المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

ميكانيكا إنتاج

أساسيات تحكم

٢١٤ميك

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " التحكم النيوماتي و الهيدروليكي (نظري)" لمتدربي قسم" ميكانيكا إنتاج " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

أساسيات تحكم

أساسيات نظم التحكم

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الفصل الأول

أساسيات نظم التحكم

١ -١ مقدمة عن التحكم

١ -١ -١ ما معنى التحكم ؟

لاحاجة للإسهاب حول الأهمية القصوى للتحكم الأوتوماتيكي وهندسة التحكم في عالمنا الصناعي المعاصر. فأنظمة التحكم مطلوبة في جميع مجالات التطبيقات التكنولوجية.

هناك عدة تعريفات يمكن إيرادها للتحكم الأوتوماتيكي ليتضح لك ماهيته وأهميته. فمن الممكن تعريف نظام التحكم بأنه " نظام للتحكم بالطاقة الكبيرة بواسطة طاقة أصغر"، أو هو النظام الذي يقوم بتحديد، و بشكل أوتوماتيكي، كيفية عمل آلة. و يعرف التحكم أيضا بأنه العملية التي يتم فيها بواسطة مدخلات معينة التحكم بمخرجات تحدد كيفية عمل منظومة تكنولوجية. والتحكم في مكنة ما هو التشغيل و الإيقاف والتحكم في كيفية وتسلسل عمليات التشغيل.

١ -١ -٢ مكونات نظام التحكم

يتكون نظام التحكم الآلي في الغالب من المكونات التالية:

١ - المجسات ووسائل القياس والمفاتيح (مصدر الإشارات الداخلة) أو مدخلات جهاز التحكم
٢ - جهاز التحكم بما يحويه من معالجات للإشارات الداخلة.
٣ - مخرجات التحكم (الإشارات الخارجة من المعالج).
٤ - عناصر التحكم النهائية (العناصر المتممة لعملية التحكم).

يقوم نظام التحكم في عملية أو آلة معينة بمراقبة الأداء عن طريق القياس أو الكشف عن متغيرات معينة ومنها الكشف عن الخطأ عن طريق مقارنة القيمة المقاسة أو الوضع الحالي بقيمة مطلوبة أو وضع مفترض وهذا هو الجزء الخاص بالمجسات ووسائل القياس. بالإضافة إلى ذلك تعمل المفاتيح بمختلف أنواعها لتشكل مدخلات نظام التحكم.

يستجيب جهاز التحكم لكل المدخلات ويقوم تبعا لعلاقات منطقية ورياضية محددة بإنتاج رد الفعل المطلوب وعلى شكل إشارات ميكانيكية أو كهربائية أو نيوماتية أو هيدروليكية كما سترى لاحقا. ترسل الإشارات إلى عناصر تحكم وهي عبارة عن محثات تحدث الأثر المطلوب من جهاز التحكم مثل إقفال أو فتح بوابة أو تحريك جسم أو تشغيل جهاز.

١ -١ -٣ أنواع التحكم الآلي

هناك ثلاث طرق أساسية للتحكم ونقل القدرة: الكهربائية، الميكانيكية و قدرة الموائع. في أغلب التطبيقات الفعلية يتم استخدام الطرق الثلاث مجتمعة ولكن حتى تستخدم الطريقة المثلى لتطبيق معين يجب التعرف على إيجابيات وسلبيات كل منها. مثلا يمكن للموائع نقل القدرة لمسافات أطول من الطرق الميكانيكية ولكن وبلا شك أن النقل للقدرة لمسافات طويلة يفضل بواسطة الطرق الكهربائية. وتوفر المحركات الميكانيكية والهيدروليكية (قدرة الموائع -سائل) قوة أعلى من المحركات الكهربائية والمحركات النيوماتية (قدرة الموائع -غاز). وتوفر محركات قدرة الموائع حركة خطية أسهل من المحركات الميكانيكية. يجب عند اختيار نظام تحكم مراعاة الاختلاف بين الطرق المختلفة في المجالات الفنية والاقتصادية.

١ -١ -٤ قدرة الموائع

قدرة الموائع هي التكنولوجيا التي تتعامل مع الإنتاج والتحكم والنقل للطاقة باستخدام الموائع المضغوطة. أنظمة التشغيل والتحكم النيوماتية والهيدروليكية تعمتد في تشغيلها على ضغط المائع والقوة الناشئة عن ذلك الضغط والتي يمكنها أن تقوم بتحريك الأجزاء الميكانيكية في المنظومات الهندسية التطبيقية. ومن أمثلة ذلك المكابس الهيدروليكية والروافع و المعدات الثقيلة وأنظمة المكابح والتوجيه بالمركبات.

في مجال التصنيع، والذي يهمنا بالدرجة الأولى في دراستنا لهذا المقرر، للأنظمة النيوماتية والهيدروليكية تطبيقات عديدة في تشغيل مكائن التصنيع والتحكم في عمليات التصنيع ومناولة وفرز وتعبئة المواد والتحكم في تسلسل عمليات خطوط الإنتاج. تستعمل قدرة الموائع كذلك في صناعة تجميع السيارات ومختلف الأجهزة و المكنات الثقيلة.

رغم وجود العديد من الموائع المستعملة، لكنه من الناحية العملية، نجد أن المائعين الشائعي الاستعمال هما: الزيت و الهواء المضغوط. فالنظام المائعي (Fluid System) الذي يعمل بالزيت يسمى '**نظام هيدروليكي**' و النظام الذي يعمل بالهواء المضغوط يسمى '**نظام نيوماتي**'. كما أن التحكم الذي يستخدم نظام هيدروليكي يسمى **التحكم الهيدروليكي** و التحكم الذي يستخدم نظام نيوماتي يسمى **التحكم النيوماتي**.

١ -٣ التحكم النيوماتي

تعرف النيوماتية (النيوماتيك) (Pneumatics) بأنها علم يبحث في الهواء المضغوط واستخدامه في نقل وتحويل القوة ومضاعفتها لتشغيل الأنظمة الصناعية والمعدات والأجهزة والتحكم في أداءها وفقا لإشارات تحكم خارجية (مفاتيح، مجسات .....). يتكون نظام التحكم النيوماتي من الأجزاء الأساسية التالية:

١. ضاغط لضغط الهواء
٢. محرك كهربائي كمصدر قدرة لتشغيل الضاغط
٣. خزان لتخزين الهواء المظغوط
٤. صمامات للتحكم بالاتجاه والضغط وكمية التدفق
٥. محث (محرك) لتحويل طاقة الهواء المضغوط إلى قوة ميكانيكية أو عزم ينتج عنه شغل قد يكون عنصر العمل أسطوانة لتوفير الحركة الخطية أو محرك نيوماتي لتوفير الحركة الدائرية.
٦. أنابيب وخراطيش لنقل الهواء المضغوط بين أجزاء نظام التحكم المختلفة

يستخدم التحكم النيوماتي في العديد من العمليات الصناعية و نذكر منها ما يلي:

ا - مناولة المواد

- التثبيت (Clamping)
- النقل (Shifting)
- تحديد الموضع (Positioning)
- التوجيه (Orienting)

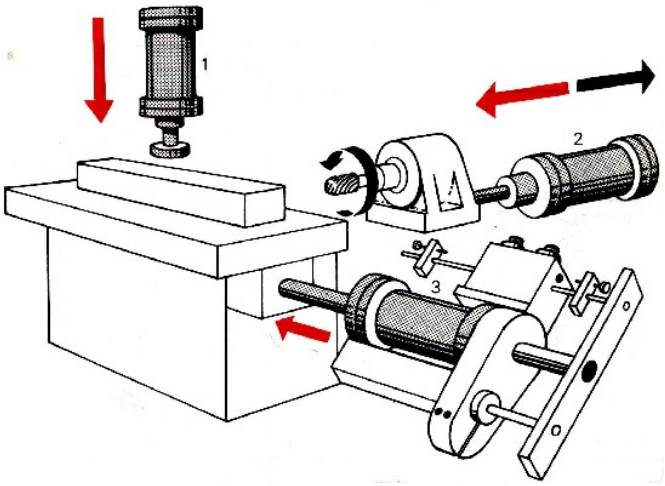
ب - تطبيقات الفرز والتعبئة الصناعية

- التعبئة (Packaging)
- التغذية (Feeding)
- المعايرة والقياس (Metering)
- التحكم في البوابات (Doors Control)
- قلب القطع (Turning and Inverting of Parts)
- فرز القطع (Sorting of Parts)
- تكديس الأجزاء (Stacking of Components)
- ختم الأجزاء (Stamping and Embossing of Components)

ج - عمليات التصنيع و التشغيل مثل:

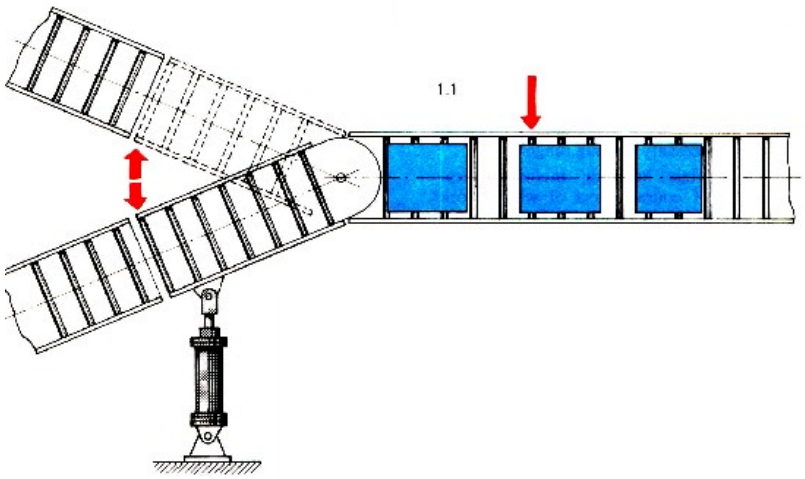
- الثقب (Drilling)
- الخراطة (Turning)
- التفريز (Milling)
- النشر (القطع بالمنشار) (Sawing)
- التشطيب (Finishing)
- التشكيل (Forming)
- ضبط الجودة (Quality Control)

المرجع (١) يعرض أمثلة تطبيقية عديدة لاستخدامات النظم النيوماتية في المجالات الصناعية المختلفة المذكورة أعلاه. الشكلان ١ -١ و ١ -٢ يظهران مثالين لاستخدام التحكم النيوماتي في التصنيع و مناولة المواد. الشكل ١ -١ يمثل مكنة تفريز تعمل بالهواء المضغوط و تقوم في هذا المثال بإنشاء مجرى على سطح الشغلة. تتقدم الأسطوانة رقم 1 لتثبيت الشغلة على الطاولة بناء على تشغيل صمام التحكم يدويا أو بالقدم. بعد تثبيت الشغلة مباشرة، يشغل الصمام الذي يتحكم في الأسطوانة 2 لتتقدم هذه الأخيرة و تقوم بوضع أداة التفريز عند عمق معين يمثل عمق الشوط الأول من المجرى المطلوب تنفيذه. بعد ذلك يشغل الصمام الذي يتحكم في أسطوانة 3، لتتقدم هذه الأخيرة من أجل إنشاء المجرى. و هكذا تتوالى عمليات التشغيل من خلال صمامات ومكابس الأسطوانات التي تقوم بالتثبيت والتشغيل وفق تتابع يمكن من تنفيذ الأعمال المطلوبة.



شكل ١ -١ مكنة تشغيل خاصة لتفريز

الشكل ١ -٢ يبين مثالا في مناولة المواد. تتقدم المواد فوق ناقل رئيسي ثم يتم توزيعها على ناقلين فرعيين عند وصولها إلى نقطة تحويل على شكل Y. تتقدم الأسطوانة وتتراجع بشكل متواصل لتدفع أو تسحب وصلة من المجرى. توصل المجرى الأساسي بأحد الفرعين حسب الطلب. تشتغل الأسطوانة المحركة لوصلة المجري بالهواء المضغوط و يتحكم فيها من خلال صمام توجيهي رئيسي.



شكل ١ -٢ نقطة تحويل على مجرى

١ -٤ التحكم الهيدروليكي

تعرف الهيدرولية (الهيدروليكا) Hydraulics بأنها علم يبحث في السوائل المضغوطة واستخدامها في نقل وتحويل القوة ومضاعفتها لتشغيل الأنظمة الصناعية والمعدات والأجهزة والتحكم بها وفق إشارات تحكم خارجية (مفاتيح، مجسات.....). تتشابه مكونات نظام التحكم الهيدروليكي مع النيوماتي المذكور أعلاه غير أن الضاغط يستبدل بمضخة لضخ الزيت.

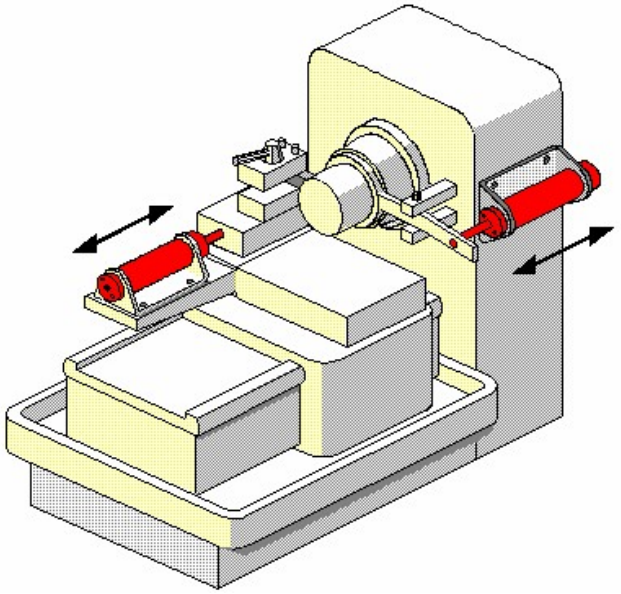
تنقسم النظم الهيدروليكية إلى صنفين أساسين:

- النظم الهيدروليكية الثابتة (Stationary Hydraulics)
- النظم الهيدروليكية المتحركة (Mobile Hydraulics)

تتحرك النظم الهيدروليكية المتحركة فوق عجلات أو خطوط نقل و غالبا ما يكون لها أنظمة تحكم يدوية التشغيل داخل كبينة قيادة وتشغيل. أما النظم الهيدروليكية الثابتة تبقى ثابتة في مكان واحد كأن تكون عند نقطة معينة على خط إنتاج. كما أن هناك استخدامات أخرى للنظم الهيدروليكية في مجالات الهندسة البحرية و الطيران و التعدين (Mining).

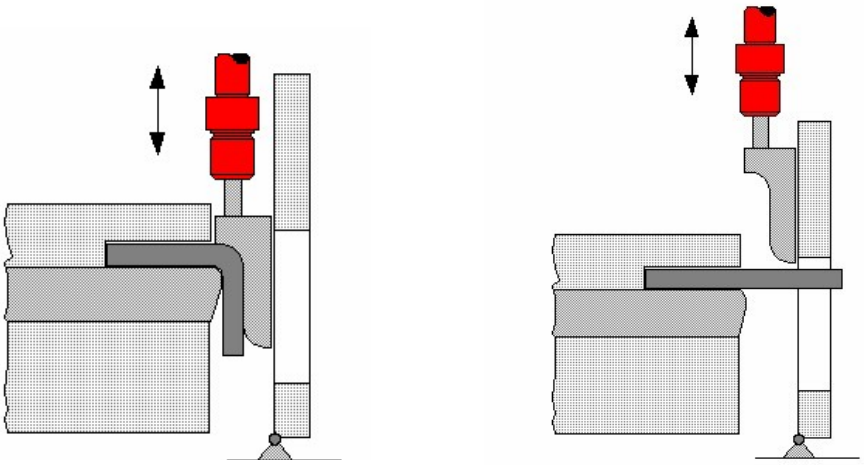
أ. النظم الهيدروليكية الثابتة

تشبه تطبيقات التحكم الهيدروليكي الثابت تطبيقات التحكم النيوماتي المذكورة أعلاه مع أن هناك اختلاف في التطبيقات تتطلبه طبيعة التحكم المطلوب. حيث إن هناك اختلاف بين هذان النوعان من التحكم لكونهما يعملان بوسطين مختلفين (السوائل والغازات) سيتم التطرق لهما لاحقا في هذا الفصل. الشكل ١ -٣ يبين مكنة خراطة تشتغل بنظام التحكم الرقمي المبرمج (CNC). في هذا المثال تثبت العدة و الشغلة من خلال اسطوانتين هيدروليكيتين بحيث يمكن التحكم في تقدم العدة و دوران المبرم (spindle) هيدروليكيا.



شكل ١ -٣ مكنة خراطة تشتغل بنظام CNC

يبين الشكل ١ -٤ مكنة تشكيل ذات أسطوانة واحدة. بعد تثبيت الشغلة يدويا على الطاولة يتقدم مكبس الأسطوانة الهيدروليكية لتشكيلها و يمكن تثبيت الشغلة من خلال أسطوانة هيدروليكية ثانية كما يمكن القيام بعمليات تشكيل عديدة على نفس الشغلة باستعمال العديد من الاسطوانات.

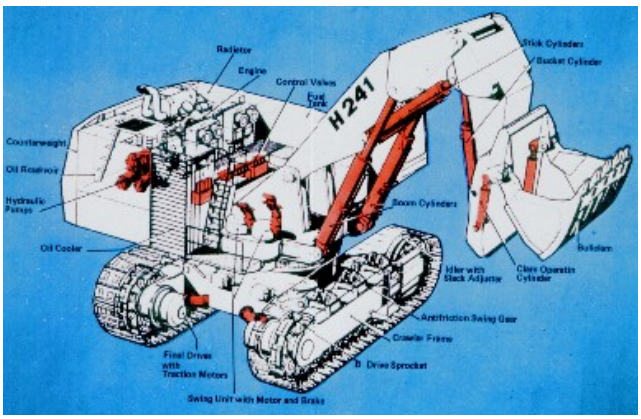


شكل ١ -٤ مكنة تشكيل

ب. النظم الهيدروليكية المتحركة:

تسمى هذه النظم المعدات الثقيلة وتستخدم في مجال الإنشاءات المدنية ومنها الخلاطات، مضخات الخرسانة، قلابات و فرادات الإسفلت، الحفارات.

يبين الشكل ١ -٥ معدة ثقيلة تعتمد على الأنظمة الهيدروليكية في التشغيل والتحكم حيث يوفر ضغط الزيت داخل الاسطوانات، كما سنرى لاحقا، مصدر الطاقة المنفذة للشغل الميكانيكي المطلوب.



شكل ١ -٥ معدات ثقيلة

١ -٥ مقارنة الأنظمة النيوماتية و الهيدروليكية

يمكن للنظام الهيدروليكي، لكونه يستخدم السوائل وغير القابلة للانضغاط، نقل الطاقة بصلابة و توفير قوى عالية لتحريك الأحمال بدقة متناهية. في المقابل ولكون الهواء قابل للانضغاط فإن الأنظمة النيوماتية تظهر خصائص اسفنجية أثناء العمل. لكن من إيجابيات الأنظمة النيوماتية أنها أقل تكلفة في الإنشاء و التشغيل من الأنظمة الهيدروليكية.

١ -٦ مقارنة الأنظمة النيوماتية و الهيدروليكية بالأنظمة الميكانيكية

تتميز الأنظمة النيوماتية والهيدروليكية في التشغيل والتحكم عن الأنظمة الميكانيكية بخصائص منها:

١ - البساطة حيث عدم الحاجة للتروس والكامات والروافع
٢ - إيصال القدرة إلى نقاط بعيدة عن مصدرها من خلال أنابيب وتوصيلات بسيطة
٣ - قلة الاهتزازات والصدمات
٤ - التزييت الذاتي لأجزاء النظام المتحركة
٥ - سهولة التحكم بالعمليات التسلسلية
٦ - سهولة التشغيل والصيانة

الفصل الثاني

القوانين الفيزيائية الأساسية

٢ -١ مصطلحات أساسية

تتواجد المواد في ثلاث حالات هي **الصلبة والسائلة والغازية.** تتميز المواد الصلبة بمقاومة القوى المؤثرة عليها فتحافظ على شكلها الأصلي ما لم تصل تلك القوى إلى حد معين يختلف من مادة إلى أخرى وعند تجاوزه تبدأ المادة في التشكل تحت تأثير تلك القوة بينما ليس للسوائل والغازات والتي تسمى **الموائع** القدرة على الحفاظ على الشكل الأصلي تحت تأثير أي قوى خارجية.

يتخذ السائل دائما شكل الوعاء الذي يحتويه ابتداء من الأجزاء السفلية للوعاء وحسب كمية السائل بالنسبة لحجم الوعاء. أما الغاز فإنه ينتشر في كامل الوعاء و بالتالي يكون له حجما مساويا لحجم الوعاء الحاوي له.

الضغط: يعرف الضغط (P) بأنه القوة (F) المؤثرة على وحدة المساحة العمودية عليها،(A) ، يمكن حسابه من العلاقة:

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

وحدة الضغط هي: [Pascal, Pa] $1Pa = 1\ N/m^2,\ 1bar = 100000N/m^2 = 10^5Pa$

وحدة القوة هي: [Newton, N] $1N = 1kg.m/s^2$

وحدة المساحة هي: $[m^2]$

هناك عدة تعبيرات للضغط كما يلي:

١ - **الضغط الجوي** (P_{amb}) Atmospheric Pressure: هو الضغط الناتج عن وزن عمود الهواء الجوي على وحدة المساحة عند مستوى سطح الأرض و الضغط الجوي المعياري (عند سطح البحر) يساوي ٧٦٠ مليمتر من الزئبق وهو ($1.0332\ kg/cm^2$) أي ($1.013\ bar$) و بالنظام الإنجليزي ($14.7\ lb/in^2$) أي ($14.7\ psi$).

يسمى ضغط الهواء الجوي في مكان معين الضغط البارومتري $P_{amb.}$ (barometric pressure): و هو ضغط الهواء الجوي كما يبينه بارومتر (جهاز قياس الضغط الجوي) مبينا بمليمترات من الزئبق. ويتفاوت مع مقدار ارتفاع أو انخفاض ذلك المكان عن منسوب سطح البحر.

٢ - **الضغط المطلق** (absolute pressure): الضغط الحقيقي فوق الصفر المطلق، وهو حاصل جمع الضغط البارومتري و الضغط الذي تحدثه وسائل أخرى فوق أو تحت الضغط الجوي.

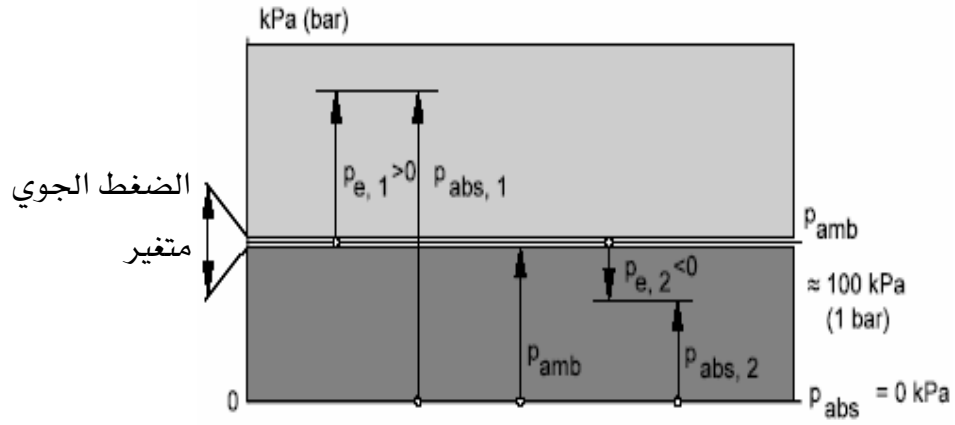
٣ - **الضغط المقاس** (P_e) Gauge Pressure: و هو ضغط الناتج عن تأثير لسائل أو غاز معين على سطح ما خلاف الضغط الجوي ولأننا نعيش تحت ضغط الهواء الجوي دائما ولا يمكن عزله فإننا نعرف الضغط المقاس بالفرق بين الضغط المطلق و الضغط الجوي (البارومتري).

إذا كان الفرق أعلى من الصفر يسمى الضغط المقاس زائدا(أي زائدا على الضغط الجوي) (Excess Pressure ($P_e > 0$)) أما إذا كان أقل من الصفر فيسمى الضغط السلبي أو ضغط التفريغ (Vacuum Pressure ($P_e < 0$)).

الضغط المطلق (P_{abs}) = **الضغط المقاس** (P_e) + **الضغط الجوي** (P_{amb})

علما بأن الضغط على الجدران الداخلية لوعاء مفرغ تماما من الهواء يساوي الصفر المقاس 0 bar.

يبين الشكل ١ -٦ العلاقة بين الضغوط الثلاثة السابقة. وعادة يستخدم الضغط المقاس (P_e) في التعبير عن الضغوط المستخدمة في الدوائر النيوماتية و الهيدروليكية.



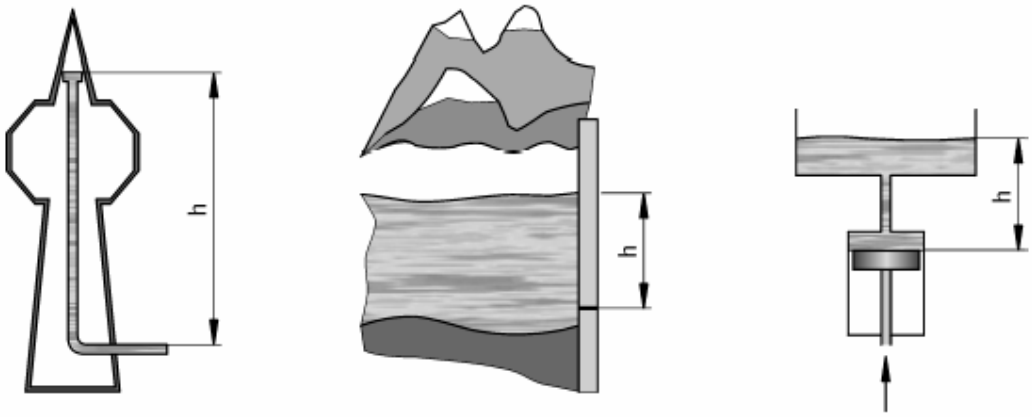
الشكل (١ -٦) العلاقة بين الضغط الجوي
و الضغط المقاس و الضغط المطلق

٤ - **الضغط الهيدروستاتيكي** (P_s) Hydrostatic Pressure: هو الضغط الناشئ عن وزن عمود من السائل على قاعدة أو جدران الإناء الحاوي له كما في الشكل ١ -٧.و يمكن الحصول عليه من المعادلة:

$$P_s = \rho . g . h$$

حيث إن:

- P_s: الضغط الهيدروستاتيكي [Pascal, Pa].
- ρ: كثافة السائل [kg/m^3].
- g: عجلة الجاذبية الأرضية [m/s^2].
- h: ارتفاع السائل المقاس عنده الضغط [m]
-



الشكل ١ -٧ الضغط الهيدروستاتيكى

مثال ١:

تزود أسطوانة بضغط يساوي 100 bar من جهة واحدة. مساحة الأسطوانة تساوي $7.85\ cm^2$.
ما هي أقصى قوة تؤثر على مكبس تلك الأسطوانة ؟

الحل:

$$P = 100\ bar = 1000\ N/cm^2$$
$$A = 7.85\ cm^2$$
$$F = P . A$$
$$F = \frac{1000N \cdot 7.85cm^2}{cm^2}$$
$$F = 7850N$$

مثال ٢:

منصة رفع تحمل جسما زنته 15 000 N.

ما هي مساحة المكبس A المطلوبة إذا كان الضغط المتوفر في الرافعة يساوي 75 bar؟

الحل:

$$F = 15000N$$
$$P = 75\ bar = 75.\ 10^5\ Pa$$
$$A = \frac{F}{P}$$
$$= \frac{15000N}{75 \cdot 10^5 Pa}$$
$$= 0.002\ \frac{N \cdot m^2}{N}$$
$$A = 0.002m^2 = 20cm^2$$

٥ - **معدل التدفق:** عندما تسري كمية من المائع m (kg) في وحدة زمن t (sec.) خلال أنبوب مساحة مقطعه A (m^2)، معدل تدفق الحجم Q يساوي:

$$Q = \frac{m}{t \times \rho}$$

حيث إن:

- ρ: الكثافة [kg/m^2]
- m: الكتلة [kg]
- t: الزمن [sec]

سرعة السريان V(m/s) تساوي: $V = \frac{Q}{A}$

٢ -٢ مبدأ الاستمرارية (Continuity principle)

و حيث أن المادة محفوظة فإذا تغير مقطع الأنبوب فإن السرعة تتغير بشكل عكسي ليحافظ على معدل تدفق ثابت:

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

$$V_2 = \frac{A_1}{A_2} \times V_1$$

٢ -٣ حفظ الطاقة

نظرا لأن الأسطوانات النيوماتية تقوم بتحويل طاقة الضغط إلى طاقة حركية فإن من المهم التطرق لقانون حفظ الطاقة والذي ينص على أن ((الطاقة محفوظة ولا تفنى بل تتغير من شكل إلى آخر. ومجموع الطاقة في منظومة معزولة يبقى ثابتا)).

وشكلي الطاقة التي تعنيننا هنا هما طاقة الشغل الميكانيكي وطاقة الضغط حيث تقوم الأسطوانات والمكابس بتحويل طاقة الضغط في الهواء المضغوط إلى شغل ميكانيكي.

القوة الناشئة عن الضغط على أحد أوجه مكبس أسطوانة تساوي حاصل ضرب الضغط في المساحة المتعامدة عليه:

$$F = P \times A$$

حيث إن:

- القوة (نيوتن) $F[N]$
- الضغط (باسكال) $P[Pa]$
- المساحة (متر مربع) $A[m^2]$

الشغل بوحدة (الجول) و الذي يساوي (نيوتن x متر) $W[j \text{ or } N\text{-}m]$

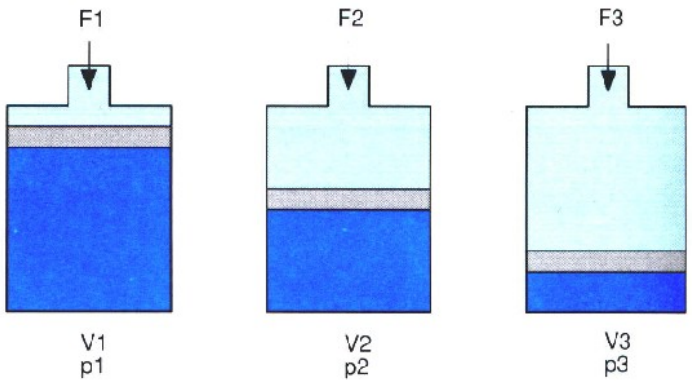
المسافة التي تحركت بها القوة F بوحدة المتر $d\ [m]$

$$W = F \times d$$

٢ -٤ خواص الغازات

يعطي قانون بويل و ماريوتس (Boyle-Mariottes Law) العلاقة بين الضغط والحجم لكتلة معينة محصورة داخل أسطوانة ومكبس وعند درجة حرارة ثابته. وينص على أنه ولكتلة ثابتة من الهواء عند درجة حرارة ثابتة يكون حاصل ضرب الضغط و الحجم ثابت. أي:

$$P_1 \text{ x } V_1 = P_2 \text{ x } V_2 = P_3 \text{ x } V_3 = \text{Constant}$$



الشكل ١ -٨

مثال ٣:

يسحب ضاغط هواء من المحيط ويضغطه إلى $\frac{1}{7}$ من حجمه الأصلي. احسب الضغط المقاس P_e للهواء إذا تمت عملية الضغط تحت درجة حرارة ثابتة.

الحل:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{7}$$

$$P_1 = P_{amb} = 100\text{kPa} = 1\text{bar}$$

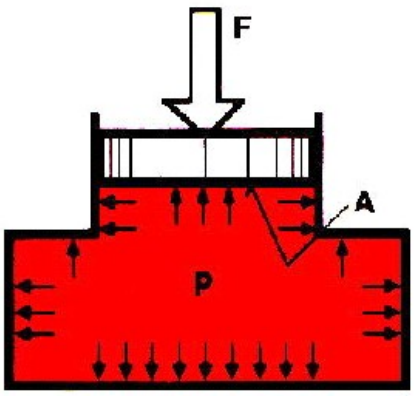
$$P_2 = 1 \times 7 = 700\,\text{kPa} = 7\text{bar}$$

$\mathbf{P_2}$ = ضغط مطلق

$$P_e = P_{abs} - P_{amb} = (700 - 100)\text{kPa} = 600\text{kPa} = 6\text{bar}$$

٢ -٥ نقل قدرة الموائع

قانون باسكال Pascal's Law: إن الضغط عند أي نقطة في مائع محصور مساويا تقريبا للضغط عند أي نقطة أخرى وفي جميع الاتجاهات (الشكل ١ -٩). ليس هناك تأثيرا لشكل الوعاء الحاوي للمائع



الشكل ١ -٩

مثال ٤: الرافعة الهيدروليكية

تتكون الرافعة الهيدروليكية بشكل أساسي من اسطوانتين لهما قطرين أحدهما صغير مقارنة بالآخر (انظر الشكل ١ -١٠). إذا فرضنا أن مساحة مكبس الاسطوانه الأصغر A_1 ومساحة المكبس الآخر A_2. إذا بذلت قوة F_1 على مكبس الأسطوانة الأولى فإنه ينتج ضغط تحت المكبس P_1 يساوي:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

تنبيه: من عيوب هذا المكبس أن سرعة تحرك المكبس ١ يجب أن تكون عشرة أضعاف المكبس ٢ وعليه نكون ضاعفنا القوة على حساب سرعة الحركة.

لاحظ أن:

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} \qquad \text{و} \qquad P_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

عند توازن النظام واستنادا على قانون باسكال فإن الضغط في كل نقاط الزيت وفي كل الاتجاهات يتساوى:

$$P_1 = P_2$$

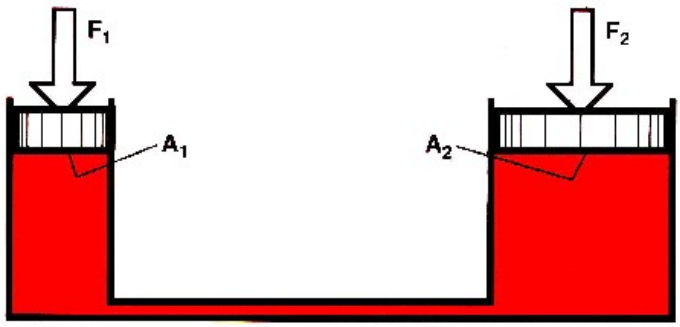
نستنتج المعادلة التالية:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

يمكن حساب F_1 و F_2 و A_1 و A_2 من المعادلة السابقة. مثلا، تحسب F_1 و A_2 كالتالي:

$$F_1 = \frac{A_1 \cdot F_2}{A_2} \qquad \text{و} \qquad A_2 = \frac{A_1 \cdot F_2}{F_1}$$

إذا كانت $\frac{A_2}{A_1}$ تساوي عشرة فإن F_2 تساوي عشرة أضعاف F_1 و هكذا نكون توصلنا إلى مضاعفة القوة عشرة أضعاف من خلال استخدام نظام هيدروليكي.



الشكل ١ -١٠ الرافعة الهيدروليكية

مثال ٥:

المطلوب رفع سيارة باستعمال الرافعة الهيدروليكية المبينة في الشكل ١ -١١. إذا كانت كتلة السيارة تساوي 1500 kg. احسب القوة F_1 اللازمة عند المكبس إذا كانت المساحتان A_1 و A2 كالتالي: $A_1 = 40cm^2$ و $A_2 = 1200cm^2$.

الحل:

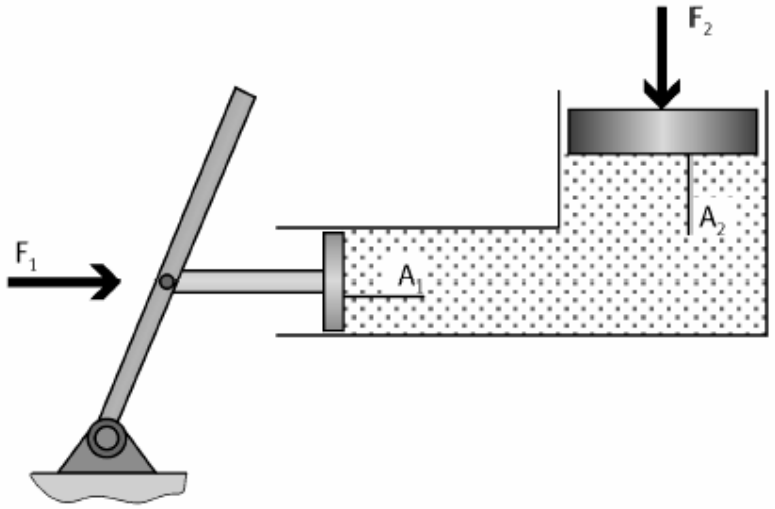
كتلة السيارة: $m = 1500kg$

القوة الناتجة عن وزن السيارة: $F_2 = m.g$

$$F_1 = \frac{A_1 \cdot F_2}{A_2}$$

$$F_1 = \frac{0.004m^2 \cdot 1500N}{0.12m^2}$$

$$F_1 = 500N$$



الشكل ١ -١١

٢ -٦ تمارين

التمرين الأول: ما هي القوة التي يمكن الحصول عليها من مكبس أسطوانة مساحة مقطعها $8\ cm^2$ إذا كان الضغط داخلها يساوي 200bar.

التمرين الثاني: اتضح أن القوة $F_1 = 500N$ المحسوبة في المثال ٤ في الفصل الثاني السابق عالية عند التشغيل اليدوي. احسب مساحة المكبس A_2 إذا كانت قيمة القوة المتوفرة F_1 تساوي 100N فقط.

التمرين الثالث: احسب الضغط الهيدروستاتيكي P_s عند قاعدة خزان يحوي سائلا كثافته $\rho = 1000kg$ و ارتفاعه $h = 15m$.

التمرين الرابع: يضغط هواء من حجم قيمته $V_1 = 0.8\ m^3$ إلى حجم $V_2 = 0.4\ m^3$. ما هي قيمة الضغط الجديدة P_2 إذا كان الضغط الأصلي يساوي $P_1 = 3\ bar$.

أساسيات تحكم

التحكم النيوماتي

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الفصل الثالث

أساسيات التحكم النيوماتي وإعداد الهواء المضغوط

٣ -١ مدخل

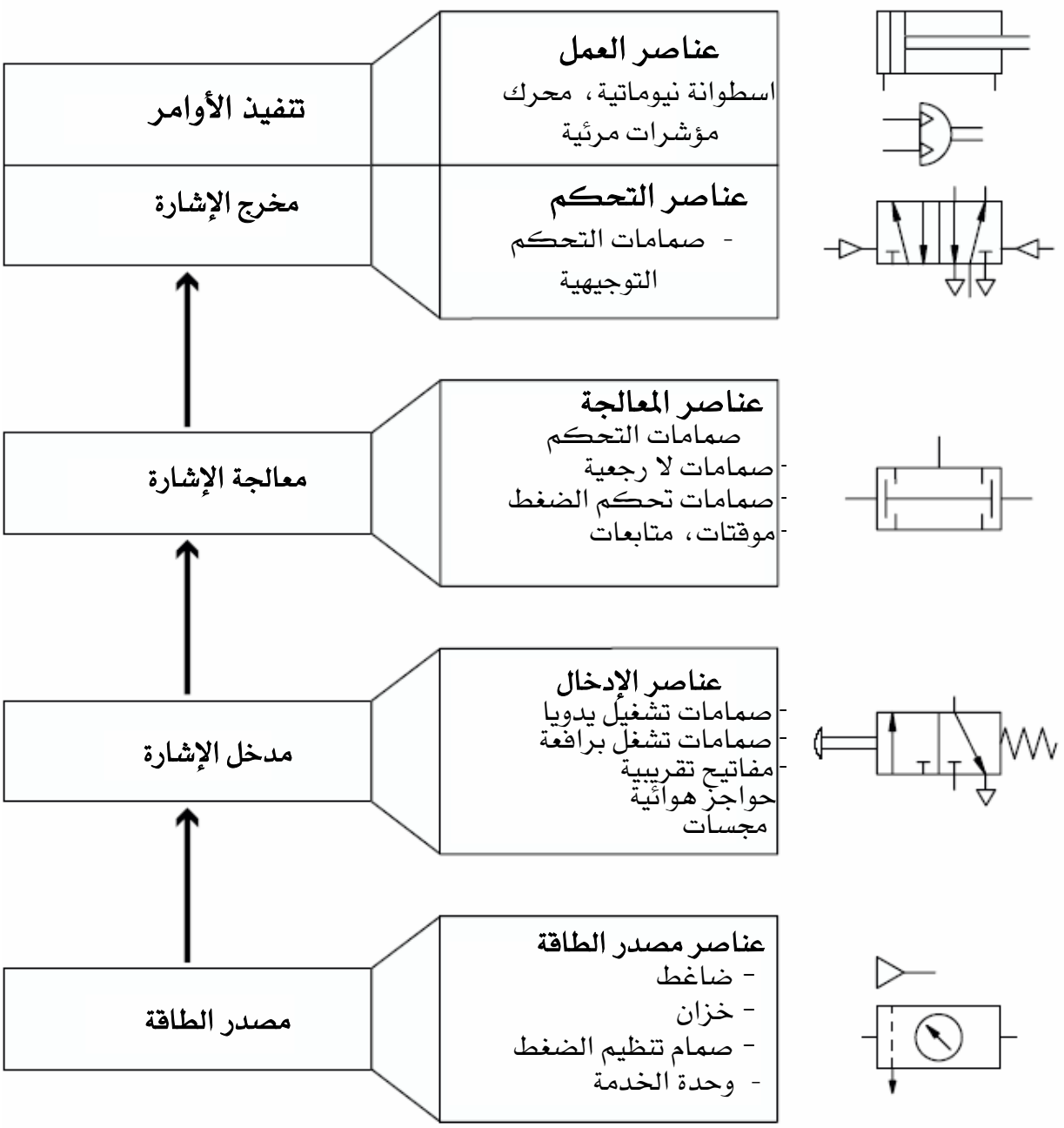
قدمنا في الفصل السابق بعض التطبيقات النيوماتية وفي هذا الباب نقدم مختلف العناصر المستعملة في التحكم النيوماتي. فبعد تقديم هيكل نظم التحكم و مثالا توضيحيا و مبسطا عن التحكم المباشر في أسطوانة أحادية الفعل نقدم إيجابيات و سلبيات استعمال الهواء المضغوط ثم نعطي طرق إنتاجه و توزيعه. كذلك نشرح أداء وحدة الخدمة التي تنقي الهواء و تضبط ضغطه. ثم يتم تغطية مختلف المشغلات (اسطوانات و محركات) و الصمامات (صمامات توجيهية، صمامات ضغط، صمامات خنق، صمامات لا رجعية...). وأخيرا نقدم طرق تصميم الدوائر النيوماتية مع أمثلة من الدوائر المستخدمة في الصناعة.

٣ -٢ هيكل نظم التحكم

تتكون الأنظمة النيوماتية من مجموعات مختلفة من العناصر المترابطة (الشكل ٢ -١ والشكل ٢ -٢). تشكل هذه المجموعة من العناصر مسار تدفق إشارة التحكم بدءا من قسم الإشارة (مدخل) مارا بعناصر المعالجة إلى عناصر التحكم (مخرج). تتحكم عناصر التحكم في عناصر العمل حسب الإشارة المستقبلة من عناصر المعالجة.

المكونات الاساسية في نظام التحكم هي:

- مصدر الطاقة Power source
- عناصر الإدخال (المفاتيح والمجسات Sensors)
- عناصر المعالجة (المعالجات Processors)
- عناصر التحكم Control elements
- عناصر العمل (المحثات Actuators)



الشكل ٢ -١ هيكل نظام التحكم النيوماتي

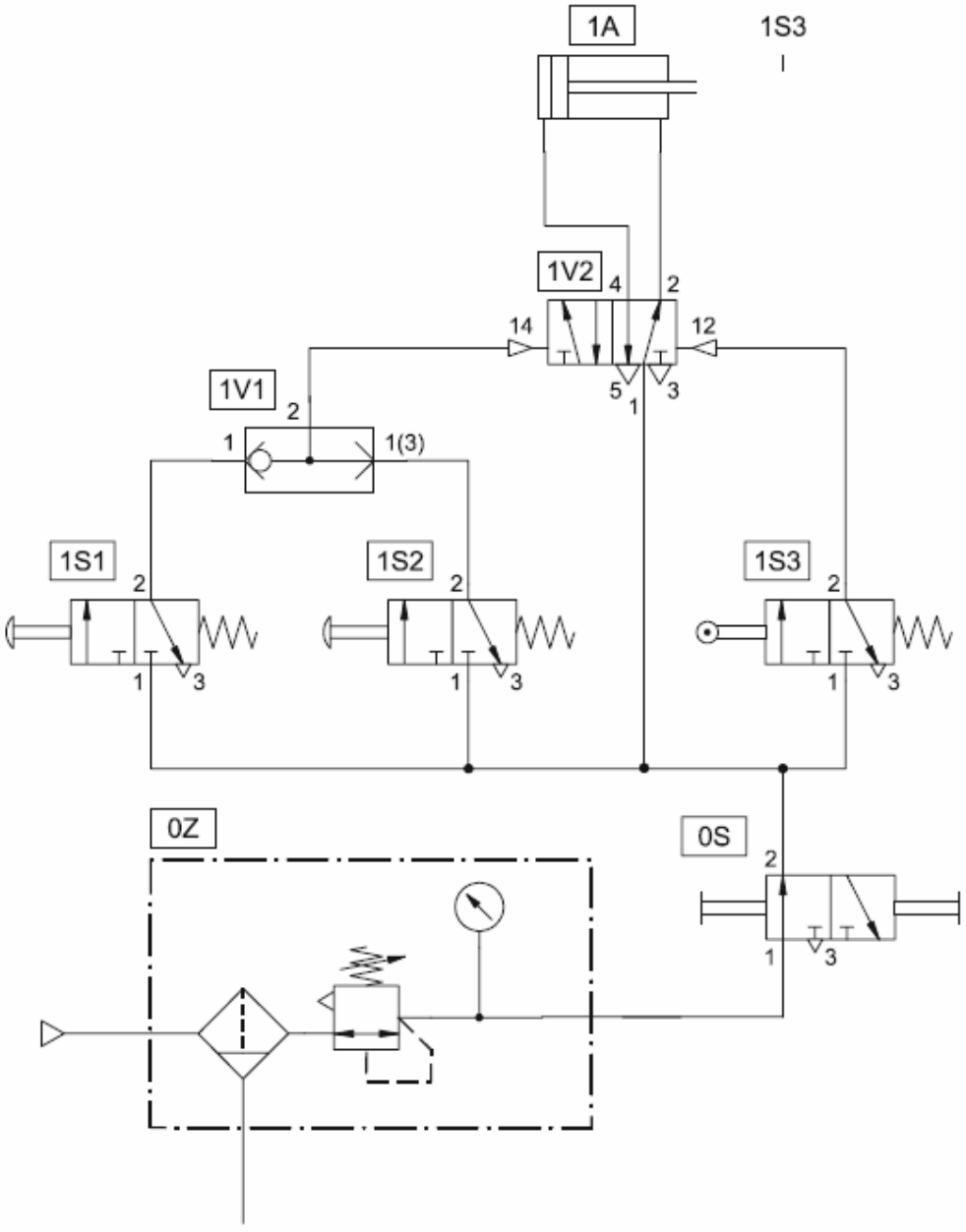
عنصر العمل

عنصر التحكم

عنصر المعالجة

عناصر الدخل

عناصر مصدر الطاقة

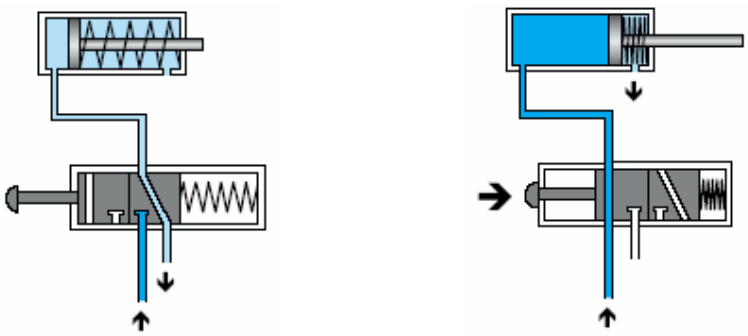


الشكل ٢ -٢ رسم تخطيطي لدائرة تحكم

مثال توضيحي: التحكم المباشر في الأسطوانة أحادية الفعل

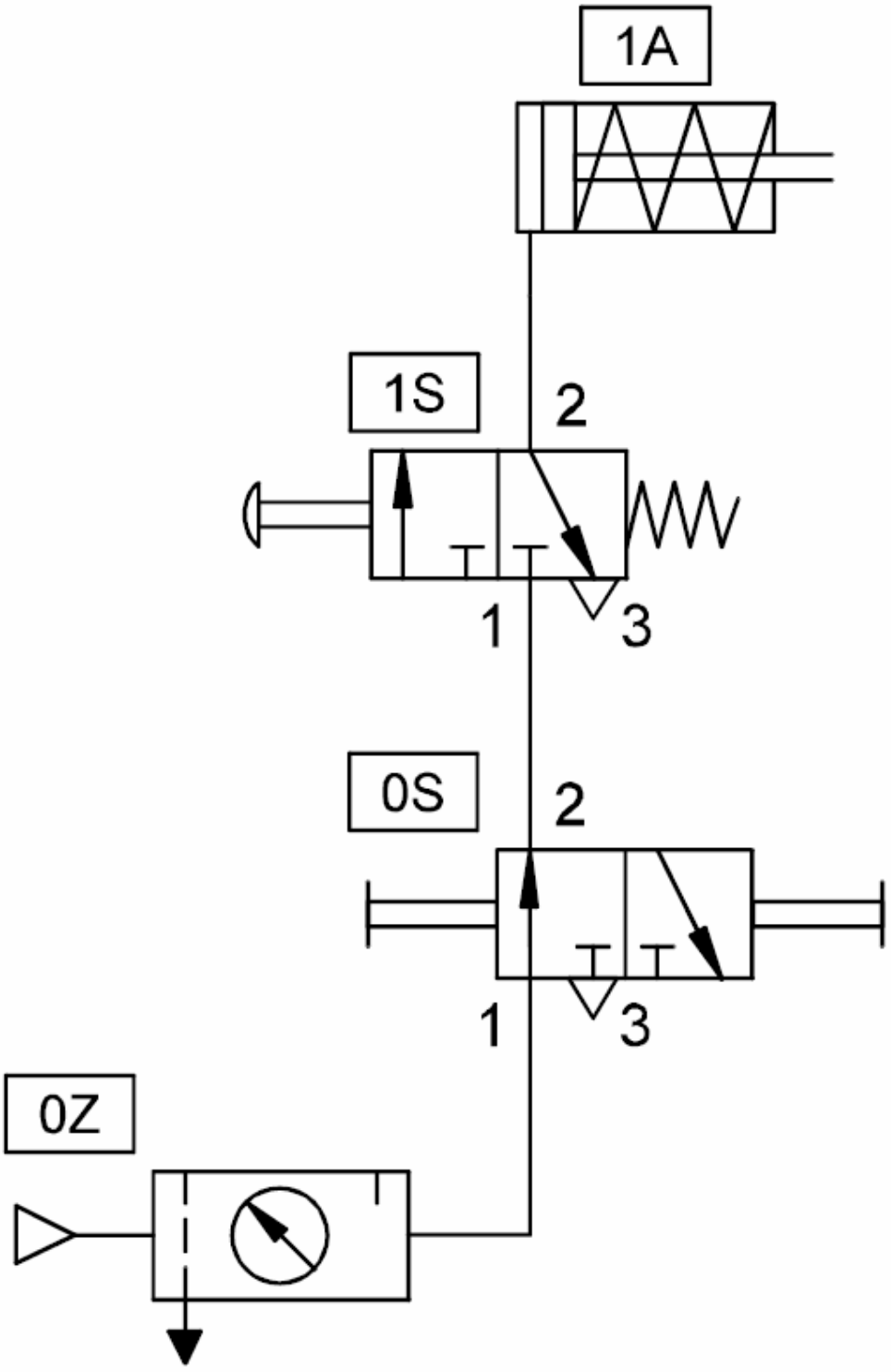
يبين الشكل ٢ -٣ طريقة التشغيل المباشر لأسطوانة أحادية الفعل بواسطة صمام ذا زر يدوي. يستعمل الصمام لتوجيه مسار تدفق الهواء ويمتلك هذا الصمام وضعين مختلفين. يكون الوضع الايسر هو القائم والذي يكون فيه مسار الهواء المضغوط مقفل والأسطوانة موصولة بمنفذ تصريف. إذا ضغط الصمام اليدوي يصبح الوضع الأيمن هو الموصول بالأنابيب وبالتالي يتدفق الهواء المضغوط داخل الأسطوانة دافعا المكبس ناحية الأيمن. إذا نظرت إلى الجهة الأخرى من الأسطوانة ستلاحظ منفذ تصريف إلى أسفل يمين الأسطوانة يتم من خلاله تصريف الهواء أثناء حركة المكبس (شوط التشغيل). عند تحرير الزر اليدوي سيعود صمام التحكم التوجيهي إلى وضعه الأصلي أي غلق الهواء المضغوط و عندها سيتراجع المكبس تحت تأثير الزنبرك (شوط الرجوع). لاحظ أن الجهة اليسرى من الأسطوانة موصلة من خلال الصمام إلى منفذ تصريف يسمح بتراجع المكبس.

١. الوضع العادي ٢. وضع التشغيل



الشكل ٢ -٣ التحكم المباشر في أسطوانة أحادية الفعل

يبين الشكل ٢ -٤ مثالا لمخطط دائرة تحكم نيوماتي في أسطوانة أحادية الفعل. عند الضغط على الزر يعبر الهواء المضغوط الصمام 1S من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 و يدخل حجرة مكبس الأسطوانة 1A. يتجمع ضغط الهواء ثم يدفع بالمكبس إلى الأمام ضد قوة زنبرك الاسطوانة. عند رفع اليد عن الزر، يرجع الصمام إلى وضعه العادي من خلال زنبركه و يرجع مكبس الاسطوانة. يرجع الهواء العادم من خلال فتحة الصرف 3. يشار إلى العناصر التي تبرز مرة واحدة في الدائرة بدون رقم ثاني. مثلا، توجد أسطوانة واحدة في الدائرة ويشار إليها باسم 1A. أضيف إلى الرسم هذه الدائرة وحدة الخدمة 0Z و صمام تشغيل و إيقاف 0S.



الشكل ٢ -٤ مخطط دائرة تحكم مباشر في أسطوانة أحادية الفعل

٣ -٣ إيجابيات و سلبيات استعمال الهواء

الايجابيات والخصائص المميزة للهواء المضغوط هي:

الوفرة	يتوفر الهواء فعليا في كل مكان وبكميات غير محدودة.
النقل	يمكن نقله بسهولة في خطوط الأنابيب ولمسافات طويلة.
التخزين	يمكن تخزين الهواء المضغوط في خزانات قابلة للنقل واستخدامه حسب الحاجة
درجة الحرارة	لا يتأثر بتذبذب درجة الحرارة وهذا يضمن تشغيلا مضمونا حتى تحت الظروف القصوى.
عدم القابلية للانفجار	لا ينتج عنه خطورة انفجار أو احتراق.
العناصر	العناصر المشغلة سهلة التركيب ورخيصة الثمن.
النظافة	الهواء الخارج وغير المزيت نظيف كما أنه يتسرب من النظام دون أن يتسبب في أي تلوث.
السرعة	الهواء المضغوط وسط عمل سريع و بالتالي يضمن تحقيق سرعة عمل عالية.
أمن زيادة التحميل	يمكن تحميل الأدوات والأجزاء النيوماتية إلى نقطة التوقف وبالتالي لا توجد خطورة زيادة تحميل.

لكي يتم تحديد مجالات تطبيقات التحكم النيوماتي لابد من التعرف سلبياته.

سلبيات استعمال الهواء المضغوط:

التحضير	الهواء يتطلب تحضيرا جيدا
الإنضغاط	ليس من الممكن دائما تحقيق حركة مكبس ثابتة ومنتظمة باستخدام الهواء المضغوط.
القوه	عند القوى العالية يكون الاستخدام غير اقتصادي.
مستوى الضوضاء	الهواء المطرود مصدر للضوضاء، استخدام خافضات الصوت يحل هذه المشكلة إلى درجة كبيرة.

٣ -٤ إنتاج و توزيع الهواء

من أجل أداء منتظم لنظم التحكم النيوماتية، يجب أن يكون الهواء:

- عند الضغط المطلوب
- نقي
- جاف

تبدأ عملية إنتاج الهواء المضغوط.باستعمال الضواغط، يمر الهواء المضغوط بعد ذلك سلسلة من المكونات قبل أن يصل إلى نظام التحكم النيوماتي. تحتوي مكونات إنتاج و إعداد الهواء على التالي:

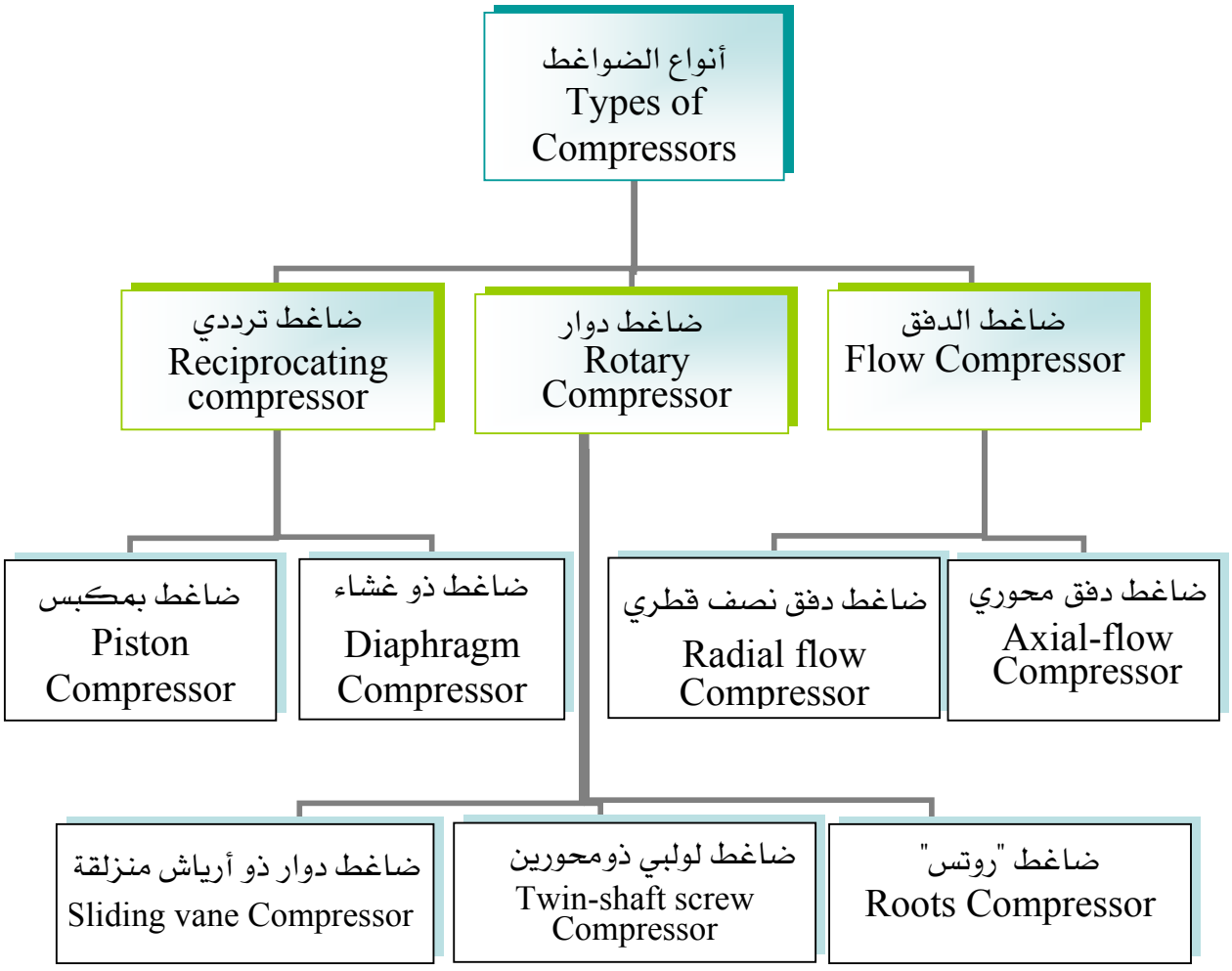
- مرشح الدخول
- ضاغط الهواء
- خزان الهواء
- مجفف الهواء
- مرشح الهواء بفاصل الماء
- مزيت
- نقاط صرف الماء

٣ -٤ -١ الضواغط Compressors :

الضاغط هو الة تقوم بضغط الهواء من ضغط دخول منخفض (الضغط الجوي عادة) إلى ضغط أعلى مطلوب. يتم تحقيق ذالك من خلال تخفيض حجم الهواء. ضواغط الهواء عامة إيجابية الإزاحة وهي إما ذات مكابس ترددية أولولب دوار أو ريش منزلقة دوارة.

يعتمد اختيار الضاغط من بين الأنواع المتوفرة على كمية الهواء والضغط المطلوبين، ومصدر الطاقة بالإضافة إلى عوامل أخرى كالتكلفة الابتدائية وتكلفتي التشغيل والصيانة وتوفرها.

يبين الشكل ٢ -٥ أنواع الضواغط المستعملة في الصناعة:



الشكل ٢ -٥ أنواع الضواغط

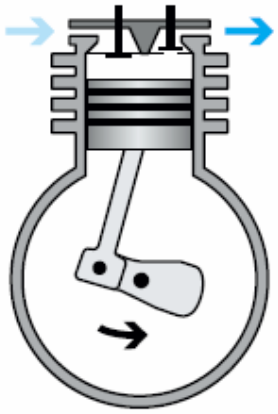
و في ما يلي شرح موجز و مبسط لبعض أنواع الضواغط.

١ -**ضاغط بمكبس ترددي** (reciprocating piston compressor) (الشكل ٢ -٦):

هو النوع الأكثر استعمالا في الصناعة. عند نزول المكبس يسحب الهواء من خلال صمام السحب. عند صعود المكبس يضغط الهواء و يندفع خارج الضاغط من خلال صمام الطرد.

الضغط:

- ضاغط مفرد المرحلة (single stage compressor). إلى حدود 600kPa (6 bar)
- ضاغط ثنائي المرحلة (two stage compressor). إلى حدود 1500kPa (15 bar)



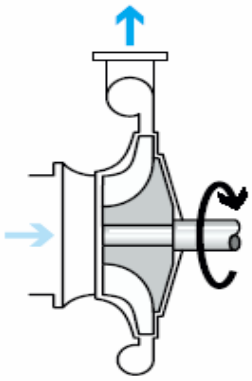
الشكل ٢ -٦ ضاغط بمكبس ترددي مفرد

٢ -**ضاغط دفق**

نصف قطري (radial flow compressor) (الشكل ٢ -٧)

يتسارع الهواء قطريا عند عبوره بين الريش الدوارة. وتتحول طاقة الهواء الحركية إلى طاقة ضغط. يتعامد اتجاه حركة الهواء عند نهاية الريش مع اتجاه الدخول.

يحقق الضاغط متعدد المراحل ضغط إلى حدود 1000kPa (10 bar)

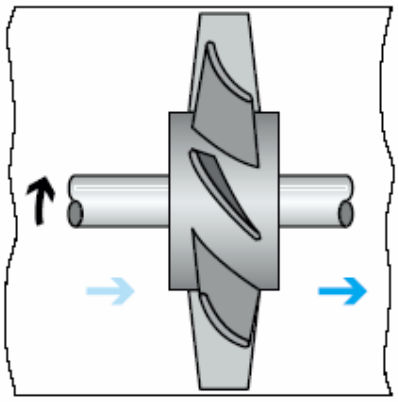


الشكل ٢ -٧ ضاغط دفق نصف قطري

٣ -**ضاغط دفق محوري** (axial flow compressor) (الشكل ٢ -٨)

يتسارع الهواء محوريا عند عبوره بين الريش الدوارة. تتحول طاقة الهواء الحركية إلى طاقة ضغطية. يتم دفع الهواء في الاتجاه المحوري تقريبا ولايحدث تغيير في اتجاه حركة الهواء أثناء عملية الضغط.

- ضاغط متعدد المراحل. ضغط إلى حدود 600kPa (6 bar).



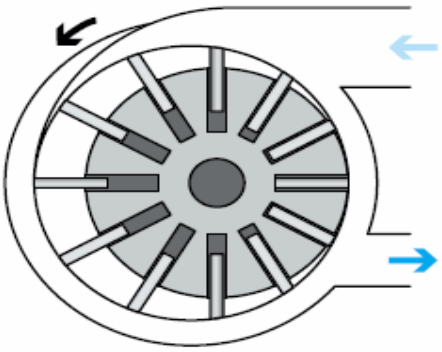
الشكل ٢ -٨ ضاغط دفق محوري

٤ -**ضاغط دوار ذو ريش منزلقة** (sliding vane compressor-rotary compressor)

تركب الريش المنزلقة داخل مجاري موزعة على كامل محيط عمود الإدارة (المحور) بحيث تشكل الريش خلايا مغلقة على طول المحيط. ولكون مركز العمود يختلف عن مزكز حواء (الإطار الحاوي) الضاغط يختلف حجم تلك الخلايا بحيث يتناقص من نقطة السحب حتى نقطة الطرد. عند دوران الضاغط يقل حجم الخلايا متسببا في ارتفاع ضغط الهواء.

- ضاغط مفرد المرحلة (single stage compressor). إلى حدود 400kPa (4 bar)

- ضاغط مزدوج المراحل (two stage compressor). إلى حدود 800kPa (8 bar)

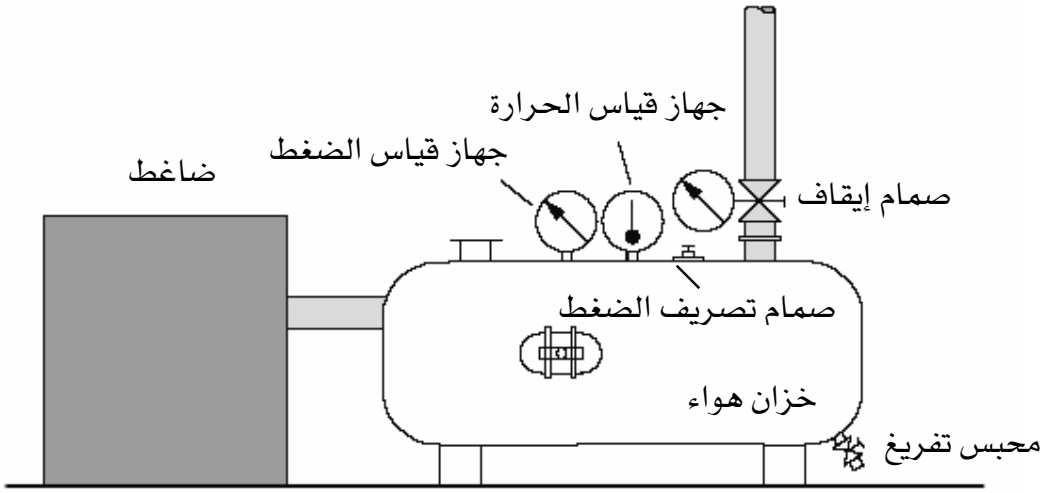


الشكل ٢ -٩ ضاغط دوار ذو ريش منزلقة

٣ -٤ -٢ تخزين

الهواء المضغوط (الشكل ٢ -١٠)

تحتوي الأنظمة النيوماتية على خزان هواء بعد مخرج الضاغط لتخزين كميات كافية من الهواء المضغوط وللمحافظة على ضغط معين حسب احتياج النظام النيوماتي. يوازن الخزان تراوح الضغط عند سحب الهواء المستخدم في النظام. يحافظ على ضغط معين داخل الخزان من خلال التحكم بعمل الضاغط وتشغيله وايقافه حسب الحاجة. كما يقوم الخزان نظرا لكبر مساحته بدور التبريد للهواء الخارج من الضاغط. يتم في الخزان فصل الماء من الهواء المضغوط و إخراج الأول بواسطة محبس تفريغ وبصفة دورية.



الشكل ٢ -١٠ خزان الهواء

٣ -٤ -٣ وحدة الخدمة Service Unit:

تقوم وحدة الخدمة بإعداد الهواء ليكون مائع مناسب كوسيط عمل لنظام التحكم النيوماتي وتتكون وحدة الخدمة من ثلاثة مكونات أساسية وهي:

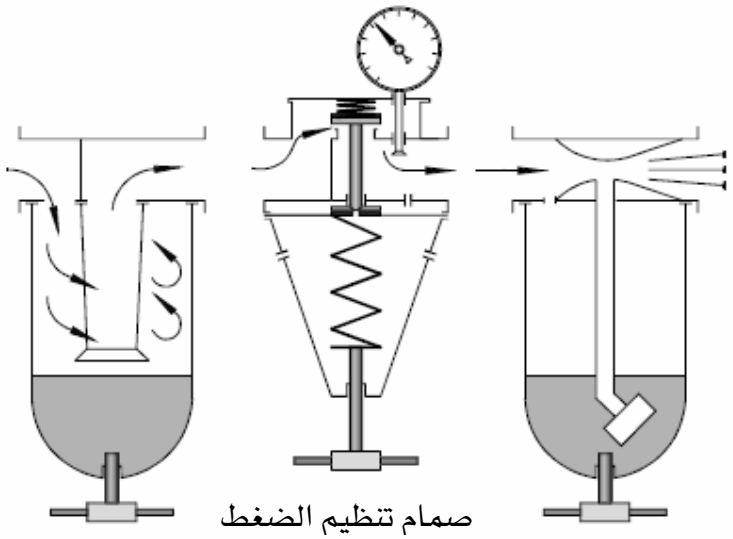
١ - المرشح والمجفف

٢ - صمام تنظيم الضغط

٣ - المزيت

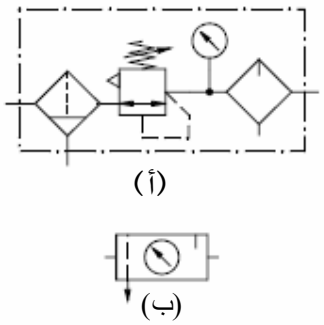
و تضاف ساعة لقراءة ضغط الهواء عند مخرج صمام تنظيم الضغط.

يقوم المرشح والمجفف بتنقية الهواء و تحريره من الرطوبة. يقوم صمام تنظيم الضغط بضبط ضغط الهواء عند قيمة قابلة للمعايرة. بينما يقوم المزيت بتشبيع الهواء بكمية مناسبة من الزيت والتي تعمل على تزييت آلات التحكم وأجهزة العمل و تعمل الأجزاء الثلاثة بصفة متتالية كما هو مبين بالشكل ٢ -١١.



الشكل ٢ -١١ وحدة الخدمة

كما يتم تركيب صمام تنظيم الضغط مع المرشح و المزيت في وحدة واحدة وبهذا تكون الوحدة مدمجة (الشكل ٢ -١٢).



الشكل ٢ -١٢ وحدة خدمة الهواء

تركب

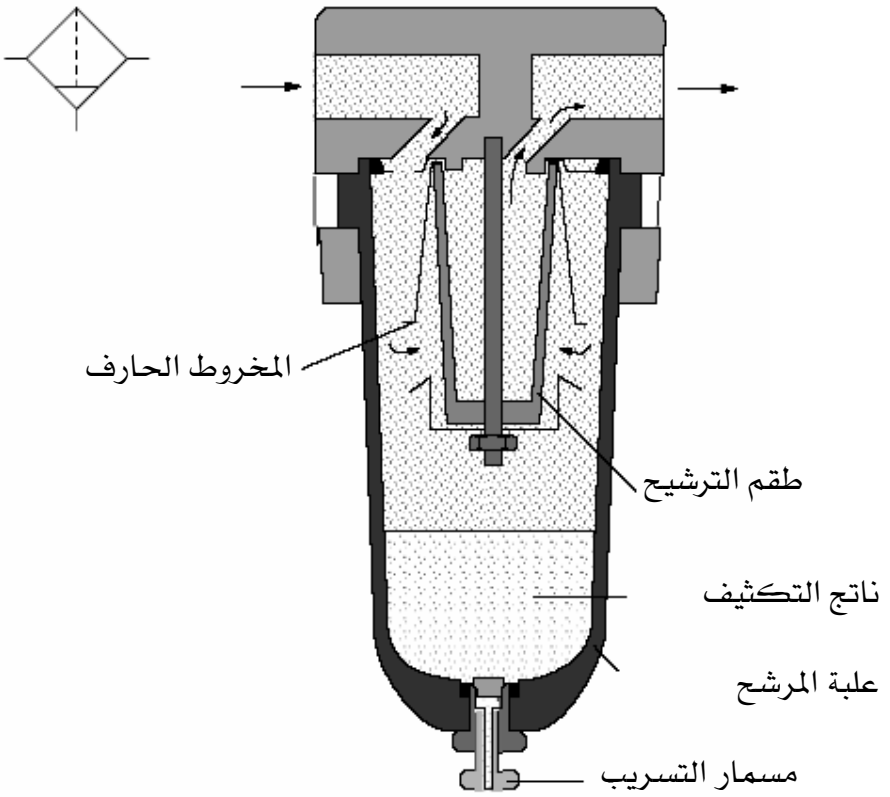
وحدة الخدمة دائما عند مدخل نظام التحكم النيوماتي ويركب صمام توجيه للتشغيل والإيقاف بعد وحدة الخدمة.

١ - مرشح الهواء بفاصل ماء (المجفف) (Air filter with water separator)

يندفع تيار الهواء المضغوط من خلال فتحات مائلة حيث تتحول حركته إلى حركة دائرية بواسطة المخروط الحارف (الشكل ٢ -١٣).

.تقوم هذه الحركة الهوائية الدائرية بخلق قوة طرد مركزية تدفع ناتج الماء المتكاثف على حوائط علبة المرشح. بعد ذلك يتساقط الماء المتكاثف، ومعه أيضا الشوائب التي تم دفعها بفعل قوة الطرد المركزية إلى أرضية علبة المرشح. يستمر سريان تيار الهواء المضغوط خلال مواد المرشح حيث يتخلص من قشور أكسيد المواسير وكذلك من الألياف والعوالق الأخرى. مع مرور الوقت ينسد طقم الترشيح بسبب تراكم الشوائب عليه لذا يجب تنظيفه أو تغييره بصفة دورية منتظمة.

يجب ألا يزيد الحد الأقصى لمستوى مياه ناتج الماء المتكاثف عن مستوى العلامة المحددة لذلك و إلا سيتسبب هذا في اندفاع الماء من خلال المرشح أيضا.

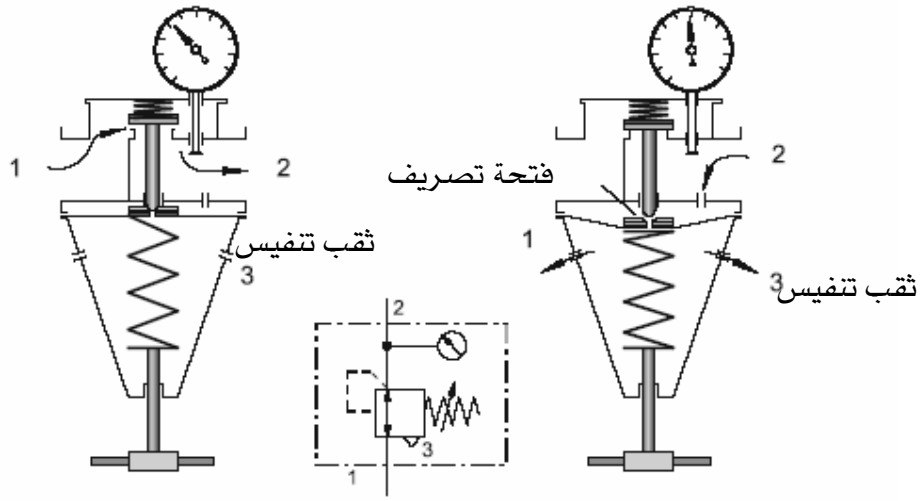


الشكل ٢ -١٣ مرشح الهواء بفاصل ماء

٢ -صمام تنظيم الضغط (Pressure Regulator)

يجب أن يكون ضغط دخل صمام تنظيم الضغط (الضغط الأولي) دائما أعلى من ضغط الخرج (الضغط الثانوي). يتم تنظيم الضغط من خلال غشاء (Diaphragm). يدفع ضغط الخرج على جانب من الغشاء بينما يدفع زنبرك على الجانب الثاني. تضبط قوة الزنبرك بواسطة مسمار ضبط. عند ارتفاع ضغط الخرج (مثلا عند ارتفاع حمولة الاسطوانة) يتحرك الغشاء جهة الزنبرك مقلصا فتحة التصريف أو غلقها كليا. ينفتح جزء الغشاء المركزي و يندفع منه الهواء المضغوط إلى المحيط من خلال ثقوب التنفيس على غلاف الصمام. إذا انخفض ضغط الخرج تفتح قوة الزنبرك الصمام. هكذا يُنظم الضغط المضبوط

مقدما من خلال انفتاح و انغلاق الصمام بصفة متواصلة. تقوم ساعة مركبة فوق الصمام ببيان ضغط التشغيل.

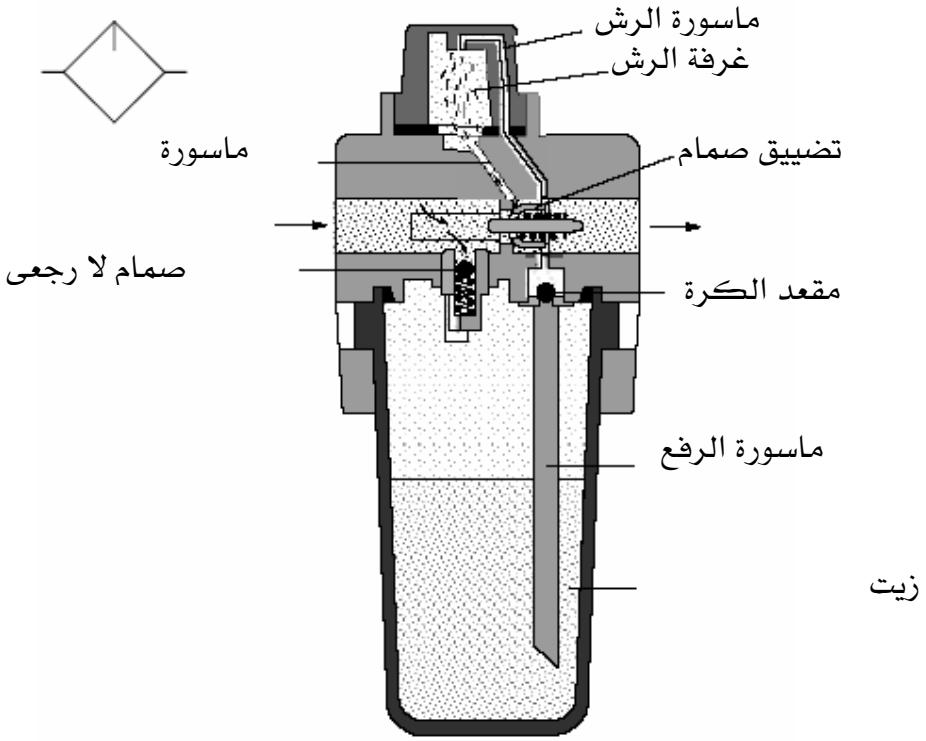


الشكل ٢ -١٤ صمام تنظيم الضغط

Pressure Regulator

٣ - المزيت (lubricator)

يضمن المزيت تزييت مكونات النظام النيوماتي المتحركة،حيث يقوم بتشبيع الهواء المضغوط ببخار الزيت انظر الشكل ٢ -١٥. يتسبب الهواء المضغوط المار بسرعة عالية في انخفاض ضغط خزان الزيت الواقع أسفل المزيت عن الضغط في الجزء العلوي..يكفي هذا الفرق في الضغط لدفع الزيت إلى أعلى من خلال ماسورة رفع. تم تيوزع الزيت الى حبيبات (رذاذ) داخل غرفة الرش قبل ان يصل لتيار الهواء.

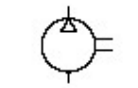


الشكل ٢ -١٥ المزيت

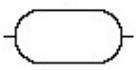
الرموز المستعملة في إعداد الهواء و توزيعه :

مصدر الطاقة

- ضاغط



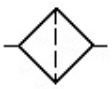
- خزان



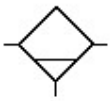
- مصدر الهواء

أجهزة الخدمة

- مرشح

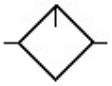


- فاصل الماء – تشغيل يدوي

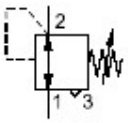


- فاصل الماء – تشغيل أوتوماتيكي

- مزيت

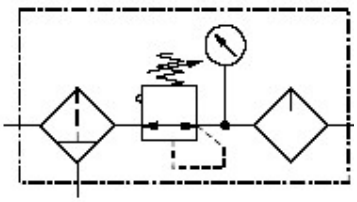


- صمام تنظيم الضغط

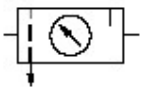


رموز مركبة

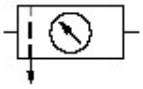
- وحدة الخدمة – رمز مفصل



- وحدة الخدمة مع المزيت – رمز مبسط



- وحدة الخدمة بدون مزيت – رمز مبسط



الشكل ٢ -١٦ الرموز المستعملة في إعداد الهواء و توزيعه

الفصل الرابع

الاسطوانات والمحركات النيوماتية

تقوم الضواغط بدور إضافة الطاقة للأنظمة النيوماتية والتي تنقل بواسطة الأنابيب إلى نقاط أبعد. بينما تقوم المحثات (الاسطوانات والمحركات النيوماتية.....) بالعكس حيث تستهلك الطاقة الموجودة بالنظام لتحولها إلى طاقة ميكانيكية تنتج شغل مطلوب.

يمكن تحويل طاقة الموائع إلى طاقة ميكانيكية خطية أو دائرية باستخدام الأسطوانات والمحركات النيوماتية على التوالي. تتقدم مكابس الأسطوانات النيوماتية وتتراجع لتكمل دورة شغل كاملة تتكون من شوطين يطلق عليهما شوط التقدم وشوط الرجوع. يستعمل خمد لتجنب اصطدام قوي للمكبس عند تقدمه أو رجوعه مثل ان تحتوي الأسطوانات على منطقة ميتة في كلا نهايتي الشوطين لتعمل كمخدة هوائية لمنع الاصدام وخصوصا عند التعامل مع كتل أو قوى كبيرة. تنقسم المحركات النيوماتية دائرية الحركة إلى محركات محدودة الحركة وأخري مستمرة الحركة. تسمى المجموعة الأولى المحركات التذبذبية او الترددية لكونها تنتج حركة دائرية ترددية. أما المحركات مستمرة الحركة فهي تشبه المحركات الكهربائية غير أن مصدر الطاقة هو قدرة الموائع بدلا من القدرة الكهربائية.

تتكون أبسط الأسطوانات النيوماتية من أنبوبة أسطوانية ومكبس وذراع للمكبس وغطاء لكل من الجانبين وموانع للتسرب وجلب دليلية. ويعتمد اختيار وتصميم المواد المستخدمة في ذلك على ظروف التشغيل التي تستخدم عندها الاسطوانة.

بناء على إكمال هذا الفصل ستكون قادرا على:

١ - وصف المكونات الداخلية والتصميم للأسطوانات النيوماتية
٢ - التعرف على الانواع المختلفة من الأسطوانات النيوماتية
٣ - وصف كيفية عمل الأنواع المختلفة من الاسطوانات
٤ - التعرف على الأنواع وكيفية العمل للمحركات النيوماتية الدائرية

٤ -١ الأسطوانات الأحادية الفعل (Single acting cylinders)

الاسطوانة أحادية الفعل هي أبسط أنواع الأسطوانات وتتكون من مكبس داخل اسطوانة. موصول بأحد وجهي المكبس ذراع يمتد خارج أحد جانبي الأسطوانة (وتسمى ناحية الذراع). وتسمى الناحية الأخرى من الأسطوانة ناحية الفراغ (انظر شكل ٢ -١٧).

تتمكن الأسطوانة أحادية الفعل من بذل قوة في اتجاه التقدم فقط (شوط الشغل) وذلك تحت تأثير دخول الهواء المضغوط ناحية الفراغ. لا يتراجع المكبس نيوماتيا بل تحت تأثير وزن الجاذبية أو قوة الزنبرك (ناحية الذراع) وذلك عند غياب ضغط الهواء على المكبس في ناحية الفراغ.

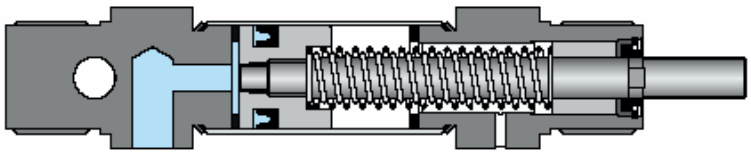
ولأن المكبس يرجع إلى موضعه الأصلي تحت تأثير قوة زنبرك الرجوع، فإنه لا يمكن سحب أجزاء ثقيلة في شوط الرجوع.

تستعمل الأسطوانة أحادية الفعل في عمليات التثبيت و القذف و الضغط و الدفع و الإدخال وتشغل بواسطة صمام توجيهي ٢/٣.كما سيمر معنا في الفصلين التاليين.

أنواع الأسطوانات أحادية الفعل هي:

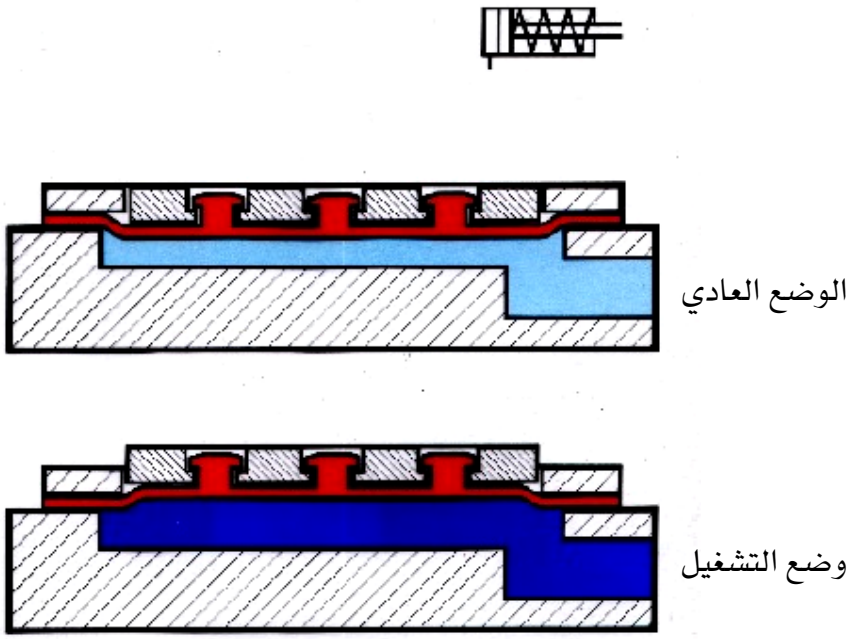
- اسطوانة بمكبس (Piston cylinder) (الشكل ٢ -١٧)
- اسطوانة بغشاء (Diaphragm cylinder) (الشكل ٢ -١٨): تستعمل في عمليات البرشمة، التثبيت...
- اسطوانة بغشاء متنقل (Rolling diaphragm cylinder): يعطي تقدما أكبر للأسطوانة و بأقل احتكاك للمكبس.

الرمز



الشكل ٢ -١٧ أسطوانة أحادية الفعل

Single acting cylinder



الشكل ٢ -١٨ أسطوانة أحادية الفعل بغشاء
Diaphragm cylinder

٤ -٢ الأسطوانات الثنائية الفعل (Double acting cylinders)

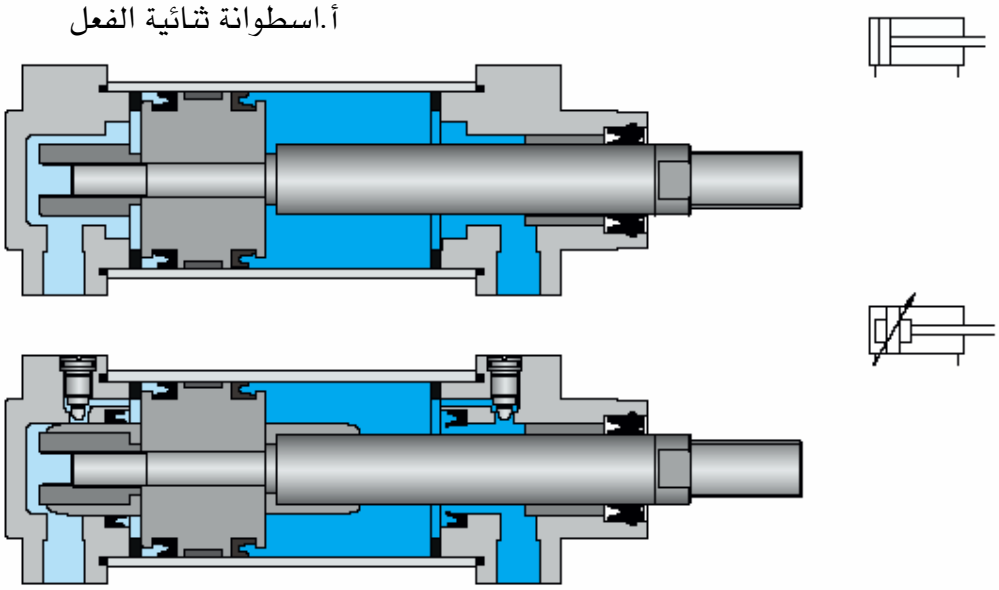
يوضح الشكل (٢ -١٩) أسطوانة ثنائية الفعل. إن هذه الأسطوانة تتقدم وتتراجع نيوماتيا، أي بواسطة ضغط الهواء عليها حيث يدخل الهواء المضغوط الأسطوانة ثنائية الفعل من كلا الجانبين، وبالتالي يمكنها بذل قوة في كلا الاتجاهين. لذلك تستعمل الأسطوانات ثنائية الفعل في المجالات التي تتطلب قوة دفع في التقدم و في الرجوع أيضا. تعتمد القوى القصوى المتاحة أثناء كل شوط على المساحة الفعالة التي يؤثر عليها ضغط الهواء. ففي أثناء خروج ذراع المكبس (شوط التقدم) يضغط الهواء على كامل مساحة سطح المكبس أما أثناء الرجوع فيؤثر الضغط على المساحة الحلقية المتبقية من سطح المكبس بعد استثناء مساحة الذراع المقطعية. ونتيجة لاختلاف المساحتين تختلف القوى المتاحة أثناء الشوطين. تشغل الأسطوانة ثنائية الفعل بواسطة صمامات توجيهية منها الصمام التوجيهي ٢/٤ و الصمام التوجيهي ٢/٥ و الصمام التوجيهي ٣/٥ و التي سيتم شرحها بالتفصيل في الفصل التالي.

تستعمل الأسطوانة ثنائية الفعل في عمليات التفرع (branching)، القذف (ejection)، التثبيت (clamping)...

هنالك أنواع عديدة للأسطوانات الثنائية الفعل، نذكر منها:

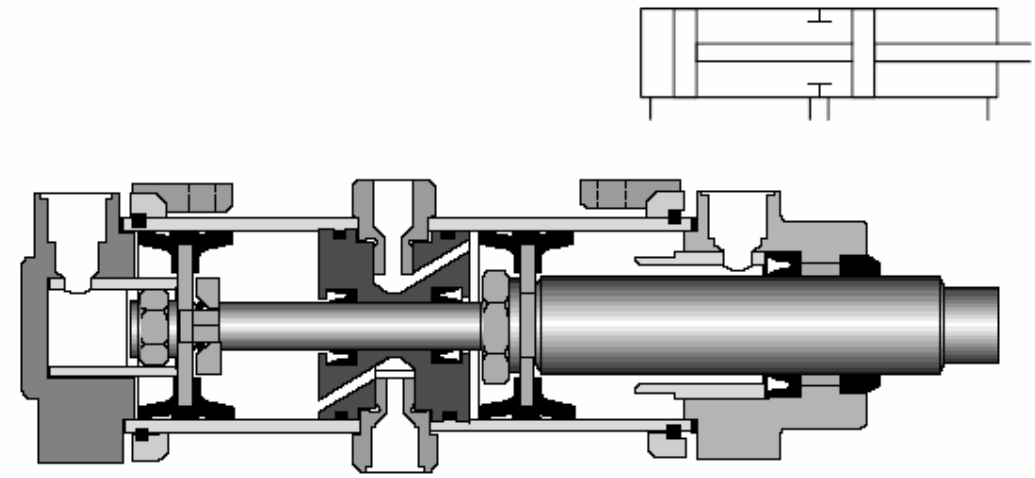
- اسطوانة بمكبس (Piston cylinder) (الشكل ٢ - ١٩(أ))
- اسطوانة ثنائية الفعل بخمد قابل للمعايرة عند التقدم و الرجوع (الشكل ٢ -١٩(ب))
  Double-acting cylinder with adjustable end position cushioning
- اسطوانة ثنائية الفعل بذراعي دفع (الشكل ٢ -٢٠)
  Cylinders with through piston rod
- اسطوانة ثنائية الفعل ترادفية (الشكل ٢ -٢١)
  Tandem double-acting cylinder

أ.اسطوانة ثنائية الفعل

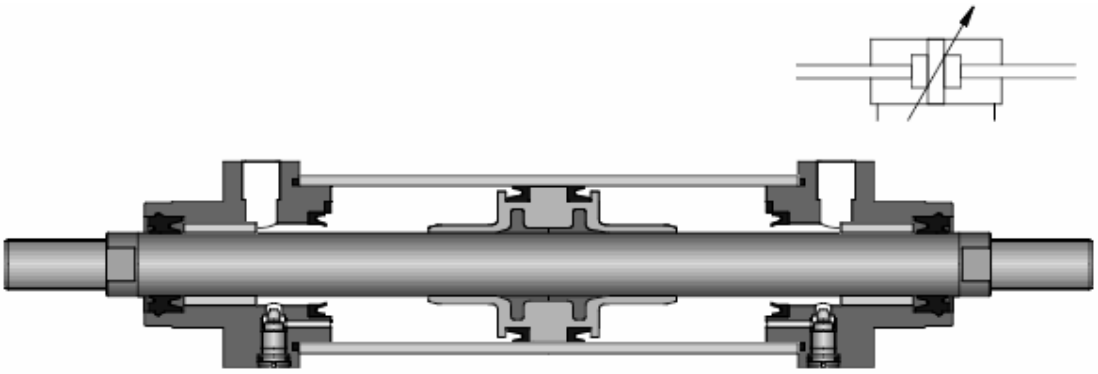


ب. أسطوانة ثنائية الفعل بخمد قابل للمعايرة عند الخروج و العودة

الشكل ٢ -١٩ الأسطوانة الثنائية الفعل



الشكل ٢ -٢٠ أسطوانة ثنائية الفعل ترادفية



الشكل ٢ -٢١ أسطوانة ثنائية الفعل بذراعي دفع

٤ -٣ الأسطوانات بدون ذراع المكبس (Rodless cylinders)

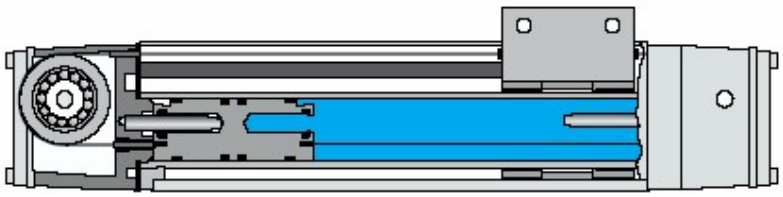
يمكن تصميم الأسطوانة دون ذراع من أجل أداء أعمال على أطوال كبيرة جدا تصل إلى عشرة أمتار. تثبت الأجهزة أو الحمولات فوق سطح تركيب منزلق مثبت خارج الاسطوانة. قوة العمل لهذه الأسطوانات متساوية في الاتجاهين. طول هذا النوع من الأسطوانات أقل من طول الأسطوانات الثنائية الفعل التقليدية مما يسمح بتجنب التواء عمود المكبس

هناك ثلاثة أنواع من الأسطوانات دون ذراع، و هي:

- اسطوانة بسير (Band or cable cylinder) (الشكل ٢ -٢٢)
- اسطوانة بسير مانع للتسرب وماسورة مشقبة (الشكل ٢ -٢٣)
  Sealing band cylinder with slotted cylinder barrel
- اسطوانة بمنزلق مقرن مغنطيسيا (الشكل ٢ -٢٤)
  Cylinder with magnetically coupled slide

اسطوانة بسير (Band or cable cylinder) (الشكل ٢ -٢٢)

في هذا النوع من الأسطوانات تنقل قوة المكبس إلى منزلق خارجي من خلال سير دوار يمر عبر مانع تسرب عند خروجه من الأسطوانة ويدور حول محملين كرويين موجودين تحت غطائي الاسطوانة.

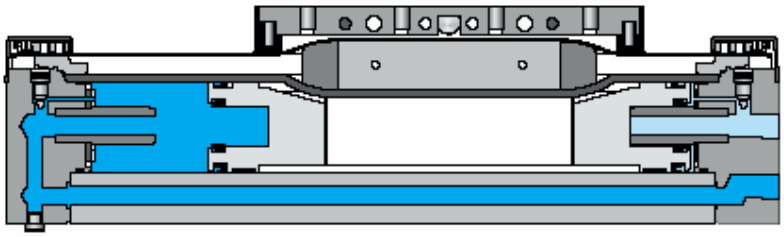


الشكل ٢ -٢٢ أسطوانة بسير (Band or cable cylinder)

اسطوانة بسير مانع للتسرب وماسورة مشقبة (الشكل ٢ -٢٣)

Sealing band cylinder with slotted cylinder barrel

في هذا النوع من الأسطوانات يحتوي جسم الأسطوانة على مجرى ممتد حسب طول الأسطوانة كله. تنقل القوة بواسطة منزلق مثبت على المكبس و يكون التثبيت موجه خارجيا من خلال المجرى. يمر سير منع التسرب داخل المجرى و يواصل تحت المنزلق.

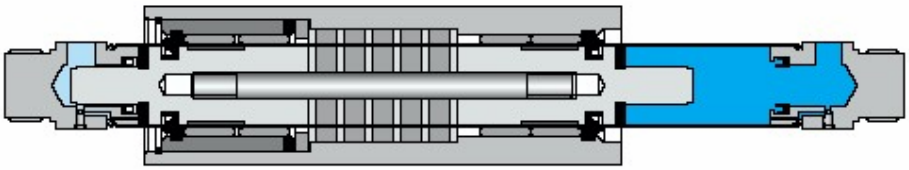


الشكل ٢ -٢٣ أسطوانة بسير مانع للتسرب وماسورة مشقبة

Sealing band cylinder with slotted cylinder barrel

اسطوانة بمنزلق مقرن مغنطيسيا Cylinder with magnetically coupled slide

في هذا النوع من الأسطوانات لا يوجد توصيل ميكانيكي خارجي مع المكبس والذي يتحرك وفق الضغط النيوماتي داخل الإسطوانة. هناك مغناطيس حلقي بين المكبس والمنزلقة وعند تحريك المكبس يقوم المغناصيس بتحريك المنزلقة تباعا. في هذا النوع من الأسطونات لا يوجد تسرب من الأسطوانة إلى مجرى المنزلقة نتيجة للفصل التام.

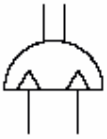


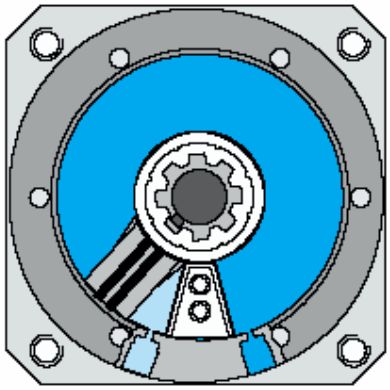
الشكل ٢ -٢٤ أسطوانة بمنزلق مقرن مغنطيسيا

Cylinder with magnetically coupled slide

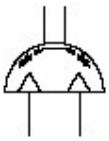
٤ -٤ المحرك النيوماتي (الاسطوانة الدوارة و المتراوحة) (Rotary cylinders and Swivel drive)

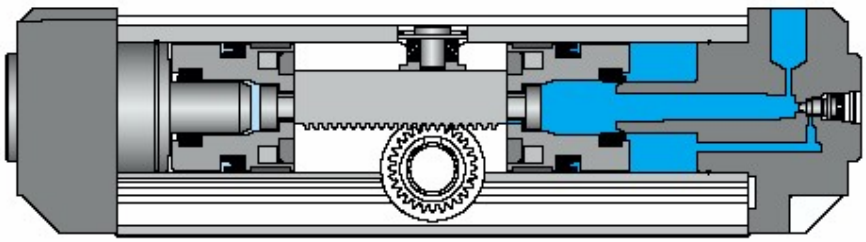
تقوم المحركات النيوماتية بتحويل طاقة الموائع إلى حركة دورانية. تنتج تلك الأسطوانات عزم زاوي في أي من الاتجاهين. تنقسم المحركات النيوماتية دائرية الحركة كما سبق ذكره أعلاه إلى محركات محدودة الحركة (التذبذبية أو الترددية) و أخرى مستمرة الحركة. انظر الشكلين ٢ -٢٥ و ٢ -٢٦.





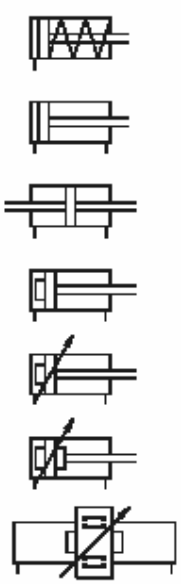
الشكل ٢ -٢٥ المقود المتراوح (Swivel drive)





الشكل ٢ -٢٦ الأسطوانة الدوارة (Rotary cylinder)

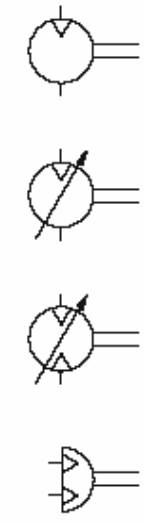
٤ -٥ رموز الأسطوانات النيوماتية حسب النظام العالمي للمقاييس (ISO)



- أسطوانة أحادية الفعل
- أسطوانة ثنائية الفعل
- أسطوانة ثنائية الفعل بذراعي دفع
- أسطوانة ثنائية الفعل بخمد ثابت عند العودة
- أسطوانة ثنائية الفعل بخمد قابل للمعايرة عند العودة
- أسطوانة ثنائية الفعل بخمد قابل للمعايرة عند الذهاب و العودة
- أسطوانة ثنائية الفعل ذات مزاوجة مغناطيسية

الشكل ٢ -٢٧ رموز الأسطوانات النيوماتية

٤ -٦ رموز المحركات النيوماتية حسب النظام العالمي للمقاييس (ISO)



- محرك نيوماتي يدور في اتجاه واحد
- محرك نيوماتي متغير التدفق يدور في اتجاه واحد
- محرك نيوماتي متغير التدفق وباتجاهين
- اسطوانة نيوماتية دوارة

الشكل ٢ -٢٨ رموز المحركات النيوماتية

الفصل الخامس

الصمامات النيوماتية

بناء على إكمالك هذا الفصل ستكون قادرا على:

١ - وصف غرض و تركيب وكيفية عمل صمامات التحكم التوجيهية

٢ - التعرف على صمامات التحكم التوجيهية ذات الوضعين والثلاث أوضاع والفتحتين والثلاث والاربع والخمس فتحات.

٣ - التعرف على الرموز لمختلف صمامات التحكم التوجيهية و صمامات الضغط وصمامات التحكم بالتدفق

٤ - وصف وظيفة و تركيب وكيفية عمل صمامات الضغط

٥ - شرح طرق تشغيل الصمامات المختلفة: اليدوية والميكانيكية والسابقية (سيتم التطرق لطرق تشغيل الصمامات الكهربائية في الوحدة الثالثة من هذه الحقيبة)

٦ - وصف وظيفة و تركيب وكيفية عمل صمامات التحكم بالتدفق.

٥ -١ مقدمة

أحد أهم الاعتبارات في نظام التحكم النيوماتي هو التحكم في مسار وحركة الهواء المضغوط في جميع عناصر النظام. اذا لم يتم اختيار عناصر التحكم المناسبة فإن النظام ككل لن يعمل بالصورة المطلوبة. يتم غالبا التحكم في حركة الهواء المضغوط بواسطة عناصر تسمى **الصمامات** . عند اختيار الصمام المناسب يجب مراعاة كل من النوع والحجم وطريقة التشغيل وإمكانية التحكم عن بعد وخلافه.

هناك ثلاثة أنواع أساسية من الصمامات و هي:

١ - صمامات التحكم التوجيهية: تحدد المسار الذي سيمر به الهواء.

٢ - صمامات الضغط: تتحكم بالضغط لحماية النظام.

٣ - صمامات التحكم بالتدفق: تتحكم بمعدل التدفق في خط معين حسب المطلوب.

٥ -٢ **صمامات التحكم التوجيهية** (Directional control valves)

كما يظهر من التسمية، تقوم هذه الصمامات التوجيهية بالتحكم في اتجاه تدفق الهواء. فهي تحدد المسار الذي سيمر به الهواء في كل خط من خطوط النظام. وبالتالي تحدد تشغيل وإيقاف واتجاه حركة أسطوانة أو محرك نيوماتي. يتم تسمية الصمام التوجيهي تبعا:

- لعدد الفتحات التي يحتوي عليها (التوصيلات) (Number of ports or openings): فتحتين (٢)، ثلاثة فتحات...
- لعدد أوضاع التشغيل (Number of positions): وضعين (٢)، ٣ أوضاع، ....
- لطريقة تشغيله (Method of actuation): تشغيل يدوي، تشغيل ميكانيكي، تشغيل نيوماتي، تشغيل كهربي...
- لطريقة رجوع أجزائه لوضعها العادي (Methods of return actuation): رجوع بزنبرك، رجوع بالهواء...

الشكل ٢ -٢٩ يعرض طريقة تطوير رموز الصمامات التوجيهية حسب نظام DIN ISO 1219. يرمز لكل صمام توجيهي بمستطيل مقسم إلى عدة مربعات تمثل عدد أوضاع التشغيل. كل مربع يمثل وضع تشغيل معين و يحدد على كل وضع تشغيل (مربع) الفتحات الخاصة بالصمام. ثم تحدد مسارات التدفق في كل وضع بمجموعة من الأسهم والخطوط داخل كل مربع. توصل الأنابيب بباقي العناصر النيوماتية المستخدمة في الدائرة النيوماتية بالوصلات الخاصة بالمربع الذي يمثل الوضع **الوضع العادي** للصمام (غير المشغل). يرمز للفتحات المغلقة بحرف T.

الوضع العادي Normal position: هو وضع الصمام قبل ربطه بالدائرة النيوماتية.

الوضع الابتدائي Initial position: هو وضع الصمام بعد تركيبه في الدائرة النيوماتية وفتح الهواء المضغوط الرئيسي للنظام وقبل بداية تشغيل الدائرة.

يحدد النظام DIN ISO 5599-3 معايير التسمية الرقمية لصمامات التحكم التوجيهية وسوف يستخدم في هذه الحقيبة ذلك النظام الرقمي عوضا عن النظام الحرفي. انظر الجدول المبين في الشكل ٢ -٣٠ لمقارنة بين النظامين الرقمي و الحرفي. يشار إلى جميع التوصيلات بأرقام كما هو مبين في الأمثلة الموضحة في الشكل ٢ -٣١. أمثلة للتسمية المتبعة في هذه الحقيبة:

- صمام تحكم توجيهي له ثلاث منافذ و وضعي تشغيل: 3/2-way valve
- صمام توجيهي له أربع منافذ ووضعي تشغيل: 4/2-way valve
- صمام توجيهي له خمسة منافذ وثلاث أوضاع تشغيل: 5/3- way valve

تنقسم الصمامات التوجيهية حسب تصميمها إلى:

أ. **صمامات توجيهية قفازة** Poppet Valves: تفتح و تغلق فتحات الصمامات القفازة بواسطة كرات، أقراص، صفائح أو مخروطات. عدد القطع المعرضة للتلف في هذه الصمامات قليل. و لذلك يمكن استعمالها لمدة طويلة.و لكنها تحتاج إلى قوة تشغيل عالية لمقاومة ضغط الهواء الداخلي و قوة الزنبرك المركب داخلها.

ب. الصمامات **التوجيهية المنزلقة** Sliding Valves: تفتح و تغلق فتحات الصمامات المنزلقة بواسطة مكب (spool) أو مزلاق مسطح (flat slide). وتختلف صمامات التحكم التوجيهية القفازة عن الصمامات الزلاقية في أن الصمامات القفازة يمكنها غلق الفتحات المراد غلقها بإحكام، أما المنزلقة فلا يمكنها أن تقوم بذلك نتيجة للخلوصات اللازمة لتحرك المزلاق داخل جسم الصمام.

- يمثل المربع وضعا من أوضاع التشغيل

- يشير عدد المربعات إلى عدد أوضاع التشغيل

- يشير الخط والسهم إلى مسار واتجاه مرور الهواء على التوالي.

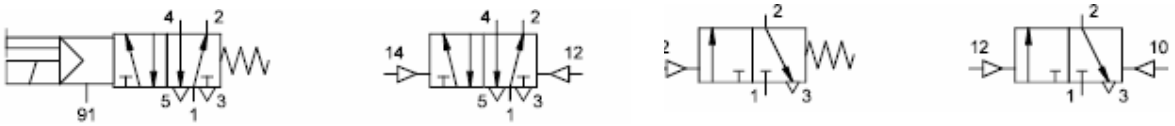
- يمثل الوضع المغلق بخط عرضي داخل المربعات.

- يشار للتوصيلات (مداخل و مخارج الهواء) بخطوط خارج المربع. توضع التوصيلات على المربع الذي يمثل الوضع الاعتيادي للصمام.

الشكل ٢ -٢٩ الرموز التوضيحية للصمامات التوجيهية طبقا للنظام DIN ISO 1219

	ISO 5599-3	النظام الحرفي	الفتحة أو التوصيلة
خطوط التشغيل	١	P	فتحة الضغط
	٢، ٤	A, B	خطوط التشغيل
	٣، ٥	R, S	فتحات التصريف
خطوط التحكم	١٠	Z	الإشارة المطبقة تمنع التدفق من فتحة ١ إلى فتحة ٢
	١٢	Y, Z	الإشارة المطبقة تربط فتحة ١ مع فتحة ٢
	١٤	Z	الإشارة المطبقة تربط فتحة ٣ مع فتحة ٤
	٨١، ٩١	Pz	إشارة تحكم إضافية

الشكل ٢ -٣٠ مقارنة بين النظام الرقمي و النظام الحرفي لوصف الصمامات الاتجاهية



الشكل ٢ -٣١ أمثلة لرموز صمامات اتجاهية

تشغيل يدوي

- ذراع تشغيل يدوي رمز عام.
- بزر ضغط يدوي
- رافعة يدوية
- رافعة يدوية تعمل بالإيقاف
- بدالة تشغل بالقدم

تشغيل ميكانيكي

- خابور تشغيل يعمل بالدفع بكامة متحركة
- بكرة تعمل بالدفع بكامة متحركة
- بكرة تعمل بالدفع بكامة متحركة مع رجوع خامل
- رجوع بياي
- رجوع بياي من الجانبين

تشغيل نيوماتي

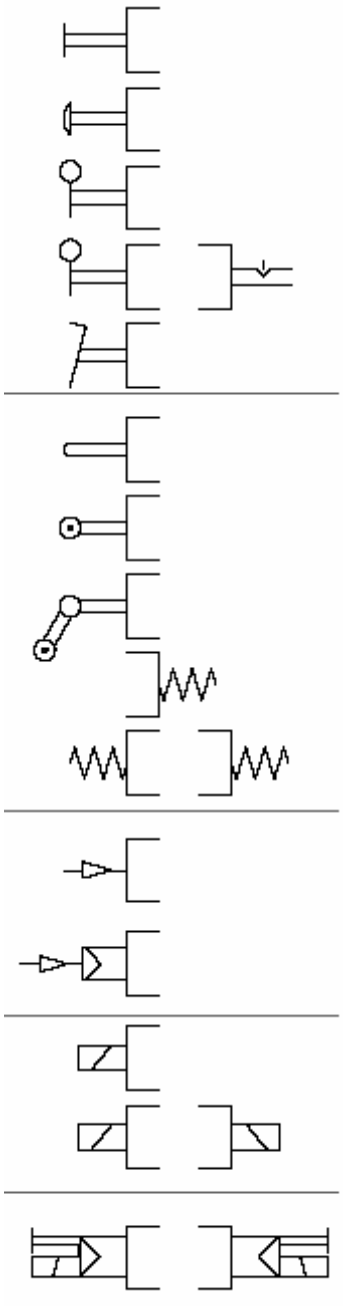
- إشارة هوائية مباشرة
- إشارة هوائية غير مباشرة

تشغيل كهربي

- تشغيل بملف كهربي
- تشغيل بملفين كهربيين

تشغيل مركب

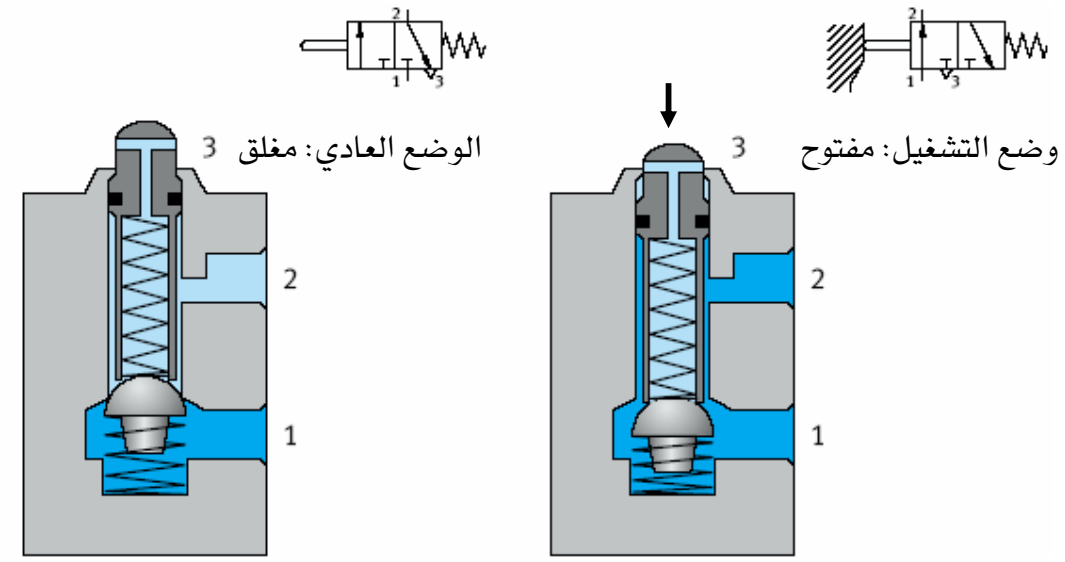
- تشغيل غير مباشر بملفين كهربيين مع قطع يدوي



الشكل٢ -٣٢ عناصر تشغيل الصمامات حسب نظام DIN ISO 1219

٥ -٢ -١ صمام توجيهي ٢/٢ (2/2-way valve): يحتوي الصمام التوجيهي ٢/٢ على فتحتين و وضعي تشغيل (مفتوح، مغلق). يستعمل نادرا كصمام فتح و غلق (on-off valve) فقط، حيث أنه يسمح لعبور الإشارة النيوماتية (الهواء المضغوط) دون السماح بصرف للهواء عندما يكون في وضع الإغلاق. وهو عادة من نوع الصمامات القفازة ذات القاعدة الكروية (ball seat) ويشغل يدويا أو ميكانيكيا أو نيوماتيا.

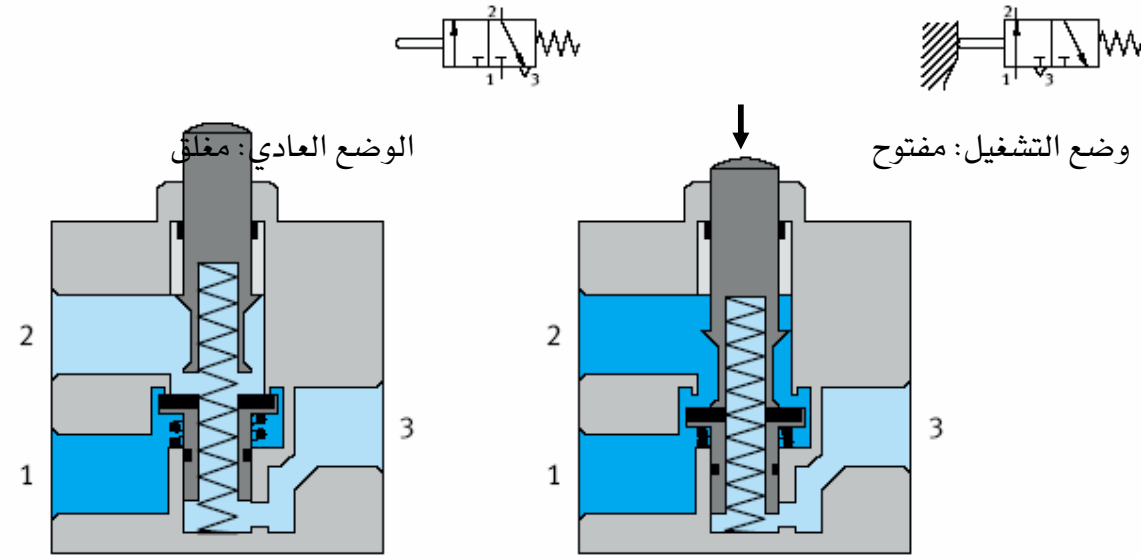
٥ -٢ -٢ صمام توجيهي ٢/٣ (3/2-way valve) (الشكل ٢ -٣٤): يحتوي الصمام التوجيهي ٢/٣ على ٣ فتحات و وضعي تشغيل. إضافة فتحة التصريف ٣ تساعد على إلغاء الإشارة الناتجة عن عبور الهواء المضغوط خلال الصمام. يوصل الصمام في وضعه الابتدائي اشارة الخروج ٢ إلى توصيلة التصريف ثم إلى الهواء المطلق. يدفع زنبرك كرة ضد قاعدة الصمام مانعا الهواء المضغوط من العبور من توصيلة الهواء ١ إلى خط التشغيل ٢. عند تشغيل مكبس الصمام تدفع الكرة بعيدة عن القاعدة. بهذا يجب مقاومة قوة الزنبرك و القوة الناشئة عن الهواء المضغوط. عند وضع التشغيل، توصل الفتحتين ١ و ٢ و يصبح الصمام مفتوحا لتدفق الهواء المضغوط. يشغل الصمام يدويا أو ميكانيكيا و يستعمل للتحكم في الأسطوانة أحادية الفعل.



الشكل ٢ -٣٤ صمام اتجاهي ٢/٣: قاعدة بمحمل كروي، مغلق في الوضع العادي
3/2-Way Valve: Ball Bearing Seat, Normally Closed Position

يبين الشكل٢ -٣٥ صماما توجيهيا ٢/٣ ذا قاعدة قرصية (Disc seat). طريقة منع التسرب بسيطة لكنها فعالة. زمن استجابة الصمام صغيرة و حركة صغيرة تؤدي إلى وفرة مساحة كبيرة لتدفق الهواء. هذا النوع من الصمامات غير حساس للأوساخ لذا تكون خدمته لمدة طويلة.

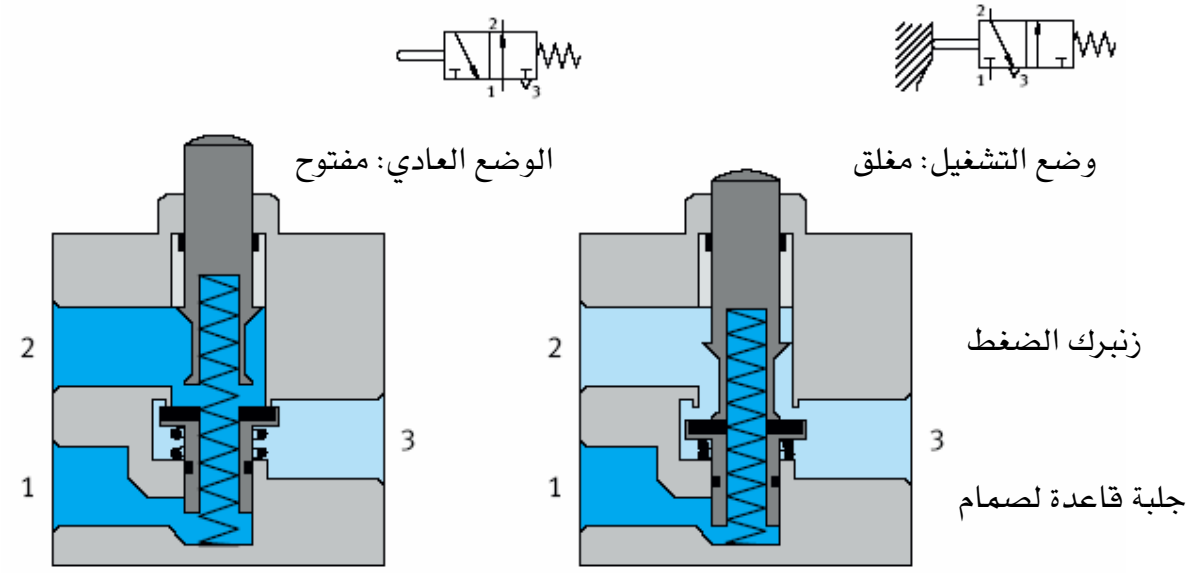
تستعمل الصمامات ٢/٣ للتحكم في الأسطوانات أحادية الفعل أو إعطاء إشارات لعناصر تحكم.



الشكل ٢ -٣٥ صمام اتجاهي ٢/٣: قاعدة قرصية، مغلق في الوضع العادي

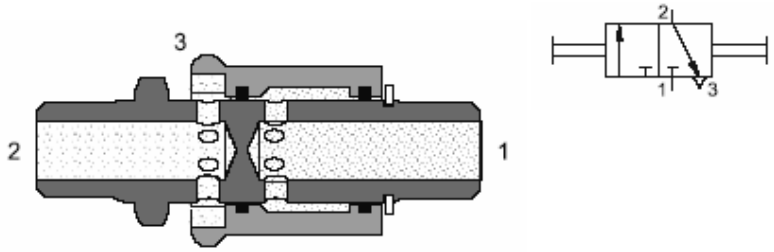
3/2-Wav Valve: Disc Seat. Normallv Closed Position

يسمى الصمام ٢/٣ المفتوح في وضعه العادي لتدفق الهواء المضغوط بين فتحتيه ١ و ٢ صماما **مفتوحا في الوضع العادي**. يبين الشكل ٢ -٣٦ صماما توجيهيا ٢/٣ مفتوحا في الوضع العادي. بداية، تكون الفتحة ١ متصلة بفتحة ٢ من خلال الصمام و قاعدة القرص مغلقة عند فتحة ٣. عند الدفع على الخابور يدفع القرص إلى أسفل لفتح ٣ و تصريف الهواء من فتحة ٢ إلى ٣ على الهواء المطلق و في نفس الوقت تفصل الفتحة ١ عن ٢. إطلاق الخابور يتسبب في رجوع جلبة قاعدة الصمام إلى وضعها الأصلي من خلال زنبرك الضغط. مرة أخرى تغلق فتحة ٣ و يفتح الهواء من ١ إلى ٢. يمكن تشغيل الصمام يدويا، ميكانيكيا، كهربيا أو نيوماتيا حسب التطبيقات. تستعمل الصمام التوجيهي ٢/٣ المفتوح في الوضع العادي للتحكم في الأسطوانات وحيدة الفعل عند لزوم امتداد ذراع مكبس الأسطوانة لفترة طويلة.



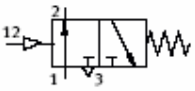
الشكل ٢ -٣٦ صمام اتجاهي ٢/٣: قاعدة قرصية، مفتوح في الوضع العادي
3/2-Way Valve: Disc Seat, Normally Open Position

يبين الشكل ٢ -٣٧ صماما توجيهيا منزلق يدويا و هو بسيط التركيب. يشغل الصمام عند الضغط على دافع المكبس المتحرك طوليا. يستعمل هذا الصمام كصمام إيقاف (shut-off valve) لضغط أو تصريف نظم و عناصر التحكم.

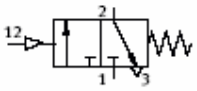


الشكل ٢ -٣٧ صمام اتجاهي ٢/٣ : منزلق يدويا ، مغلق في الوضع العادي
3/2-Way Valve: Hand Slide, Normally

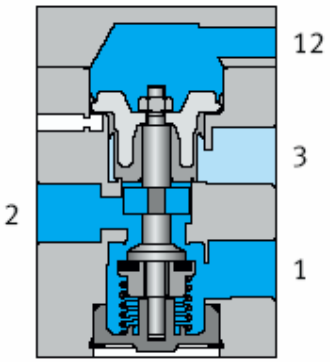
يبن الشكل ٢ -٣٨ صماما توجيهيا ٢/٣ سابق التحكم. يتم تشغيل الصمام بإشارة نيوماتية في فتحة ١٢. يقوم ضغط الهواء بدفع كل من مكبس التحكم وقرص الصمام ضد الزنبرك الضاغط. هنا ينفتح الصمام و تتصل فتحة ١ بفتحة ٢. عند رفع الإشارة من فتحة ١٢ يدفع الزنبرك الضاغط مكبس الصمام لكي يرجع إلى وضعه العادي. هنا يغلق القرص التوصيلة بين ١ و ٢. يفرغ هواء خط التشغيل ٢ من خلال الفتحة ٣. يصمم هذا النوع من الصمامات مغلقا في الوضع العادي أو مفتوحا في الوضع العادي.

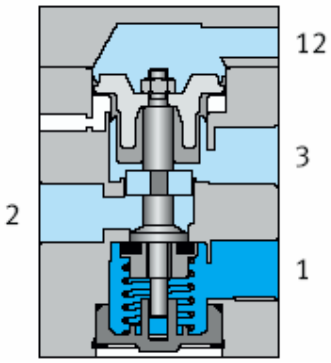


وضع التشغيل: مفتوح



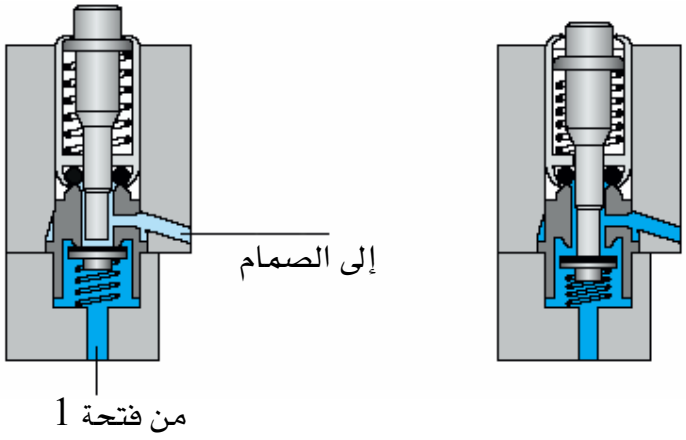
الوضع العادي: مغلق





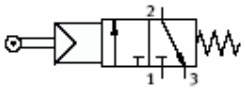
الشكل ٢ -٣٨ صمام اتجاهي ٢/٣ سابق التحكم، مغلق في الوضع العادي
Single Pilot, Normally 3/2-Way Valve

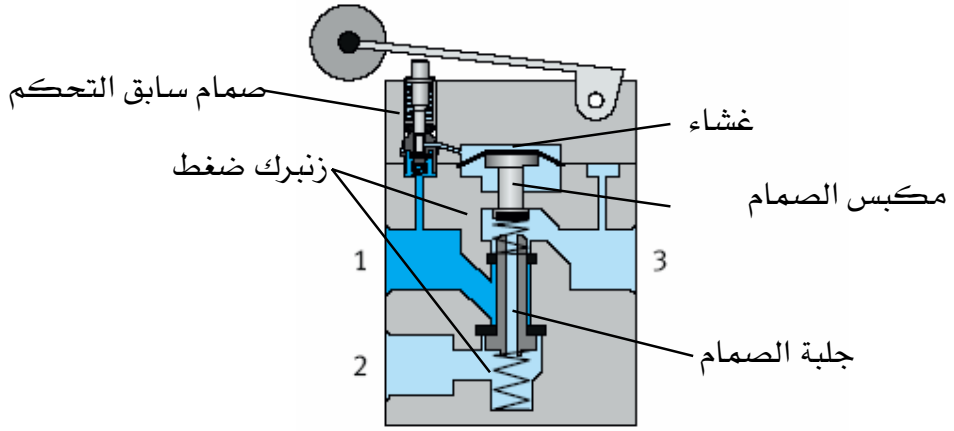
٥ -٢ -٣ **التشغيل بواسطة صمام التحكم السابق** (الشكل ٢ -٣٩): لتوفير القوى المطلوبة للتغلب على قوة الزنبرك وضغط الهواء المعاكس عند تشغيل صمام ولتحقيق متطلبات أنظمة تحكم معينة يمكن الاستفادة من طاقة الهواء المضغوط لتشغيل الصمامات التوجيهية. تسمى صمامات التحكم التوجيهية التي تستخدم لتوجيه الهواء المضغوط إلى نقطة تشغيل الصمام التوجيهي الرئيسي صمامات التحكم السابق. فهي تستخدم لتتحكم بصمامات أخرى و الأخيرة هي التي تتحكم في عناصر النظام الأساسية. يوصل منفذ صغير القطر فتحة تشغيل الصمام الرئيسي بمخرج الصمام سابق التحكم. عند دفع خابور الصمام سابق التحكم يتدفق الهواء المضغوط فوق غشاء مركب على مكبس الصمام الرئيسي ليشغل هذا الأخير.



الشكل ٢ -٣٩ التحكم السابق Pilot Control

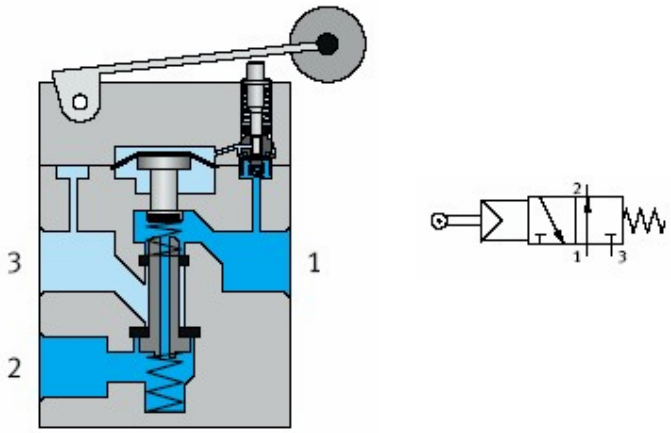
يبين الشكل ٢ -٤٠ صماما توجيهيا ٢/٣ يعمل برافعة العجلة، سابق التحكم و مغلق في الوضع العادي. يشغل الصمام عند الضغط على العجلة بواسطة كامة أو دفع بواسطة جسم أو قوة أخرى. يدفع الهواء المضغوط الغشاء و يشغل قرص الصمام الرئيسي. يتسبب ذلك في غلق التوصيلة بين فتحة ٢ و فتحة ٣ و فتح القرص الثاني ليتم التوصيل بين الفتحتين ١ و ٢. عند رفع الضغط عن العجلة يغلق الصمام سابق التحكم مانعا دخول الهواء إلى الغشاء. ترجع جلبة الصمام و مكبس الصمام مع الغشاء إلى وضعيهما العادي تحت تأثير ضغط الزنبرك. قارن بين الشكلين ٢ -٤٠ و ٢ -٤١ ليتضح لك الفرق بين الصمام التوجيهي ٢/٣ المغلق في الوضع العادي و الآخر المفتوح في الوضع العادي.





الشكل٢ -٤٠ صمام اتجاهي ٢/٣ برافعة العجلة، سابق التحكم، مغلق في الوضع العادي

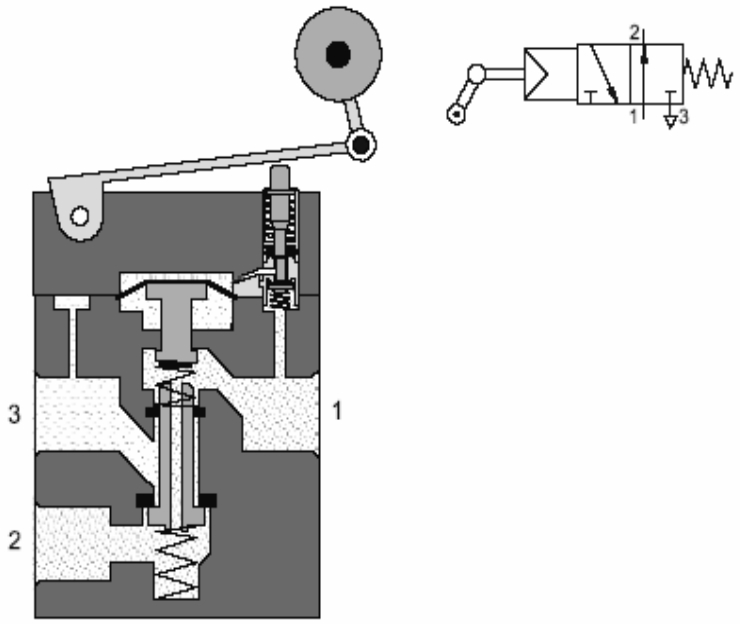
3/2-Way Roller Lever Valve, Pilot Operated, Normally Closed



الشكل ٢ -٤١ صمام اتجاهي ٢/٣ برافعة العجلة، سابق التحكم، مفتوح في الوضع العادي

3/2-Way Roller Lever Valve, Pilot Operated, Normally Open

يبين الشكل ٢ -٤٢ صماما توجيهيا ٢/٣ يعمل برافعة العجلة مع رجوع خامل، سابق التحكم ومفتوح في الوضع العادي. يشغل الصمام عند مرور كامة في اتجاه واحد فقط على رافعة بعجلة. يستعمل الصمام من أجل كشف تقدم أو رجوع مكبس اسطوانة. يجب التأكد من تركيب الصمام في اتجاه الحركة الصحيحة. يتوفر هذا الصمام من النوع المغلق في الوضع العادي أو المفتوح في الوضع العادي.



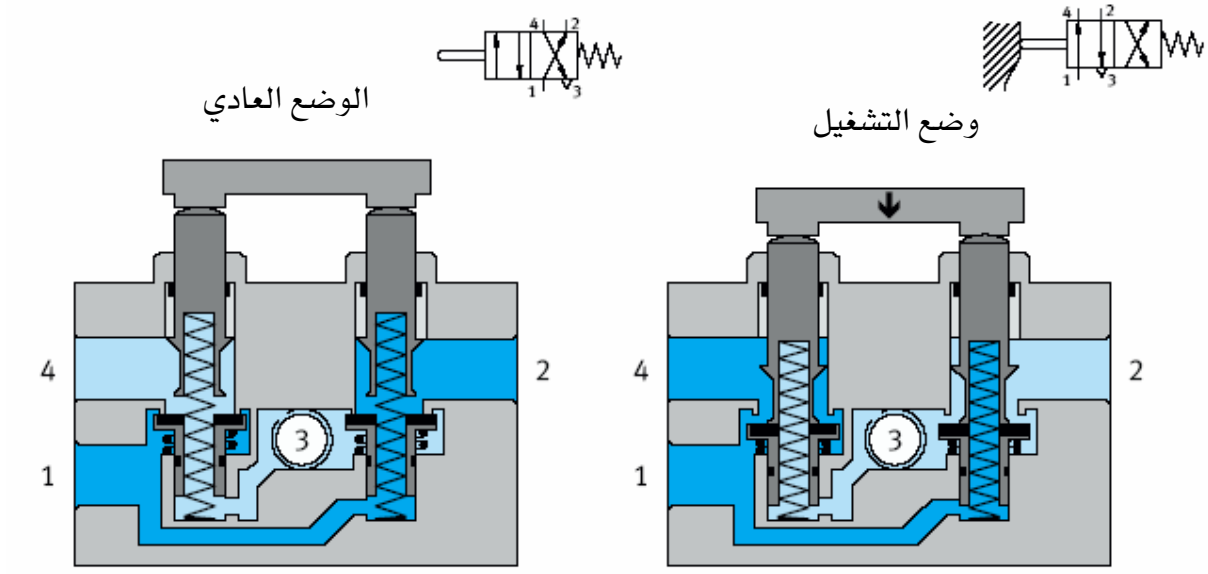
الشكل ٢ -٤٢ صمام توجيهي ٢/٣ ذو رافعة بعجلة مع رجوع خامل،

سابق التحكم، مفتوح في الوضع العادي
3/2-Way Roller Lever Valve, Pilot Operated,

٥ -٢ -٤ صمام التحكم التوجيهي ٢/٤

يحتوي الصمام التوجيهي ٢/٤ على أربع فتحات (مدخلين و مخرجين) و وضعي تشغيل و يستعمل للتحكم في الأسطوانة ثنائية الفعل. يبين الشكل ٢ -٤٣ صماما توجيهيا ٢/٤ بقاعدة. في الشكل الموضح وعند الوضع العادي يكون المنفذ واحد موصول ب ٢ والمنفذ ٤ موصول ب ٣. عند تشغيل الصمام يتم تبديل توصيل المداخل والمنافذ بحيث يوصل ١ ب ٤ و يوصل ٢ ب ٣ . لاحظ أن المنفذ ٣ متعامد على سطح الصفحة. عند تحرير الضغط عن الخابورين يعود الصمام إلى وضعه العادي بواسطة الزنبركين.

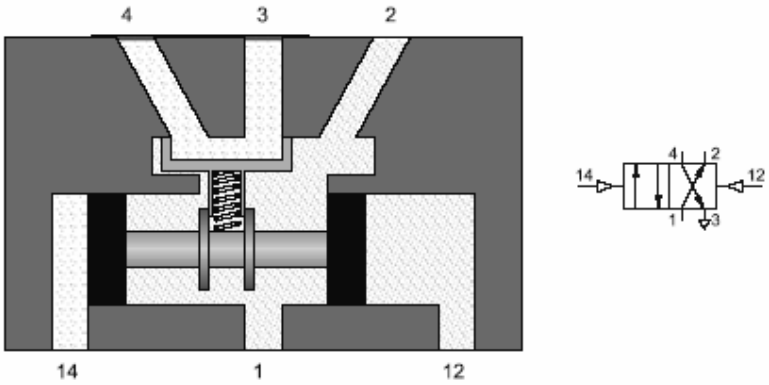
يشغل الصمام التوجيهي ٢/٤ بطرق متعددة: زر يدوي، إشارة هوائية واحدة، إشارتين هوائيتين، رافعة بعجلة، مزلاق مسطح.



الشكل ٢ -٤٣ صمام اتجاهي ٢/٤، سابق التحكم

4/2-Way Directional Valve, Disk Seat

يبين الشكل ٢ -٤٤ صماما توجيهيا ٢/٤ بمزلاق مسطح و يعمل بالهواء المضغوط. تصميم هذا الصمام بسيط جدا و يمكن التعرف على طريقة عمله بمجرد النظر إلى الشكل. ليس للصمام ٢/٤ وضع عادي كما هو الحال في الصمامات ٢/٣. يعمل الصمام بإشارة هوائية مباشرة. عند فصل الهواء المضغوط عن فتحتي التحكم (١٢ و ١٤) يبقى مكبس الصمام ثابتا في وضعه إلى أن يستقبل إشارة من احد الفتحتين فتحركه في الاتجاه الآخر لها ومن ثم تتغير مسارات الهواء وفقا لذلك.

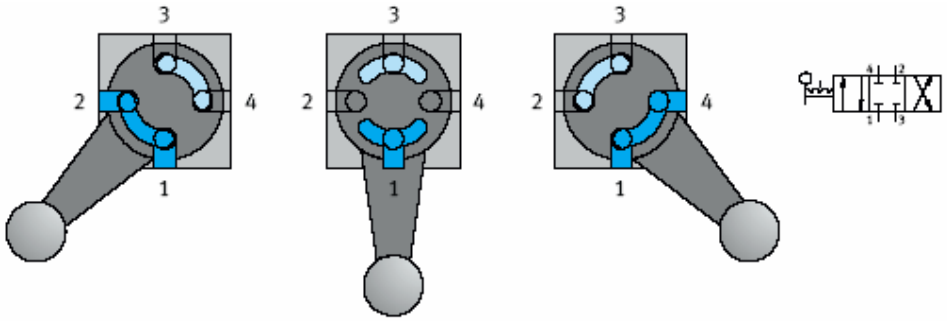


الشكل ٢ -٤٤ صمام اتجاهي ٢/٤ يعمل بإشارتين هوائيتين و مزلاق مسطح

4/2-Way Double Pilot Valve, Longitudinal Flat Slide

٥ -٢ -٥ صمام التحكم التوجيهي ٣/٤

يبين الشكل ٢ -٤٥ صماما توجيهيا ٣/٤ يحتوي على أربع فتحات و ثلاثة أوضاع تشغيل و هو يعمل بمزلاق مسطح مع الوضع الأوسط مغلق. يختلف هذا الصمام عن الصمام ٢/٤ في كونه يشتمل على وضع ثالث أوسط يتم فيه غلق جميع المداخل و المنافذ و يشغل يدويا عن طريق إدارة قرص يوصل ويفصل الفتحات حسب الوضع المختار.

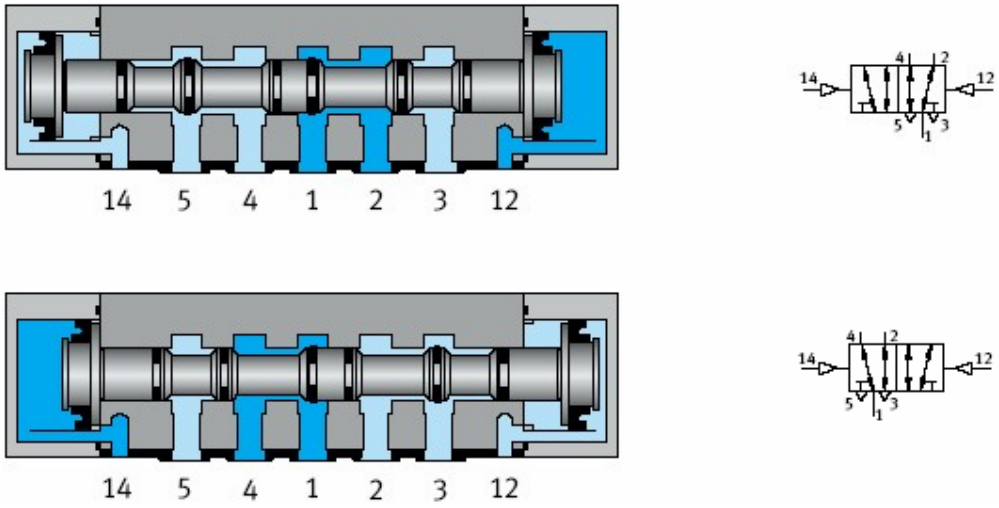


الشكل ٢ -٤٥ صمام اتجاهي ٤/٣ يعمل بمزلاق مسطح،

Mid-Position Closed 4/3-Way Plate Slide Valve,

٥ -٢ -٦ الصمام التوجيهي ٢/٥:

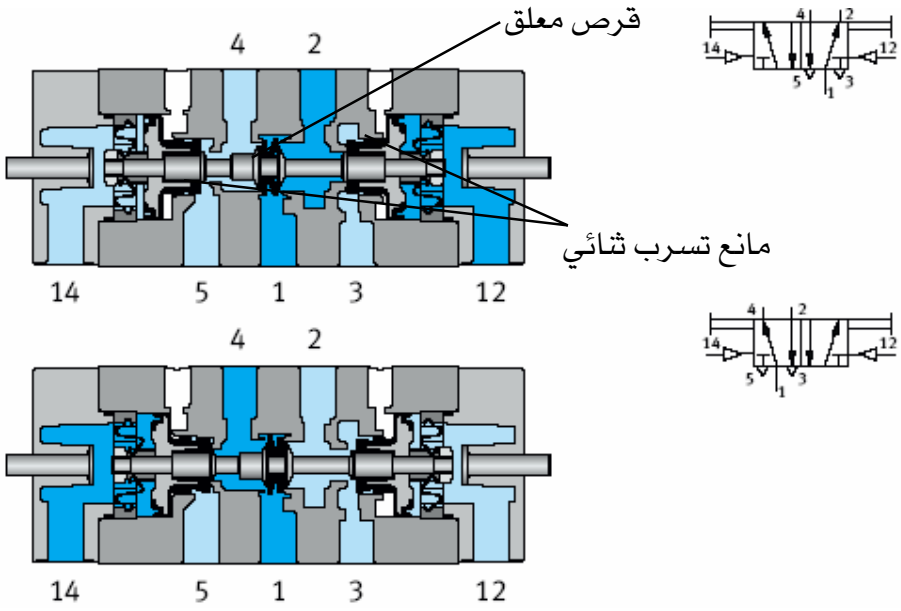
يحتوي الصمام التوجيهي ٢/٥ على خمسة فتحات و وضعي تشغيل و هو يستعمل في للتحكم في الأسطوانة ثنائية الفعل.يبين الشكل ٢ -٤٦ صماما توجيهيا ٢/٥ يعمل بإشارتين هوائيتين و له مزلاق طولي. لا يحتاج الصمام إلا لدفعة ضغط صغيرة فقط لتشغيله و ذلك لغياب هواء مضغوط أو زنبرك مضادين. يتم تشغيل الصمامات ٢/٥ بطرق مختلفة: يدويا، ميكانيكيا، كهربيا أو نيوماتيا.



الشكل ٢ -٤٦ صمام اتجاهي ٢/٥ يعمل بإشارتين هوائيتين و مزلاق طولي

5/2-Way Double Pilot Valve, Pneumatically Actuated, Both Sides

يبين الشكل ٢ -٤٧ صماما توجيهيا ٢/٥ يعمل بإشارتين هوائيتين و قرص معلق مع تشغيل يدوي إضافي. يستعمل هذا الصمام قرصا معلقا لمنع التسرب. يسمح القرص المعلق بتوصيل الفتحة ١ إلى الفتحة ٢ أو ٤. يغلق مانعا التسرب الثنائيان أي فتحة تصريف غير متطلبة. يتغير وضع الصمام مع تبديل الإشارة الهوائية بين الفتحتين ١٢ و ١٤.



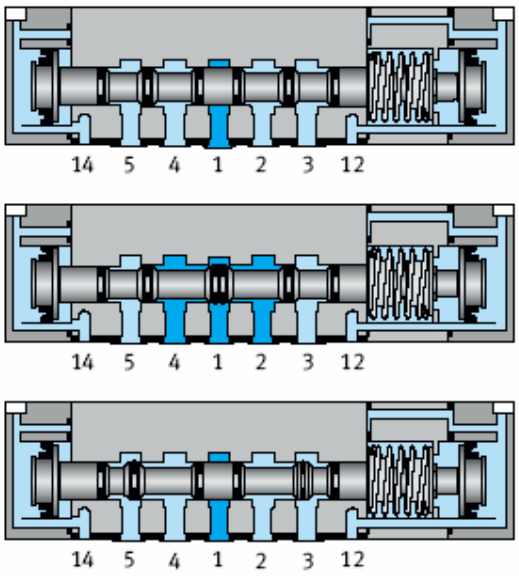
الشكل ٢ -٤٧ صمام توجيهي ٢/٥ يعمل بإشارتين هوائيتين و قرص معلق

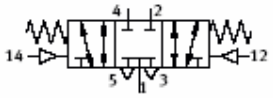
5/2-Way Double Pilot Valve, Suspended Disk Seat

٥ -٢ -٧ الصمام التوجيهي ٣/٥:

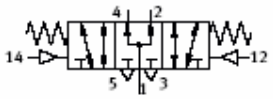
يحتوي الصمام التوجيهي ٣/٥ على خمس فتحات و ثلاثة أوضاع تشغيل، انظر الشكل ٢ -٤٨، و هو يستعمل في التحكم في الأسطوانة ثنائية الفعل. يسمح هذا النوع من الصمام بإيقاف الأسطوانة داخل مدى الشوط مكبس الاسطوانة. يتم تشغيل الصمام كالتالي:

- توصيل الإشارة الهوائية لفتحة التحكم ١٢ يؤدي إلى تدفق الهواء من ١ إلى ٢.
- توصيل الإشارة الهوائية لفتحة التحكم ١٤ يؤدي إلى تدفق الهواء من ١ إلى ٤.
- في حالة غياب الإشارتين من فتحتي التحكم يتوقف مكبس الصمام في وضع مركزي بواسطة زنبرك العودة.
- عندما يكون **وضع الصمام الأوسط مغلقا** تتوقف الأسطوانة داخل مدى شوط مكبس الاسطوانة
- عندما يكون **وضع الصمام الأوسط مضغوطا** تتقدم الأسطوانة بقوة منخفضة.
- عندما يكون **وضع الصمام الأوسط مفرغا** يصبح مكبس الأسطوانة حر التحرك عند التاثير عليه باي قوة خارجية.

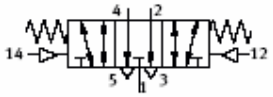




الوضع الأوسط: مغلق



الوضع الأوسط: مضغوط



الوضع الأوسط: مفرغ

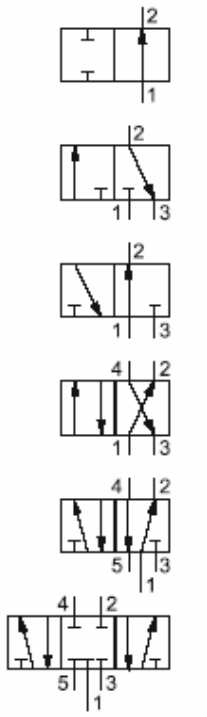
الشكل٢ -٤٨ صمام اتجاهي ٣/٥ يعمل بإشارتين هوائيتين من الجانبين

5/3-Way Valve, Pneumatically Actuated, Both Sides

رموز و تسمية الصمامات التوجيهية:

عدد أوضاع الصمام

عدد الوصلات (الفتحات)



- صمام توجيهي ٢/٢ مفتوح في الوضع العادي
- صمام توجيهي ٢/٣ مغلق في الوضع العادي
- صمام توجيهي ٢/٣ مفتوح في الوضع العادي
- صمام توجيهي ٢/٤.
- صمام توجيهي ٢/٥
- صمام توجيهي ٣/٥. الوضع الأوسط مغلق.

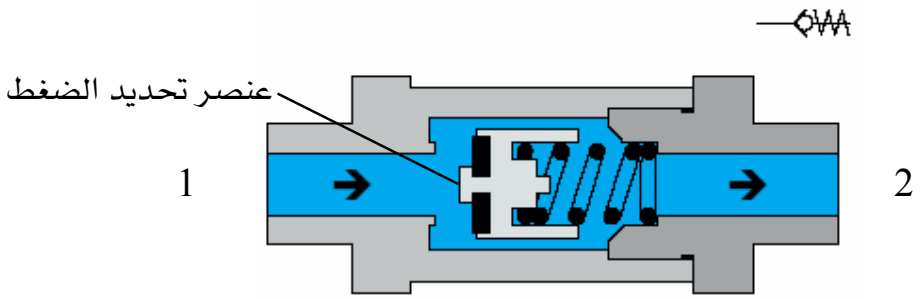
الشكل ٢ -٤٩ رموز الصمامات التوجيهية

٥ -٣ الصمامات اللارجعية

٥ -٣ -١ الصمام اللارجعي Non-return Valve:

يقوم بحبس التيار في أحد الاتجاهات(الاتجاه العكسي) و السماح بتدفقه دون إعاقة في الاتجاه الآخر (اتجاه التدفق) (الشكل ٢ -٥٠). تحت تأثير الضغط يتحرك عنصر تحديد الضغط في اتجاه التدفق (من 1 إلى 2) و عندما تتعدى قوة الضغط قوة الزنبرك يتحرك عنصر تحديد الضغط و يسمح بتدفق التيار. عند تأثير الضغط على عنصر تحديد الضغط في اتجاه الحبس (من 2 إلى 1) تتحد قوة الضغط مع قوة الزنبرك و تدفع عنصر تحديد الضغط على قاعدة الصمام و بهذا يبقى الصمام مغلقا.

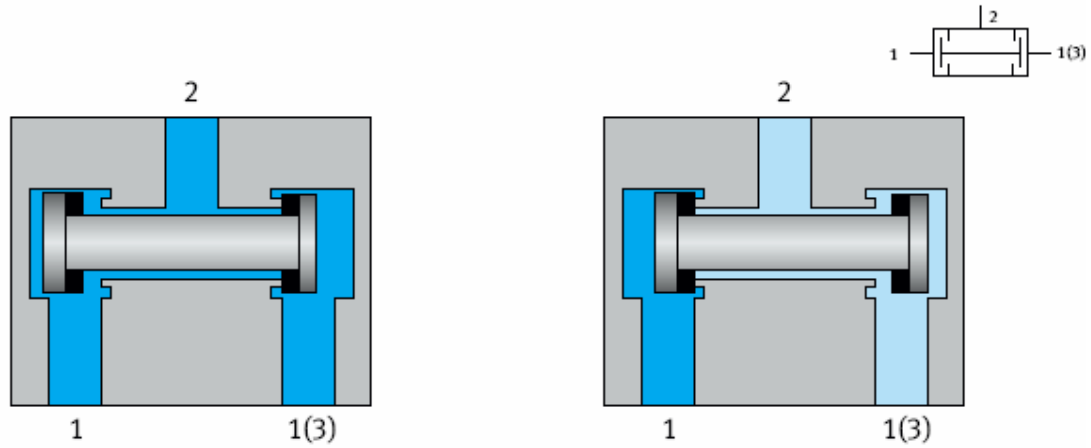
يأخذ عنصر تحديد الضغط أشكالا مختلفة: كرة، مخروط، صفيحة أو غشاء.



الشكل ٢ -٥٠ صمام لا رجعي بزنبرك Non-return Valve

٥ -٣ -٢ صمام الجمع (بوابة واو) Dual-Pressure Valve (AND Function):

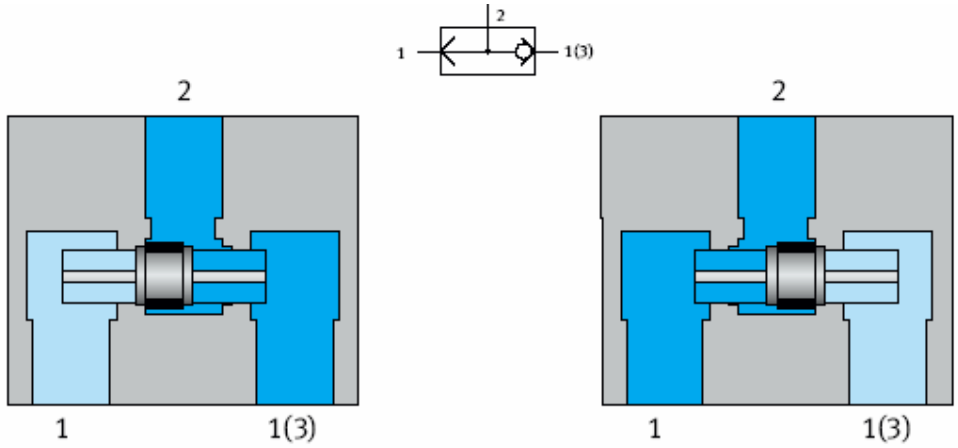
يحتوي على ثلاث فتحات منها مدخلين 1 و 1(3) و مخرج 2 (الشكل ٢ -٥١). عند تواجد إشارتين هوائيتين في كلا المدخلين في آن واحد يعبر تيار التدفق الصمام. وبالتالي لايمكن التحصل على إشارة خروج إلا إذا توفر كلا إشارتي الدخول. إشارة مفردة في مدخل 1 أو 1(3) تحبس التدفق عند انزلاق مكبس الصمام إلى الاتجاه المعاكس. عند تواجد الإشارتين في المدخلين، تعبر الإشارة الأخيرة إلى المخرج. إذا اختلفة قيمة ضغط الإشارتين، تغلق الإشارة الأكبر الصمام و تعبر الإشارة الأصغر إلى المخرج 2. وبالتالي تكون إشارة



الشكل ٢ -٥١ صمام الجمع (بوابة و) Dual-Pressure Valve (AND Function)

٥ -٣ -٣ صمام ترددي (بوابة أو) (الشكل ٢ -٥٢) Shuttle Valve (OR Function):

يمكن من تشغيل الآلات بناء على أي إشارتين مختلفتي المصدر حسب الرغبة. يحتوي الصمام على ثلاث فتحات منها مدخلين 1 و 1(3) و مخرج 2. عند تدفق الهواء من كلا المدخلين 1 أو 1(3) يندفع المنزلق تحت تأثير الهواء المضغوط و تغلق بذلك التوصيلة المقابلة و يتدفق الهواء من المخرج 2. في حالة تواجد ضغطين مختلفين عند توصيلتي المدخلين 1 و 1(3) فتكون توصيلة المخرج 2 متصلة بتلك ذات الضغط الأكبر. يتدفق الهواء العادم من نفس تلك التوصيلة التي دخل منها الهواء المضغوط.

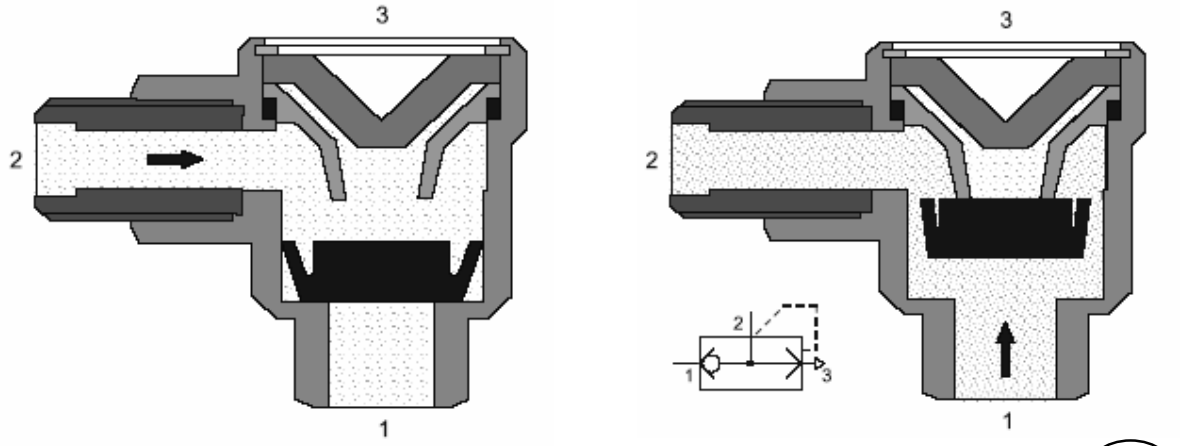


الشكل ٢ -٥٢ صمام ترددي (بوابة أو)
Shuttle Valve (OR Function)

٥ -٣- ٤- الصمام العادم السريع Quick Exhaust Valve:

يستعمل في تفريغ الأسطوانات و خراطيم التوصيل بأقصى سرعة ممكنة (الشكل ٢ -٥٣). يتدفق الهواء المضغوط إلى الأسطوانة من 1 إلى 2 (شكل ١). في هذه الحالة تقوم حلقة الإحكام بغلق الثقب 3 تحت كل من الضغط و تدفق التيار. عند تفريغ الهواء (شكل ٢) يضغط التيار الخارج حلقة الإحكام فوق الفتحة 1 و تغلقها. في هذه اللحظة يندفع العادم في الطريق 2 إلى 3.

يستعمل هذا الصمام لتفريغ الهواء العادم من الأسطوانات و خراطيم التوصيل بأقصى سرعة ممكنة. يخرج العادم من أقصر الطرق له و بمقاومة بسيطة، و حيث أنه لا يوجد صمام توجيهي فإن سرعة مكبس الأسطوانة ترتفع بدرجة عالية جدا.



الشكل٢ -٥٣ صمام عادم سريع
Quick Exhaust Valve

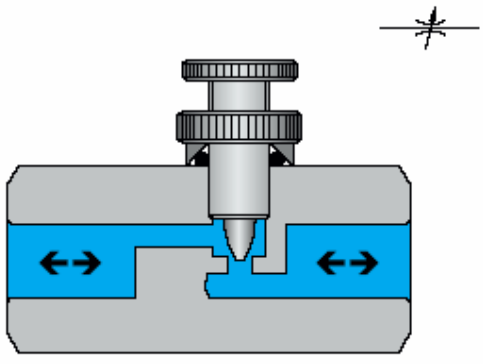
٥ -٤ الصمامات الخانقة Flow Control Valves

٥ -٤ -١ الصمام الخانق القابل للمعايرة Throttle Valve:

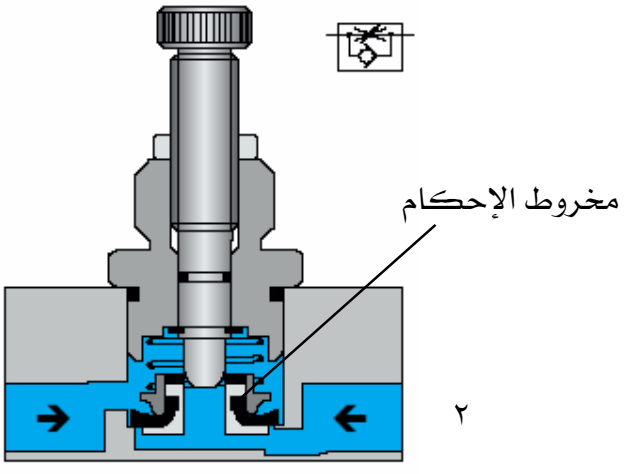
يعمل على ضبط التدفق الحجمي (لتر/الدقيقة) من خلال تغيير مساحة مقطع الصمام عن طريق إدارة مفتاح على شكل قرص دوار يتحكم في الصمام و بالتالي كمية التدفق(الشكل ٢ -٥٤). يمكن استخدام الصمام لكلا اتجاهي التدفق. عند إجراء تمرين لاستعمال هذا الصمام لاحظ تغير ضغط الهواء على جهاز قياس الضغط كلما زاد الخنق وقم بتسجيل الاستنتاجات. يستعمل الصمام الخانق في أغلب الأحيان لضبط سرعة تحرك مكبس اسطوانة.

٥ -٤ -٢ الصمام اللارجعي، خانق، قابل للمعايرة One-Way Flow Control Valve:

يقوم بمعايرة التدفق الحجمي في اتجاه واحد، أما في الاتجاه الآخر (الاتجاه العكسي) فيكون الطريق مفتوحا تماما لتدفق التيار(الشكل ٢ -٥٥). عند إدارة مسمار الخنق يمكن تصغير أو تكبير القاطع العرضي الحلقي عند قاعدة المخروط و عليه فيمكن معايرة التدفق الحجمي في الاتجاه 1 إلى 2. عند مرور التيار في الاتجاه العكسي ينفتح مخروط الإحكام و يسمح بتدفق التيار دون أن يتعرض لأي مقاومة (تشغيل لا رجعي).

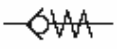
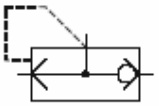


الشكل٢ -٥٤صمام خانق قابل للمعايرة
Throttle Valve



الشكل٢ -٥٥ صمام لا رجعي خانق قابل للمعايرة
One-Way Flow Control Valve

رموز و تسمية الصمامات اللارجعية

- صمام لا رجعي بدون ياي
- صمام لا رجعي بياي 
- صمام ترددي (بوابة أو)
- صمام الجمع (بوابة و)
- صمام التصريف السريع 

الشكل ٢ -٥٦ رموز و تسمية الصمامات

رموز و تسمية الصمامات الخانقة:

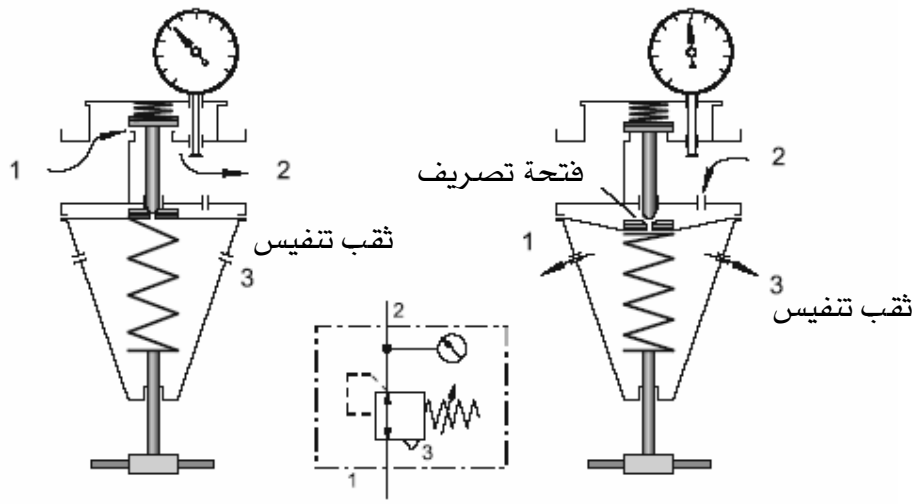
- صمام خانق قابل للمعايرة
- صمام لا رجعي خانق قابل للمعايرة

الشكل٢ -٥٧ رموز و تسمية الصمامات الخانقة

٥ -٥ صمامات الضغط Pressure Valves

٥ -٥ -١ صمام تنظيم الضغط Pressure Regulator:

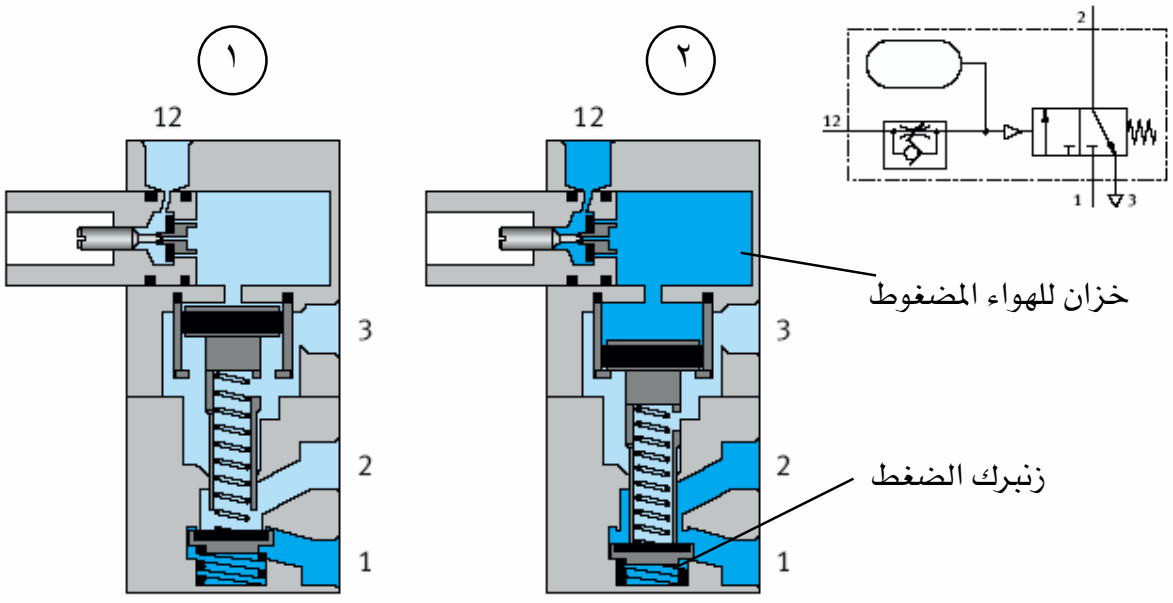
يقوم صمام تنظيم الضغط بتثبيت الضغط عند مخرجه رغم تغير الضغط عند مدخله(الشكل ٢ -٥٨). ويجب أن يكون الضغط عند مدخل الصمام أكبر من الضغط المطلوب عند مخرجه. يتم تنظيم الضغط من خلال غشاء (Diaphragm). يدفع ضغط الخروج على جانب من الغشاء بينما يدفع زنبرك على الجانب المقابل. تضبط قوة الزنبرك بواسطة قرص ضبط. عند ارتفاع ضغط الخروج يتحرك الغشاء جهة الزنبرك فتتقلص فتحة التصريف أو تغلق كليا. ينفتح جزء الغشاء المركزي و يندفع منه الهواء المضغوط إلى المحيط من خلال ثقوب التنفيس على غلاف الصمام. إذا انخفض ضغط الخروج تدفع قوة الزنبرك الغشاء فتفح الصمام أكثر مما يزيد التدفق والضغط في جانب الخروج للوصل إلى الضغط المطلوب. وهكذا ينظم الضغط المضبوط مقدما من خلال انفتاح و انغلاق الصمام بصفة متواصلة. يبين ضغط التشغيل على ساعة مركبة فوق الصمام.



الشكل٢ -٥٨ صمام تنظيم الضغط
Pressure Regulator

٥ -٥ -٢ صمام الإعاقة الزمنية، مغلق في الوضع العادي:
Time Delay Valve, Normally Closed

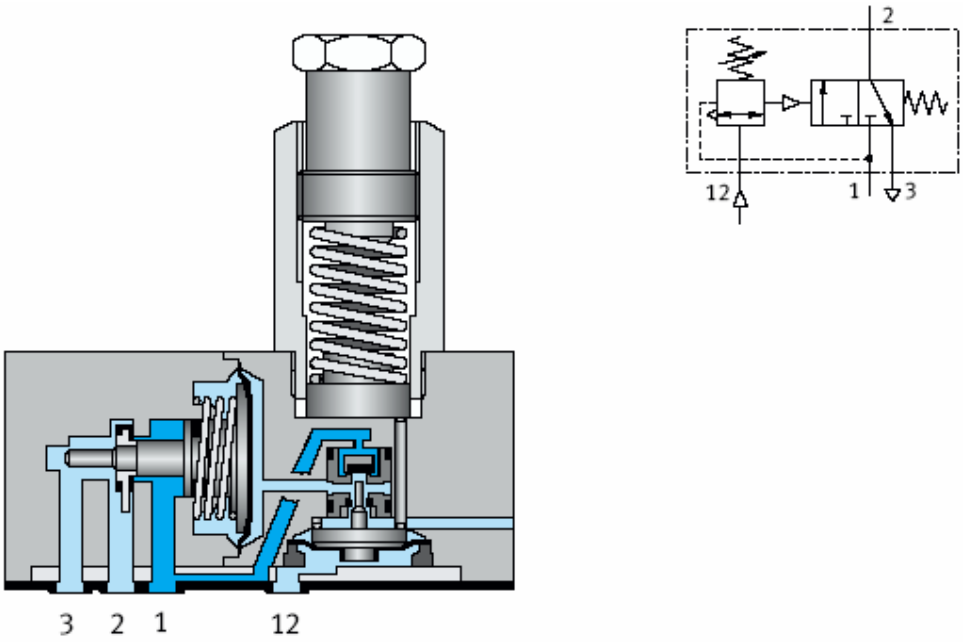
يتكون صمام الإعاقة الزمنية من ثلاثة عناصر نيوماتية و هي: صمام توجيهي ٢/٣ و صمام لا رجعي خانق و خزان للهواء المضغوط(الشكل ٢ -٥٩). في الوضع العادي (الشكل ١) يكون هناك ضغطا عند الفتحة 1 فقط. عند وجود إشارة نيوماتية في فتحة التحكم 12 فسيتدفق الهواء المضغوط خلال الموضع الخانق (الصمام اللارجعي يكون مغلقا) إلى الخزان و إلى الصمام التوجيهي ٢/٣. تتعرض قوة زنبرك الضغط لقوة الضغط في فتحة التحكم و بذلك تمنع سريان التيار من فتحة 1 إلى فتحة 2. يستمر تراكم الهواء المضغوط في الخزان حتى إذا ما تعدت قوته قوة ضغط الزنبرك يتم فتح الصمام التوجيهي و توصيل الفتحة 1 إلى 2 (الشكل ٢). ابتداء من تشغيل الضغط عند فتحة التحكم 12 و حتى تشغيل الصمام التوجيهي ٢/٣ تمر فترة زمنية معينة. عند رفع الضغط عن 12 يتسرب الهواء المضغوط من الخزان عن طريق الصمام اللارجعي و يرجع الصمام التوجيهي إلى وضعه العادي و المغلق. يتفرغ الهواء من الخط 2 عن طريق الفتحة 3.



لشكل ٢ -٥٩ صمام الإعاقة الزمنية، مغلق في الوضع العادي
Time Delay Valve , Normally Closed

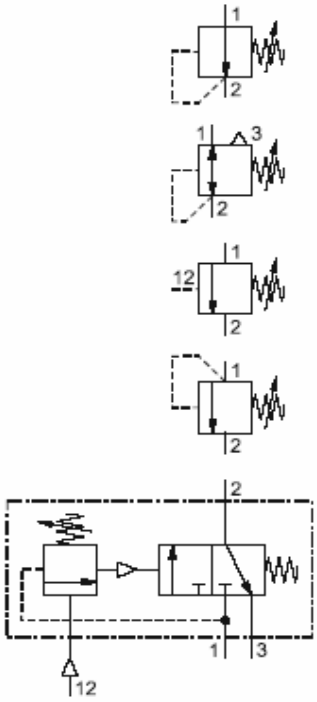
٥ -٥ -٣ صمام ضغط تتابعي: Pressure Sequence Valve

عند ارتفاع الضغط فوق قيمة مضبوطة مقدما في الفتحة السابقة التحكم 12، يتم تشغيل الصمام التوجيهي ٢/٣ و يندفع الهواء المضغوط من الفتحة 2 (الشكل ٢ -٦٠). يرجع الصمام التوجيهي ٢/٣ إلى وضعه العادي عند انخفاض الضغط في الفتحة سابقة التحكم 12 إلى قيمة أقل من قيمة الضغط المضبوطة مقدما.



الشكل ٢ -٦٠صمام ضغط تتابعي
Pressure Sequence Valve

رموز و تسمية صمامات الضغط:



- صمام تنظيم ضغط قابل للمعايرة بدون تصريف خارجي
- صمام تنظيم ضغط قابل للمعايرة بوصلة تصريف خارجية
- صمام تتابعي بوصلة تحكم خارجية
- صمام تتابعي بتصريف
- صمام تتابعي مجمع

الشكل ٢ -٦١ رموز صمامات الضغط

الفصل السادس

نظم التحكم النيوماتية

٦ -١ مدخل

لقد مر معك في الفصل الثالث وصف موجز لمكونات أنظمة التحكم. كما سبق ذكره فأن المكونات الأساسية في نظام التحكم هي:

- مصدر الطاقة Power source
- عناصر الإدخال (المفاتيح والمجسات Sensors)
- عناصر المعالجة (المعالجات Processors)
- عناصر التحكم Control elements
- عناصر العمل (المحثات Actuators)

يبين الشكل ٢ -٦٣ مثالا لرسم تخطيطي لدائرة نيوماتية و الذي يوضح هيكل سلسلة التحكم.

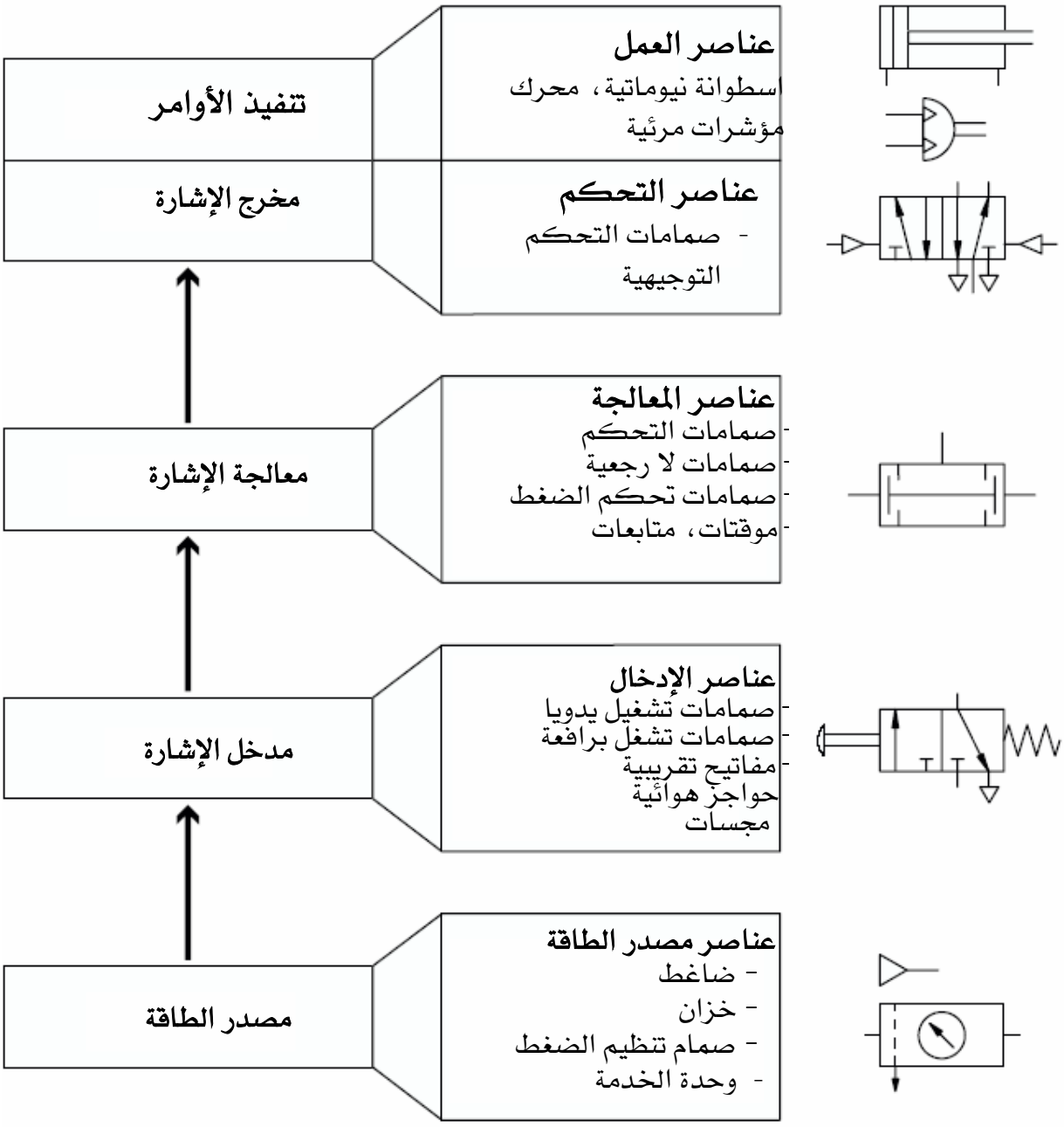
والعناصر، التى يشار إليها برموز توضح بشكل مبسط وظيفة العنصر، و ترقم كل مجموعة كالتالي:

- المجموعة 0: و هي تضم عناصر مصدر الطاقة
- المجموعة 1، 2... تشير إلى سلاسل التحكم الفردية. عندما يكون نظام التحكم مركب و يحتوي على عدة عناصر عمل (اسطوانات) يقسم النظام إلى عدة سلاسل، كل سلسلة تخصص لاسطوانة واحدة. ويخصص رقم لتلك المجموعة الخاص باسطوانة واحدة.

يشار إلى عناصر التحكم بأرقام و حروف حسب ظهورها في كل مجموعة، كما هو مبين في الجدول التالي:

وحدة مصدر الطاقة	0Z1, 0Z2…
عناصر العمل (الاسطوانات....)	1A, 2A…
عناصر التحكم (صمامات التحكم....)	1V1, 1V2…
عناصر إدخال الإشارة (صمامات ،مفاتيح، مجسات...)	1S1, 1S2…

جدول ٢ -١ تسمية العناصرالمختلفة حسب موضعها



الشكل ٢ -٦٢ هيكل نظام التحكم النيوماتي

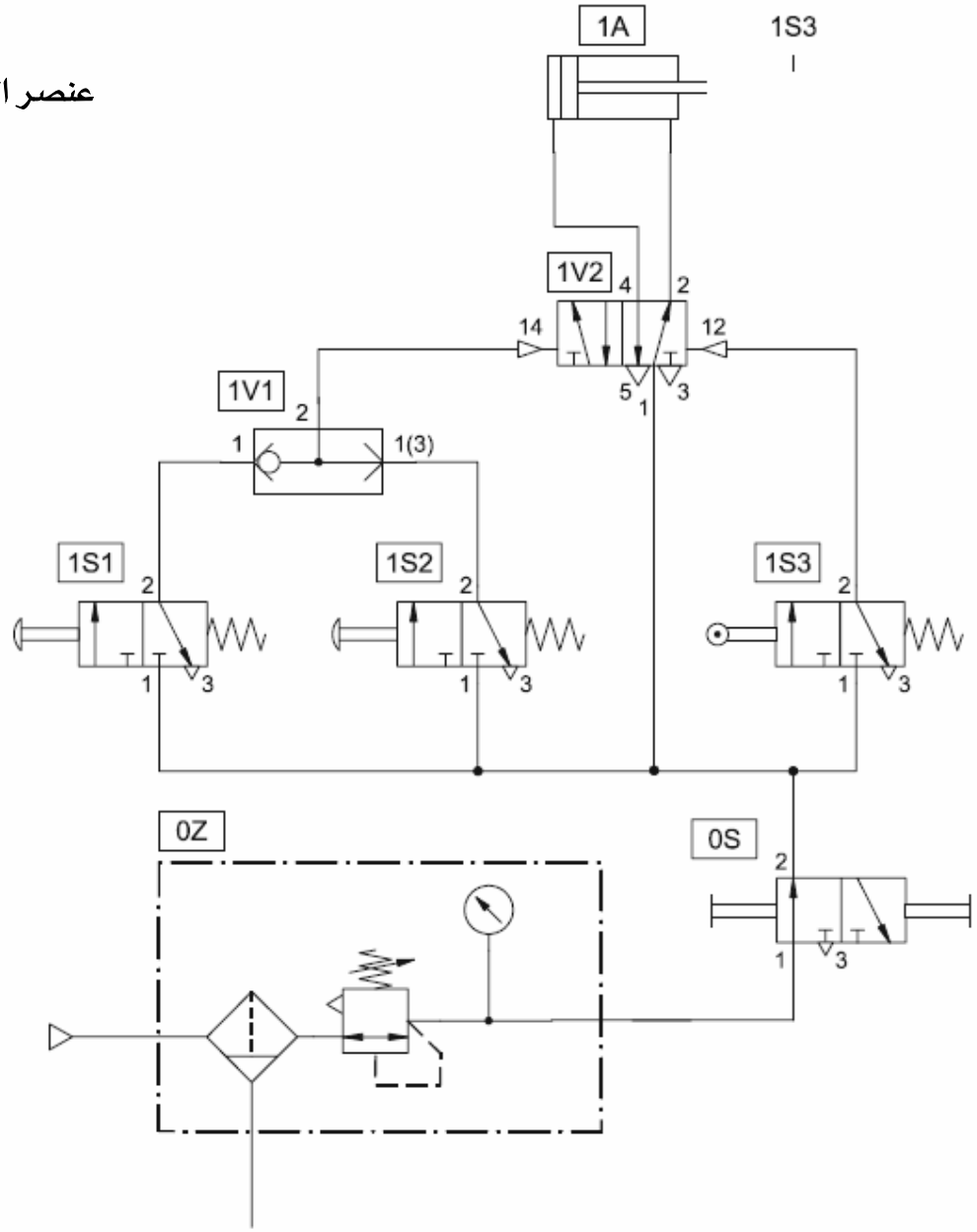
عنصر العمل

عنصر التحكم

عنصر المعالجة

عناصر الدخل

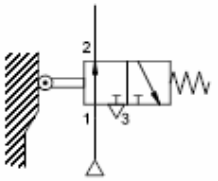
عناصر مصدر الطاقة



الشكل ٢ -٦٣ رسم تخطيطي لدائرة تحكم

قواعد يجب مراعاتها عند رسم الدوائر النيوماتية:

- ترسم الأسطوانات و الصمامات أفقية كلما أمكن ذلك
- تتدفق الطاقة داخل الدائرة من الأسفل إلى الأعلى
- يستخدم الرمز المبسط لمصدر الطاقة
- ترسم الصمامات في وضعها العادي. تمثل العناصر المشغلة في الوضع الابتدائي بكامة و تربط التوصيلات بالوضع المشغل كما هو مبين في الشكل التالي:



- ترسم خطوط الأنابيب بدون تقاطع كلما أمكن ذلك.

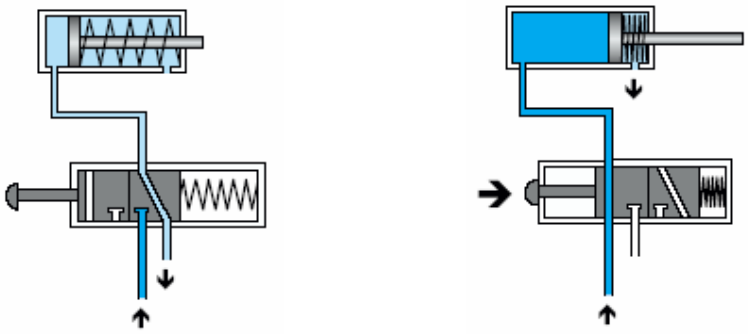
٦ -٢ التحكم المباشر في الدوائر النيوماتية ذات الأسطوانة واحدة

إن أبسط أشكال التحكم في الأسطوانة أحادية الفعل أو الأسطوانة ثنائية الفعل هو التحكم المباشر. في هذا النوع من التحكم تشغل الأسطوانة مباشرة عن طريق صمام تحكم توجيهي ذو تشغيل يدوي أو ميكانيكي بدون أي صمام وسيط بينهما. وهذه الطريقة تستخدم إذا كانت فتحات الصمام كبيرة و قيمة تدفق الهواء المضغوط من الصمام غير مرتفعة جدا ، ويشترط لذلك ان يكون قطر الأسطوانة أقل من 40 mm وأقطار توصيلات الصمامات أقل من 7mm

٦ -٢ -١ التحكم المباشر في الأسطوانة أحادية الفعل

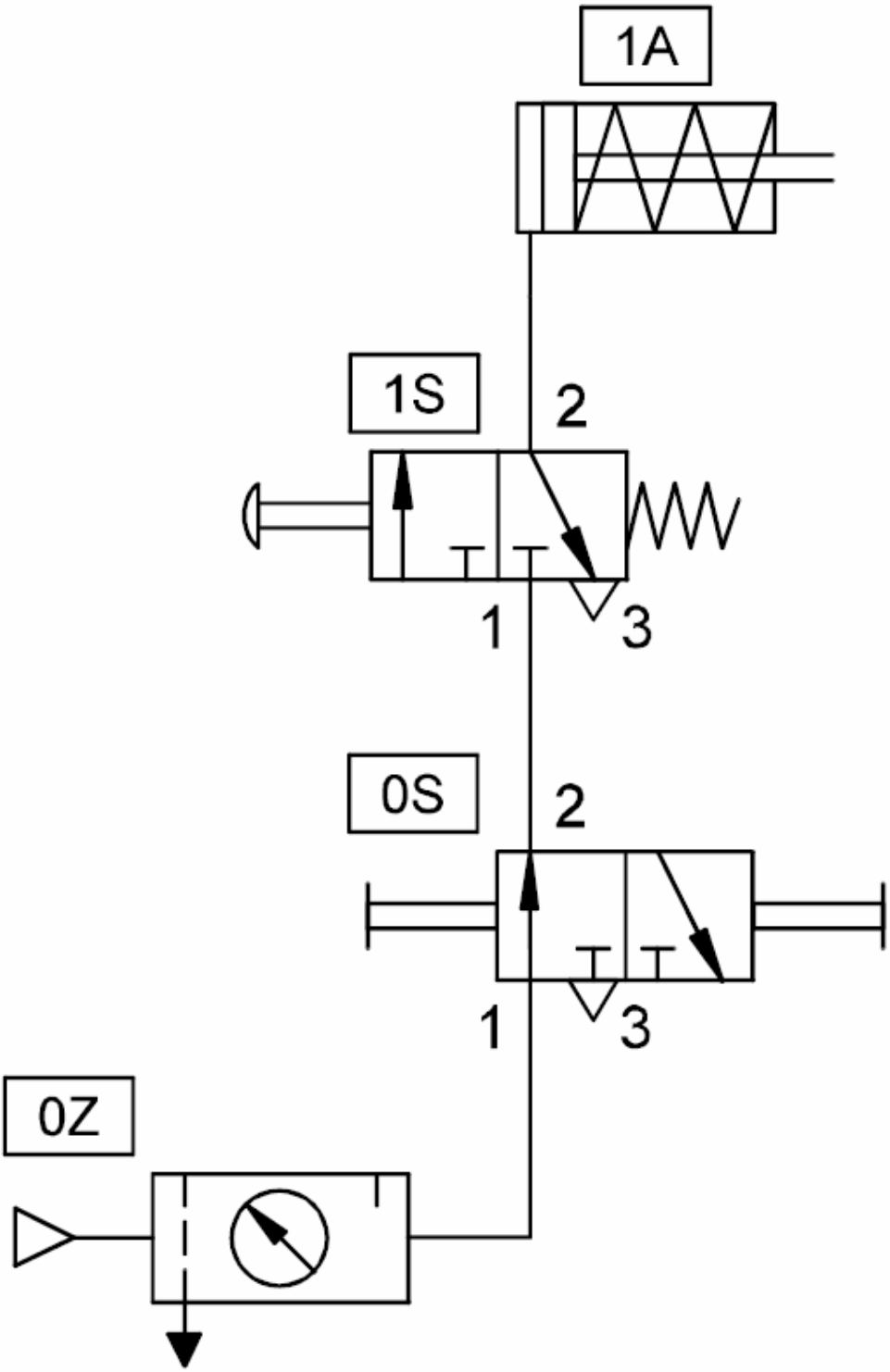
يستعمل صمام توجيهي ٢/٣ للتحكم المباشر في الأسطوانة أحادية الفعل كما هو مبين في الشكل ٢ - ٦٥. بعد توصيل الصمام مع الأسطوانة و قبل تشغيله يكون مكبس الأسطوانة راجعا (الوضع العادي). عند الضغط على زر الصمام يتقدم مكبس الأسطوانة (وضع التشغيل).

١. الوضع العادي ٢. وضع التشغيل



الشكل ٢ -٦٥ التحكم المباشر في أسطوانة أحادية الفعل

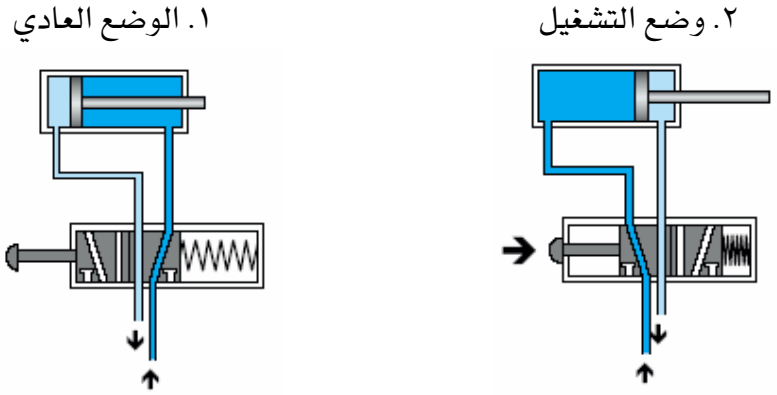
يبين الشكل ٢ -٦٦ رسما لدائرة التحكم النيوماتي في الاسطوانة. عند الضغط على الزر يعبر الهواء المضغوط الصمام 1S من الفتحة ١ إلى الفتحة ٢ و يدخل حجرة مكبس الأسطوانة 1A. يزداد ضغط الهواء ثم يدفع بالمكبس إلى الأمام ضد قوة زنبرك الاسطوانة. عند رفع اليد عن الزر يرجع الصمام إلى وضعه العادي بواسطة الزنبرك و يرجع مكبس الاسطوانة. يرجع الهواء العادم من خلال فتحة الصرف ٣. يشار إلى العناصر التي تظهر مرة واحدة في الدائرة بدون رقم آخر. مثلا، توجد أسطوانة واحدة في الدائرة ويشار إليها باسم 1A. أضيف إلى الرسم هذه الدائرة و كما يضاف إلى جميع الدوائر اللاحقة، وحدة الخدمة 0Z و صمام بدء التشغيل 0S.



الشكل ٢ -٦٦ رسم دائرة التحكم المباشر في الأسطوانة أحادية الفعل

٦ -٢ -٢ التحكم المباشر في الأسطوانة ثنائية الفعل

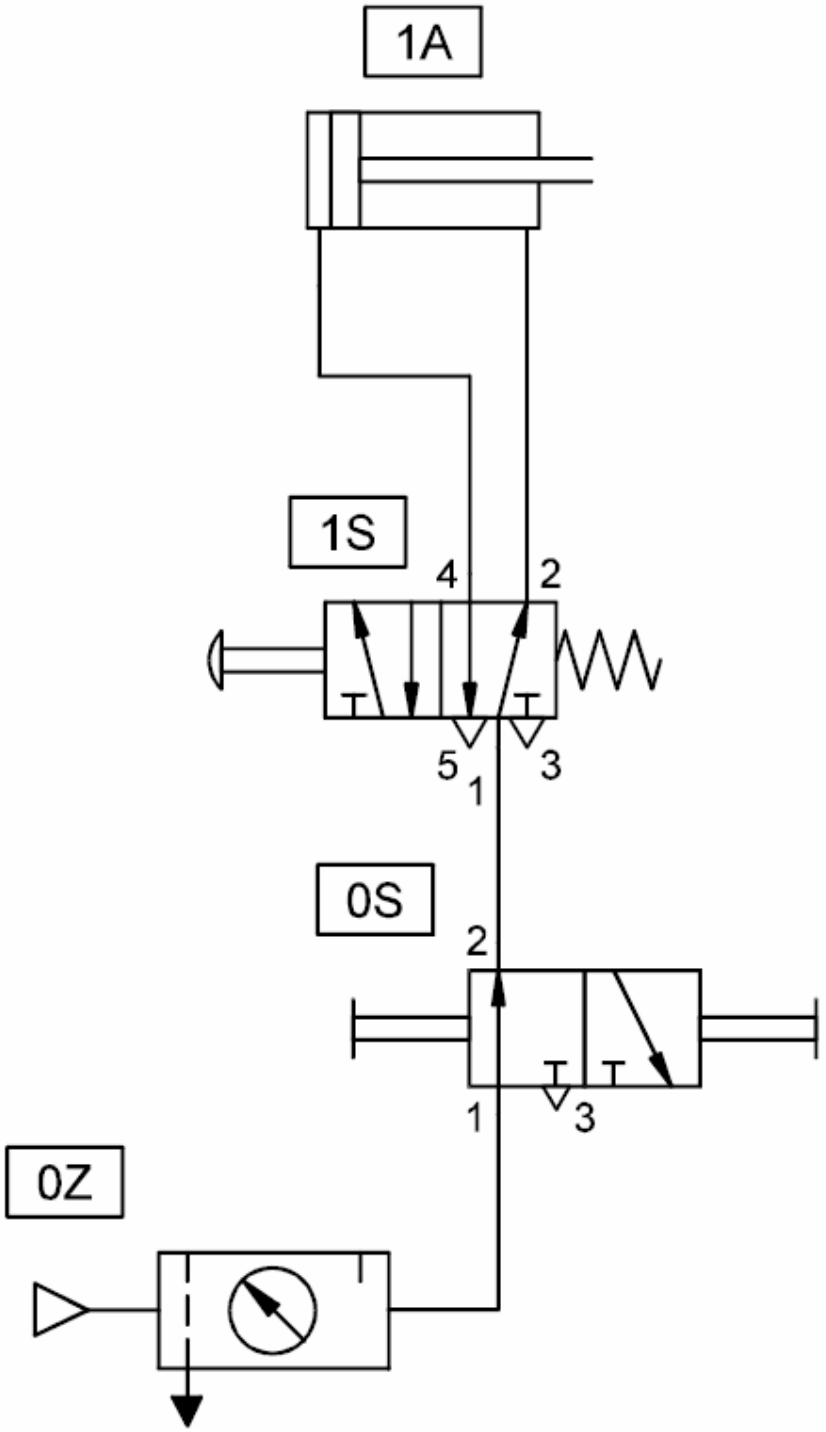
يستعمل الصمام التوجيهي ٢/٥ للتحكم المباشر في الأسطوانة ثنائية الفعل كما هو مبين في الشكل ٢ -٦٧. بعد توصيل الصمام مع الأسطوانة و قبل تشغيله يكون الضغط من جهة ذراع مكبس الأسطوانة و يكون المكبس في نهاية شوط الرجوع (الوضع العادي). عند الضغط على زر الصمام يتقدم مكبس الأسطوانة (وضع التشغيل).



الشكل ٢ -٦٧ التحكم المباشر في أسطوانة ثنائية الفعل

يبين الشكل ٢ -٦٨ رسما لدائرة التحكم المباشر النيوماتي في الأسطوانة ثنائية الفعل. عند الضغط على الزر يعبر الهواء المضغوط الصمام 1S من الفتحة ١ إلى الفتحة ٤ و يدخل حجرة مكبس الأسطوانة 1A. يزداد ضغط الهواء ثم يدفع بالمكبس إلى الأمام ضد قوة زنبرك الاسطوانة. يتدفق الهواء المزاح إلى الهواء الخارجي من فتحتي الصمام ٢ إلى ٣. عند رفع اليد عن الزر، يرجع الصمام إلى وضعه العادي بواسطة الزنبرك و يرجع مكبس الأسطوانة و يخرج الهواء العادم من خلال فتحة الصرف ٥.

عند تحرير الزر، يعكس المكبس اتجاه حركته فورا ليرجع لوضعه الابتدائي. لذلك يمكن تغيير اتجاه الحركة قبل أن يصل المكبس إلى نهاية الشوط. كما أن الصمام التوجيهي ٢/٤ يستعمل للتحكم في الأسطوانة ثنائية الفعل.



الشكل ٢ -٦٨ رسم دائرة التحكم المباشر في الأسطوانة ثنائية

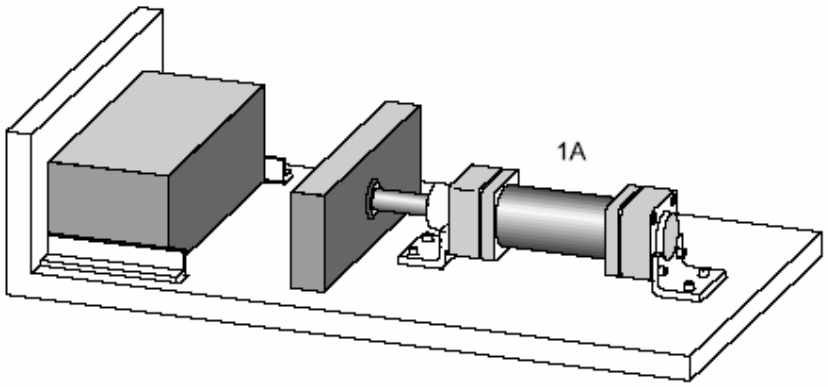
تمرين: يراد تقدم أسطوانة عند الضغط على زر صمام توجيهي ٢/٤. و عند تحرير الزر ترجع الاسطوانة. صمم دائرة تشغيل نيوماتية مباشر لتلك الاسطوانة.

٦ -٣ التحكم غير المباشر في الدوائر ذات الأسطوانة الواحدة

تتطلب الأسطوانات ذات الأقطار الكبيرة ضغطا و تدفقا عاليين وتصبح القوة المطلوبة للتشغيل اليدوي للصمامات عالية جدا. لذلك وحتي يمكن استعمال صمامات تحكم تسمح بعبور معدلات التدفق الكبيرة يجب إنشاء نظام بالتحكم غير المباشر وهو أن يكون تشغيل الصمامات الاساسية بواسطة قوة ضغط الهواء الموجه من صمامات توجيهية أصغر. ومثال ذلك أن صماما توجيهيا يصدر إشارة ،وبقوة كافية، لتشغيل الصمام الاساسي الذي بدوره يعطي القوة الكافية لتشغيل الأسطوانات النيوماتية.

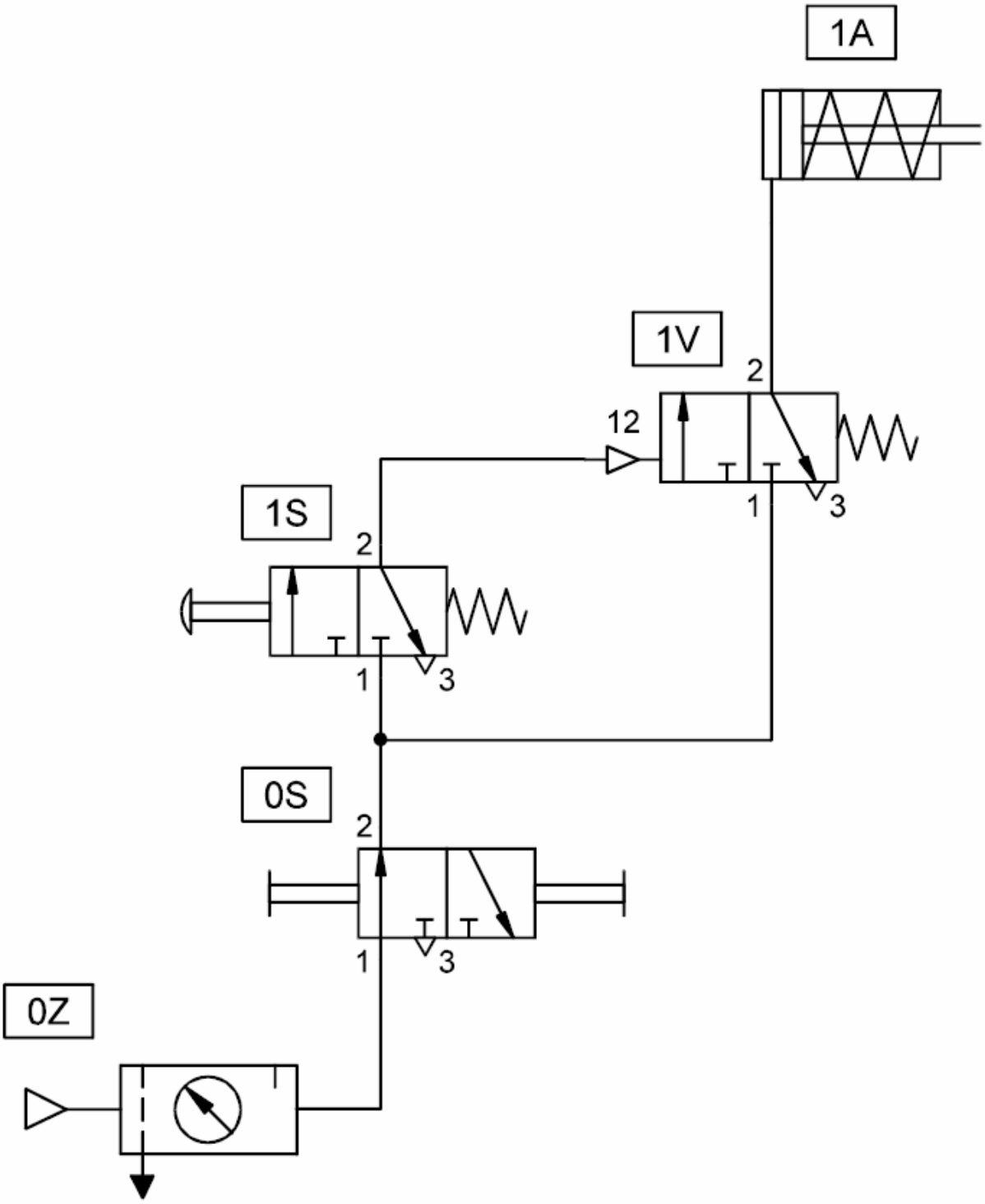
٦ -٣ -١ التحكم غير المباشر في الأسطوانة أحادية الفعل

مثال: تستخدم أسطوانة ذات مكبس قطره كبير لتثبيت شغلة. مطلوب بناء دائرة تحكم بحيث يتقدم المكبس حتى يثبت الشغلة بناء على ضغط زر يدوي (الشكل ٢ -٦٩). ترجع الأسطوانة إلى الوضع الأصلي عند تحرير الزر.



الشكل ٢ -٦٩ تثبيت شغلة باسطوانة أحادية الفعل

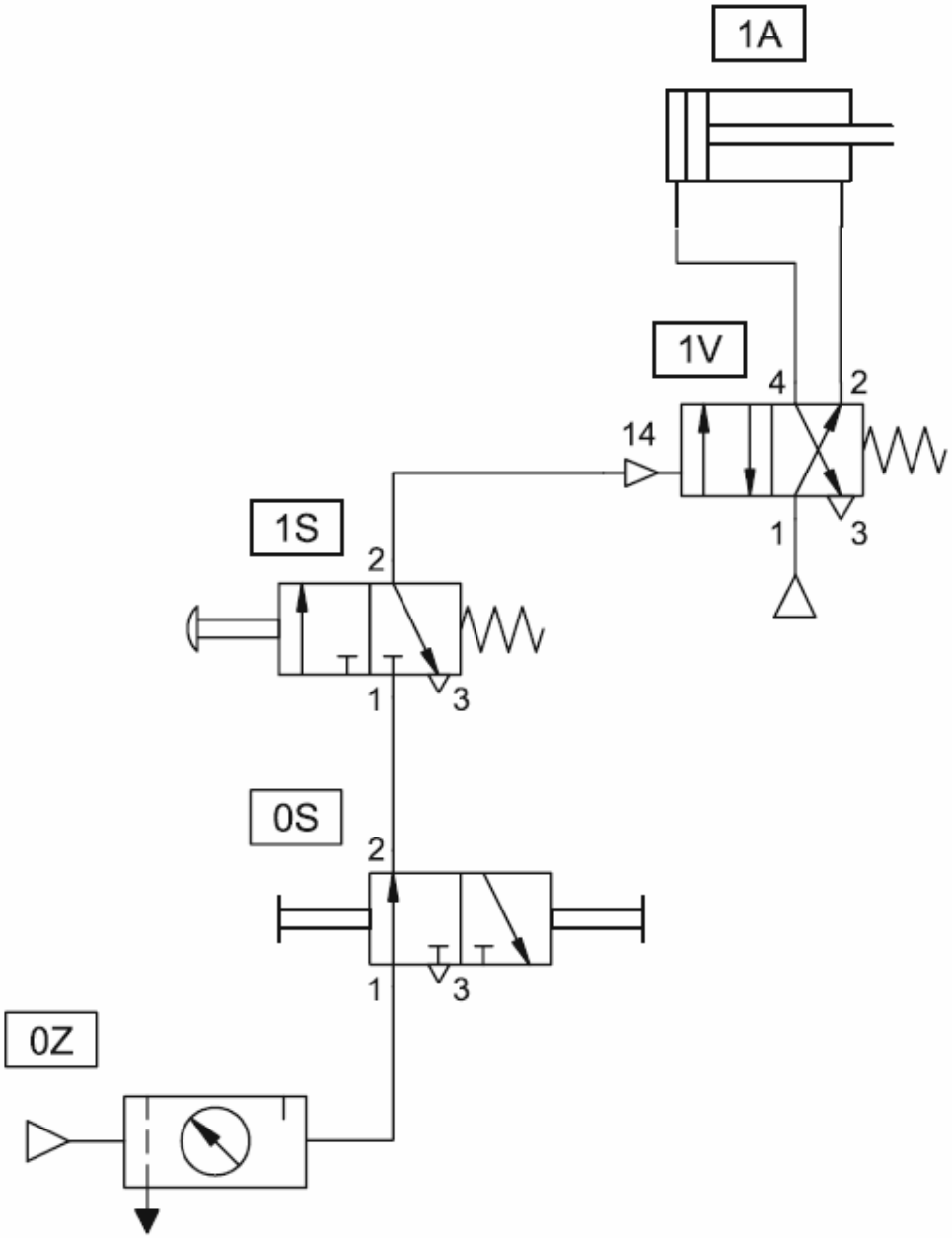
الحل (الشكل ٢ -٧٠): في الوضع الابتدائي يكون مكبس الأسطوانة أحادية الفعل 1A مسحوبا إلى الداخل. يستعمل صمام توجيهي ٢/٣ لتشغيل الاسطوانة. وتكون توصيلة 1 للصمام 1V مغلقة و التوصيلة 2 موصلة إلى الهواء الخارجي عن طريق التوصيلة 3. عند الضغط على زر الصمام 1S يعبر الهواء المضغوط للفتحة ١٢ ليشغل الصمام 1V. يتسبب تجمع الهواء المضغوط داخل حجرة الأسطوانة في تقدم الاسطوانة. تتبقى الإشارة في الفتحة 12 ما دام الزر مضغوطا. بعد وصول المكبس إلى وضعه النهائي، لا يرجع إلا بعد رفع اليد عن الزر. عند رفع اليد عن الزر يرجع الصمام 1S إلى وضعه العادي. تفرغ التوصيلة 12 للصمام 1V إلى الهواء الخارجي و يرجع الصمام 1V كذلك إلى وضعه العادي. ترجع الأسطوانة و يتفرغ الهواء من حجرتها إلى الهواء الخارجي من خلال صمام التحكم 1V.



الشكل ٢ -٧٠ رسم دائرة التحكم غير المباشر في الأسطوانة أحادية

٦ -٣ -٢ التحكم غير المباشر في الأسطوانة ثنائية الفعل

عند دفع زر الصمام 1S (الشكل ٢ -٧٢) يعبر الهواء المضغوط لفتحة 14 الخاصة بالصمام 1V فيتغير وضع الصمام. ثم يتقدم مكبس الأسطوانة 1A. تتبقى الإشارة في الفتحة 14 ما دام الزر مدفوعا. عند رفع اليد عن الزر يرجع الصمام 1S إلى وضعه العادي. تفرغ التوصيلة 14 للصمام 1V إلى الهواء الخارجي و يرجع الصمام 1V كذلك إلى وضعه العادي. عند رفع اليد عن الزر يعكس المكبس اتجاه حركته فورا ليرجع لوضعه الابتدائي. لذلك يمكن تغيير اتجاه الحركة قبل أن يصل المكبس إلى نهاية وضعه.



الشكل ٢ -٧١ رسم دائرة التحكم غير مباشر في الأسطوانة ثنائية الفعل

تمرين: يراد التحكم غير مباشر في أسطوانة ثنائية الفعل. تتقدم الأسطوانة عند الضغط على زر صمام توجيهي ٢/٣. عند رفع اليد عن الزر ترجع الاسطوانة. صمم الدائرة النيوماتية اللازمة.

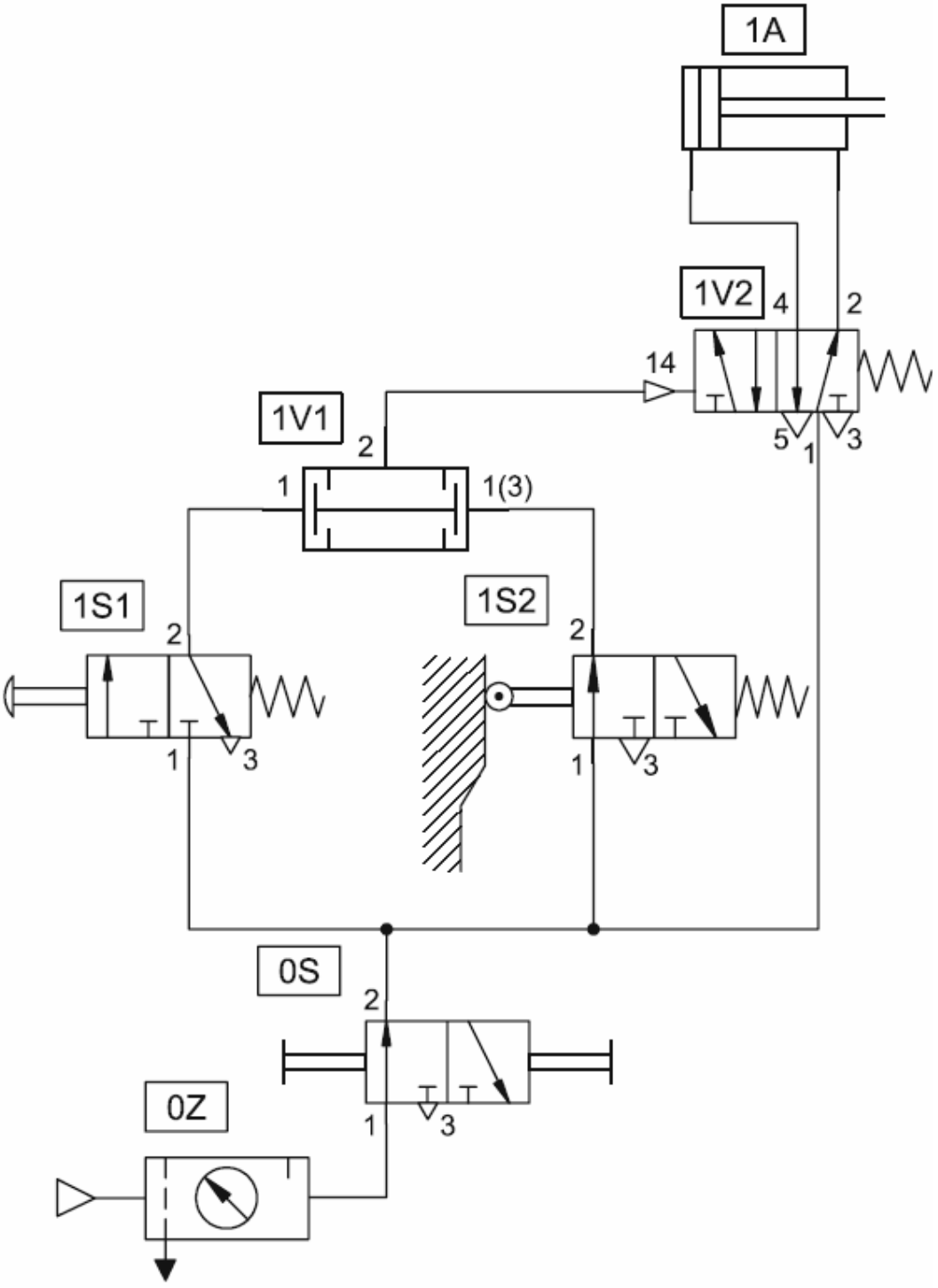
٦ -٤ تطبيقات الصمامات المنطقية: AND و OR

يعمل صمام الجمع بالعملية المنطقية "و" (AND) و له مدخلين و مخرج واحد. يشترط تواجد الإشارتين في المدخلين 1 و (3)1 في آن واحد لكي تحصل الإشارة في المخرج 2.
يعمل الصمام الترددي بالعملية المنطقية "أو" (OR) و له كذلك مدخلين و مخرج واحد. يشترط تواجد إشارة واحدة في إحدى الدخلين 1 أو (3)1 للحصول على إشارة خرج في الفتحة 2.

٦ -٤ -١ التشغيل بالعنصر المنطقي AND

مثال: المطلوب تقدم أسطوانة ثنائية الفعل عند تشغيل صمام توجيهي ٢/٣ برافعة العجلة 1S2 و كذلك عند الضغط على زر صمام توجيهي ٢/٣، 1S1. عند رفع الضغط على واحد من الزرين ترجع الأسطوانة إلى وضعها العادي.

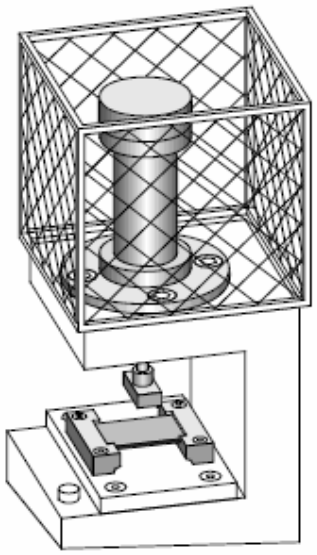
الحل : يوضح الشكل ٢ -٧٢ دائرة تحكم نيوماتية تمثل حلاً للمشكلة اقرأ الدائرة جيدا، اكتب على ورقة خارجية جميع مكوناتها. تتبع مسار الهواء المضغوط للاوضاع المختلفة للصمامات.
يوصل المدخلين 1 و (3)1 التابعان لصمام الجمع 1V1 إلى فتحتي التشغيل 2 التابعتين للصمامين 1S1 و 1S2. يشغل الصمام ٢/٣ ذا رافعة العجلة، 1S2 ، بوضع شغلة لإنشاء إشارة عند دخل واحد لصمام الجمع 1V2. فإن شرط AND ليس متوفرا وبالتالي يبقى خرج صمام الجمع مغلق. عند دفع زر الصمام التوجيهي ٢/٣، 1S1، تنشأ إشارة عند دخل 2 لصمام الجمع. هنا يعمل الصمام التوجيهي ٢/٥، 1V2، و يتقدم مكبس الأسطوانة 1A. إذا رفع التشغيل عن واحد من الصمامين 1S1 أو 1S2، يلغى شرط AND و يرجع صمام التحكم إلى وضعه العادي. يتفرغ هواء فتحة الإشارة 14 الخاصة بصمام التحكم 1V2إلى الهواء الخارجي من خلال إحدى الصمامين 1S1 أو 1S2. يرجع صمام التحكم 1V2 إلى وضعه العادي متسببا في رجوع مكبس الاسطوانة.



الشكل ٢ -٧٢ دائرة التحكم بصمام الجمع. عملية AND.

تمرين: يمكن أداء نفس عملية التحكم السابقة بصمامين ٢/٣ متتاليين. صمم الدائرة النيوماتية اللازمة:.

تمرين: يراد تشغيل شغلة محمية داخل واقٍ (الشكل ٢ -٧٣). لا تتقدم الأسطوانة 1A إلا بعد تثبيت الشغلة و إزالة الواقي و الضغط على زر صمام. عند رفع اليد على الزر أو عند رفع الواقي ترجع الأسطوانة إلى وضعها العادي. ارسم الدائرة النيوماتية مبينا أرقام الصمامات و أرقام الفتحات على الرسم.



الشكل ٢ -٧٣ تشغيل شغلة

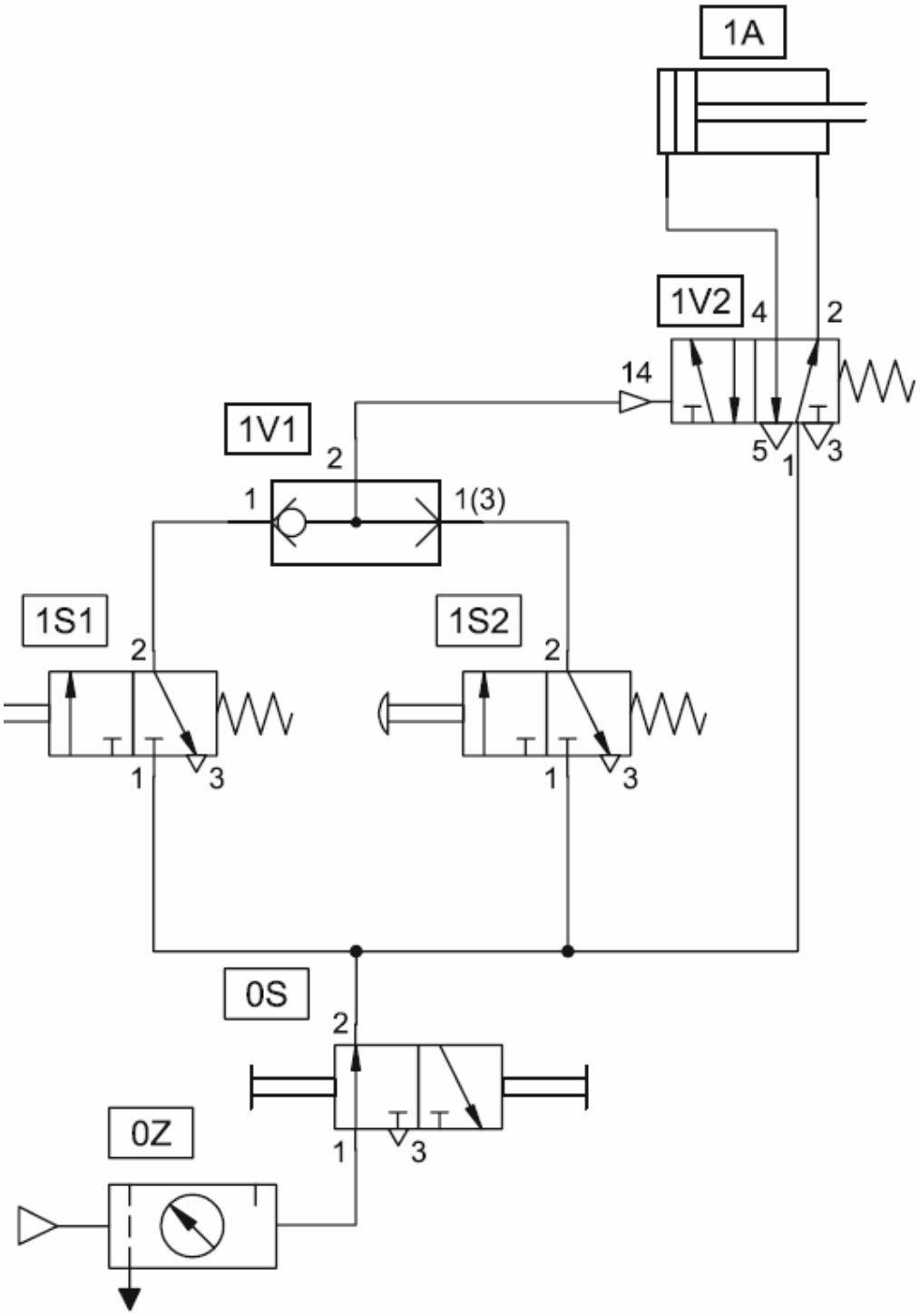
٦ -٤ -٢ التشغيل بالعنصر المنطقي OR

مثال: تتقدم أسطوانة ثنائية الفعل عند الضغط على زر واحد من بين زرين. عند رفع اليد عن الزر ترجع الأسطوانة إلى وضعها العادي.

الحل : يوضح الشكل ٢ -٧٤ دائرة تحكم نيوماتية تمثل حلاً للمشكلة اقرأ الدائرة جيدا، اكتب على ورقة خارجية جميع مكوناتها. تتبع مسار الهواء المضغوط للأوضاع المختلفة للصمامات.

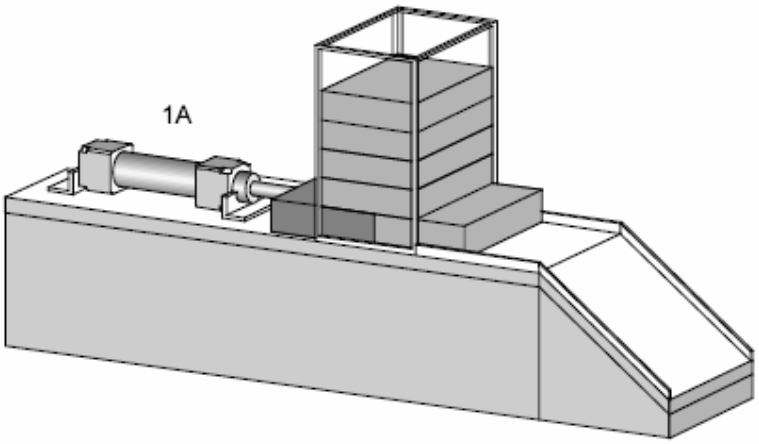
يوصل الدخلين ١ و 1(3) التابعين للصمام الترددي 1V1 إلى توصيلتي التشغيل ٢ التابعتين إلى الصمامين 1S1 و 1S2. عند الضغط عن واحد من الزرين يشغل الصمام المناسب 1S1 أو 1S2 و تنشأ إشارة عند الفتحة ١ أو 1(3) التابعتين للصمام الترددي 1V1. أتم شرط OR و تعبر إشارة الضغط من خلال الصمام الترددي إلى فتحته ٢. يمنع الصمام الترددي الإشارة من الانفلات من خلال فتحة التصريف الخاصة بالصمام غير المشغل. تشغل الإشارة صمام التحكم 1V2 و تتقدم الاسطوانة. عند رفع اليد عن الزر،

تصرف الإشارة من خلال الصمامين 1S1 أو 1S2 ويرجع صمام التحكم 1V1 ومن ثم المكبس إلى وضعها العادي.



الشكل ٢ -٧٤ دائرة التحكم بالصمام الترددي. عملية OR.

تمرين: تستعمل أسطوانة ثنائية الفعل لنقل قطع من مخزن (الشكل ٢ -٧٥). تتقدم الأسطوانة عند الضغط على زر يدوي أو بدال يشغل بالقدم. بعد تقدمها الكامل، ترجع الأسطوانة إلى وضعها العادي. يستعمل صمام توجيهي ٢/٣ لتحسس التقدم الكامل للأسطوانة. ارسم الدائرة النيوماتية مبينا أرقام الصمامات و أرقام الفتحات على الرسم.



الشكل ٢ -٧٥ نقل قطع من خزان

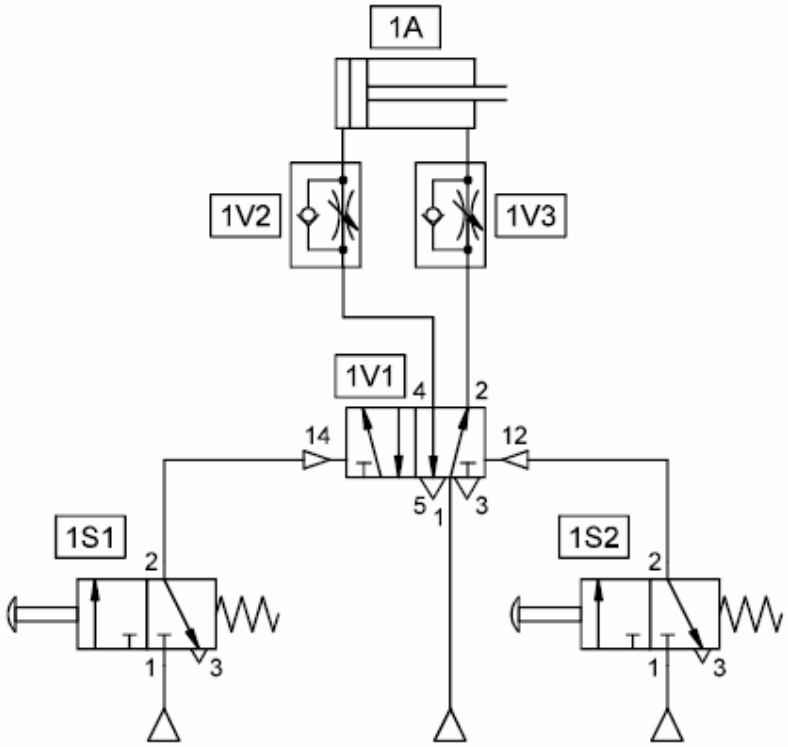
٦ -٥ التحكم في سرعة الأسطوانة

مثال: تتقدم أسطوانة عند الضغط باليد عن زر صمام توجيهي ٢/٣. تبقى الأسطوانة في حالة التقدم إلى أن يشغل صمام اخر. لا يضغط الزر الثاني إلا بعد رفع اليد عن الزر الأول. ترجع الأسطوانة إلى وضعها العادي.و تبقى كذلك إلى أن تعطى لها إشارة جديدة. يجب التحكم بسرعة الأسطوانة في الاتجاهين.

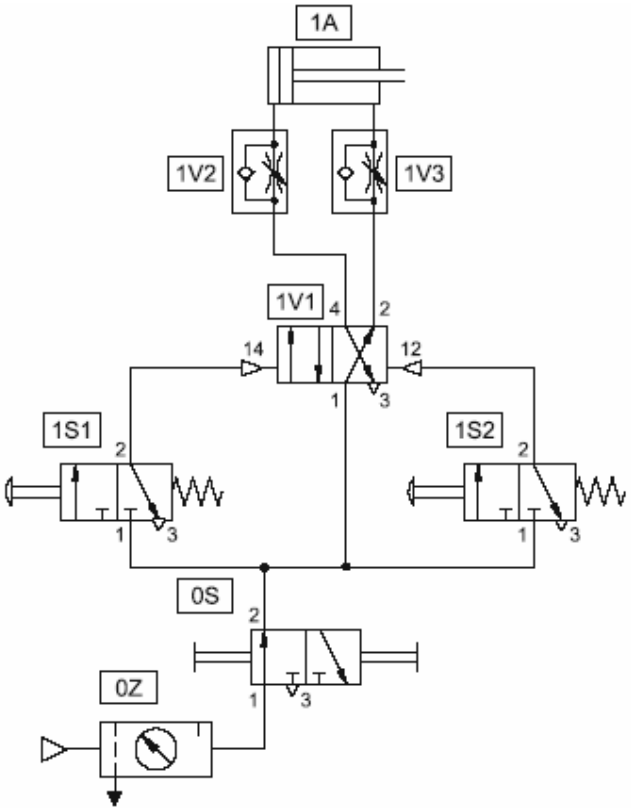
الحل:

يمكن استعمال إحدى الصمامين التوجيهيين ٢/٤ (الشكل ٢ -٧٦) أو ٢/٥ (الشكل ٢ -٧٧). كلا الصمامان يحتفظان بوضعي تشغليهما إلى أن يستقبلا إشارة معاكسة. يقال إن الصمامين ٢/٤ و ٢/٥ ذوي تشغيل بالذاكرة (Memory Function). هذه الخصوصية تعتمد عن الفترة التي تكون الإشارة خلالها موصلة إلى صمام التشغيل. يتحكم صمامي التدفق في سرعة الأسطوانة في الاتجاهين و هما مستقلين عن بعضيهما. وبما أن الهواء المزاح (الهواء الخارج من الاسطوانة) هو الذي يعاق فإن نوع التحكم في السرعة هو التحكم في تدفق الهواء العادم. يوصل عنصر التحكم 1V1 في الوضع الابتدائي بحيث يوجد الهواء المضغوط من جهة ذراع مكبس الأسطوانة و تكون الأسطوانة في وضع الرجوع.

عند الضغط على الزر يعمل الصمام 1S1 ليعطي إشارة لفتحة التحكم ١٤ الخاصة بصمام التحكم 1V1. يعمل الصمام 1V1 و تُضغط الأسطوانة من جهة المكبس لتتقدم. يدخل الهواء المضغوط الأسطوانة من خلال صمام التدفق 1V2 بدون خنق و يصرف من خلال صمام التدفق 1V3 مخنوقا. وبالتالي تقلل سرعة تقدم الاسطوانة. يبقى الصمام 1V1 في وضع التشغيل حتى بعد رفع اليد عن زر صمام 1S1. عند تشغيل الصمام 1S2 تنشأ إشارة في فتحة التحكم 12 الخاصة بصمام التحكم 1V1. يشغل الصمام 1V1 فيدخل الهواء المضغوط الأسطوانة من جهة ذراع المكبس ويرجع المكبس. يصرف الهواء العادم من جهة صمام التدفق 1V2. عند رفع اليد عن زر الصمام 1S2 يبقى صمام التحكم 1V1 محافظا على وضعه.

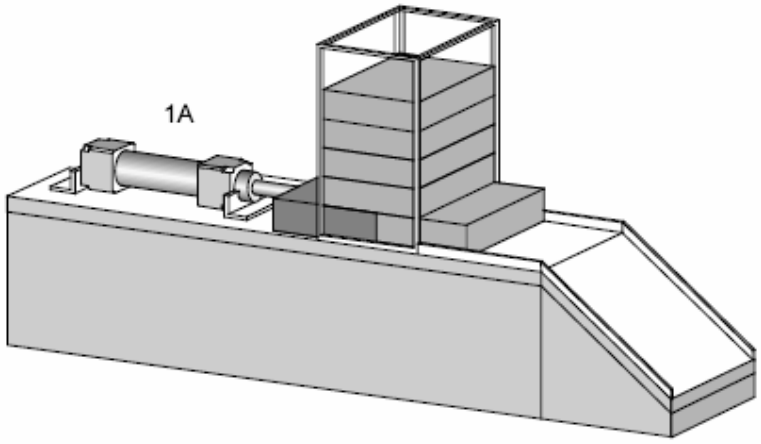


الشكل ٢ -٧٦ دائرة التحكم في سرعة أسطوانة ثنائية الفعل بصمام اتجاهي ٢/٥.



الشكل ٢ -٧٧ دائرة التحكم في سرعة أسطوانة ثنائية الفعل بصمام اتجاهي ٢/٤.

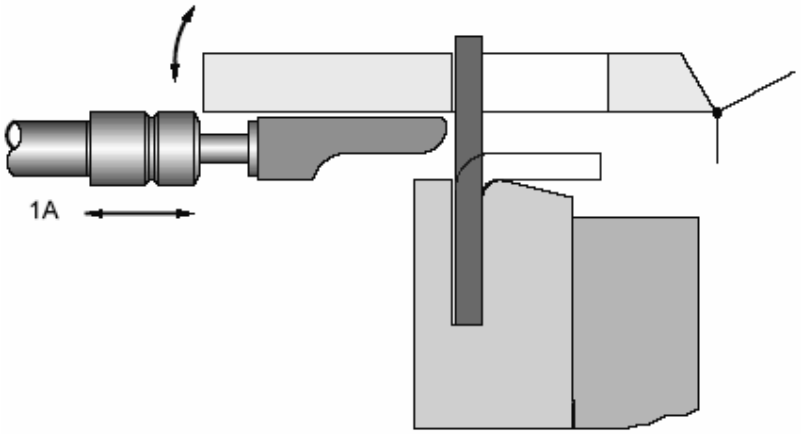
تمرين: تستعمل أسطوانة ثنائية الفعل لنقل قطع من مخزن (الشكل ٢ -٧٨). تتقدم الأسطوانة بشكل كامل عند الضغط على زر يدوي و ترجع أوتوماتكيا. يستعمل صمام توجيهي ٢/٣ مُشغل برافعة العجلة لتحسس التقدم الكامل للأسطوانة. تعمل الأسطوانة تقدمها حتى بعد رفع اليد عن الزر ارسم الدائرة النيوماتية مبينا أرقام الصمامات و أرقام الفتحات على الرسم. يجب التحكم في سرعة الأسطوانة في الاتجاهين. ارسم الدائرة النيوماتية مبينا أرقام الصمامات و أرقام الفتحات على الرسم.



الشكل ٢ -٧٨ نقل قطع من خزان مع التحكم في سرعة الاسطوانة

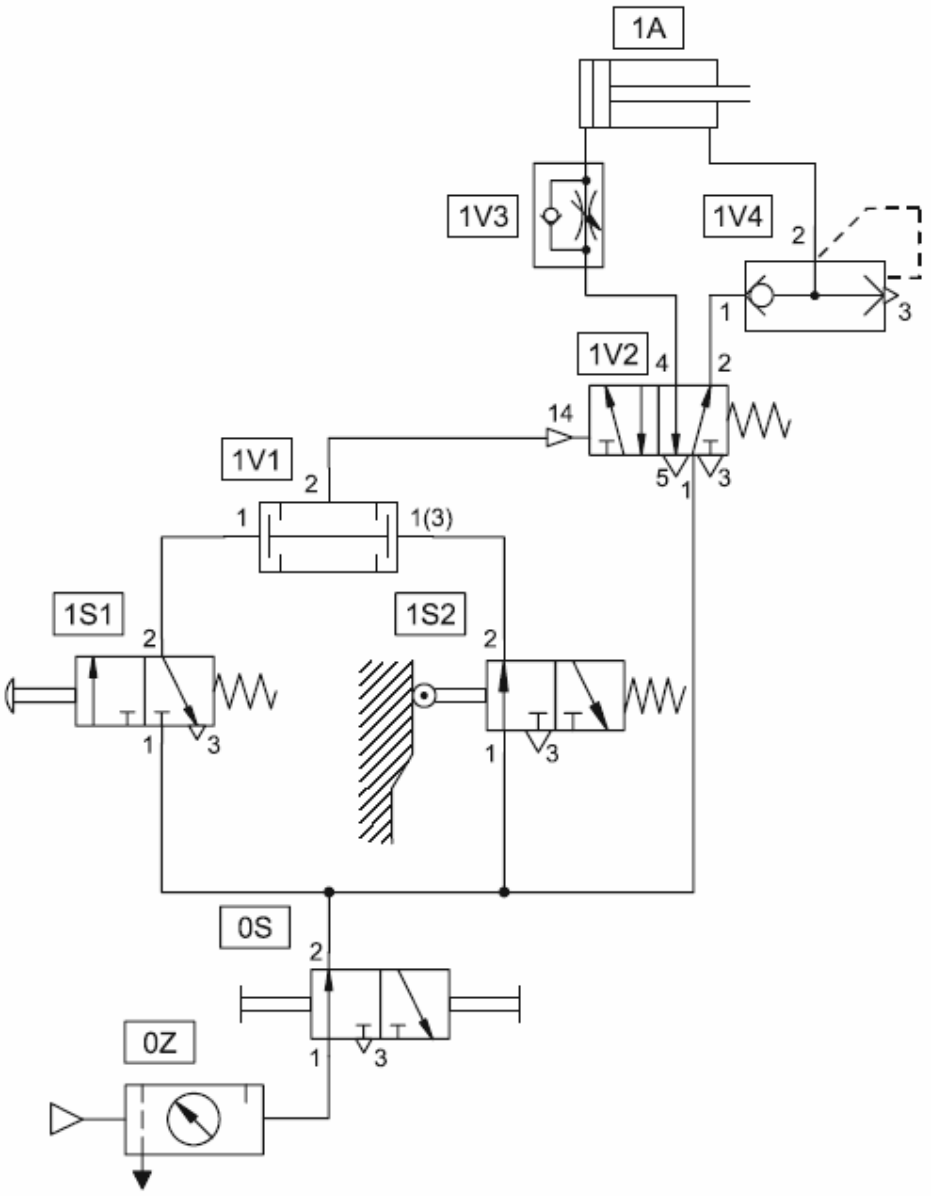
٦ -٦ تطبيقات الصمام العادم السريع

مثال: تحمل أسطوانة ثنائية الفعل عدة تشكيل (الشكل ٢ -٧٩) و تتقدم عند الضغط على زر يدوي و على رافعة العجلة في آن واحد. تستعمل الدائرة الصمام العادم السريع من أجل تقدم سريع للاسطوانة. عند رفع الضغط عن واحد من صمامي التشغيل، ترجع العدة إلى وضعها الابتدائي.



الشكل ٢ -٧٩ مكنة تشكيل

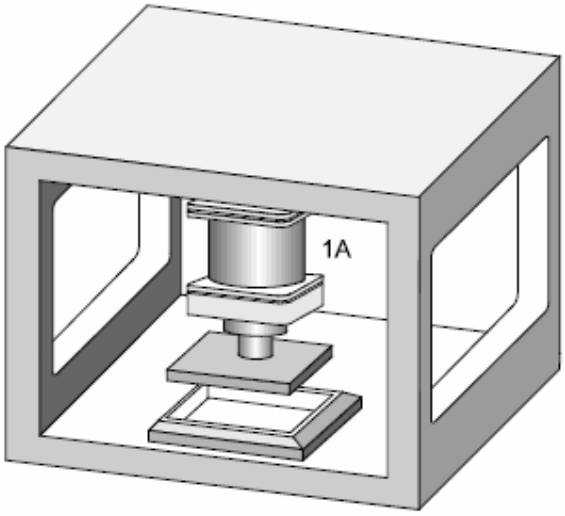
الحل: يقدم الشكل ٢ -٨٠ دائرة تحكم نيوماتية تمثل حلاً للمشكلة اقرأ الدائرة جيدا، اكتب على ورقة خارجية جميع مكوناتها. تتبع مسار الهواء المضغوط للاوضاع المختلفة للصمامات. في الوضع الابتدائي، تدرج شغلة لتشغيل الصمام برافعة العجلة 1S2. كما تكون الفتحة ٣ الخاصة بالصمام العادم السريع مغلقة والضغط موصل للاسطوانة من جانب ذراع المكبس. في هذا الوضع العادي تكون الأسطوانة في حالة الرجوع. عند الضغط على زر الصمام 1S1، تنطبق إشارة على الدخلين ١ و 1(3) التابعين لصمام الجمع 1V1 فينفّذ شرط AND و تعبر الإشارة لفتحة التحكم ١٤ الخاصة بصمام التحكم 1V2. يشغل الصمام 1V2 ويدخل الهواء المضغوط الأسطوانة من جانب المكبس ليتقدم. تغيير وضع الصمام 1V2 يؤدي إلى فقد الضغط عند الفتحة ١ الخاصة بالصمام 1V4. يخرج الهواء المزاح من الأسطوانة خلال تقدمها و يفتح الصمام العادم السريع ليتدفق الهواء مباشرة إلى الهواء الخارجي من خلال الخرج ٣. تتقدم الأسطوانة بسرعة أكبر لأنه لا يوجد صمام آخر في خط التصريف كما أن المواسير قصيرة في هذا الخط. عند رفع الضغط على الصمامين 1S1 أو 1S2، يلغى شرط AND لصمام الجمع 1V1. يرجع صمام التحكم 1V2 إلى وضعه العادي و يغلق الصمام العادم السريع ثم يرجع مكبس الاسطوانة. يستعمل صمام التدفق 1V3 للتحكم في سرعة رجوع الاسطوانة.



الشكل ٢ -٨٠ دائرة التحكم في الأسطوانة ثنائية الفعل حاملة عدة التشكيل

٦ -٧ تطبيقات صمام الضغط التتابعي

مثال: تُعلم شغلة بلاستيكية باستعمال قالب محمول على أسطوانة ثنائية الفعل (الشكل ٢ -٨١). يتقدم القالب لتعليم (وضع علامة أو وسم أو رقم) الشغلة البلاستيكية عند الضغط على زر يدوي. يتم رجوع القالب عند ارتفاع ضغط الهواء داخل الأسطوانة إلى قيمة محددة مسبقا. ضغط التعليم قابل للمعايرة.



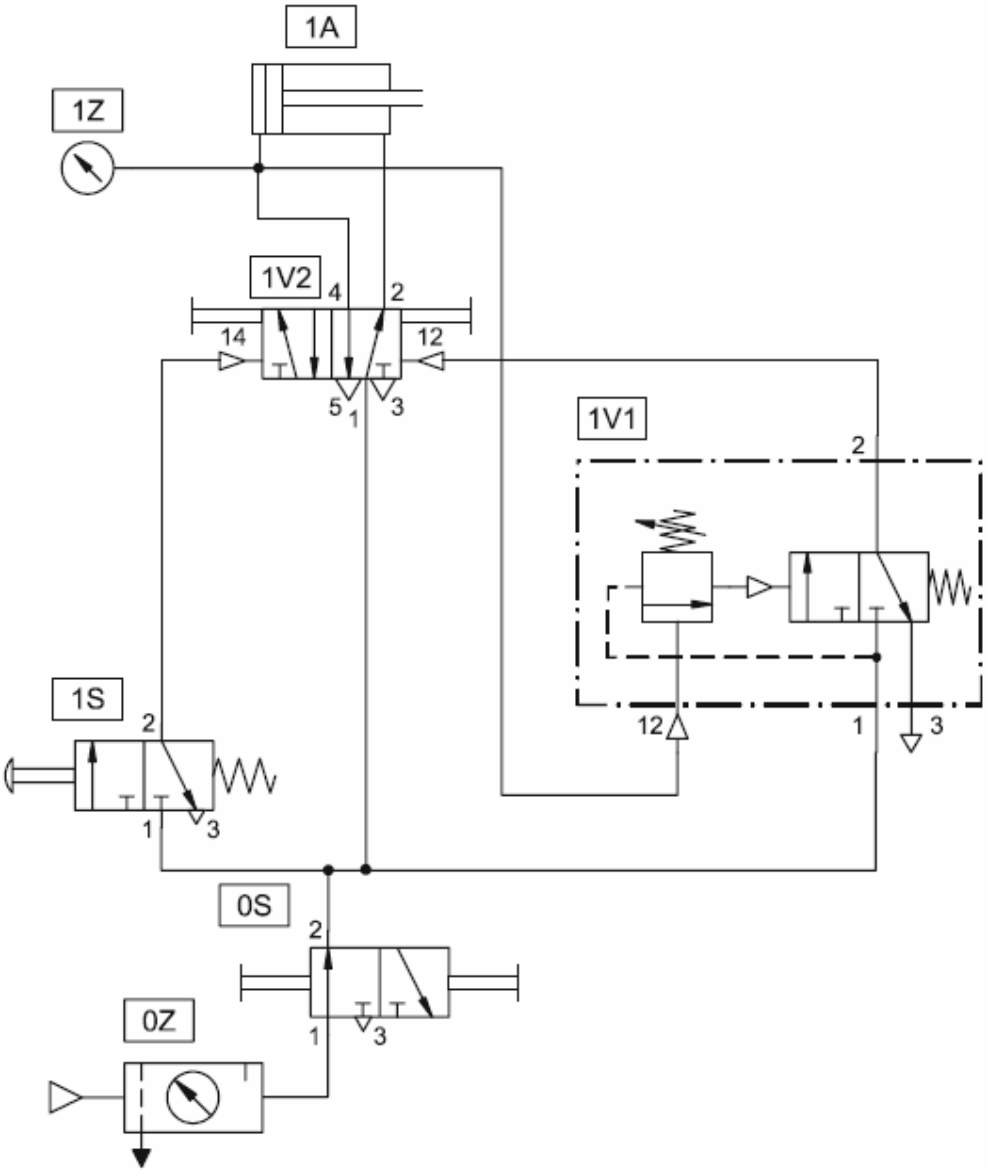
الشكل ٢ -٨١ مكنة تعليم على شغلة

الحل: يقدم الشكل ٢ -٧٢ دائرة تحكم نيوماتية تمثل حلا للمشكلة اقراء الدائرة جيدا، اكتب على ورقة خارجية جميع مكوناتها. تتبع مسار الهواء المضغوط للاوضاع المختلفة للصمامات.

في الوضع الابتدائي، جميع الصمامات غير مشغلة و الهواء المضغوط موصل للاسطوانة بواسطة ذراع المكبس بحيث يبقى المكبس في وضع الرجوع. إذا كان مكبس الأسطوانة في غير وضعه الابتدائي، يجب تشغيل الزر اليدوي التابع للصمام التوجيهي ٢/٥ لإرجاع الدائرة لوضعها الابتدائي. عند الضغط على الزر يشغل الصمام 1S و تمر إشارة إلى فتحة التحكم 14 الخاصة بالصمام السابق التحكم 1V2. يشغّل الصمام 1V2 فيدخل الهواء المضغوط الأسطوانة من جهة المكبس ليتقدم هذا الأخير. إذا رفع الضغط عن زر الصمام 1S يتبقى وضع تشغيل الصمام 1V2 ثابتا. عند وصول ذراع المكبس إلى الشغلة تتوقف الحركة و يبدأ الضغط في الارتفاع من جهة المكبس. يتسبب ارتفاع الضغط في ارتفاع قوة القالب. فتحة التحكم 12 الخاصة بصمام الضغط التتابعي 1V1 موصلة إلى خط الضغط من جهة مكبس

الأسطوانة 1A. عندما تصل قيمة الضغط داخل الأسطوانة إلى القيمة المحددة مسبقا على صمام الضغط التتابعي، يشغّل الصمام التوجيهي ٢/٣. فتتواجد إشارة في فتحة التحكم 12 الخاصة بالصمام 1V2. يشغّل الصمام 1V2 فيعبر الهواء المضغوط إلى جهة ذراع مكبس الأسطوانة فيرجع المكبس.

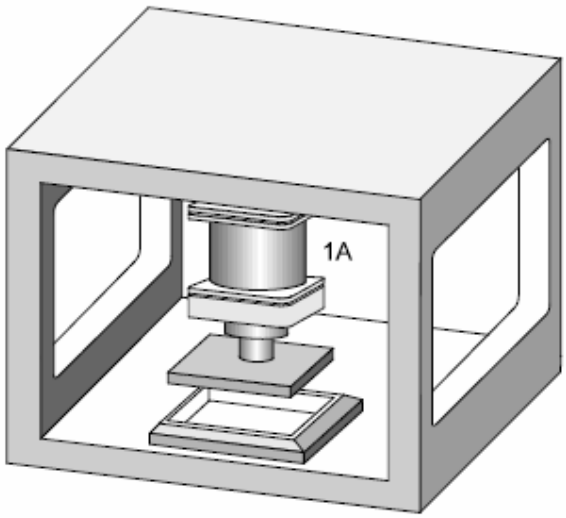
خلال رجوع الأسطوانة يقل الضغط في صمام الضغط التتابعي فيرجع هذا الصمام إلى وضعه الابتدائي. يجب أن يكون الضغط المحدد على صمام الضغط التتابعي أقل من ضغط النظام للحصول على تشغيل موثوق فيه لهذا الصمام.



الشكل ٢ -٨٢ دائرة التحكم في الأسطوانة ثنائية الفعل حاملة قالب النقش

تمرين:

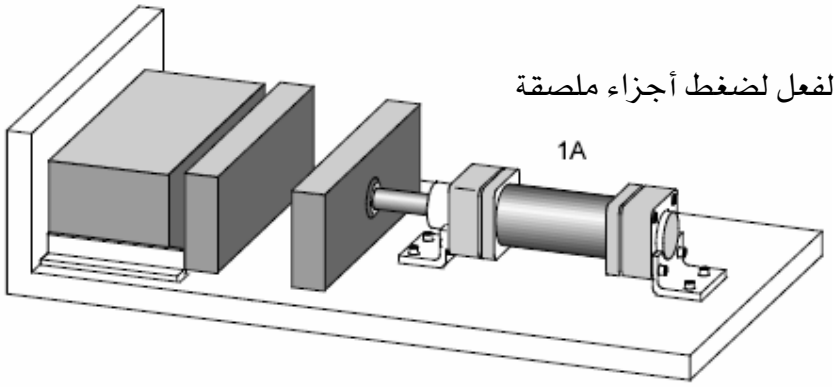
تُعلم شغلة بلاستيكية باستعمال قالب محمول على أسطوانة ثنائية الفعل (الشكل ٢ -٨٣). يرجع القالب عند خروج ذراع مكبس الأسطوانة كاملا و يرفع ضغط الهواء داخل الأسطوانة إلى قيمة محددة مسبقا. يستعمل صمام برافعة وعجلة لكشف الخروج الكامل. تنشأ إشارة رجوع المكبس عندما يصل ذراع المكبس إلى وضع التعليم. يقاس الضغط داخل الأسطوانة بجهاز قياس الضغط. ارسم الدائرة النيوماتية مبينا أرقام الصمامات و أرقام الفتحات على الرسم.



الشكل ٢ -٨٣ ماكينة نقش على شغلة بلاستيكية

٦ -٨ تطبيقات صمام الإعاقة الزمنية Time Delay Valve:

مثال: تستعمل أسطوانة ثنائية الفعل لضغط أجزاء ملصقة (الشكل ٢ -٨٤). عند الضغط على زر يدوي تتقدم أسطوانة التثبيت. وبعد الخروج التام تبقى الأسطوانة ثابتة لمدة زمنية $T = 6$ seconds ثم ترجع مباشرة لوضعها العادي. يجب التحكم في معايرة رجوع الاسطوانة. تبدأ دائرة عمل جديد عندما ترجع الأسطوانة كاملة.



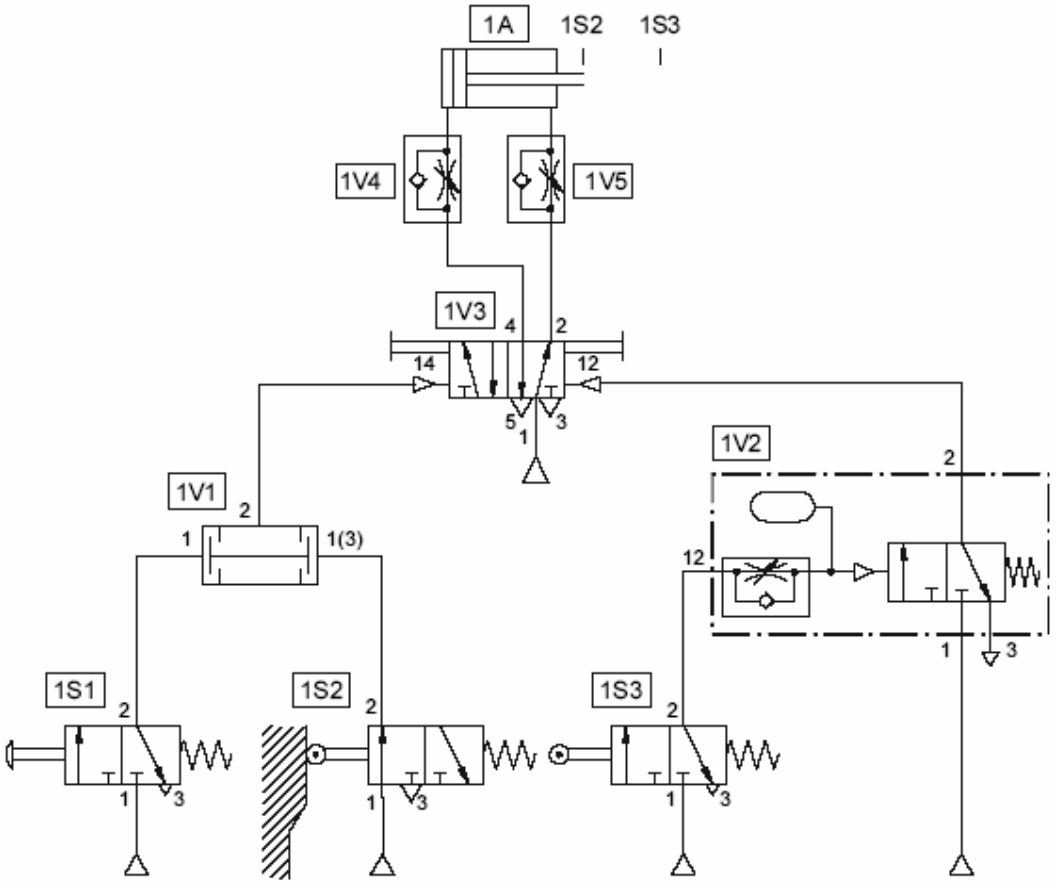
الشكل ٢ -٨٤ أسطوانة ثنائية الفعل لضغط أجزاء ملصقة

الحل : يقدم الشكل ٢ -٨٥ دائرة تحكم نيوماتية تمثل حلا للمشكلة إقراء الدائرة جيدا ،أكتب على ورقة خارجية جميع مكوناتها. تتبع مسار الهواء المضغوط للاوضاع المختلفة للصمامات.

إذا كان مكبس الأسطوانة في غير وضعه الابتدائي، يجب تشغيل الزر اليدوي التابع للصمام التوجيهي ٢/٥ لإرجاع الدائرة لوضعها الابتدائي. حيث جميع الصمامات غير مشغلة ما عدا الصمام برافعة وعجلة 1S2 ، و الهواء المضغوط موصل للاسطوانة من جهة ذراع المكبس بحيث يبقى المكبس في وضع الرجوع. يجب أن يكون الصمامان 1S1 و 1S2 في وضع التشغيل كشرط لبدء التشغيل. يعمل الصمام 1S2 في حالة رجوع الأسطوانة فقط أما عند تقدم الأسطوانة فيرجع الصمام 1S2 إلى وضعه العادي أي وضع عدم التشغيل.

إذا تم شرط بدء التشغيل، يكون صمام الجمع 1V1 مفتوحا للتدفق و يسمح بعبور إشارة إلى الفتحة 14 الخاصة بالصمام 1V3. يتغير وضع الصمام 1V3 ليعبر الهواء المضغوط إلى الأسطوانة فيدفع المكبس إلى الأمام. تعتمد سرعة تقدم الأسطوانة عن معايرة الصمام الخانق 1V5 (تحكم في هواء التصريف). وبعد تقدم الأسطوانة شوطا صغيرا ، يفك ذراع المكبس زر الصمام 1S2.

بعد ذلك، يلغى شرط AND لصمام الجمع 1V1 لتُزال الإشارة في الفتحة 14 الخاصة بالصمام السابق التحكم 1V3 دون أن يغير هذا الأخير وضعه. ولا يؤثر التشغيل الجديد للصمام 1S1 إلى أن يرجع النظام إلى وضعه الابتدائي.



الشكل ٢ -٨٥ دائرة التحكم في الأسطوانة ثنائية الفعل المستعملة في ضغط أجزاء ملصقة

عند وصول المكبس إلى الشغلة، يشغل الصمام 1S3 و يبدأ خزان الهواء التابع لصمام الإعاقة الزمنية 1V2 الامتلاء من خلال الصمام اللارجعي المدمج في 1V2. يعتمد معدل ارتفاع الضغط داخل الخزان محل معايرة الصمام الخانق المدمج في 1V2. عندما يرتفع الضغط، يشغل الصمام ٢/٣ الخاص بالصمام 1V3 و تعبر إشارة إلى التوصيلة 12 الخاصة بصمام التحكم 1V3. يتغير وضع الصمام 1V3 ليعبر الهواء المضغوط لغرفة الأسطوانة جهة ذراع المكبس فيرجع المكبس. تتبع سرعة رجوع المكبس معايرة الصمام الخانق اللارجعي 1V4. خلال رجوع الاسطوانة، يتغير وضع الصمام 1S3 و يفرغ الهواء المضغوط من خزان الصمام 1V2 إلى الهواء الخارجي من خلال الصمام اللارجعي و الصمام 1S3. يؤدي ذلك الى رجوع الصمام ٢/٣ الخاص بالصمام 1V3 إلى وضعه العادي. ثم ترفع الإشارة عن فتحة التحكم

12 الخاصة بالصمام 1V3. عند وصول المكبس إلى وضعه الابتدائي، يعمل الصمام 1S2 ويمكن بدء تشغيل دائرة جديدة.

٦ -٩ تصميم الدوائر النيوماتية المتعددة الاسطوانات

٦ -٩ -١ التحكم في الدوائر متعددة الاسطوانات

عند تصميم الدوائر المتعددة الأسطوانات فإن التعريف الواضح للمشكلة المطروحة مهم جدا. توصف حركة جميع عناصر العمل بمخطط زمني (Displacement diagram). يجب تحديد الشروط الخاصة ببداية عملية التشغيل. بعد تحديد المخطط الزمني والشروط المعينة، يمكن البدء في رسم دائرة التحكم. ترسم الدائرة طبقا للإرشادات المذكورة في الوحدة السابقة. للتمكن من التشغيل الصحيح للدائرة، يجب تجنب تراكب الإشارات، وهو وجود إشارتين في وقت واحد عن فتحتي التحكم التابعة لصمام تحكم بإشارتين نيوماتيتين. يمكن تجنب تراكب الإشارات من خلال استعمال الصمامات التالية:

- صمام برافعة العجلة مع رجوع خامل Roller lever valve with idle return
- صمام الإعاقة الزمنية Time delay valve
- صمام تحكم بإشارتين نيوماتيتين Double pilot valve (Reversing valve)

و المثال التالي، يوضح كيفية استعمال الصمام برافعة العجلة مع صمام التحكم بإشارتين نيوماتيتين.

٦ -٩ -٢ التحكم التتابعي

مثال: يراد نقل قطع من مخزن إلى مزلاق باستخدام إسطوانتين كما هو مبين في الشكل ٢ -٨٦. عند الضغط على الزر تتقدم الأسطوانة الأولى لتدفع القطعة من المخزن وتضعها أمام المكبس الثاني الذي بدوره يدفعها باتجاه المزلاق. بعد نقل القطعة ترجع الأسطوانة الأولى متبوعة بالثانية. وضح أوضاع التقدم الرجوع لكلا الإسطوانتين.

الحل: سوف نستخدم صمامات برافعة العجلة و رجوع خامل التي تكشف أوضاع المكبس عند التقدم و الرجوع. أولا تُعطى إشارة يدوية من خلال الصمام التوجيهي ٢/٣. في الوضع الابتدائي، تكون الاسطوانتين في وضع الرجوع أما الصمامان 2S1 و 1S2 يكونان في وضع التشغيل. يشترط تشغيل الصمام 2S1 و الضغط على زر الصمام 1S1 من أجل أداء دائرة واحدة.

يحصل على حركة الدائرة من خلال و يقسم إلى المراحل التالية:

المرحلة الأولى: 1S1 و 2S1 مشغلين ⟸ تتقدم الأسطوانة 1A
المرحلة الثانية: 1S3 مشغل ⟸ تتقدم الأسطوانة 2A
المرحلة الثالثة: 2S2 مشغل ⟸ ترجع الأسطوانة 1A
المرحلة الرابعة: 1S2 مشغل ⟸ ترجع الأسطوانة 2A
المرحلة الأولى: 2S1 مشغل ⟸ الوضع الابتدائي (Initial position)

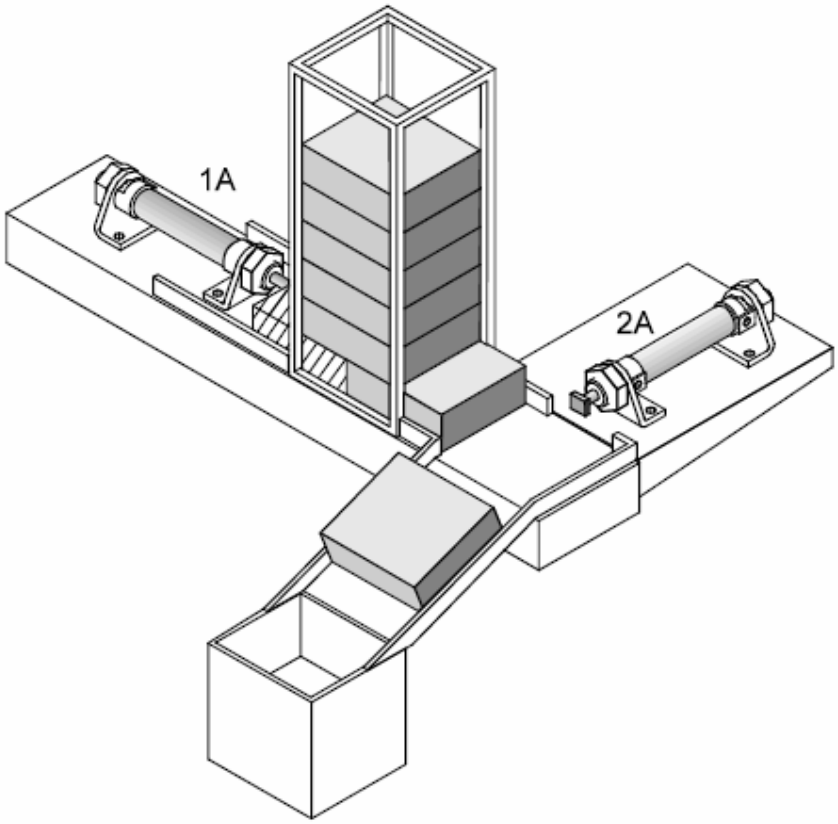
١. عند الدفع على زر الصمام 1S1، يتغير وضع الصمام التوجيهي ٢/٥، 1V2، و يتقدم مكبس الأسطوانة 1A. تدفع القطعة من تحت المخزن.

٢. عند وصول الأسطوانة 1A إلى نهاية شوط تقدمها، يعمل الصمام 1S3. يغير وضع الصمام التوجيهي ٢/٥، 2V، فيتقدم مكبس الأسطوانة 2A. تدفع القطعة اتجاه المزلاق.

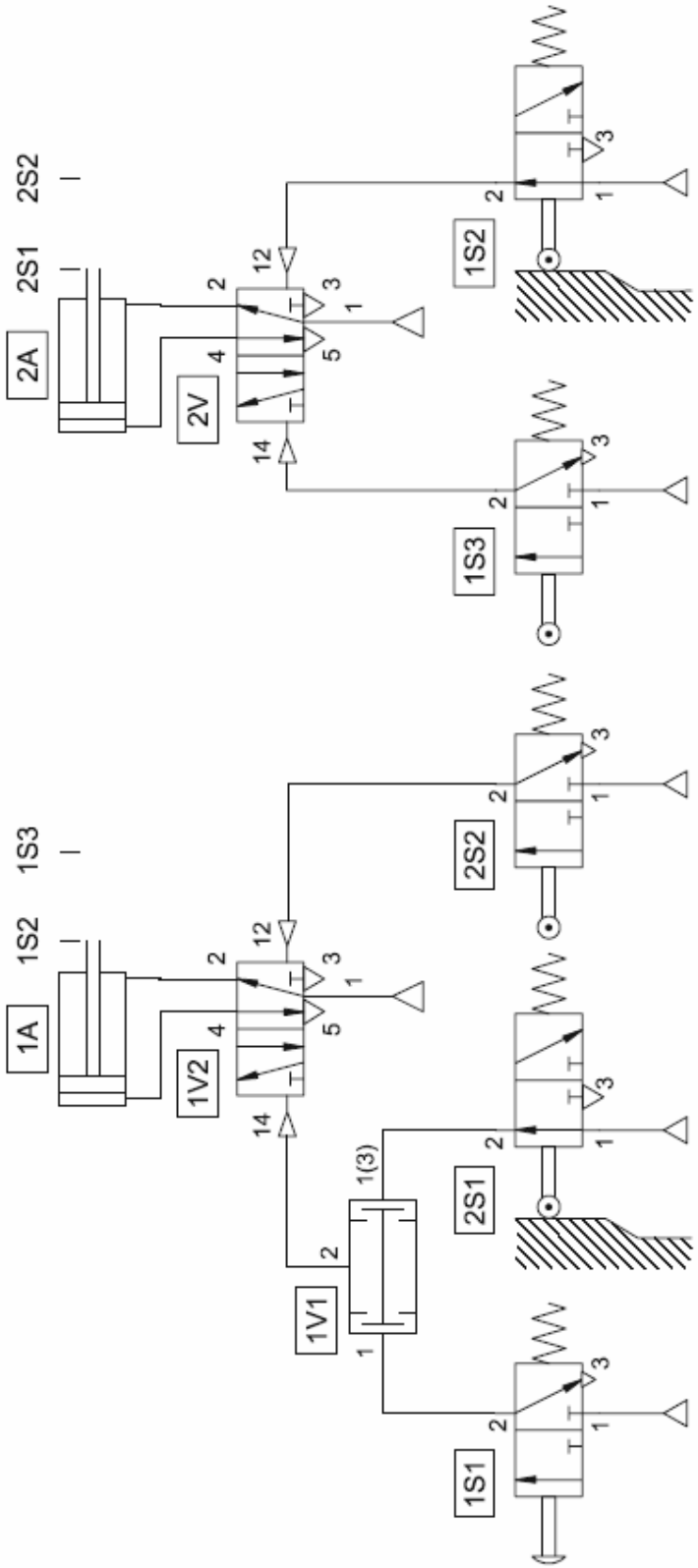
٣. عند وصول الأسطوانة إلى نهاية شوط تقدمها، يعمل الصمام 2S3. يتسبب ذلك في تشغيل صمام التحكم 1V2 و يرجع مكبس الأسطوانة 1A.

٤. عند وصول الأسطوانة 1A إلى نهاية شوط رجوعها، يشغل الصمام 1S2 و يتغير وضع صمام التحكم 2V. يرجع مكبس الأسطوانة 2A و يشغل الصمام 2S1 بعد رجوعه الكامل.

٥. الآن رجع النظام إلى وضعه الابتدائي و يمكنك بدأ دائرة جديدة بالضغط على زر الصمام 1S1.

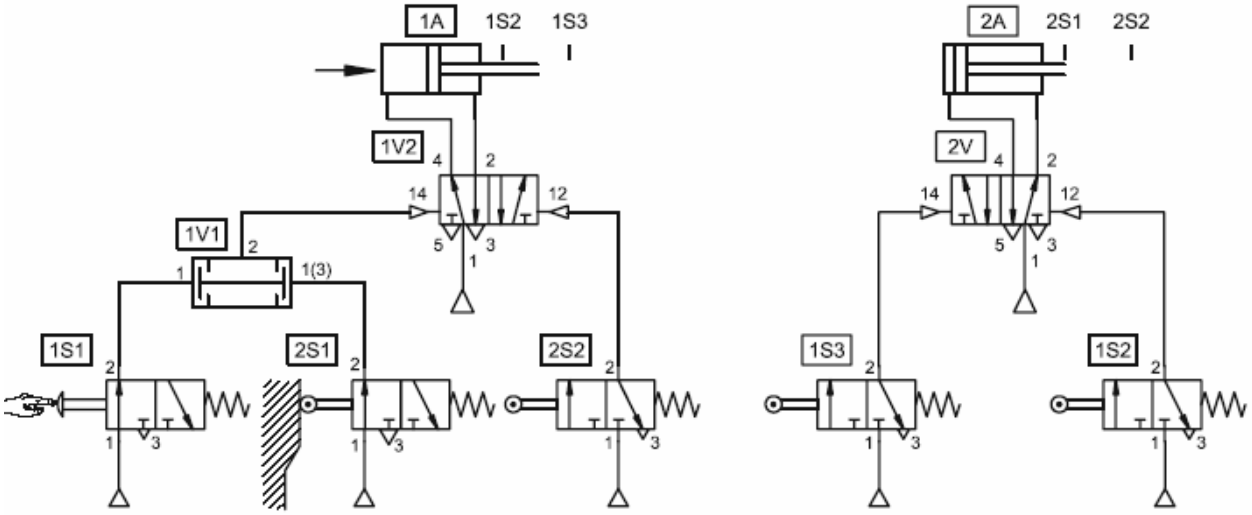


الشكل ٢ -٨٦ نقل قطع من مخزن إلى مزلاق

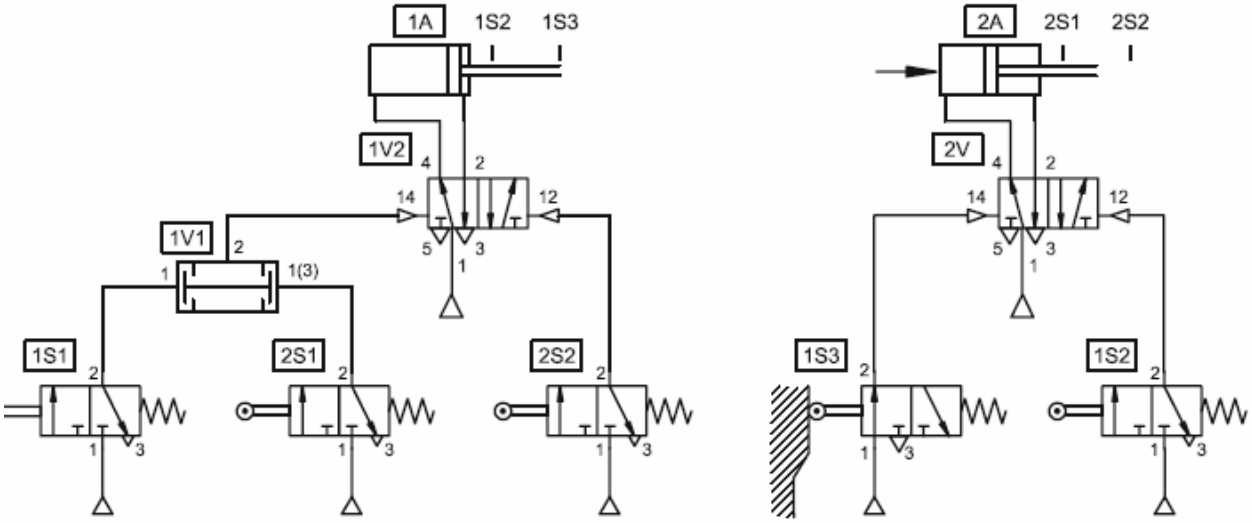


الشكل ٢ -٨٨ دائرة التحكم في اسطوانتين ثنائيتي الفعل

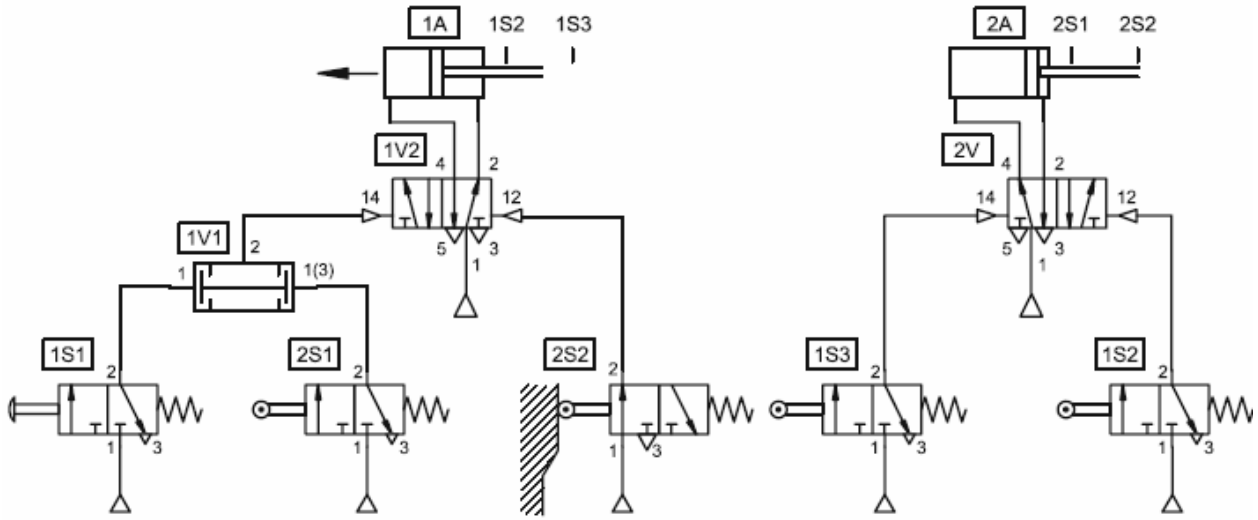
المرحلة الأولى:



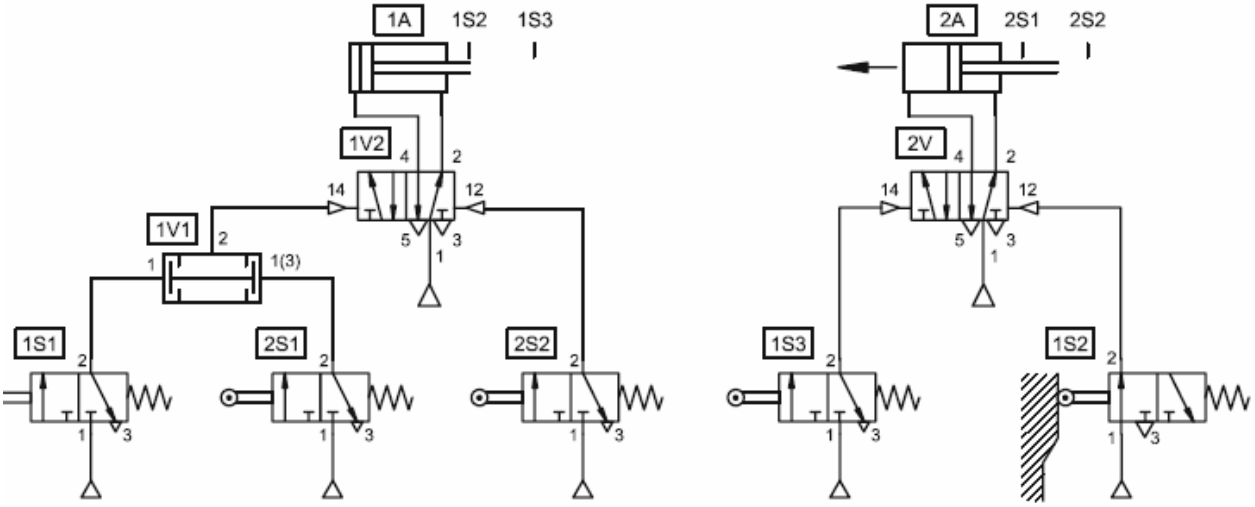
المرحلة الثانية:



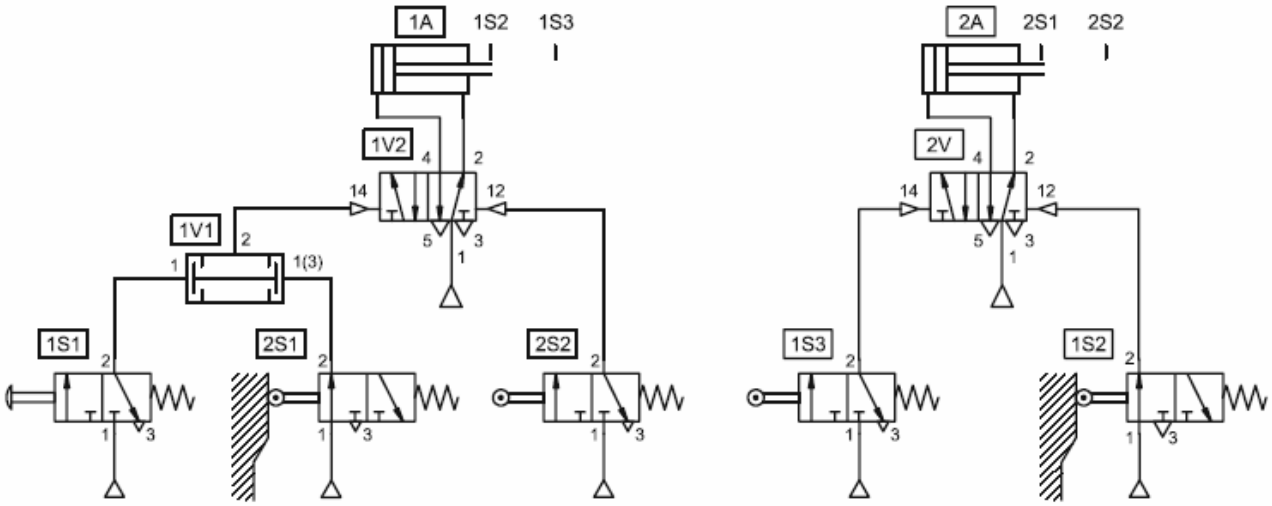
المرحلة الثالثة:



المرحلة الرابعة:



المرحلة الخامسة:



أساسيات تحكم

التحكم الكهرونيوماتي

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

مقدمة

تتكون هذه الوحدة من ثلاثة فصول. الفصل السابع يحتوي على تعريف بأساسيات الكهرباء ويتطرق الفصل الذي يليه لمكونات التحكم الكهرونيوماتي من صمامات ومفاتيح و مجسات. أما الفصل التاسع فيعرض تطبيقات الكهرونيوماتية في دوائر التحكم مع عدد من الأمثلة المتكررة في الصناعة.

الفصل السابع

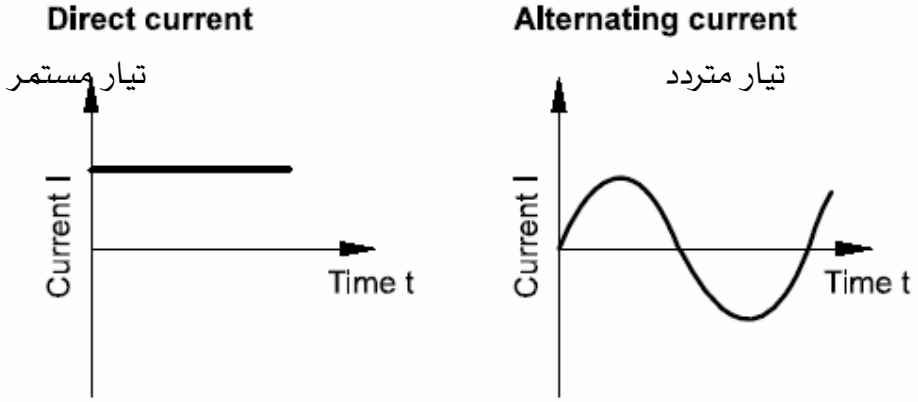
أساسيات الكهرباء

٧ -١ التيار المستمر و التيار المتردد Direct current and alternating current

تتكون الدائرة الكهربائية البسيطة من مصدر جهد و مقاومة و خطوط توصيل. يتم نقل الشحنة (الإلكترونات) خلال الدائرة بواسطة الموصلات الكهربائية من القطب الموجب إلى القطب السالب بمصدر الجهد. تسمى هذه الحركة للإلكترونات **التيار الكهربائي** و لا يمكن للتيار التدفق إلا إذا كانت الدائرة مغلقة.

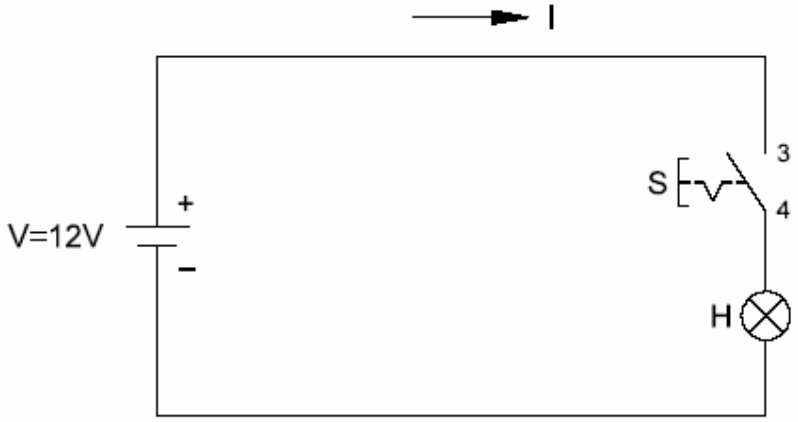
هناك نوعان من التيار الكهربائي: التيار المستمر و التيار المتردد (الشكل ٣ -١).

- إذا كانت القوة الكهربائية في الدائرة الكهربائية في الاتجاه نفسه دائماً فإن التيار يتدفق في اتجاه واحد بمقدار ثابت، و يسمى هذا التيار بالتيار المستمر (Direct Current (DC.
- في حالة تردد التيار في الدائرة فإن فرق الجهد و التيار يغيران الاتجاه و القوة و بدوره تغيير معينة.



الشكل ٣ -١ رسم التيار المستمر و التيار المتردد مقابل الزمن

يوضح الشكل ٣ -٢ دائرة تيار مستمر بسيطة تتكون من مصدر جهد و خطوط توصيل و مفتاح تحكم و حمل (مصباح كهربائي في هذا المثال). عندما يكون مفتاح التحكم في وضع الغلق (ON) يتدفق التيار من خلال الحمل (المقاومة). تتحرك الإلكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب لمصدر الجهد كما ذكر سلفاً. قبل اكتشاف الإلكترونات كان يشار إلى اتجاه التيار بأنه من القطب الموجب إلى السالب و ما زال هذا متبع حتى اليوم و يسمى الاتجاه الفني للتيار.



الشكل ٣ -٢ رسم دائرة تيار مستمر DC circuit

٧ -٢ قانون أوم Ohm's Law

الموصلات الكهربائية

التيار الكهربائي هو تدفق الشحنات الكهربائية. ومن الممكن للتيار أن يتدفق خلال مادة معينة إذا كان بها عدد من الإلكترونات الحرة المتاحة. المواد التي تحقق تلك الخاصية تسمى **موصلات كهربائية**. المعادن كالنحاس و الألمنيوم و الفضة هي موصلات كهربائية جيدة، و يستخدم النحاس عادة كموصل في دوائر التحكم.

المقاومة الكهربائية Electrical resistance

كل المواد تبدي مقاومة للتيار الكهربائي و يحدث ذلك عند اصطدام الإلكترونات المتحركة بذرات المادة الموصلة معيقة تحركها. مقاومة المواد الموصلة للكهرباء ضعيفة. المواد ذات المقاومة العالية تسمى عوازل. يستخدم المطاط و المواد البلاستيكية كعوازل للأسلاك و الكابلات الكهربائية.

مصدر فرق الجهد Source emf

القطب السالب لمصدر الجهد يملك فائضاً من الإلكترونات، و في القطب الموجب نقص من الإلكترونات و بالتالي يترتب على هذا فرق القوة الكهربائية (electromotive force).

قانون أوم: يعبر هذا القانون عن العلاقة بين فرق الجهد و التيار و المقاومة و يبين أنه في دائرة ذات مقاومة معينة يتناسب التيار طردياً مع فرق الجهد بحيث:

- إذا زاد فرق الجهد يزداد التيار.
- و إذا قل فرق الجهد يقل التيار.

القدرة الكهربائية Electrical power

في الميكانيكا، تعرف الطاقة بواسطة الشغل و كلما كان الشغل أسرع كانت الطاقة المطلوبة أعلى، و عليه تكون الطاقة المطلوبة هي الشغل مقسوماً على الزمن.

في حالة حمل في دائرة كهربائية تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية (مثل المحرك الكهربائي) إلى ضوء (المصباح الكهربائي) أو إلى طاقة حرارية (مثل السخان الكهربائي أو المصباح الكهربائي)، كلما كان تحول الطاقة سريعاً تطلب ذلك قوة كهربائية أعلى، و بذلك تعرف القدرة أيضاً بأنها الطاقة المحولة مقسومة على الزمن، و تزداد القدرة بازدياد التيار و الجهد.

تسمى القدرة الكهربائية لحمل قدرته الكهربائية المدخلة.

$$P = V.\ I$$

حيث :

V:	فرق الجهد	Voltage (Volt, V)
I:	التيار	Current (Ampere, A)
P:	القدرة	Power (Watt, W)

مثال تطبيقي: يغذى ملف صمام نيوماتي ٢/٥ بمصدر له فرق جهد مستمر يساوي 24 V DC.

مقاومة الملف تساوي 60 Ohm. ما هي قدرة الملف؟

الحل: يحسب التيار بواسطة قانون أوم:

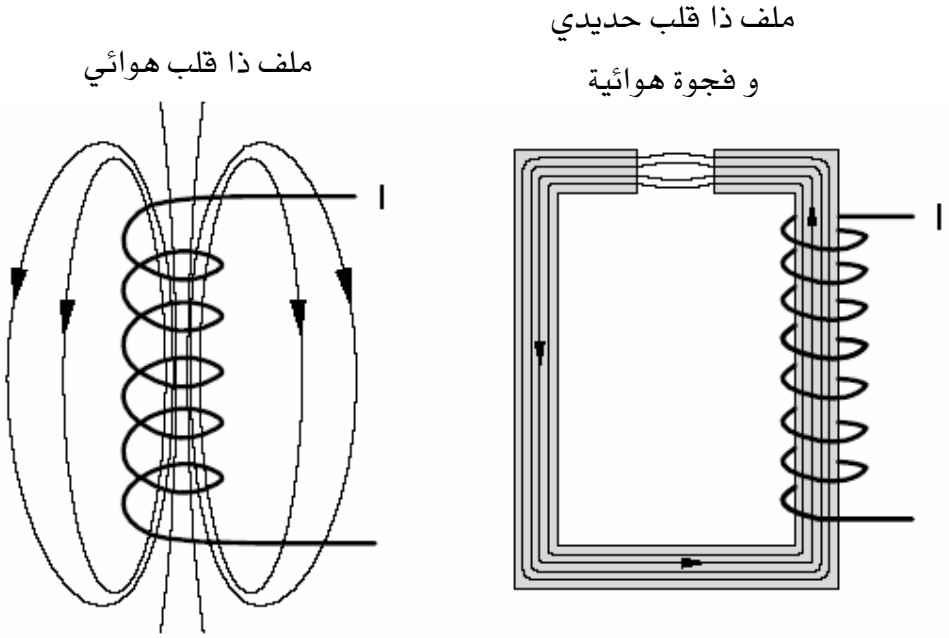
$$I = \frac{V}{R} = \frac{24}{60} = 0.4A$$

و تحسب القدرة بضرب التيار في فرق الجهد:

$$P = V.\ I = 24 \times 0.4 = 9.6\ W$$

٧ -٣ وظيفة الملف Function of a solenoid

يتكون مجال مغناطيسي عند مرور تيار بموصل كهربائي (الشكل ٣ -٣). تتناسب قوة المجال المغناطيسي مع التيار. يجذب هذا المجال الحديد و الزنك و الكوبك و يزداد الجذب بازدياد قوة المجال المغناطيسي.



الشكل ٣ -٣ ملف كهربي و خطوط مغنطيسية للقوة

بنية الملف الكهربي .Structure of a solenoid

يتكون الملف من:

- موصل ملفوف حول ملف. تكرار الخطوط حول الملف تشكل قوة متراكمة تزيد من قوة المجال المغناطيسي متسببة في اتجاه رئيسي للمجال.
- قلب من الحديد في الوسط. عندما يسري التيار يمغنط الحديد و يضخم المجال المغناطيسي بشكل مؤثر.

و هذان العاملان يضمنان أن يقوم الملف ببذل القوة اللازمة لتحرك المادة الحديدية الحاكمة.

تطبيقات الملف الكهربي Applications of solenoids

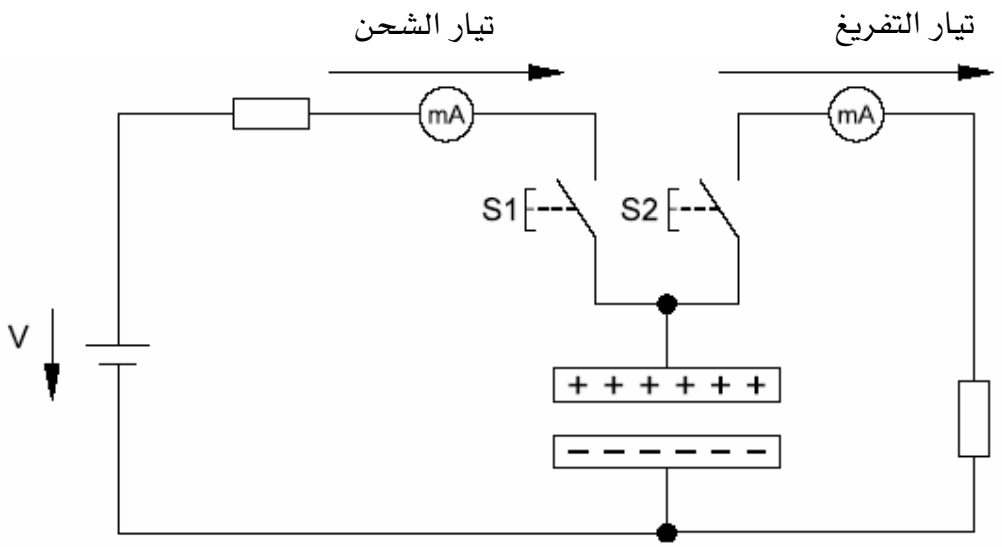
يستخدم الملف الكهربي في التحكم الكهرونيوماتي للتحكم في صمامات التشغيل و المرحلات و الملامسات. يمكن توضيح ذلك باستخدام مثال الصمام الاتجاهي ذا رجوع بزنبرك.

- إذا مر التيار خلال الملف الكهربي يشغل مكبس الصمام.
- إذا قطع التيار يدفع الزنبرك المكبس إلى وضعه الأصلي.

٧ -٤ وظيفة المكثف Function of a capacitor

يتكون المكثف من صفيحتين معدنيتين و وسط عازلة بينهما. عند توصيل المكثف بمصدر جهد مستمر (غلق المفتاح S1 في الشكل ٣ -٤) يتدفق تيار متغير لحظياً. ويتسبب ذلك في شحن كلا الصفيحتين كهربياً. إذا قطعت الدائرة تبقى الشحنة مخزنة بالمكثف. السعة العالية للمكثف تعني شحنة كهربائية عالية يمكن تخزينها لفرق جهد معين. تقاس الكثافة بوحدة الفاراد (F) Farad.

إذا تم توصيل المكثف المشحون لحمل (غلق المفتاح S2 في الشكل ٣,٤) فإنه يفرغ شحنه و يتدفق التيار خلال الحمل حتى تفرغ شحنة المكثف كلياً.



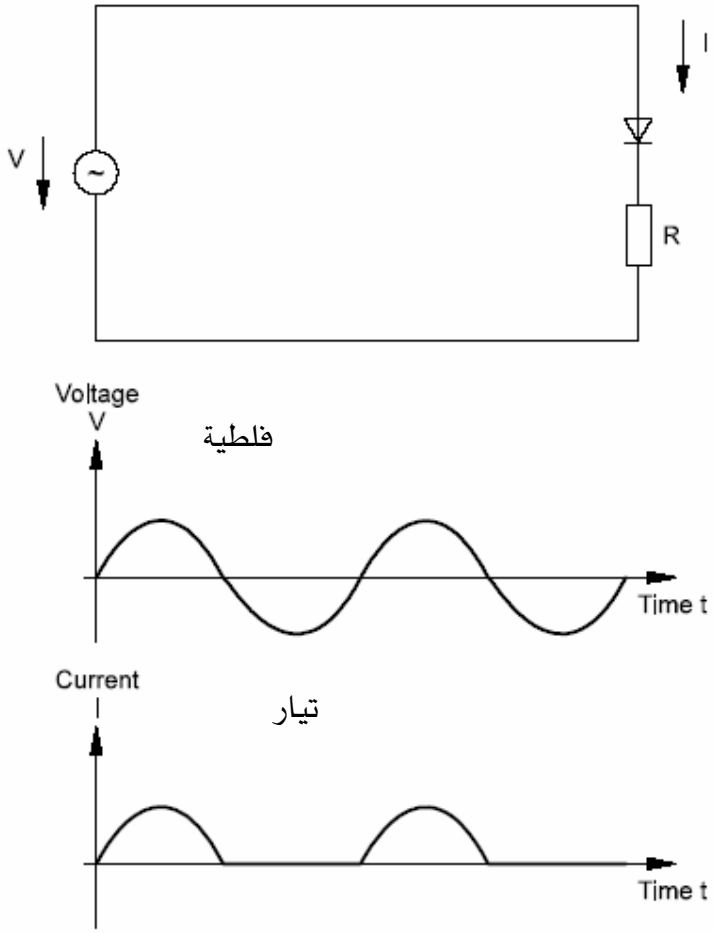
الشكل ٣ -٤ وظيفة المكثف

٧ -٥ **وظيفة الدايود** (الشكل ٣ -٥) Function of a diode

الدايود هو عنصر كهربائي يسمح بمرور التيار في اتجاه واحد فقط:

- في اتجاه التدفق، تكون المقاومة صغيرة لدرجة تسمح للتيار بالمرور دون تأثير.
- في الاتجاه المعاكس تكون المقاومة عالية لدرجة تمنع مرور التيار.

عند إضافة الدايود لدائرة كهربائية فإنه يمنع مرور التيار إلا في اتجاه واحد وبهذا يقوّم التيار (The current is rectified). يماثل تأثير الدايود في الدائرة الكهربائية تأثير الصمام اللارجعي في الدوائر النيوماتية.



الشكل ٣ -٥ وظيفة الدايود

٧ -٦ القياسات في الدوائر الكهربية

يقاس فرق الجهد، التيار و المقاومة الكهربائية عادة بواسطة المقياس الكهربائي المتعدد الأغراض (Multimeter). يتم تغيير هذا الجهاز ليجري القياسات الكهربائية التالية:

- التيار و فرق الجهد المستمر، التيار و فرق الجهد المتردد.
- التيار و فرق الجهد و المقاومة.

يقيس الملتيميتر بشكل صحيح إذا تم اختيار الوضع الصحيح. يسمى الجهاز الذي يقيس فرق الجهد مقياس فرق الجهد Voltmeter و يسمى الجهاز الذي يقيس التيار مقياس التيار Ammeter.

تنبيه: قبل إجراء أي قياسات، تأكد من أن فرق جهد الحاكم لا يزيد عن ٢٤ فولت. القياسات ذات فرق جهد أعلى (مثل 230V) يجب أن تجرى من قبل الشخص المختص و الحاصل على التدريب المناسب. طرق القياس غير الصحيحة قد ينجم عنها أخطار على الحياة.

عند إجراء قياسات على الدوائر الكهربائية أتبع الخطوات التالية:

- أفصل مصدر الجهد عن بقية الدائرة.
- اختر نوع القياس الصحيح في الملتيمتر (Voltmeter or Ammeter, AC or DC, Resistance)
- تأكد من أن المؤشر يشير إلى الصفر و أجري التعديلات المطلوبة عند الحاجة.
- عند قياس فرق الجهد أو التيار المستمرين تأكد من صحة القطبية (الطرف الموجب للجهاز موصول بالقطب الموجب لمصدر الجهد).
- اختر أعلى تدريج.
- أوصل مصدر الجهد بالدائرة.
- راقب المؤشر أو بيان العرض و انتقل إلى التدريج الأقل التالي.
- سجل قياس النتائج عن استخدام أصغر تدريج ممكن (أعلى انحراف للمؤشر عن نقطة الصفر).
- عند استعمال الأجهزة ذات المؤشر، أنظر عمودياً من الأعلى لتفادي أخطاء الرؤية من الزاوية المائلة.

قياس فرق الجهد Voltage measurement

لقياس فرق الجهد يجري توصيل جهاز القياس (voltmeter) على التوازي للحمل. يتماثل فرق الجهد خلال الحمل مع فرق الجهد خلال جهاز القياس. يحتوي الفولتيمتر على مقاومة داخلية و لتفادي عدم الدقة

بالقياس يجب أن يكون التيار المار بالفولتيميتر صغيراً قدر الإمكان مما يتطلب أن تكون مقاومته عالية قدر الإمكان.

قياس التيار Current measurement

لقياس التيار يوصل جهاز قياس التيار (Ammeter) على التوالي مع الحمل. يمر كامل التيار خلال الجهاز. كل جهاز له مقاومة و لتقليل الخطأ في القياس يجب أن تكون هذه المقاومة صغيرة قدر الإمكان.

قياس المقاومة Resistance measurement

يمكن قياس مقاومة حمل في دائرة جهد مستمر DC بشكل مباشر أو غير مباشر:

- القياس غير المباشر: يقاس التيار المار خلال المقاومة كما يقاس فرق الجهد، يجرى القياسين في آن واحد أو بشكل متتالي ثم تحسب المقاومة باستخدام قانون أوم.
- القياس المباشر: يتم فصل المقاومة عن الدائرة الكهربائية، و يضبط جهاز القياس (Ohmmeter) لقياس المقاومة و يوصل إلى طرفي المقاومة. يعرض الجهاز قيمة المقاومة.

إذا كانت المقاومة معطوبة (مثلا عند حرق ملف صمام) فإن القراءة ستكون إما صفر (دائرة قصر short-circuit) أو ما لا نهاية (دائرة مفتوحة open circuit).

تحذير: يجب استخدام طريقة القياس المباشر لقياس مقاومة أحمال دوائر الجهد المتردد AC.

مصدر الأخطاء في القياس Sources of error

تقوم أجهزة القياس بقياس فرق الجهد و التيار و المقاومة إلى درجة دقة معينة و التي قد تكون أقل من المرغوب فيه. تتأثر الدائرة نفسها بجهاز القياس و لا يستطيع جهاز القياس إعطاء قياسات دقيقة جداً.

الخطأ المتوقع بجهاز قياس معين يحدد كنسبة مئوية من قيمة أعلى التدريج المستخدم، على سبيل المثال لجهاز قياس بدقة ٠,٥ يجب ألا يزيد خطأ العرض عن ٠,٥٪ من القيمة العليا للمدى الفعلي.

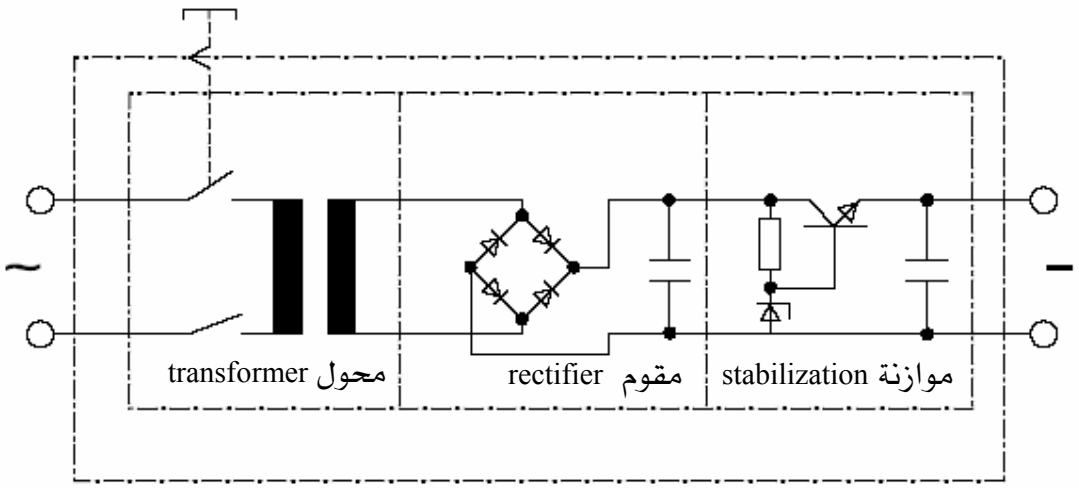
الفصل الثامن

مكونات قسم التحكم بالإشارة الكهربائية

٨ -١ وحدة مصدر القدرة Power supply unit pressure

قسم التحكم بالإشارة في نظام تحكم كهروبيوماتي يغذى بالطاقة من مصدر الكهرباء الرئيسي. ويحتوى نظام التحكم على وحدة مصدر القدرة لهذا الغرض (الشكل ٣ -٦). وتقوم أجزاء تلك الوحدة بالمهام التالية:

- يخفض المحول فرق جهد التشغيل. يُزود المحول بجهد مصدر الكهرباء الرئيسي عند الدخل (والذي يساوي ٢٢٠ فولت مثلا) فيحوله إلى فرق جهد أقل قيمة عند الخرج (أقل من ٢٤ فولت مثلا).
- يحول المقوم (rectifier) فرق الجهد المتردد إلى فرق جهد مستمر ويقوم المكثف الموجود بمخرج المقوم بموازنة فرق الجهد.
- يعمل منظم فرق الجهد عند مخرج وحدة مصدر الطاقة على ضمان بقاء فرق الجهد ثابتا حتى عند تغير التيار المسحوب.



الشكل ٣ -٦ مكونات وحدة مصدر القدرة لنظام تحكم كهروبيوماتي

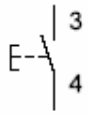
٨ -٢ المفاتيح الانضغاطية و مفاتيح التحكم Push button and control switches

تركب المفاتيح بالدوائر لوصل أو فصل التيار عن الأحمال الكهربائية. تقسم المفاتيح إلى مفاتيح بأزرار انضغاطية (push button) ومفاتيح التحكم (control switches).

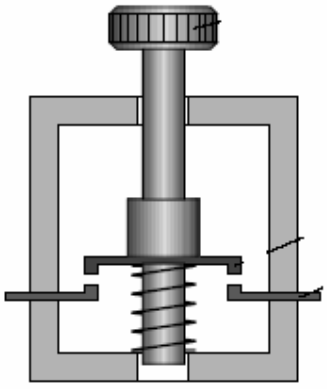
- مفاتيح التحكم موقفة ميكانيكيا في الوضع المختار. يبقى المفتاح في وضعه حتى يتم تبديله إلى الوضع الآخر ومثال ذلك مفتاح المصباح الكهربائي.
- يحافظ المفتاح الانضغاطي على وضعه طالما بقي الزر مضغوطا وحال تحريره يعود المفتاح إلى وضعه الأصلي ومثال ذلك مفتاح الجرس.

ملامس مفتوح في الوضع العادي (وصل) Normally open contact (make)

في حالة الملامس المفتوح في الوضع العادي تكون الدائرة مقطوعة في الوضع الابتدائي (الوضع غير المشغل) (الشكل ٣ -٧). توصل الدائرة عند ضغط الزر ويتدفق التيار خلال الحمل الكهربائي وعند تحرير الزر يعيد الزنبرك الملامس إلى وضعه الابتدائي و بالتالي تنقطع الدائرة.



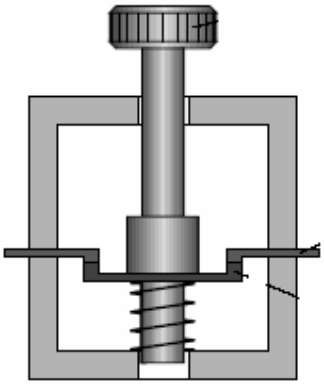
رمز الملامس

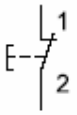


الشكل ٣ -٧ ملامس مفتوح في الوضع العادي (وصل) – قطاع و رمز
Normally open contact (make) – section and symbol

ملامس مغلق في الوضع العادي (فصل) Normally closed contact (break)

في هذه الحالة تكون الدائرة موصولة في الوضع العادي للمفتاح وتقطع الدائرة بالضغط على زر المفتاح



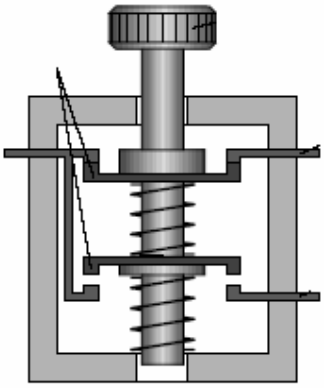


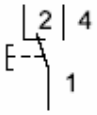
الشكل ٣ -٨ ملامس مغلق في الوضع العادي (فصل) – قطاع و رمز

Normally closed contact (break) – section and symbol

ملامس تبديل Changeover contact

يجمع ملامس التبديل بين ملامس مفتوح في الوضع العادي وملامس مغلق في الوضع العادي في مفتاح تحكم واحد. يستخدم لقطع دائرة و وصل دائرة أخرى في عملية تبديل واحدة. تفصل كلا الدائرتين لحظيا عند التبديل.





الشكل ٣ -٩ ملامس تحويل – قطاع و رمز

Changeover contact – section and symbol

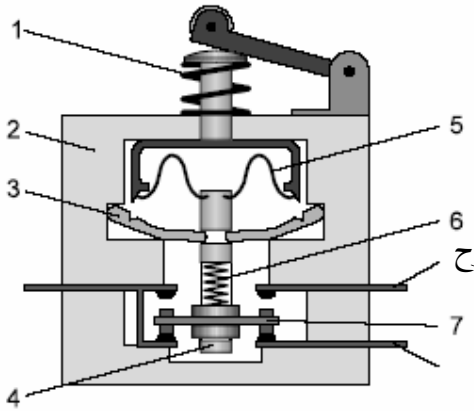
٨ -٣ المجسات لقياس الإزاحة و الضغط Sensors for measuring displacement an pressure

يقوم المجس بمهمة قياس المعلومة ونقلها على شكل إشارة، غالبا كهربائية، إلى معالج الإشارة. وتستخدم المجسات في أنظمة التحكم الكهرونيوماتية وللأغراض الرئيسة التالية:

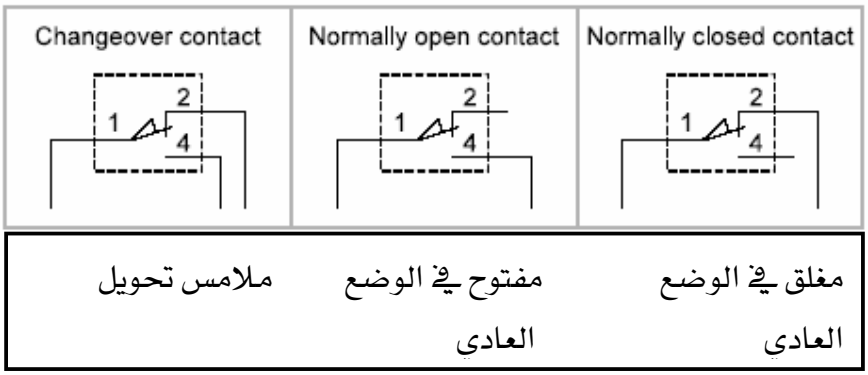
- كشف نهاية تقدم أو تراجع ذراع مكبس اسطوانة.
- كشف وجود ومكان قطعة معينة.
- قياس ومراقبة الضغط.

المفاتيح الحدية Limit switches

يشغل المفتاح الحدي عندما تكون الشغلة أو قطعة ماكينة في وضع معين و عادة يحدث التشغيل بكامة. عادة المفاتيح الحدية هي مفاتيح التبديل. يُوصل المفتاح الحدي، حسب الحاجة، كملامس مفتوح في الوضع العادي، كملامس مغلق في الوضع العادي أو كملامس تحويل (الشكل ٣ -١٠).



١. زنبرك
٢. غلاف
٣. ذراع الفتح الموجب
٤. مسمار دليلي
٥. زنبرك صفائحي مطوي
٦. زنبرك ضغط ملامس



الشكل ٣ -١٠ مفتاح حدي – قطاع و رمز

Limit switch – section and symbol

المفاتيح التقاربية Proximity switches

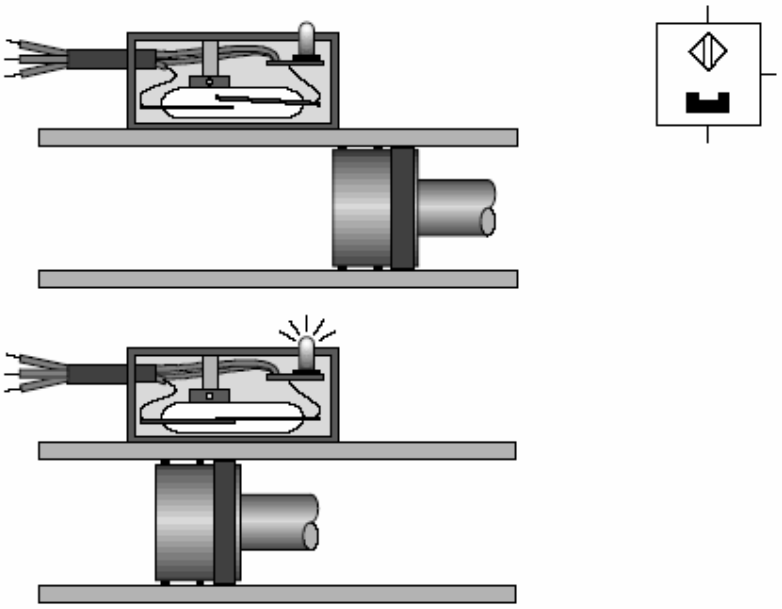
خلافا لمفتاح الحد يعمل المفتاح التقاربي بدون تلامس ميكانيكي وبدون قوة تفعيلة ميكانيكية خارجية. ولذلك فإن لة عمرا أطول و اعتمادية أفضل. هذه بعض الأنواع المختلفة للمفاتيح التقاربية:

- مفتاح ريشي
- مفتاح تقاربي حثي
- مفتاح تقاربي سعوي
- مفتاح تقاربي ضوئي

المفتاح الريشي Reed switch

هو مفتاح تقاربي يشغل مغناطيسيا. يتكون من ريشتين متلامستين داخل أنبوب يملئه غاز خامل. يسبب المجال المغناطيسي تلامس الريشتين وبالتالي يسمح للتيار بالمرور.

يكون المفتاح الريشي في الغالب من النوع ذو الملامسات المفتوحة في الوضع العادي حيث يوصل الريشتين قطعة صغيرة من المغناطيس يتم التغلب عليها بمجال مغناطيسي أكبر عند إيصال التيار الكهربائي إلى الملف. للمفتاح الريشي عمر افتراضي أطول ويجري التبديل في وقت أقصر من المفتاح الميكانيكي (تقريبا ٠,٢ ثانية) و لا يحتاج لصيانة ولكن لا يمكن استخدامه في حيز معرض لمجال مغناطيسي كبير مثلا بالقرب من مكنة لحام المقاومة.



الشكل ٣ -١١ مفتاح ريشي – ملامس مفتوح في الوضع لعادي

Reed switch – normally open contact

المجسات الالكترونية Electronic sensors

تمتلك تعتبر المجسات الحثية والضوئية و السعوية مجسات الكترونية و لها ثلاث وصلات، هي:

- توصيلة مصدر فرق الجهد
- توصيلة الأرضي
- توصيلة الإشارة الناتجة.

لا توجد ملامسات متحركة في هذه المجسات حيث توصل الإشارة الناتجة كهربيا إلى مصدر الجهد أو الأرضي.

مجسات الإبدال الموجب والسالب Positive and negative switching sensors

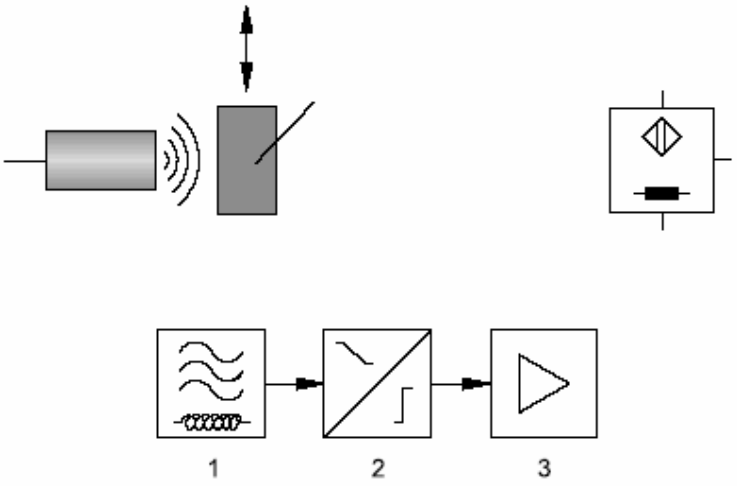
هناك نوعين من المجسات الكهربائية حسب الإشارة الناتجة

- **مجسات الإبدال الموجب**: يكون فرق الجهد صفر إذا لم تكن هنالك أية قطعة في التقارب. تقارب أجزاء الآلة يؤدي إلى إبدال الإشارة الناتجة وبالتالي إيصال جهد المصدر.
- **مجسات الإبدال السالب**: يوصل جهد المصدر إذا لم تكن هنالك أية قطعة في التقارب. قرب القطعة أو جزء من الآلة يؤدى إلى إبدال الإشارة الناتجة وتبديل الجهد الناتج إلى الصفر.

المجسات التقاربية الحثية Inductive proximity sensors

يتكون المجس التقاربي الحثي من مذبذب كهربي (١)، نطاط (٢) و مضخم (٣). عند توصيل فرق جهد، يولد المذبذب الكهربي مجالا مغنطيسيا ذا تردد عال يبعث من أمام المجس. إذا أدخلت دائرة كهربية داخل هذا المجال، يخفف المذبذب الكهربي. تقيم دائرة النطاط و المضخم تصرّف المذبذب ثم تشغل الخرج.

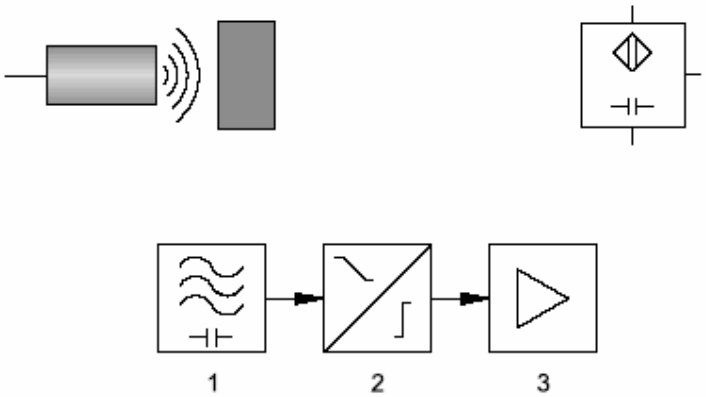
تستخدم المجسات التقاربية الحثية للكشف عن الموصلات الكهربية الجيدة من المعادن وكذلك الجرافيت.



الشكل ٣ -١٢ مفتاح تقاربي حثي
Inductive proximity sensor

المجس التقاربي السعوي Capacitive proximity sensor

يتكون المجس التقاربي السعوي من مكثف و مقاومة كهربية اللذان يكونان مذبذبا و من دائرة لتقييم التردد. يولد مجال الكتروستاتي بين القطب الموجب و القطب السالب التابعين للمكثف فيكون مجال شارد أمام المجس. إذا تقدمت قطعة أمام هذا المجال الشارد، تتغير قيمة سعة المكثف، يخفف المذبذب ثم تشغل الدائرة الخرج. لا تتفاعل المجسات التقاربية السعوية مع المواد الموصلة فقط، بل تتفاعل كذلك مع العوازل ذات متانة كهربية عالية مثل البلاستيك و الزجاج و السيراميك و السوائل و الخشب.



الشكل ٣ -١٣ مجس تقاربي سعوي
Capacitive proximity sensor

المجس التقاربي الضوئي Optical proximity sensor

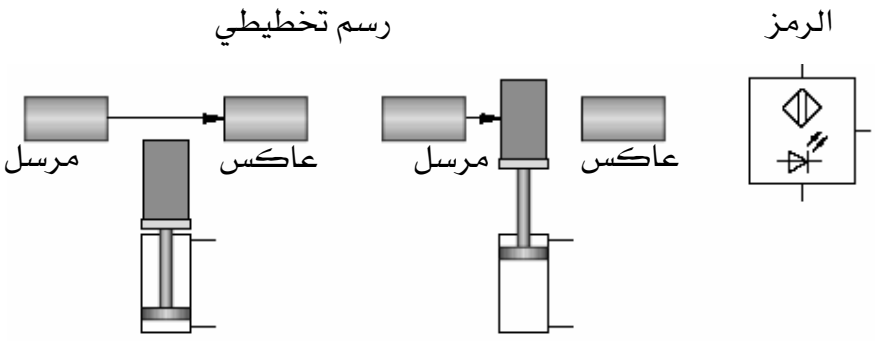
تستعمل المجسات التقاربية الضوئية وسائل ضوئية و الكترونية للكشف عن الأجسام و تستعمل الضوء الأحمر و الضوء ما دون الأحمر.

تعتبر الدايودات الشبه موصلة و الباعثة للضوء ((Semiconductor light-emitting diodes (LEDs) مصدرا موثوق فيه للضوء الأحمر و الضوء ما دون الأحمر. فهي صغيرة الحجم، خشنة، لها حياة تشغيل طويلة و مضمنة بسهولة. تستعمل الدايوددات ذات موصلية ضوئية (photodiode) و الترانزيستور ذا موصلية ضوئية كمستقبل. توجد ثلاثة أنواع للمجسات التقاربية الضوئية:

- حاجز ضوئي في اتجاه واحد
- حاجز ضوئي عاكس
- مجس بصري ناشر عاكس

حاجز ضوئي ذا اتجاه واحد One-way light barrier

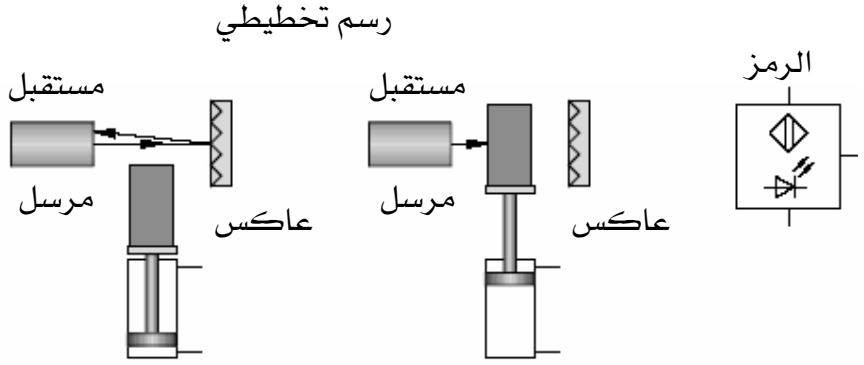
يتكون من وحدة إرسال و وحدة انعكاس منفصلتين. تركب القطعتين بحيث يوجه الشعاع الضوئي إلى المستقبل. يبدل وضع الخرج إذا انقطع الشعاع.



الشكل ٣ -١٤ حاجز ضوئي ذو اتجاه واحد
One-way light barrier

حاجز ضوئي عاكس Reflective light barrier

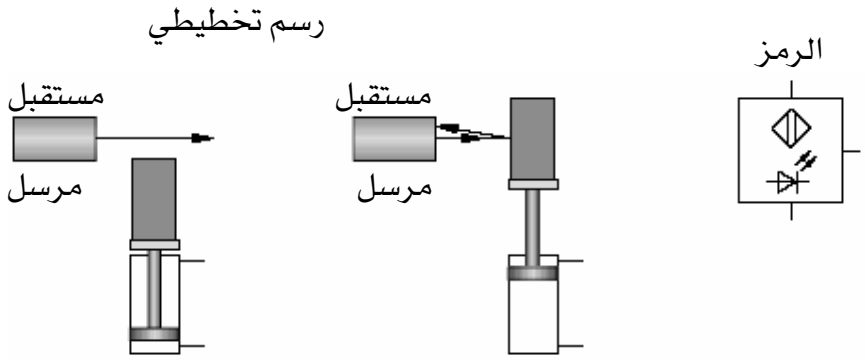
يركب المرسل و العاكس معا داخل نفس العلبة. يركب العاكس بحيث ينعكس الشعاع الضوئي كليا في اتجاه المستقبل. يبدل وضع الخرج إذا انقطع الشعاع.



الشكل ٣ -١٥ حاجز ضوئي عاكس
Reflective light barrier

مجس بصري ناشر عاكس Diffuse reflective optical sensor

يركب المرسل و المستقبل في وحدة واحدة. وإذا اصطدم الضوء بجسم انعكاسي، يوجه إلى المستقبل و يتسبب تبدل المجس. يشترط أن يكون الجسم عالي الانعكاس لضمان تشغيل جيد للمجس.



الشكل ٣ -١٦ مجس بصري ناشر عاكس
Diffuse reflective optical sensor

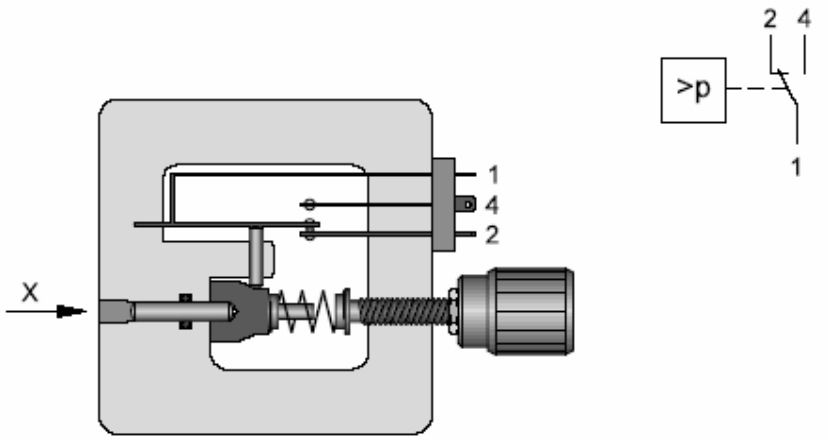
مجسات الضغط Pressure sensors

هنالك عدة أنواع لمجسات الضغط:

- مفتاح ضغط للإبدال بواسطة ملامس ميكانيكي (إشارة ناتجة ثنائية)
- مفتاح ضغط ذو إبدال الكتروني (إشارة ناتجة ثنائية)
- مجس قياس ضغط الكتروني له إشارة خارجة تماثلية

مفتاح الضغط الميكانيكي Mechanical pressure switch

في مفاتيح الضغط المشغلة ميكانيكيا، يقوم الضغط بالتأثير على سطح اسطواني وإذا تجاوز حد قوة الزنبرك يتحرك المكبس و يقوم بتشغيل مجموعة الملامس.



الشكل ٣ -١٧ مفتاح ضغطي يشغل بمكبس

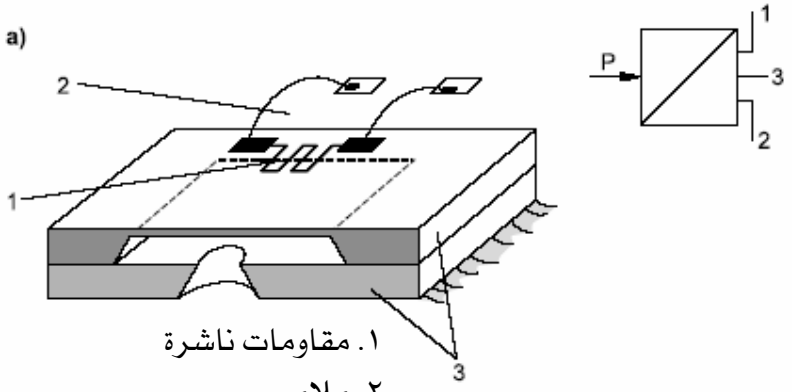
Piston-actuated pressure switch

مفتاح الضغط الالكتروني Electronic pressure switches

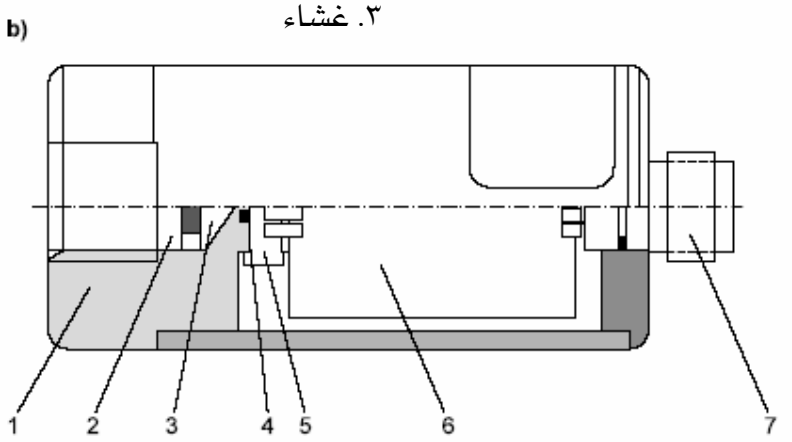
لمفاتيح الضغط ذات غشاء أهمية متزايدة. بدلا من تشغيل المفتاح ميكانيكيا تبدل إشارة المفتاح الكترونيا. يركب بالغشاء مجس دقيق للقوة أو الضغط وبناء على إشارة المجس التي تحسبها دائرة الكترونية وعند تجاوزها حد معين مسبقا يتم إبدال وضع المفتاح.

مجسات قياس الضغط التماثلية Analogue pressure sensors

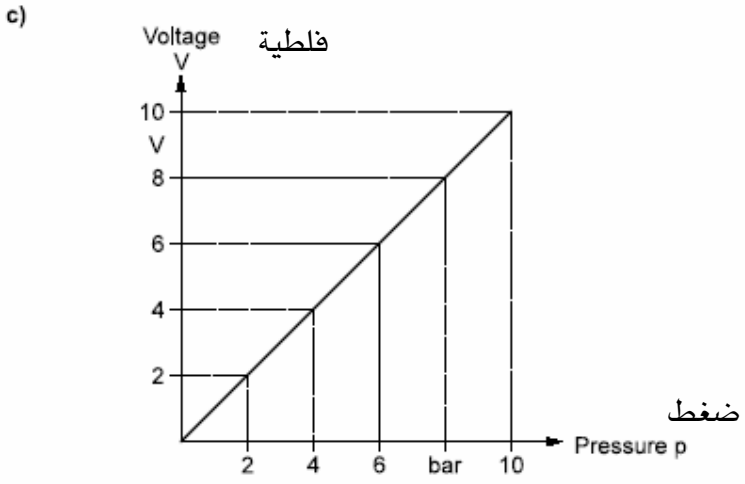
يبين الشكل (a) ٣ -١٨ خلية قياس مقاومة الإجهاد التابعة لمجسات قياس الضغط. تتغير قيمة المقاومة المتغيرة (١) تبعا لتغير الضغط المسلط على الغشاء . توصل المقاومة بآلة حسابية الكترونية من خلال الملامس (٢) فتولد إشارة خارجة. يوضح الشكل (b) ٣ -١٨ التركيب الكلي للمجس ويوضح الشكل (c) ٣ -١٨ خصائص المجس ويمثل العلاقة بين الضغط والإشارة الكهربائية الناتجة. وينتج عن زيادة الضغط زيادة في الجهد الناتج، مثلا ينتج عن ضغط ١ بار جهد يساوي ٢ فولت وعن ضغط ٢ بار جهد ٤ فولت وهكذا.



١. مقاومات ناشرة
٢. ملامس
٣. غشاء



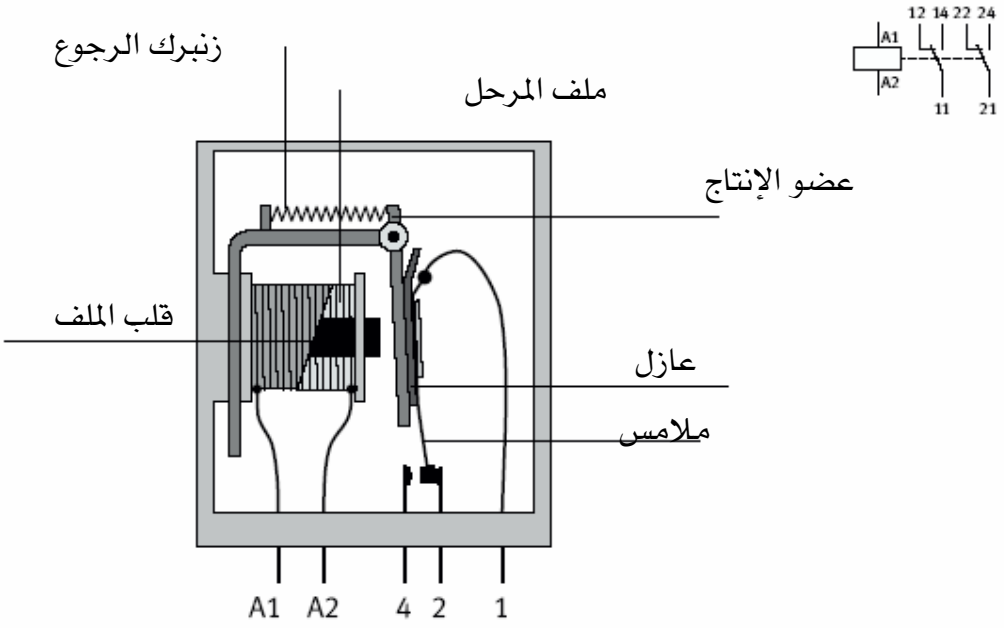
١. غلاف ٢. غطاء ٣. جل السليكا ٤. حلقة O ٥. خلية القياس
٦. مكبر ٧. موصل



الشكل ٣ -١٨ تركيب و منحنى مميز لمجس ضغطي بالقياس
analogue pressure sensor characteristic curve of an Construction and

٨ -٤ المرحلات والملامسات Relays and contactors

تركيب المرحل: المرحل هو عبارة عن مفتاح يشغل كهرومغناطيسيا. عند تسليط فرق جهد على ملف لولبي ينتج مجال مغناطيسي يسبب سحب عضو الإنتاج إلى قلب الملف. يقوم عضو الإنتاج بتحريك ملامسات المرحل إما بوصلها أو فصلها اعتمادا على التصميم. يقوم زنبرك بإرجاع عضو الإنتاج إلى وضعه الأصلي حال انقطاع التيار الكهربائي عن الملف. يمكن لملف المرحل تبديل أكثر من ملامس. بالإضافة إلى المرحل الذي وصف أعلاه، هناك أنواع أخرى من المرحلات المشغلة كهرومغناطيسيا مثل المرحل الاستباقي والمرحل الزمني.



الشكل ٣ -١٩ تركيب المرحل
Construction of a relay

تطبيقات المرحلات Applications of relays

تستخدم المرحلات في التحكم الكهرونيوماتي للوظائف التالية:

- تكبير الإشارات
- تأجيل وتحويل الإشارات
- تبادل المعلومات
- عزل دائرة التحكم من الدائرة الرئيسة

تستخدم المرحلات في التحكم الكهربائي لفصل و وصل الدوائر الكهربائية ذات التيار المستمر والمتردد.

٨ -٥ التحكم المنطقي المبرمج Programmable logic controllers, PLC

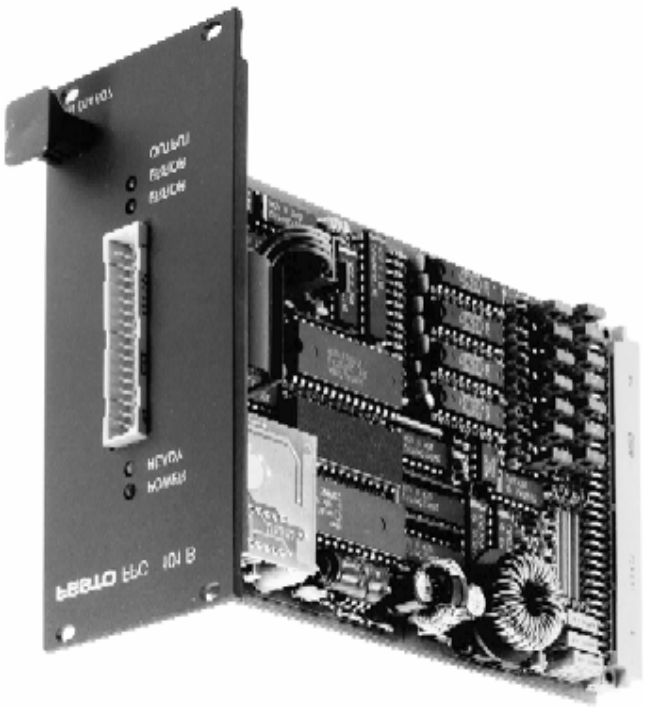
يستخدم التحكم المنطقي المبرمج لمعالجة الإشارة في نظام تحكم رقمي. نظام PLC مناسب عمليا لنظام تحكم رقمي له العديد من الإشارات الداخلة والخارجة ويتطلب معالجة معقدة للإشارات.

التركيب وطريقة العمل: الجزء الأساسي لنظام PLC هو نظام المعالج الدقيق (الشكل ٣ -٢٠)

برمجة المعالج الدقيق تحدد ما يلي :

- أي من المداخل ستتم قراءتها و بأي ترتيب (المداخل التي ستتم قراءتها وكيفية ترتيبها).
- كيف يتم ربط وتجميع الإشارات الداخلة
- أي من المخارج ستستقبل إشارات نتيجة المعالجة

وبهذا يكون عمل الحاكم ليس محددا بالتوصيلات الفيزيائية للأسلاك والأجزاء الموصلة بل بالبرامج الحسابية.

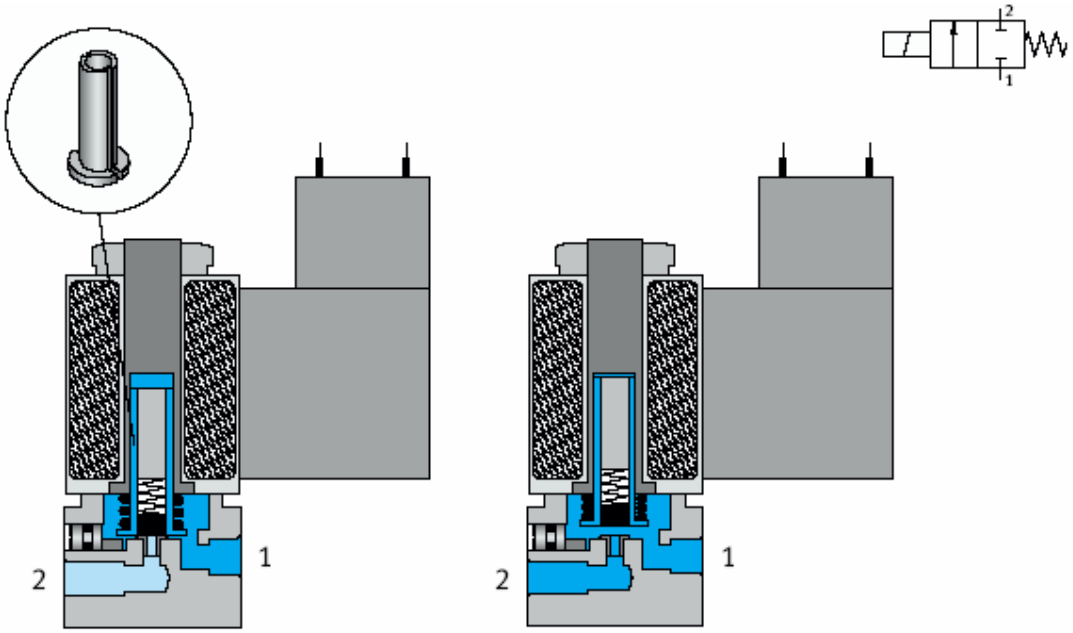


الشكل ٣ -٢٠ لوحة التحكم المنطقي المبرمج PLC

٨ -٦ الصمامات الاتجاهية الكهرونيوماتية

الصمام الاتجاهي ٢/٢ بدون سابق التحكم 2/2-Way Solenoid Valve without Pilot Control

يبين الشكل ٣ -٢١ صماما اتجاهيا ٢/٢ مغلقا في الوضع العادي و يرجع بزنبرك. عندما يكون الملف غير مشحون تكون الفتحتان ١ و ٢ مغلقتان دون أن يكون هناك تصريفا. عند شحن الملف، يرفع درع الملف فيتدفق الهواء المضغوط من الفتحة ١ إلى الفتحة ٢.



الشكل ٣ -٢١ صمام اتجاهي ٢/٢ بدون سابق التحكم
2/2-Way Solenoid Valve without Pilot Control

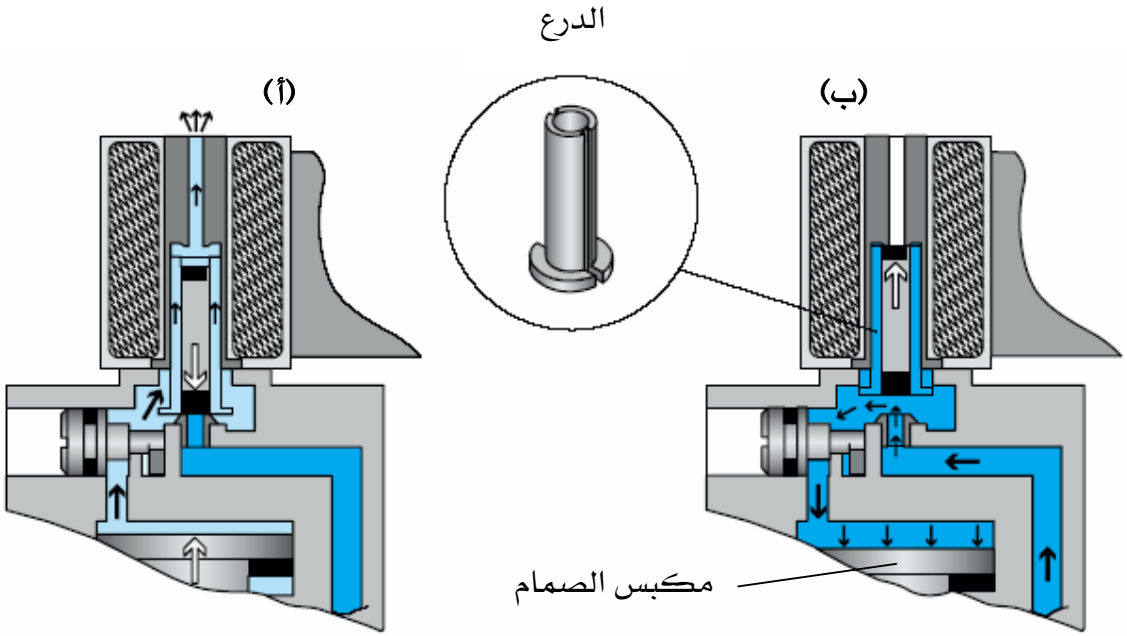
صمام تحكم اتجاهي سابق التحكم Pilot controlled directional control valve

يشغل مكبس الصمام سابق التحكم بطريقة غير مباشرة.

- يغلق أو يفتح درع الملف أنبوب هواء موصل إلى الفتحة ١ التابعة للصمام.
- عند فتح الدرع، يتدفق الهواء المضغوط من الفتحة ١ ليشغل مكبس الصمام.

يبين الشكل ٣ -٢٢ طريقة تشغيل سابق التحكم:

- عند رفع الشحن عن الملف، يدفع زنبرك الدرع ليضغط عن قاعدة مانع التسرب. تفرغ الغرفة العليا من الهواء المضغوط (الشكل ((أ) ٣ -٢٢).
- عند شحن الملف، يسحب الدرع إلى الأسفل فيضغط الجانب الأعلى لمكبس الصمام (الشكل ((أ) ٣ -٢٢).



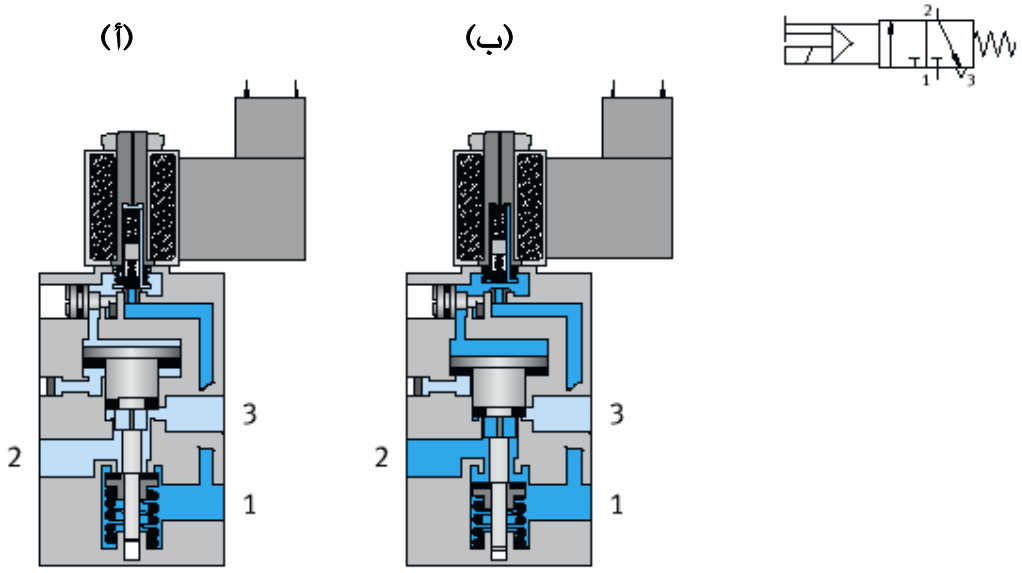
الشكل ٣ -٢٢ صمام اتجاهي سابق التحكم

Pilot Control Directional Control Valve with

صمام اتجاهي ٢/٣ سابق التحكم Pilot controlled 3/2-way valve

يبين الشكل ٣ -٢٣ قطاعين لصمام اتجاهي ٢/٣ سابق التحكم بتشغيل كهربي.

- في الوضع العادي، سطح مكبس الصمام معرض للضغط الجوي فقط و يدفع الزنبرك المكبس إلى الأعلى (الشكل (أ)٣ -٢٣). الفتحتان ٢ و ٣ موصلتان.
- عند شحن الملف، توصل الغرفة الموجودة تحت مكبس الصمام إلى فتحة الضغط ١ (الشكل (ب)٣ -٢٣). ترتفع القوة على السطح الأعلى لمكبس الصمام دافعة المكبس إلى الأسفل. التوصيلة بين الفتحتين ٢ و ٣ مغلقتان و التوصيلة بين الفتحتين ١ و ٢ مفتوحتان. يبقى الصمام في هذا الوضع ما دام الملف الكهربي مشحونا.
- عند إبعاد الشحن عن الملف، يرجع الصمام إلى وضعه العادي.



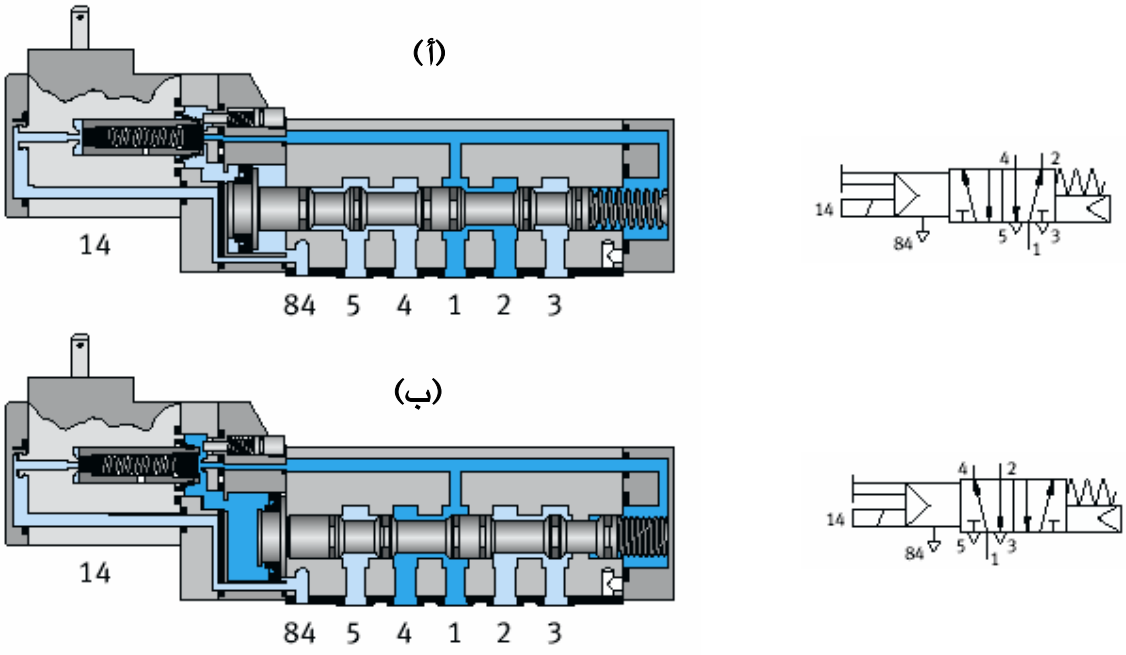
الشكل ٣ -٢٣ صمام اتجاهي ٢/٣ بملف، سابق التحكم، مغلق في الوضع العادي و بتشغيل يدوي إضافي.

Pilot controlled 3/2-Way solenoid valve, normally closed with manual override

صمام اتجاهي ٢/٥ سابق التحكم بملف واحد Pilot controlled 5/2-way single solenoid valve

يبين الشكل ٣ -٢٤ وضعي تشغيل صمام اتجاهي ٢/٥ سابق التحكم بتشغيل كهربي.

- في الوضع العادي، يكون مكبس الصمام في الموقف الأيسر (الشكل (أ)٣ -٢٤). الفتحة ١ موصلة مع الفتحة ٢ و كذلك الفتحة ٤ موصلة مع الفتحة ٥.
- عند شحن الملف الكهربي يتحرك منزلق الصمام إلى الموقف الأيمن (الشكل (ب)٣ -٢٤). في هذا الوضع، الفتحة ١ موصلة مع الفتحة ٤ و كذلك الفتحة ٢ موصلة مع الفتحة ٣.
- عند إبعاد الشحن عن الملف، يرجع الزنبرك منزلق الصمام إلى وضعه العادي.
- يزود هواء سابق التحكم من خلال الفتحة ٨٤.



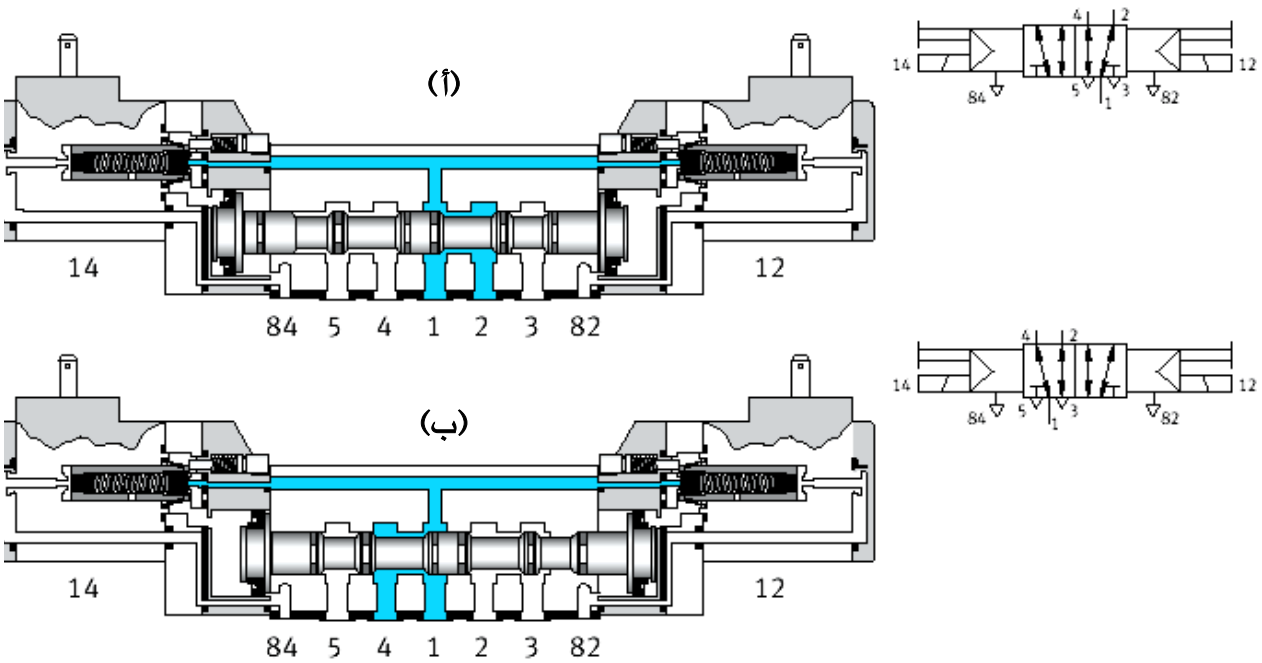
الشكل ٣ -٢٤ صمام اتجاهي ٢/٥ سابق التحكم، بملف كهربي واحد Pilot controlled 5/2-Way single solenoid valve

صمام اتجاهي ٢/٥ بملفين كهربيين، سابق التحكم Pilot controlled 5/2-Way double solenoid valve

يبين الشكل ٣ -٢٥ قطاعين لصمام اتجاهي ٢/٥ سابق التحكم بملفين كهربيين.

- عند وجود مكبس الصمام بالموقف الأيسر، تكون الفتحة ١ موصلة بالفتحة ٢ و الفتحة ٤ موصلة بالفتحة ٥ (الشكل (أ)٣ -٢٥).
- عند شحن الملف الكهربي، يتحرك مكبس الصمام إلى الموقف الأيمن (الشكل (ب)٣ -٢٥). في هذا الوضع، الفتحة ١ موصلة مع الفتحة ٤ و كذلك الفتحة ٢ موصلة مع الفتحة ٣.
- من أجل إرجاع مكبس الصمام إلى وضعه العادي، لا يكفي رفع الشحن عن الملف الأيسر بل يجب كذلك رفع الشحن عن الملف الأيمن.

في حالة عدم شحن أي من الملفين، يوقف مكبس الصمام في وضعه الأخير بسبب الاحتكاك و هذا ينطبق كذلك في حالة شحن الملفين في آن واحد حيث يواجهان بعضيهما بنفس القوة.



الشكل ٣ -٢٥ صمام اتجاهي ٢/٥ بملفين كهربيين، سابق التحكم

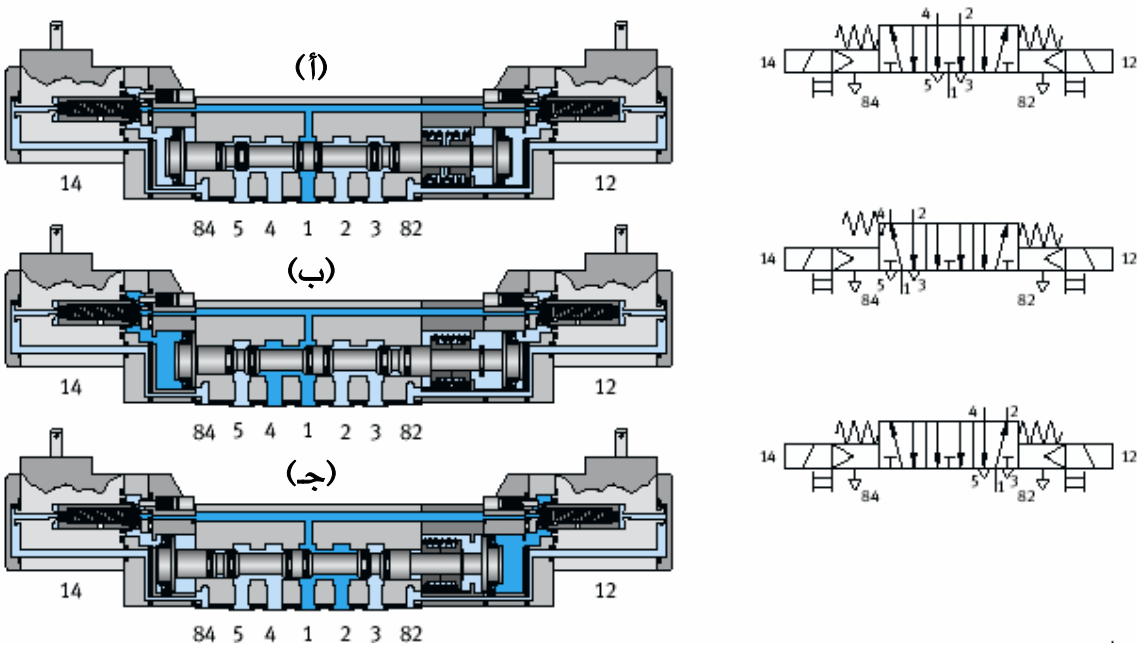
Pilot controlled 5/2-Way double solenoid valve

صمام اتجاهي ٣/٥ بملفين، سابق التحكم (وضع التعادل عائم، متصل بالخزان).

5/3-way valve with exhausted initial position

يبين الشكل ٣ -٢٦ الأوضاع الثلاثة لصمام اتجاهي ٣/٥ سابق التحكم و ذا ملفين كهربيين.

- في الوضع العادي، يكون الملفين غير مشحونا و مكبس الصمام محكم في وضع التعادل خلال الزنبركين (الشكل (أ)٣ -٢٦). الفتحة ٢ موصلة مع الفتحة ٣ و الفتحة ٤ موصلة مع الفتحة ٥ و الفتحة ١ مغلقة.
- عند شحن الملف الكهربي الأيسر، يتحرك مكبس الصمام إلى الموقف الأيمن (الشكل (ب)٣ - ٢٦). في هذا الوضع، الفتحة ١ موصلة مع الفتحة ٤ و كذلك الفتحة ٢ موصلة مع الفتحة ٣.
- عند شحن الملف الكهربي الأيمن، يتحرك مكبس الصمام إلى الموقف الأيسر (الشكل (جـ)٣ - ٢٦). في هذا الوضع، الفتحة ١ موصلة مع الفتحة ٢ و كذلك الفتحة ٤ موصلة مع الفتحة ٥.
- يبقى الملف في وضعه ما دام الملف مشحونا. في حالة عدم شحن أي من الملفين، يرجع مكبس الصمام إلى وضع التعادل.



الشكل ٣ -٢٦ صمام اتجاهي ٣/٥ بمغنطيسين، سابق التحكم (وضع التعادل عائم متصل بالخزان).

Pilot controlled 5/3-Way double solenoid valve (Mid-position exhausted).

الفصل التاسع

تطبيقات التحكم الكهرونيوماتي

٩ -١ التحكم في الدوائر الكهرونيوماتية ذات أسطوانة واحدة

يمكن تنفيذ جميع احتياجات معالجات الإشارة في نظام تحكم كهروبيوماتي باستعمال المرحلات. كانت نظم التحكم ذات المرحلات تستعمل بأعداد كبيرة و الكثير من هذه النظم لازالت تستعمل حاليا في الصناعة. في الوقت الحاضر يستعمل التحكم المنطقي المبرمج (PLC) عادة لمعالجة الإشارة عوضا عن نظم التحكم ذات المرحلات و لكن لازالت المرحلات تستعمل في الكثير من نظم التحكم العصرية. الإيجابيات الأساسية لاستعمال نظم التحكم بالمرحلات هو وضوح تصاميمها و سهولة فهم طرق تشغيلها.

التحكم المباشر و غير المباشر Direct and indirect control

مثال: المطلوب تقدم مكبس أسطوانة أحادية الفعل عند دفع زر انضغاطي S1 و رجوعه عند رفع اليد عن الزر و يبين الشكل ٣(a) -٢٧ رسم الدائرة النيوماتية المناسبة.

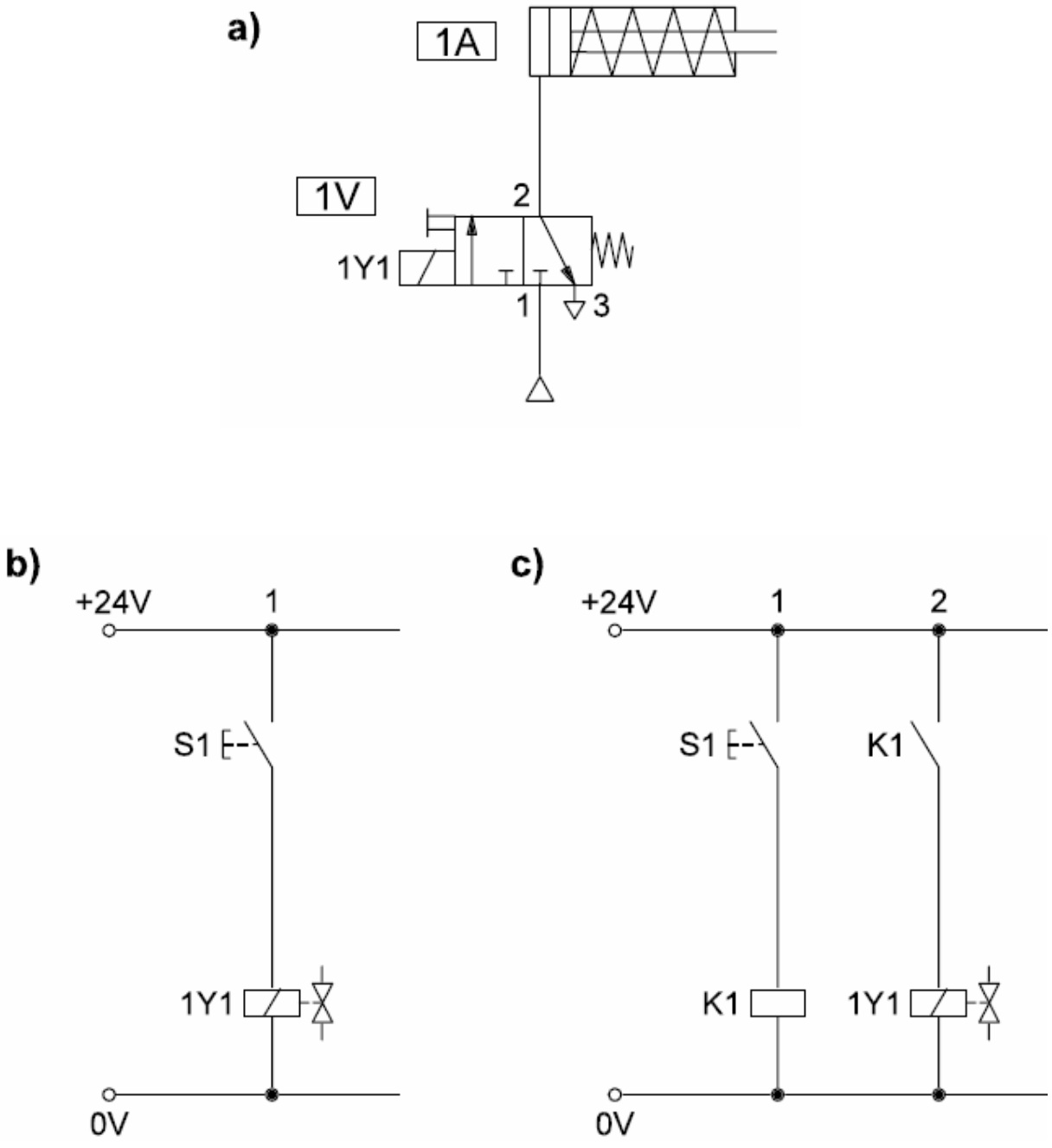
٩ -١ -١ التحكم المباشر و غير المباشر في أسطوانة أحادية الفعل

التحكم المباشر في أسطوانة أحادية الفعل Direct control of a single-acting cylinder

يبين الشكل ٣(b) -٢٧ مخطط الدائرة الكهربية للتحكم المباشر في الأسطوانة أحادية الفعل. عند الضغط على المفتاح، يمر التيار خلال الملف 1Y1 التابع للصمام الاتجاهي ٢/٣ فيشحنه. يحول وضع الصمام إلى وضع التشغيل فيتقدم مكبس الاسطوانة. عند رفع اليد عن المفتاح يتوقف مرور التيار إلى الملف فيتوقف عنه الشحن. يحول الصمام إلى وضعه العادي و يدخل مكبس الاسطوانة.

التحكم غير المباشر في أسطوانة أحادية الفعل Indirect control of a single-acting cylinder

عند الضغط على المفتاح في الدائرة الكهربية غير المباشرة (الشكل ٣ -٢٧)، يمر التيار خلال ملف المرحل1Y1 فيغلق ملامس المرحل K1 و يحول وضع الصمام إلى وضع التشغيل فيتقدم مكبس الاسطوانة. عند رفع اليد عن المفتاح يتوقف مرور التيار إلى ملف المرحل فيرفع عنه الشحن. يحول الصمام إلى وضعه العادي و يدخل مكبس الاسطوانة.



الشكل ٣ -٢٧ مخططات دوائر التحكم في الأسطوانة أحادية الفعل

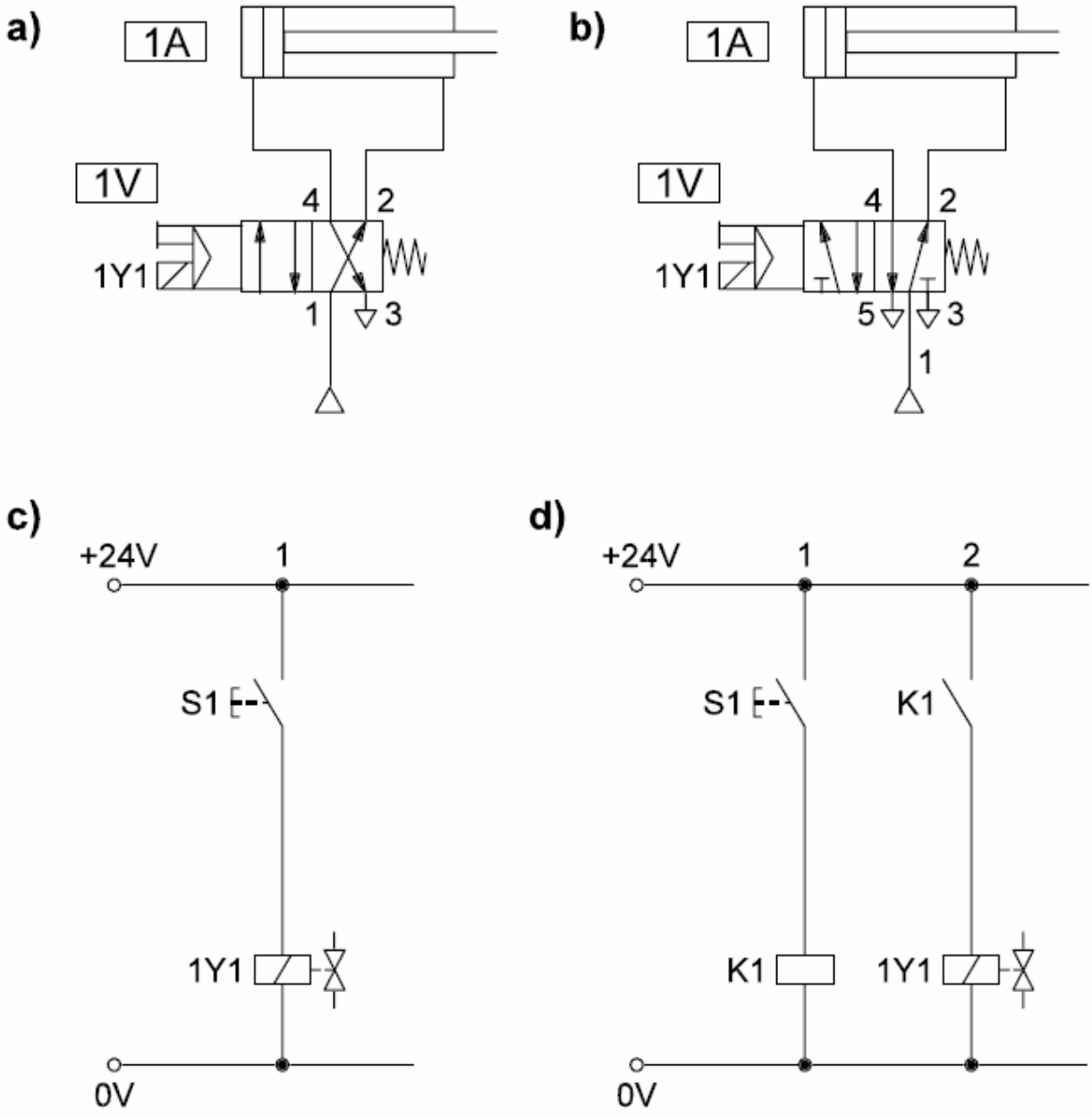
a) الدائرة النيوماتية b) الدائرة الكهربية للتحكم المباشر

c) الدائرة الكهربية للتحكم غير المباشر

٩ -١ -٢ التحكم المباشر و الغير المباشر في أسطوانة ثنائية الفعل

مثال: المطلوب تقدم مكبس أسطوانة ثنائية الفعل عند دفع زر انضغاطي S1 و رجوعه عند رفع اليد عن الزر.

الحل: يبين الشكلان ٣(a) -٢٨ و ٣(b) -٢٨ مخططي الدائرتين النيوماتين بصمام اتجاهي ٤/٢ و صمام اتجاهي ٢/٥. تشبه الدائرتان الكهربيتان تلك التابعة للتحكم في الأسطوانة أحادية الفعل.



الشكل ٣ -٢٨ مخططات دوائر التحكم في الأسطوانة ثنائية الفعل

a) الدائرة النيوماتية بصمام اتجاهي ٢/٤ b) الدائرة النيوماتية بصمام اتجاهي ٢/٥

c) الدائرة الكهربية للتحكم المباشر d) الدائرة الكهربية للتحكم غير المباشر

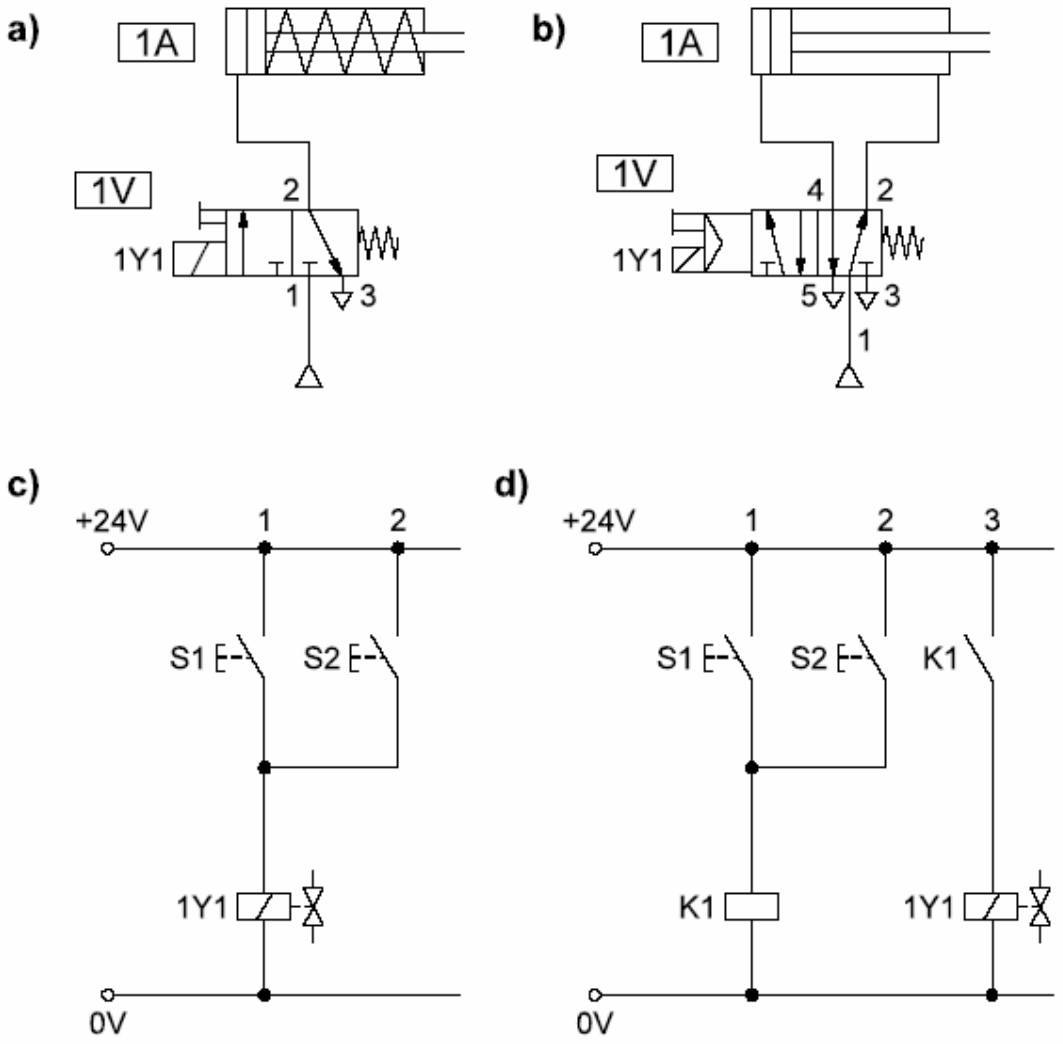
٩ -٢ العمليات المنطقية Logic Operations

من أجل الحصول على الحركات المطلوبة للاسطوانات، غالبا يجب ترتيب الإشارات العديد من عناصر التحكم من خلال عمليات منطقية.

التوصيل الموازي (دائرة أو) Parallel connection (OR circuit)

الهدف هو التحكم في الأسطوانة (الشكلان ٣(a) -٢٩ و ٣(b) -٢٩) باستعمال مفتاحين S1 و S2.
يركب المفتاحان بالتوازي في الدائرة الكهربية (الشكلان ٣(c) -٢٩ و ٣(d) -٢٩).

- يبقى الصمام في الوضع العادي و مكبس الأسطوانة راجعا ما دام زرا المفتاحين غير مضغوطين.
- عند الضغط على زر مفتاح واحد فقط يشغل الصمام و يتقدم مكبس الاسطوانة.
- عند إطلاق الزرين سويا، يرجع الصمام إلى وضعه العادي و ينسحب مكبس الاسطوانة.



الشكل ٣ -٢٩ التوصيل المتوازي لملامسين (دائرة "أو" OR Circuit)

a) مخطط دائرة التحكم النيوماتي في أسطوانة أحادية الفعل

b) مخطط دائرة التحكم النيوماتي في أسطوانة ثنائية الفعل

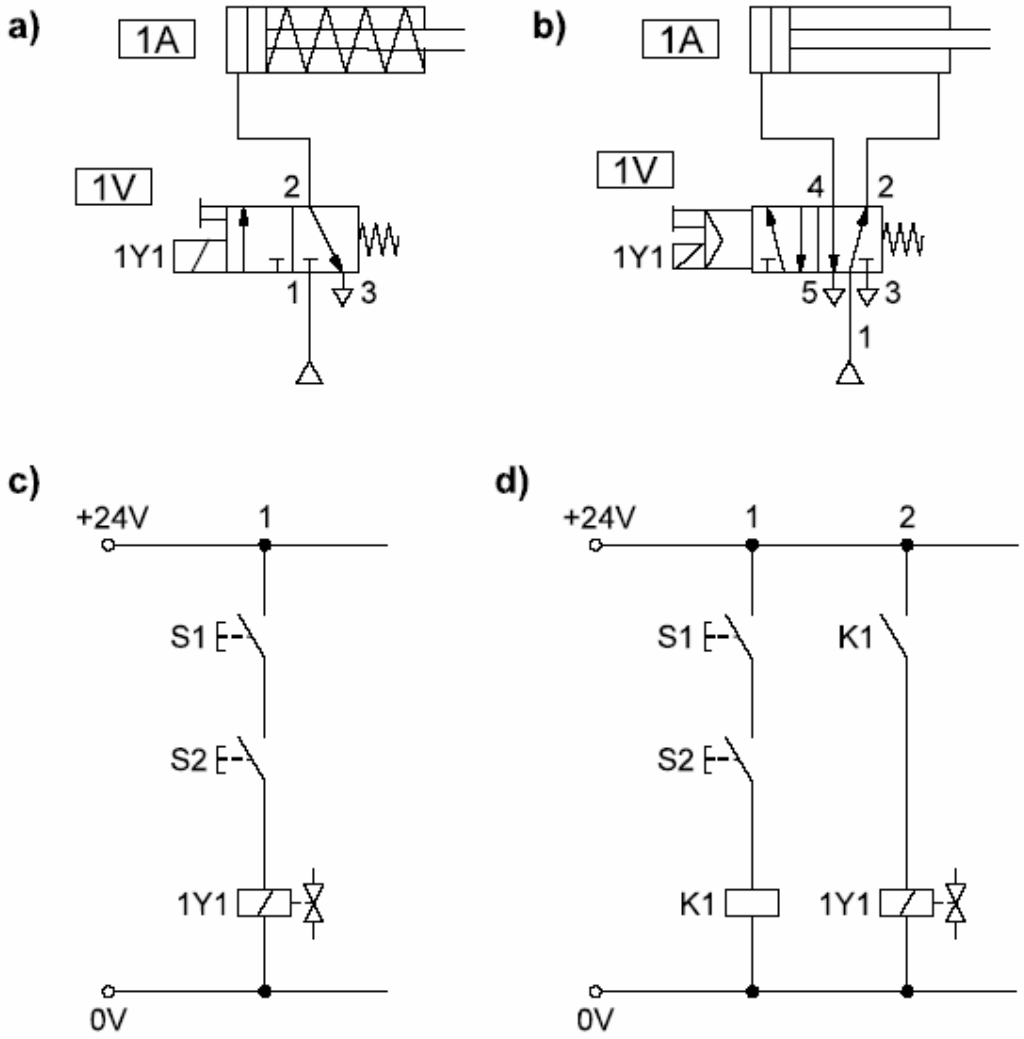
c) مخطط الدائرة الكهربية للتحكم المباشر

d) مخطط الدائرة الكهربية للتحكم غير المباشر

التوصيل المتتالي (دائرة و) Series connection (AND circuit)

المطلوب تقدم مكبس الأسطوانة (الشكلان ٣(a) -٣٠ و ٣(b) -٣٠) عند تشغيل المفتاحين S1 و S2 في آن واحد. يركب المفتاحان بالتتالي في الدائرة الكهربية (الشكلان ٣(c) -٣٠ و ٣(d) -٣٠).

- يبقى الصمام في وضعه العادي و مكبس الأسطوانة راجعا ما دام زرا المفتاحين غير مضغوطين أو زر واحد فقط غير مضغوط.
- عند الضغط على زري المفتاحين في آن واحد يشغل الصمام و يتقدم مكبس الاسطوانة.
- عند إطلاق زر واحد على الأقل، يرجع الصمام إلى وضعه العادي و ينسحب مكبس الاسطوانة.



الشكل ٣ -٣٠ التوصيل المتتالي لملامسين (دائرة "و" AND Circuit)

a) مخطط دائرة التحكم النيوماتي في أسطوانة أحادية الفعل

b) مخطط دائرة التحكم النيوماتي في أسطوانة ثنائية الفعل

c) مخطط الدائرة الكهربية للتحكم المباشر

d) مخطط الدائرة الكهربية للتحكم غير المباشر

٩ -٣ تمثيل العمليات المنطقية في أشكال جدولية

يعطي الجدولان ٣ -١ و ٣ -٢ ملخصين لعمليتي "أو" (OR) و "و" (AND). تخصص الأرقام التالية للإشارات الثلاثة المبينة في الأعمدة الثلاثة الأولى:

- ٠: زر المفتاح غير مضغوط و مكبس الأسطوانة غير متقدم.
- ١: زر المفتاح مضغوط و مكبس الأسطوانة متقدم.

الزر S1 مضغوط	الزر S2 مضغوط	يتقدم المكبس	S1	S2	1Y1
لا	لا	لا	٠	٠	٠
نعم	لا	نعم	١	٠	١
لا	نعم	نعم	٠	١	١
نعم	نعم	نعم	١	١	١

الجدول ٣ -١ التشغيل بعملية "أو" OR operation

الزر S1 مضغوط	الزر S2 مضغوط	يتقدم المكبس	S1	S2	1Y1
لا	لا	لا	٠	٠	٠
نعم	لا	لا	١	٠	٠
لا	نعم	لا	٠	١	٠
نعم	نعم	نعم	١	١	١

الجدول ٣ -٢ التشغيل بعملية "و" AND operation

٩ -٤ تخزين الإشارة Signal storage

في الدوائر التي درسناها، يتقدم مكبس الأسطوانة ما دام زر المفتاح مضغوطا. إذا أطلق الزر خلال حركة التقدم، يرجع مكبس الأسطوانة قبل أن يصل إلى وضع نهاية المشوار. عمليا، يجب أن يتقدم المكبس كاملا حتى عند الضغط على الزر لفترة قصيرة فقط. و للتمكن من ذلك يجب أن يبقى الصمام الاتجاهي في وضع التشغيل حتى لو أطلق الزر و هذا يعني تخزين إشارة تشغيل الزر.

تخزين الإشارة بصمام اتجاهي ذي ملفين Signal storage with double solenoid valve

يحتفظ الصمام ذي ملفين بوضع تشغيله حتى عند رفع الشحن عن الملف و لذلك يستعمل كعنصر تخزين للإشارة.

التحكم اليدوي في شوطي التقدم و الرجوع بصمام ذي ملفين

valve with double solenoid return stroke control Manual forward and

المطلوب التحكم في مكبس أسطوانة خلال ضغط وجيز لزرين انضغاطيين (S1: تقدم، S2: رجوع) (الشكلان (a)٣ -٣١ و (b)٣ -٣١).

يتحكم المفتاحان في الصمام ذي ملفين بطريقة مباشرة أو غير مباشرة (الشكلان (c)٣ -٣١ و (d)٣ -٣١). عند الضغط على الزر S1، يشحن الملف 1Y1. يتحول الصمام ذي ملفين و يتقدم مكبس الاسطوانة. عند إطلاق الزر خلال تقدم المكبس، يواصل المكبس تقدمه إلى نهاية شوطه لأن الصمام قد احتفظ عن وضع تشغيله. عند الضغط على الزر S2، يشحن الملف 1Y2. يتحول الصمام ذي ملفين مرة أخرى و يرجع مكبس الاسطوانة. ليس لإطلاق الزر S2 أي تأثير على رجوع المكبس.

التحكم الأوتوماتيكي في شوط الرجوع بصمام ذي ملفين

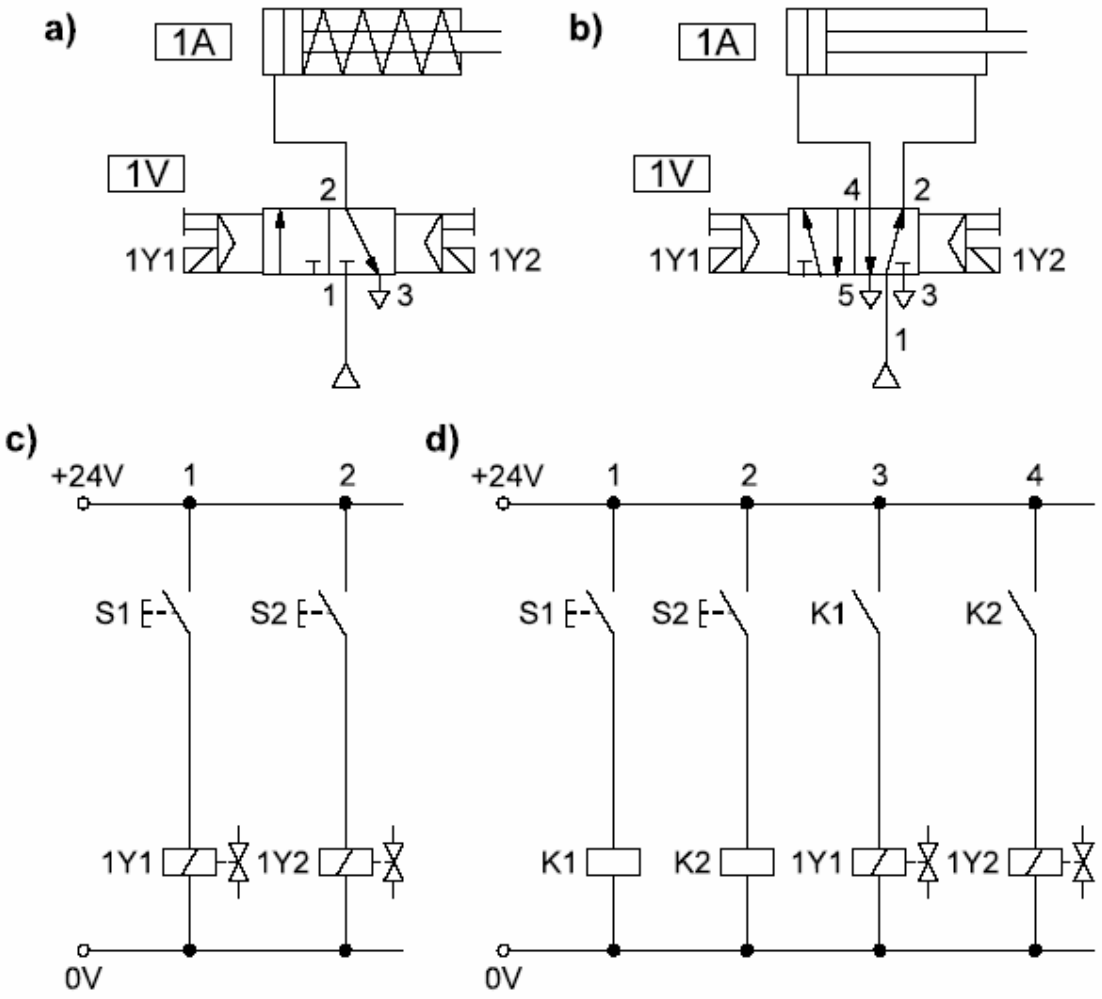
double solenoid valve stroke control with Automatic return

المطلوب التحكم في تقدم مكبس أسطوانة ثنائية الفعل عند تشغيل مفتاح S1 وبعد الوصول إلى نهاية موضع نهاية التقدم يرجع المكبس أوتوماتكيا. يبين الشكلان ٣ -٣٢(b) و ٣ -٣٢(c) الدائرتين الكهربيتين للتحكم في شوط الرجوع. عند الضغط على المفتاح S1 يتقدم مكبس الأسطوانة ولما يصل إلى نهاية شوطه، يمر التيار إلى الملف 1Y2 خلال المفتاح الحدي 1S2 فيرجع المكبس. يجب إطلاق المفتاح S1 أولا، كشرط لرجوع الاسطوانة.

حركة تذبذبية باسطوانة ثنائية الفعل ذات ملفين Oscillating movement with double solenoid valve

المطلوب تقدم و رجوع مكبس أسطوانة أوتوماتكيا حالما يشغل مفتاح التحكم S1. بعد إعادة المفتاح إلى وضعه العادي يسحب المكبس ليأخذ وضع الرجوع النهائي.

بداية، يكون نظام التحكم في الوضع العادي: المكبس في وضع الرجوع و المفتاح الحدي مشغل (الشكلان ٣(b) -٣٣ و ٣(c) -٣٣). عند غلق الملامس S1 يتقدم مكبس الأسطوانة و عند وصوله إلى نهاية مشوار تقدمه، يشغل المفتاح الحدي 1S2 فيرجع المكبس. عند وصول المكبس إلى نهاية وضع رجوعه يمكن بداية دائرة حركة أخرى، شرط أن يبقى الملامس S1 مغلقا. إذا فتح الملامس S1، يبقى المكبس قي وضع الرجوع.



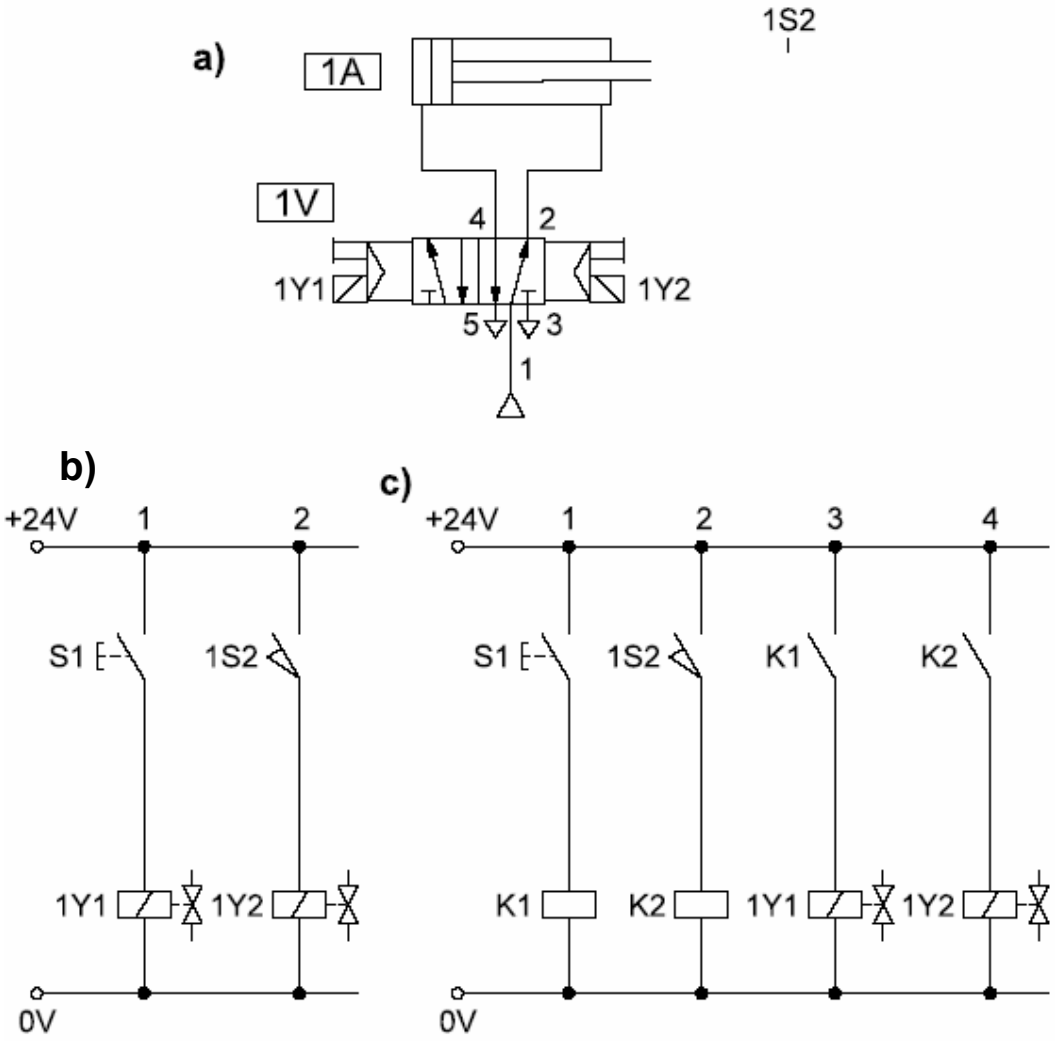
الشكل ٣ -٣١ التحكم في شوطي التقدم و الرجوع بصمام ذي ملفين كهربيين

a) مخطط دائرة التحكم النيوماتي في أسطوانة أحادية الفعل

b) مخطط دائرة التحكم النيوماتي في أسطوانة ثنائية الفعل

c) مخطط الدائرة الكهربية للتحكم المباشر

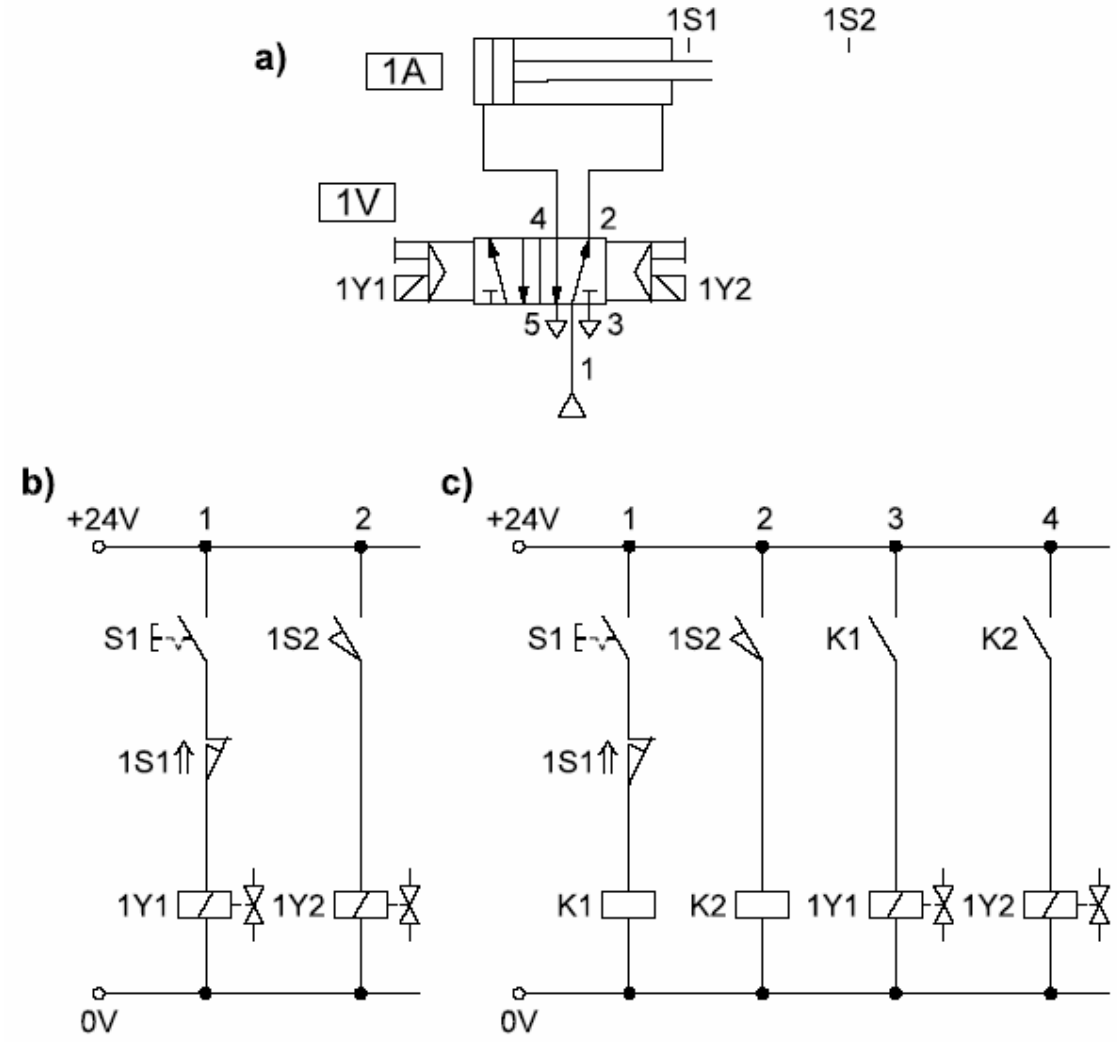
d) مخطط الدائرة الكهربية للتحكم غير المباشر



الشكل ٣ -٣٢ التحكم في شوط الرجوع الأوتوماتيكي بصمام اتجاهي ذي ملفين كهربيين

a) مخطط دائرة التحكم النيوماتية في أسطوانة أحادية الفعل

b) مخطط الدائرة الكهربية للتحكم غير المباشر



الشكل ٣ -٣٣ التحكم في شوطي التقدم و الرجوع بصمام اتجاهي ذا ملفين كهربيين

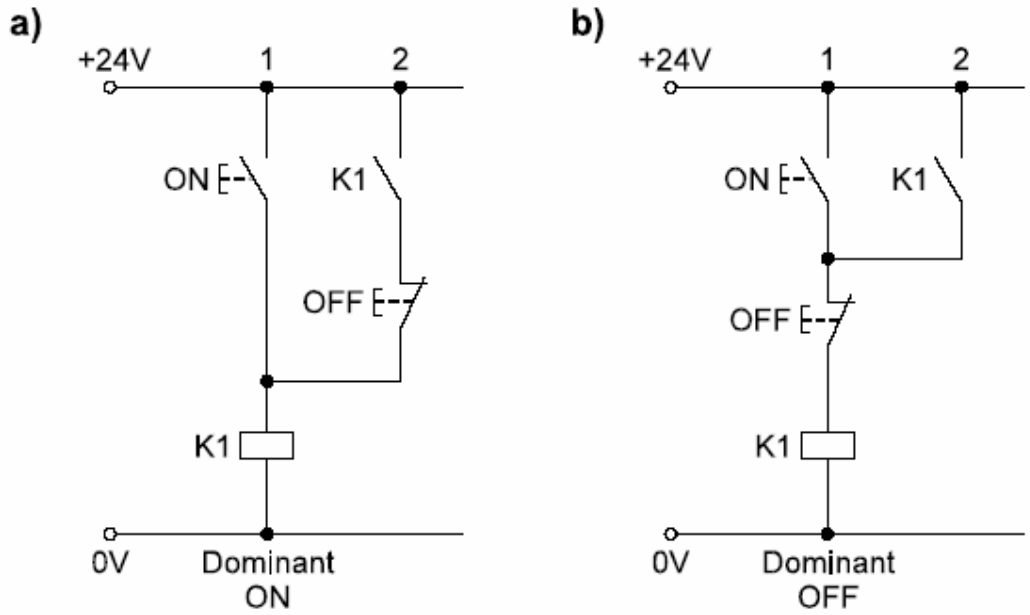
a) مخطط دائرة التحكم النيوماتية في أسطوانة أحادية الفعل

b) مخطط الدائرة الكهربية للتحكم المباشر

c) مخطط الدائرة الكهربية للتحكم غير المباشر

دائرة التخزين (الإمساك الذاتي) ذات مرحل Relay circuit with latching

عند تشغيل الزر الانضغاطي "ON" في الدائرة الموضحة في الشكل (a)٣,٣٢، يشحن ملف المرحل ثم يغلق الملامس K1. بعد إطلاق الزر الانضغاطي "ON" يواصل تدفق التيار عبر الملامس K1 خلال الملف، و يبقى الملف في وضع التشغيل. تبقى إشارة "ON" مخزنة. هذه دائرة ذات مرحل مع وظيفة التخزين.



الشكل ٣ -٣٤ دائرة التخزين (الإمساك الذاتي) Latching circuit

a) غالب موصل Dominant ON

b) غالب مفصول Dominant OFF

عند الضغط على الزر الانضغاطي "OFF" ينقطع مرور التيار و يصبح المرحل غير مشحون. في حالة الضغط على الزرين "ON" و "OFF" في آن واحد يشحن ملف الرحل. تسمى هذه الدائرة "دائرة تخزين غالب موصل" (Dominant ON latching circuit).

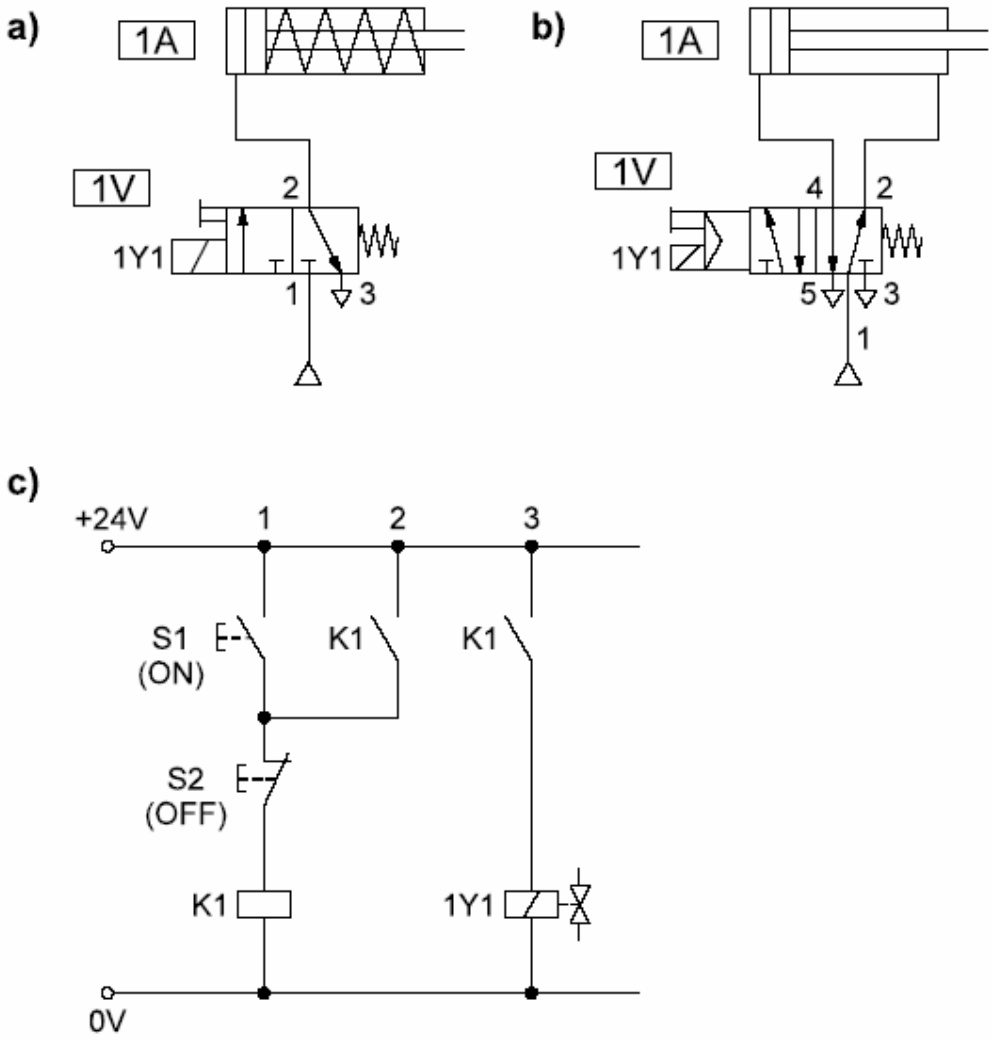
تظهر الدائرة في الشكل (b)٣ -٣٢ نفس تصرف الدائرة في الشكل (a)٣ -٣٢ شرط تشغيل الزر الانضغاطي "ON" أو الزر الانضغاطي "OFF" يختلف التصرف عند تشغيل الزر في آن واحد. تسمى هذه الدائرة "دائرة تخزين غالب مفصول" (Dominant OFF latching circuit).

التحكم اليدوي في شوط التقدم و الرجوع بمرحل ذي وظيفة التخزين

function via relay with latching return stroke control Manual forward and

المطلوب تقدم مكبس الأسطوانة عند الضغط على الزر الانضغاطي S1 و رجوع المكبس عند الضغط على الزر الانضغاطي S2. يستعمل مرحل بوظيفة التخزين من أجل تخزين الإشارة.

يشحن الملف عند الضغط على الزر الانضغاطي S1 و يشغل الصمام الاتجاهي من خلال ملامس مرحل آخر. يرجع مكبس الأسطوانة عندما يرفع الشحن عن المرحل من خلال تشغيل الزر الانضغاطي S2. تشغيل الزرين في آن واحد يؤدي إلى رجوع مكبس الأسطوانة أو إبقائه في وضع رجوعه النهائي، حيث أن هذه الدائرة تعتبر "دائرة مرحل غالب مفصول" (Dominant OFF relay circuit).



الشكل ٣ -٣٥ التحكم في شوطي التقدم و الرجوع بمرحل تخزين

a) مخطط دائرة التحكم النيوماتي في أسطوانة أحادية الفعل

b) مخطط دائرة التحكم النيوماتي في أسطوانة ثنائية الفعل

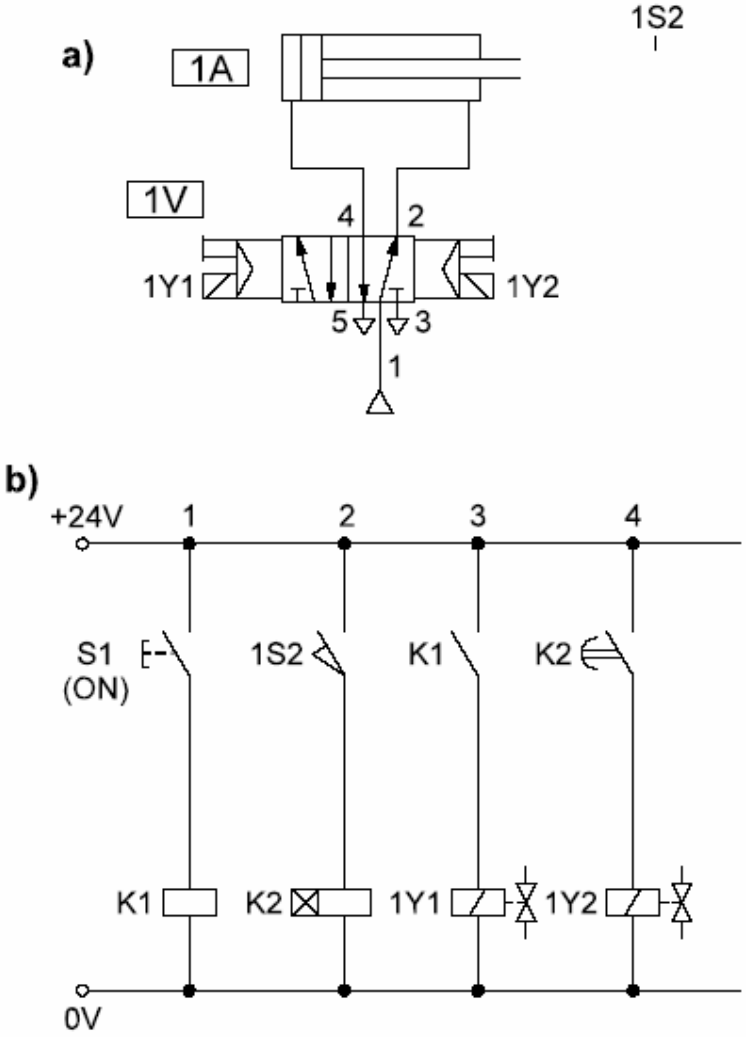
c) مخطط الدائرة الكهربية

٣ -٧ -٥ الإعاقة الزمنية Delay

في العديد من التطبيقات، يجب أن يتبقى مكبس الأسطوانة ثابتا في وضع معين لمدة زمنية محددة. في حالة دافع مكنة ضغط، مثلا، تضغط شغلتان مع بعضها إلى أن يجف اللصق و يستعمل المؤقت الزمني (time relay) بإعاقة زمنية للغلق أو الفتح للقيام بمهام مشابهة لهذه.

التحكم في أسطوانة مع الإعاقة الزمنية Control of a cylinder with timing

عند الضغط على الزر الانضغاطي S1 مؤقتا يتقدم المكبس ويبقى في وضع نهاية التقدم لمدة عشرة ثواني ثم يرجع أوتوماتكيا (الشكل ٣ -٣٦).



الشكل ٣ -٣٦ عملية التأخر في عودة الأسطوانة (مؤقت زمني مع صمام اتجاهي يحافظ على وضع تشغيله)

a) مخطط دائرة التحكم النيوماتي في أسطوانة ثنائية الفعل

b) مخطط الدائرة الكهربية

٣-١ التحكم التتابعي بتخزين الإشارة خلال صمامات توجيهية ذات ملفين

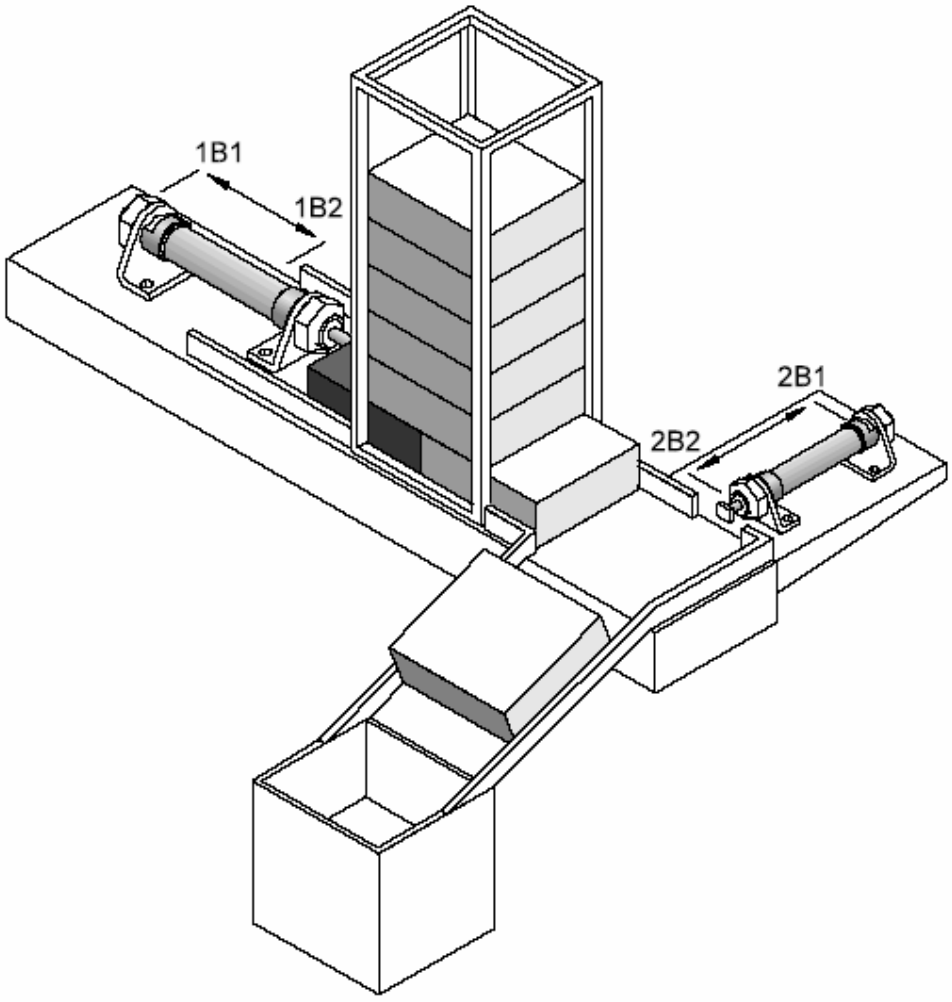
Sequential control with signal storage by double solenoid valves

يُعتبر تخزين الإشارة ميزة أساسية في نظم التحكم التتابعي و يمكن الحصول عليه باستعمال صمامات ذوات ملفين أو مرحلات بوظيفة التخزين (latching relays).

في ما يلي يتبع شرحا لتصميم الدائرة ذات تخزين الإشارة باستعمال الصمامات ذات ملفين.

مثال تطبيقي: جهاز التغذية (Feeding device)

يبين الشكل ٣ -٣٧ المخطط الموضعي لجهاز تغذية. يكشف عن وضعي نهاية مكبسي الاسطوانتين 1A و 2A باستعمال مجسين تقاربين حثيين 1B1 و 2B2 (proximity inductive switches).



الشكل ٣ -٣٧ مخطط موضعي لجهاز تغذية

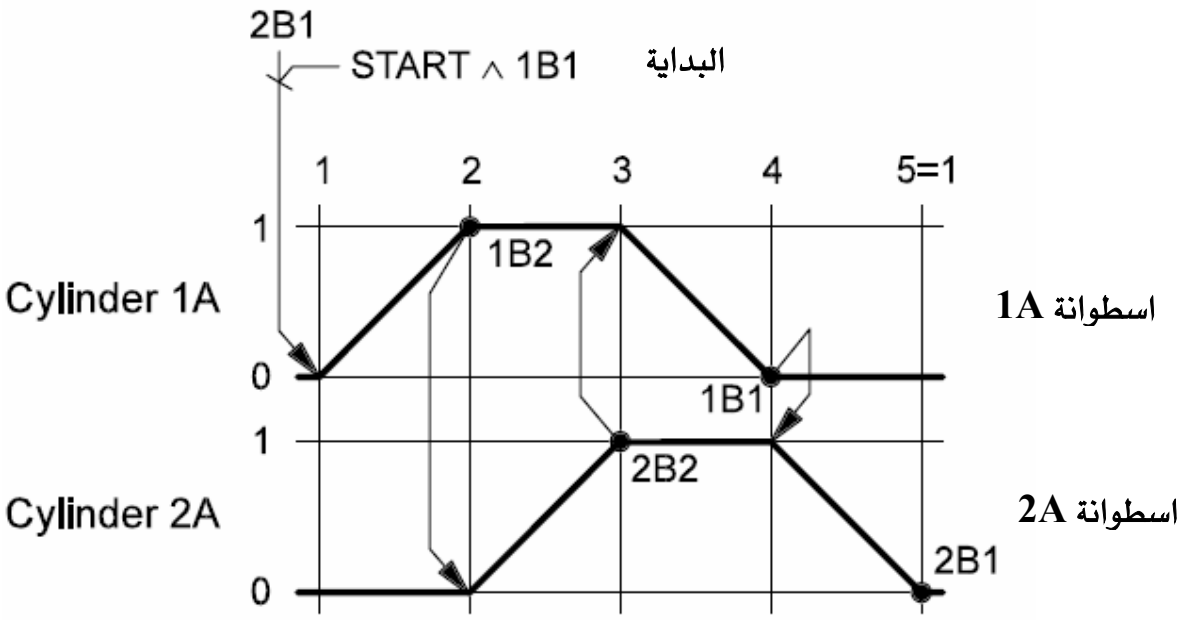
مخطط الأداء الوظيفي لجهاز التغذية: Displacement-step diagram for the feeding device

يبدأ تشغيل الدائرة ذات التحكم التتابعي عندما يدفع العامل الزر الانضغاطي "START". تكون مراحل التشغيل كالتالي:

- المرحلة الأولى: يتقدم مكبس الأسطوانة 1A. تدفع الشغلة خارج المخزن
- المرحلة الثانية: يتقدم مكبس الأسطوانة 2A. تدفع الشغلة داخل محطة التشغيل
- المرحلة الثالثة: يرجع مكبس الأسطوانة 1A.
- المرحلة الرابعة: يرجع مكبس الأسطوانة 2A.

يجب دفع الزر "START" مرة أخرى من أجل بدء عملية تغذية أخرى.

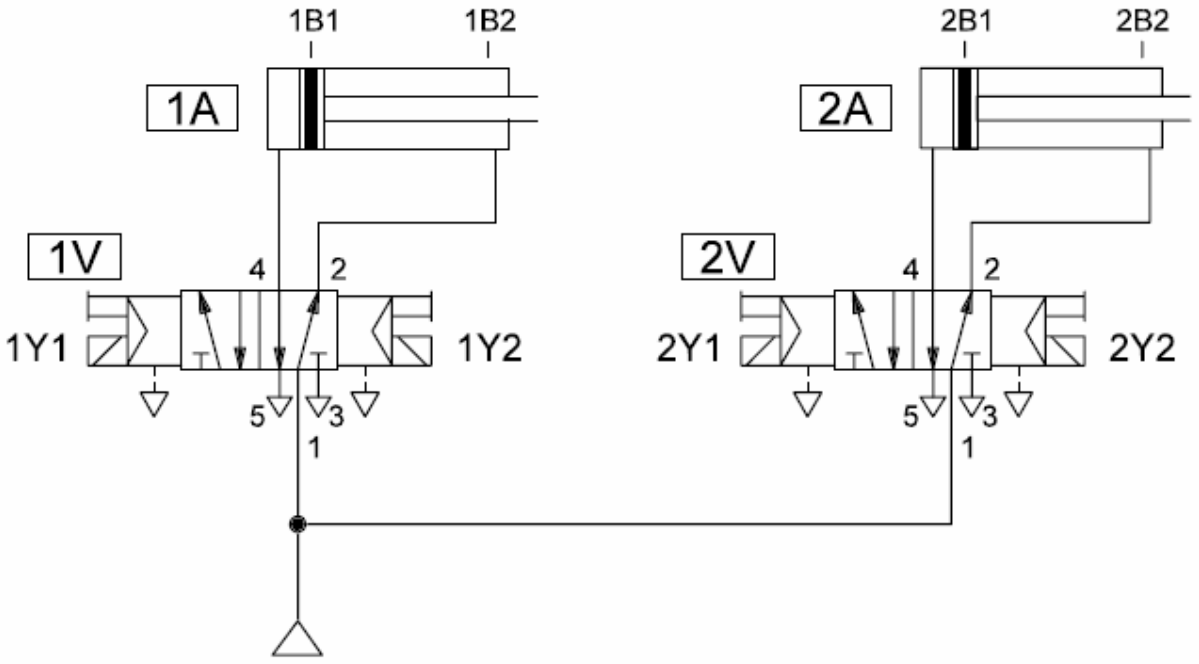
تظهر خطوات الحركة التتابعية من خلال مخطط الأداء الوظيفي المبين في الشكل ٣ -٣٨



الشكل ٣ -٣٨ المخطط الأداء الوظيفي لجهاز التغذية

مخطط الدائرة النيوماتية لجهاز التغذية

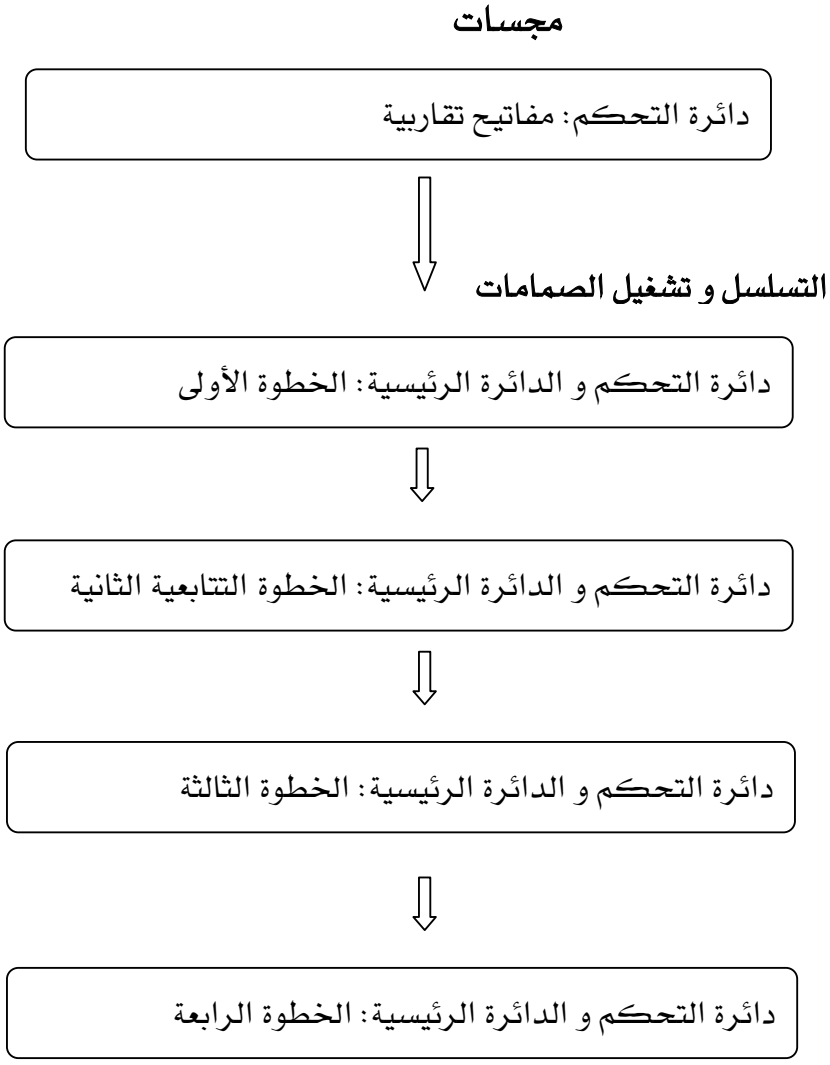
ينفذ نظام التحكم باستعمال اسطوانتين ثنائيتي الفعل و صمامين توجيهين ذوي ملفين و الشكل ٣ - ٣٩ يبين مخطط الدائرة النيوماتية.



الشكل ٣ -٣٩ مخطط الدائرة النيوماتية لجهاز التغذية

تصميم مخطط الدائرة ذات المرحل

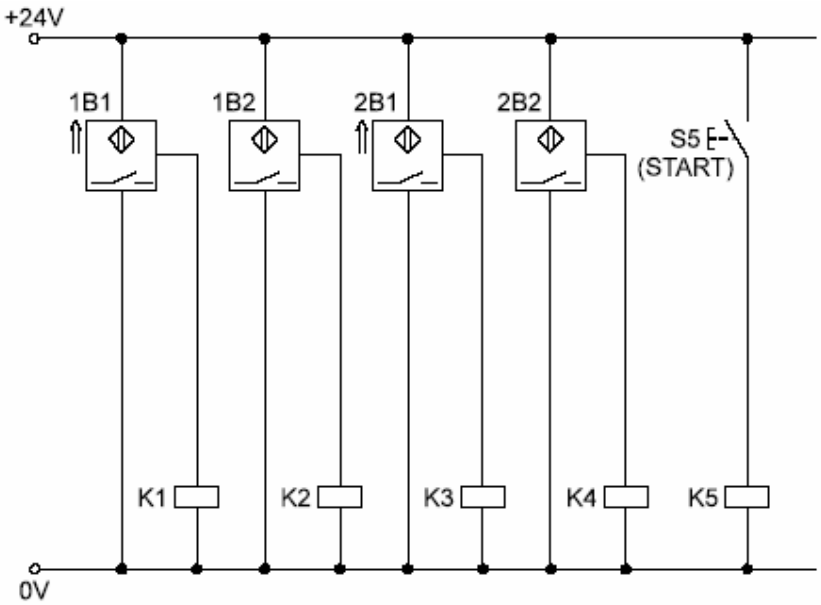
تستعمل طريقة منظمة لتصميم الدائرة ذات المرحل و يجب التخطيط لها مع تقييم المجسات و الزر الانضغاطي أولا ثم تضاف إليها مراحل التشغيل الفردية. الشكل ٣ -٤٠ يبين خطوات التصميم.



الشكل ٣ -٤٠ مراحل تصميم مخطط دائرة المرحل لجهاز التغذية

تقييم المجسات Sensor evaluation

تجمع إشارات دائرة المرحل مع بعضها من خلال ملامسات مفاتيح التحكم و الأزرار الانضغاطية و المرحلات. وليس للمجسات التقاربية الالكترونية المستعملة في هذا المثال ملامسات ولكنها تحدث إشارة الخرج من خلال دائرة الكترونية. تعمل كل إشارة الخرج من المجس على ملف المرحل الذي بدوره يشغل الملامس أو الملامسات اللازمة (الشكل ٣ -٤١). مثلا إذا أعتق المجس التقاربي 1B1، يمر التيار من خلال ملف المرحل K1 و تتحول الملامسات المناسبة إلى وضع التشغيل.



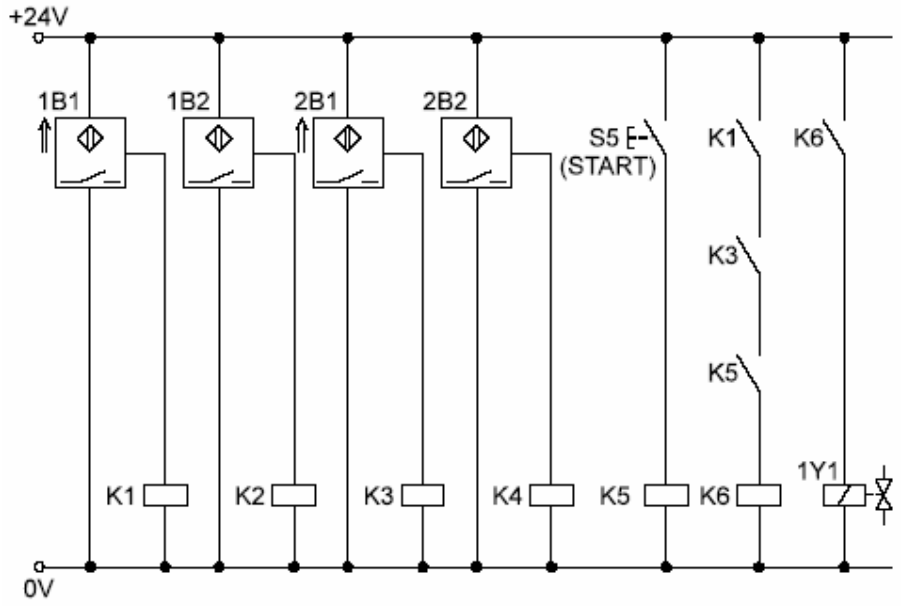
الشكل ٣ -٤١ مخطط الدائرة الكهربية مع تقييم المجسات

الخطوة التتابعية الأولى First sequence step

يجب تنفيذ الشروط التالية قبل بداية تشغيل:

- مكبس الأسطوانة 1A في نهاية وضع الرجوع (المجس التقاربي 1B1 و المرحل K1 مشغلين)
- مكبس الأسطوانة 2A في نهاية وضع الرجوع (المجس التقاربي 2B1 و المرحل K3 مشغلين)
- الزر الانضغاطي "START" (S5) مشغل.

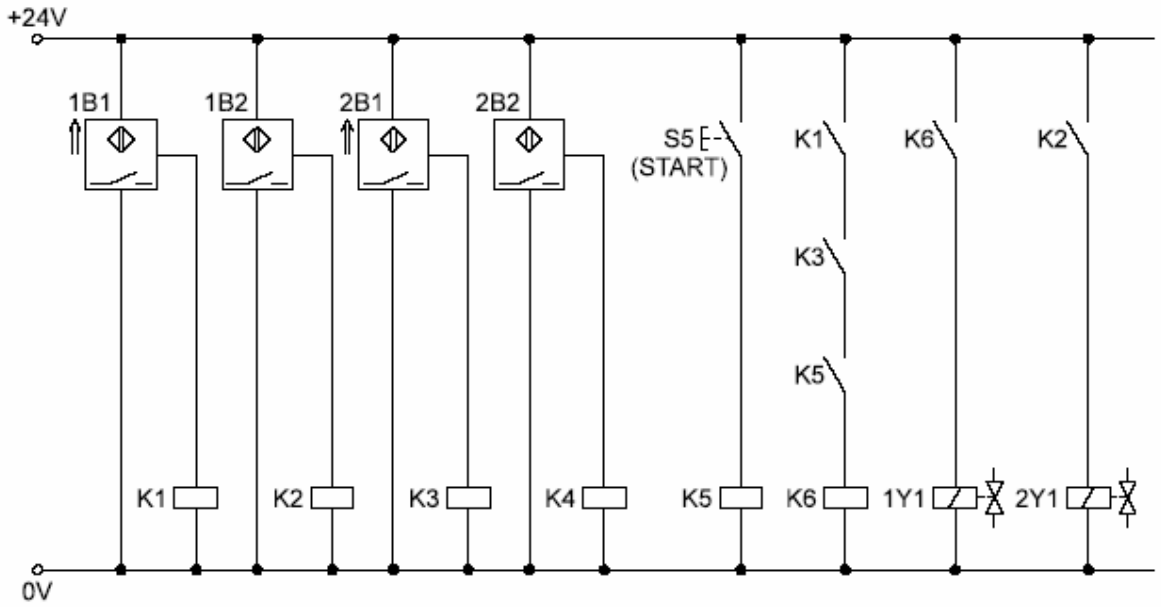
إذا توفرت جميع هذه الشروط، يشحن ملف المرحل K6. كما يشحن الملف 1Y1 و يتقدم مكبس الأسطوانة 1A.



الشكل ٣ -٤٢ مخطط الدائرة الكهربية مع تقييم المجسات و الخطوة التتابعية الأولى

الخطوة التتابعية الثانية Second sequence step

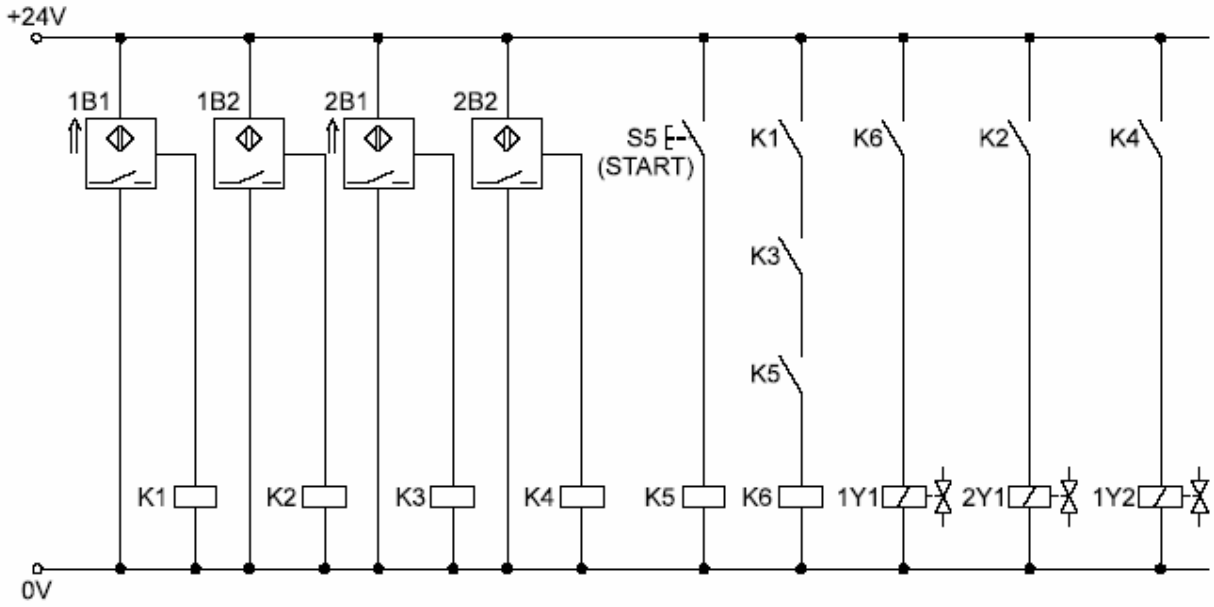
عندما يصل مكبس الأسطوانة 1A إلى نهاية شوط تقدمه، يتجاوب المجس 1B2 و تبدأ الخطوة التتابعية الثانية. يشحن الملف 2Y1 و يتقدم مكبس الأسطوانة 2A.



الشكل ٣ -٤٣ مخطط الدائرة الكهربية مع تقييم المجسات
و الخطوتين التتابعيتين الأولى و الثانية

الخطوة التتابعية الثالثة Third sequence step

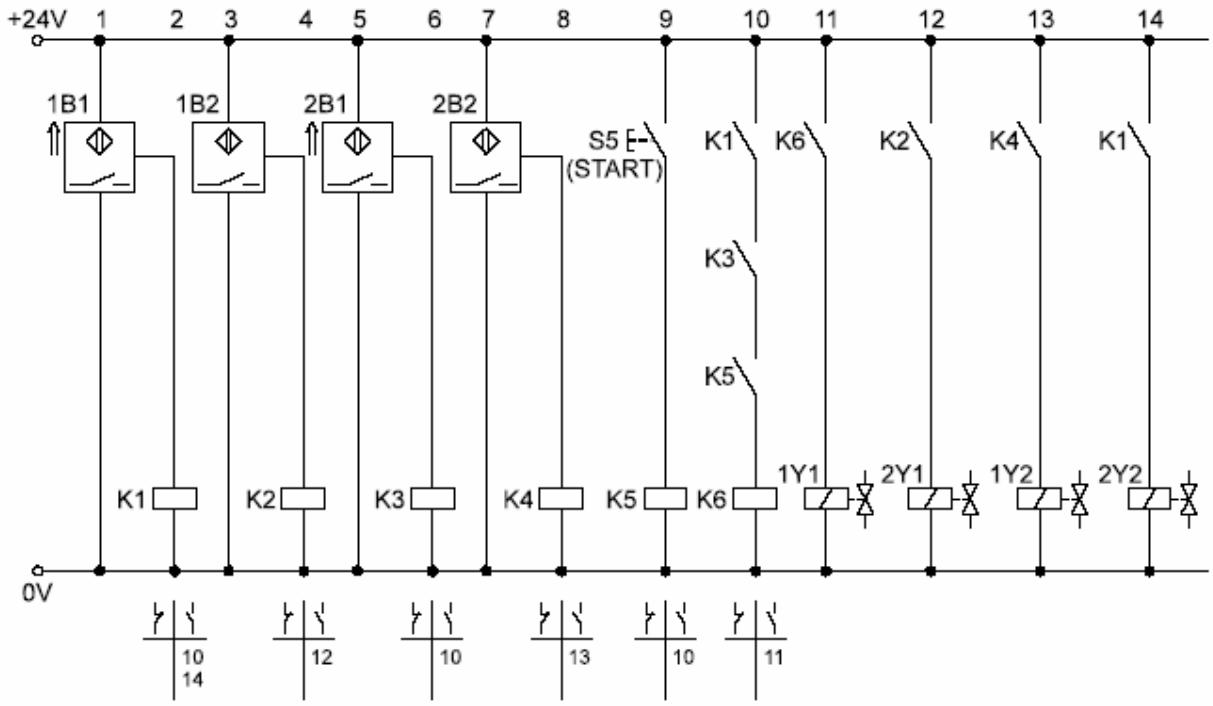
عند وصول نكبس الأسطوانة 2A إلى نهاية شوط تقدمه، يتجاوب المجس 2B2 و تبدأ الخطوة التتابعية الثالثة.حيث يشحن الملف 1Y2 و يرجع مكبس الأسطوانة 1A.



الشكل ٣ -٤٤ مخطط الدائرة الكهربية مع تقييم المجسات و الخطوات التتابعية الأولى و الثانية و الثالثة.

الخطوة التتابعية الرابعة Fourth sequence step

عند وصول نكبس الأسطوانة 1A إلى نهاية شوط رجوعه، يتجاوب المجس 1B1 و تبدأ الخطوة التتابعية الرابعة. يشحن الملف 2Y2 و يرجع مكبس الأسطوانة 2A. يبين الشكل ٣,٤٥ المخطط الكامل للدائرة الكهربية لجهاز التغذية مع جداول الملامسات و تسميات مسارات التيار.



الشكل ٣ -٤٥ مخطط الدائرة الكهربية لجهاز التغذية

أساسيات تحكم

التحكم الهيدروليكي

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الفصل العاشر

إعداد القدرة الهيدروليكية

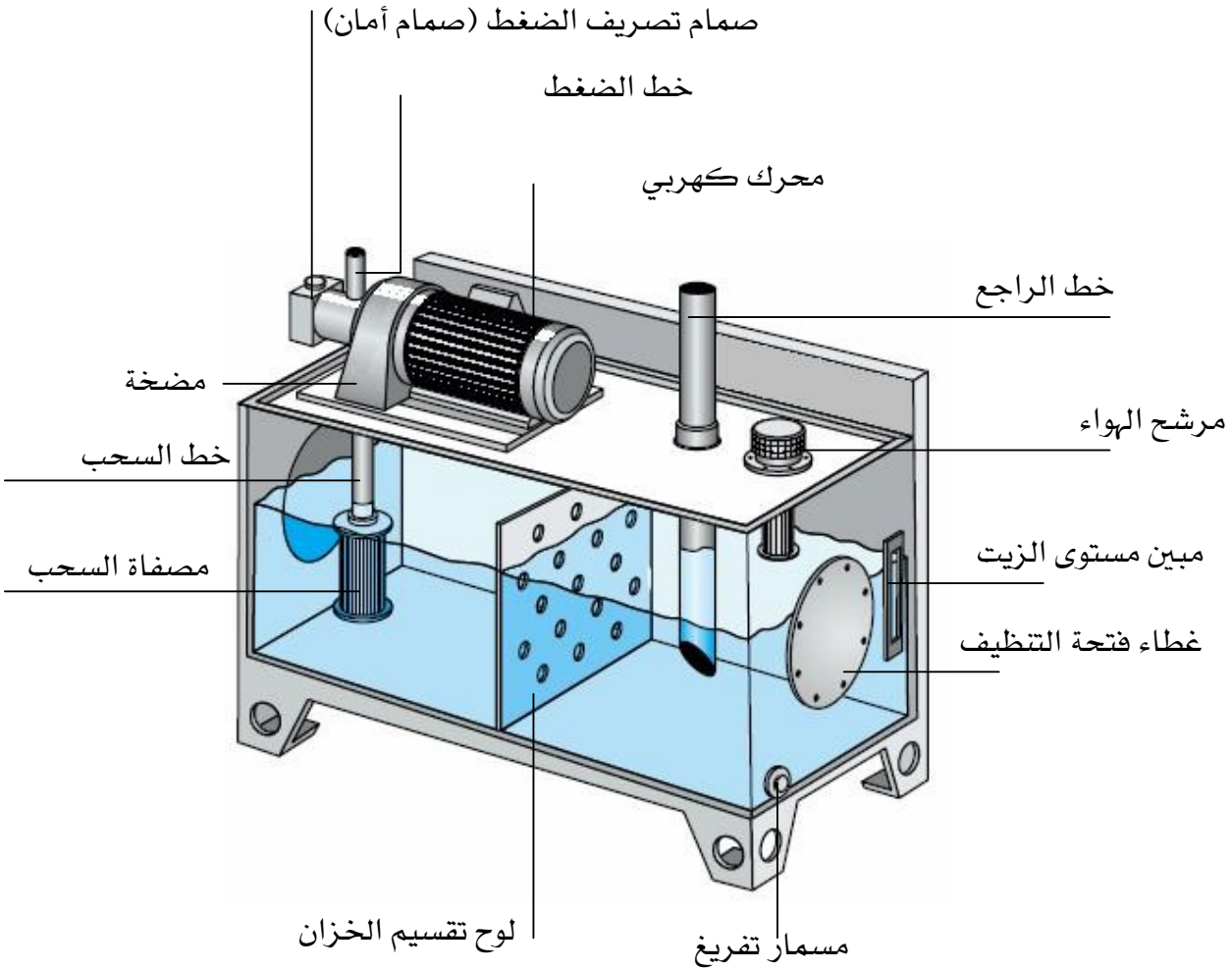
١٠ -١ وحدة القدرة الهيدروليكية Hydraulic power supply unit

تزود وحدة القدرة الهيدروليكية الطاقة التي يتطلبها النظام الهيدروليكي و هي تتكون من العناصر التالية (الشكل ٤ -١):

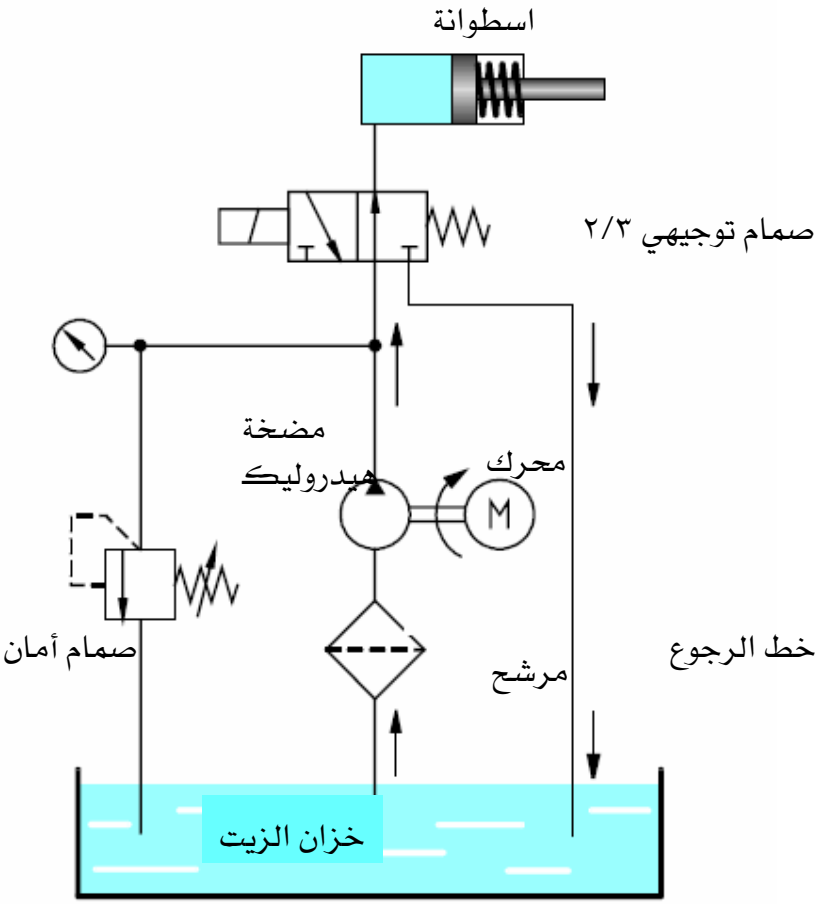
- المحرك
- المضخة
- صمام تصريف الضغط
- المزوجات
- الخزان
- المرشح
- المبرد
- السخان

و بالإضافة، يحتوي كل نظام هيدروليكي على أجهزة خدمة و قياس و أمان و كذلك على مواسير لتوصيل العناصر الهيدروليكية.

يبين الشكل ٤ -٢ نموذجا لمخطط دائرة هيدروليكية مربوطة مع وحدة القدرة الهيدروليكية.



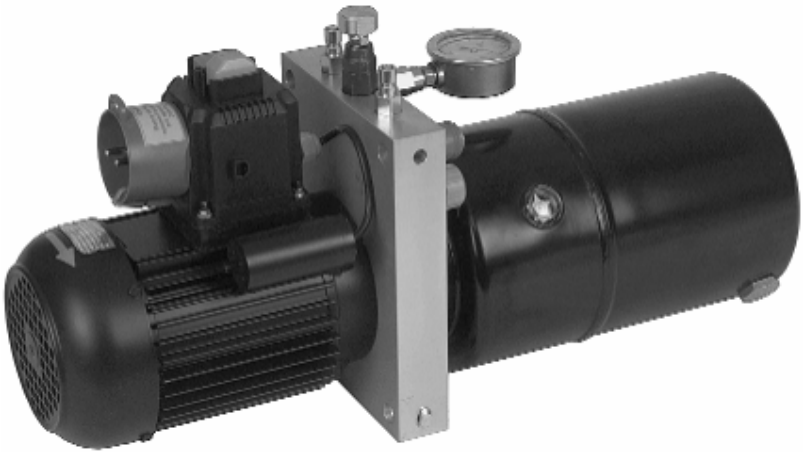
الشكل ٤ -١ وحدة القدرة الهيدروليكية



الشكل ٤ -٢ الدائرة الهيدروليكية المغلقة

١٠ -٢ المحرك Drive

يستعمل المحرك (محرك كهربي، محرك داخلي الاحتراق) لدفع النظم الهيدروليكية. يزود المحرك الكهربي الطاقة الميكانيكية للمضخة المستعملة في الهيدروليكية الثابتة بينما يستعمل المحرك داخلي الاحتراق في الهيدروليكية المتنقلة. و يبين الشكل ٤ -٣ صورة لمحرك كهربي مربوط بمضخة هيدروليكية.

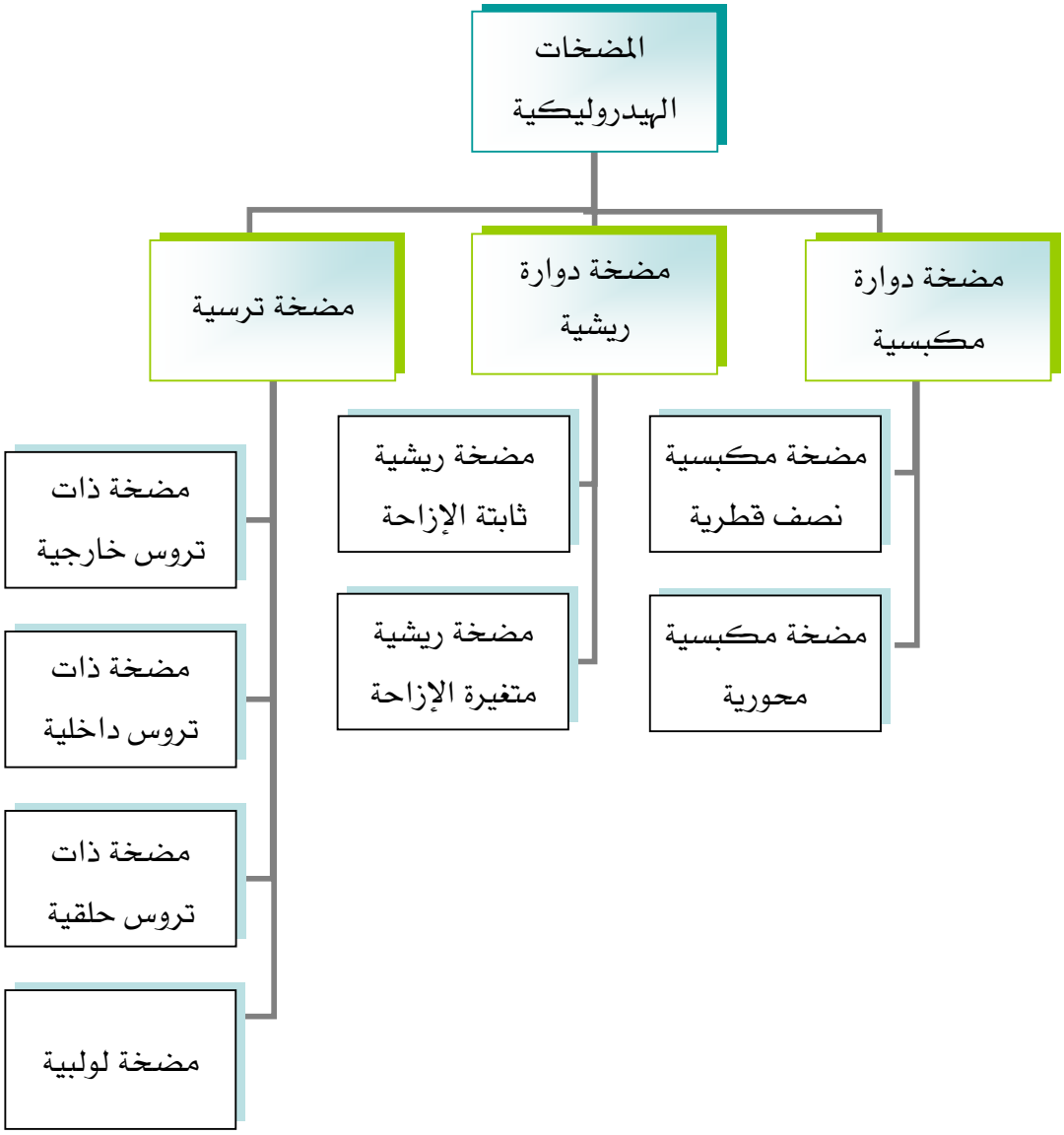


الشكل ٤ -٣ محرك كهربي مربوط بمضخة

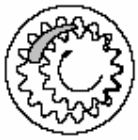
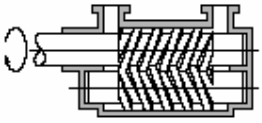
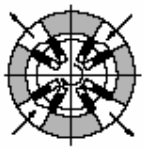
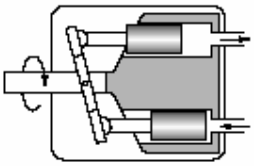
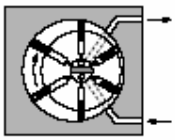
١٠ -٣ المضخة الهيدروليكية Hydraulic Pump

تقوم المضخة في النظام الهيدروليكي بتحويل الطاقة الميكانيكية الناتجة من المحرك إلى طاقة هيدروليكية (طاقة ضغط). تسحب المضخة السائل الهيدروليكي ثم تضخه في خطوط النظام. تتسبب المقاومة التي تواجه حركة السائل الهيدروليكي خلال النظام، في ارتفاع مستوى الضغط يتناظر مع المقاومة الكلية الناتجة عن المقاومة الداخلية والخارجية لحركة السائل و هي على النحو التالي:

- **المقاومة الخارجية:** تنتج عن الحمل الأقصى والاحتكاك الميكانيكي والقوى الإستاتية والقوى اللازمة لإحداث تسارع الكتل.
- **المقاومة الداخلية:** تنتج عن الاحتكاك الكلي الناتج عن سريان السائل بخطوط الأنابيب والأجزاء الأخرى الداخلية من النظام. احتكاك لزوجة السائل وفقد التدفق (نقاط الاختناق).



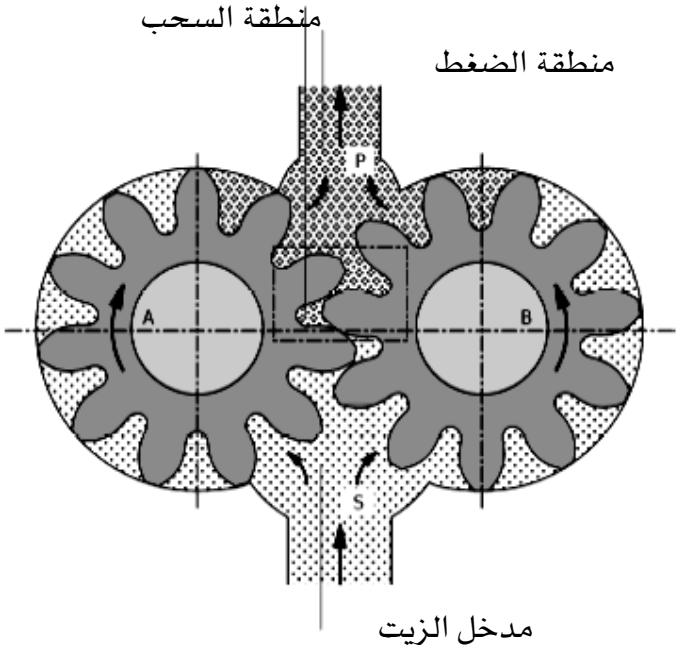
الشكل ٤ -٤ أنواع المضخات

	نوع المضخة	مدى السرعة (r.p.m)	الحجم المزاح (cm^3)	الضغط الاسمي (bar)	الكفاءة الكلية
	Gear pump, internally toothed مضخة ذات تروس خارجية	500 – 3500	1.2 – 250	63 – 160	0.8 – 0.91
	Gear pump, externally toothed مضخة ذات تروس داخلية	500 – 3500	4 – 250	160 – 250	0.8 – 0.91
	Screw pump مضخة لولبية	500 – 4000	4 – 630	25 – 160	0.7 – 0.84
	Rotary vane pump مضخة دوارة ريشية	960 – 3000	5 – 160	100 – 160	0.8 – 0.93
	Axial piston pump مضخة مكبسية محورية	..... – 3000 750 – 3000 750 – 3000	100 25 – 800 25 – 800	200 160 – 250 160 – 320	0.8 – 0.92 0.82 – 0.92 0.8 – 0.92
	Radial piston pump مضخة مكبسية نصف قطرية	960 – 3000	5 – 160	160 – 320	0.90

الشكل ٤ -٥ خصوصيات المضخات الهيدروليكية الأكثر

مثال لمضخة: مضخة ترسية Gear pump

وهي مضخة ثابتة الإزاحة لأن الحجم المزاح الذي تحدده الفراغات بين أسنان التروس غير قابل للتعديل.



الشكل ٤ -٦ مضخة ترسية Gear pump

نظرية عمل المضخة الترسية

مضخة الترس موضحة بالشكل ٤ -٦. منطقة السحب S موصلة بالخزان. تعمل المضخة الترسية وفقاً للمبدأ التالي: يوصل أحد التروس بالمحرك ويدار الآخر بواسطة الأسنان المتقابلة. تتسبب الزيادة في الحجم الناتجة عن حركة الأسنان بعيدة عن شبكة التروس، في تكوين فراغ ضغط في منطقة السحب. يملى السائل فراغات الأسنان وينقل خارجياً حول وعاء المضخة إلى منطقة الضغط P ثم يتم طرد السائل خارج فراغات الأسنان إلى خطوط الأنابيب. يحصر السائل في فراغات الأسنان بين منطقة السحب والضغط. و يُضخ هذا السائل إلى منطقة الضغط عن طريق مجرى لأن أقصى ضغط قد يرفع الضوضاء ويسبب تلفا.

١٠ -٤المزوجات Couplings

توضع المزوجات في قسم مصدر القدرة بين المحرك والمضخة وتقوم بنقل عزم الإدارة المولد في المحرك إلى المضخة. بالإضافة إلى ذلك تعمل كخمد بينهما وهذا يمنع التذبذب في عمل المحرك من أن ينتقل إلى المضخة وكذلك منع الضغط الأقصى من أن يؤثر على المحرك. كما تعمل المزوجات على تفادي أثر الإصغاء في ضبط تقابل عمود المحرك و عمود المضخة ومن الأمثلة المزوجات:

- مزوجات مطاطية
- مزوجات ترسية
- مزوجات الأسنان المربعة.

١٠ -٥الخزان Reservoir

يؤدي الخزان في الأنظمة الهيدروليكية الوظائف التالية:

- يعمل كمستودع للسائل الهيدروليكي المغلوب لتشغيل النظام.
- طرح الحرارة.
- فصل الهواء والماء والمواد الصلبة من السائل الهيدروليكي.
- يركب عليه المحرك والمضخة و الأجزاء الأخرى مثل الصمامات و المركمات...

لتحقيق هذه الوظائف يجب مراعاة بعض القواعد لتصميم الخزان وتحديد حجمه وهي:

- توزيع المضخة.
- الحرارة الناتجة من التشغيل بمراعاة أعلى درجة حرارة مسموح بها.
- أقصى طرق في الحجم السائل الحاصل عند تغذية وتفريغ الأجزاء المستهلكة للسائل (الاسطوانات، و الخزانات).
- مكان العمل.
- وقت التدوير.

١٠ -٦ المرشحات Filters

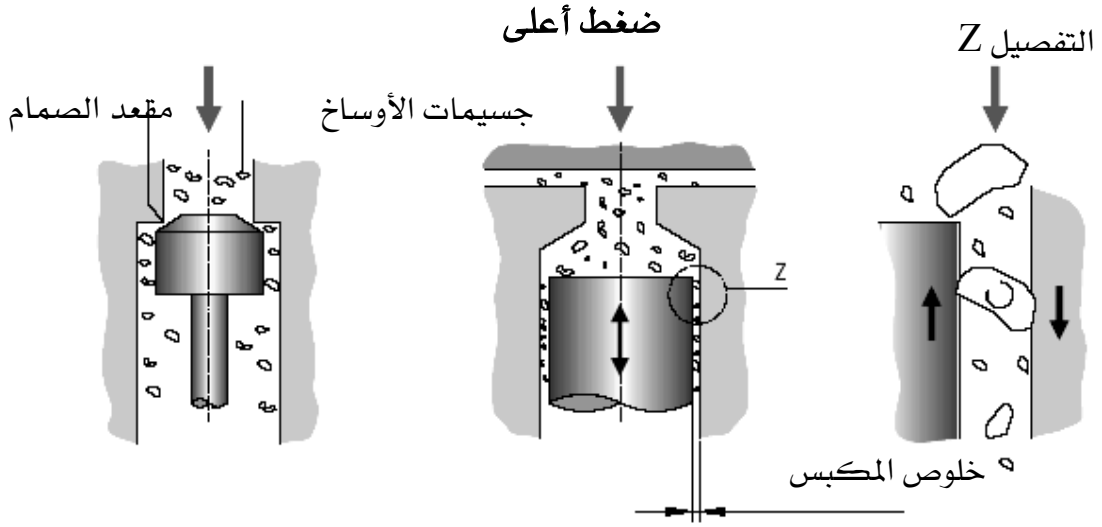
للمرشحات دور أساسي في ضمان تشغيل جيد وعمر أطول لأجزاء الأنظمة الهيدروليكية.

تأثير الزيت الملوث:

ينشأ تلوث السائل الهيدروليكي عن الأسباب التالية:

- التلوث الابتدائي خلال تركيب النظام بشرائح معدنية رقيقة، تربة أرضية، غبار، قطع اللحام، دهان، أوساخ أو مواد الإغلاق كما أن الزيت المزود قد يكون ملوثاً.
- التلوث خلال التشغيل الناتج عن التآكل، دخول الملوثات خلال موانع التسرب و مروحة الخزان، تعبئة و تفريغ السائل الهيدروليكي، تغيير المكونات أو المواسير.

يبين الشكل ٤ -٧ تأثير الملوثات على تشغيل مكبس الصمام حيث تعيق تقدمه أو إغلاقه الكامل للفتحات.



الشكل ٤ -٧ تأثيرات تلوث الزيت

١٠ -٧ المبردات Coolers

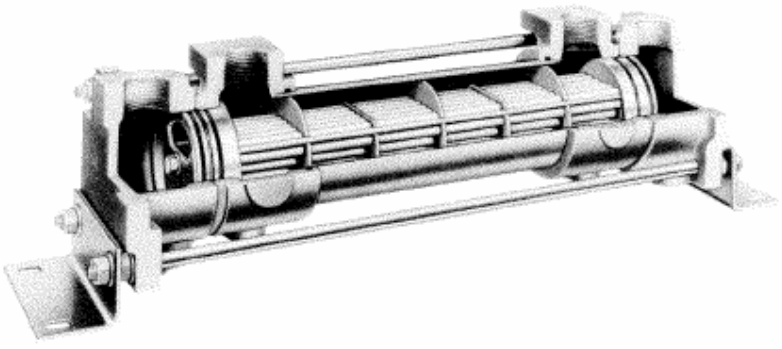
في الأنظمة الهيدروليكية، يتسبب فقد الاحتكاك إلى فقد الطاقة عند تدفق السائل في الأنابيب و الأجزاء. وهذا يتسبب في ارتفاع درجة حرارة السائل الهيدروليكي. إلى حد معين يتم طرح هذه الحرارة إلى حيز العمل بواسطة الخزان و الأنابيب و الأجزاء الأخرى. يجب أن لا تزداد درجة حرارة التشغيل عن ٥٠ – ٦٠ درجة مئوية. عند ارتفاع درجة الحرارة تنخفض لزوجة الزيت إلى قيمة غير مقبولة مما يسبب قصر العمر الافتراضي لأجزاء النظام.

إذا كان نظام التبريد للنظام الهيدروليكي غير كافي يجب تشغيل مبرد يتحكم فيه ترموستات (thermostat) للمحافظة على درجة الحرارة ضمن المدى المحدد.

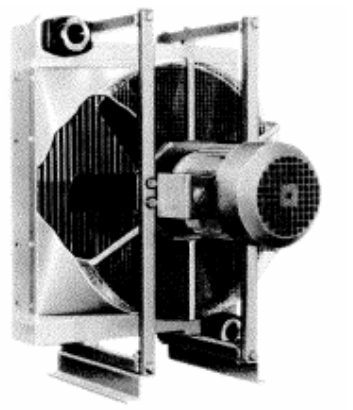
بعض أنواع أجهزة التبريد المتاحة هي:

- مبرد هوائي: لفرق درجة حرارة حتى ٢٥ درجة مئوية.
- مبرد مائي: لفترة درجة حرارة حتى ٣٥ درجة مئوية.
- تبريد للزيت بواسطة مبرد له مروحة هواء: عند الحاجة لطرح كميات عالية من الحرارة.

ويبين الشكلان ٤ -٨ و ٤ -٩ صورتان لمبرد مائي و مبرد هوائي.



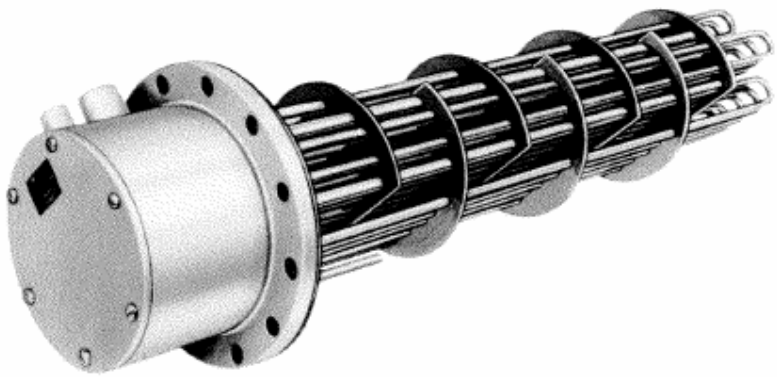
الشكل ٤ -٨ مبرد مائي



الشكل ٤ -٩ مبرد هوائي

١٠ -٨ المسخنات Heaters

تستخدم المسخنات لرفع درجة حرارة التشغيل إلى الدرجة المثلى وبالسرعة المطلوبة. و يهدف ذلك إلى ضمان اللزوجة المناسبة للسائل في بداية تشغيل النظام. عند ارتفاع اللزوجة يزداد الاحتكاك والذي يؤدي إلى التآكل. تُستخدم عناصر تسخين أو مسخن سابق لتسخين أو بدء تسخين السائل الهيدروليكي و يبين الشكل ٤ -١٠ عنصر مسخن الزيت.



الشكل ٤ -١٠ عنصر مسخن

الفصل الحادي عشر

الاسطوانات والصمامات الهيدروليكية

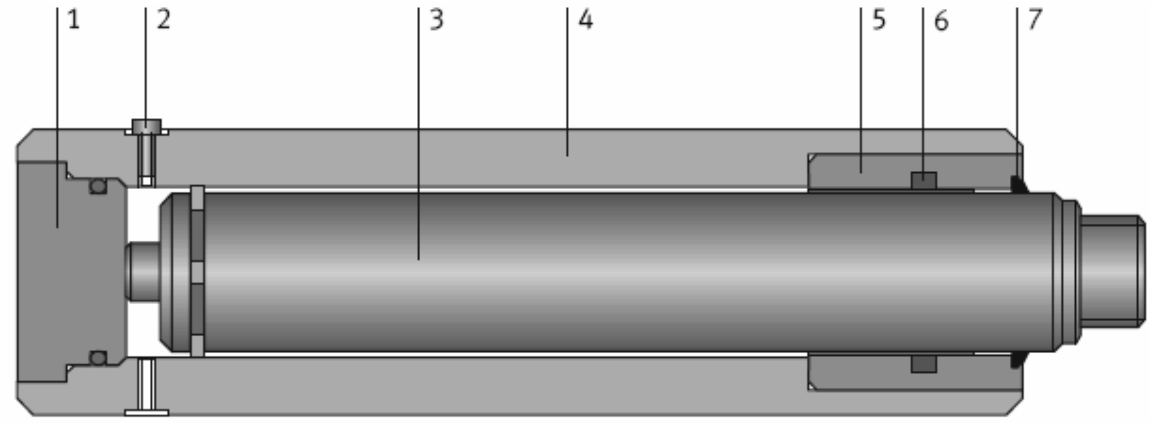
تقوم الأسطوانات الهيدروليكية بتحويل طاقة الضغط إلى طاقة ميكانيكية. وهي تنشئ الحركة الخطية ولذلك تسمى أيضا المحركات الخطية. وهناك نوعان أساسيان من الأسطوانات الهيدروليكية:

- الاسطوانات أحادية الفعل.
- الاسطوانات ثنائية الفعل.

يوضح الشكلان ٤ -١١ و ٤ -١٢ شكل مقطعي لهذين النوعين كما يوضح الشكل ٣ -١٣ أنواع الأسطوانات الهيدروليكية مع رموزها و ملخصا لوظيفة كل اسطوانة.

١١ - ١ **الأسطوانة أحادية الفعل** Single-acting cylinder

يتم إيصال السائل الهيدروليكي إلى جهة واحدة فقط للاسطوانة وبالتالي تستطيع الأسطوانة تنفيذ شغل في اتجاة واحد فقط. يبين الشكل ٤ -١١ شكلا مقطعيا لاسطوانة أحادية الفعل.



١. مساح Wiper
٢. مسمار التنفيس Venting screw
٣. ذراع المكبس Piston rod
٤. جسم الأسطوانة Cylinder barrel
٥. محمل ذراع المكبس Cylinder rod bearing
٦. مانع التسرب Seal
٧. مسمار التركيب Mounting screw

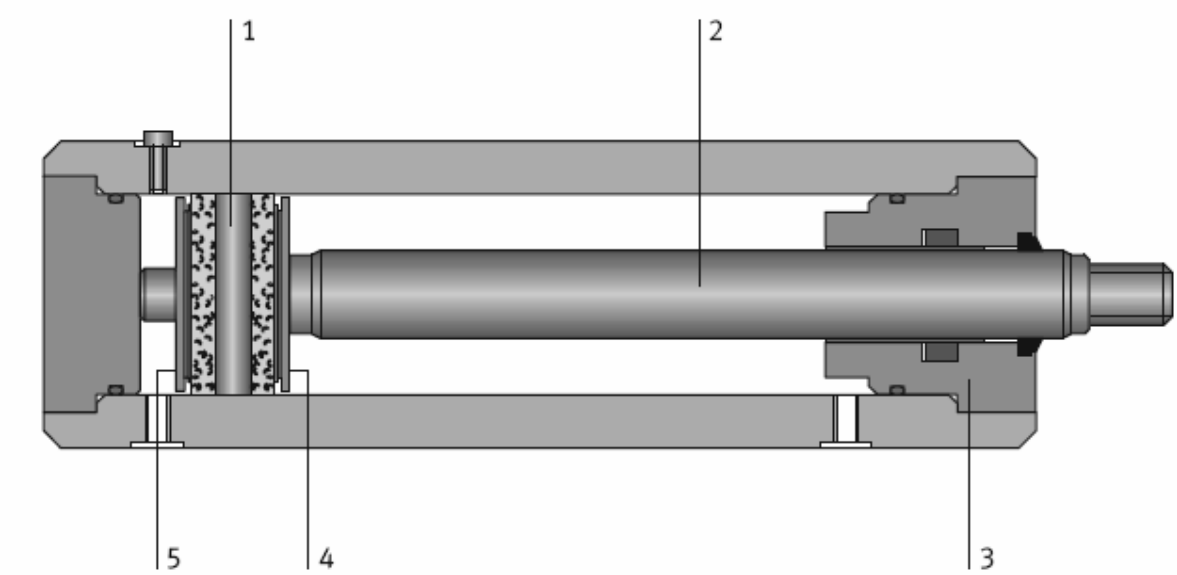
الشكل ٤ -١١ أسطوانة أحادية الفعل

Single Acting Cylinder

١١ -٢ الأسطوانة ثنائية الفعل Double Acting Cylinder

يتم إيصال السائل الهيدروليكي للاسطوانة ثنائية الفعل من جانبي المكبس و لذلك تستطيع الأسطوانة تنفيذ العمل في الاتجاهين. يبين الشكل ٤ -١٢ قطاعا لأسطوانة ثنائية الفعل.

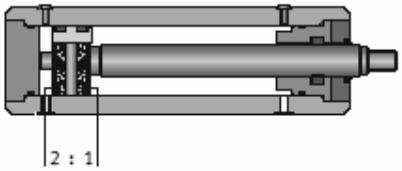
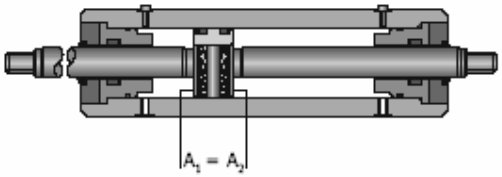
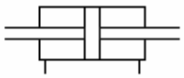
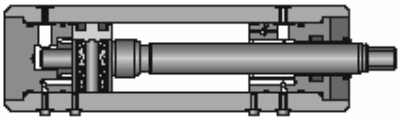
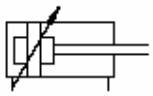
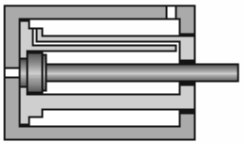
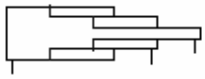
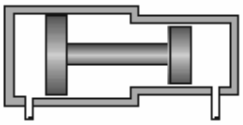
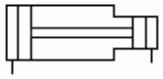
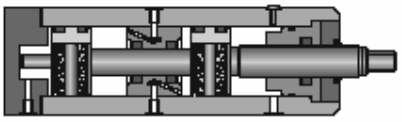
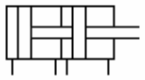
.



١. مكبس Piston
٢. ذراع المكبس Piston rod
٣. محمل ذراع المكبس Cylinder rod bearing
٤. مساحة حلقة المكبس Annular piston surface
٥. مساحة المكبس Piston surface

الشكل ٤ -١٢ أسطوانة ثنائية الفعل

Double Acting Cylinder

اسم الاسطوانة	وصف الاسطوانة		رمز الاسطوانة
Differential cylinder اسطوانة تفاضلية	نسبة المساحة ٢:١ (مساحة المكبس: مساحة حلقة المكبس). شوط الرجوع أسرع من شوط التقدم.		
Synchronous cylinder اسطوانة بذراعي دفع	المساحة المضغوطة متساوية($A_1=A_2$) سرعة التقدم = سرعة الرجوع		
Cylinder with end-position cushioning اسطوانة بخمد قابل للمعايرة	لتخفيض السرعة و اجتناب التصادم القوي.		
Telescopic cylinder اسطوانة تلسكوبية	تعطي أشواط أطول		
Pressure intensifier اسطوانة تكبير ضغط	تكبر الضغط		
Tandem cylinder اسطوانة بمكابس متتالية	تستخدم عندما تكون القوة المطلوبة كبيره ومساحة الضغط صغيرة		

الشكل ٤ -١٣ أنواع الأسطوانات الهيدروليكية

١١ -٣ الصمامات الهيدروليكية Hydraulic valves

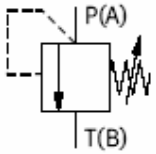
١١ -٣ -١ صمامات التحكم في الضغط Pressure valves

تستعمل صمامات الضغط للتحكم في الضغط و في تنظيمه داخل نظام هيدروليكي و في أجزاء من النظام.

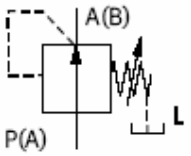
- **صمامات تصريف الضغط:** يحد هذا النوع من الصمامات الضغط داخل النظام بعد أن يحبسه في الدخل.
- **صمامات تنظيم الضغط:** يخفض هذا النوع من الصمامات ضغط الخرج عندما يحدث ضغطا متغيرا و عاليا في الدخل.

يبين الشكل ٤ -١٤ رموز أنواع مختلفة لصمامات الضغط.

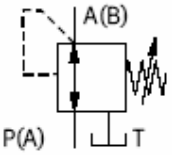
صمام تصريف الضغط
Pressure relief valve



صمام تنظيم الضغط بتوجيهين
Two-way pressure regulator



صمام تنظيم الضغط بثلاثة اتجاهات
Three-way pressure regulator



الشكل ٤ -١٤ صمامات التحكم في الضغط

١ - صمامات تصريف الضغط Pressure relief valves

تصمم صمامات تصريف الضغط في شكلي صمامات قفازة (poppet valves) أو صمامات منزلقة (slide valves). يكون الصمام في الوضع العادي كالتالي:

- يدفع الزنبرك مانع التسرب اتجاه فتحة الدخل

أو

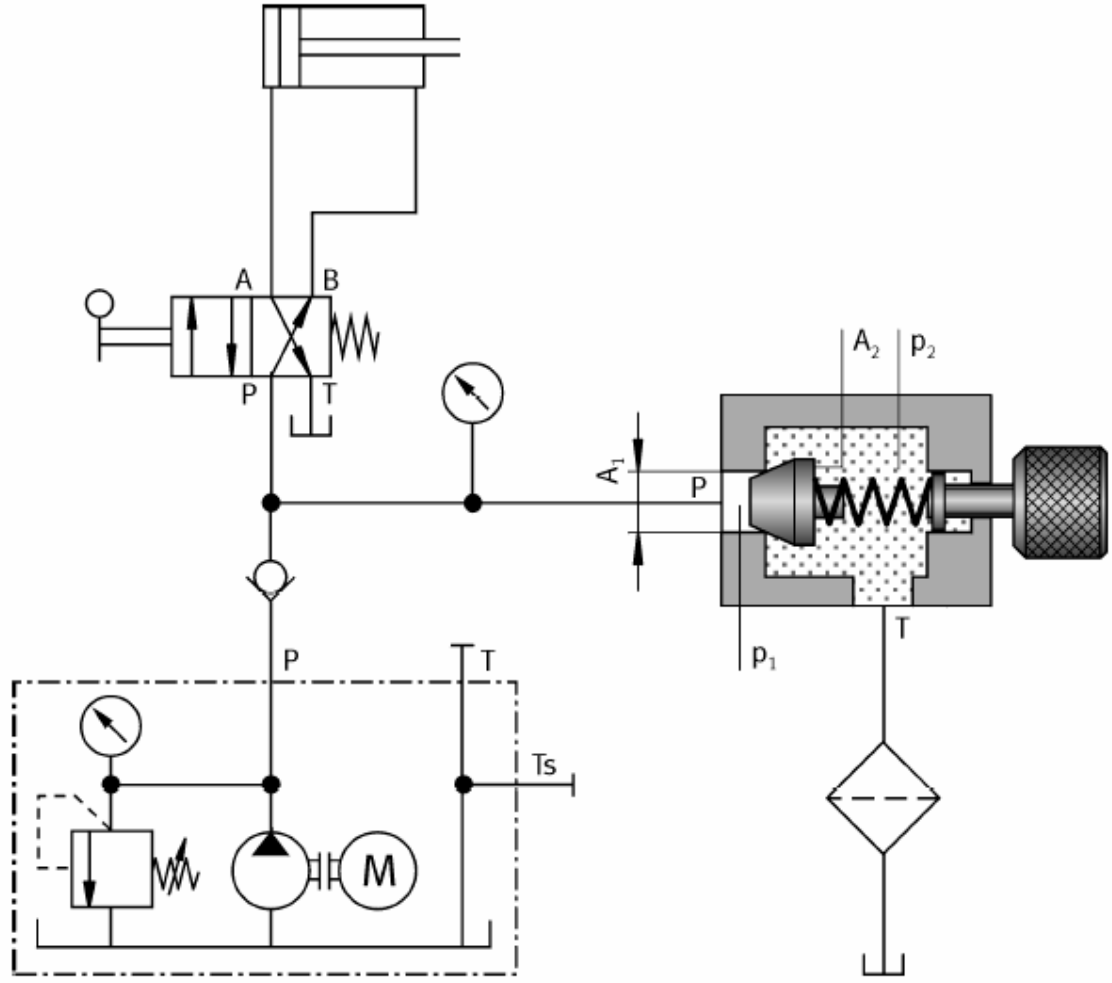
- يُدفع منزلقٌ اتجاه الفتحة الموصلة للخزان.

يبين الشكل ٤ -١٥ رسما قطاعيا لدائرة هيدروليكية بصمام تصريف الضغط. في هذا الشكل رُسم الصمام في شكل قطاع لتوضيح طريقة أدائه في الدائرة علما بأنه عادة ترسم الدائرة برمز الصمام فقط كما هو مبين في الشكل ٤ -١٦.

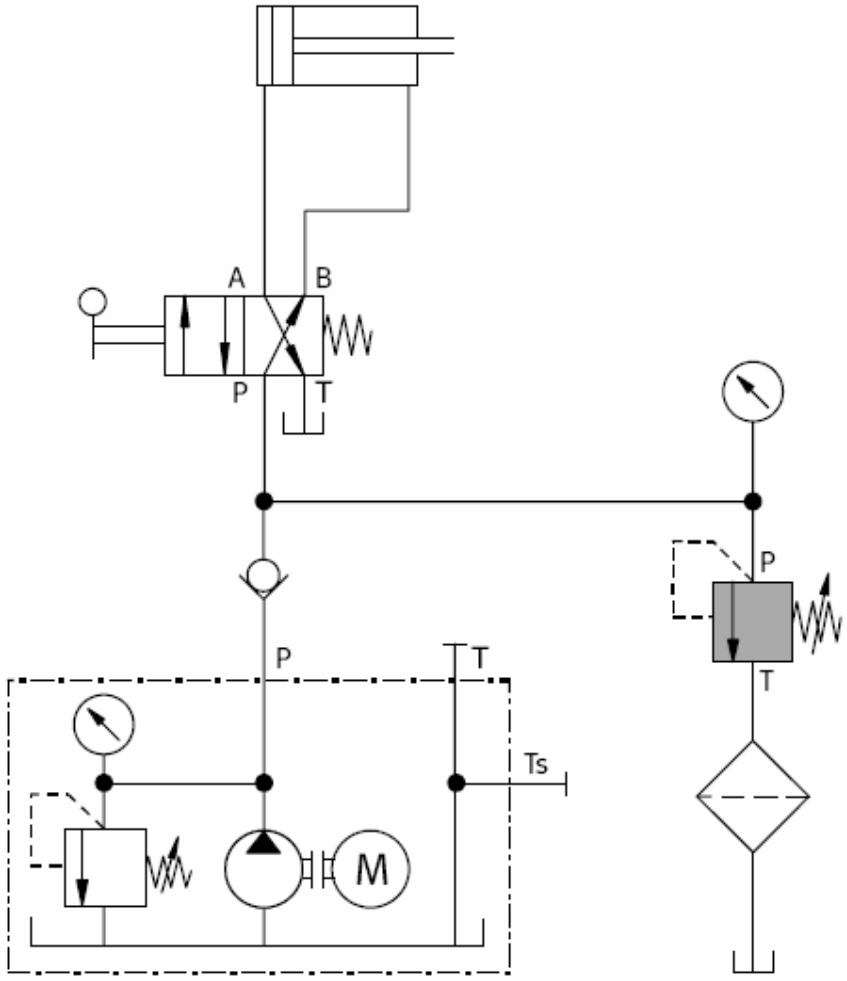
يعمل الصمام حسب الأسس التالية:

- يعمل ضغط الدخل على مساحة عنصر مانع التسرب مولدا قوة $p_1.A_1 = F$.
- قوة الزنبرك الضاغطة على عنصر مانع التسرب قابلة للمعايرة.
- إذا ارتفع ضغط الدخل مولدا قوة أكبر من قوة الزنبرك، يبدأ الصمام في الفتح متسببا في تدفق جزئي للسائل باتجاه الخزان.
- إذا استمر ضغط الدخل في الارتفاع، يفتح الصمام إلى أن يعبر كامل تصريف المضخة باتجاه الخزان.

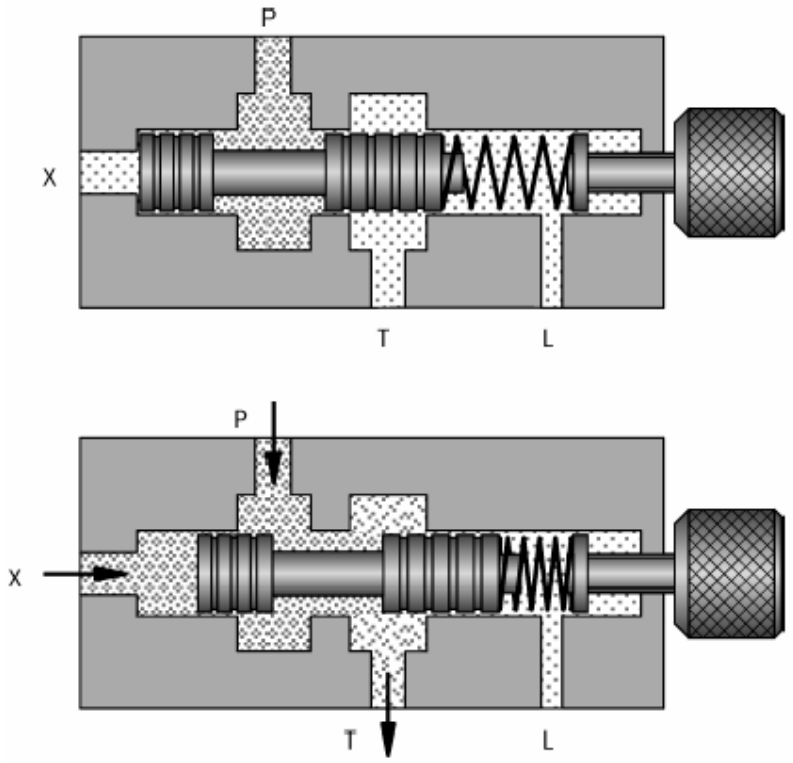
يبين الشكل ٤ -١٧ طريقة عمل صمام تصريف الضغط المنزلق.



الشكل ٤ -١٥ رسم قطاعي لدائرة هيدروليكية بصمام تصريف الضغط قفاز



الشكل ٤ -١٦ دائرة تحكم هيدروليكية بصمام تصريف ضغط



الشكل ٤ -١٧ صمام تصريف الضغط منزلق بخمد

تستعمل صمامات تصريف الضغط كالتالي:

ب - **صمامات الأمان** Safety valves: يسمى صمام تصريف الضغط صمام أمان عندما يوصل إلى المضخة لحمايتها، من ارتفاع الحمولة مثلا. يعاير الصمام على قيمة ضغط المضخة القصوى و يفتح في حالة الطوارئ فقط.

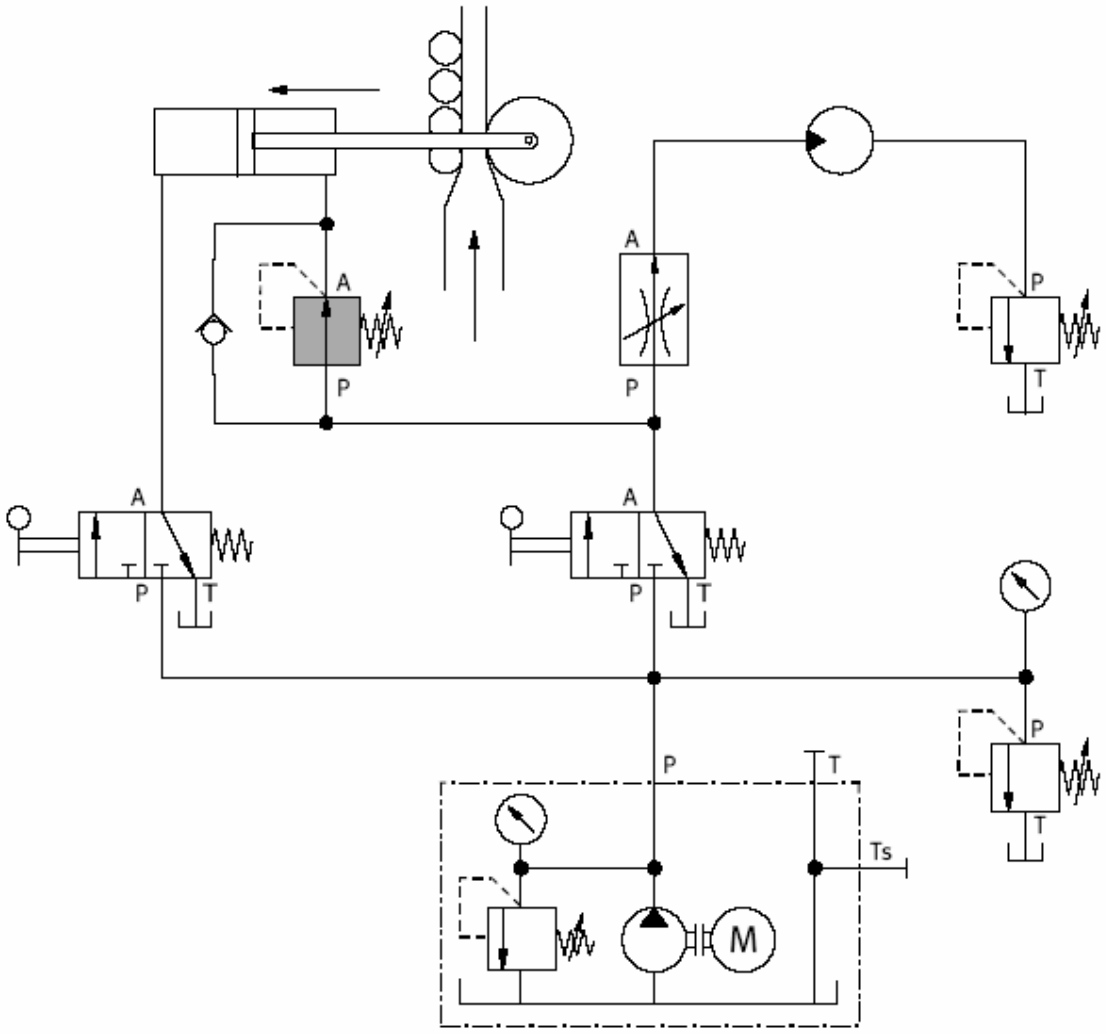
جـ - **صمامات الإيقاف**Brake valves : تمنع الضغوط القصوى المفاجئة و الناتجة عن عزم القصور الذاتي عند الإغلاق المفاجئ للصمام التوجيهي.

د - **الصمامات التتابعية** Sequence valve: تسمح بمرور الزيت المضغوط عند وصول ضغطه للضغط المعاير عليه الصمام.

هـ - صمامات تنظيم الضغط Pressure regulators

تستخدم صمامات الضغط لخفض ضغط الدخل إلى ضغط خرج محدد، و تثبت فعالية استخداماتها في الأنظمة التي تتطلب عدد ضغوط مختلفة.

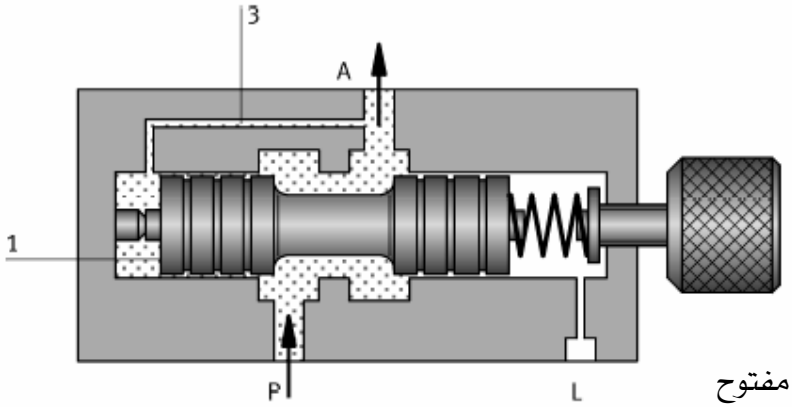
يبين الشكل ٤ -١٩ مثالا لدائرة هيدروليكية يستخدم فيها صمام تنظيم الضغط للتحكم في سرعة تقدم أو رجوع مكبس الأسطوانة عند فك أو تثبيت صفيحة خلال عملية دلفنة.



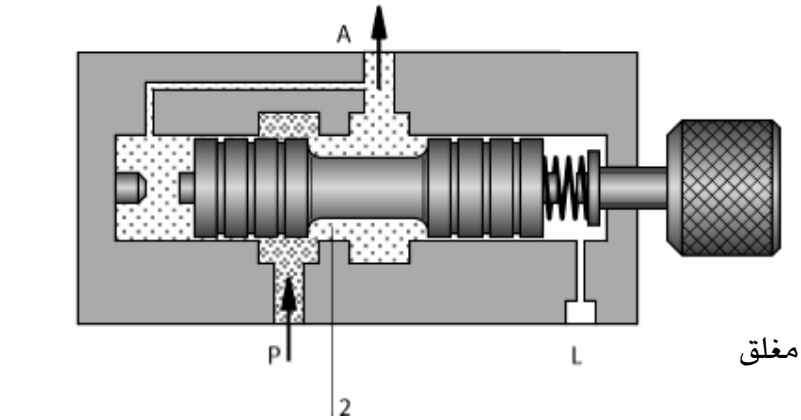
الشكل ٤ -١٨ دائرة تحكم هيدروليكية بصمام تنظيم الضغط مستعملة في

يعمل صمام تنظيم الضغط المستعمل في الدائرة السابقة حسب الأساس التالي (الشكل ٤ -١٩):

- في الوضع العادي يكون الصمام مفتوحا. ينقل ضغط الخرج في (A) إلى مساحة المكبس (1) من خلال خط التحكم (3) و تقارن القوة الناتجة مع قوة الزنبرك.
- إذا تجاوزت قوة مساحة المكبس القيمة المحددة، يبدأ الصمام في الغلق حيث يتحرك المنزلق ضد الزنبرك إلى أن يحصل توازن في القوى. يتسبب ذلك في تقليص فجوة الخنق و تخفيض في الضغط.
- إذا ارتفع الضغط في (A) مرة أخرى، يغلق المكبس كليا.



الوضع العادي: مفتوح



وضع التشغيل: مغلق

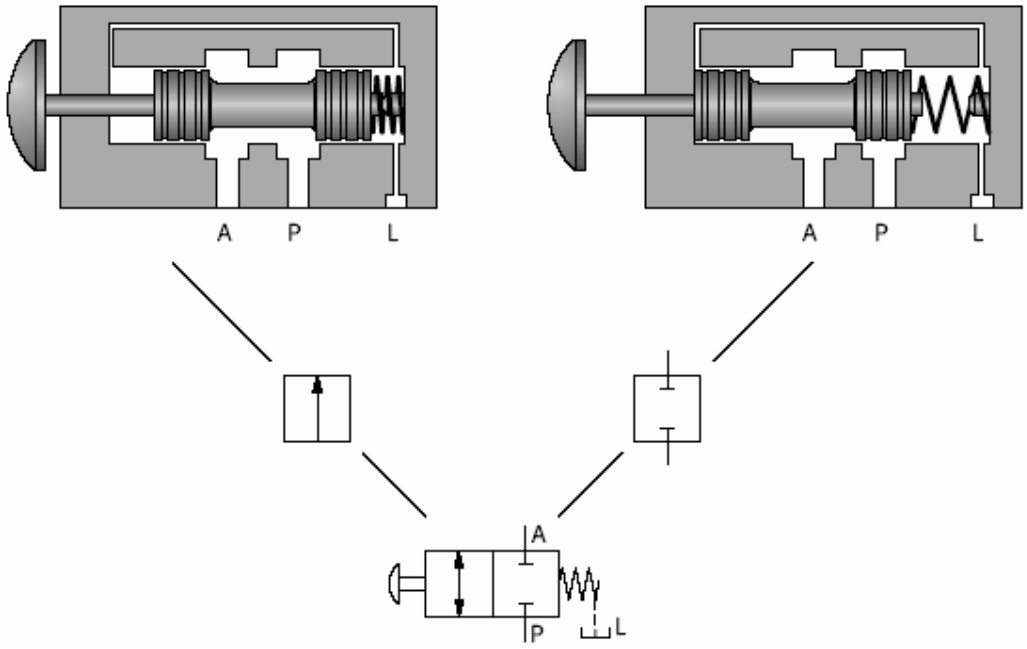
الشكل ٤ -١٩ صمام تنظيم الضغط ذو اتجاهين

١١ -٣ -٢ الصمامات التوجيهية

تصمم الصمامات التوجيهية لتغيير، فتح أو غلق مسار التدفق في الأنظمة الهيدروليكية.

وتستخدم للتحكم في اتجاه حركة مكونات القدرة و في الشكل التي تتوقف عليه. توضح صمامات التحكم التوجيهية حسب التعريف DIN 150129.

يبين الشكل ٣ -٢٠ قطاعين لصمام توجيهي ٢/٢ مع طريقة رسم رمز الصمام.



الشكل ٤ -٢٠ صمام توجيهي ٢/٢

رمز صمامات التحكم التوجيهية

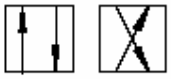
تطبق القواعد التالية لتمثيل صمامات التحكم التوجيهية (الشكل ٤ -٢١):

- يمثل كل وضع إبدالي مختلف بمربع.
- يشار إلى اتجاه التدفق بسهم.
- تمثل الوصلة المغلقة بخط أفقي.
- توضح الوصلة في الاتجاه الصحيح بواسطة سهم خطي.
- وصلات الصرف ترسم على شكل خط مقطع ويرمز لها بحرف (L) لتفريقها عن وصلات التحكم.

يمثل المربع وضعا من أوضاع التشغيل.

يشير الخط إلى مسار جريان الزيت.
يشير السهم إلى اتجاه جريان الزيت.

يمثل الوضع المغلق بواسطة خط عرضي داخل المربعات.


توجيهان للتدفق.

فتحتين موصلتين و فتحتين مغلقتين.

ثلاثة فتحات موصلة و فتحة مغلقة.

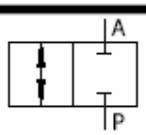
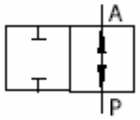
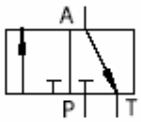
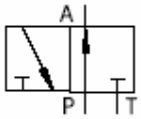
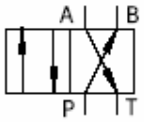
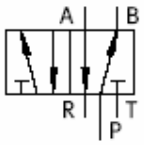
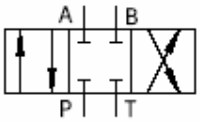
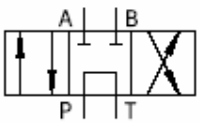
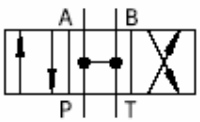
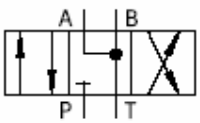
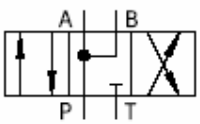
جميع الفتحات موصلة ببعضها البعض.

الشكل ٤ -٢١ طريقة رمز الصمامات الاتجاهية

تصنف صمامات التحكم التوجيهي حسب عدد الفتحات كتالي:

- صمام ٢/٢
- صمام ٢/٣
- صمام ٢/٤
- صمام ٢/٥
- صمام ٣/٤

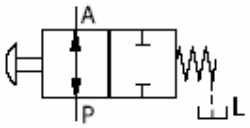
يبين الشكل ٤ -٢٢ رموزا لصمامات توجيهية و من أجل التبسيط حذفت طرق التشغيل (الأزرار). كما تتوفر تصميمات عديدة أخرى لهذه الأنواع من الصمامات من أجل استخدامها في تطبيقات خاصة.

 	الوضع العادي مغلق (P,A) الوضع العادي مفتوح (P→A)	صمام توجيهي ٢/٢
 	الوضع العادي مغلق (P,T →A) الوضع العادي مغلق (T,P→ A)	صمام توجيهي ٢/٣
	الوضع العادي مفتوح (P → B, A → T)	٢/٤
	الوضع العادي مفتوح (A →R, P → B, T)	٢/٥
	وضع التعادل مغلق (P, A, B, T)	٣/٤
	وضع التعادل محول إلى المضخة (P → T, A, B)	٣/٤
	الوضع الأوسط في شكل H (P → A → B → T)	٣/٤
	وضع التعادل عائم متصل بالخزان (P, A → B→T)	٣/٤
	وضع التعادل عائم متصل بمصدر الضغط (P → A → B, T)	٣/٤

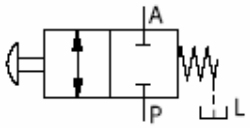
الشكل ٤ -٢٢ رموز الصمامات التوجيهية

١ - الصمامات التوجيهي ٢/٢ 2/2-way valve

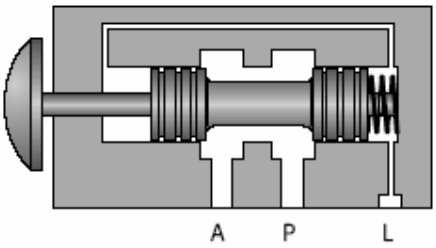
يحتوي الصمام التوجيهي ٢/٢ على فتحة تشغيل (A) و فتحة ضغط (P) (الشكل ٤ -٢٣) و يستخدم في التحكم في دفع الزيت من خلال فتح أو غلق المجرى. يبين الشكل ٤,٢٣ قطاعين لصمام توجيهي ٢/٢ منزلق و يبين الشكل ٤ -٢٤ قطاعا لصمام توجيهي ٢/٢ نطاط (قفاز).

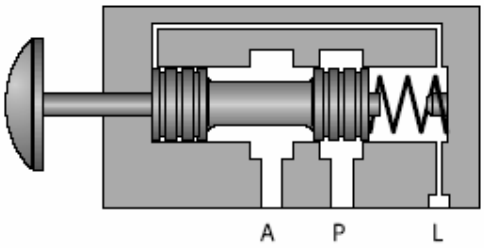


الوضع العادي: P إلى A مغلق



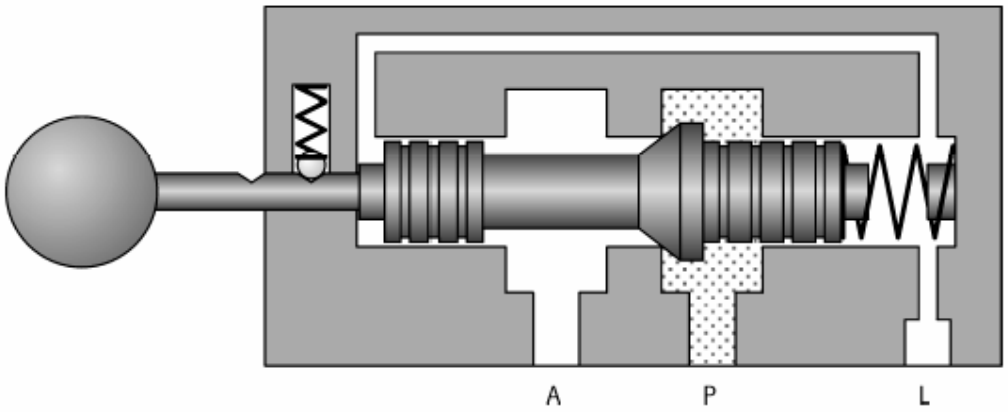
وضع التشغيل: تدفق من P إلى A





الشكل٤ -٢٣ صمام توجيهي ٢/٢ ، منزلق

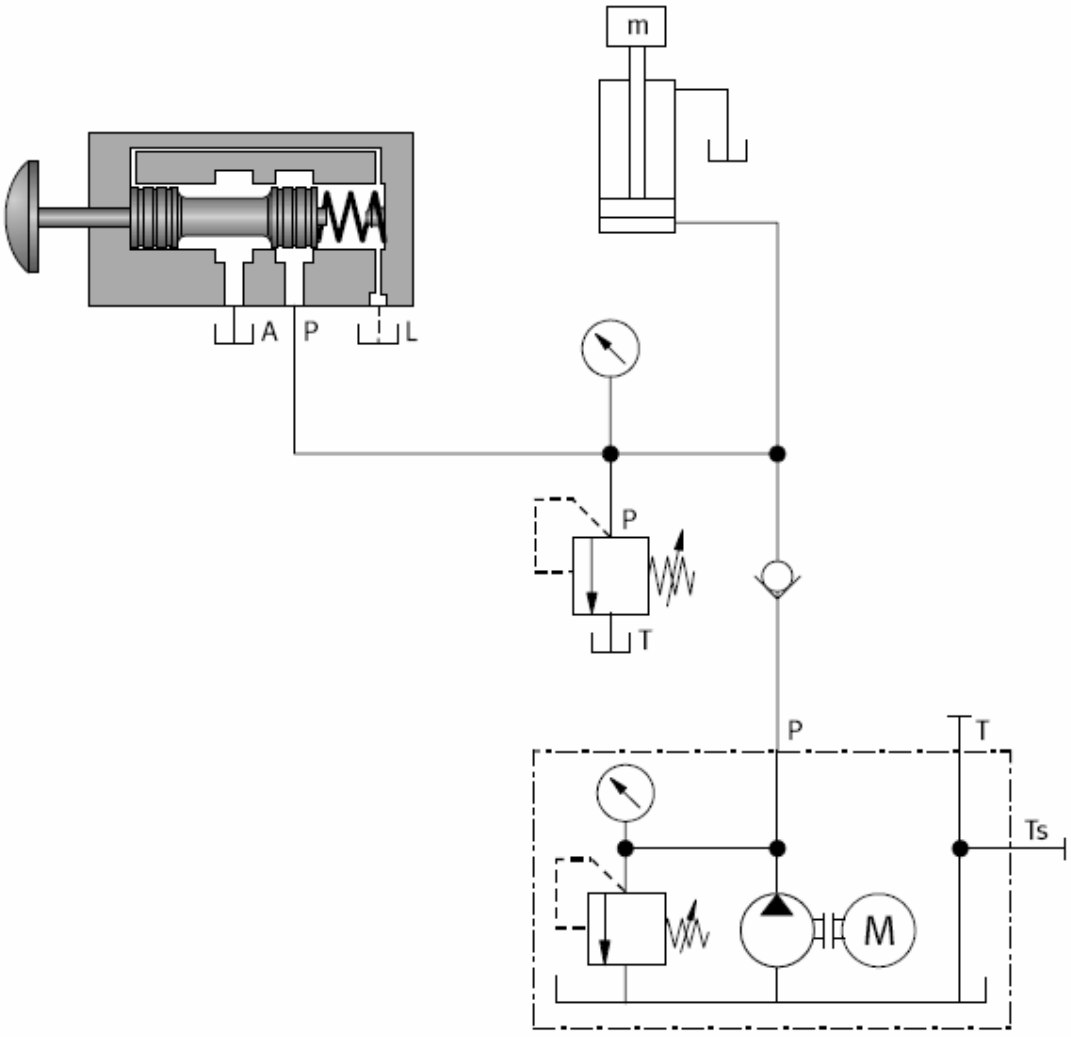
2/2 way valve, spool design



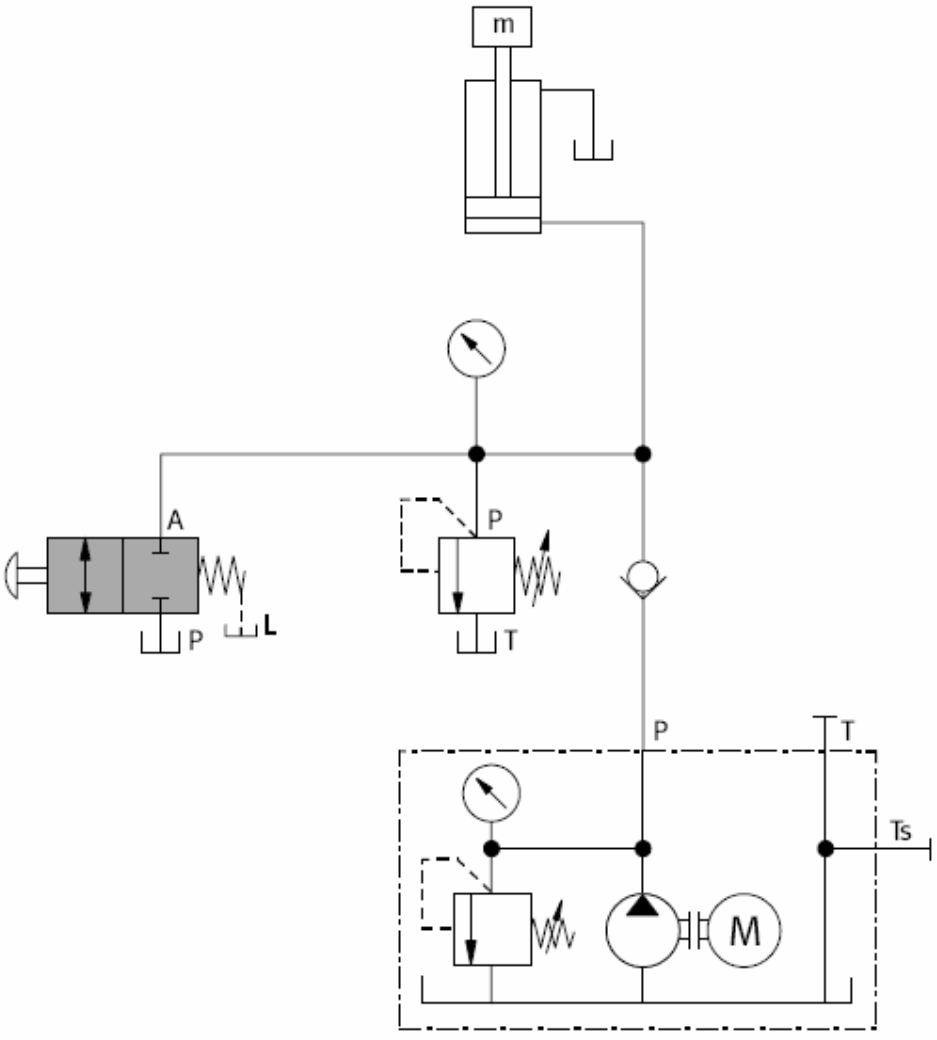
الشكل ٤ -٢٤ صمام توجيهي ٢/٢ نطاط(قفاز)

2/2 way valve, poppet design

يبين الشكل ٤ -٢٥ رسما قطاعيا لدائرة تشغيل أسطوانة أحادية الفعل بصمام توجيهي ٢/٢ ويبين الشكل ٣ -٢٦ رسم الدائرة الهيدروليكية المناسبة.



الشكل ٤ -٢٥ مخطط قطاعي لدائرة تشغيل أسطوانة أحادية الفعل بصمام توجيهي



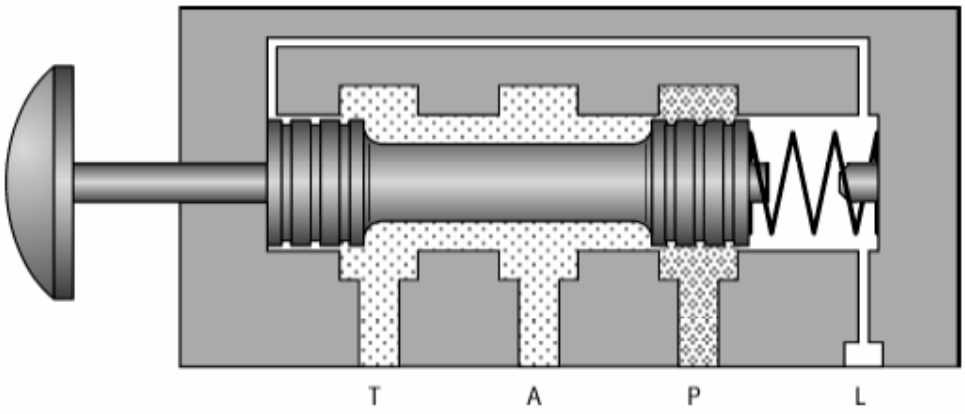
الشكل ٤ -٢٦ دائرة تشغيل أسطوانة أحادية الفعل بصمام توجيهي ٢/٢

٢ - الصمام التوجيهي ٢/٣ 3/2-way valve

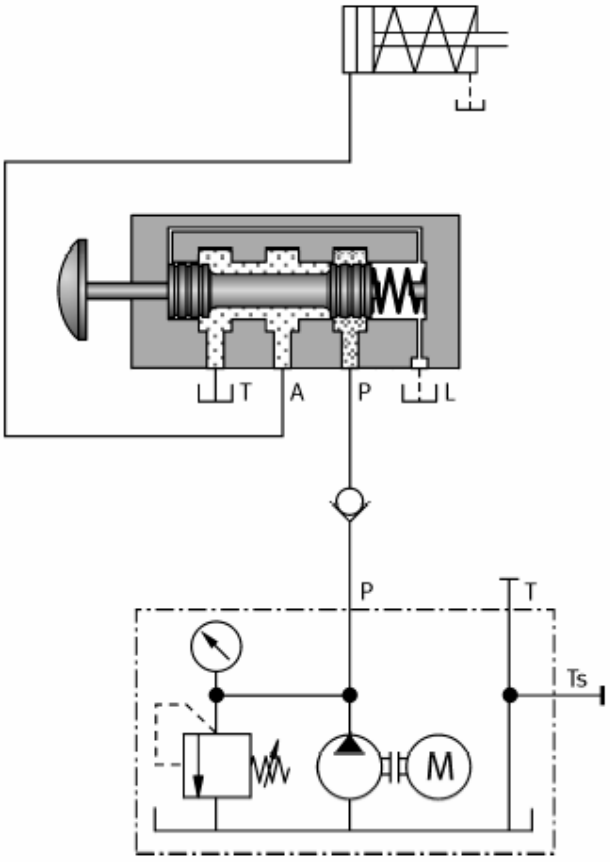
يحتوي الصمام التوجيهي ٢/٣ على فتحة تشغيل (A) و فتحة ضغط (P) و فتحة توصيل إلى الخزان (T) (الشكل ٤ -٢٧). يستخدم للتحكم في التدفق من خلال أوضاع التشغيل التالية:

- الوضع العادي: P مغلق و A موصلة إلى T.
- وضع التشغيل: الفتحة Tمغلقة وP موصلة إلى A.

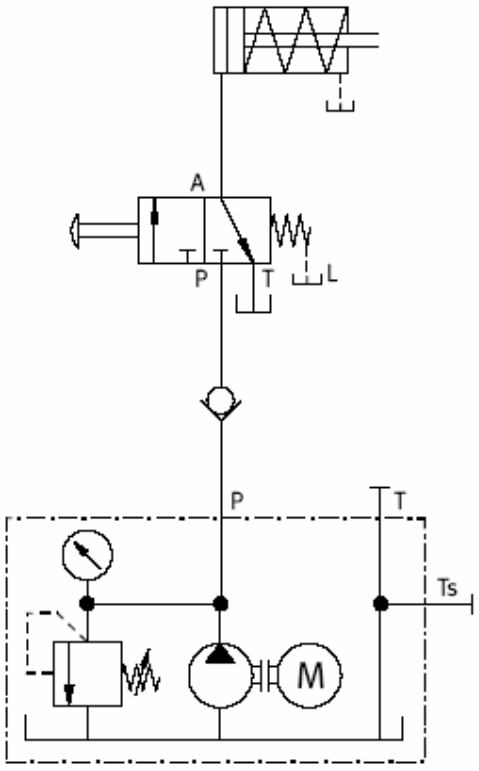
يمكن أن يكون الصمام التوجيهي ٢/٣ مفتوحا في الوضع العادي: P مفتوح على A في الوضع العادي.
يبين الشكل ٤ -٢٨ رسمين لدائرة هيدروليكية للتحكم في أسطوانة مفردة الفعل بصمام توجيهي ٢/٣.



الشكل ٤ -٢٧ صمام توجيهي ٢/٣ ، نطاط (قفاز)
3/2 way valve, poppet design



أ. رسم قطاعي للدائرة الهيدروليكية



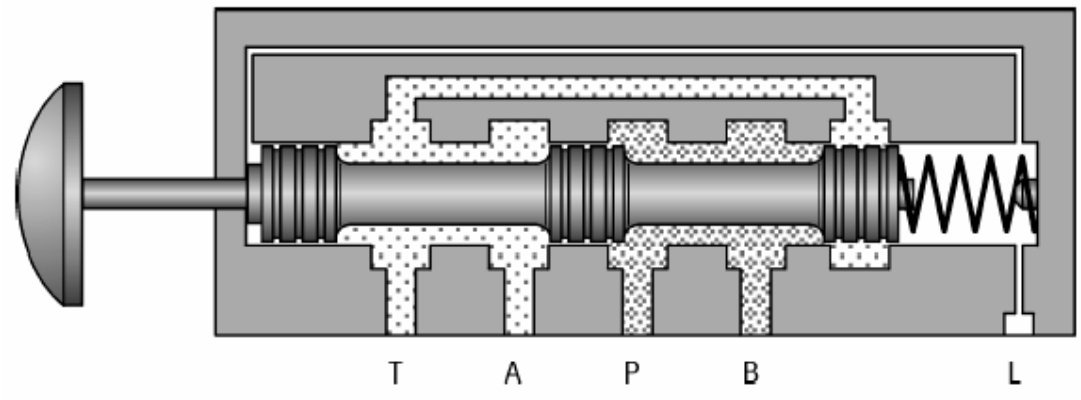
ب. رسم الدائرة الهيدروليكية

الشكل ٤ -٢٨ التحكم في أسطوانة أحادية الفعل بصمام توجيهي ٢/٣.

٣ - الصمام التوجيهي ٢/٤ 4/2-way valve

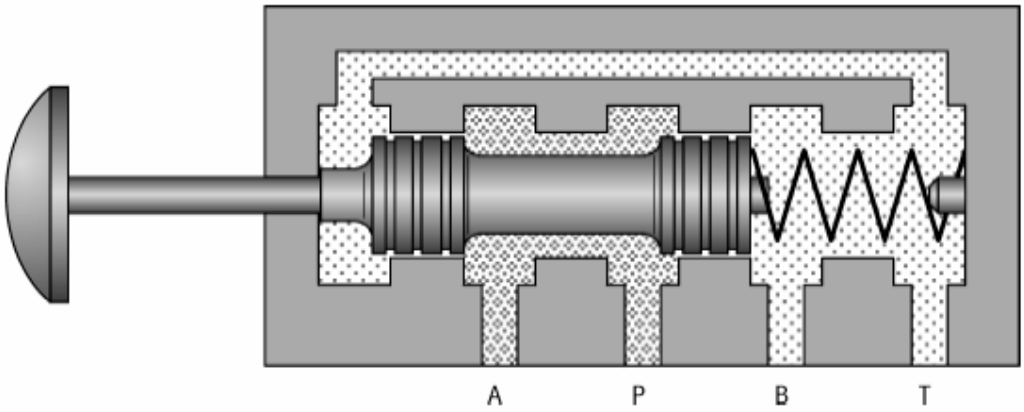
يحتوي الصمام التوجيهي ٢/٣ على فتحتي تشغيل (A) و (B) و فتحة ضغط (P) و فتحة توصيل إلى الخزان (T) (الشكلان ٤ -٢٩ و ٤ -٣٠). يستخدم للتحكم في التدفق من خلال أوضاع التشغيل التالية:

- الوضع العادي: الفتحة P موصلة إلى B و A موصلة إلى T.
- وضع التشغيل: الفتحة P موصلة إلى A و B موصلة إلى T.



الشكل ٤ -٢٩ صمام توجيهي ٢/٤ بثلاثة مكابس
with three control pistons 4/2 way valve

يبين الشكل ٤ -٣٠ قطاعا لصمام توجيهي ٣/٤ بمكبسين. هذا النوع من الصمام لا يحتاج إلى فتحة تفريغ L.



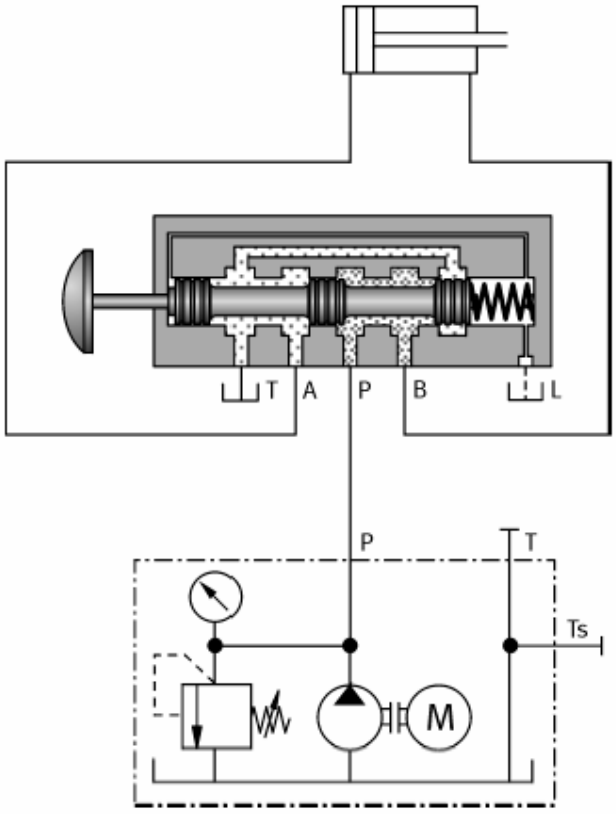
الشكل ٤ -٣٠ صمام توجيهي ٢/٤ بمكبسين
with two control pistons 4/2 way valve

أبسط تصميم للصمام التوجيهي ٢/٤ هو الصمام المنزلق. أما تصميم الصمام النطاط (القفاز) معقد حيث يركب من صمامين ٢/٣ أو من أربعة صمامات ٢/٢.

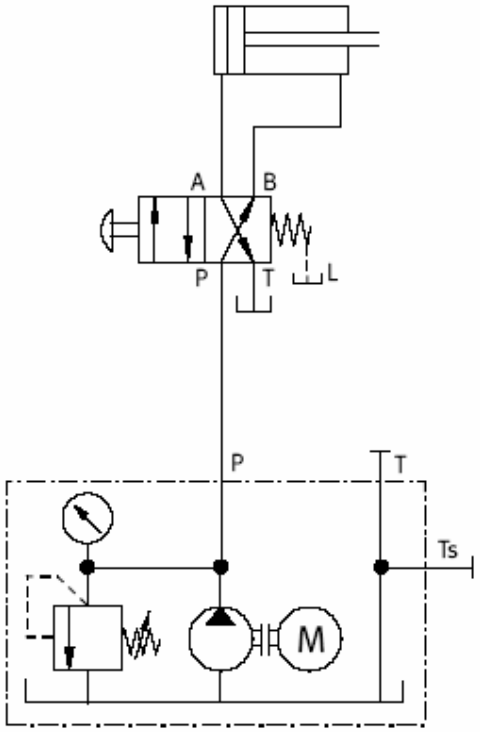
من الاستعمالات الممكنة للصمام التوجيهي ٢/٤ ، نجد:

- التحكم في أسطوانة مزدوجة الفعل (الشكل ٤ -٣١)
- التحكم في المحركات.
- التحكم في دائرتين.

يمكن استعمال الصمام التوجيهي ٢/٥ عوض الصمام ٢/٤ للتحكم في الأسطوانة مزدوجة الفعل كما هو مبين في الشكل ٤ -٣٢.

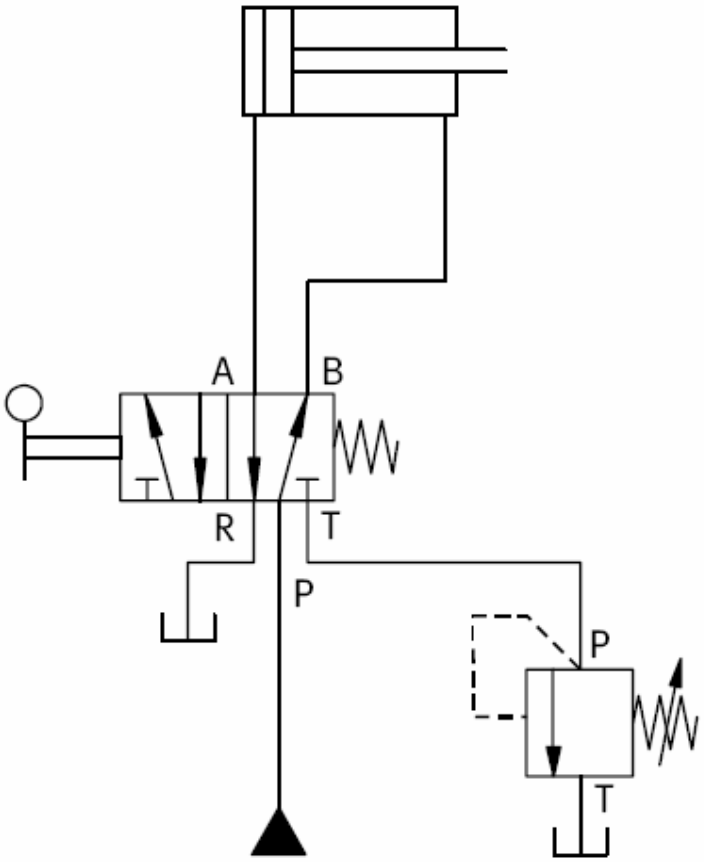


أ. رسم قطاعي للدائرة الهيدروليكية



ب. رسم الدائرة الهيدروليكية

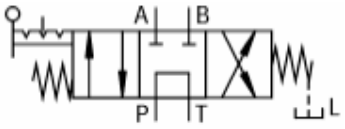
الشكل ٤ -٣١ التحكم في أسطوانة ثنائية الفعل بصمام توجيهي ٢/٤.

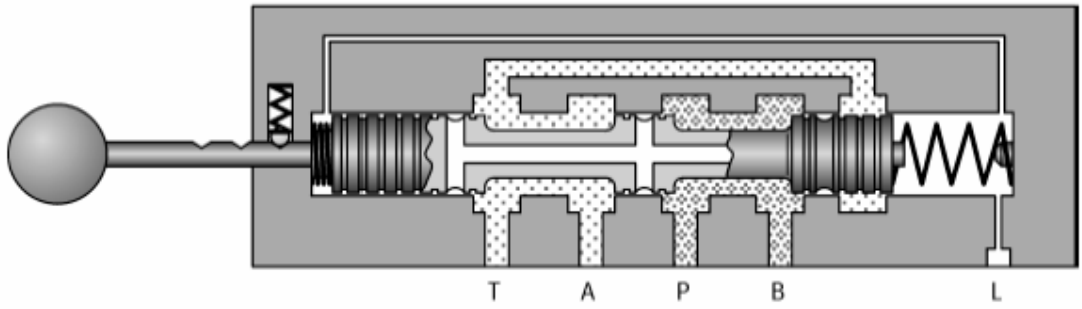


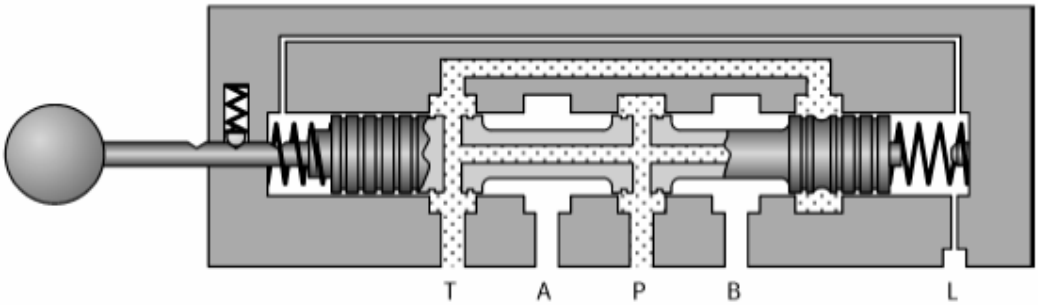
الشكل ٤ -٣٢ التحكم في أسطوانة ثنائية الفعل بصمام توجيهي ٢/٥.

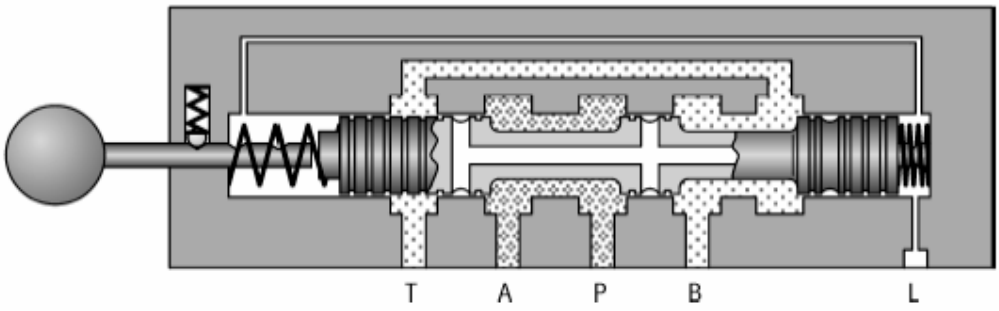
٤ - الصمام التوجيهي ٣/٤ 4/3-way valve

يبين الشكل ٤ -٣٣ تركيب و تشغيل صمام توجيهي ٣/٤ منزلقا. تعتبر الصمامات التوجيهية ٣/٤ المنزلقة بسيطة التركيب مقارنة بالصمامات ٣/٤ القفازة التي لها تركيب معقد والتي تصمم، مثلا، من تجميع أربعة صمامات توجيهية ٢/٢. يبن الشكل ٤ -٣٤ رموز الصمامات التوجيهية ٣/٤ التي تختلف مع اختلاف الوضع الأوسط.

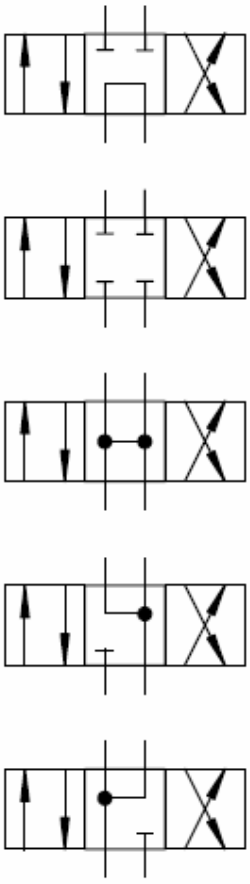






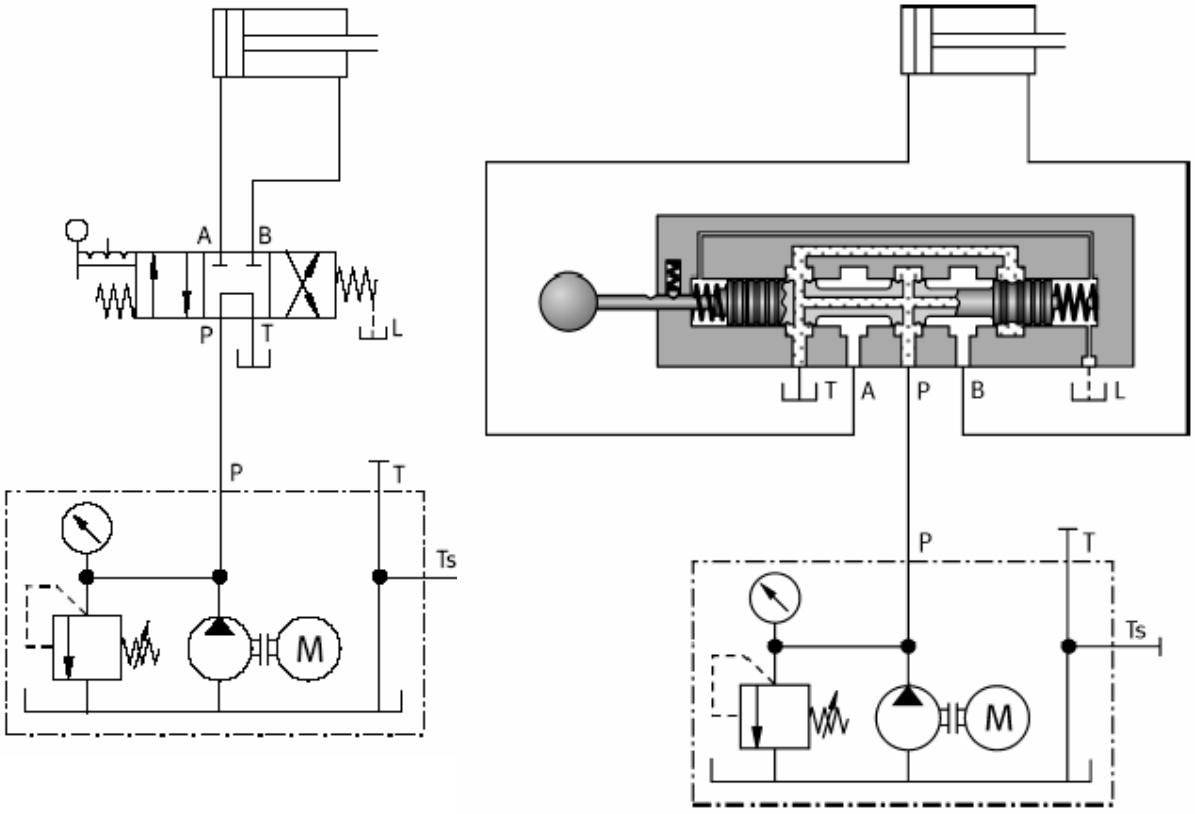


الشكل ٤ -٣٣ صمام توجيهي ٣/٤، الوضع الأوسط محول إلى المضخة



الشكل ٤ -٣٤ رموز الصمامات التوجيهية ٣/٤

يستخدم الصمام التوجيهي ٣/٤ للتحكم في الأسطوانات مزدوجة الفعل كما مبين في الشكل ٤ -٣٥.



أ. رسم قطاعي للدائرة الهيدروليكية

ب. رسم الدائرة الهيدروليكية

الشكل ٤ -٣٥ التحكم في أسطوانة ثنائية الفعل بصمام توجيهي ٤/٣.

١١ -٢ -٣ لصمامات اللارجعية Non-return valves

تمنع الصمامات اللارجعية سريان الزيت في اتجاه و تسمح له بالمرور في الاتجاه الآخر. يجب منع التسرب في اتجاه الغلق و لذلك تكون هذه الصمامات دائما من النوع القفاز و تُركب طبقا للقانون الأساسي التالي: يضغط عنصر منع التسرب (الذي يكون عادة في شكل كرة أو مخروط) على قاعدة ذات شكل مناسب. يفتح الصمام من خلال التدفق في اتجاه السريان ويُرفع عنصر منع التسرب من القاعدة.

هنالك نوعان أساسيان للصمامات اللارجعية:

- صمامات لا رجعية بياي أو بدون ياي
- صمامات لا رجعية بإشارة تحكم

١ - صمام لا رجعي بياي Spring loaded non-return valve

يبين الشكل ٤ -٣٦ قطاعا لصمام لا رجعي بياي. إذا عمل الضغط (p_1) على قاعدة مخروط منع التسرب يرتفع هذا الأخير عن قاعدته سامحا للسريان في حالة عدم وجود زنبرك و يجب كذلك مقاومة الضغط (p_2). ما دام الصمام اللارجعي المبين هنا لديه زنبرك، تعمل قوة الزنبرك على مخروط منع التسرب إضافة إلى الضغط العكسي (p_2) و يحدث السريان عندما:

$$p_1 > p_2 + p_F$$

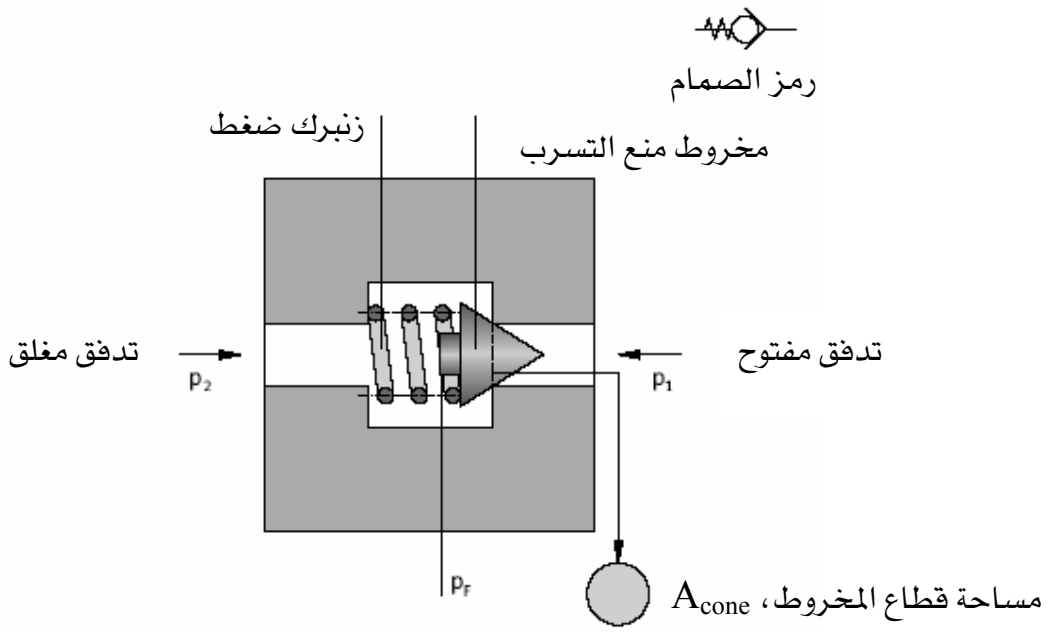
تحسب قوة الزنبرك (p_F) طبقا للمعادلة التالية:

$$p_F = \frac{F_{spring}}{A_{cone}}$$

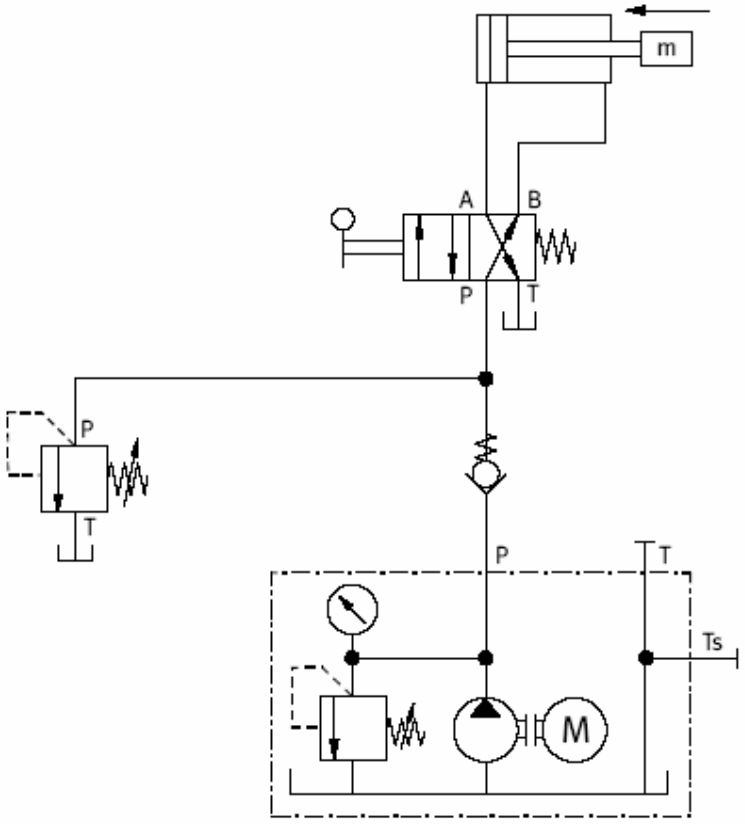
يبين الشكل ٤ -٣٧ دائرة هيدروليكية للتحكم في أسطوانة مزدوجة الفعل. تستعمل الدائرة صماما لا رجعيا لحماية المضخة حسب الطريقة التالية:

- عند إيقاف المضخة، يمنع الصمام اللارجعي ضغطَ الحمولة من تحريك المضخة في الاتجاه المعاكس.
- لا تأثر الضغوط العالية داخل النظام في المضخة بل تُحول من خلال صمام تصريف الضغط.

يبين الشكل ٣ -٣٨ رموز الصمامات اللارجعية.



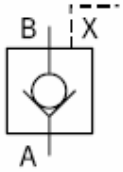
الشكل ٤ -٣٦ صمام لا رجعي



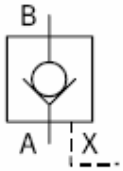
الشكل ٤ -٣٧ دائرة تحكم هيدروليكية بصمام لا رجعي لحماية المضخة

صمام لا رجعي بدون ياي

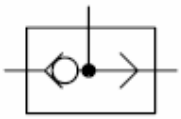
صمام لا رجعي بياي



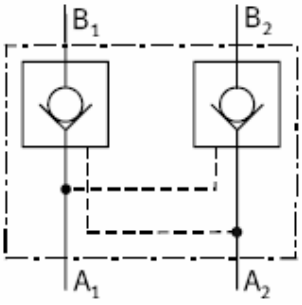
صمام لا رجعي بإشارة تحكم، قابل للقفل (lockable).
يُمنع فتح الصمام من خلال توصيلة هواء أو زيت.



صمام لا رجعي بإشارة تحكم، قابل للفتح (de-lockable).
يُمنع غلق الصمام من خلال توصيلة هواء أو زيت.



صمام ترددي (بوابة أو)



صمام لا رجعي مزدوج بإشارة تحكم،
قابل للفتح (de-lockable)

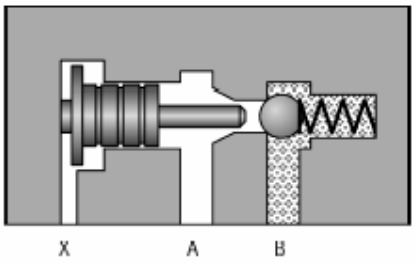
الشكل ٤ -٣٨ الصمامات اللارجعية

٢ - صمام لا رجعي بإشارة تحكم Piloted non-return valve

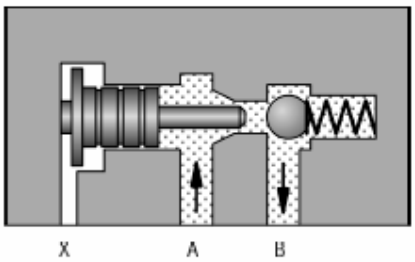
يبين الشكل ٤ -٣٩ أوضاع التشغيل الثلاثة للصمام اللارجعي بإشارة تحكم التي هي كالتالي:

- تدفق مغلق من B إلى A
- تدفق مفتوح من A إلى B
- تدفق مفتوح من B إلى A: يدخل الزيت من مدخل الإشارة X ثم يدفع بالمكبس اتجاه القفاز ليفتح الصمام في الاتجاه B إلى A.

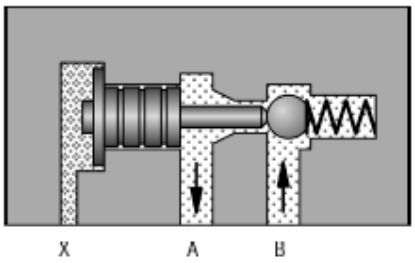
تدفق مغلق من B إلى A



تدفق من A إلى B



تدفق من B إلى A



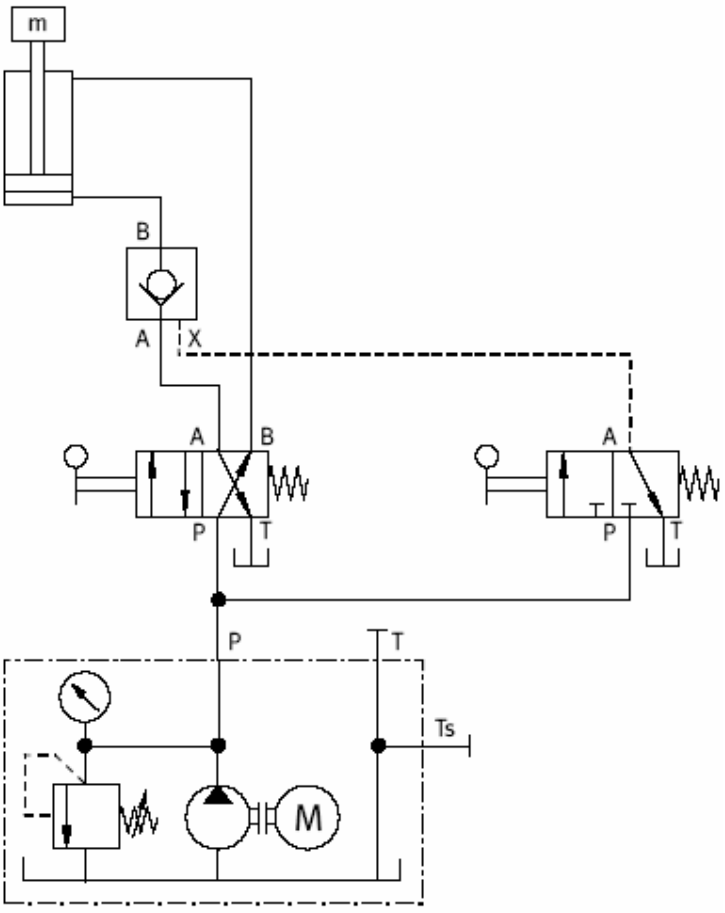
الشكل ٤ -٣٩ صمام لا رجعي بإشارة تحكم
Piloted non-return valve

طريقة عمل الصمام اللارجعي بإشارة تحكم

يوضح مثال الدائرة الهيدروليكية المبين في الشكل ٤ -٤٠، طريقة عمل الصمام اللارجعي بإشارة تحكم.

في الوضع العادي يغلق الصمام التوجيهي ٢/٣ تدفق الزيت. يسمح الصمام التوجيهي ٢/٤ بتدفق الزيت إلى جهة ذراع المكبس لكن الصمام اللارجعي المغلق يمنع رجوع المكبس.

عند تشغيل الصمام التوجيهي ٢/٣ يتدفق الزيت اتجاه فتحة الإشارة X ليفتح مانع التسرب التابع للصمام اللارجعي. يفتح الصمام اللارجعي و يسمح بتدفق الزيت من جهة مكبس الأسطوانة عن طريق الصمام ٢/٤ اتجاه الخزان. عند تشغيل الصمام التوجيهي ٢/٤، يتدفق الزيت عن طريق الصمام اللارجعي اتجاه الأسطوانة فيتقدم مكبس الاسطوانة.



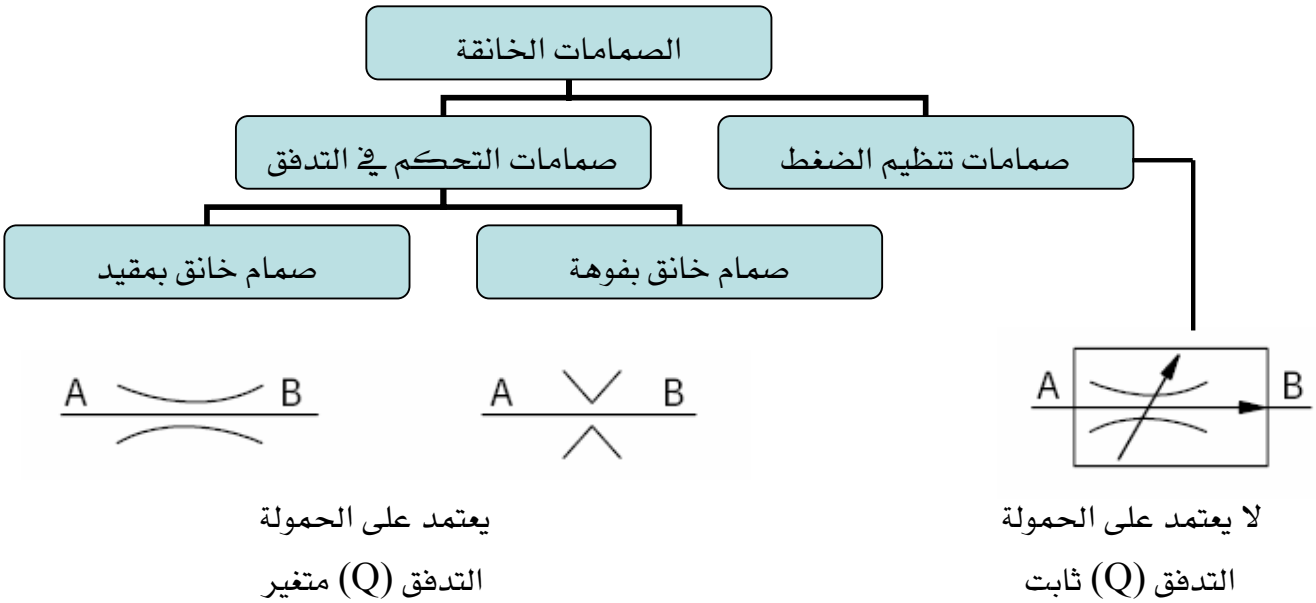
الشكل ٤ -٤٠ دائرة تحكم هيدروليكية بصمام لا رجعي بإشارة تحكم و قابل للفتح.

١١ -٢ -٤ صمامات التحكم في التدفق Flow control valves

تستعمل صمامات التحكم في التدفق في تخفيض سرعة مكبس الأسطوانة أو سرعة دوران محرك. كلا السرعتين تعتمد على معدل تدفق الزيت ولذلك يجب التحكم بمعدل التدفق للتحكم بالسرعة. تزود المضخات ثابتة الإزاحة بمعدل تدفق ثابت. ينجز تخفيض معدل التدفق الواصل إلى عنصر ما بواسطة المبدأ التالي: تخفيض مساحة المقطع الذي يمر خلاله الزيت عند نقطة معينة سيرفع الضغط قبلها. سيجعل هذا الارتفاع صمام التنفيس (التصريف) يفتح مما ينتج عنه تجزئة التدفق بحيث يمر في عنصر التحكم المطلوب فقط للسرعة المنخفضة الجديدة. إن استخدام مضخة قابلة للتعديل أقل استهلاكا للطاقة. حيث عدم الحاجة لضخ كميات يعاد تصريفه عن طريق صمام التنفيس.

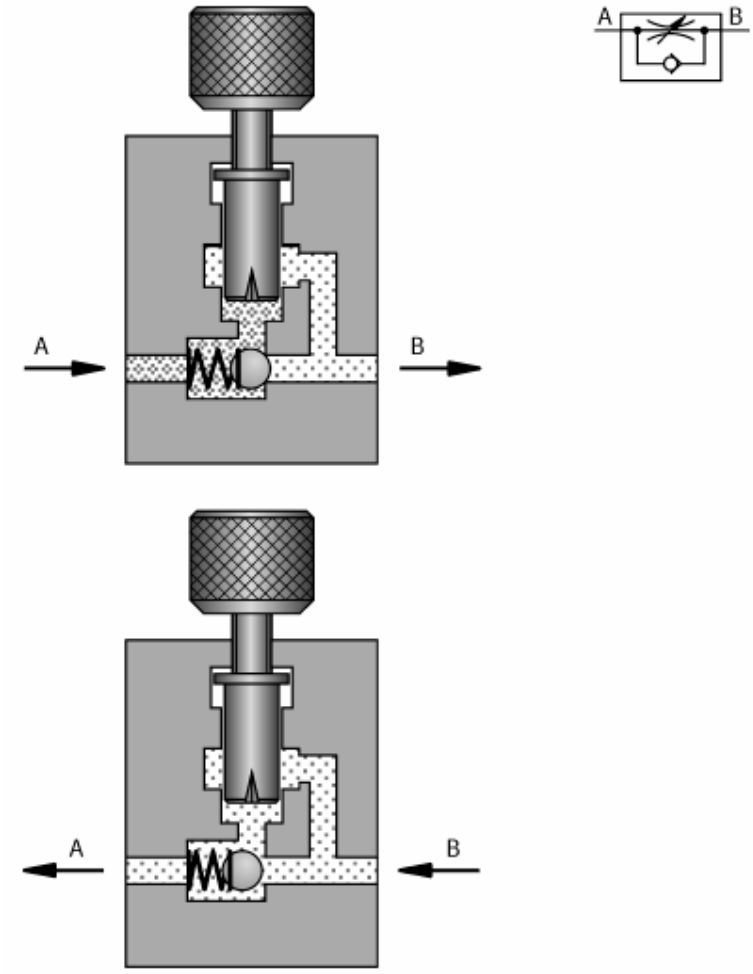
الشكل ٤ -٤١ يعطي تصنيفا للصمامات الخانقة و الأشكال ٤ -٤٢ إلى ٤ -٤٣ تبين طرق عمل صمام تنظيم التدفق في اتجاه واحد و صمام تنظيم التدفق في اتجاهين. و مخطط الدائرة المبين في الشكل ٤ - ٤٤ يعطي مثالا لتطبيق صمام تنظيم التدفق في اتجاهين.

١ - الصمامات الخانقة بمقيد (Restrictors) و الصمامات الخانقة بفوهة (Orifice valves)



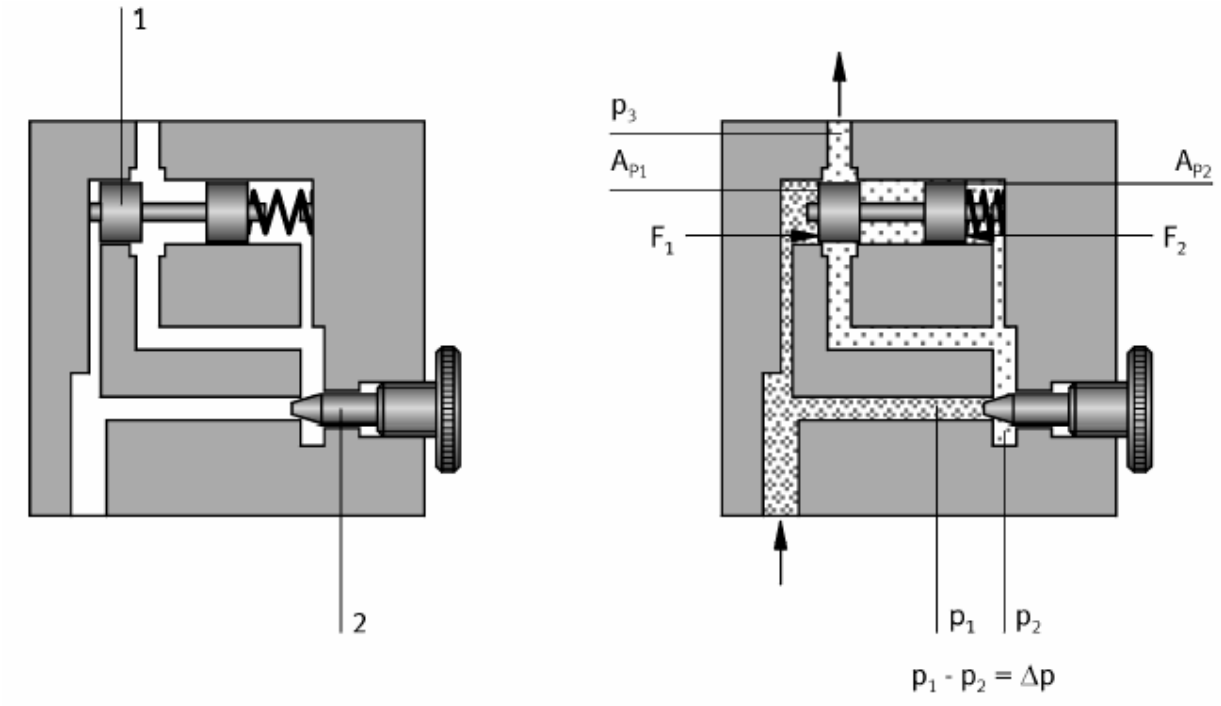
الشكل ٤ -٤١ تصنيف الصمامات الخانقة

٢ - صمام تنظيم التدفق في اتجاه واحد One-way flow control valve

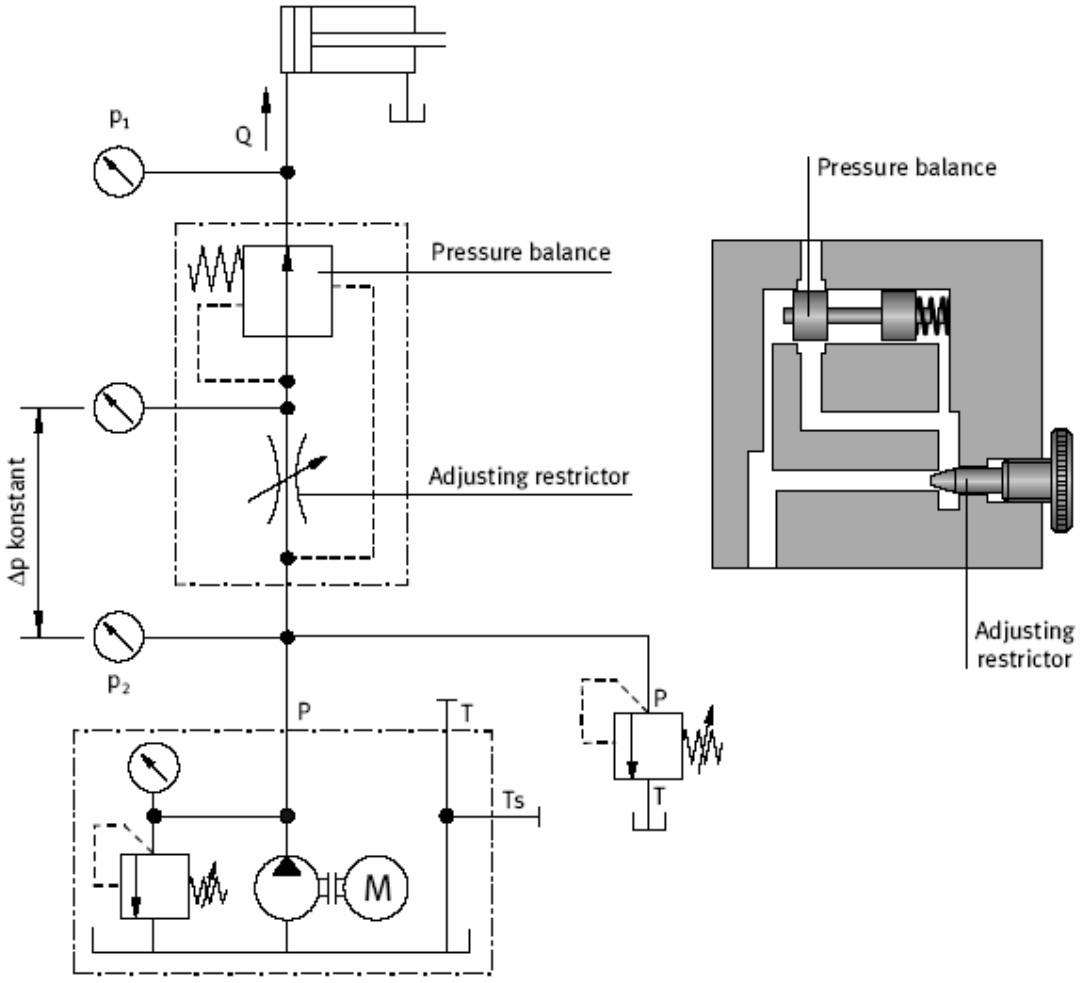


الشكل ٤ -٤٢ صمام تنظيم الضغط أحادي الاتجاه
One-way flow control valve

٣ - صمام تنظيم التدفق في اتجاهين Two-way flow control valve



الشكل ٤ -٤٣ صمام تنظيم التدفق في اتجاهين
Two-way flow control valve



الشكل ٤ -٤٤ دائرة تحكم هيدروليكية بصمام تنظيم التدفق في اتجاهين

صمام توجيهي ٢/٢	2/2-way valve
صمام توجيهي ٢/٣	3/2-way valve
صمام توجيهي ٢/٤	4/2-way valve
صمام توجيهي ٣/٤	4/3-way valve
صمام توجيهي ٢/٥	5/2-way valve
صمام توجيهي ٣/٥	5/3-way valve
الضغط المطلق	Absolute pressure
عناصر العمل	Actuators
ضاغط هواء	Air compressor
جهاز استنزاف الهواء	Air bleeder
توزيع الهواء	Air distribution
مجففات هواء	Air dryers
مرشح هواء	Air filter
مزيت هواء	Air lubricator
محرك هوائي	Air motor
خزان هواء	Air reservoir
أجهزة إعداد الهواء	Air preparation equipment
مصدر هواء	Air supply
وسط المحيط مثل الهواء الجوي	Ambient
تحكم كهربي	Analogue control
تطبيقات	Applications
جهاز قياس الضغط الجوي	Barometer
تحكم ثنائي	Binary control

الصمامات اللارجعية	Check valves
مخطط دائرة	Circuit diagram
جهاز تثبيت	Clamping devices
عناصر	Components
ضاغط	Compressor
منظم هواء مضغوط	Compressed air regulators
ناتج التكثيف	Condensate
حركة منسقة	Coordinated motion
مكونات	Components
ضاغط	Compressor
منظم الهواء المضغوط	Compressed air regulators
إخماد الوضع النهائي	End position cushioning
القدرة	Energy
تشخيص أعطال	Fault finding
مرشحات	Filters
تركيب الصمامات	Fitting of valves
ضواغط الدفق	Flow compressors
عناصر التحكم في التدفق	Flow control elements
صمامات التحكم في التدفق	Flow control valves
مائع (سائل أو غاز)	Fluid
قوة	Force
احتكاك جسم بآخر	Friction
الضغط المقاس منسوبا للضغط الجوي	Gauge pressure
محركات ترسية	Gear motors
تقنية المناولة	Handling technology

سخان	Heater
هيدروليكا أو هيدروليكي	Hydraulic
صمام ببكرة ذات رجوع خامل	Idle roller lever valve
التحكم الغير المباشر في أسطوانة نيوماتية	Indirect control of a pneumatic cylinder
	Input element
نظام الحروف	Lettering system
أنبوب أو ماسورة أو خرطوم	Line
المحثات الخطية	Linear actuators
حركة خطية	Linear motion
التحكم المنطقي	Logic control
التزييت	Lubrication
الصمامات اللارجعية	Non-return valves
تشغيل الأمان	Operational safety
نظام سابق التحكم	Pilot control system
قوة المكبس	Piston force
محركات مكبسية	Piston motors
عناصر نيوماتية	Pneumatic elements
صمامات قفازة	Poppet valves
مخطط موضعي	Positional sketch
عناصر القدرة	Power components
صمامات التحكم في الضغط	Pressure control valves
مستوى الضغط	Pressure level
صمام تنظيم الضغط	Pressure regulator
صمام ضغط تتابعي	Pressure sequence valve

المعالجات: صمامات و عناصر منطقية	Processors: Valves and logic elements
صمام تصريف الضغط	Quick exhaust valve
ضاغط ترددي	Reciprocating compressor
خزان	Reservoir
اسطوانة بدون ذراع	Rodless cylinder
صمام برافعة العجلة	Roller lever valve
محث دوار	Rotary actuators
حركة دوارة	Rotary motion
ضاغط بمكبس دوار	Rotary piston compressor
مانع التسرب	Seal
تحكم تتابعي	Sequence control
صمامات تتابعية	Sequence valves
صمامات الفتح و الغلق	Shut-off valves
صمام ترددي (عنصر أو)	Shuttle OR valve
إشارة تدفق	Signal flow
اسطوانة أحادية الفعل	Single-acting cylinder
صمامات توجيهية منزلقة	Slide valves
محركات ذات أرياش منزلقة	Sliding-vane motors
معايير	Standards
اسطوانة ثنائية الفعل ترادفية	Tandem double-acting cylinder
صمام خانق	Throttle valve
صمام الإعاقة الزمنية	Time delay valve
فتحة تنفيس	Vent hole

References

1. Harry L. Stewart, “Pneumatics and Hydraulics”, Macmillan Publisher Co, New York, 1987.

٢. "التحكم الهيدروليكي و تطبيقاته"، إعداد المهندس أحمد عبد المعتال، دار النشر للجامعات، مصر ١٩٩٧م.

3. 6. Peter Croser and Frank Ebel “ Pneumatics - Basic Level”, Festo Didactic Gmbh, 2002.

4. D. Merkle, B.Schrader and M. Thomes, “Hydraulics - Basic Level Textbook”, Festo Didactic Gmbh, 2003.

5. D. Waller and H. Werner, “Fundamentals of Electropneumatics”, Festo Didactic Gmbh, 2000.

6. “Hydraulic Components Catalogue”, Mannesmann Rexroth Gmbh, 1991

الصفحة

المقدمة

الوحدة الأولى: أساسيات نظم التحكم ١

الفصل الأول: أساسيات نظم التحكم ١

١ -١ مقدمة عن التحكم ١

١ -١ -١ ما معني التحكم ؟ ١

١ -١ -٢ مكونات نظام التحكم ١

١ -١ -٥ أنواع التحكم الآلي ٢

١ -٢ قدرة الموائع ٢

١ -٣ التحكم النيوماتي ٣

١ -٥ التحكم الهيدروليكي ٦

١ -٥ مقارنة الأنظمة الهيدروليكية ٨

١ -٦ مقارنة الأنظمة النيوماتية و الميكانيكية ٩

الفصل الثاني: القوانين الفيزيائية الأساسية ١٠

٢ -١ مصطلحات أساسية ١٠

٢ -٢ مبدأ الاستمرارية ١٤

٢ -٣ حفظ الطاقة ١٥

٢ -٤ خواص الغازات ١٤

٢ -٥ نقل قدرة الموائع ١٥

٢ -٦ تمارين ١٨

الصفحة

الوحدة الثانية: التحكم النيوماتي ١٩

الفصل الثالث: أساسيات التحكم النيوماتي وإعداد الهواء المضغوط ١٩

٣ -١ مدخل ١٩

٣ -٢ هيكل نظم التحكم ١٩

٣ -٣ إيجابيات و سلبيات استعمال الهواء ٢٤

٣ -٤ إنتاج و توزيع الهواء ٢٥

٣ -٤ -١ الضواغط ٢٦

٣ -٤ -٢ تخزين الهواء المضغوط ٢٩

٣ -٤ -٤ وحدة الخدمة ٣٠

الفصل الرابع: الأسطوانات والمحركات النيوماتية ٣٦

٤ -١ الأسطوانات الأحادية الفعل ٣٧

٤ -٢ الأسطوانات المزدوجة الفعل ٣٨

٤ -٣ الأسطوانات بدون ذراع المكبس ٤١

٤ -٤ المحرك النيوماتي ٤٣

٤ -٥ رموز الأسطوانات النيوماتية حسب النظام العالمي للمقاييس(ISO) ٤٤

٤ -٦ رموز المحركات النيوماتية حسب النظام العالمي للمقاييس (ISO) ٤٤

الفصل الخامس: الصمامات النيوماتية ٤٥

٥ -١ مقدمة ٤٦

٥ -٢ صمامات التحكم التوجيهية ٤٦

٥ -٢ -١ صمام توجيهي ٢/٢ ..... ٥٠

٥ -٢ -٢ صمام توجيهي ٢/٣ ..... ٥٠

٥ -٢ -٣ التشغيل بواسطة صمام التحكم السابق ٥٤

الصفحة

٥ -٢ -٤ صمام التحكم التوجيهي ٢/٤ ..... ٥٧
٥ -٢ -٥ صمام التحكم التوجيهي ٣/٤ ..... ٥٨
٥ -٢ -٦ الصمام التوجيهي ٢/٥ ..... ٥٩
٥ -٢ -٧ الصمام التوجيهي ٣/٥ ..... ٦١
٥ -٣ الصمامات اللارجعية ٦٣
٥ -٣ -١ الصمام اللارجعي ٦٣
٥ -٣ -٢ صمام الجمع (بوابة واو) ٦٤
٥ -٣ -٣ صمام ترددي (بوابة أو) ٦٥
٥ -٣ -٤ الصمام العادم السريع ٦٦
٥ -٤ الصمامات الخانقة ٦٧
٥ -٤ -١ الصمام الخانق القابل للمعايرة ٦٧
٥ -٤ -٢ الصمام اللارجعي، خانق، قابل للمعايرة ٦٧
٥ -٥ صمامات الضغط ٦٩
٥ -٥ -١ صمام تنظيم الضغط ٦٩
٥ -٥ -٢ صمام الإعاقة الزمنية، مغلق في الوضع العادي ٧٠
٥ -٥ -٣ صمام ضغط تتابعي ٧١
الفصل السادس: نظم التحكم النيوماتية ٧٣
٦ -٢ مدخل ٧٣
٦ -٢ التحكم غير المباشر في الدوائر النيوماتية ذات الأسطوانة ٧٧
٦ -٢ -١ التحكم المباشر في الأسطوانة أحادية الفعل ٧٧
٦ -٢ -٢ التحكم المباشر في الأسطوانة ثنائية الفعل ٧٩
٦ -٣ لتحكم الغير مباشر في الدوائر ذات الأسطوانة الواحدة ٨١

الصفحة

٦ -٣ -١ التحكم غير المباشر في الأسطوانة أحادية الفعل..... ٨١
٦ -٣ -٢ التحكم غير المباشر في الأسطوانة ثنائية الفعل..... ٨٤
٦ -٤ تطبيقات الصمامات المنطقية: AND و OR..... ٨٦
٦ -٤ -١ التشغيل بالعنصر المنطقي AND..... ٨٦
٦ -٤ -٢ التشغيل بالعنصر المنطقي OR..... ٨٨
٦ -٥ التحكم في سرعة الاسطوانة..... ٩١
٦ -٦ تطبيقات الصمام العادم السريع..... ٩٤
٦ -٧ تطبيقات صمام الضغط التتابعي..... ٩٦
٦ -٨ تطبيقات صمام التأخير الزمنية..... ٩٩
٦ -٩ تصميم الدوائر النيوماتية المتعددة الاسطوانات..... ١٠١
٦ -٩ -١ التحكم في الدوائر متعددة الاسطوانات..... ١٠١
٦ -٩ -٢ التحكم التتابعي..... ١٠١

الوحدة الثالثة: التحكم الكهرونيوماتي..... ١٠٩
الفصل السابع: أساسيات الكهرباء..... ١١٠
٧ -١ التيار المستمر و التيار المتردد..... ١١٠
٧ -٢ قانون أوم..... ١١٢
٧ -٣ وظيفة الملف..... ١١٣
٧ -٤ وظيفة المكثف..... ١١٤
٧ -٥ وظيفة الدايود..... ١١٥
٧ -٦ القياسات في الدوائر الكهربية..... ١١٦
الفصل الثامن: مكونات قسم التحكم الكهرونيوماتية..... ١١٨

٨ -١ وحدة مصدر القدرة..... ١١٨
٨ -٢ المفاتيح الانضغاطية و مفاتيح التحكم..... ١١٩
٨ -٣ المجسات لقياس الإزاحة و الضغط..... ١٢١
٨ -٤ المرحلات و الملامسات..... ١٣١
٨ -٥ التحكم المنطقي المبرمج..... ١٣٢
٨ -٦ الصمامات الاتجاهية الكهرونيوماتية..... ١٣٣
الفصل التاسع: الصمامات النيوماتية..... ١٣٩
٩ -١ التحكم في الدوائر الكهرونيوماتية ذات أسطوانة واحدة..... ١٣٩
٩ -١ -١ التحكم المباشر و غير المباشر في أسطوانة أحادية الفعل ١٣٩
٩ -١ -٢ التحكم المباشر والغير المباشر في أسطوانة ثنائية الفعل ١٤١
٩ -٢ العمليات المنطقية..... ١٤٣
٩ -٣ تمثيل العمليات المنطقية في أشكال جدولية..... ١٤٧
٩ -٤ تخزين الإشارة..... ١٤٨
٩ -٥ تمثيل العمليات المنطقية في أشكال جدولية.....

الوحدة الرابعة: التحكم الهيدروليكي..... ١٦٧
الفصل العاشر: إعداد القدرة الهيدروليكية..... ١٦٧
١٠ -١ وحدة القدرة الهيدروليكية..... ١٦٧
١٠ -٢ المحرك..... ١٧٠
١٠ -٣ المضخة الهيدروليكية..... ١٧٠
١٠ -٤ المزوجات..... ١٧٤
١٠ -٥ الخزان..... ١٧٤
١٠ -٦ المرشحات..... ١٧٥
١٠ -٧ المبردات..... ١٧٦

١٠ -٨ المسخنات..... ١٧٧
الفصل الحادي عشر: عناصر الفعل و التحكم الهيدروليكية..... ١٧٨
١١ -١ الأسطوانة أحادية الفعل..... ١٧٩
١١ -٢ **الأسطوانة** ثنائية الفعل..... ١٨٠
١١ -٣ الصمامات الهيدروليكية..... ١٨٢
١١ -٣ -١ صمامات التحكم في الضغط..... ١٨٢
١١ -٣ -٢ الصمامات التوجيهية..... ١٨٩
١١ -٢ -٣ الصمامات اللارجعية..... ٢٠٣
١١ -٢ -٤ صمامات التحكم في التدفق..... ٢٠٩
المصطلحات..... ٢١٣
المراجع..... ٢١٧
المحتويات

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS