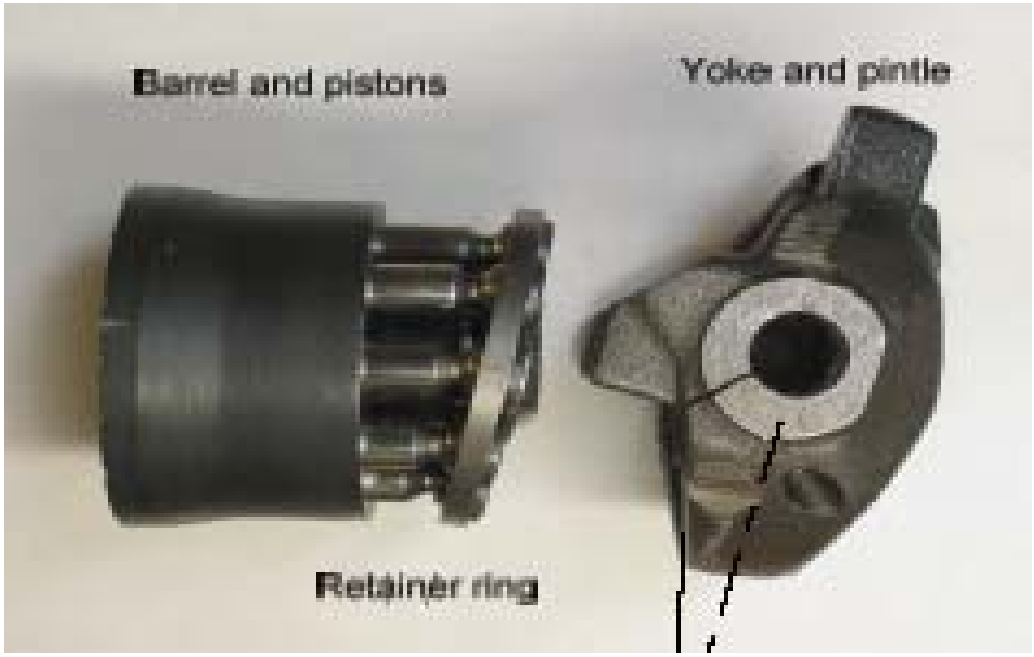
يتعامد قرص الكامة مع العامود. تميل الأسطوانة الحاملة للكباسات وأذرع توصيل بزاوية معينة على محور عمود الإدارة. يقع الاتصال بين الكامة والأسطوانة عن طريق أذرع توصيل الكباسات وترتكز الأسطوانة على عمود محوري مركزي8.

عندما يدور عمود الإدارة2، تدور معه الأسطوانة4 عن طريق أذرع التوصيل6 والكباسات5. وبما أن الكباسات تلامس الكامة عن طريق أذرع التوصيل، فإنها تقوم بحركة ترددية ذات شوطين أثناء كل لفة من لفات عمود الإدارة. يوجد في قرص التحكم7 فتحتان، كل واحدة على هيئة كلية، إحداهما للإمداد (أزرق) والثانية للضخ (أحمر). يقع تشكيل أسطح التلامس بين الأسطوانة وقرص الفتحات بشكل كروي .



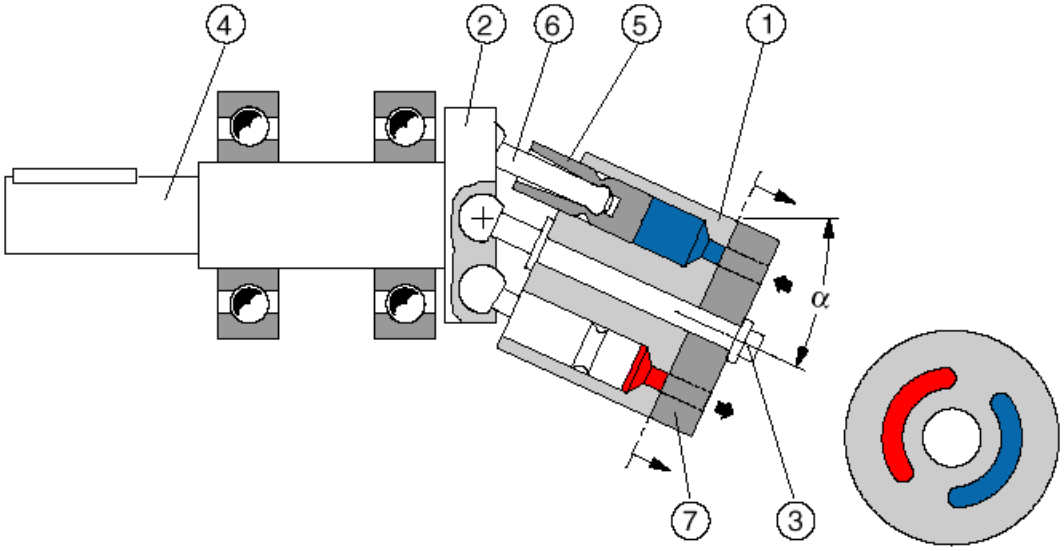
$$Q = A.2.r_h.\sin\alpha.Z.N$$

شكل١- ٣٢: المضخة المكبسية المحورية ذات المحور المنحني ثابتة الحجم الهندسي



شكل (١- ٣٣)

ج- ٢ المضخة ذات المحور المنحني متغيرة الحجم الهندسي:



شكل١- ٣٤: المضخة المكبسية المحورية ذات المحور المنحني متغيرة الحجم الهندسي

في هذا النوع من المضخات فإن الأسطوانة1 مع الكباسات5، وقرص التحكم7 مع الجسم يمكنهم الحركة. كما يمكن تغيير زاوية الميل على عمود الإدارة في المدى $\pm 25°$.

يعتمد شوط الكباسات بداخل الأسطوانة على زاوية الميل. يزيد الشوط، وبالتالي الحجم الهندسي مع زيادة زاوية الميل. باستخدام فكرة المحور المحني، يمكن تغيير اتجاه حركة السائل تدريجيا وبدون تغير في عزم الإدارة، وذلك بالتغيير المتدرج لاتجاه زاوية الميل. ينعدم الحجم الهندسي عندما تكون زاوية الميل مساوية للصفر.

❖ معدل التدفق للمضخة المكبسية المحورية ذات المحور المنحني متغيرة الحجم الهندسي:

$$Q = A.2.r_h.\sin\alpha.Z.N.\eta_{vol} \qquad (١١)$$

ولكن α متغيرة

٢- ٤- ١ المضخة المكبسية نصف القطرية radial piston pump:

تنقسم المضخات المكبسية نصف القطرية إلى قسمين:

- ذات جسم الأسطوانة الثابت
- ذات جسم الأسطوانة الدوار

أ- المضخة المكبسية النصف قطرية ذات جسم الأسطوانة الثابت:

ترتب الكباسات في المضخات المكبسية نصف القطرية في شكل نجمة، وفي اتجاه نصف قطري بالنسبة لعمود الدوران. وبهذا تكون حركة الكباسات في اتجاه نصف قطري.

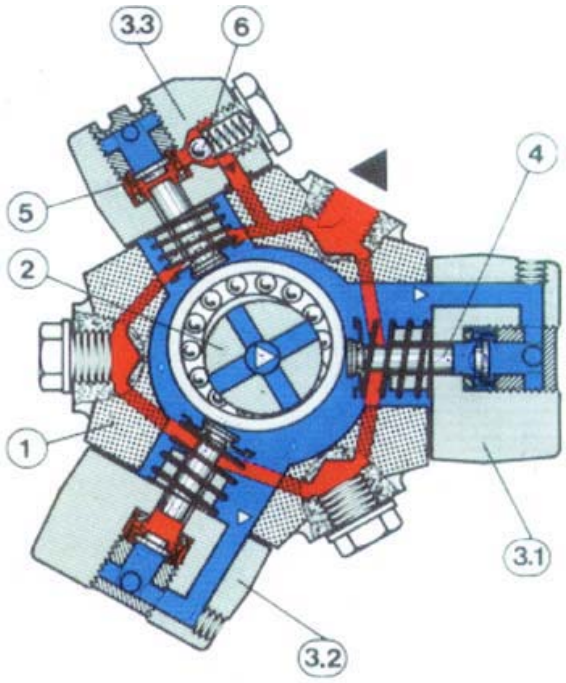
ويتم التحكم في السحب والضخ عن طريق صمامات أو عن طريق أقراص بفتحات تحكم. ويمكن أن تكون المضخة إما ثابتة أو متغيرة الحجم الهندسي.

ويجب أن نميز بين الكامات الداخلية (حيث تضغط الزنبركات على الكباسات للداخل) والكامات الخارجية (حيث تضغط الزنبركات على الكباسات إلى الخارج).

المضخة ثابتة الحجم الهندسي المبينة في الشكل التالي، ذاتية التحضير، يتم فيها التحكم في السحب والضخ عن طريق صمامات ، وتدفع فيها الزنبركات الكباسات إلى الداخل.

تتكون المضخة أساسا من الجسم1 وعمود الإدارة اللامحوري2 وعناصر الضخ3 التي بكل منها كباس4 وصمام سحب5 وصمام ضخ6.

عنصر الضخ عبارة عن مضخة أحادية الكباس مثبتة بمسامير ملولبة على الجسم. تعمل عناصر الضخ كدليل لحركة الكباسات التي تقوم زنبركات بدفعها إلى العمود اللامحوري. ينفذ كل كباس شوطين أثناء كل لفة لعمود الإدارة. عند دوران عمود الإدارة اللامحوري، يسحب السائل "أزرق" من خلال فتحة محورية في العمود ، ويدفع للخارج من خلال فتحات نصف قطرية ويصل إلى صمامات السحب في خطوط داخلية بالمضخة. يحتوي صمام السحب على قرص صغير، يدفع للخارج إلى مقعده عن طريق زنبرك ضعيف لإحكام منع التسرب.



شكل١- ٣٥: المضخة المكبسية النصف قطرية ذات جسم الأسطوانة الثابت

العنصر		العنصر	
1	الجسم	3.3	جسم الأسطوانة رقم 3
2	عمود الإدارة اللامحوري	4	الكباسات
3.1	جسم الأسطوانة رقم 1	5	صمام السحب
3.2	جسم الأسطوانة رقم 2	6	صمام الضغط

عندما يتحرك الكباس متجها إلى مركز الدوران يزيد حجم غرفة الكباس. يؤدي انخفاض الضغط في الغرفة عندئذ إلى ابتعاد قرص الصمام عن المقعد ، فيدخل السائل إلى الغرفة ويملأها (عنصر 3.1).

عندما يدفع عمود الإدارة اللامحوري الكباس للخارج، يؤدي ارتفاع الضغط بالغرفة إلى دفع قرص الصمام إلى المقعد ، ويتم غلق صمام السحب بإحكام (عنصر 3.2).

في نفس الوقت، ترتفع كرة صمام الضخ 6 عن مقعدها (عنصر 3.3) ويمكن للسائل أن ينساب من عنصر الضخ إلى خارج المضخة عن طريق القنوات الموجودة بجسم المضخة والتي تصل إلى فتحة الضغط. ويحدد قطر الكباس d والشوط e وعدد الكباسات Z الحجم الهندسي للمضخة.

$$Q = \left(\frac{\pi . d^2}{4} \right) . 2 . e . Z . N . \eta_{vol} \qquad (١٢)$$

، حيث N هي سرعة الدوران (rev/min)

وحيث أن قدرة المضخة تعتمد على كل من ضغط التشغيل ومعدل التدفق فإن ضغط التشغيل يعتمد أيضا على قطر الكباس المستخدم. لضمان انخفاض عدم انتظام التدفق إلى أقل حد ممكن يكون عدد الكباسات فرديا .

بيانات فنية للمضخات المكبسية النصف قطرية :

نلاحظ أنه كلما قل نصف القطر زاد الضغط الأقصى للمضخة وقل الحجم الهندسي.

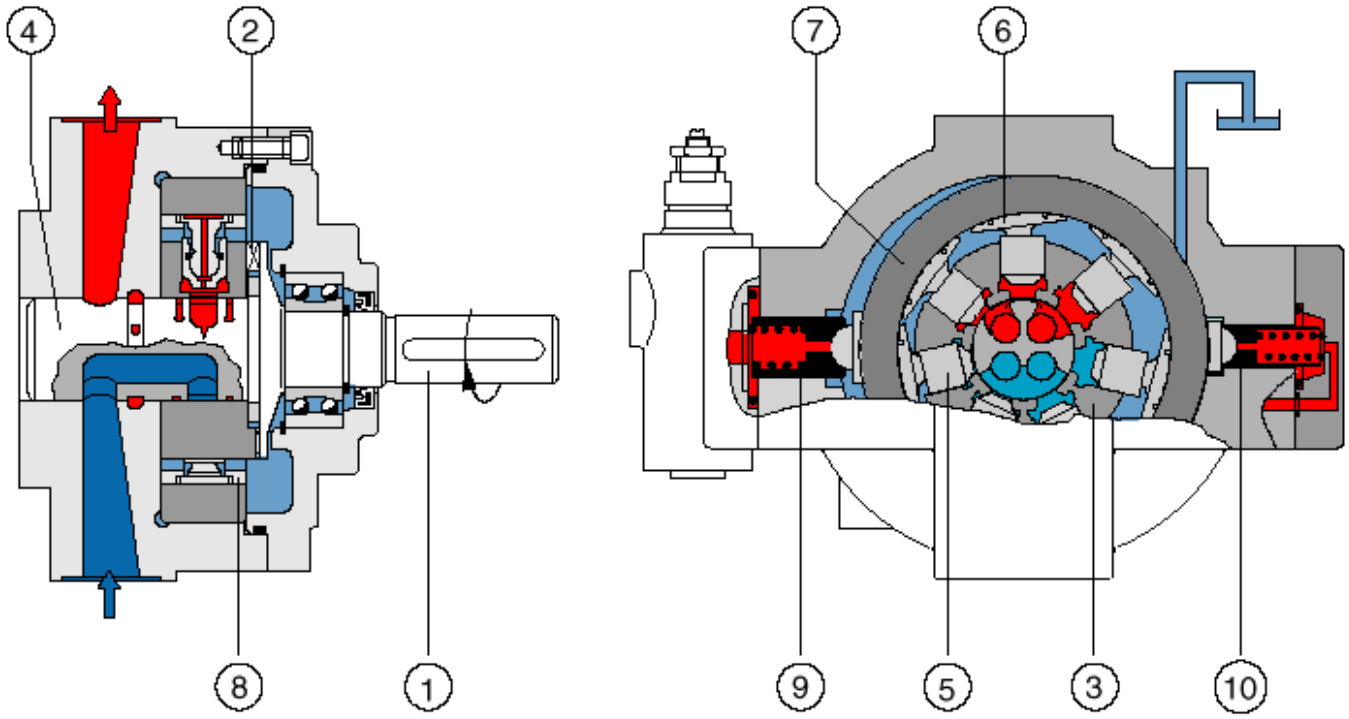
القطر الداخل للكباس(mm)	8	10	12	14
الحجم الهندسي لعنصر ضخ واحد cc/rev	0.4	0.63	0.91	1.33
ضغط التشغيل حتى bar	630	500	350	250

ب- المضخة المكبسية النصف قطرية ذات جسم الأسطوانة الدوار:

هذه المضخة النصف قطرية تحتوي على كباسات وضعت على شكل نجمة، وتضخ نحو المركز على عمود التوزيع4. منزلقات الكباسات المتوازنة هيدروستاتيكيا ترتكز على كامة التحكم للحجم الهندسي.

إن تغيير الحجم الهندسي واتجاه التدفق نحصل عليهما بعمل لامركزية للكامة 7. عزم المحرك ينقل إلى عمود الإدارة ومن ثم إلى جسم الاسطوانة3، عن طريق القارن2. يدور جسم الأسطوانة حول عمود التوزيع المنكمش داخل جسم الأسطوانة.

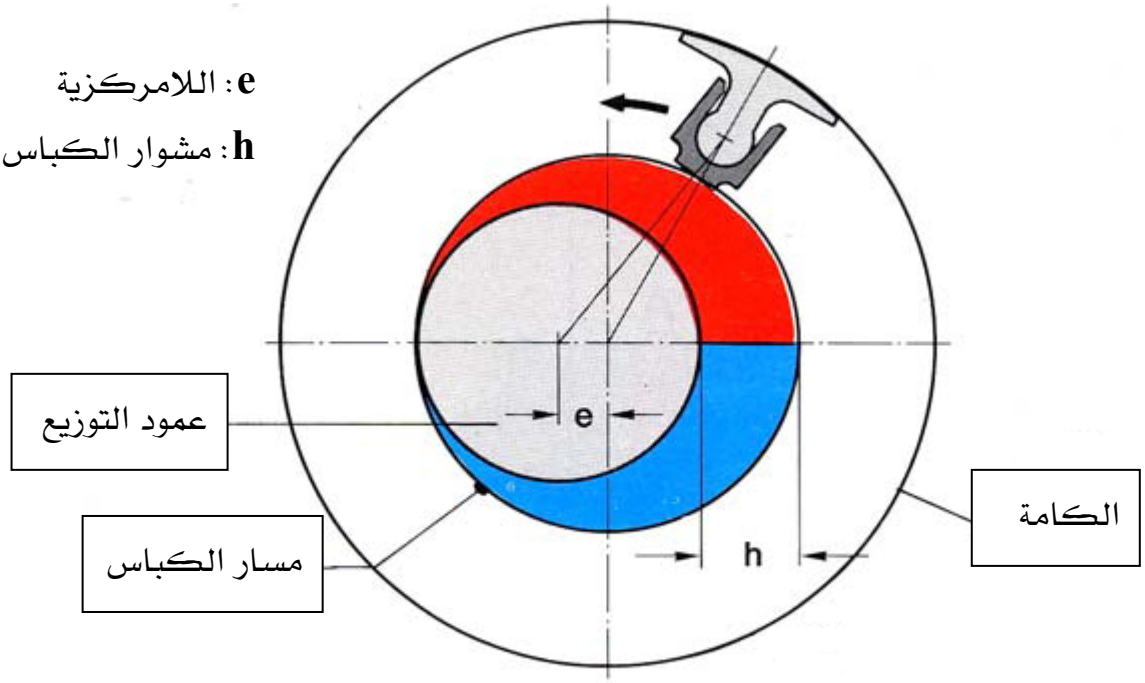
أما الكباس والمنزلقة فهما متمفصلتين عن طريق مقعد كروي ومثبتتين بحلقة تثبيت. أما الزلاقات فيقع توجيهم باستخدام حلقتي شد على مجرى انزلاق الكامة. خلال التشغيل القوة الطاردة وضغط الزيت عن طريق الكباس يدفعان الزلاقات نحو الكامة.



شكل١- ٣٦: المضخة المكبسية النصف قطرية ذات جسم الأسطوانة الدوار

العنصر		العنصر	
1	عمود الإدارة	6	المنزلقة
2	قارن	7	الكامة
3	جسم الاسطوانة	8	حلقة شد
4	عمود التوزيع	9	كباس التحكم1
5	المكبس	10	كباس مضاد

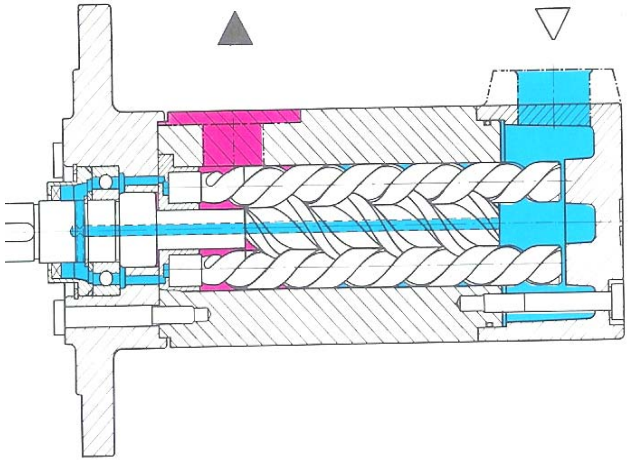
الشكل التالي يبين نظام تحويل حركة منحنى الإدارة إلى حركة خطية ترددية للكباس. نفهم من هذا الشكل أن الكباس يقوم بمشوار مساوي لضعفي اللامركزية. أيضا تظهر ضرورة المرتكز الكروي بين الكباس والمنزلقة لأن محاور الدوران للعنصرين المنزلقة و الكباس لهما مركزين مختلفين.



شكل١- ٣٧: نظام تحويل الحركة

٢- ٥ المضخة الحلزونية:

تتكون المضخة الحلزونية من عمودي دوران حلزونيين ، أو أكثر ،داخل جسم . يوضح شكل ١١ مضخة ذات أعمدة ثلاثة . يدار العمود الأوسط ،ذو الحلزون المشكل في اتجاه دوران عقارب الساعة ، عن طريق عمود الإدارة ..تنتقل حركة الدوران إلى العمودين الخارجين ، ذوي الحلزون المشكل في الاتجاه العكسي . تتكون غرفة مغلقة بين كل سنتين متتاليتين على الحلزونين الخارجيين وسنة من الحلزونة الأوسط وجسم المضخة . بإدارة الحلزونات تنتقل هذه الغرفة باستمرار من ناحية السحب(أزرق) إلى ناحية الضغط (أحمر) بدون أي تغيير في حجمها . لهذا يكون معدل تدفق المضخة ثابتا ومنتظما بدون أي تذبذب .



شكل١- ٣٨ : مضخة حلزونية

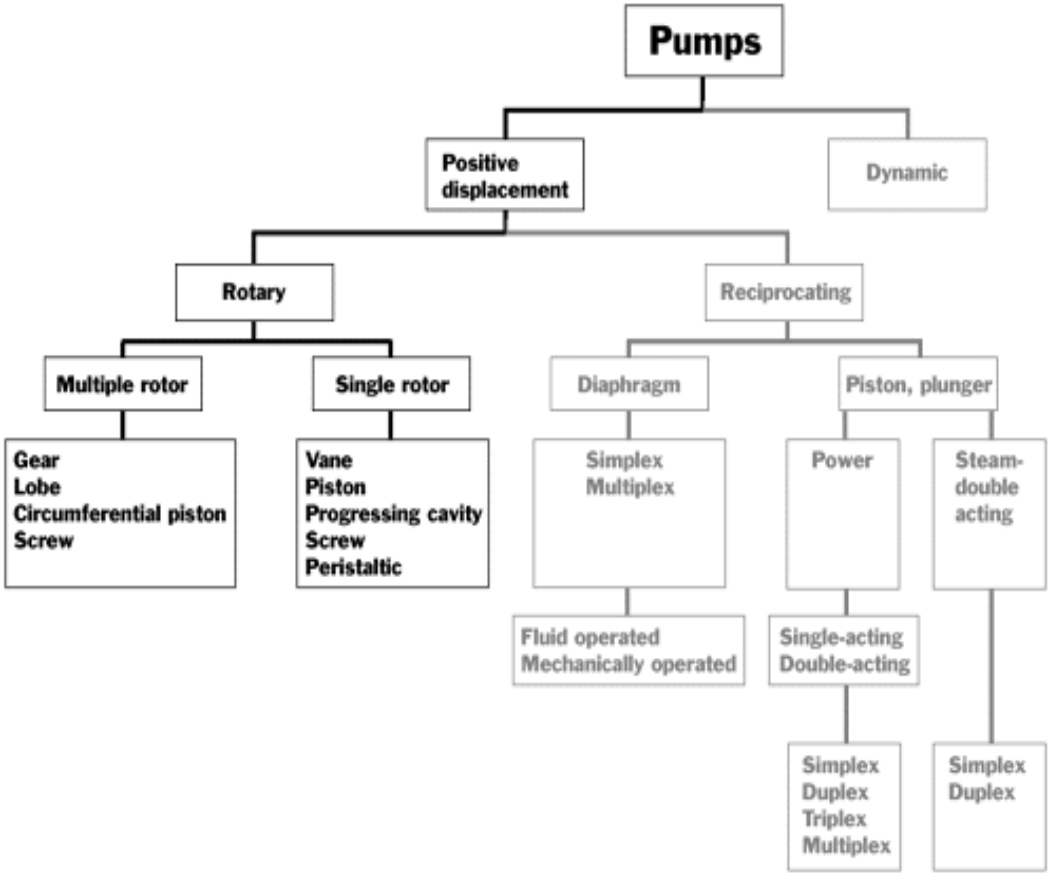
❖ معدل التدفق للمضخة الحلزونية ذات عمودين:

$$Q = N \times h \times S = N \times h \times \left[\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) - \frac{D^2}{4}\left(\frac{\alpha.\pi}{180^\circ} - \sin\alpha\right) \right] \qquad (١٣)$$

$$\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{a}{D}$$

حيث: N: سرعة الدوران، h: خطوة اللولب، S: مساحة المقطع الأساسية للغرفة، a:مسافة ما بين المحورين، D: القطر الخارجي.

الشكل التالي يبن التقسيم العام للمضخات:

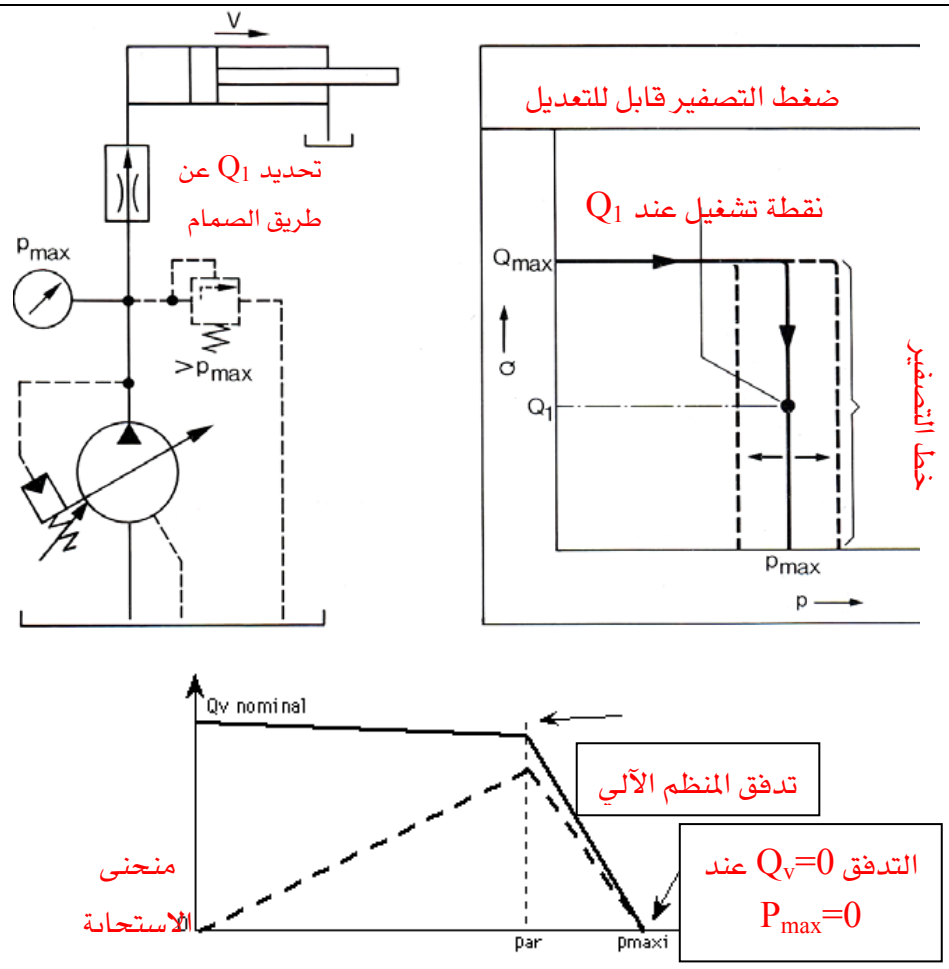


شكل١- ٣٩

٢- ٦ أجهزة التحكم:

يوضح الجدول التالي مختلف وسائل التحكم المستخدمة مع المضخات :

❖منظم الضغط



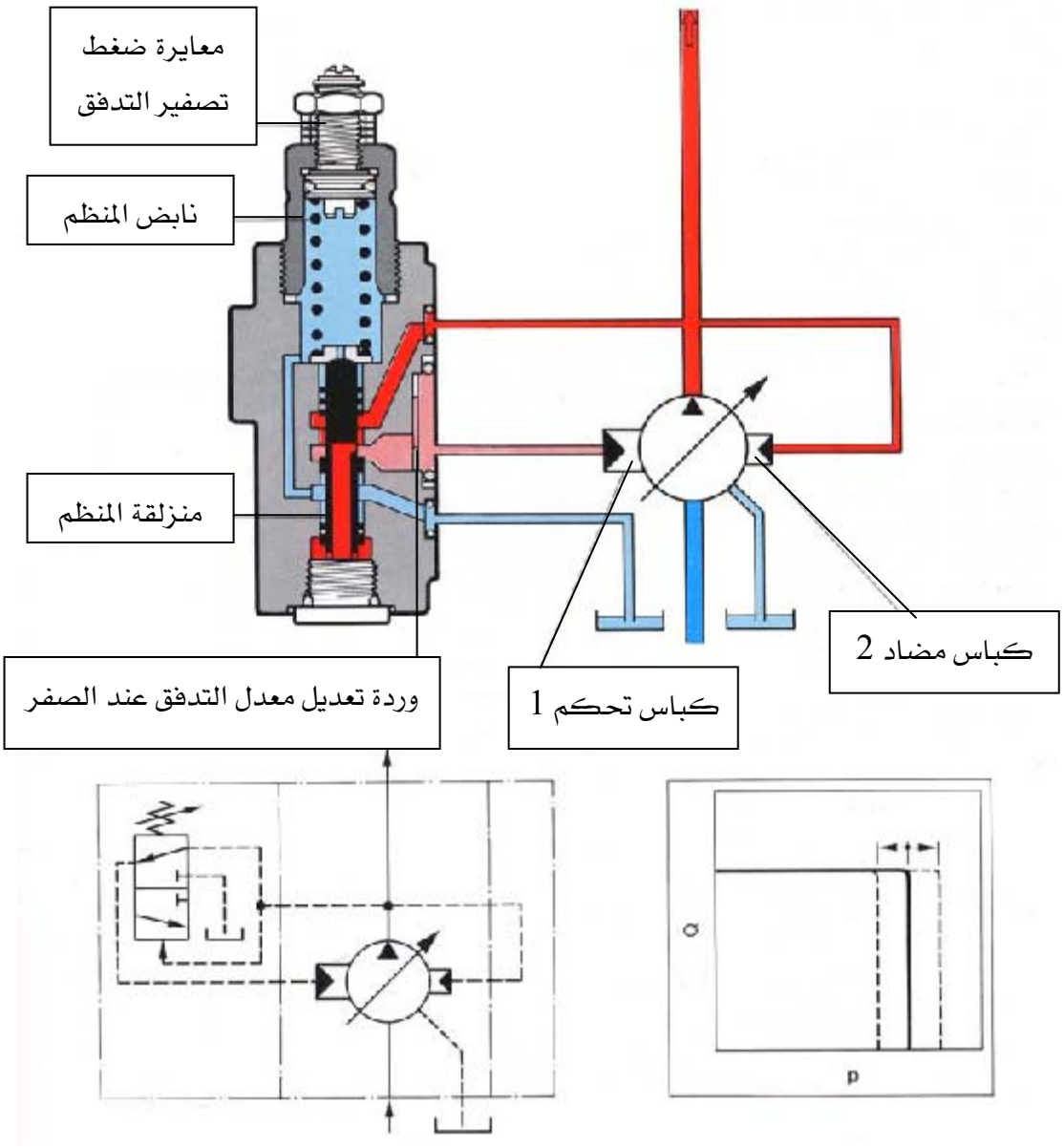
شكل١- ٤٠

❖ وظيفة منظم الضغط:

إن وظيفة منظم الضغط هي ضبط معدل التدفق آليا. يتم تحديد معدل التدفق بصفة عامة عن طريق صمام تحكم في معدل التدفق. المنحنى يبين أن المضخة تعطي أولا تدفقا أقصى عندما تصل قيمة الضغط إلى القيمة المبينة على المؤشر، ثم يقوم المنظم بتخفيض هذا التدفق حتى يصل إلى القيمة صفر (مضخة تصفير التدفق). فالمضخة قادرة على تعديل تدفقها عند كل نقطة موجود على خط التصفير من المنحنى بين 0 و Q_{max}.

عندما يكون استهلاك الدائرة صفرا تحافظ المضخة على الضغط وتعوض تسريبات النظام.

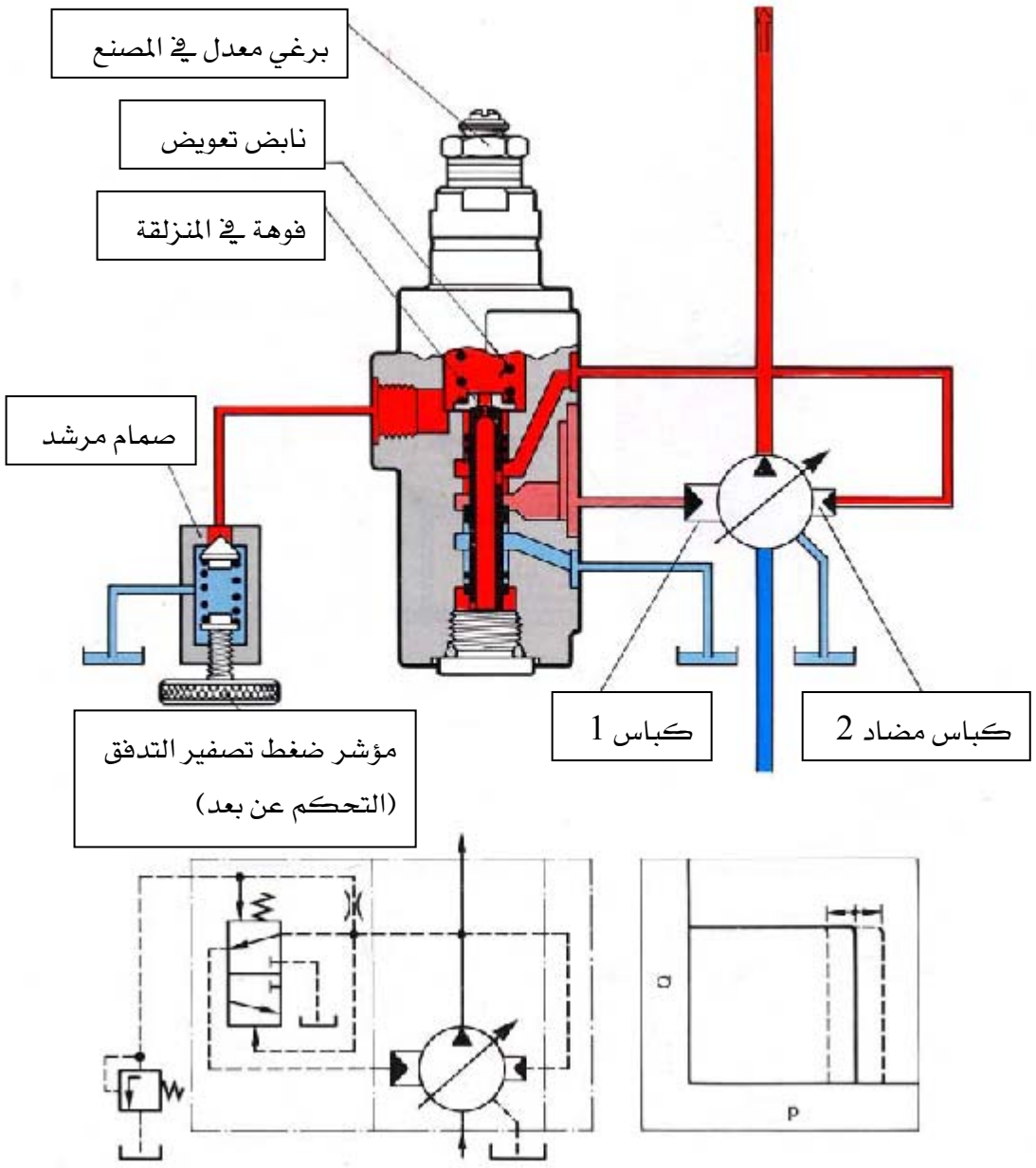
❖ منظم ضغط قابل للتعديل ذو تحكم مباشر



شكل١- ٤١

الصمام المنظم الذي تم تركيبه على المضخة من ناحية كباس التحكم في الحجم الهندسي، يمكن اعتباره صمام ذو ثلاثة فتحات ويتحكم فيه هيدروليكيا. يتجه ضغط خرج المضخة من جهة مباشرة نحو الكباس المضاد2 ذو مساحة المقطع الصغيرة، ومن جهة أخرى عبر المنظم على الكباس1. نسبة مساحتي المقطع للكباسين هي 2:1 وهو ما يجعل حلقة التحكم في الحجم الهندسي تدفع الكباس المضاد2 في وضع نهاية المشوار وبذلك تكون المضخة في أقصى تدفق لها.

منظم ضغط قابل للتعديل ذو تحكم عن بعد



شكل١- ٤٢

بفعل منظم الضغط المرشد ، أصبح التحكم في المضخة أسهل. إمكانية التحكم عن بعد تمكننا ما التفعيل للضغوط المرشدة أو استخدام صمامات الكتروهيدروليكية تناسبية. يختلف هذا النوع عن السابق في كونه يتمتع بفوهة في المنزلقة ، نابض رجوع أقل قوة ، وفتحة إرشاد خارجية تصل من ناحية في غرفة النابض، ومن الناحية بصمام الضغط المرشد(صمام حد هبوط الضغط).ضغط الخرج يصل كما في السابق عبر منزلقة المنظم على الواجهة السفلية ، وعبر الفوهة في غرفة النابض، ومن ثم إلى

	الصمام المرشد. كلما بقي الصمام مغلقا ، فإن الضغوط المسلطة على المنزلقة تتوازن مما يجعلها تبقى في وضعها البدائي تحت تأثير دفع النابض. حلقة التحكم في الحجم الهندسي تكون في وضع اللامركزية الأقصى، وبذلك تكون المضخة في أقصى تدفق لها. عندما يصل ضغط الصمام المرشد عند قيمة ضغط الفتح، يمر تدفق صغير عبر فوهة المنزلقة ، ويسبب فرق ضغط ،ينتج عنه إزاحة المنزلقة نحو نابض المنظم. وكما في حالة المنظم مباشر التحكم، فإن الكباس1 يوجد تحت هبوط للضغط، وحلقة التحكم في الحجم الهندسي تتحرك إلى الوضع المركزي فينخفض الحجم الهندسي للمضخة.

٣- المحركات الهيدروليكية:

تتشابه المحركات الهيدروليكية في طريقة عملها مع المضخات الهيدروليكية، ولكن وظيفة المحركات تختلف كثيرا عن وظيفة المضخات. فالمضخة توفر تدفقا وقدرة للدائرة الهيدروليكية، أما المحرك الهيدروليكي فهو جزء من الدائرة وتتم إدارته عن طريق تدفق المضخة. فهو يحول الطاقة الهيدروليكية للدائرة إلى طاقة ميكانيكية.

سوف نرى فيما يلي خصائص تشغيل المحركات الهيدروليكية، وكذلك الأنواع الرئيسة للمحركات، وفي الأخير سوف نتعلم استخدام كتالوجات الصانع لبعض المحركات الهيدروليكية.

٣- ١ خصائص تشغيل المحركات الهيدروليكية:

٣- ١- ١ العزم T (torque):

إن العزم الذي ينتجه المحرك الهيدروليكي يعتمد على معاملين هامين وهما: الحجم الهندسي للمحرك V وفرق الضغط بين فتحتي المحرك Δp. العزم النظري للمحرك يكون حسب القانون التالي:

$$T = \frac{V \times \Delta p}{2000 \times \pi} \qquad (١٤)$$

حيث: T : N.m ، V : L/rev ، Δp : Kpa .

٣- ١- ٢ سرعة الدوران N:

سرعة دوران المحرك N، تعتمد على كمية الزيت المتدفقة للمحركة Q_v، والحجم الهندسي للمحرك V. سرعة الدوران N تكون حسب القانون التالي:

$$N = \frac{Q_v \times 1000}{V} \qquad (١٥)$$

حيث: N : rev/min ، Q_v : L/min ، V : cm^3/rev .

٣- ١- ٣ القدرة P_{mec}:

المحرك الهيدروليكي يحول القدرة الهيدروليكية التي تعطيها له المضخة إلى طاقة ميكانيكية.

القدرة الهيدروليكية يتم حسابها باستخدام القانون التالي:

$$P_{hyd} = \frac{Q_v \times \Delta p}{60000} \qquad (١٦)$$

حيث: P_{hyd} : KW ، Q_v : L/min ، Δp : Kpa .

القدرة الميكانيكية لحركة دورانية، يتم حسابها عن طريق القانون التالي:

$$P_{mec} = \frac{T \times N}{9550} \qquad (١٧)$$

حيث: P_{mec}: KW ، T: N.m ، N: rev/min .

٣- ١- ٤ الكفاءة الحجمية η_{vol}:

ليس هناك نظام يستطيع تحويل الطاقة من نوع إلى آخر بدون فقدان جزء منها. في المحركات الهيدروليكية هذا الفقد يعود سببه إلى التسريبات التي تقع بين مختلف العناصر المتحركة داخل المحرك، وعادة تسمى التسريبات الحجمية، هذه التسريبات تختلف من محرك إلى آخر حسب نوعه، مما يجعل: $0.9 \leq \eta_{vol} \leq 0.95$.

٣- ١- ٥ الكفاءة الميكانيكية η_{mec}:

العزم الحقيقي للمحرك يكون دائما أقل من العزم النظري. هذا الفرق يرجع إلى الضياعات التي تقع للعزم النظري بسبب الاحتكاك داخل المحرك. الكفاءة الميكانيكية تمثل النسبة المئوية للعزم النظري الموجودة على عمود إدارة المحرك لتحريك حمل معين، عادة: $0.9 \leq \eta_{mec} \leq 0.95$

٣- ١- ٦ الكفاءة الكلية η_{tot}:

الكفاءة الكلية للمحرك هي:

$$\eta_{tot} = \eta_{vol} \times \eta_{mec}$$

أما الكفاءة الكلية للمحرك الهيدروليكي، بالنسبة المئوية فهي:

$$\eta_{tot} = \left(P_{mec} / P_{hyd} \right) \times 100$$

٣- ٢ الأنواع الرئيسة للمحركات الهيدروليكية:

هناك عدة أنواع للمحركات الهيدروليكية، ولكل واحد منها عناصر مختلفة وتتحرك بشكل مختلف. هناك مبدأ واحد لعمل هذه المحركات، حيث يوجد فرق ضغط بين مدخل ومخرج المحرك. هذا الفرق يسلط على العناصر المتحركة داخل المحرك، بما أنها موصولة ميكانيكيا إلى عمود إدارة المحرك. تحت تأثير فرق الضغط العناصر المتحركة الداخلية تدير عمود إدارة المحرك والحمل الذي سيقع نقله. هناك عدة أنواع من المحركات الهيدروليكية أهمها، المحركات الترسية، الريشية والمكبسية.

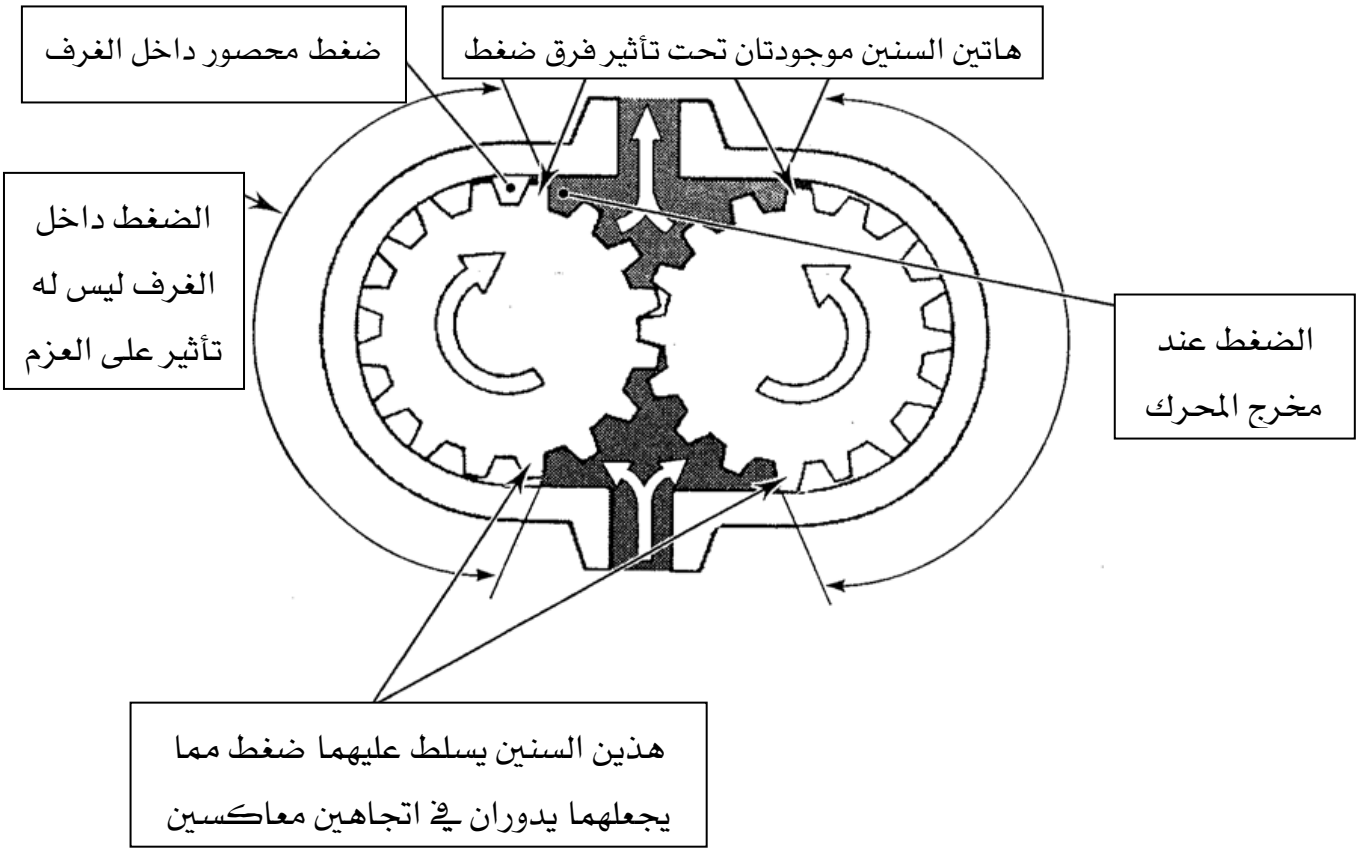
٣- ٢- ١ المحركات الترسية:

هذه المحركات تشبه كثيرا المضخات الترسية، فهي تمتاز بتصميم بسيط ومن إيجابياتها أنها هي الأرخص ثمنا في الأسواق، وتتمتع بكفاءة حجمية مرتفعة نوعا ما.

أ- المحركات ذات التروس الخارجية:

في هذا النوع من المحركات يقوم الزيت المضغوط الذي توفره المضخة، بإدارة الترسين المسننين في اتجاه معاكس. هناك ترس متصل بعمود إدارة المحرك، وينتج عزم الخرج للمحرك. الشكل التالي يبين مبدأ عمل هذا المحرك الهيدروليكي.

تحت تأثير الضغط يقع نقل الزيت ، بين الأسنان والجسم. بالابتعاد عن سطح الجسم للمحرك، تقع الأسنان تحت تأثير فرق ضغط. من ناحية هناك الضغط المحصور داخل الغرفة، ومن الثانية الضغط عند المخرج والذي يكون عادة منعدم، أو أقل من الضغط عند المدخل.



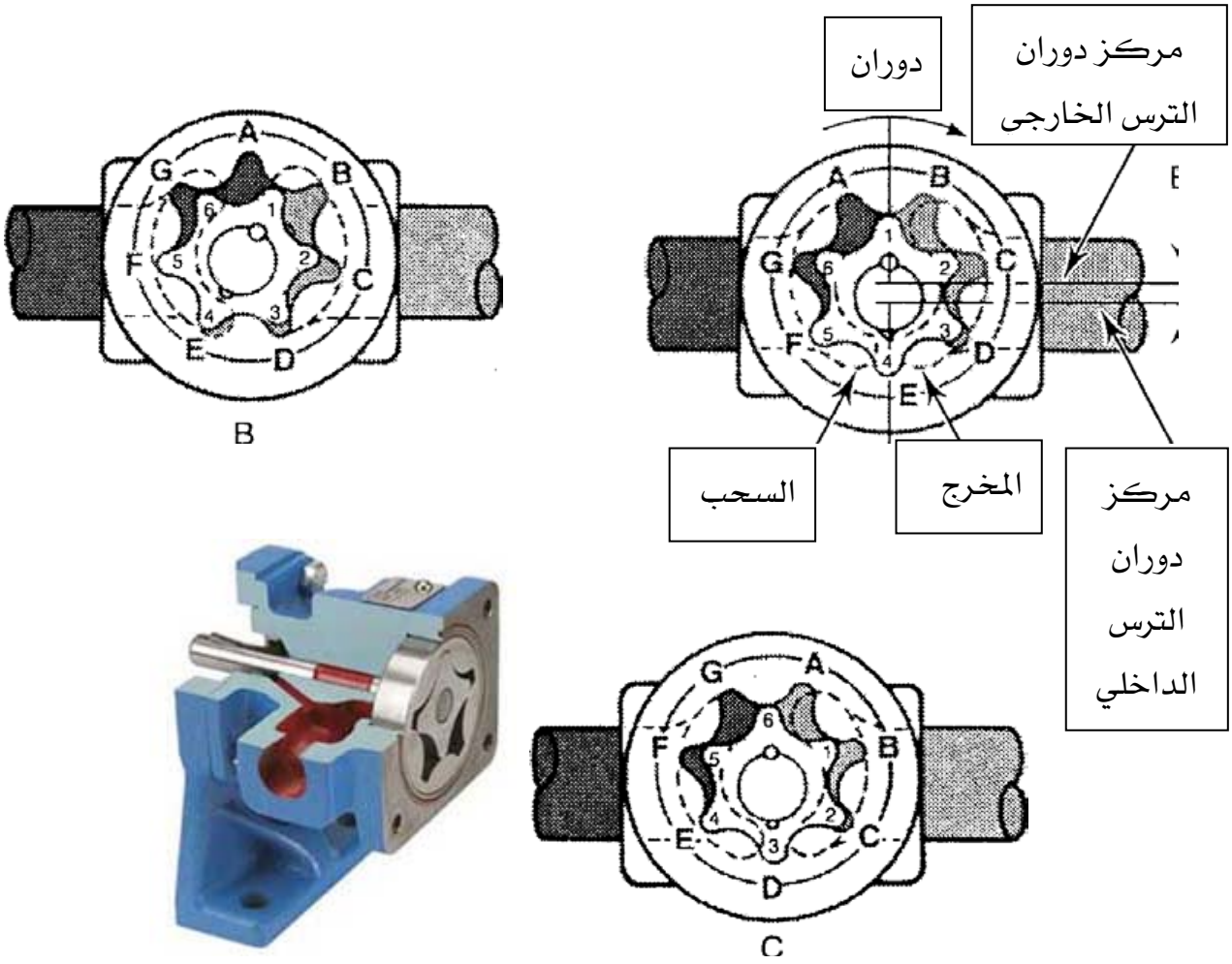
شكل١- ٤٣ : المحرك الهيدروليكي ذو التروس الخارجية

ب- المحركات ذات التروس الداخلية:

هناك نوعان رئيسان من هذه المحركات ذات التروس الداخلية وهي:

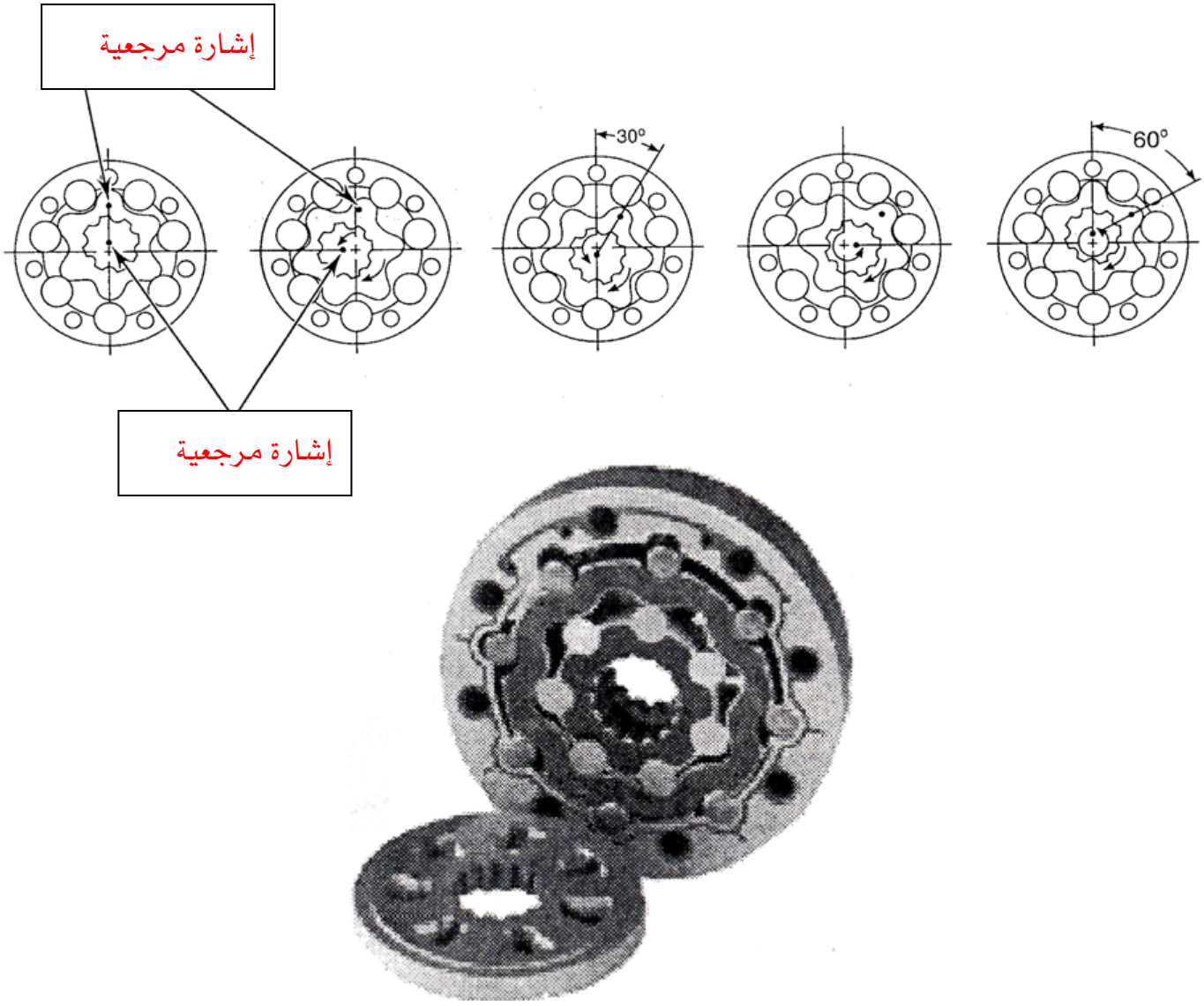
- المحرك ذو الأسنان الداخلية الهلالية.
- المحرك ذو الأسنان الداخلية الغير هلالية " gerotor hydraulic motor ".

هذان المحركان يعملان بنفس المبدأ ، فعندما يصل الزيت داخل المحرك يرتطم بأسنان التروس، وبذلك يجبر الترسين على الدوران في نفس الاتجاه. بعد ذلك يخرج الزيت وضغطه منخفض من فتحة الخروج. الشكل التالي يبين مبدأ عمل المحرك الهيدروليكي ذو الأسنان الداخلية الغير هلالية. الأرقام والحروف الظاهرة في الشكل تبين الإزاحة الدورانية للترس الأول بالمقارنة مع الثاني.



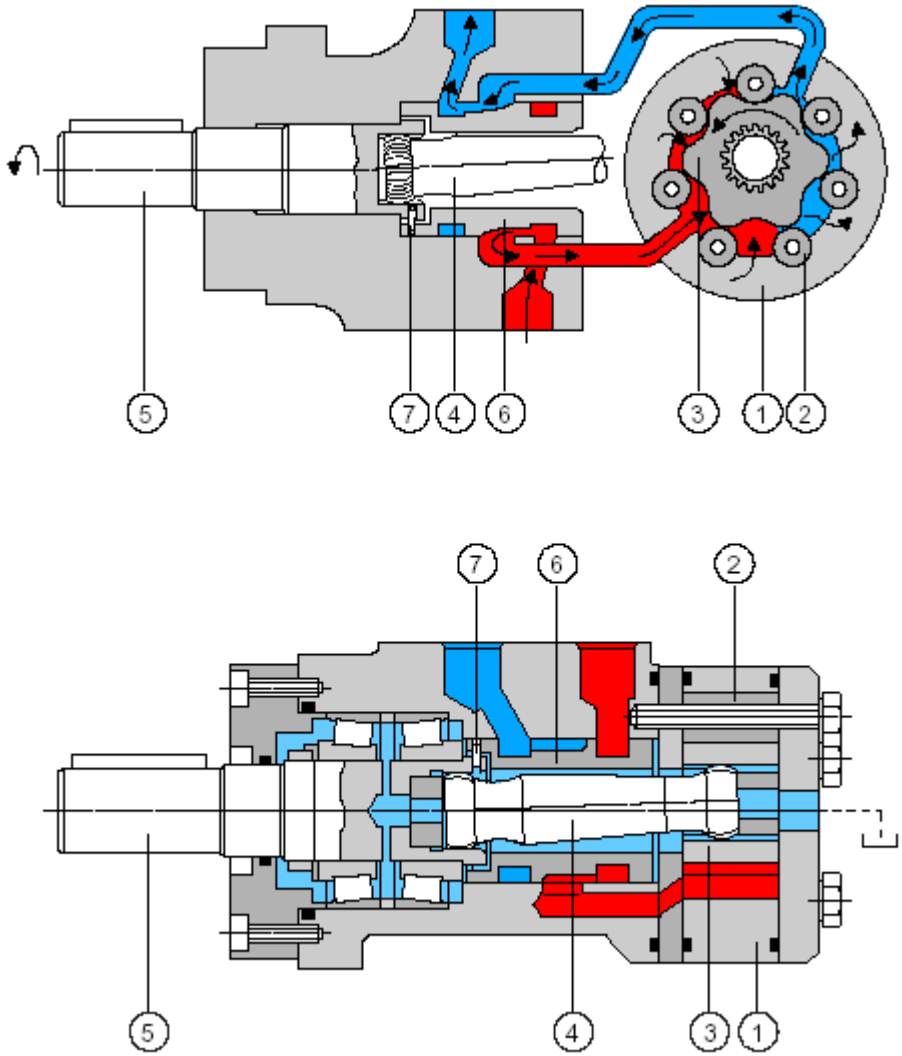
شكل١- ٤٤ : المحرك ذو الأسنان الداخلية الغير هلالية " gerotor hydraulic motor "
(Internal Gear without crescent)

كما نجد أيضا في الأسواق نوعا آخر من المحركات ذات الأسنان الداخلية " المدارية" (orbital). المحركات المدارية تعمل بنفس مبدأ المحركات ذات الأسنان الداخلية الغير هلالية " gerotor ". الفرق الوحيد بينهما يكمن في أن الترس الداخلي وقع شده إلى الجزء الثابت " stator ".بينما أن الترس ذو الأسنان الخارجية يدور تحت تأثير الضغط داخل الجزء الثابت حسب حركة مدارية. الشكل التالي يبين هذا النوع من المحركات المدارية.



شكل١- ٤٥ : المحرك الهيدروليكي المداري " orbital hydraulic motor "

الحركة المدارية لعمود الإدارة تتحول إلى حركة دورانية إلى العمود القارن للمحرك، عن طريق عمود وسيط. الشكلين السابق والتالي يبينان الجزء الدوار والجزء الثابت للمحرك الهيدروليكي المداري.



شكل١- ٤٦ : المحرك الهيدروليكي المداري

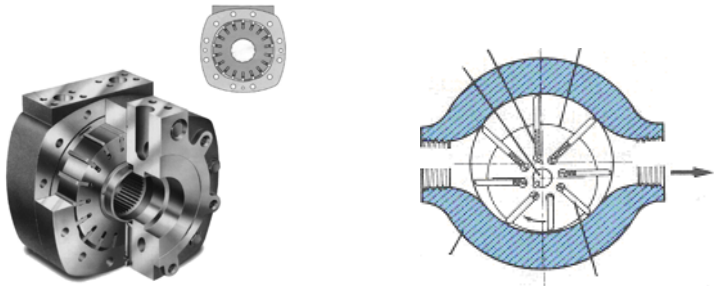
٣- ٢- ٢ المحركات الهيدروليكية الريشية:

تشغيل المحركات الهيدروليكية الريشية هو عكس تشغيل المضخات الهيدروليكية الريشية.

فالتدفق القادم من المضخة يدخل في فتحة السحب، ويجبر العمود والريش على الدوران ثم يخرج من فتحة التفريغ. حركة المحرك ينتج عنها دوران عمود الخروج.

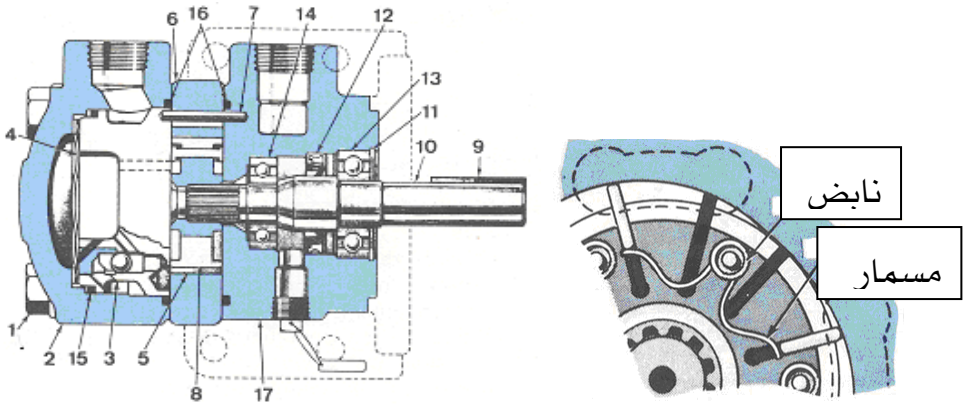
عند توقف المحرك، لا توجد قوة طاردة لضمان تلامس الريش مع السطح الداخلي للجسم، كما يوجد زنبركات لكي لا يكون هناك تسرب للزيت حتى نتمكن من تشغيل المحرك.

هذه المحركات تتمتع بحجم هندسي ثابت، وعزمها ثابت طالما كان الضغط ثابتا، أما سرعتها فلها علاقة تناسبية مع معدل التدفق عند السحب.



شكل١- ٤٧ : المحركات الهيدروليكية الريشية

هذه المحركات يجب حمايتها باستخدام صمام أمان، الذي يحد من قيمة الضغط عند فتحة السحب، عند قيمة قصوى تصل إلى 170bars عند بعض أنواع من المحركات.



العناصر		العناصر	
1	برغي	10	عمود
2	غطاء	11	حلقة
3	قرص توزيع	12	جلدة منع تسريب
4	وردة مرنة	13	محمل خارجي
5	ريشة	14	محمل داخلي
6	حلقة	15	طوق منع تسريب
7	مسمار	16	حشية ثابتة
8	عمود إدارة	17	جسم
9	مسمار خابوري		

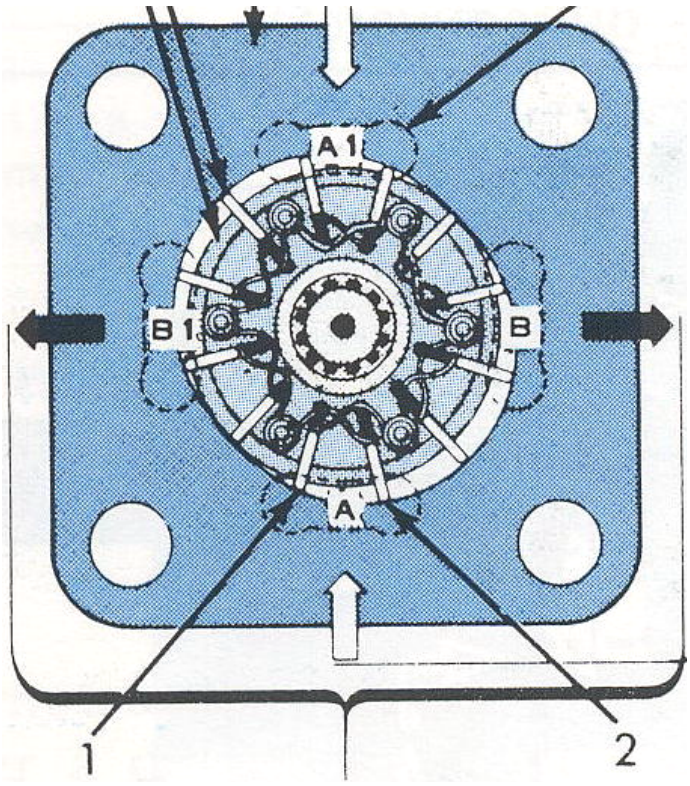
شكل١- ٤٨ : المحركات الهيدروليكية الريشية

هذا المحرك يشبه من الخارج المضخة. عمود الخرج يرتكز على محملين ويقوم بإدارة العمود الوسيط. كل واحد من الشقوق الإثنى عشر يحتوي على ريشة (انظر الشكل السابق) والتي تتحرك بشكل نصف قطري.

طريقة تشغيل المحرك الهيدروليكي الريشي هي عكس طريقة تشغيل المضخة(انظر الشكل التالي). يتجه الزيت نحو الغرف A وA_1 ، ثم بعد ذلك نحو الغرف بين الريش.

نلاحظ أن ريشتين متتاليتين ليس لديهما نفس مساحة الدفع بما أنهما يتبعان مسار الجسم. وبذلك فإن الضغط ينتج القوة الأكبر على الريشة الأبعد من محور الدوران.

السائل تحت الضغط الموجود بين الريشتين 1 و 2 . محصلة القوتين المتعاكستين تولد عزم وبذلك يبدأ المحرك في الدوران. عندما تغادر ريشتين متتاليتين غرف السحب، الزيت الذي يملأ الغرف يبقى محصورا حتى تصل الريشة الأولى الفتحة B أو B_1.

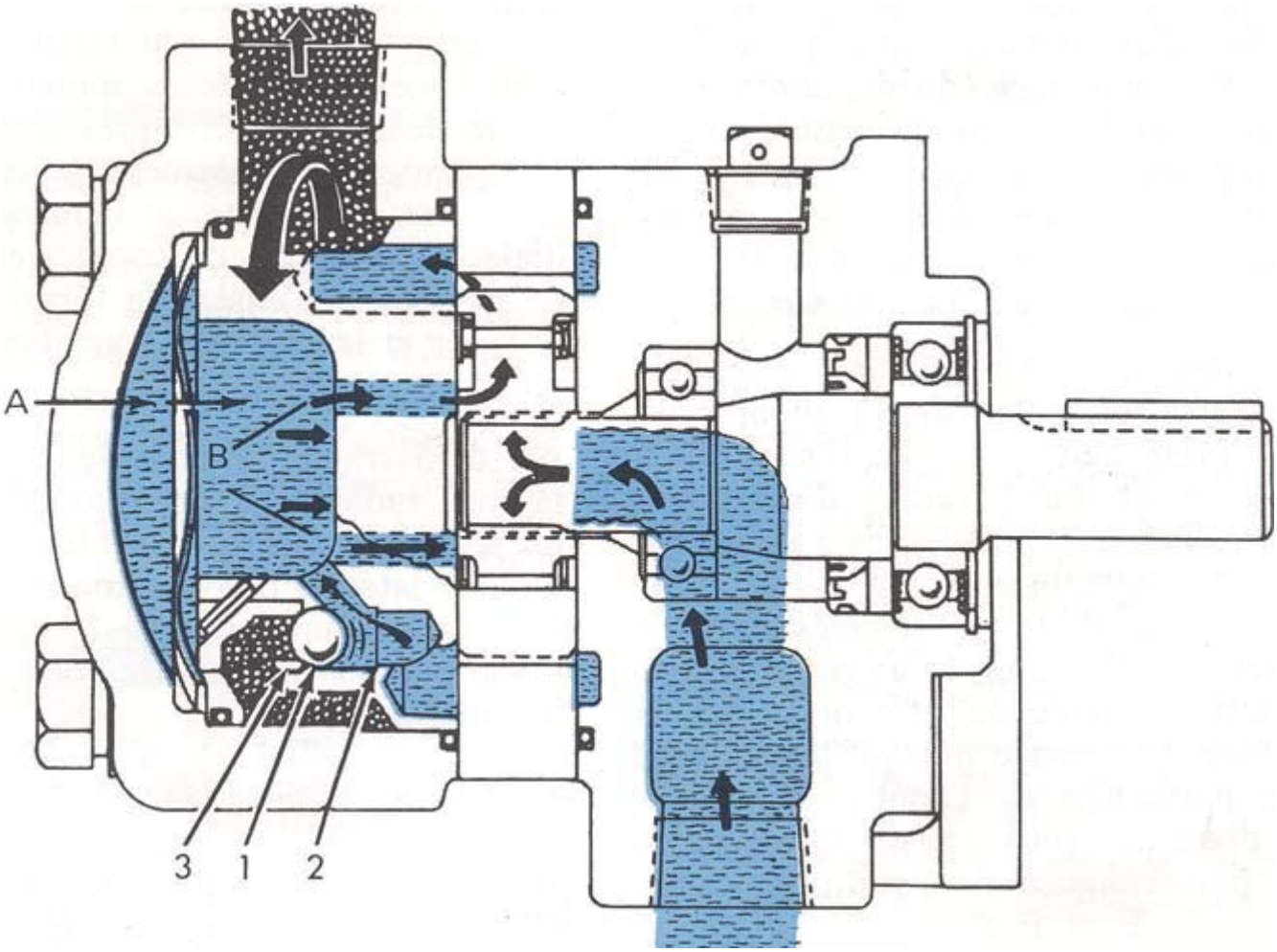


شكل١- ٤٩ : المحرك الهيدروليكي الريشي

إذا اتجه الزيت المضغوط نحو المحرك عبر فتحة جسم المحرك (انظر الشكل التالي) فإنه يخرج عبر فتحة الغطاء، وفي هذه الحالة يدور المحرك في اتجاه عقارب الساعة.

إذا اتجه الزيت نحو فتحة الغطاء ويخرج عبر فتحة جسم المحرك (انظر الشكل التالي) فإن المحرك يدور عكس اتجاه عقارب الساعة.

ونلاحظ أنه يوجد صمامين لارجعيين تم تثبيتهما على لوحة الدفع. عند قلب اتجاه التدفق، فإن الزيت المضغوط يتدفق عبر فتحة الغطاء، وكرة الصمام تتحرك نحو اليمين وتغلق الممر 2 ، وبذلك فإن السائل المضغوط لا يمكنه المرور مباشرة نحو فتحة المخرج لجسم المضخة، ولكن تمسك دائما لوحة الدفع ضد الحلقة والعمود، والريش ضد الناحية الداخلية للجسم.



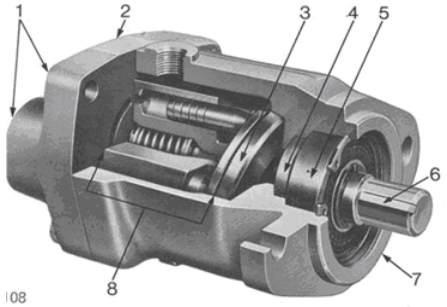
شكل١- ٥٠ : تغيير اتجاه دوران المحرك

٣- ٢- ٣ المحركات الهيدروليكية المكبسية المحورية:

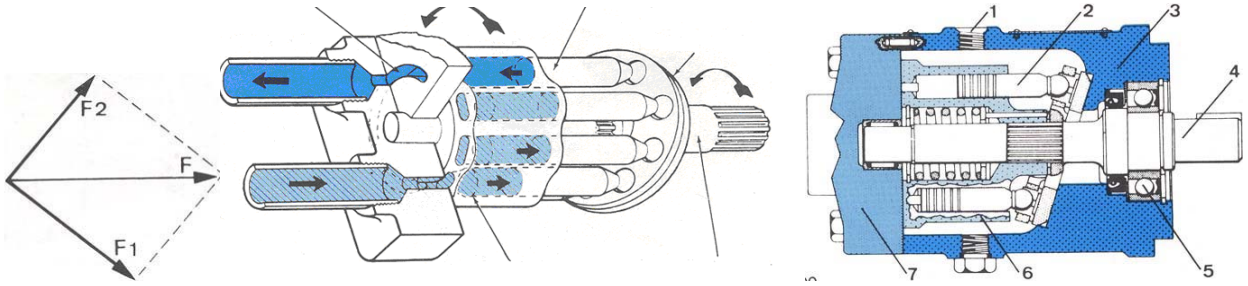
أ- المحركات المكبسية المحورية بقرص متراوح ثابتة الحجم:

يشبه هذا المحرك في تصميمه المضخة المكبسية المحورية بقرص متراوح ثابتة الحجم، ولكن طريقة تشغيله هي عكس ما يقع في المضخة. هذا المحرك يعطينا قدرة لها علاقة تناسبية مع سرعة الدوران عند ضغط ثابت. هذا المحرك يستطيع أن يدور في الاتجاهين وذلك عن طريق تغيير اتجاه التدفق. أما العزم فله علاقة تناسبية مع الحجم الهندسي وفرق الضغط بين مدخل ومخرج المحرك الهيدروليكي. وبما أن الحجم الهندسي ثابت فالطريقة الوحيدة لزيادة العزم هو زيادة فرق الضغط. الزاوية المتحكمة في الحجم الهندسي نحصل عليها بإمالة قرص الدفع بالمقارنة مع عمود المحرك، بما أنه ركب على نفس العمود، بالمقارنة مع جسم محور الأسطوانة.

يؤثر الضغط على المكابس من ناحية السحب ، ويولد قوة محورية على محور الكباس (انظر الشكل التالي) . هذه تشكل زاوية مع قرص الدفع، مما يجعلها تتفرع إلى قوتين يمثلان زاوية قائمة مع بعضهما البعض. القوة F_1 ليس لها أي تأثير دوراني بما أنها تمثل زاوية قائمة مع قرص الدفع، أما القوة F_2 فهي متوازية مع قرص الدفع وتتفرع هي بدورها إلى قوتين، الأولى موازية لمحور المحرك وليس لها أي تأثير دوراني، أما الثانية فتمثل زاوية قائمة مع محور المحرك وهي التي ينتج عنها العزم. مجموع العزائم المتغيرة التي تنتجها المكابس يسبب دوران جسم الاسطوانة، المكابس وعمود المحرك.



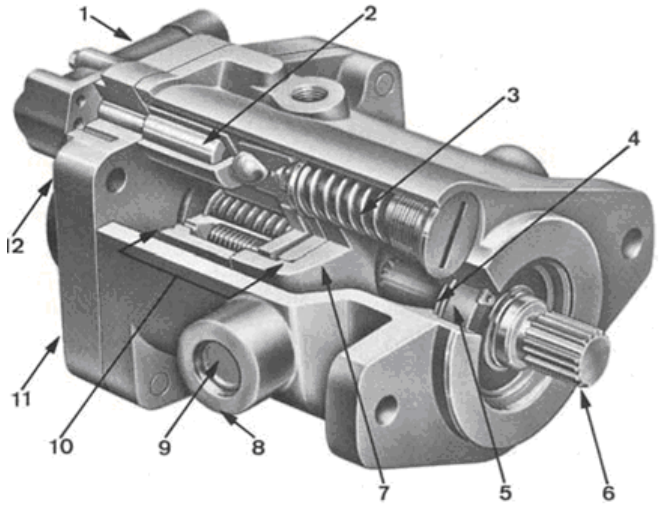
العنصر		العنصر	
1	فتحة السحب	5	محمل
2	موزع	6	عمود المحرك
3	قرص الدفع	7	جسم المحرك
4	قارن العمود	8	مجموعة الدوران



شكل١- ٥١ : المحرك المكبسي المحوري بقرص متراوح ثابت الحجم

ب- المحركات المكبسية المحورية بقرص متراوح متغيرة الحجم:

هذه المحركات عمليا تشبه المضخات من نفس النوع. ولكن قرص الدفع والطوق يأخذان بالمقارنة مع العمود زاوية معاكسة للذي يحتلونه في المضخة من نفس النوع.

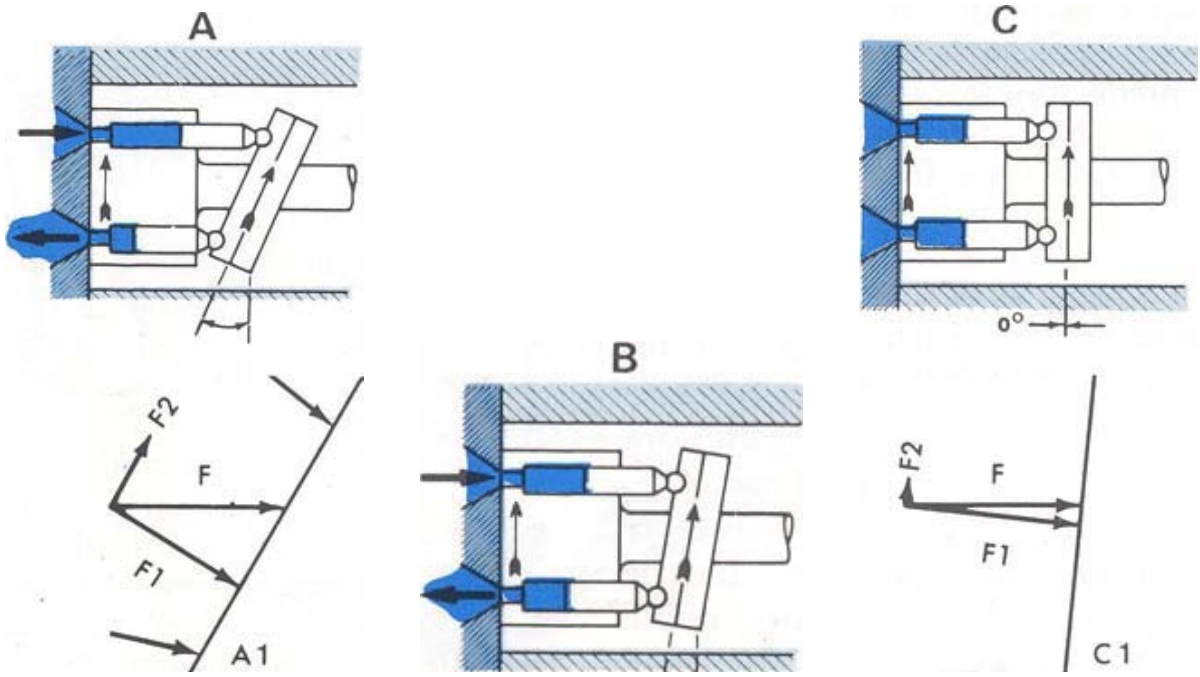


العنصر		العنصر	
1	معوض	7	طوق حديدي
2	كباس التحكم	8	محور بارز
3	زنبرك	9	محور رئيسي
4	قارن عمود	10	مجموعة الدوران
5	محمل	11	قرص التوزيع
6	عمود المحرك	12	فتحة السحب والضخ

شكل١- ٥٢ : المحرك المكبسي المحوري بقرص متراوح متغير الحجم

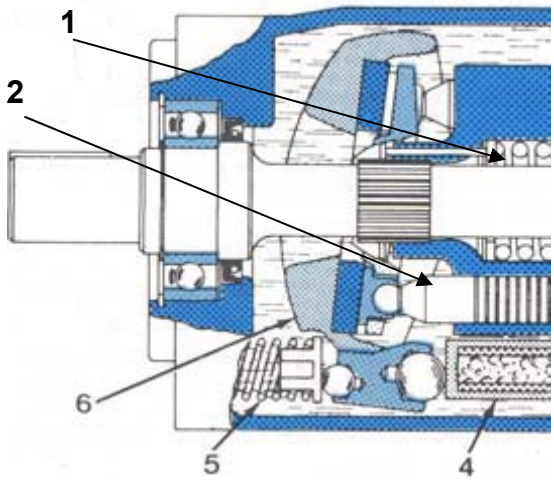
هذه المحركات تنتج عزما يتغير حسب وضع الطوق، وبذلك الحجم الهندسي. القدرة المتوفرة على عمود الخرج تقريبا لها علاقة تناسبية مع السرعة، عند فرق ضغط ثابت.

معوض الضغط المبين في الشكل التالي يؤمن الوضع الآلي لصحن الدفع. يناسب أقل حجم هندسي، أكبر سرعة وأقل عزم. كل زيادة لحمل المحرك ينتج عنها زيادة في ضغط السائل الذي يتدفق نحو المحرك. زيادة الضغط تتفاعل عند المنفذ " A " وتترجم بقوة أكبر من التي ينتجها الزنبرك. يصعد الكباس المعوض ويسمح للسائل بالنفاذ إلى داخل أسطوانة القرص المتراوح، وكذلك إخراج الكباس المجوف الخاص بالمعوض، وإعادة دفعه إلى اليسار أسفل القرص. هذه الحركة تنتج زاوية أكبر لقرص الدفع وهي التي تعطي حجم هندسي أكبر للمحرك وهو ما ينتج عنه تراجع في السرعة وزيادة في العزم. المعوض يمكننا من الحصول على عزم مناسب لقيمة الحمل وذلك بتغيير قيمة الحجم الهندسي. كما يحافظ على المحرك من التوقف في حالة زيادة الحمل.



شكل١- ٥٣ ::تغيير زاوية ميل القرص في المحرك المكبسي المحوري بقرص متراوح متغير الحجم

العنصر	
1	زنبرك
2	كباس تعويض
3	الفتحة A
4	كباس قرص التحكم
5	زنبرك القرص
6	القرص



شكل٥٤ :الكباس المعوض في المحرك المكبسي المحوري بقرص متراوح متغير الحجم

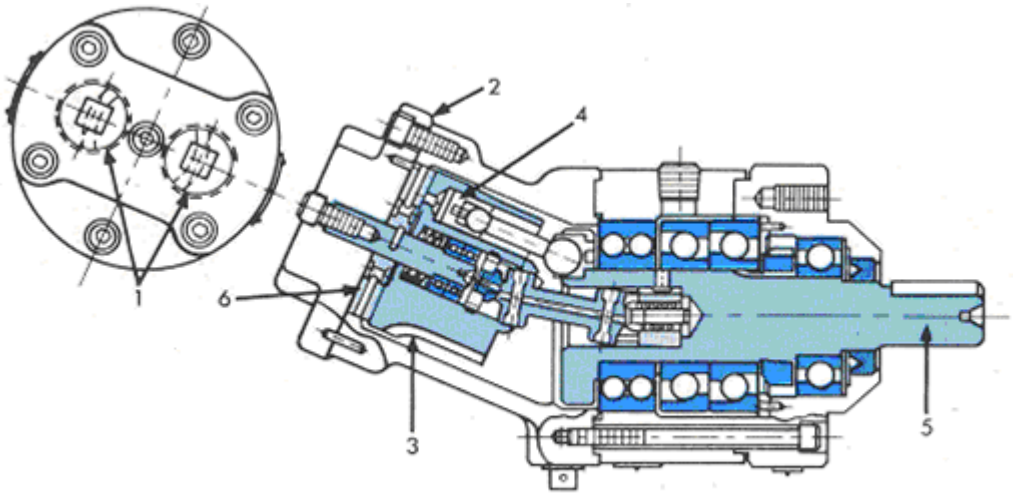
ج- المحركات المكبسية المحورية ذات المحور المحني ثابتة الحجم:

يشبه هذا النوع من المحركات المضخات من نفس النوع، عدا بعض التغييرات الطفيفة في سطح قرص التوزيع وجسم الأسطوانات (انظر الشكل التالي). من خصائص هذه المحركات أن القدرة متغيرة، العزم وفرق الضغط ثابتين، ومعدل التدفق متغير. كما يمكن استخدامهم بشكل متواصل أو متقطع، وذلك بعكس اتجاه الدوران. يمكن أن تعمل هذه المحركات تحت أحمال متغيرة ولكن باستخدام صمام أمان. اتجاه الدوران يكون حسب اختيار فتحة السحب.

خلال التشغيل (انظر الشكل التالي) الزيت المضغوط يدخل داخل المحرك عبر فتحة السحب، ثم يوجهه قرص التوزيع نحو فتحات جسم الأسطوانات. الضغط الموجود داخل فتحات جسم الاسطوانات، ينتج قوة تعاود دفع كباسات قرص التوزيع.

الضغط الموجود داخل ثقوب جسم الأسطوانات ينتج قوة تدفع كباسات قرص التوزيع. وبما أن الكباسات توجد على مسافة ثابتة من محور عمود الدوران، وأن محور جسم الأسطوانات له إزاحة زاوية مع محور عمود الدوران، فإن الكباسات تنتج إجباريا حركة دوران مع الابتعاد عن قرص التوزيع.

عندما توجد الكباسات أمام فتحة الخروج، فإنهم يقتربون من قرص التوزيع ويقومون بدفع الزيت داخل الثقوب عبر فتحة الخروج، ومن ثم عبر فتحة الخرج للمحرك الهيدروليكي. هذه الحركات وقع تصميمها بزاوية ثابتة $23°$ أو $30°$ (الزاوية الموجودة بين محور جسم الأسطوانات و محور عمود الإدارة).

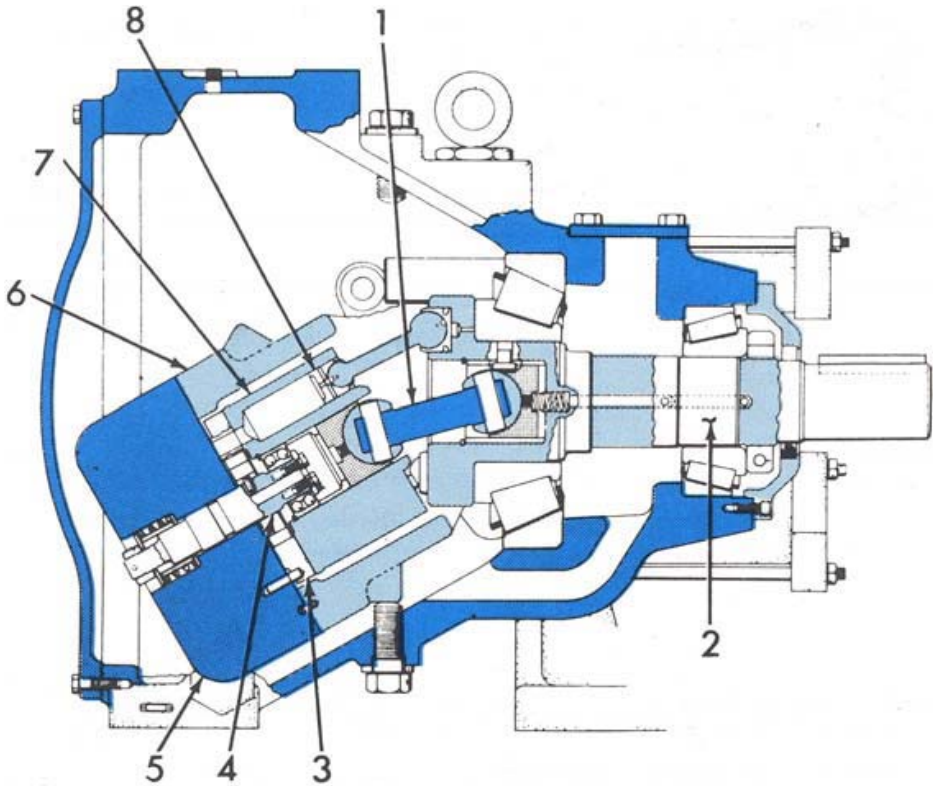


شكل١- ٥٥ : محرك مكبسي محوري ذات المحور المحني ثابت الحجم

العنصر	
1	فتحة مرور الزيت
2	جسم التوزيع
3	جسم الأسطوانات
4	كباس
5	عمود
6	قرص التوزيع

د- المحركات المكبسية المحورية ذات المحور المحني متغيرة الحجم:

هذا النوع من المحركات له تصميم مماثل للمضخات المكبسية المحورية ذات المحور المحني متغيرة الحجم. تعمل هذه المحركات تحت ضغوط عالية من 210 إلى 350bars حسب النوع. تشغيل هذه المحركات هو عكس ما يقع في المضخات من نفس الطراز.



شكل١- ٥٦: المحرك المكبسي المحوري ذو المحور المحني متغير الحجم

العنصر	
1	قارن رئيس
2	مجموعة الإدارة
3	قرص التوزيع
4	محور جسم الأسطوانات
5	جسم التوزيع
6	ركاب
7	جسم الأسطوانات
8	الكباسات

يدخل الزيت داخل المحرك عبر فتحة الدخل، ويمر داخل الممرات الداخلية الموجودة في محور المفصل، الركاب والجسم الموزع، كما يمر عبر فتحة قرص التوزيع ثم يدخل في ثقوب جسم الأسطوانات. وبما أن المسافة التي تفصل بين الكباسات وعمود الإدارة تبقى ثابتة، وأن محور جسم الأسطوانات له إزاحة زاوية بالمقارنة مع محور عمود الإدارة، وبذلك فإن الكباسات تكون مجبورة على توليد حركة دورانية للابتعاد عن قرص التوزيع. عندما تصبح الكباسات على مستوى فتحة الخروج لقرص التوزيع، فإنها سوف تقوم بدفع الزيت الموجود في ثقوب جسم الأسطوانات عبر فتحة الخروج، للركاب ومحور المفصل حتى فتحة الخرج.

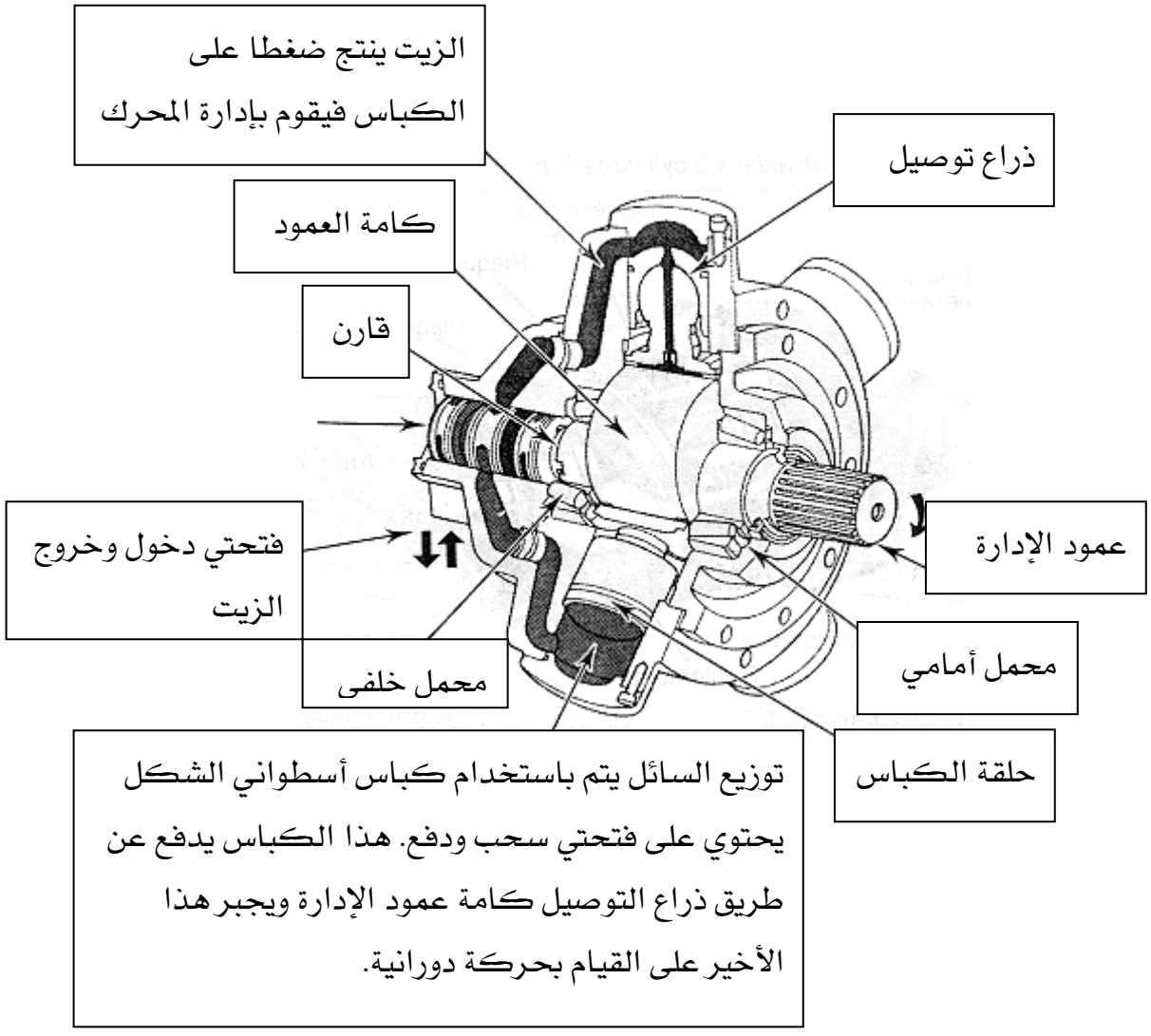
يتم التحكم في حركة الركاب باستخدام: مقود يدوي، تحكم هيدروميكانيكي أو معوض ضغط.

كما نستطيع تعديل العزم وسرعة الدوران لعمود التحكم. العزم يتغير بشكل عكسي مع سرعة الدوران، وهذا يعطينا قدرة ثابتة على مستوى خرج عمود الإدارة، عند ضغط وتدفق ثابتين.

هذه المحركات تعمل بشكل مستمر ومتقطع، مع إمكانية تغيير اتجاه الدوران. التشغيل يجب أن يكون باستخدام مكابح هيدروليكية في حالة وقوع صدمات .

٣- ٢- ٣ المحركات الهيدروليكية النصف قطرية:

الشكل التالي يبين مبدأ تشغيل المحرك الهيدروليكي النصف قطري.

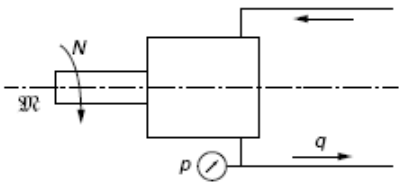
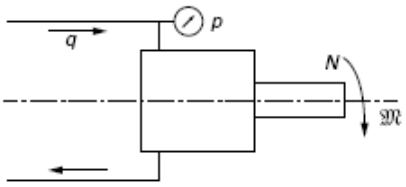
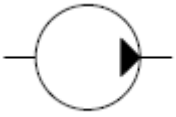
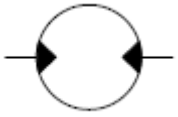
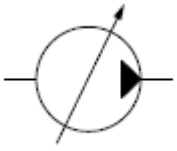
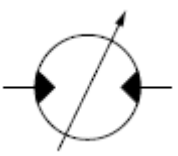
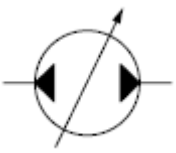
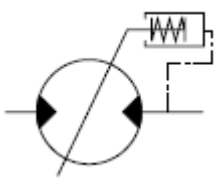


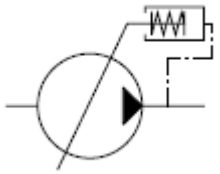
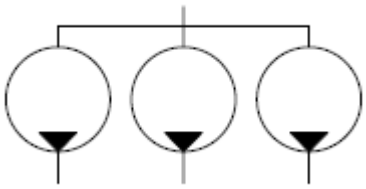
شكل١- ٥٧ : المحرك الهيدروليكي النصف قطري

- **بعض المعطيات الفنية:**

نوع المحرك الهيدروليكي	سرعة الدوران N(rev/min) الأدنى(min)	الأقصى(max)	الضغط الأقصى p_{max}(bar)	الكفاءة η_{vol}	
محرك ريشي	100	3500	170	0.85	
محرك ترسي	400	2500	170	0.8	
محرك نصف قطري	بعض اللفات	500	200	0.9	شوط/لفة
	5	800	200	0.85	عدة أشواط/لفة
محرك محوري	50	3500	400	0.95	قرص مائل
	50	3500	250	0.9	جدار أسطوانة

❖ بعض الرموز الخاصة بالمضخات والمحركات الهيدروليكية:

الرمز	المعنى	الرمز	المعنى
	مضخة هيدروليكية		محرك هيدروليكي
	مضخة ذات حجم هندسي ثابت		محرك هيدروليكي ذو حجم هندسي ثابت
	مضخة ذات حجم هندسي متغير دائرة مفتوحة		محرك هيدروليكي ذو حجم هندسي متغير
	مضخة ذات حجم هندسي متغير دائرة مقفلة		محرك هيدروليكي ذو حجم هندسي متغير بتحكم

			داخلي
	مضخة ذات حجم هندسي متغير		محرك هيدروليكي متعدد الأحجام الهندسية بتحكم خارجي
	مضخة متعددة الأحجام الهندسية		

خلاصة الباب الأول

- المضخات والمحركات الهيدروليكية هي عناصر هيدروليكية تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى هيدروليكية والعكس.
- المضخة تلعب دورا من المستوى الأول لأنها هي التي تنتج الطاقة في الدائرة الهيدروليكية.
- استجابة لعدة تطبيقات صناعية، فإنه يوجد عدة أنواع من المضخات والتي يمكن تقسيمها إلى جزأين **كبيرين**: المضخات ثابتة الحجم ومتغيرة الحجم، وهي:
  - ❖ نظام دوار: المضخات الترسية، المضخات الريشية، المضخة الحلزونية.
  - ❖ نظام تذبذبي: المضخة المكبسية المحورية، المضخة المكبسية النصف قطرية.
- الخصائص الأساسية للمضخات هي: معدل التدفق Q، الحجم الهندسي V، سرعة الدوران N، الضغط p، القدرة P.
- **أنواع المضخات هي:**
  - ❖ **المضخات الترسية، وتنقسم إلى قسمين:**
    - مضخات ذات تروس خارجية
    - مضخات ذات تروس داخلية
  - ❖ **المضخات الريشية، وتنقسم إلى قسمين:**
    - ثابتة الحجم الهندسي: ذات محور غير متوازن، ذات محور متوازن
    - متغيرة الحجم الهندسي: ذات تحكم مباشر، ذات تحكم مرشد
  - ❖ **المضخات المكبسية ، وتنقسم إلى قسمين:**
    - مضخات مكبسية محورية:
      - أ- ثابتة الحجم ذات القرص المتراوح
      - ب- متغيرة الحجم الهندسي
      - ج- ذات المحور المحني، ثابتة ومتغيرة الحجم
    - **مضخات مكبسية نصف قطرية:**
      - أ- ذات جسم الأسطوانات الثابت
      - ب- ذات جسم الأسطوانات الدوار
- **هناك أجهزة تحكم في المضخات وهي:**
  - ❖ منظم ضغط ذو التحكم المباشر

❖ **منظم ضغط ذو التحكم عن بعد**

- تتشابه المحركات الهيدروليكية في طريقة عملها مع المضخات الهيدروليكية، ولكن وظيفة المحركات تختلف كثيرا عن وظيفة المضخات. فالمضخة توفر تدفقا وقدرة للدائرة الهيدروليكية، أما المحرك الهيدروليكي فهو جزء من الدائرة وتتم إدارته عن طريق تدفق المضخة. فهو يحول الطاقة الهيدروليكية للدائرة إلى طاقة ميكانيكية.
- خصائص تشغيل المحركات الهيدروليكية هي: العزم T، سرعة الدوران N، القدرة P_{mec}، الكفاءة الحجمية، الكفاءة الميكانيكية، الكفاءة الكلية.
- أنواع المحركات الهيدروليكية هي:
  - ❖ المحركات الترسية، وتنقسم إلى:
    - محركات ذات تروس خارجية
    - محركات ذات تروس داخلية هلالية وغير هلالية
    - محرك هيدروليكي مداري
  - ❖ المحركات الريشية
  - ❖ المحركات المكبسية ، وتنقسم إلى قسمين:
    - محركات مكبسية محورية:
      - أ- ثابتة الحجم ذات القرص المتراوح
      - ب- متغيرة الحجم الهندسي
      - ج- ذات المحور المحني، ثابتة ومتغيرة الحجم
    - محركات مكبسية نصف قطرية

تمارين- ١-

تمرين رقم١:

مضخة ترسية لها حجم هندسي $V=30cm^3$ ، لها سرعة دوران $N=1500rev/min$ ، أوجد التالي:

١- معدل التدفق Q إذا كانت الكفاءة الحجمية $\eta_{vol}=0.9$.

٢- قدرة المضخة عند ضغط $p=150bar$ ، علما أن $\eta_{hm}=0.9$

٣- إذا كانت قدرة المضخة $P=10KW$ ،و معدل التدفق $Q=40L/min$ أوجد الضغط p الذي تنتجه المضخة.

الحل:

١- معدل التدفق: $$Q=\frac{V.N.\eta_{vol}}{1000}=\frac{30\times1500\times0.9}{1000}=40.5L/\min$$

٢- قدرة المضخة عند ضغط $p=150bar$:

$$P=\frac{p.Q}{600.\eta_{tot}}=\frac{150\times40.5}{600\times0.9\times0.9}=12.5KW$$

٣- إذا كانت قدرة المضخة $P=10KW$ ، ،و معدل التدفق $Q=40L/min$ ، الضغط الذي تنتجه المضخة: $$p=\frac{600\times P\times\eta_{tot}}{Q}=\frac{600\times10\times0.9\times0.9}{40}=121.5bars$$

تمرين رقم٢:

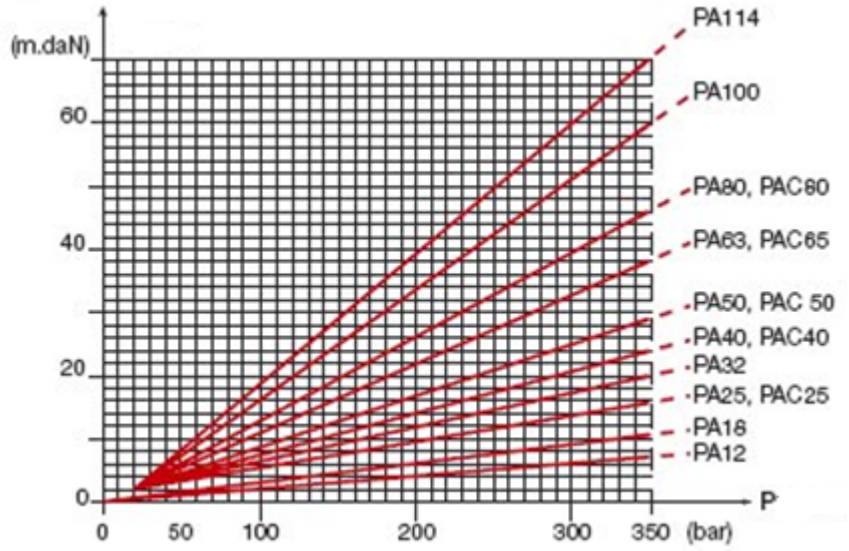
اجب بنعم أو لا وإذا كان الجواب لا أوجد الإجابة الصحيحة:

١- المضخة توفر تدفقا وقدرة للدائرة الهيدروليكية، أما المحرك الهيدروليكي فهو جزء من الدائرة وتتم إدارته عن طريق تدفق المضخة.	نعم ( ) لا ( )
٢- المحرك الهيدروليكي يحول الطاقة الميكانيكية للدائرة إلى طاقة هيدروليكية.	نعم ( ) لا ( )

٣- المضخة تلعب دورا من المستوى الأول لأنها هي التي تنتج الطاقة في الدائرة الهيدروليكية.	نعم ( ) لا ( )
٤- إذا كان معدل تدفق المضخة $Q=0.01m^3/sec$ والضغط الذي تنتجه $p=10bar$ تكون قيمة قدرتها $P=10KW$ إذا اعتبرنا كفاءة المضخة 100% .	نعم ( ) لا ( )
٥- إذا كان عزم المحرك الهيدروليكي $T=10N.m$ وسرعة دوران $N=1000rev/min$ تكون قيمة قدرته الميكانيكية حوالي $P_{mec}=2KW$.	نعم ( ) لا ( )

تمرين رقم٣:

لدينا مضخة مكبسية طراز PA 50 ،هدف هذا التمرين هو إيجا خصائص هذه المضخة انطلاقا من وثائق المصنع الخاصة بهذه المضخة:



❖ أوجد العزم المستهلك عن طريق المضخة عند ضغط $p=220bars$.

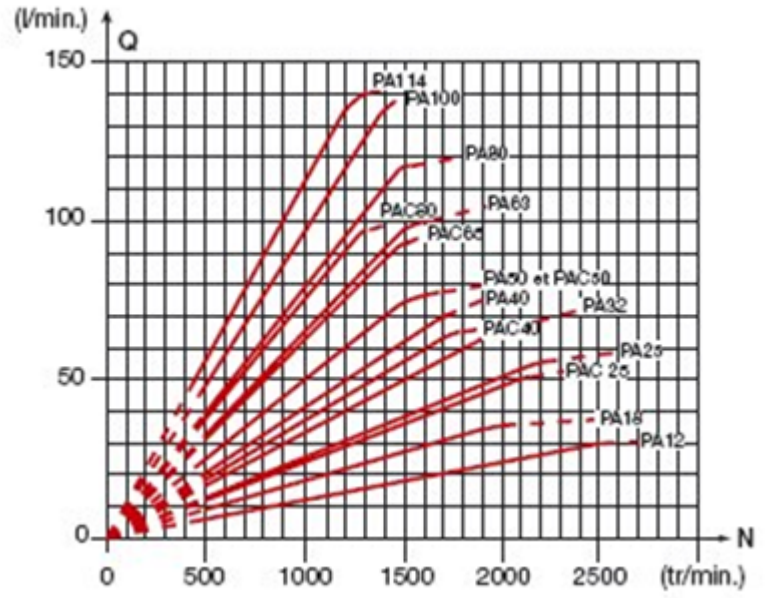
.....

.....

.....

.....

.....



❖ أوجد معدل التدفق Q عند سرعة دوران N=1000rev/min.

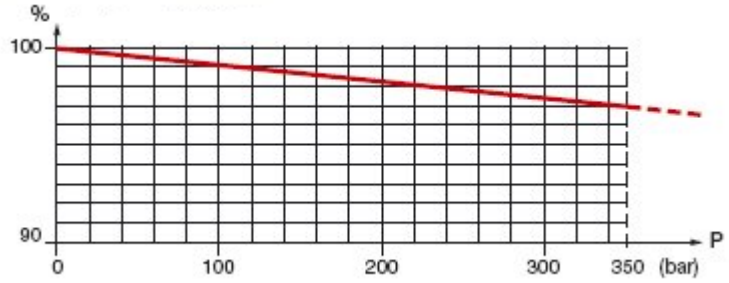
.....

.....

.....

.....

.....



منحنى الكفاءة الحجمية عتد سرعة دوران N=1000rev/min

❖ أوجد قيمة الكفاءة الحجمية η_{vol} عند ضغط p=220bars.

.....

.....

.....

.....

.....

الحل:

❖ بالنسبة للمضخة طراز PA50 ، عند الضغط p=220bars قيمة العزم المستهلك عن طريق المضخة هو: T=18mdaN.

❖ معدل التدفق Q عند سرعة دوران N=1000rev/min : Q=50L/min.

❖ قيمة الكفاءة الحجمية η_{vol} عند ضغط p=220bars : $\eta_{vol}=0.98$

تمرين رقم٣:

يبين الجدول التالي خصائص المضخات من نوع PA2 xx :

النوع	الطراز	الحجم الهندسي V	الكتلة M(kg)

PA2 32	0511545	2x32	23.5
PA2 40	0511550	2x39	23.5
PA2 50	0511555	2x52	23.5
PA2 57	0511560	2x57	23.5
PAC2 25	0511460	2x25	16
PAC2 32	0511465	2x32	16
PAC2 40	0511710	2x39	17

مضخة من نوع PA2 50 المطلوب تحديد التالي:

- الطراز:.....
- الحجم الهندسي V: .....
- الكتلة M: .....

الحل:

- الطراز: 0511555
- الحجم الهندسي V: $V=2x52=104cm^3/rev.$
- الكتلة M: $M=23.5kg$

تمرين رقم:٤

١- اختر من الجدول التالي مضخة ذات حجم هندسي متغير لها سرعة دوران قصوى قيمتها $N_{max}=1900rev/min$ وضغط أقصى $p_{max}=360bar$: الطراز:.....

طراز المضخة		Vmax (cm^3) اتجاه الدوران		p_{max} أثناء التشغيل	p_{max} عند 5%	p_{max} للتصفير	العزم T عند 300bar	السرعة القصوى N
TXV 40	0512950 0512955	SH SIH	40	400	420	440	220	3000
TXV 60	0512500 0512505	SH SIH	60	400	420	440	295	2600
TXV 75	0512510 0512515	SH SIH	75	400	420	440	410	2000
TXV 92	0512520 0512525	SH SIH	92	380	400	420	483	1900
TXV 120	0513310 0513315	SH SIH	120	360	380	400	680	1900
DELTA 40	0512370 0512375	SH SIH	40	400	420	440	220	3000
DELTA 60	0513140 0513145	SH SIH	60	400	420	440	295	2600
DELTA 75	0512340 0512345	SH SIH	75	400	420	440	410	2000
DELTA 92	0512350 0512355	SH SIH	92	380	400	420	483	1900

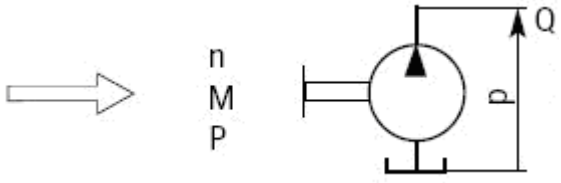
٢- هل لهذه المضخة اتجاه واحد أم اتجاهي دوران؟

٣- أوجد التالي، عندما تكون المضخة في أقصى قدرتها ، علما أن $\eta_{hm}=0.9, \eta_{vol}=0.9$:

❖ معدل التدفق Q(L/min) : .....

❖ العزم T(N.m) :.....

❖ قدرة المحرك P_{motor}(KW) : .....



خصائص المضخة	معدل التدفق الحجمي Q(L/min)	$Q=\frac{V.N.\eta_{vol}}{1000}$
	العزم T(N.m)	$T=\frac{p\times V}{20.\pi.\eta_{hm}}$
	القدرة P(KW)	$P=\frac{p.Q}{600.\eta_{tot}}$

الحل:

١- الطراز هو: TVX 120

٢- هذه المضخة لها اتجاهي دوران (نوع: 0513310 اتجاه واحد ، نوع: 0513315 اتجاهين)

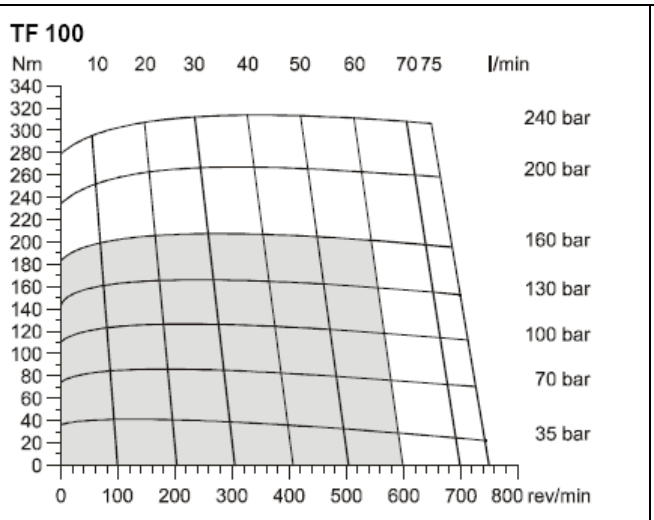
٣- ❖ $Q=\frac{120.1900.0.9}{1000}=205.2L/\min$

❖ $T=\frac{360\times 120}{20.\pi.0,9}=763.9Nm$

❖ $P=\frac{360\times 205.2}{600\times 0.9\times 0.9}=152KW$

تمرين رقم٤:

محرك هيدروليكي من نوع TORMOTOR له الخصائص التالية:



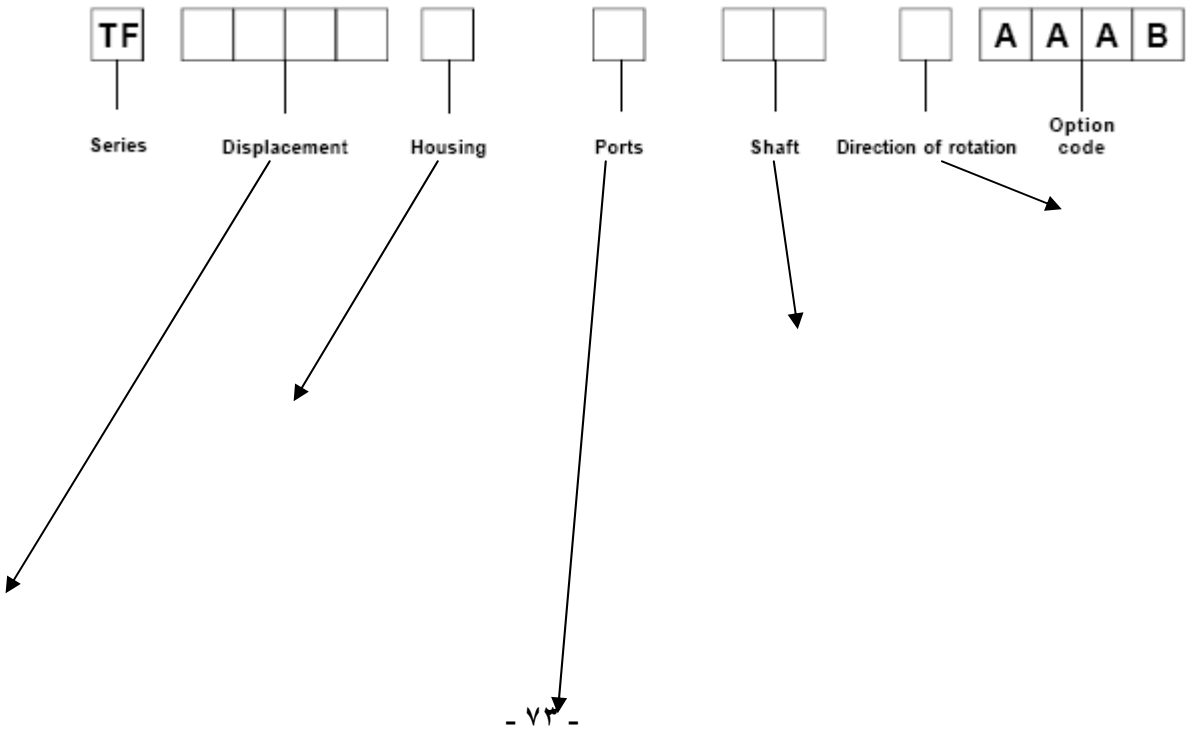
محرك طراز TF80

محرك طراز TF80

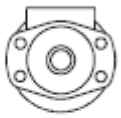
١- بالنسبة للمحرك طراز TF80 ،أوجد انطلاقا من المنحنى الخاص بالمحرك المذكور: سرعة الدوران N، العزم T، عندما يكون الضغط p=100bar، ومعدل التدفق Q=20L/min.

٢- بالنسبة للمحرك طراز TF100 أوجد انطلاقا من المنحنى الخاص بالمحرك المذكور: معدل التدفق Q، والعزم T ، عند سرعة دوران N=360rev/min، وضغط p=160bar.

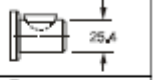
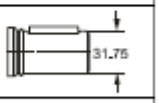
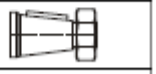
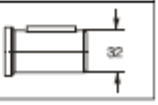
٣- اكتب رمز المحرك ذو الخصائص الآتية: محرك طراز TF، حجمه الهندسي $V=100cm^3/rev$، جسمه طراز E، مخطط التوصيل من نوع W، رأس العمود طراز 26، اتجاه الدوران 1.



Code	cm³/rev
0080	81
0100	100
0130	128
0140	141
0170	169
0195	195
0240	237
0280	280
0360	364
0405	405
0475	477

Code	Housing
E	
M	
H	
V [1]	

Code	Front port
W	G 1/2
V	7/8-14 UNF O-Ring
N [2]	Universal-M8x13
K [3]	Universal-M6x12

Code	Shaft
26	
47	
41	
44	
45	
08	
46	

Code	Front port
0	
1	

Code	Rear port
0	
1	

الحل:

١- بالنسبة للمحرك طراز TF80 ، عندما يكون الضغط p=100bar ، ومعدل التدفق Q=20L/min :

- ❖سرعة الدوران: N=220rev/min
- ❖ العزم: T=100 Nm

٢- بالنسبة للمحرك طراز TF100 ، عند سرعة دوران N=360rev/min ، وضغط p=160bar :

- ❖ معدل التدفق: Q=40L/min
- ❖ العزم: T=200Nm

٣- رمز المحرك: TF 0100 E W 26 1