



المحاضرة السادسة

الدكتور نسمت أبو طبق

مكونات أنظمة الهواء المضغوط

الفقرات الرئيسية:

مقدمة

التدفق وهبوط الضغط

مميزات النظم النيوماطية

المكونات الأساسية للنظم النيوماطية

صمامات التحكم الاتجاهية

اسطوانات الهواء المضغوط

ضواغط الهواء

خاتمة

مكونات أنظمة الهواء المضغوط

مقدمة:

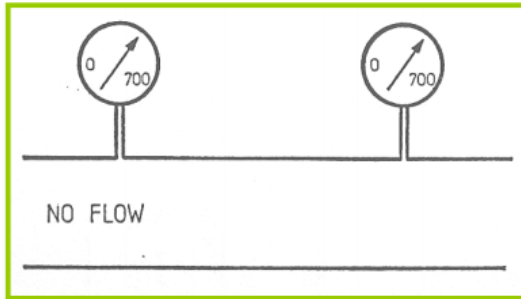
أنظمة الهواء المضغوط تتشابه مع أنظمة الزيت المضغوط أو الهيدروليكية باستبدال الزيت كمائع بالهواء. بالتالي كل ما سبق ذكره عن الأنظمة الهيدروليكية يمكن تكراره في الأنظمة النيوماتية أو أنظمة الهواء المضغوط.

تمهيد:

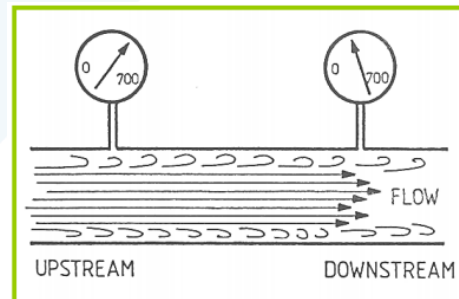
سيرد فيما يلي بعض التعاريف والمفاهيم الأساسية كالضغط والتدفق.

التدفق وهبوط الضغط:

عندما يكون الهواء المضغوط في حالة ساكنة فإنه يؤثر بضغط ثابت في جميع الاتجاهات على السطح الداخلي للإناء الموجود فيه الهواء المضغوط (قانون باسكال). عندما يكون الهواء المضغوط في حالة تدفق يحدث فرق في الضغط بين بداية المسار ونهايته كما في الشكل (1). وهذا الفرق بالضغط هو أساساً ما يسبب حركته. سبب فرق الضغط يعود لاحتكاك الهواء مع السطح الداخلي للأنبوب ما ينتج عنه فقد بالطاقة الحركية وتحولها إلى طاقة حرارية.



نفس الضغط عن هواء ساكن

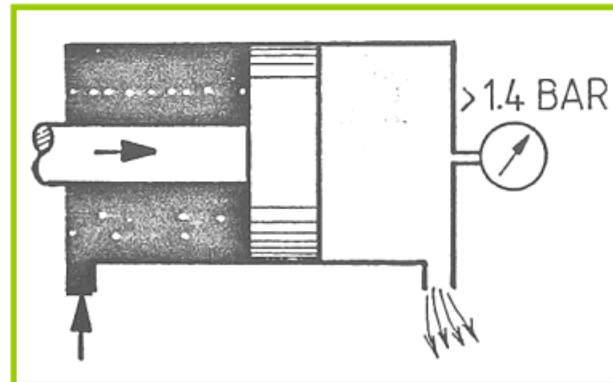


ضغط مختلف عند هواء متحرك (تدفق)

الشكل (1) العلاقة بين التدفق وهبوط الضغط

التدفق خلال فتحة خانقة إلى الخارج (الضغط الجوي):

الفتحة الخانقة هي ثقب صغير في الأنبوب أو الوعاء الموجود فيه كما في الشكل (2). وتستخدم للتحكم في التدفق (التحكم بسرعة المشغلات) أو لتوليد فرق بالضغط مرغوب به (مثل صمام تخفيض الضغط). عند تفريغ الهواء المضغوط إلى الخارج (الضغط الجوي) تكون سرعة الهواء تعادل سرعة الصوت أو أقل منها حسب شكل الفتحة و فرق الضغط بين طرفي الفتحة الخانقة.



إذا كان مستوى الزئبق في النقطة A فإن الضغط المقاس يعادل الضغط الجوي عند سطح البحر أما تحت النقطة A فيكون الضغط أقل من الضغط الجوي النظامي ويسمى الضغط المتخلخل Vacuum Pressure.

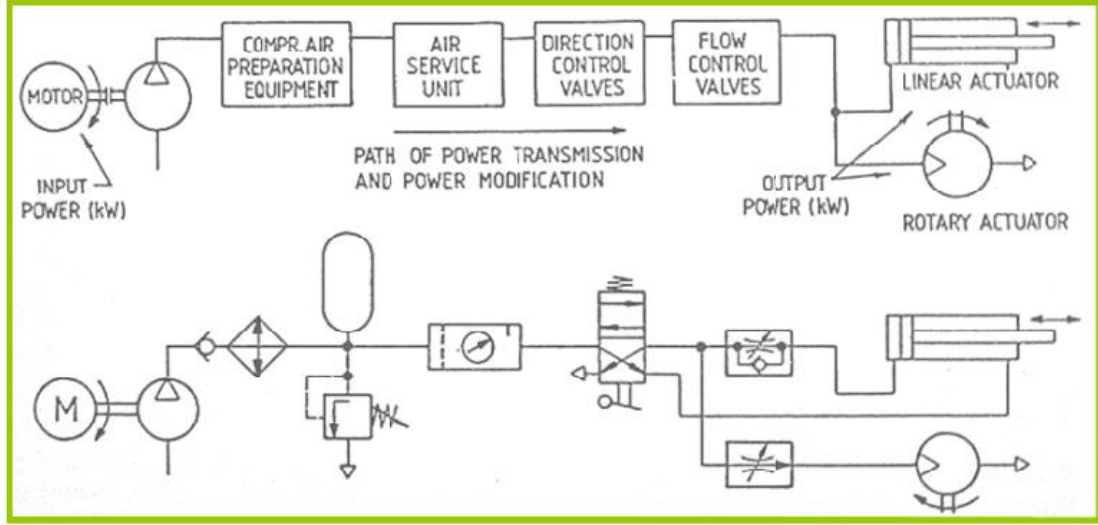
عندما يختفي عمود الزئبق تماماً يكون الضغط المقاس معدوماً وهو ما يسمى الصفر المطلق. فالضغط المطلق يقاس ابتداءً من الصفر المطلق Absolute Pressure. أما عندما يقاس الضغط انطلاقاً من النقطة A فيسمى الضغط المعياري Gauge Pressure حيث يكون الضغط الجوي هو صفر القياس. تعطي أجهزة قياس الضغط المستخدمة في النظم النيوماتية قيمة الضغط المعياري.

مميزات النظم النيوماتية:

- حرية اختيار مواقع الضواغط والمشغلات.
- الهواء المستخدم مجاني من الطبيعة ويعود للطبيعة.
- السلامة والحماية من الحمل الزائد مؤمنة بفضل صمامات الأمان وقابلية انضغاط الهواء.
- يمكن تخزين الهواء المضغوط في خزانات لاستعماله وقت الضرورة.
- النظم النيوماتية غير حساسة لدرجات الحرارة أقل من 120 درجة مئوية.
- صديقة للبيئة ولا تحدث تلوث عند حدوث تسرب بالهواء
- سرعة الاسطوانات النيوماتية وتصل إلى 2 م/ثا.
- انخفاض تكاليف الاسطوانات والصمامات نظراً لبساطة التصميم.
- تناسب الصمامات النيوماتية دارات التحكم المنطقي الصناعية.
- تضم نظم التحكم النيوماتية صمامات يتحكم بها كهربائياً أو ميكانيكياً أو هيدروليكياً لذلك فهي منظومة ذات مردود عالي.

المكونات الأساسية لنظم الهواء المضغوط:

يبين الشكل (4) المكونات الأساسية لنظام هواء مضغوط بشكل رمزي.



الشكل (4) مكونات النظم النيوماتية بالرموز

و تضم هذه النظم العديد من المكونات، مثل:

- ضواغط الهواء: التي تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية من المحركات إلى طاقة نيوماتية لتحريك المشغلات المختلفة.
- صمامات التحكم في اتجاه التدفق: التي تقوم بالتحكم في اتجاه تدفق الهواء إلى المشغلات المختلفة.
- صمامات التحكم في التدفق و الضغط: التي تقوم بالتحكم في مستوى القدرة المنقولة إلى المشغلات.
- المشغلات: التي تحول الطاقة الكامنة في الهواء المضغوط إلى طاقة ميكانيكية.
- الموصلات: التي تربط المكونات المختلفة ببعضها البعض و تنقل القدرة عن طريق نقلها للهواء المضغوط.
- خزان هواء مجهز بوسائل أمان و تنقية و تزليق لضمان تشغيل ذي جودة لمكونات النظام النيوماتي.

صمامات التحكم الاتجاهية للهواء المضغوط:

تستخدم صمامات توجيه الهواء المضغوط بتحويل مسار الهواء المضغوط لأداء وظيفة معينة عن طريق تحريك أجزائه الداخلية. ويكون التحريك يدوياً أو بأمر كهربائي أو بتأثير نيوماتي موجه (ضغط الهواء). وتستخدم لأداء الوظائف التالية:

- ♦ التحكم في اتجاه حركة المشغلات (الأسطوانات و المحركات الدوارة)؛
- ♦ اختيار مسار تدفق بديل؛
- ♦ تأدية وظائف تحكم منطقية (AND, OR functions)؛
- ♦ إيقاف و بدء تدفق الهواء ؛
- ♦ كحساس لمعرفة مكان الآلة أو المشغل (الأسطوانة)

تصنيف الصمامات النيوماتية:

حسب آلية التشغيل الداخلية: قرص قفاز Poppet Disc أو كرة قفازة Poppet Ball أو اسطوانة منزلقة Sliding Rotary Plug أو قرص دوار Rotary Blug.

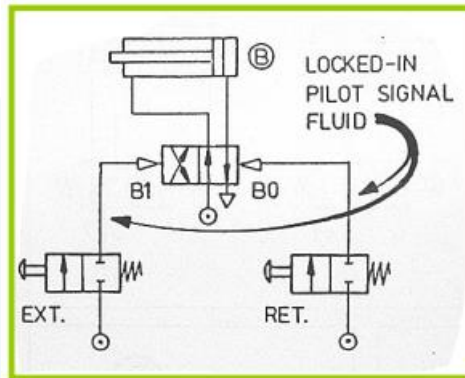
حسب أوضاع التشغيل: بوضعين أو ثلاثة أو أكثر.

حسب عدد فتحات التوصيل: وهي مداخل ومخارج الصمام.

حسب طريقة التشغيل: يدوية أو كهربائية أو ميكانيكية أو نيوماتية.

الصمام ذو الفتحتين:

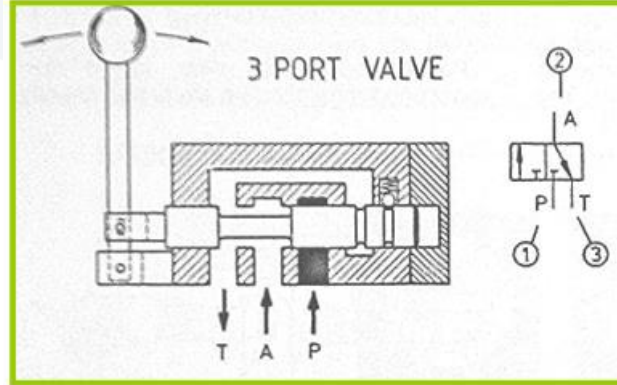
يستخدم لفتح وإغلاق مسار الهواء كما في الشكل (5).



الشكل (5) الصمام ذو الفتحتين

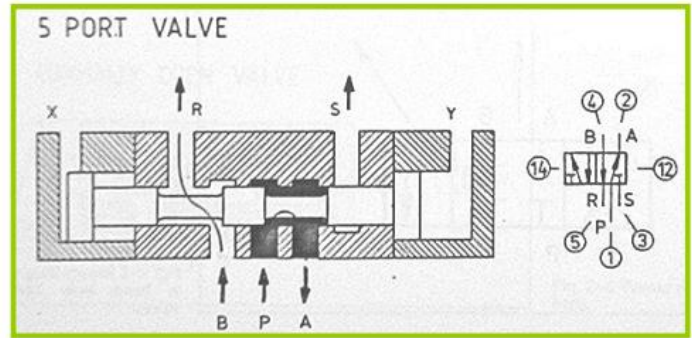
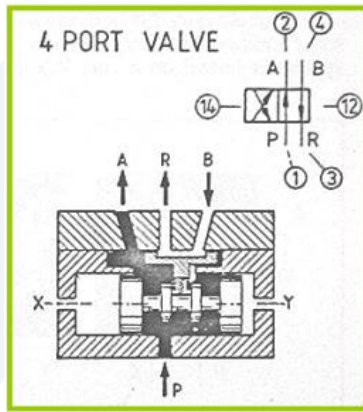
الصمام ذو الثلاث فتحات:

له فتحتين دخول وفتحة خروج بالتالي يوجه الهواء من إحدى الفتحتين باتجاه فتحة الخروج كما يوضح الشكل (6). ويستخدم ذراع أو يعمل بإشارة توجيه نيوماتية.



الشكل (6) صمام ثلاث فتحات

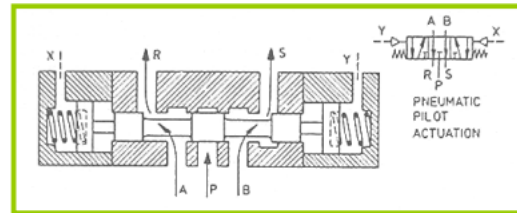
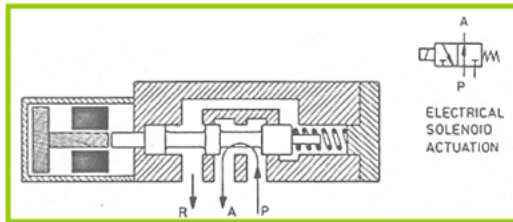
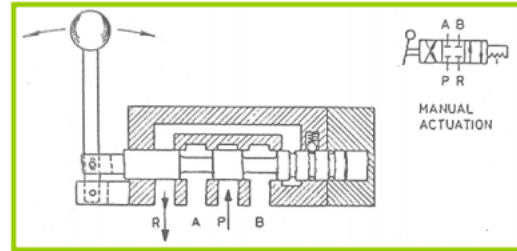
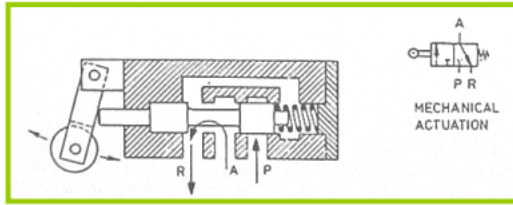
الصمام ذو أربع فتحات: يستخدم في تشغيل الاسطوانات والمحركات بالاتجاهين كما في الشكل (7).



الشكل (7) الصمامات الرباعية الفتحات

آليات تشغيل الصمامات:

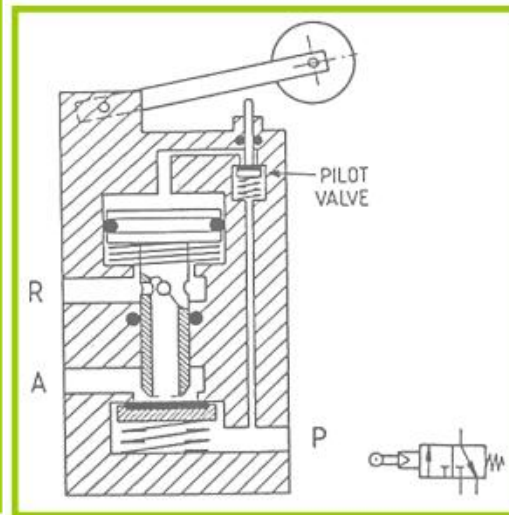
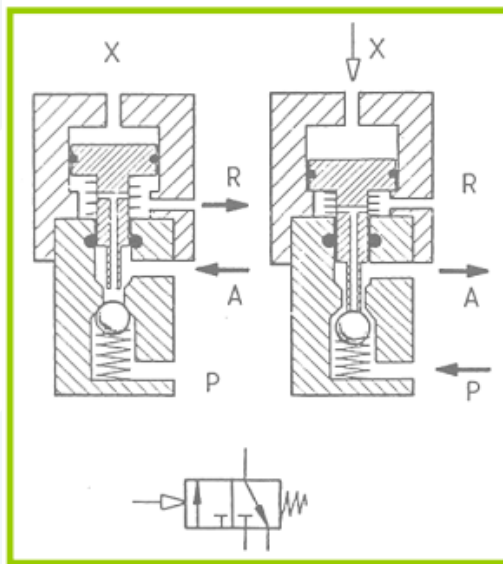
يوضح الشكل (8) التالي آليات تشغيل الصمامات النيوماتية ورموزها.

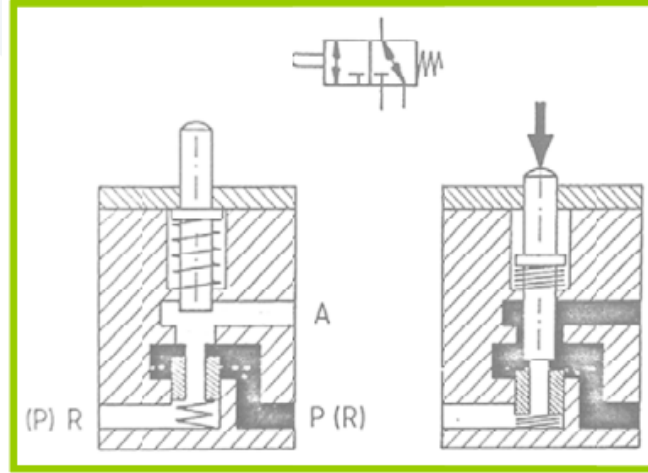


الشكل (8) آليات تشغيل الصمامات النيوماتية ورموزها

الصمامات القفازة Poppet Valves:

يبين الشكل (9) بعض أنواع الصمامات القفازة مع الرمز الخاص بها.

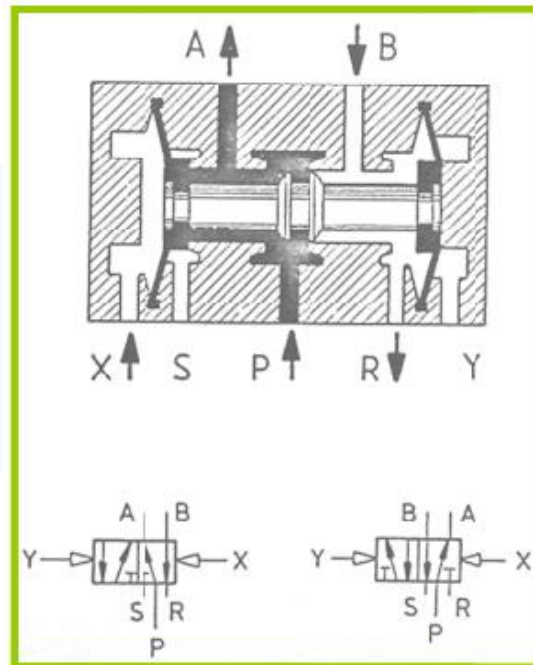




الشكل (9) بعض أنواع الصمامات القفازة

الصمامات ذات الاسطوانة المعلقة على أقراص مرنة:

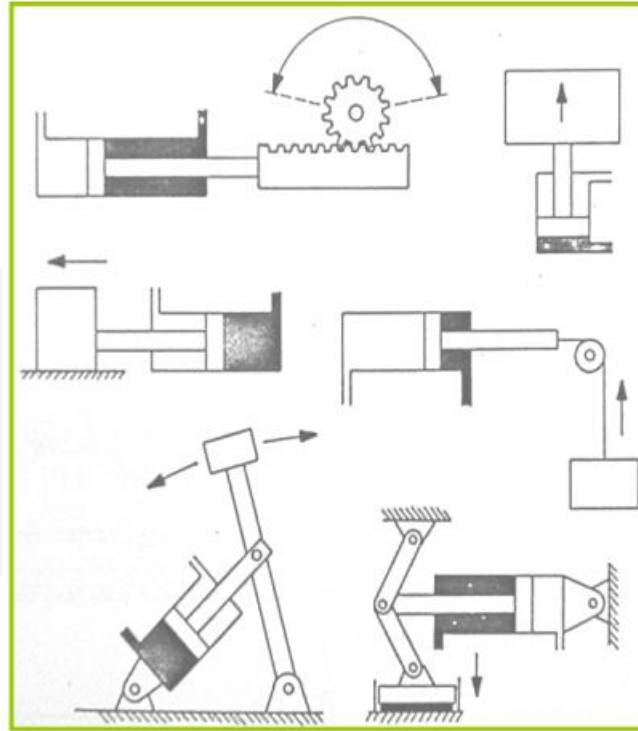
يبين الشكل (10) التصميم الداخلي والرمز للصمام ذو الاسطوانة المعلقة على أقراص مرنة. حيث يتحرك القرصان المرنان بتأثير ضغط الهواء في النهايتين X,Y. لتحقيق حركة يمين أو يسار بالتالي تبديل اتصال فتحات الدخول بفتحات الخروج عن طريق المجاري الداخلية.



الشكل (10) الصمام ذو الاسطوانة المعلقة على أقراص مرنة

اسطوانات الهواء المضغوط:

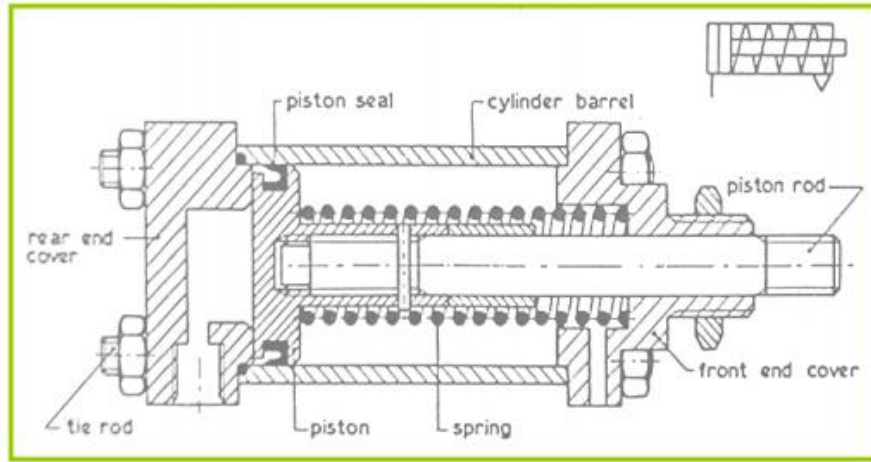
تستخدم اسطوانات الهواء المضغوط في تحويل طاقة الهواء المضغوط إلى طاقة حركية انسحابية وبدورها تحرك نظم ميكانيكية أكثر تعقيداً كما في الشكل (11).



الشكل (11) بعض استخدامات الاسطوانة النيوماتية

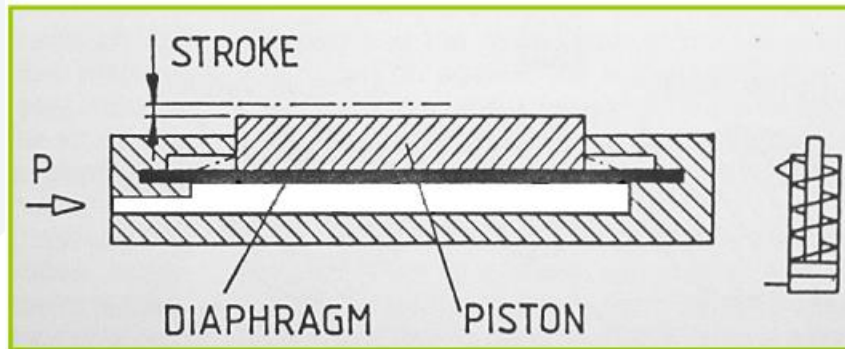
الاسطوانة أحادية التأثير:

تكون حركة الاسطوانة باتجاه واحد وتعود للحالة الأساسية بتأثير الحمل الخارجي أو بتأثير نابض مرجع كما في الشكل (12). يدخل الهواء من إحدى جرتي المكبس ويدفعه ويخرج الهواء من الجهة الأخرى للمكبس من فتحة خروج. مسافة الحركة بحدود 100 ملم.



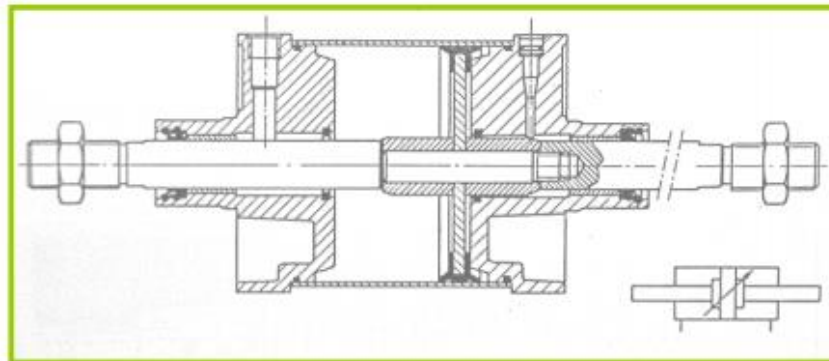
الشكل (12) الاسطوانة النيوماتية أحادية التأثير ورمزها

الاسطوانة الأحادية ذات المشوار القصير: وتكون مسافة الانتقال في المكبس صغيرة بحدود 10 ملم.



الشكل (13) الاسطوانة الأحادية ذات المشوار القصير

اسطوانة أحادية مع ماص صدمة:



الشكل (14) اسطوانة ذات عمود من الطرفين مع ماص صدمة نهاية المشوار

ضواغط الهواء:

قبل دراسة ضواغط الهواء لتتعرف على بعض المفاهيم:

الهواء الحر Free Air: وهو المصطلح المستخدم في قياس التدفق في كل الأجهزة المنتجة والمستهلكة والمشغلة والموزعة والمخزنة للهواء المضغوط.

والهواء الحر هو الهواء المحيط بنا في ظروف الجو العادي مع ملاحظة تغير الضغط الجوي والرطوبة تبعاً للوقت أو الموقع الجغرافي أو الارتفاع عن سطح البحر. لذلك يوجد معايير قياسية عالمية كالمعايير القياسية الأوروبية والإنكليزية.

يؤثر الارتفاع عن سطح البحر على الضغط حيث بزيادة الارتفاع ينخفض الضغط الجوي ويؤدي ذلك لانخفاض متطلبات قدرة الضاغط. أما المشغلات كالأسطوانات فإنها تستهلك هواءً أكثر عند مستوى سطح البحر منه عند مستوى أعلى من سطح البحر.

معدل سريان الهواء:

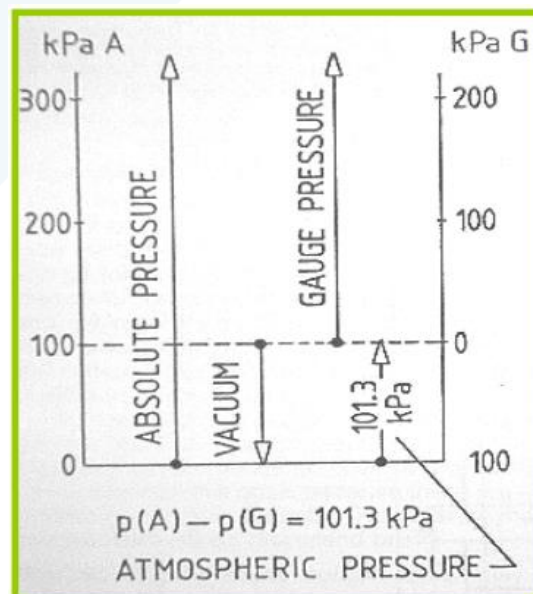
معدل سريان الهواء أو تدفق الهواء يقاس بالوحدة متر مكعب/الثانية $\frac{m^3}{s}$ ويستخدم عوضاً عنها لأنها صغيرة نسبياً وحدة أكبر مثل لتر/الدقيقة وقدم مكعب /الدقيقة.

١٠٠٠ X	لتر/دقيقة	م ^٣ /دقيقة
٣٥.٣ X	قدم ^٣ /دقيقة	م ^٣ /دقيقة
٦٠ X	م ^٣ /دقيقة	م ^٣ /ث

ضغط الهواء:

تعمل معظم أجهزة قياس الضغط المستخدمة في المعدات النيوماتية بنظام الضغط المعياري Gauge

.Pressure



الشكل (15) الضغط المعياري A والضغط المطلق G

عملية ضغط الهواء:

تزداد درجة حرارة الهواء بزيادة ضغطه ويؤخذ ذلك بعين الاعتبار عند تصميم الضاغط. وتستخدم الضواغط لتأمين الهواء لتطبيق معين ابتداءً من نفخ عجلات إلى التطبيقات الصناعية الكبرى. وللضواغط مقاسات وأنواع مختلفة تبعاً للتطبيقات التي تستخدمها.

أنواع الضواغط:

يبين الشكل (16) الضواغط الواقعي مع المجموعة والرمز الخاص بالضاغط والمجموعة.



الشكل (16) الضاغط مع المجموعة

للضواغط قسمان رئيسيان هما:

ضواغط الإزاحة الإيجابية **Positive Displacement Compressors**: يتم من خلالها احتواء كمية متعاقبة من الهواء التي يتم رفع ضغطها عن طريق آلية لتقليل حجم الغرفة التي تحتوي الهواء. وهي الأكثر استخداماً.

ضواغط الطرد المركزي **Dynamic Compressors**: ضواغط دوارة تضغط الهواء عن طريق تسريعه بسرعة عالية بواسطة ريش بتصميم معين.

وتصنف أيضاً حسب عدد المراحل اللازمة لرفع الضغط فمنها ضواغط بمرحلة واحدة ومنها ضواغط متعددة المراحل. وفي الضواغط متعدد المراحل لابد من تبريد الهواء بين كل مرحلتين لضغط لتبريد الحرارة الناتجة عن انضغاط الهواء.

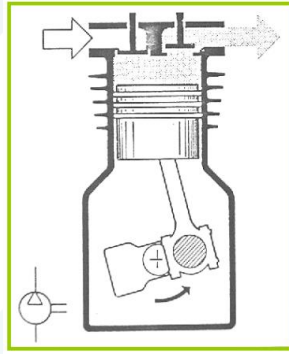
الضواغط المكبسية **Piston Compressor**:

وهي الأكثر شيوعاً في الاستخدام الصناعي وتتوفر بأنواع ومقاسات مختلفة. وهي قادرة على ضغط الهواء حتى 12 بار لأحادي المرحلة وحتى 140 بار للمتعدد المراحل وتؤمن تدفق هواء من 0.02 إلى 600 متر مكعب /الدقيقة. أما الوحدة المتوسطة فتؤمن حوالي 0.8 متر مكعب /الدقيقة.

من عيوبها الضوضاء والاهتزاز بالمقارنة مع الضواغط الدوارة Rotary والحلزونية Screw الريشية Vane.

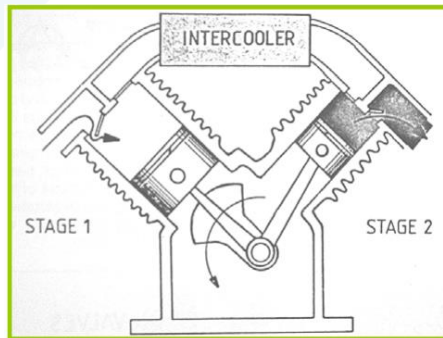
طريقة عمل الضاغط المكبسي:

يوجد مكبس يتحرك ضمن اسطوانة لها فتحة سحب وفتحة طرد. في شوط السحب يتحرك المكبس للأسفل ويسحب الهواء من فتحة السحب ليملأ الاسطوانة في نهاية الشوط يعود المكبس للأعلى فيضغط الهواء حيث فتحة السحب وفتحة الطرد مغلقة. يصل الضغط داخل الاسطوانة لقيمة قادرة على فتح صمام الطرد فيطرد الهواء للدورة النيوماتية. يبين الشكل (17) طريقة عمل الضاغط المكبسي.



الشكل (17) طريقة عمل الضاغط المكبسي ورمزه

عندما نحتاج ضغط كبير نحتاج مرحلة إضافية للضاغط أو لمراحل متعددة. يبين الشكل (18) ضاغط بمرحلتين حيث يوجد مكبس كبير لتشكل النسبة الكبيرة من الضغط ومكبس صغير لتشكل المتبقي للوصول للضغط العالي. وبين المرحلتين يوجد ممر يبرد الهواء عندما يمر من خلاله لتقليل حجمه وسهولة ضغطه من جديد.

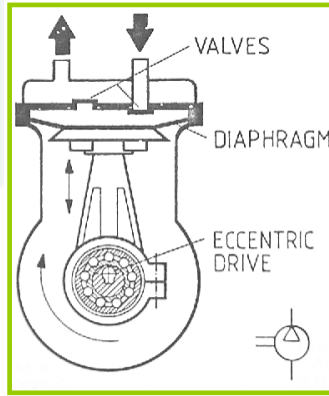


الشكل (18) الضاغط المكبسي بمرحلتين

في الضواغط المعتمدة على مكابس يتم انتقال زيت للهواء المضغوط ناتج عن تزييت المكابس والاسطوانات وبقية الأجزاء الميكانيكية للضاغط. ويعتبر ذلك غير مناسب لعدد من التطبيقات الغذائية والكيميائية وتجهيزات المشافي. لذلك يصنع ضواغط منتجة لهواء خالي من الزيت.

الضواغط المنتجة لهواء خالي من الزيت:

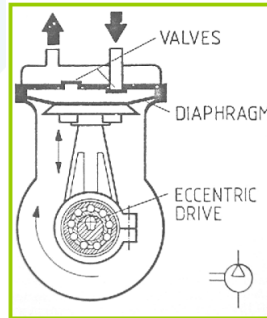
وهذا النوع من الضواغط هو ضواغط ترددي ولكن باستبدال المكبس بغشاء متذبذب يفصل داخل المحرك عن الهواء المضغوط. بالتالي يخرج هواء مضغوط من غير زيت مختلط. يستخدم في التطبيقات التي لا تحتمل وجود زيت في الهواء كالصناعات الغذائية والكيمائية والمستشفيات.



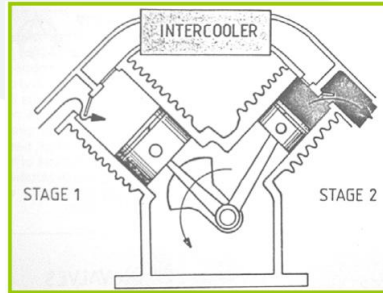
الشكل (19) ضاغط ذو غشاء متذبذب Diaphragm Compressor

أسئلة تقويمية:

- ماذا يمثل الشكل التالي و اشرح مبدأ العمل:



- للضواغط قسمان ما هما و اشرح بشكل مبسط؟
- اشرح طريقة عمل التجهيزة الموجودة في الشكل التالي وما الفائدة منها.



- عدد وظائف صمامات التحكم الاتجاهية بالهواء المضغوط؟
- اشرح آلية تشغيل الصمامات في الأشكال التالية؟

