

معدات ونظم هيدروليكية المضخات الهيدروليكية

قسم المكائن والآلات الزراعية
كلية الزراعة - جامعة البصرة

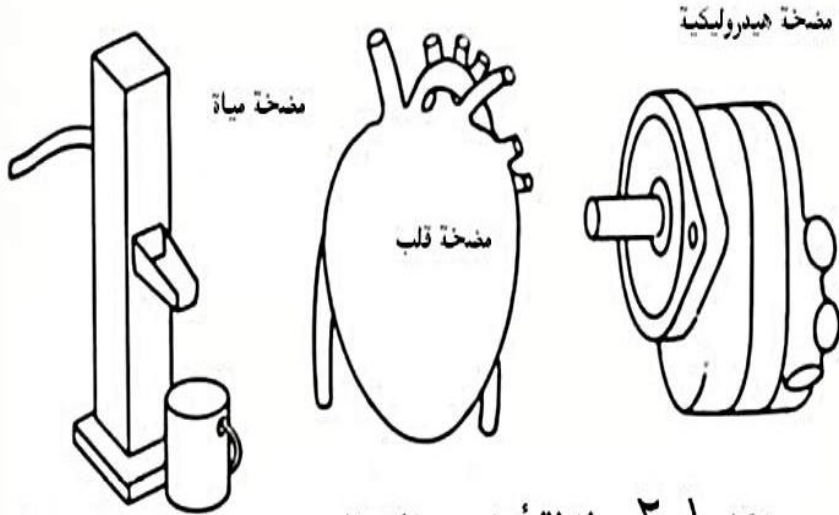
المرحلة الرابعة

أستاذ المادة
د. صادق جبار محسن

إعداد المحاضرة من المصادر التالية
نظم الهيدروليك - المؤسسة العامة للتعليم - السعودية

مقدمة

المضخة هي قلب الدائرة الهيدروليكية حيث إنها المسئولة عن سريان المائع الذي يسري خلال الدائرة كلها، القلب البشري وكذلك مضخة المياه القديمة الموجودة في المزارع عبارة عن مضخة، انظر شكل ١.



شكل ١-٢ : ثلاثة أنواع من المضخات

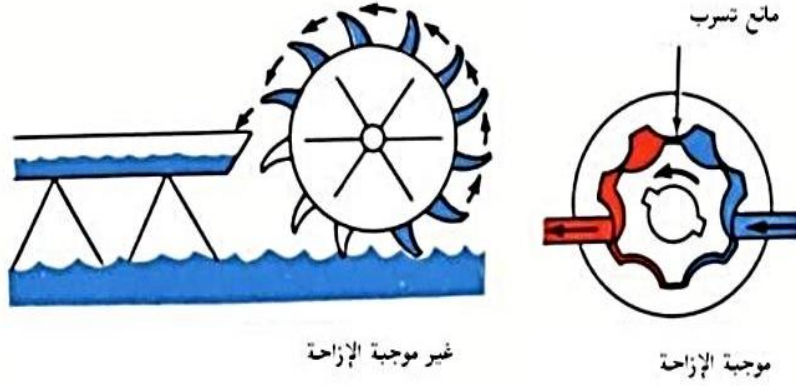
شكل (١) ثلاثة أنواع من المضخات

وفيما بين هذا وذاك اخترع المهندسون أنواعاً عديدة من المضخات الهيدروليكية التي تعمل أفضل من مضخة المياه القديمة ولكنهم يجاهدون للحصول على الكمال الموجود في مضخة القلب البشري. قديماً كان تعبير "هيدروليكا" يعني دراسة حركة المائع وعلى ذلك فإن أي مضخة تحرك مائعاً تعتبر مضخة هيدروليكية. تعبير "هيدروليكا" في الوقت الحالي يعني دراسة ضغط وسريان المائع أثناء الحركة بالإضافة إلى القدرة على عمل شغل. وعلى ذلك فإن المضخة الهيدروليكية هي المضخة التي تحرك المائع وتدفعه لعمل شغل. وبتعبير آخر، المضخة هي تلك الآلة التي تحول القوى الميكانيكية إلى طاقة مائع هيدروليكي.

متى تكون المضخة هيدروليكية ؟

كل المضخات تخلق سريان.

تعمل المضخات طبقاً لقاعدة تسمى الإزاحة حيث تعني أخذ المائع من نقطة داخل المضخة ونقله إلى نقطة أخرى (عملية إزاحه). يمكن إجراء الإزاحة في صورتين: إزاحة موجبة، إزاحة غير موجبة، شكل ٢ يقارن بينهما .



شكل ٢-٢ : متى تكون المضخة هيدروليكية

شكل (٢) متى تكون المضخة هيدروليكية

الساقية القديمة مثال واضح للمضخة غير موجبة الإزاحة ، هي ببساطة تلتقط المائع وتحركه. أما المضخات موجبة الإزاحة المستخدمة في الهيدروليكا الحديثة فإنها ليس فقط تخلق السريان بل أيضاً تسانده. حينما يسري السائل خارجاً من فتحة الخروج فإنه يكون محكماً ويمنع تسربه إلى الجانب الآخر. لاحظ منطقة تلامس التروس ، إنها منطقة محكمة العزل تقوم بحجز السائل ومنعه من التسرب أثناء حركته.

هذا الإحكام هو الجزء الموجب في الإزاحة وبواسطة ذلك الإحكام يستطيع السائل أن يتغلب على مقاومة أجزاء الدائرة الأخرى للسريان. وعندما يكون الضغط العالي مطلوباً في الدائرة فيجب أن تكون هناك مضخة موجبة الإزاحة وهذه حقيقة في كل النظم الهيدروليكية الحديثة التي تمد المائع بالطاقة. وفي الدوائر ذات الضغط المنخفض مثل تبريد المياه أو رش المحاصيل فإن المضخات القديمة غير موجبة الإزاحة تصلح للعمل فيها. وفي هذا الفصل فإننا سوف نناقش فقط المضخات موجبة الإزاحة التي هي بمثابة القلب في دوائر الزيت الهيدروليكية الحديثة وهي التي تستحق أن يطلق عليها المضخة الهيدروليكية الحقيقية.

الإزاحة في المضخات الهيدروليكية:

الإزاحة هي حجم الزيت الذي تحرك أو أزيح بالمضخة خلال كل دورة. تقسم المضخات طبقاً لذلك التعريف إلى نوعين: المضخات ثابتة الإزاحة ، المضخات متغيرة الإزاحة.

المضخات ثابتة الإزاحة: -

تقوم تلك المضخات، خلال كل دورة، بنقل حجم ثابت من الزيت. يتغير هذا الحجم عندما تتغير سرعة المضخة فقط. يتأثر حجم الزيت بالضغط في الدائرة نظراً لزيادة التسرب في الزيت الراجع إلى مدخل المضخة، من المعتاد أن يتم ذلك عند ارتفاع الضغط. لذا يشيع استخدام المضخة ثابتة الإزاحة أما في دائرة ضغط منخفض أو لمساعدة مضخة أخرى في دائرة ضغط عالٍ.

المضخات متغيرة الإزاحة: -

من أهم خصائصها القدرة على تغيير حجم الزيت المنقول في كل دورة برغم ثبات سرعة المضخة أحياناً. تتميز هذه المضخات أيضاً بآلية داخلية تمكنها من تغيير خرج المضخة للمحافظة على ثبات ضغط الدائرة في المعتاد. الشكل ٣ يوضح الآتي:

عندما ينخفض ضغط الدائرة يزداد الحجم وحينما يرتفع الضغط يقل الحجم.

ملخص:

إزاحة ثابتة = سريان ثابت إزاحة متغيرة = سريان متغير.

فيما سبق تمت المقارنة بين دائرة المركز المفتوح ودائرة المركز المغلق واتضح الآتي:

في دائرة المركز المفتوح الضغط متغير بينما السريان ثابت. وفي دائرة المركز المغلق السريان متغير ولكن الضغط ثابت. بناء على ذلك يمكن معرفة أي نوع من المضخات تفضل كل دائرة.

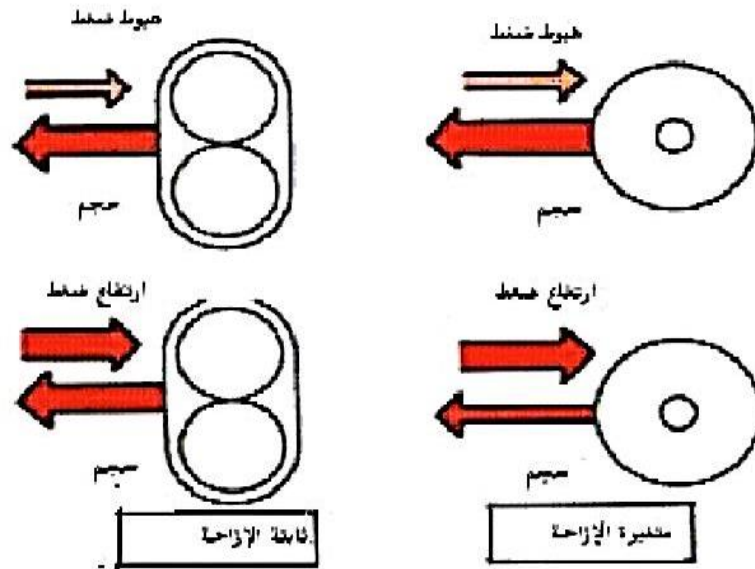
دائرة المركز المفتوح = سريان ثابت

دائرة المركز المغلق = سريان متغير

هذه القاعدة ليست ثابتة على الدوام ويمكن مخالفتها، كما رأينا في الفصل السابق، حيث أمكن تصميم كلا النوعين من المضخات للخدمة في كلا النوعين من الدوائر.

تذكر ملحوظة هامة عن الضغط:

المضخات الهيدروليكية لا تخلق ضغطاً لكن تخلق سرياناً ومن مقاومة السريان ينتج الضغط.



شكل ٣-٣ : مقارنة بين المضخات متغيرة الإزاحة وثابتة الإزاحة

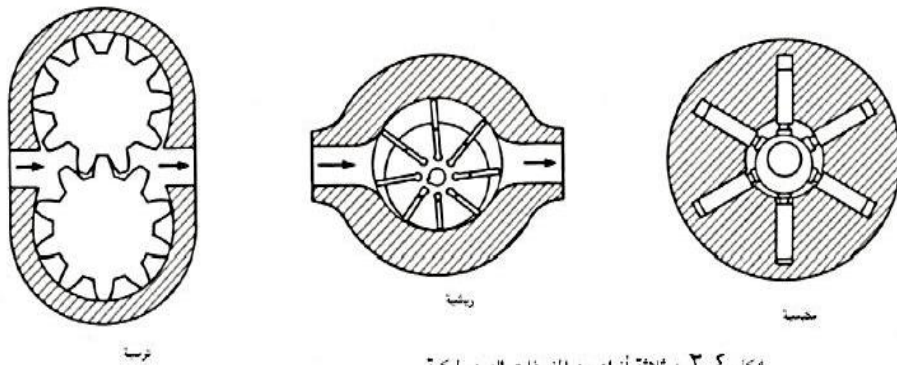
شكل (٣) مقارنة بين المضخات متغيرة الإزاحة وثابتة الإزاحة

أنواع المضخات الهيدروليكية: -

فيما سبق تم التعرف على ماهية المضخات الهيدروليكية وماذا تستطيع أن تفعل. ومن المهم أيضاً معرفة المكونات الداخلية للمضخات.

يمكن تقسيم أهم تصميمات المضخات المستخدمة بالمعدات الحديثة إلى ثلاثة أنواع أساسية (شكل

٤): - مضخة ترسية ، مضخة ريشية ، مضخة مكبسية



شكل ٤-٣ : ثلاثة أنواع من المضخات الهيدروليكية

شكل (٤) ثلاثة أنواع من المضخات الهيدروليكية

وفيما يلي نوضح كيف تعمل المضخات، ما هي استخدامات كل نوع منها .
 يمكن للدائرة الهيدروليكية أن تستخدم إحدى هذه المضخات أو اثنتين أو أكثر معا. فكرة عمل أنواع المضخات الثلاثة واحدة وتتلخص في أن الجزء الدوار داخل المضخة يقوم بنقل المائع. المضخة محكمة البناء وبالتالي فهي صغيرة جدا، بالكاد تستطيع نقل الحجم المطلوب من المائع وهذا هو الهدف الأول والأهم من وراء نظام يتحرك في حيز محدود.

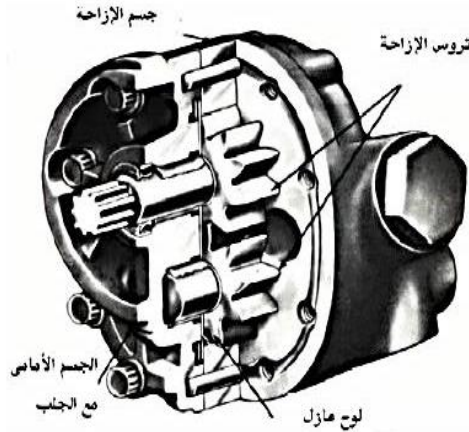
فيما يلي نوضح مكونات وكيفية عمل كل نوع من هذه المضخات:

المضخات الترسية:

تعتبر المضخات الترسية عماد الدوائر الهيدروليكية، وتستخدم على نطاق واسع لأنها مضخات بسيطة واقتصادية. ومع أنها غير قادرة على تحقيق الإزاحة المتغيرة إلا أنها تستطيع إنتاج الحجم المطلوب لمعظم النظم التي تستخدم الإزاحة الثابتة. تستخدم المضخات الترسية غالباً كمضخات شحن لمضخات من أنواع أخرى تعمل في دوائر أكبر. يشيع استخدام نوعين أساسيين من المضخات الترسية هما:
 مضخة ترسية خارجية و مضخة ترسية داخلية. فيما يلي نوضح مكونات وكيفية عمل كل منها.

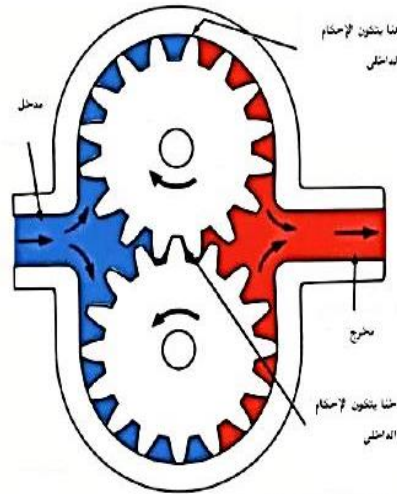
المضخة الترسية الخارجية:

تتركب المضخة الترسية الخارجية عادة من ترسين معشقين متوافقين بدقة داخل جسم المضخة (الغلاف أو المبيت) شكل ٥. يدير عمود الإدارة أحد الترسين (الترس القائد) الذي بدوره يدير الترس الآخر (الترس المنقاد). تستخدم جلب العمود وألواح العزل ذات الأسطح الملساء لإحكام تركيب التروس الشغالة ومنع تسرب المائع.



(شكل ٥) مكونات مضخة تروس خارجية

شكل ٦ يوضح بساطة التشغيل. عند دوران الترسين تقوم الأسنان غير المعشقة بحجز الزيت فيما بين أسنان التروس وجسم (غلاف أو مبيت) المضخة. تحمل أسنان التروس الزيت المحبوس إلى غرفة الخرج. حينما يعشق الترسين مرة ثانية وفي منطقة تلامس الأسنان تتكون بينهما منطقة محكمة العزل تمنع الزيت من الرجوع إلى مدخل المضخة مما يجبر الزيت ويدفعه للتدفق من فتحة الخروج وينساب إلى باقي أجزاء الدائرة. يستمر تدفق الزيت المحجوز بين أسنان التروس وجسم المضخة إلى غرفة الخرج مع كل دورة للتروس وبالتالي تستمر عملية إرغام الزيت على التدفق إلى غرفة الخرج. يتم إمداد مدخل المضخة بالزيت من الخزان بالتناقل ليحل محل الزيت الذي تم سحبه من مدخل المضخة عند دوران التروس. تستخدم بعض المضخات لترسيه أطباق (أقراص) ضغط، حاكمة أمام التروس، لزيادة كفاءة المضخة. دفع كمية صغيرة من الزيت المضغوط خلف طبق (قرص) الحشو يؤدي إلى ضغط الطبق أمام التروس مكونا إحكاما تاما ومانعا جيدا ضد التسرب.



شكل ٦-٢ : مضخة ترسية خارجية في التشغيل

شكل (٦) تشغيل مضخة تروس خارجية

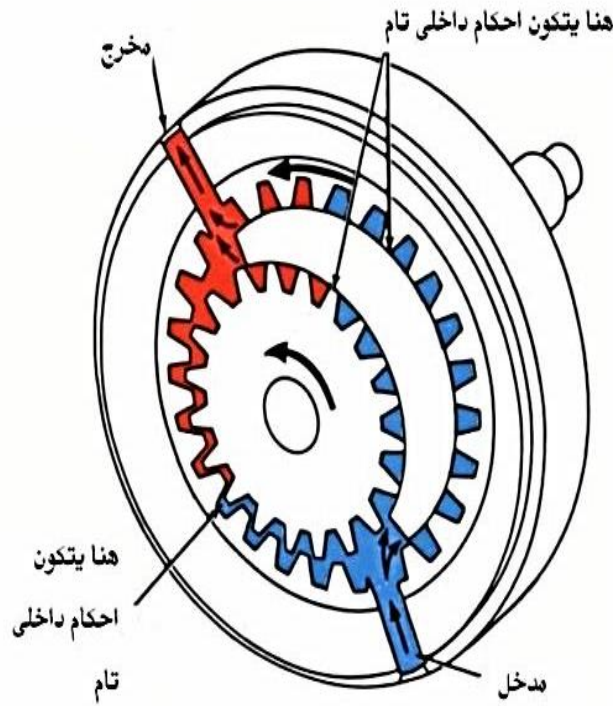


(شكل ٧) مكونات مضخة التروس الداخلية

المضخات الترسية الداخلية:

تستخدم المضخات الترسية الداخلية ترسين أيضا، إلا أن أحدهما، وهو عبارة عن ترس عدل أسطواناني صغير، يتم تركيبه داخل ترس أكبر. الترس الصغير معشق في جانب واحد من الترس الأكبر. في الجانب الآخر كلا الترسين منفصلين عن بعضيهما بفاصل على شكل هلال. يدير عمود الإدارة الترس الأسطواناني العدل الصغير والذي بدوره يدير الترس الأكبر.

تشغيل المضخات الترسية الخارجية والداخلية متماثل والفرق الرئيس بينها أنه في حالة التعشيق الداخلي يدور الترسان في نفس الاتجاه (انظر شكل ٨) عندما تكون أسنان الترسين خارج التعشيق يحجز الزيت، بين أسنان الترسين والفاصل الهلالي، ثم ينتقل هذا الزيت إلى غرفة الخرج. وعندما تعشق التروس مرة أخرى يتكون إحكام يمنع الزيت من الرجوع.



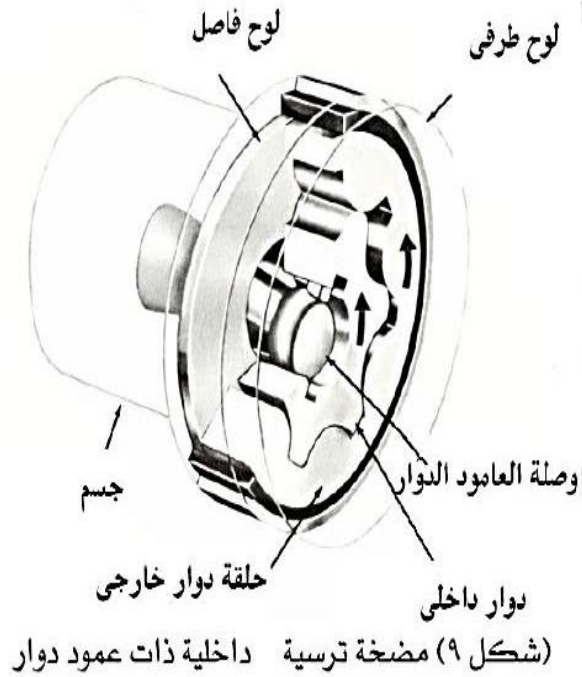
شكل (٨) تشغيل مضخة ترس داخلية

تواصل تدفق الزيت إلى خارج المضخة يدفع للسريان إلى بقية أجزاء الدائرة. تعمل الجاذبية (التثاقل) على إمداد مدخل المضخة (ذي الضغط السالب) بالزيت لتملأ التفريغ الجزئي الناجم عن سحب الزيت إلى التروس.

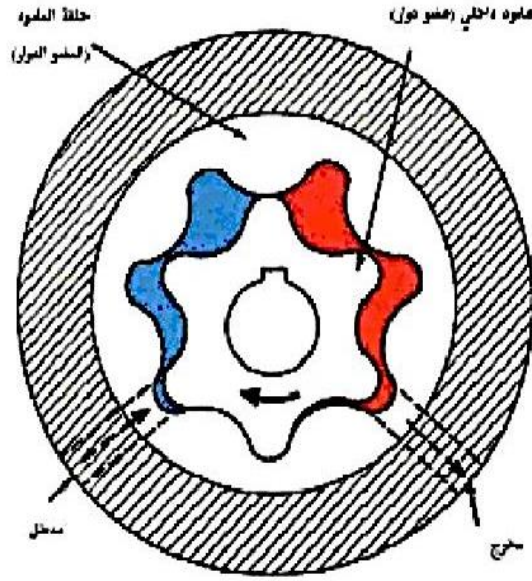
المضخة الترسية الداخلية الدوارة:

المضخة الدوارة الموضحة في (شكل ٩) شكل آخر للمضخة الترسية الداخلية. يدور العنصر الدوار الداخلي والخارجي معا داخل مبيت المضخة. للعناصر الدوارة فصوص دائرية (ملفوفة) تعمل كأسنان. لا يوجد بالمضخة فاصل.

(شكل ١٠) يوضح تشغيل المضخة، تدير وصلة العمود الدوار العضو الدوار الداخلي الذي بدوره يرتكز على أحد الجوانب الداخلية لحلقة العضو الدوار الخارجي. يجهز العضو الدوار الداخلي بعدد من الفصوص تقل بمقدار فص واحد عن فصوص حلقة العضو الدوار الخارجي. ولهذا يوجد بصفة دائمة فص واحد فقط في حالة تعشيق كامل مع الحلقة الخارجية مما يسمح للفصوص بالانزلاق.



انزلاق الفصوص الداخلية على الفصوص الخارجية يؤدي إلى إحكام الزيت ومنعه من الارتداد. أثناء انزلاق الفصوص إلى أعلى يتم سحب الزيت فوق فصوص الحلقة الخارجية. حينما تقع فصوص الدوار الداخلي داخل فراغات الحلقة ستضغط الزيت للخارج.



شكل ١٠-٢: المضخة ذات العمود في التشغيل

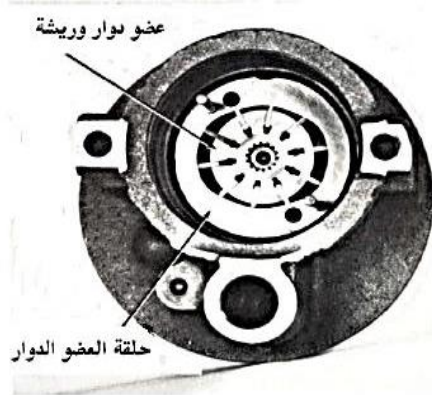
(شكل ١٠) تشغيل المضخة ذات العمود الدوار

- المضخة الريشية:

مضخة الريش هي مضخة متعددة الاستعمال بمعنى الكلمة، يمكن أن تصمم مفردة أو مزدوجة أو حتى ثلاثية الوحدات. تتكون من عضو دوار ذو مجاري (شقوق) عميقة محفورة على السطح حيث تنزلق خلالها ريش. كل ريش المضخة تحرك الزيت. هناك نوعان من تلك المضخات هما الأكثر استخداما مضخة الريش المتزنة، مضخة الريش غير المتزنة.

مضخة الريش المتزنة: هي مضخة إزاحتها ثابتة دائما أما

المضخة غير المتزنة: هي مضخة إما ثابتة أو متغيرة الإزاحة.

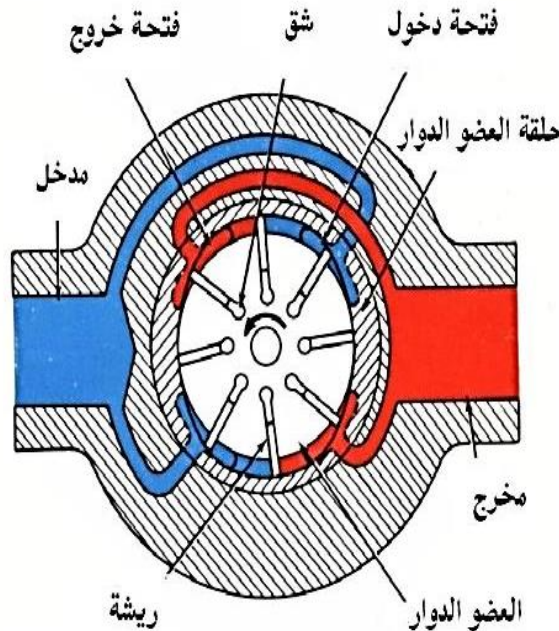


شكل (١١) مضخة ريش متزنة

مضخة الريش المتزنة: -

شكل ١١ يوضح مضخة ريش متزنة. يدور العضو الدوار داخل حلقة بيضاوية عن طريق عمود إدارة. تركيب الريش بإحكام داخل شقوق العضو الدوار. تنزلق الريش حرة الحركة داخل أو خارج الشقوق. الجزء المتزن في تلك المضخة يوضح مواضع فتحات الزيت شكل ١٢. المضخة لها فتحتان للدخول موضوعتان أمام بعضها ولها فتحتان للخروج وايضاً أمام بعضها (في جانبي المضخة). فتحتا الدخول متصلتان بمدخل المضخة المركزي وفتحتا الخروج متصلتان بمخرج المضخة المركزي.

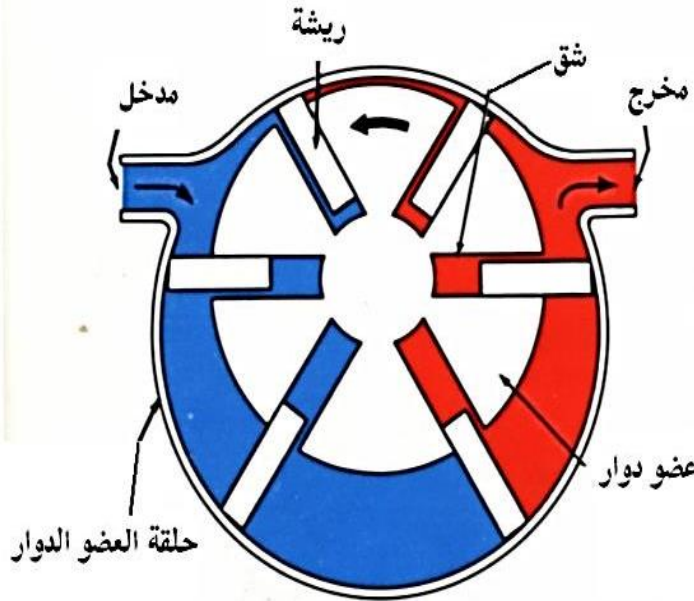
شكل ١٢ يوضح تشغيل المضخة. عندما يدور العضو الدوار تدفع الريش إلى الخارج في جهة السطح الداخلي للحلقة بالطاقة الطاردة المركزية فتلامس الريش سطح الحلقة البيضاوية. تقسم الريش المساحات التي على شكل هلال بين العضو الدوار والحلقة البيضاوية إلى حجرتين منفصلتين. يتغير حجم الحجرتين باستمرار ما بين الاتساع والضييق إلى ما يقرب من ضعف الحجم أثناء كل دورة. توضع فتحات الدخول بحيث تبدأ عندها كل حجرة في التمدد والاتساع و فتحات الخروج موضوعة بحيث تبدأ عندها كل حجرة في الانكماش والضييق. حينما تبدأ الحجرة في الاتساع يندفع الزيت الداخل ليملأ التفريغ الجزئي ويحمل هذا الزيت بواسطة الريش وبينما يبدأ زيت الحجرة في التناقص فإن الزيت في مكانه الضيق المحكم يدفع خارجاً عند فتحة الخروج. في النصف الثاني من الدورة يتكرر ما سبق للمجموعة الثانية من فتحات الدخول والخروج.



شكل (١٢) تشغيل مضخة ريش متزنة

مضخات الريش غير المتزنة:

تستخدم مضخة الريش غير المتزنة نفس القاعدة الأساسية السابقة. عمود دوار مشقوق ذو ريش يدور داخل حلقة ثابتة. دورة التشغيل تتم مرة واحدة في كل لفة، انظر (شكل ١٢)، لذا فالمضخة لها مدخل واحد ومخرج واحد. العمود الدوار المشقوق موضوع في الجانب البعيد من الحلقة الدائرية. أثناء التشغيل تبدأ غرفة الزيت في الاتساع عند فتحة الدخول وتأخذ في الانكماش حيث ينتهي عند فتحة الخروج. يسحب الزيت إلى الداخل بسبب التفريغ الجزئي الناجم عن اتساع الغرفة. يندفع الزيت إلى الخارج حينما تأخذ الغرفة في الانكماش كما هو الحال في المضخة ذات الريش المتزنة. فيما يلي نقارن بين تصميم مضخة الريش غير المتزنة وتصميم مضخة الريش المتزنة.



شكل (١٢) تشغيل مضخة ريش غير متزنة

مقارنة بين مضخات الريش المتزنة و الغير متزنة: -

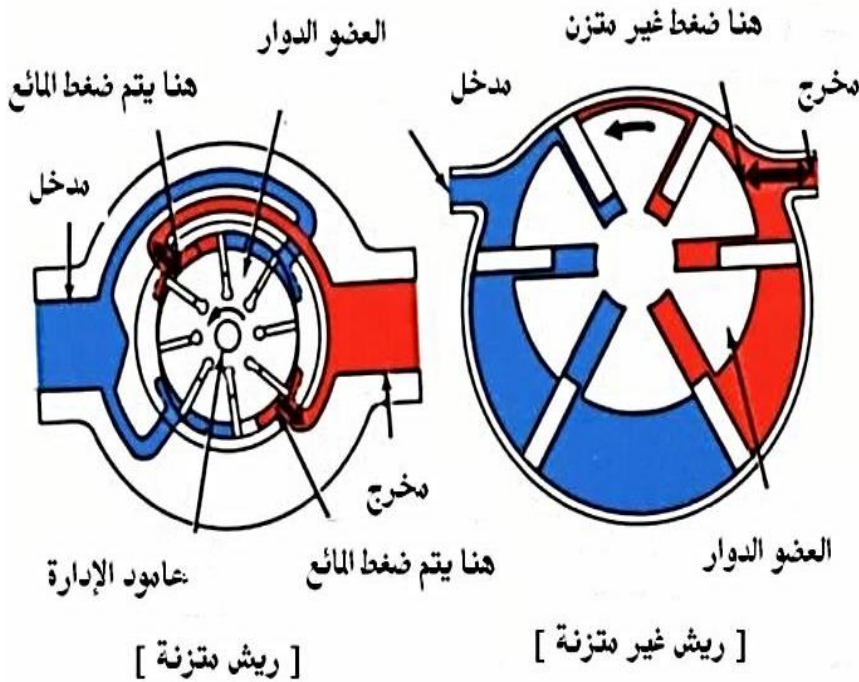
مضخة الريش المتزنة هي في الحقيقة نوع نموذجي مختار من المضخات الغير متزنة. والسؤال الآن هو لماذا كان النوع المتزن مطلوباً ؟

الضغط على العضو الدوار والعمود لمضخة ريش متزنة وأخرى غير متزنة.

الإجابة يوضحها (شكل ١٤)، حيث يتضح تكرار انهيار كراسي محاور مضخات الريش غير المتزنة . سبب الانهيار هو وجود قوة مؤثرة على العمود و كراسي المحاور ناتجة من الضغط الخلفي للزيت المطرود

عند جانبي الطرد للمضخة. و لا توجد قوة مؤثرة مساوية موجودة على الجهة المقابلة و ذلك لانخفاض ضغط الزيت الداخل حيث إنه ضغط منخفض وربما بدون ضغط.

كانت مضخة الريش المتزنة حلا لتلك المشكلة نظرا لأنها أعادت توزيع ضغوط الخروج على العمود . تم استخدام فتحتين للخروج كل منهما في مواجهة الثانية مباشرة وبذلك تتعادل القوى المؤثرة مما يؤدي إلى زيادة عمر كراسي المحاور ويطيل عمر المضخة الفعلي. و بينما حلت مضخة الريش المتزنة تلك المشكلة إلا أنها سببت مشكلة أخرى هي أنها لا يمكن أن تستخدم إلا للإزاحة الثابتة فقط . و لا يمكن تغيير مواضع فتحات الخروج وإذا حدث ذلك فإن الاتزان ينهار. أما المضخات ذات الريش غير المتزنة فيمكن أن تستخدم أما ثابتة أو متغيرة الإزاحة و بتصميم خاص يمكن تغيير وضع حلقة عمود ، فتحات الزيت بالنسبة إلى الجانب البعيد للعضو الدوار فتتغير أحجام الغرف التي تخلقها الريش و بالتالي كمية الزيت التي تحملها وبذلك تصير مضخة متغيرة الإزاحة . وعلى ذلك فإن نوعي مضخات الريش يوفران خيارين إما عمر خدمة أطول أو تشغيل أكثر مرونة و الاختيار النهائي لأي منهما يعتمد على الوظيفة المطلوبة من النظام الهيدروليكي.



(شكل ١٤) مقارنة بين مضخة الريش المتزنة وغير المتزنة.