الفصل الأول

أنواع التحكم الآلي :

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

1-1- قدرة الموائع :

قدرة الموائع هي التكنولوجيا التي تتعامل مع الإنتاج والتحكم والنقل للطاقة باستخدام الموائع المضغوطة . أنظمة التشغيل والتحكم النيوماتية

والهيدروليكية تعتمد 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 والمعدات الثقيلة وأنظمة المكابح والتوجيه بالمركبات.

في مجال التصنيع : تشغيل الآلات، والتحكم في عمليات التصنيع ومناولة وفرز وتعبئة المواد والتحكم في تسلسل عمليات خطوط الإنتاج . تستعمل قدرة الموائع كذلك في صناعة تجميع السيارات ومختلف الأجهزة والآلات الثقيلة .

رغم وجود العديد من الموائع المستعملة لكنه من الناحية العملية نجد أن المائعين الشائعي الاستعمال هما : الزيت والهواء المضغوط

.فالنظام المائعي (Fluid System)الذي يعمل بالزيت يسمى" نظام هيدروليكي " والنظام الذي يعمل بالهواء المضغوط يسمى " نظام نيوماتي " . كما أن التحكم الذي يستخدم نظام هيدروليكي يسمى التحكم الهيدروليكي والتحكم الذي يستخدم نظام نيوماتي يسمى التحكم النيوماتي .

1-2- التحكم الهوائي (النيوماتي) :

تعرف النيوماتية (النيوماتيك) (Pneumatics) بأنه علم يبحث في الهواء المضغوط واستخدامه في نقل وتحويل القوة ومضاعفتها لتشغيل الأنظمة

الصناعية والمعدات في أداءها وفقاً لإشارات تحكم خارجية (مفاتيح .
مجسات .....) يتكون نظام التحكم النيوماتي من الأجزاء الأساسية التالية :

1- ضاغط لضغط الهواء

2- محرك كهربائي كمصدر قدرة لتشغيل الضاغط

3- خزان لتخزين الهواء المضغوط

4- صمامات للتحكم بالاتجاه والضغط وكمية التدفق

5- مفعّل(محرك) لتحويل طاقة الهواء المضغوط إلى قوة ميكانيكية أو عزم ينتج عنه شغل قد يكون عنصر العمل اسطوانة لتوفير الحركة الخطية أو محرك نيوماتي لتوفير الحركة الدائرية .

6- أنابيب لنقل الهواء المضغوط بين أجزاء نظام التحكم المختلفة .

استخدام التحكم النيوماتي في العمليات الصناعية :

a- مناولة المواد :

* التثبيت (Clamping)

* النقل (Shifting)

* تحديد الموضع (Positioning)

* التوجيه (Orienting)

b- 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)

c- عمليات التصنيع والتشغيل مثل :

* الثقب (Drilling)
* الخراطة (Turning)
* التفريز (Milling)
* النشر (القطع بالمنشار) (Sawing)
* عمليات الصقل والإنهاء (Finishing)

* التشكيل (Forming)

* ضبط الجودة (Quality Control)

3-1- 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 . مجسّات) .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 وغالباً ما يكون لها أنظمة تحكم يدوية التشغيل داخل كبينة قيادة وتشغيل . أما النظم الهيدروليكية الثابتة في مكان واحد كأن تكون عند نقطة معينة على خط إنتاج . كما أن هناك استخدامات أخرى للنظم الهيدروليكية في مجالات الهندسة البحرية والطيران والتعدين (Mining) .

A – 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 هذين النوعين من التحكم لكونهما يعملان بوسطين مختلفين (السوائل والغازات)

B- النظم الهيدروليكية المتحركة :

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

- مقارنة الأنظمة النيوماتية والهيدروليكية :

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

- مقارنة الأنظمة النيوماتية والهيدروليكية بالأنظمة الميكانيكية :

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

1- البساطة حيث عدم الحاجة للتروس والكامات والروافع

2- إيصال القدرة إلى نقاط بعيدة عن مصدرها من خلال أنابيب وتوصيلات بسيطة

3- قلة الاهتزازات والصدمات

4- التزييت الذاتي لأجزاء النظام المتحركة

5- سهولة التحكم بالعمليات التسلسلية

6- سهولة التشغيل والصيانة

4-1 استخدام الهواء المضغوط في التحكم

1) – الخواص الطبيعية للهواء :

في علم الهواء المضغوط نعمل نحن بالهواء الأرضي الذي هو عبارة عن مخلوط غازي ، لذلك يجب إيضاح بعض الظواهر العادية التي تواجهنا في الحياة اليومية .

الهواء هو مخلوط غازي يتكون أساساً من غازين هما :

نيتروجين (N) حوالي 78 % من الحجم

أو كسجين (O) حوالي 21 % من الحجم

علاوة على ذلك يحتوي الهواء على نسب ضئيلة من ثاني أو أكسيد الكربون ، هيدروجين ، أرجون ، نيون ، هليوم ، كريبتون وزنون . بجانب هذه الغازات يحتوي الهواء الجوي على نسبة معينة متغيرة من بخار الماء (رطوبة) .

- 2- الخواص الفنية للهواء المضغوط :

أهمها الاقتصاد والسهولة ، حيث الهواء متوفر في كل مكان وبكميات كبيرة ويمكن نقله بشكل مضغوط بواسطة الأنابيب والاسطوانات ولمسافات طويلة وتركيبه الكيماوي ثابت (متوازن) رغم تغير درجات الحرارة مما يحقق تشغيلاً يمكن الاعتماد عليه حتى في أقصى علو لدرجات الحرارة والهواء غير

متطاير ولا ينفجر ولا يحترق مما لا يتطلب تجهيزات أمان ضد الإنفجارات عالية التكاليف، وهو نظيف ولا يسبب أية عدوى نتيجة حصول أي تسرب في الأنابيب، أو أوعية حفظ الهواء المضغوط ،وهو اقتصادي بسبب تركيب الضواغط والتي تصل سرعتها إلى ، 2 m / sec - 1 والهواء المضغوط قابل للتعيير حيث أن سرعات وقوى الهواء المضغوط متغيرة بشكل لا محدود .باستخدام معدات التحكم بالهواء المضغوط ووسائل تشغيل معدات الهواء المضغوط يمكن الوصول إلى الضغط المطلوب والتوقف آليالهذا فهي آمنة من ناحية زيادة الضغط بشكل كبير .

ولكن للهواء المضغوط بعض العيوب منها أن الهواء يحتاج لتحضيرات معينة لسحب الأقذار والرطوبة التي تسبب تآكلاً في معدات الهواء المضغوط . قابلية الانضغاط للهواء تسبب في عدم تحقيق سرعة حركة منتظمة وثابتة للمكابس. والهواء المضغوط اقتصادي ولكن إلى حد معين من متطلبات القوة فعند بلوغ ضغط عادي عملي أي 7bar واعتماداً على المسافة والسرعة فالحدود هي بين 30.000 - 20.000 نيوتن ،وصوت العادم عند خروج الهواء من العادم ولكن تم تخفيف هذه المشكلة بشكل كبير باستخدام مخمّدات الصوت ،ثم أن تكاليف الهواء المضغوط تعتبر نسبياً عالية كقوة نقل .

1- 5- أهم مميزات الهواء المضغوط :

- امكانية الحصول على الهواء في أي مكان وبأي كمية مطلوبة .

- يمكن نقل الهواء المضغوط خلال الأنابيب و لمسافات بعيدة جداً .
- قابلية التخرين .
- عدم الحاجة إلى التخلص من بقايا الهواء المضغوط حيث يمكن تسريبها إلى الجو بعد الانتهاء من العمل به .
- الهواء المضغوط ليس حساساً ضد التقلبات الجوية ودرجات الحرارة . بهذا يمكننا مواصلة العمل حتى أيضاً عندما تكون درجات الحرارة متطرفة جداً .
- عدم وجود أخطار انفجارات عند استعمال الهواء المضغوط وبهذا توفر التكاليف الباهظة لأجهزة الوقاية ضد الانفجارات .
- الهواء المضغوط هو مادة نظيفة ، هذا هو عامل هام جداً بالنسبة لصناعات المواد الغذائية والأخشاب والنسيج والجلود .
- الأجهزة الخاصة بالهواء المضغوط رخيصة وسهلة الاستعمال للغاية .
- الهواء المضغوط سريع وبذلك يمكننا الوصول إلى سرعات عالية في الإنتاج .
- يمكن التحكم في سرعة وقوة عناصر الهواء المضغوط.
- أجهزة العمل بالهواء المضغوط مؤمّنة تماماً ضد الضغط الزائد .
- يمكن تنفيذ الحركات المستقيمة بشكل مباشر .

1- 6- عيوب الهواء المضغوط :

- يلزم الهواء المضغوط طاقة مرتفعة التكاليف نسبيا . لكنه يمكننا تعويض الجزء الأكبر من هذه التكاليف بسبب العناصر الرخيصة الثمن وكذلك الأجهزة المتينة والسهلة الاستعمال .

- يجب إعداد الهواء المضغوط إعداداً جيداً ، لا يسمح بأن يتدفق معه بقايا قاذورات أو رطوبة (لأن ذلك يسبب صدأ الأجهزة والعدد التي يمر بها الهواء) .

- عدم امكانية التحكم في سرعة ثابتة ومنتظمة للكباسات (بسبب قابلية الهواء للانضغاط)

- الهواء المضغوط يكون منخفض التكاليف فقط حتى قدرة معينة متوقفة على حدود الضغط الموجود بالمصانع وهو 700 كيلو بسكال (7 بار) ومرتبطة أيضاً بطول الطريق وبالسرعة والقوة ،تقريباً فيما بين 20000 و 30000 نيوتن . إذا ما كانت القدرة اللازمة أعلى من ذلك فيجب استعمال الهيدروليك .

- خروج الهواء المضغوط يسبب ضوضاء كبيرة ، لكن على أي حال قد أمكن التغلب على الجزء الأكبر من هذه المشكلة عن طريق التطور الهائل لمواد خفض الصوت .

- يصاحب خروج الهواء كميات من الزيت لتشحيم الأجهزة التي يمر بها . هذا يتسبب في خروج بخار الزيت مع الهواء مما يؤثر على البيئة المحيطة .

الفصل الثاني

أساسيات التحكم الهوائي

2-1 – مدخل :

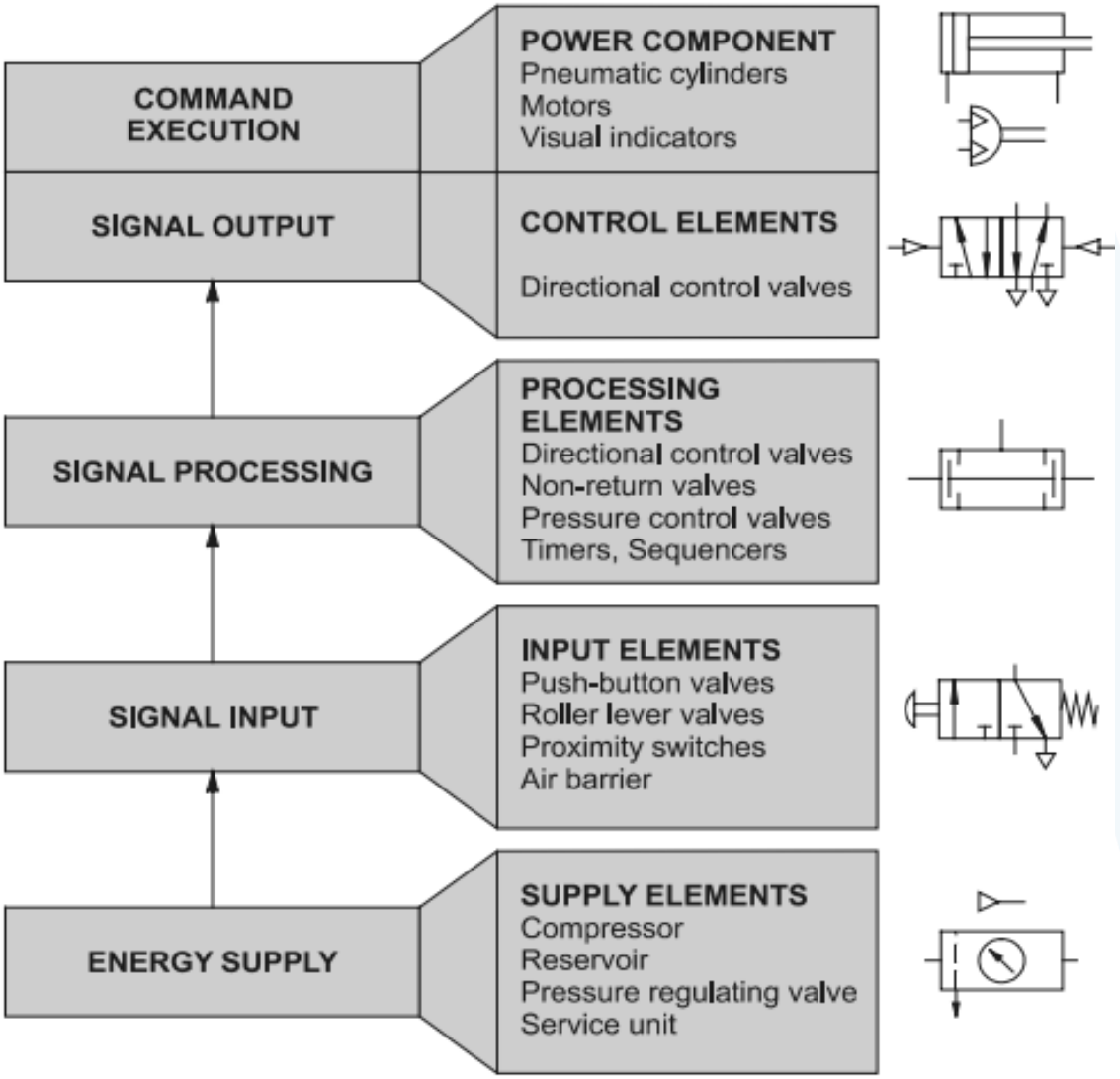
يحتوي هذا الفصل على هيكل نظم التحكم ومثالاً توضيحياً ومبسطاً التحكم المباشر في أسطوانة أحادية التأثير وثنائية التأثير و التحكم المباشر وغير المباشر في الدارات ذات الأسطوانة الواحدة وتطبيقات الصمامات المنطقية and – oR ، و كيفية التحكم في سرعة الأسطوانة .

2 – 2 – هيكل نظام التحكم :

تتكون الأنظمة النيوماتية من مجموعات مختلفة من العناصر المترابطة (الشكل 2- 1) والشكل 2- 2) . تشكل هذه المجموعة من العناصر مسار تدفق إشارة التحكم بدءاً من قسم الإشارة (مدخل) ماراً بعناصر المعالجة إلى عناصر التحكم (مخرج) . تتحكم عناصر التحكم العمل حسب الإشارة المستقبلية من عناصر المعالجة .

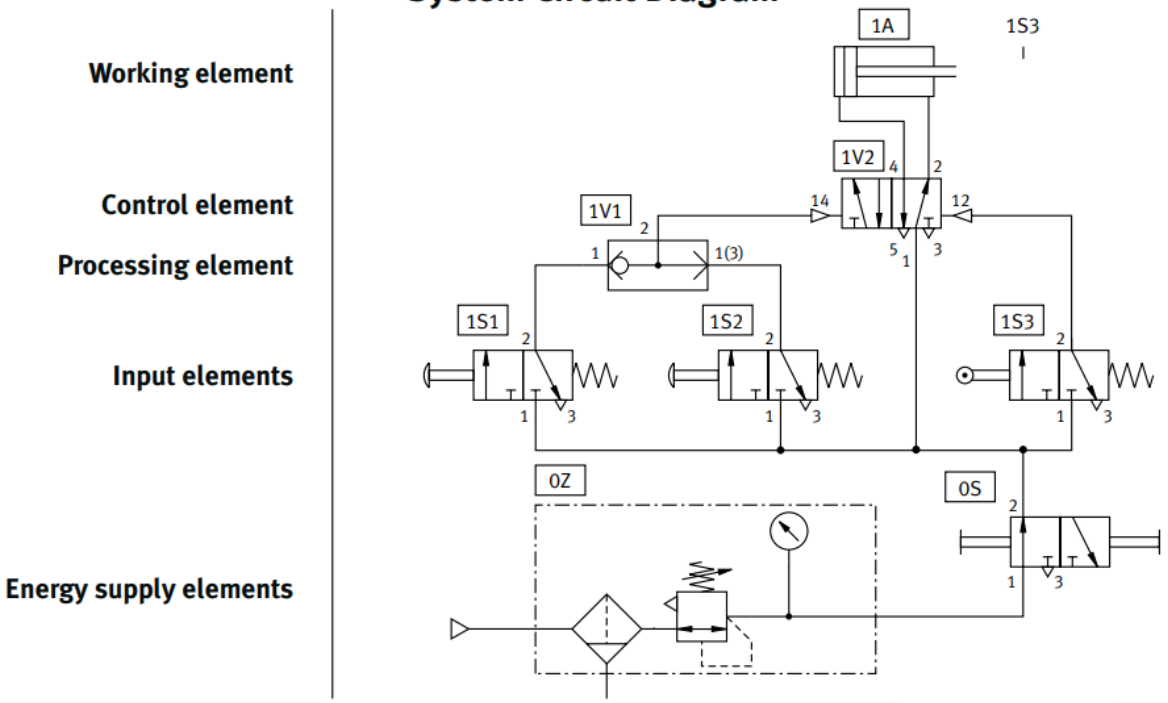
المكونات الأساسية لنظام التحكم هي :

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



الشكل 2-1 تسلسل الاشارة ومكونات دارة التحكم بالهواء المضغوط

System Circuit Diagram



الشكل 2-2

3-2المبادئ الفيزيائية :

يتكون الهواء بشكل أساسي من عنصرين :

النيتروجين (78%) والأوكسيجين (21%) ، بالإضافة إلى نسب بسيطة من العناصر : أول أوكسيد الكربون ،آرغون ، هيدروجين ،نيون ، هيليوم ،كريبتون ....

الواحدات الأساسية :

الطول

المقدار	الرمز	الواحدات
الطول	L	متر (m)
الكتلة	m	كيلوغرام (kg)
الزمن	t	ثانية (sec)
درجة الحرارة	T	كلفن(K, $0^{\circ}C = 273.15\ K$)
القوة	F	نيوتن $N=1Kg.m/s^2$
المساحة	A	m^2
الحجم	V	$m^{3/sec}$
الضغط	P	$1Pa= 1N/m^2$, $1bar =10^5Pa$

الضغط : 1 باسكال يساوي الضغط الثابت على مساحة سطح مقدارها $1 m^2$ الناتج عن تطبيق قوة مقدارها 1نيوتن .

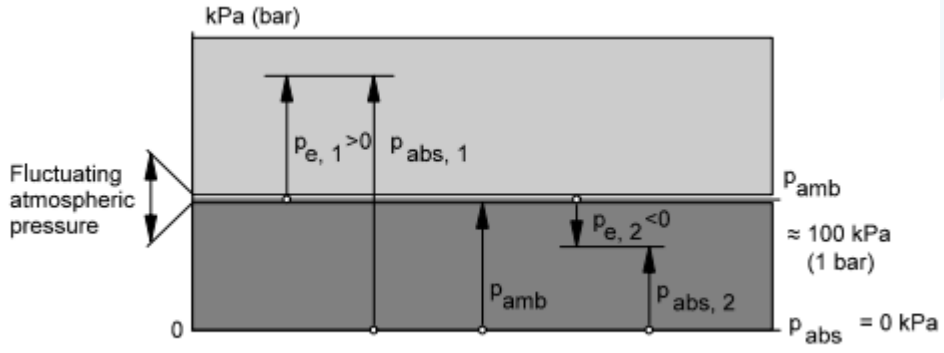
يسمى الضغط المطبق مباشرة على سطح الأرض بالضغط الجوي (P_{amb})، .

يسمى مجال الضغط فوق هذا المجال الضغط الزائد ($p_e > 0$.

يسمى مجال الضغط تحت هذا المجال بالضغط التخلخلي ($p_e < 0$)

يحسب الضغط التفاضلي $P_e = P_{abs} - P_{amb}$

ويسمى عادة ضغط المقياس .



الحرارة القياسية : $T_n = 273.15\ K\ ,\ t_n = 0^\circ$

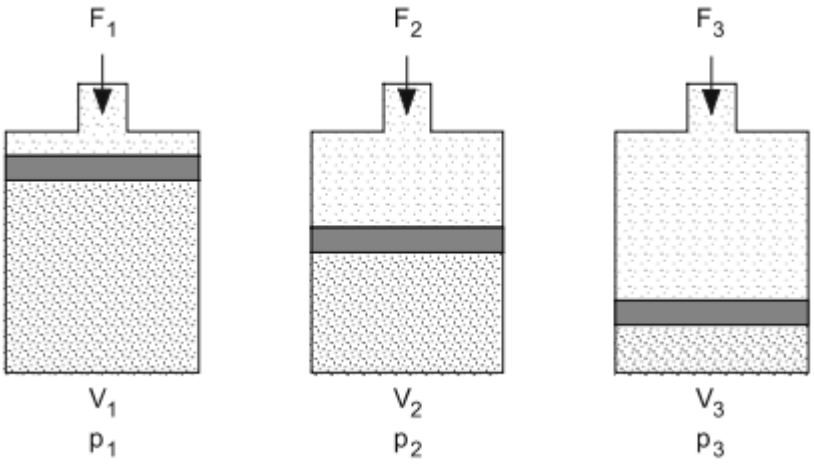
الضغط القياسي : P_n= 101325 Pa =1.01325 bar

2-4خواص الهواء :

قانون Boyle-Maiotte,s Law

عند درجة حرارة ثابتة ،يكون الجداء بين الضغط المطلق والحجم ثابتا من أجل كتلة معينة من الغاز .

$$P_1.V_1 = P_2.V_2 = P_3.V_3 = constant$$



مثال : يتم ضغط الهواء عند الضغط الجوي بواسط ضاغط هوائي إلى نسبة حجم تساوي 1/ 7

ماهي قراءة مقياس الضغط عند درجة حرارة ثابتة .

$$P_1.V_1 = P_2.V_2$$

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

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

$$P_1 = P_{atmb} = 100KPa = 1bar$$

$$P_2 = 1.7 = 700KPa = 7bar\ absolute$$

$$P_e = P_{abs} - P_{amb}(700 - 100)KPa = 6bar$$

إذا من أجل ضاغط ينتج 600 kpa بحاجة إلى نسبة انضغاط مقدارها 1:7.

قانون Gayy-Lussac,s:

حجم كتلة معينة من الغاز يكون متناسبا مع درجة الحرارة المطلقة طالما أن الضغط ثابتاً لايغير .

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

✓ V1 الحجم عند درجة الحرارة T1

✓ V2 الحجم عند درجة الحرارة T2

أي أن : $\frac{V}{T} = \text{constant}$

تغير الحجم $\Delta V = V_2 - V_1 = V_1 . \frac{T_2 - T_1}{T_1}$

✓ $V_2 = V_1 + \Delta V = V_1 + \frac{V_1}{T_1}(T_2 - T_1)$

المعادلة السابقة صالحة في حالة كون درجة الحرار ة مقاسة بالكلفن ، أما عند ما تكون درجة الحرارة مقاسة بالسلزيوس نستخدم العلاقة التالية :

$$V_2 = V_1 + \Delta V = V_1 + \frac{V_1}{273^{\circ}C + T_1}(T_2 - T_1)$$

مثال : كتلة من الهواء حجمها $0.8\ m^3$ عند درجة حرارة 20^0 T1=293K، يتم تسخينها إلى درة حرارة (71C) T2= 344K.

احسب مقدار حجم تمدد الهواء ؟

$$\checkmark V_2 = V_1 + \Delta V = 0.8m^3 + \frac{0.8m^3}{293^\circ k}(344 - 293)$$

$$V_2 = 0.8m^3 + 0.14m^3 = 0.94m^3$$

إذا بقي الحجم ثابتا عند ارتفاع درجة الحرارة ، هذه النتيجة يتم التعبير عنها عند ازدياد الضغط بواسطة العلاقة :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{أو} \quad \frac{P}{T} = constant$$

معادلة الغازات العامة :

يمكن تجميع العلاقات الثلاث للغازات بواسطة العلاقة التالية :

$$\frac{P_1.V_1}{T_1} = \frac{P_2.V_2}{T_2} = constant$$

من أجل كتلة معينة من الغاز: حاصل ضرب الضغط مع الحجم مقسوما على درجة الحرارة المطلقة يكون ثابتا .

في حالة كون أحد العوامل الثلاث P ,V, T ثابتا :

- ✓ الضغط P ثابت ..... تغير ايزوبار
- ✓ الحجم ثابت ..... تغير ايزوكور
- ✓ الحرارة ثابتة ..... تغير ايزوتيرم

5-2إنتاج وتوزيع الهواء :

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

* عند قيمةالضغط المطلوب
* نقي
* جاف

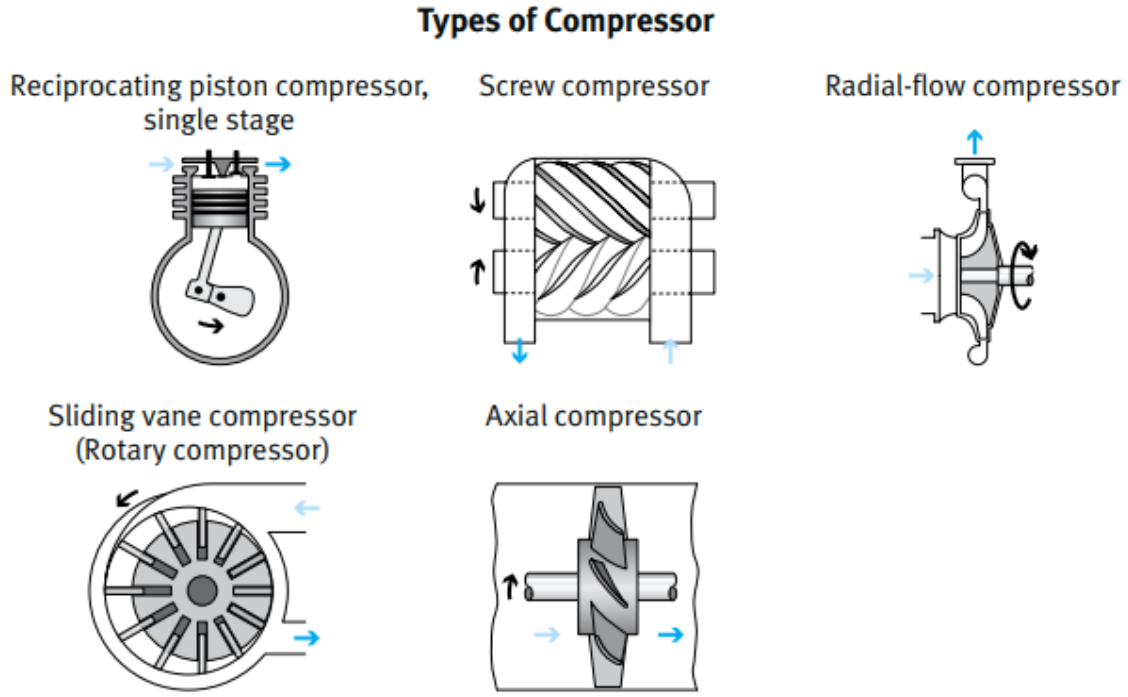
تبدأ عملية إنتاج الهواء المضغوط باستعمال الضواغط يمر الهواء المضغوط بعد ذلك سلسلة من المكونات قبل أن يصل إلى نظام التحكم النيوماتي تحتوي مكونات إنتاج وإعداد الهواء على التالي :

* مرشّح الدخول
* ضاغط الهواء
* خزان الهواء
* مجفف الهواء
* مرشّح الهواء بفاصل الماء
* مزيّت
* نقاط تصريف الماء

الضواغط Compressors :

الضاغط هو آلة تقوم بضغط الهواء من ضغط دخول منخفض (الضغط الجوي عادة) إلى ضغط أعلى مطلوب . يتم تحقيق ذلك من خلال تخفيض حجم الهواء . ضواغط الهواء عامة إيجابية الإزاحة وهي إمّا ذات مكابس ترددية أو لولب دوّار 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 (2 – 3) أنواع الضواغط المستعملة في الصناعة :

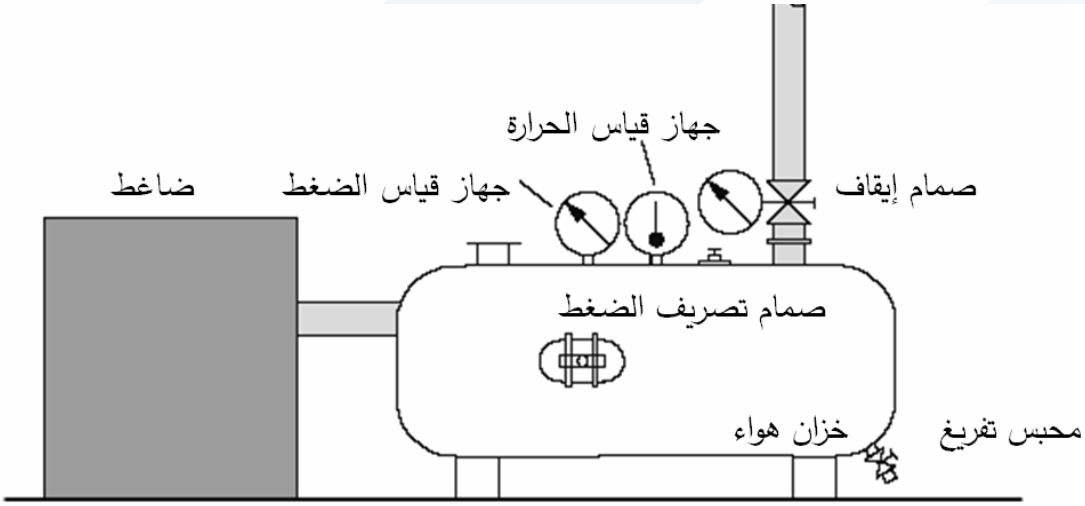


(الشكل 2- 3) أنواع الضواغط

تخزين الهواء المضغوط

تحتوي الأنظمة النيوماتية على خزان هواء بعد مخرج الضاغط لتخزين كميات كافية من الهواء الضاغط 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 وإيقافه حسب الحاجة . كما يقوم الخزان

نظراً لكبر مساحته بدور التبريد للهواء الخارج من الضاغط . يتم في الخزان فصل الماء من الهواء المضغوط وإخراج الأول بواسطة محبس تفريغ وبصفة دورية .



الشكل 2-4

6-2وحدة الخدمة Service Unit :

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

1- المرشح والمجفف

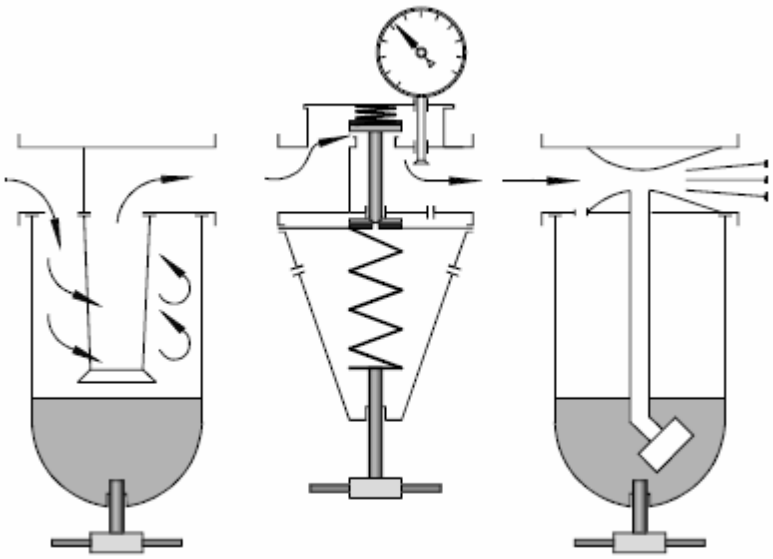
2- صمام تنظيم الضغط

3- المزيّت

وتضاف ساعة لقراءة ضغط الهواء عند مخرج صمام تنظيم الضغط

يقوم المرشح والمجفف بتنقية الهواء وتحريره من الرطوبة . يقوم صمام تنظيم الضغط بضبط ضغط الهواء عند قيمة قابلة للمعايرة . بينما يقوم

المزيّت بتشبيع الهواء بكمية مناسبة من الزيت والتي تعمل على تزييت أجزاء الآلات ، وأجهزة العمل وتعمل الأجزاء الثلاثة بصفة متتالية كما هو مبين بالشكل 2- 5 .



صمام تنظيم الضغط

المزيت المرشح

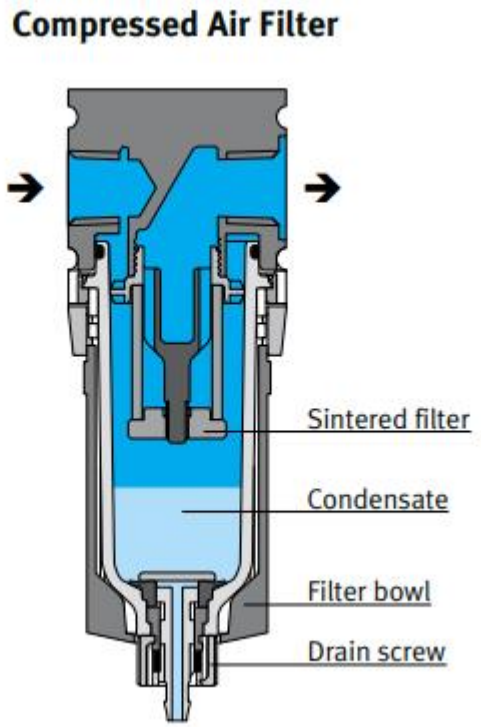
الشكل 2-5

كما يتم تركيب صمام تنظيم الضغط مع المرشح والمزيت في وحدة واحدة وبهذا تكون الوحدة مدمجة

- 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 2- 5)

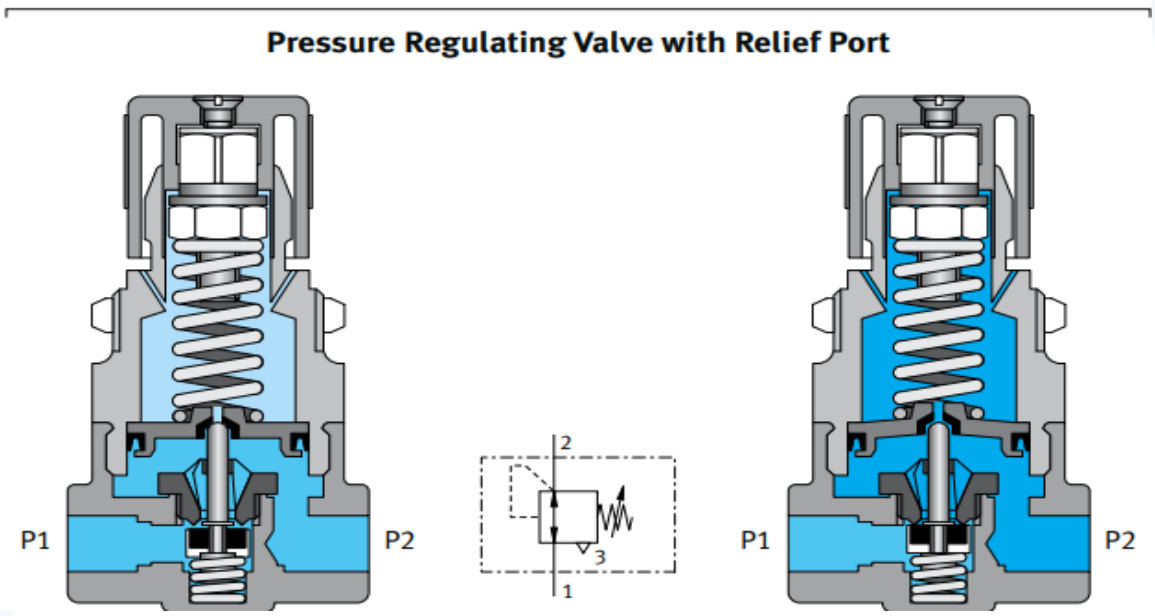
تقوم هذه الحركة الهوائية الدائرية بخلق قوة طرد مركزية تدفع ناتج الماء التكاثف على جوانب علبة المرشح . بعد ذلك يتساقط الماء المتكاثف ، ومعه أيضاً الشوائب التي تم دفعها بفعل قوة الطرد المركزية إلى أرضية علبة المرشح . يستمر سريان تيار الهواء المضغوط خلال مواد المرشح حيث يتخلص من القشور و الألياف والعوالق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



الشكل2-6

- صمام تنظيم الضغط (Pressure Regulator) :

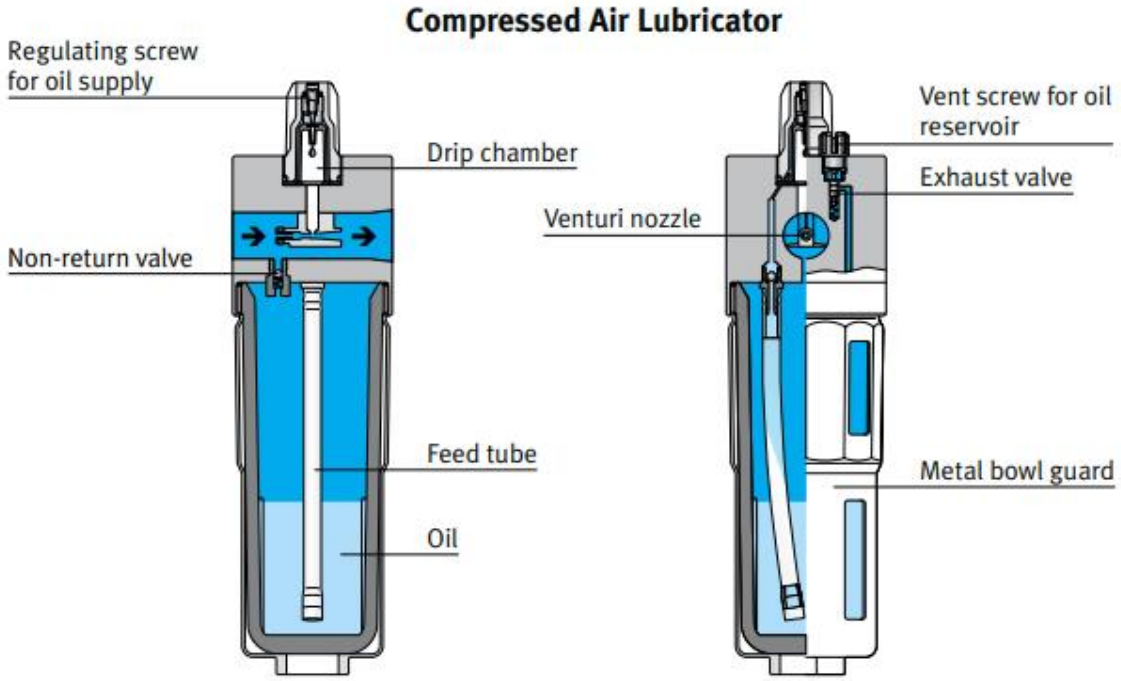
يجب أن يكون ضغط دخل صمام تنظيم الضغط (الضغط الأولي) دائماً أعلى من ضغط الخرج (الضغط الثانوي) . يتم تنظيم الضغط من خلال غشاء (Diaphragm) . يدفع ضغط الخرج على جانب من الغشاء بينما يدفع زنبرك على الجانب الثاني . تضبط قوة النابض بواسطة مسمار ضبط . عند ارتفاع ضغط الخرج (مثلاً عند ارتفاع حمولة الاسطوانة) يتحرك الغشاء جهة النابض مقلّصاً فتحة التصريف أو غلقها كلياً . ينفتح جزء الغشاء المركزي ويندفع منه الهواء المضغوط إلى المحيط من خلال ثقوب التنفيس على غلاف الصمام . إذا انخفض ضغط الخرج تفتح قوة النابض الصمام . هكذا ينظّم الضغط المضبوط مقدماً من خلال انفتاح وانغلاق الصمام بصفة متواصلة . تقوم ساعة مركبة فوق الصمام ببيان ضغط التشغيل



الشكل(2-7) صمام تنظيم الضغط

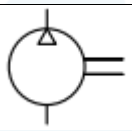
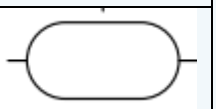
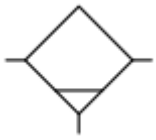
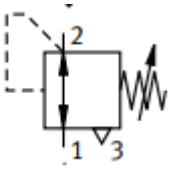
- المزيّت (Lubricator) :

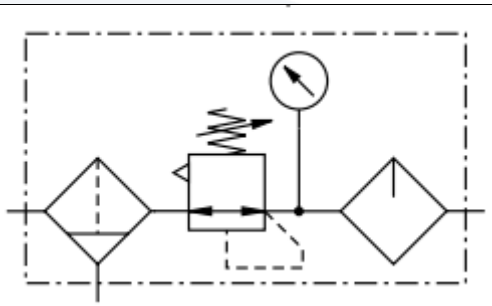
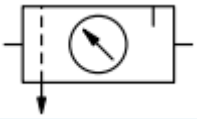
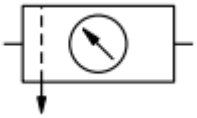
يضمن المزيت تزييت مكونات النظام النيوماتي المتحركة . حيث يقوم بتشبيع الهواء المضغوط ببخار الزيت الشكل 2-7 . يتسبب الهواء المضغوط المار بسرعة عالية في انخفاض ضغط خزان الزيت الواقع أسفل المزيت عن الضغط في الجزء العلوي يكفي هذا الفرق في الضغط لدفع الزيت إلى أعلى من خلال ماسورة رفع . يتحول الزيت إلى رذاذ داخل غرفة الرش قبل أن يصل لتيار الهواء .



الشكل 2-7 المزيّت

الرموز المستعملة في إعداد الهواء وتوزيعه :

مصدر الطاقة :	
- ضاغط مع ازاحة حجمية ثابتة	
خزان	
مصدر الهواء المضغوط	
أجهزة الخدمة	
- مرشح	
- فاصل الماء – تشغيل يدوي	
- فاصل الماء – تشغيل أوتوماتيكي	
- مزيت	
- صمام تنظيم الضغط	
رموز مركبة	

وحدة الخدمة – رمز مفصل: فلتر هواء- صمام تنظيم الضغط- مقياس ضغط -مزيّت	
- وحدة الخدمة مع المزيت - رمز مبسط	
- وحدة الخدمة بدون مزيت – رمز مبسط	

الفصل الثالث

الاسطوانات والمحركات الهوائية

تقوم الضواغط بدور إضافة الطاقة للأنظمة الهوائية والتي تنقل بواسطة الأنابيب إلى نقاط أبعد . بينما تقوم المفعّلات (الأسطوانات والمحركات الهوائية ...) بالعكس حيث تستهلك الطاقة الموجودة بالنظام لتحولها إلى طاقة ميكانيكية تنتج العمل المطلوب .

يمكن تحويل طاقة الموائع إلى طاقة ميكانيكية خطية أو دائرية باستخدام الأسطوانات والمحركات النيوماتية على التوالي . تتقدم مكابس الأسطوانات الهوائية وتتراجع لتكمل دورة شغل كاملة تتكون من شوطين يطلق عليهما شوط التقدم وشوط الرجوع . يستعمل مخمّد لتجنب اصطدام قوي للمكبس عند تقدمه أو رجوعه ،حيث يمكن أن تحتوي الأسطوانات على منطقة ميتة في كلا نهايتي الشوطين لتعمل كمخدة هوائية لمنع الاصطدام وخصوصاً عند التعامل مع كتل أو قوى كبيرة .

يمكن تصنيف المشغّلات الهوائية إلى مجموعتين أساسيتين : خطية ودورانية .

الحركات الخطية :

- اسطوانة أحادية التأثير
- اسطوانة ثنائية التأثير

الحركات الدورانية :

- المحرك الهوائي
- الاسطوانات الدوارة
- المشغّلات الدوارة

تنقسم المحركات الهوائية إلى محركات محدودة الحركة وأخرى مستمرة الحركة . تسمى المجموعة الأولى المحركات التذبذبية أو الترددية لكونها تنتج حركة دائرية ترددية . أما المحركات مستمرة الحركة فهي تشبه المحركات الكهربائية غير أن مصدر الطاقة هو قدرة الموائع بدلاً من القدرة الكهربائية . تتكون أبسط الأسطوانات الهوائية من أنبوبة اسطوانية ومكبس وذراع للمكبس وغطاء لكل من الجانبين وموانع للتسرب وجلب دليلية . ويعتمد اختيار وتصميم المواد المستخدمة في ذلك على ظروف التشغيل التي تستخدم عندها الأسطوانة .

النقاط الهامة :

1- وصف المكونات الداخلية والتصميم للأسطوانات الهوائية .
2- التعرف على الأنواع المختلفة من الأسطوانات .
3- وصف كيفية عمل الأنواع المختلفة من الأسطوانات .
4- التعرف على الأنواع وكيفية العمل للمحركات الدورانية .

قوة المكبس :

تعتمد قوة المكبس على ضغط الهواء وعلى مساحة مقطع المكبس ، وعلى قوة الاحتكاك للحلقات المختلفة .

قوة المكبس النظرية :

$$F_{th} = A.P$$

A- مساحة مقطع المكبس الفعالة m^2.

P–ضغط العمل (Pa)

F_{th} - قوة المكبس النظرية .

من أجل شروط التشغيل العادية (مجال الضغط من 400-800 Kpa)

يمكن اعتبار قوة الاحتكاك 10% من القوة النظرية للمكبس .

من أجل اسطوانة أحادية التأثير :

$$F_{th} = A.P - (F_R + F_F)$$

من أجل اسطوانة ثنائية التأثير :

- شوط التقدم: $F_{eff} = (A.P) - F_R$

- **شوط التراجع** $F_{eff} = (A.P) - F_R$

- **F_{eff}قوة المكبس الفعلية**

Aمساحة المكبس الفعالة

$$\boldsymbol{A = \frac{\pi.D^2}{4}}$$

$$\boldsymbol{A` = (D^2 - d^2)\frac{\pi}{4}}$$

- $\boldsymbol{A`}$ – المساحة الحلقية الفعالة

- **P– ضغط العمل**

- FR– قوة الاحتكاك (10% من Fth) N
- FF قوة الرجوع للنابض N
- D– قطر الاسطوانة
- d– قطرذراع المكبس

طول الشوط : من الناحية العملية يجب أن لايتجاوزطول الشوط أكثر من 2 m، ومن أجل الاسطوانات بدون مكبس 10 m

سرعة المكبس:تعتمد سرعة المكبس على الحمل ، وعلى قيمة الضغط ، وعلى طول الأنبوب،ومساحة المقطع العرضي للأنبوب الواقع بين عنصر التحكم وعنصر العمل ، و أيضا على معدل التدفق عبرعنصر التحكم ، وعلى الموقع النهائي للمخمدات .

يبلغ متوسط سرعة المكبس للأسطوانات القياسية حوالي 0.1-1.5 م/ث.

من أجل بعض الأسطوانات الخاصة (أسطوانات الصدم)، تصل السرعة إلى 10 م/ثانية

يمكن تنظيم سرعة المكبس عن طريق التحكم في صمامات التدفق الاتجاهية .

يمكن زيادة السرعة باستخدام صمامات العادم السريعة .

أولا : الاسطوانات الخطية :

3-1الأسطوانات الأحادية التأثير(Single acting cylinders) :

الأسطوانة أحادية التأثير 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 (شكل3-1) .

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

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

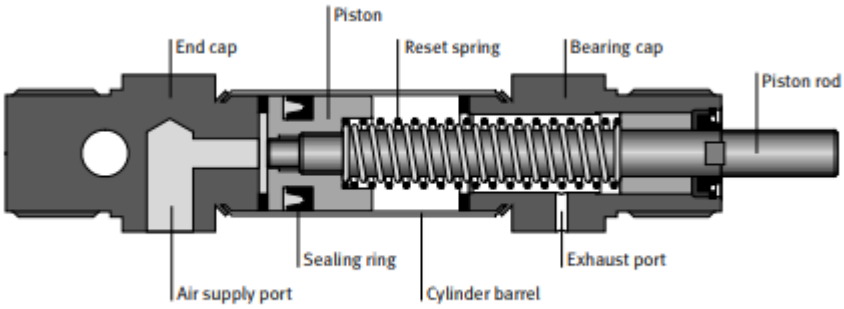
تستعمل الأسطوانة أحادية التأثير في عمليات التثبيت والبثق والضغط والدفع وتشغّل بواسطة صمام توجيهي 3/ 2 .

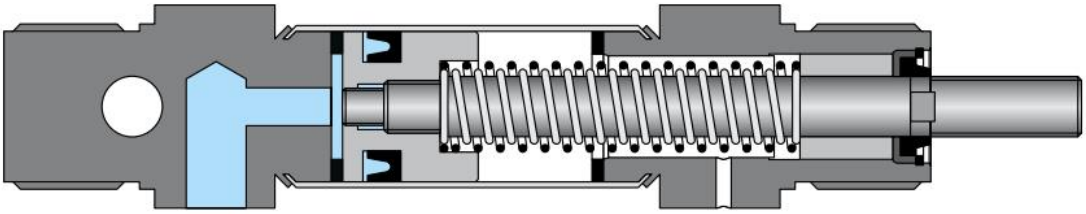
أنواع الأسطوانات أحادية التأثير هي :

* أسطوانة بمكبس (Piston cylinder) (الشكل 3 -1)

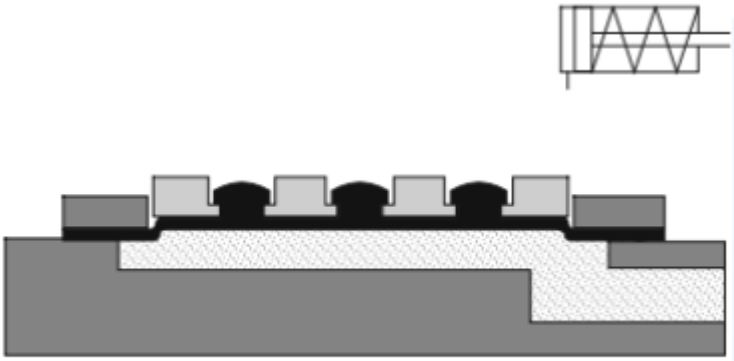
* أسطوانة بغشاء (Diaphragm cylinder) (الشكل 3-2) تمتلك أشواط قصيرة ،تستعمل في عمليات البرشمة ، التثبيت ..

* أسطوانة بغشاء دوّار (Rolling diaphragm cylinder) يعطي تقدماً أكبر للأسطوانة و بأقل احتكاك للمكبس .





الشكل (3-1) اسطوانة أحادية التأثير



الشكل (3-2) اسطوانة بغشاء (Diaphragm cylinder)

3- 2 الأسطوانات ثنائية التأثير (Double acting cylinders) :

تتقدم الأسطوانة وتتراجع عن طريق ضخ الهواء من جهتي المكبس . حيث يدخل الهواء المضغوط الأسطوانة ثنائية التأثير من كلا الجانبين وبالتالي يمكنها تأمين قوة في كلا الاتجاهين . لذلك تستعمل الأسطوانات ثنائية التأثير في المجالات التي تتطلب قوة دفع في التقدم وفي الرجوع أيضاً . تعتمد القوى القوى 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 الذارع المقطعية . ونتيجة لاختلاف المساحتين تختلف القوى المؤثرة أثناء الشوطين ، حيث

تكون القوة في شوط التقدم أكبر من القوة خلال شوط التراجع . تشغّل الأسطوانة ثنائية التأثير بواسطة صمامات توجيهية منها الصمام التوجيهي 4/ 2 والصمام التوجيهي 5 /2 و الصمام التوجيهي 5 /3.

تستعمل الأسطوانة ثنائية التأثير في عمليات التفريع (branching)، البثق (ejection) . التثبيت (clamping) ..

هنالك أنواع عديدة للأسطوانات ثنائية التأثير:

3-2-1 –اسطوانات بمكبس (Piston cylinder) (الشكل 3-3 (a))

a -اسطوانة ثنائية التأثير بتخميد قابل للمعايرة عند التقدم والرجوع (الشكل 3-3 (b)

Double – acting cylinder with adjustable end position cushioning

- تستخدم المخمّدات عند تحريك الكتل الكبيرة من قبل الاسطوانات في نهاية الأشواط ، وذلك لتجنب عمليات الصدم الفجائية . قبل وصول المكبس إلى نهاية الشوط تقوم المخمّدات بتقليل تدفق الهواء نحو الخارج ،في آخر مرحلة من الشوط تنخفض السرعة بشكل ملحوظ .

b- اسطوانة ثنائية التأثير بذراعي دفع (الشكل 3-4)

Cylinders with through piston rod

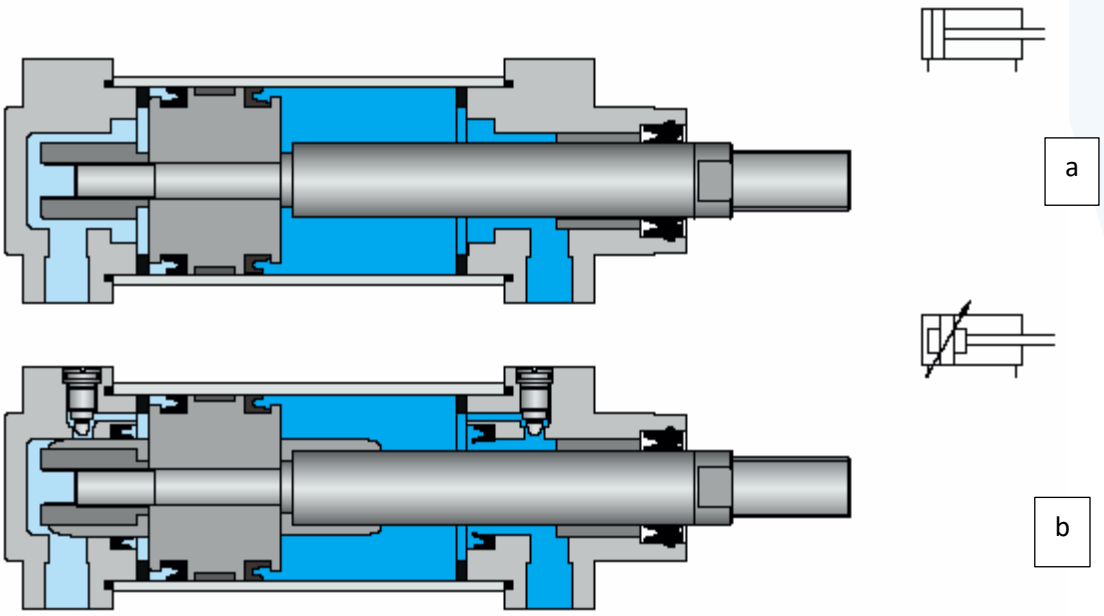
تمتلك الاسطوانة ذراع في كلا الاتجاهين ،توجيه وحركة الذراع تكون أفضل ،لوجود نقطتي استناد (محملين)، وتكون القوة متساوية في كلا الاتجاهين للحركة .يمكن أن يكون قضيب المكبس مجوفا ولذلك يمكن استخدامه في عمليات الخلخلة (vacuum)

c- أسطوانة ثنائية التأثير ترادفية (الشكل 3-5)

Tandem double – acting cylinder

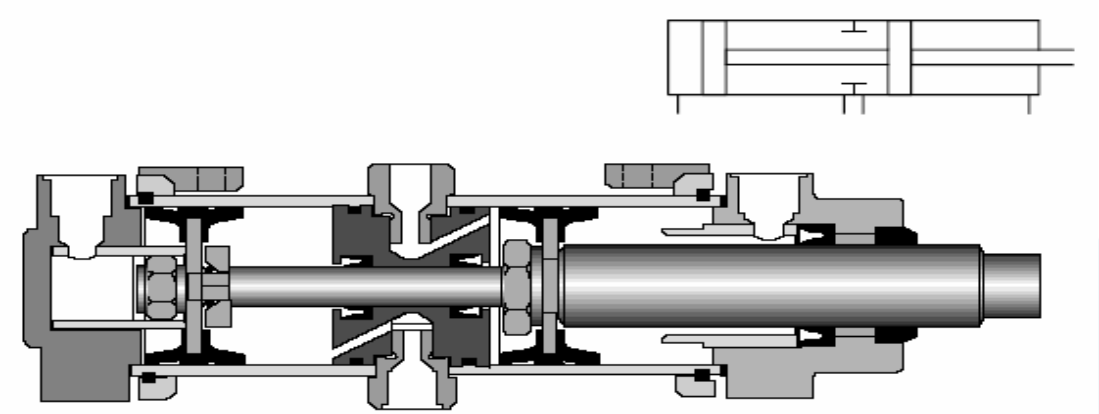
تمتلك الاسطوانة الترادفية تصميما لاسطوانتين ثنائيتي التأثير معا ،عن طريق هذا التصميم يمكن الحصول حمولات متوازنة لكلا المكبسين . وكذلك تكون القوة مضاعفة على ذراع المكبس .

تكون هذه الاسطوانات مناسبة للتطبيقات التي تتطلب قوى كبيرة ، عند أقطار محدودة .



الشكل (3-3) الأسطوانة ثنائية التأثير

a. أسطوانة ثنائية التأثير b. أسطوانة ثنائية التأثير ذات تخميد قابل للمعايرة عند التقدم والرجوع



الشكل (5-3) أسطوانة ثنائية التأثير ترادفية

d- اسطوانة تلسكوبية :

e- اسطوانة الصدم : بشكل عام تكون القوة الناتجة من الاسطوانة الهوائية محدودة . إحدى أنواع الاسطوانات التي تمتلك طاقة حركية هي اسطوانة الصدم . تؤدي الطاقة الحركية العالية للاسطوانة إلى زيادة ملحوظة لسرعة المكبس . تتراوح سرعة مكابس الصدم بين 7.5 – 10 m/s.

عند تشغيل الصمام يرفع الضغط في الحجرة A ، ويتحرك المكبس في الاتجاه Z ، بستطيه الهواء الموجود في الحجرة Aأن يعبر بسرعة كبيرة من خلال المقطع العرضي C. وهذا يؤدي إلى تسارع كبير للمكبس .

تستخدم هذه الاسطوانات في بعض عمليات التشكيل عند متطلبات القوة العالية والأشواط القصيرة ، لأن السرعة تنخفض بشكل ملموس عند الأشواط الكبيرة .

f- اسطوانة متعددة المواقع : مؤلفة من اسطوانتين ثنائيتي التأثير .تتقدم الاسطوانة المناسبة عن تطبيق الضغط المطلوب ،نحصل على أربعة مواقع للاسطوانتين في حالة تقدم كلتا الاسطوانتين بأشواط مختلفة .

2-2-3 – الأسطو انات بدون ذراع المكبس (Rodless cylinders) :

يمكن تصميم الأسطوانة دون ذراع من أجل أداء أعمال على أطوال كبيرة جداً تصل إلى عشرة أمتار . تثبت الأجهزة أو الحمولات فوق سطح تركيب منزلق مثبت خارج الأسطوانة . 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 .

- تعمل في كلا الاتجاهين .

- تكون الحركة مقادة على كامل طول الشوط .

-يمكن الحصول على طول للأشواط أكبر من 10 متر .

هناك ثلاثة أنواع من الأسطوانات دون ذراع وهي :

a- أسطوانة ذات سير أو كبل (Band or cable cylinder) (الشكل 3-6)

b- أسطوانة بسير مانع للتسرب وماسورة مشقبة (الشكل 3-7)

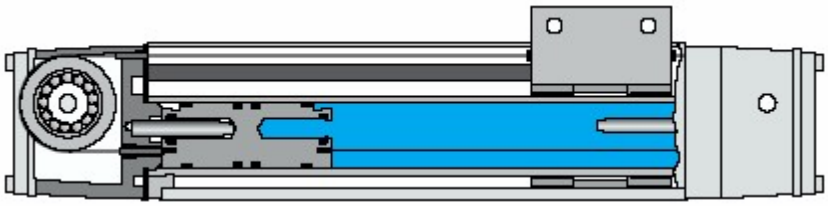
Sealing band cylinder with slotted cylinder barrel

c -اسطوانة بقارنة مغناطيسية منزلقة (الشكل 3-8)

Cylinder with magnetically coupled slide

a-اسطوانة بسير أو كبل(Band or cable cylinder) (الشكل 3 -6) :

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 الأسطوانة .

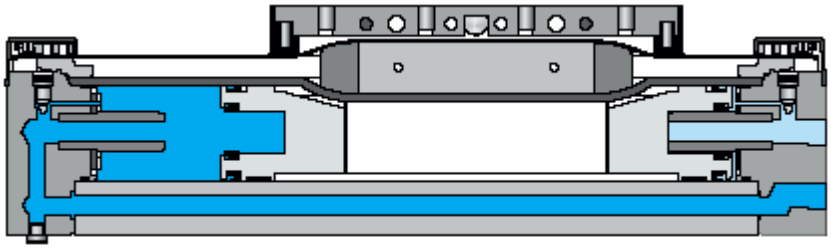


الشكل (3-6) أسطوانة بسير أو كبل (Band or cable cylinder)

b-أسطوانة بسير مانع للتسرب وماسورة مشقبة (الشكل 3-7) :

Sealing band cylinder with slotted cylinder barrel

في هذا النوع من الأسطوانات يحتوي جسم الأسطوانة على مجرى ممتد حسب طول الأسطوانة كلّه . تنقل القوة بواسطة منزلق مثبت على المكبس ويكون التثبيت موجّه خارجياً من خلال المجرى . يمر سير منع التسرب داخل المجرى ويواصل تحت المنزلق .

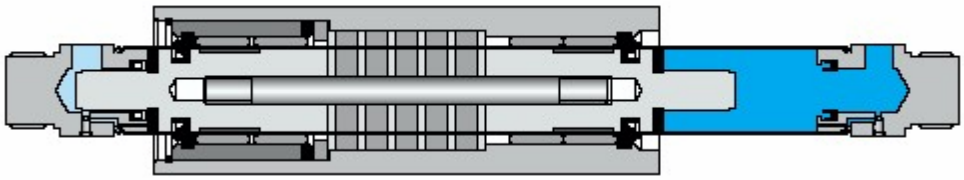


الشكل (3-7) أسطوانة بسير مانع للتسرب وماسورة مشقبة

Sealing band cylinder with slotted cylinder barrel

c-أسطوانة بمنزلقة وقارنة مغنطيسية Cylinder with magnetically coupled slide :

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



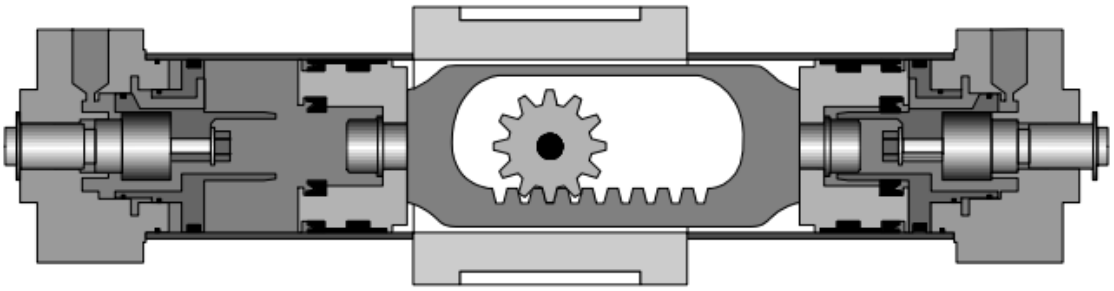
الشكل (8-3) أسطوانة ذات قارنة مغناطيسيةمنزلقة

Cylinder with magnetically coupled slide

ثانيا : الحركات الدورانية :

1- الاسطوانات الدوّارة :

يمتلك ذراع المكبس أسنانا على شكل جريدة مسنّنة ، تتصل مع مسنن دوراني ، حيث تتحول الحركة الخطية إلى حركة دورانية. ويكون العزم مرتيطا بالضغط، وعلى مساحة المكبس ، وعلى نسبة نقل المسننات ، ويمكن الحصول على قيم أعلى من N.m150



2- المشغلات الدورانية

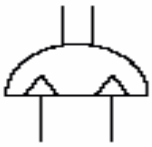
عن طريق المشغلات الدورانية يتم نقل القوة بشكل مباشر إلى العمود القائد عن طريق شفرات . تكون الازاحة الزاوية لانهائية (من 0° إلى 180° وقيمة العزم لاتتجاوز N.m10

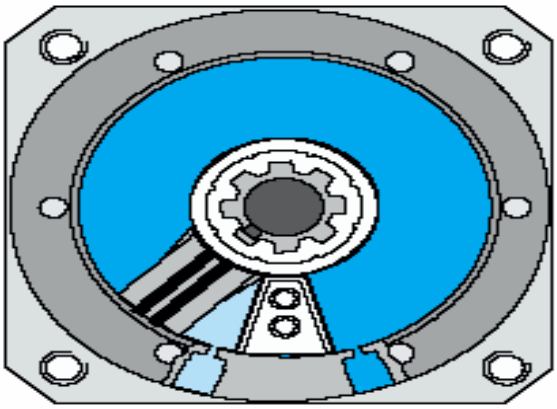
Rotary actuator

a–الأسطوانة الدوارة والمتراوحة القائدة :

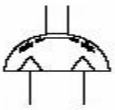
(Rotary cylinders and Swivel drive)

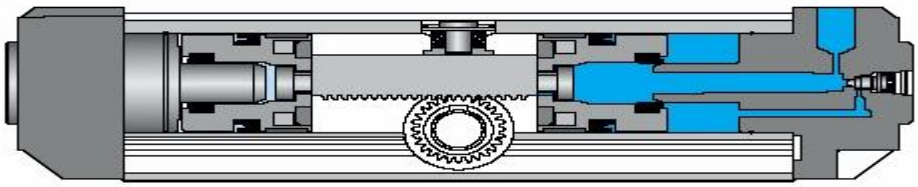
تقوم المحركات الهوائية بتحويل طاقة الموائع إلى حركة دورانية . تنتج تلك الأسطوانات عزم زاوي في كلا الاتجاهين . تنقسم المحركات الهوائية دائرية الحركة إلى محركات محدودة الحركة (التذبذبية أو الترددية) وأخرى مستمرة الحركة . الشكلين (3 -9) و (3 -10) .





الشكل (3-9) المقود المتراوح (Swivel drive)





الشكل (3-10) الأسطوانة الدوارة (Rotary cylinder)

المحركات الهوائية :

هي الأجهزة التي تحوّل الطاقة الهوائية إلى طاقة حركية ميكانيكية دوّارة، مع إمكانية الحركة المستمرة. يحتوي المحرك الهوائي على زاوية دوران غير محدودة

وأصبح أكثر عناصر العمل استخداما ضمن مجال الهواء مضغوط.

تنقسم المحركات الهوائية حسب تصميمها إلى:

- محركات ذات مكابس
- محركات ذات مراوح منزلقة .
- محركات ذات مسننات
- محركات توربينية

المحركات المكبسية :

ينقسم نوع تصميمه أيضًا إلى محركات مكبسية قطرية ومحورية. يتم تشغيل عمود المرفق للمحرك بواسطة الهواء المضغوط عبر المكابس الترددية وأذرع التوصيل.

من أجل ضمان التشغيل السلس تستخدم عدة مكابس. قوة المحرك تعتمد على

ضغط الدخل ، وعلى عدد المكابس، و مساحة المكبس، وطول الشوط وسرعة المكبس.

مبدأ عمل المحركات المكبسية المحورية مشابه لمبدأ عمل المحركات المكبسية القطرية. يتم تحويل القوة الناتجة عن 5 أسطوانات مرتبة محوريًا إلى حركة

دوّارة عبر صفيحة ذات حركة متقطعة. يتم ارسال الهواء المضغوط إلى مكبسين في وقت واحد، مما يؤمّن عزم دوران متوازن وسلس لتشغيل المحرك.

تؤمّن المحركات الهوائية حركات دورانية في اتجاه عقارب الساعة أو عكس اتجاه عقارب الساعة . عدد الدورات العظمى حوالي 5000 دورة في الدقيقة، مجال الاستطاعة (1.5 - 19)كيلو واط (2 - 25 حصان).

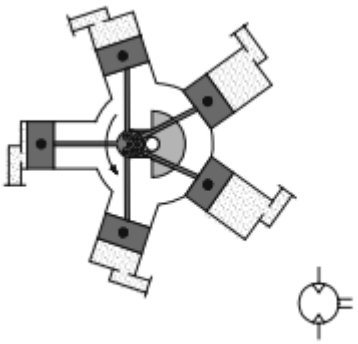
محركات ذات مراوح منزلقة :

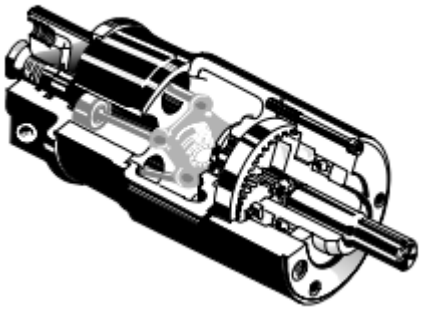
تصميمها بسيط ووزنها المنخفض ،

تحتوي هذه المحركات قلب دوّار لامركزي. وريش دوارة منزلقة

يتم ترتيب الفتحات في الدوار. يتم توجيه الدوارات في فتحات الدوار ودفعه للخارج على الجدار الداخلي للأسطوانة بقوة ثلاثية السن. مع تصميمات أخرى، يتم تحريك الدوارات عبر النوابض. هذا يضمن أن الغرف الفردية مغلقة .

سرعة القلب الدوار هي بين 3000 و 8500 دورة في الدقيقة. هنا أيضًا امكانية الدوران في اتجاه عقارب الساعة أو عكس اتجاه عقارب الساعة مجال الطاقة 0.1 - 17 كيلو واط (0.14 - 24 حصان).





المحركات ذات المسننات :

في هذا التصميم، يتم إنشاء عزم الدوران عن طريق ضغط الهواء على بروفيلات الأسنان المتعشقة.

يمكن استخدام المسننات المستقيمة أو الحلزونية .

تُستخدم محركات التروس هذه في التطبيقات ذات الاستطاعة العالية جدًا مجال الطاقة (يصل إلى 44 كيلو واط/60 حصان). اتجاه الدوران يمكن عكسه أيضًا لهذه المحركات.

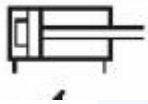
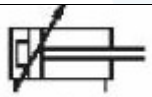
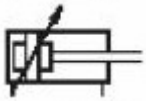
المحركات التوربينية :

عزم دوران منخفض ، مجال السرعة عال جدا (عدد دورات ريشة الثقب لكرسي طبيب الأسنان تصل إلى 500.000دورة في الدقيقة)

تطوير تصميم الاسطوانات :

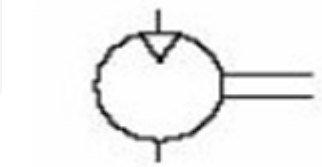
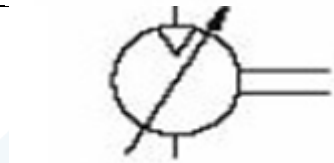
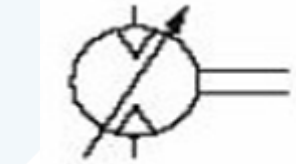
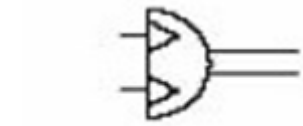
- متطلبات وجود حساسات غير تلامسية ،هنا يستخدم مغناطيس على المكبس من أجل مفتاح الريشة .
- امكانية ايقاف الحمولات الثقيلة .
- استخدام اسطوانات بدون مكابس ،عند فضاءات عمل محدودة .
- امكانية التصنيع من مواد أخرى مثل البلاستيك .
- مقاومة تأثيرات الوسط المحيط مثال مقاومة الحموض .
- زيادة استطاعة التحميل .
- التطبيقات الروبوتية ،مثال تطبيقات الأذرع في عمليات الخلخلة .

5-5 – رموز الأسطوانات النيوماتية حسب النظام العالمي للمقاييس (ISO) :

	- اسطوانة أحادية التأثير
	اسطوانة ثنائية التأثير
	اسطوانة ثنائية التأثير بذراعي دفع
	اسطوانة ثنائية التأثير بتخميد ثابت عند الرجوع
	اسطوانة ثنائية التأثير بتخميد قابل للمعايرة عند الرجوع
	اسطوانة ثنائية التأثير بتخميد قابل للمعايرة عند التقدم والرجوع
	- أسطوانة ثنائية الفعل ذات قارنة مغناطيسية

الشكل (3-11) رموز الأسطوانات الهوائية

6-5 – رموز المحركات الهوائية حسب لنظام العالمي للمقاييس (ISO) :

محرك هوائي يدور في اتجاه واحد	
محرك هوائي متغير التدفق يدور في اتجاه واحد	
محرك هوائي متغير التدفق وباتجاهين	
- أسطوانة هوائية دوارة	

الشكل (3 -12) رموز المحركات الهوائية

الفصل الرابع

الصمامات الهوائية

يحتوي هذا الفصل على :

1- وصف وتركيب وكيفية عمل صمامات التحكم التوجيهية .

2- التعرف على صمامات التحكم التوجيهية ذات الوضعين وثلاث أوضاع والفتحتين والثلاث والأربع والخمس فتحات .

3- التعرف على الرموز لمختلف صمامات التحكم التوجيهية وصمامات الضغط وصمامات التحكم بالتدفق .

4- وصف وظيفة وتركيب وكيفية عمل صمامات الضغط .

5- شرح طرق تشغيل الصمامات المختلفة : اليدوية والميكانيكية والدليلية .

6- وصف وظيفة وتركيب وكيفية عمل صمامات التحكم بالتدفق .

4- 1- مقدمة :

أحد أهم الاعتبارات في نظام التحكم الهوائي هو التحكم في مسار وحركة الهواء المضغوط في جميع عناصر النظام . إذا لم يتم اختيار عناصر التحكم المناسبة فإن النظام ككل لن يعمل بالصورة المطلوبة .يتم غالباً 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 .

هناك ثلاثة أنواع أساسية من الصمامات وهي :

1- صمامات التحكم التوجيهية : تحدد المسار الذي سيمرّ به الهواء .

2- صمامات الضغط : تتحكّم بالضغط لحماية النظام .

3- صمامات التحكم بالتدفق : تتحكم بمعدّل التدفق في خط معين حسب المطلوب .

2-4 – صمامات التحكم التوجيهية (Directional control valves) :

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 تبعاً :

* وفق عدد الفتحات التي يحتوي عليها (التوصيلات) (Number of ports or openings)

: فتحتين (2) . ثلاث فتحات ....

* وفق عدد أوضاع التشغيل (Number of positions) : وضعين (2) . 3 أوضاع * لطريقة تشغيله (Method of actuation) : تشغيل يدوي . تشغيل ميكانيكي . تشغيل هوائي ، تشغيل كهربي ....

* وفق طريقة رجوع أجزائه لوضعها العادي (Methods of return actuation) : رجوع عن طريق النابض . رجوع بالهواء ...

الشكل (1-4) يعرض طريقة تطوير رموز الصمامات التوجيهية . يرمز لكل صمام توجيهي بمستطيل مقسم إلى عدة مربعات تمثل عدد أوضاع التشغيل . كل مربع يمثل وضع تشغيل معين ويحدد 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 الهوائية المستخدمة في الدائرة النيوماتية بالوصلات الخاصة بالمربع الذي يمثل الوضع العادي للصمام (غير المشغّل) .يرمز للفتحات المغلقة بحرف T .

الوضع العادي Normal position : هو وضع الصمام قبل وصله بالدائرة الهوائية.

الوضع الابتدائي Initial position : هو وضع الصمام بعد تركيبه في الدائرة الهوائية وفتح الهواء المضغوط الرئيسي للنظام وقبل بداية تشغيل الدائرة . سوف نستخدم الرقمي عوضاً عن النظام الحرفي . انظر الجدول المبين في الشكل (6-2) لمقارنة بين النظامين الرقمي والحرفي . يشار إلى جميع التوصيلات بأرقام كما هو مبين في الأمثلة الموضحة في الشكل (6-3) .

أمثلة للتسمية المتبعة:

* صمام تحكم توجيهي له ثلاث منافذ ووضعي تشغيل : 3/ 2 – way valve

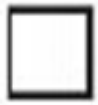
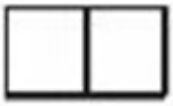
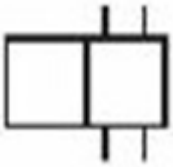
.* صمام توجيهي له أربع منافذ ووضعي تشغيل : 4 / 2 – way valve .

* صمام توجيهي له خمسة منافذ وثلاث أوضاع تشغيل : 5 / 3 – way valve

.تنقسم الصمامات التوجيهية حسب تصميمها إلى :

a- صمامات توجيهية قفازة Poppet Valves : تفتح وتغلق فتحات الصمامات القفازة بواسطة كراب ، أقراص ، صفائح أو مخروطات . عدد القطع المعرضة للتلف في هذه الصمامات قليل . ولذلك يمكن استعمالها لمدة طويلة ولكنها تحتاج إلى قوة تشغيل عالية لمقاومة ضغط الهواء الداخلي و قوة النابض المركّب داخلها .

b- الصمامات التوجيهية المنزلقة Sliding Valves : تفتح وتغلق فتحات الصمامات المنزلقة بواسطة (spool) أو مزلاق مسطح (flat slide) . تختلف صمامات التحكم التوجيهية القفازة عن الصمامات الانزلاقية 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 وضعاً 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 ومخارج الهواء) بخطوط خارج المربع

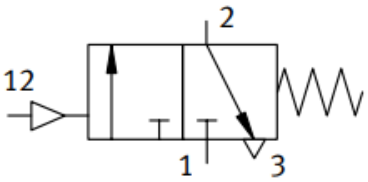
الشكل (4-1) الرموز التوضيحية للصمامات التوجيهية

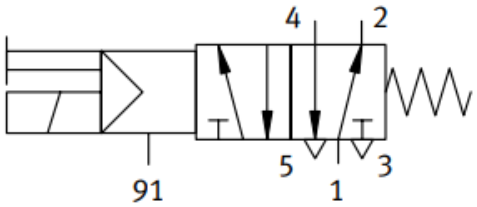
ترميز خطوط التشغيل وخطوط التحكم وفق النظامين الحرفي والرقمي :

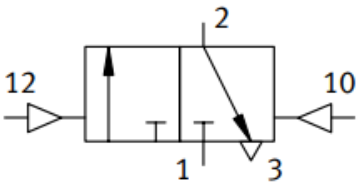
خطوط التشغيل	1	p	فتحة الضغط
	4.2	A , B	خطوط التشغيل
	5.3	R , S	فتحات التصريف
خطوط التحكم	**10**	Z	الإشارة المطبقة تمنع التدفق من الفتحة 1 إلى الفتحة 2
	12	Y, Z	الإشارة المطبقة تربط الفتحة 1 مع الفتحة 2
	14	Z	الإشارة المطبقة تربط الفتحة 1 مع الفتحة 4
	91.81	Pz	إشارة تحكم إضافية

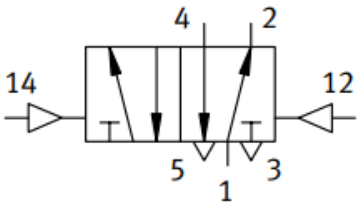
الشكل (4 -2) مقارنة بين النظام الرقمي والنظام الحرفي لتوصيف الصمامات الاتجاهية

Port designations









توصيف العناصر :

نظام الأرقام :

- يبدأ من الرقم 1

- يستخدم عنما تكون دارة التشغيل مؤلفة من أكثر من نظام .

أرقام الدارة:

- عناصر تزويد الطاقة ، والملحقات 0

- دارة الهواء ، أرقام العناصر حسب الاسطوانات 1،2.....

تصميم العناصر: عن طريق الأرقام

- عناصر العمل A

- الضواغط P

- الحساسات S

-الصمامات V

- عناصر اضافية Z

أرقام العناصر :

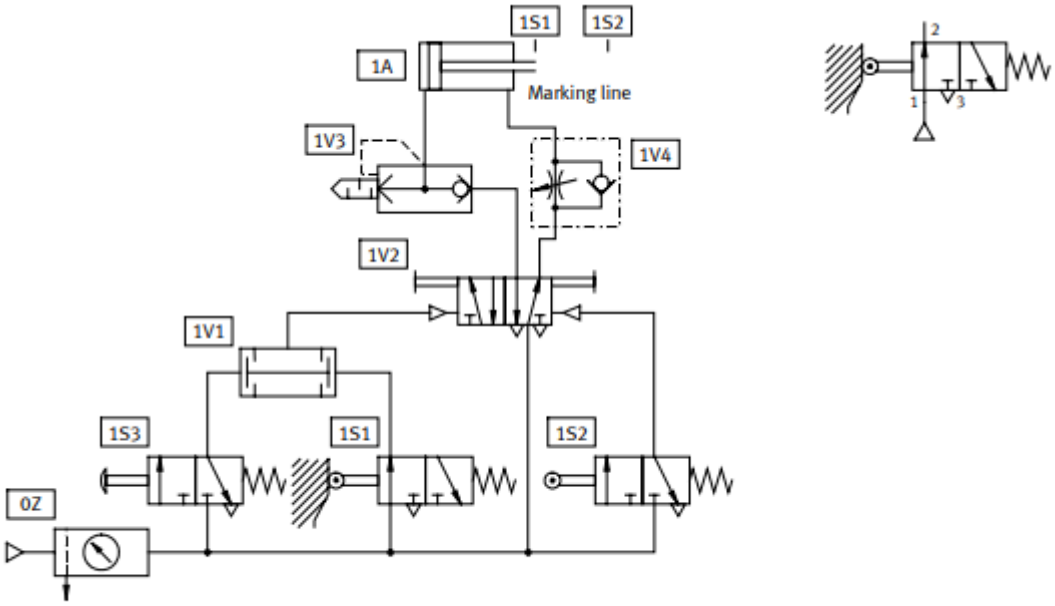
- تبدأ من الرقم 1

- نستمر بالترقيم لنفس النوع من العناصر

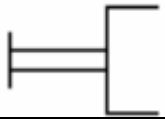
يبدأ الترقيم من اليسار إلى اليمين ، ومن الأسفل إلى الأعلى .

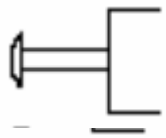
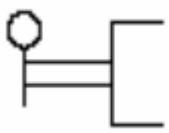
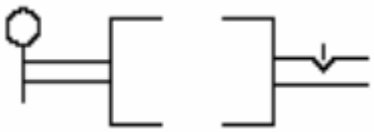
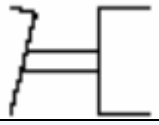
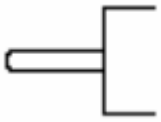
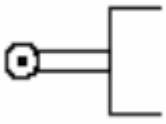
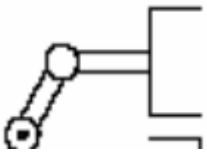
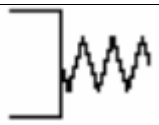
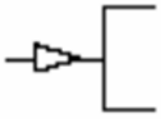
عناصر الدخل المفعّلة :

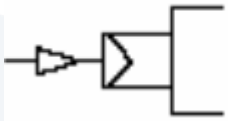
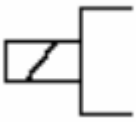
يتم تعريفها العناصر المفعّلة بواسطة الكامات .



الشكل (4 -3) 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 بنابض	
- رجوع بنابض من الجانبين	
تشغيل هوائي	
إشارة هوائية مباشرة	

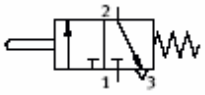
إشارة هوائية غير مباشرة	
تشغيل كهربائي	
تشغيل بملف كهربائي	
- تشغيل بملفين كهربائيين	
تشغيل مركّب	
- تشغيل غير مباشر بملفين كهربائيين مع قطع يدوي	

الشكل (4 -4) عناصر تشغيل الصمامات

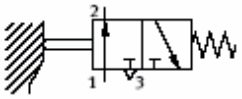
4 – 2 -1 - صمام توجيهي 2 /2 (2/2 – way valve) : يحتوي الصمام التوجيهي2 / 2على فتحتين ووضعي تشغيل (مفتوح . مغلق) يستعمل نادراً كصمام فتح وإغلق (on – off valve) فقط . حيث أنه يسمح لعبور الإشارة النيوماتية (الهواء المضغوط) دون السماح بصرف للهواء عندما يكون في وضع الإغلاق . وهو عادة من نوع الصمامات القفازة ذات القاعدة الكروية (Ball seat) ويشغّل يدوياً أو ميكانيكاً أو نيوماتياً .

4-2-2 – صمام توجيهي 2/3 (3/2 – way valve) (الشكل 4-5) :

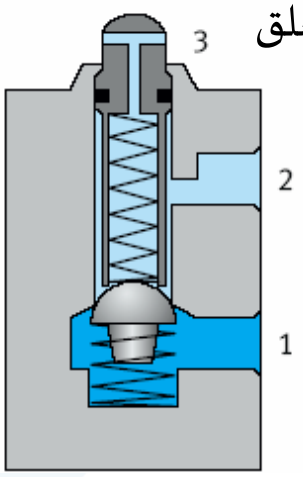
يحتوي الصمام التوجيهي 2/3 على 3 فتحات ووضعي تشغيل . إضافة فتحة التصريف 3 تساعد على إلغاء الإشارة الناتجة عن عبور الهواء المضغوط خلال الصمام . يوصل الصمام في وضعه الابتدائي إشارة الخروج 2 إلى توصيلة التصريف ثم إلى الهواء المطلق . يدفع النابض الكرة ضد قاعدة الصمام مانعاً الهواء المضغوط من العبور من توصيلة الهواء 1 إلى خط التشغيل 2 . عند تشغيل مكبس الصمام تدفع الكرة بعيدة عن القاعدة . بهذا يجب التغلب على مقاومة قوة النابض والقوة الناشئة عن الهواء المضغوط . عند وضع التشغيل . توصل الفتحتين 1 و 2 ويصبح الصمام مفتوحاً لتدفق الهواء المضغوط . يشغل الصمام يدوياً أو ميكانيكاً ويستعمل للتحكم في الأسطوانة أحادية التأثير .

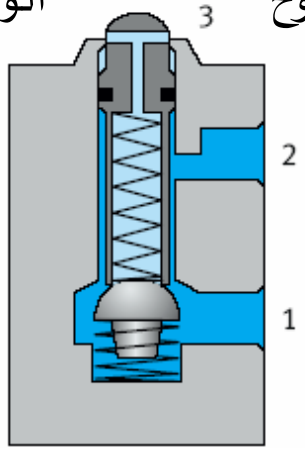


الوضع العادي : مغلق



وضع التشغيل : مفتوح



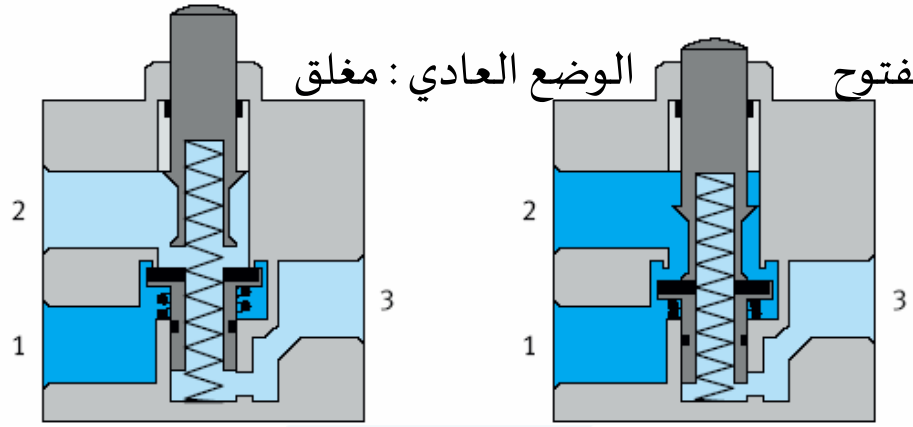


الشكل (4-5) صمام اتجاهي 2/3 : قاعدة بمحمل كروي ، مغلق في الوضع العادي

يبين الشكل (6-4) صماماً توجيهياً 3 /2 ذا قاعدة قرصية (Disc seat) . طريقة منع التسرب بسيطة لكنها فعالة . زمن استجابة الصمام صغيرة وحركة صغيرة تؤدي إلى وفرة مساحة كبيرة لتدفق الهواء. هذا النوع من الصمامات غير حساس للأوساخ لذا تكون خدمته لمدة طويلة .

تستعمل الصمامات 3 /2 للتحكم في الأسطوانات أحادية التأثير أو إعطاء إشارات لعناصر تحكم .

وضع التشغيل : مفتوح الوضع العادي : مغلق

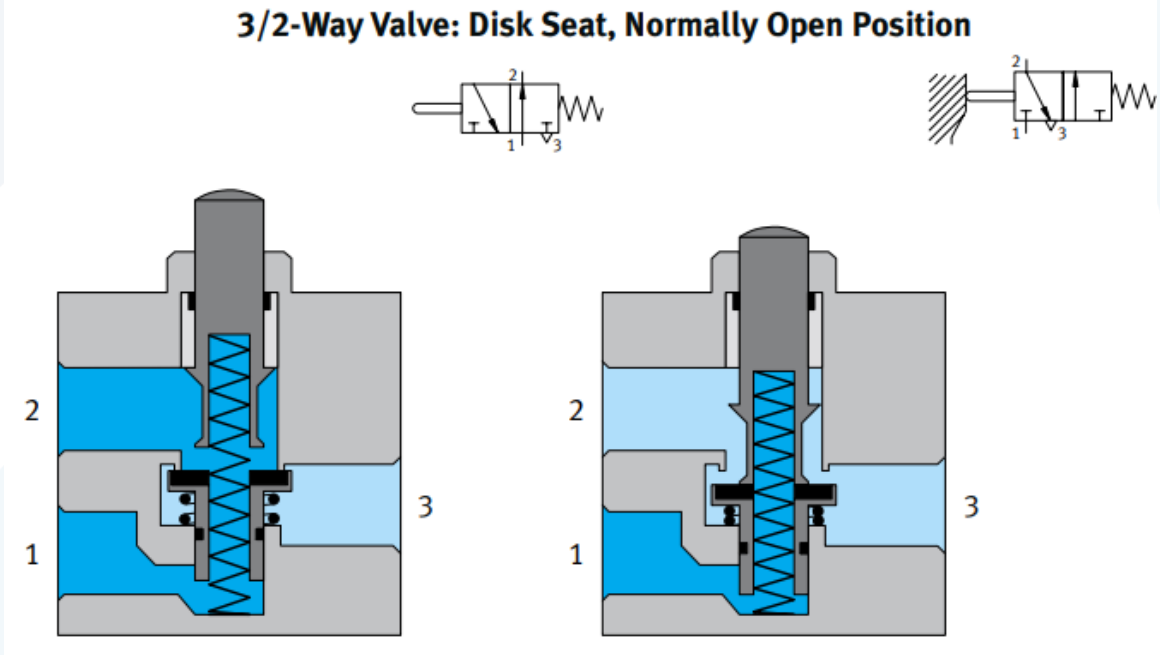


الشكل (6-4) صمام اتجاهي 3 /2 قاعدة قرصية ، مغلق في الوضع العادي

3 /2 – way Valve : Disc Seat . Normally Closed Position

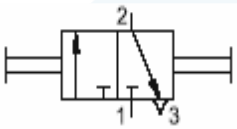
يسمح الصمام 3 /2 المفتوح في وضعه العادي لتدفق الهواء المضغوط بين فتحتيه 1 و 2 صماماً مفتوحاً في الوضع العادي . يبين الشكل (4 -7) صماماً توجيهياً 3 /2 مفتوحاً في الوضع العادي .

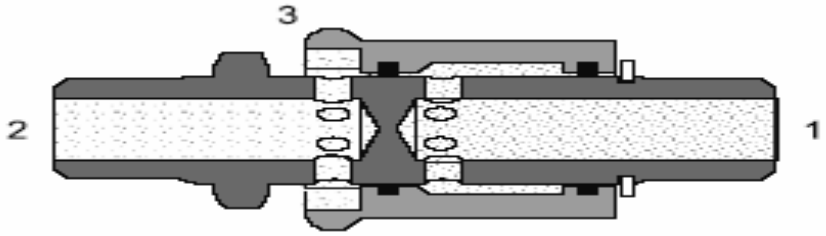
في البداية تكون الفتحة 1 متصلة بفتحة 2 من خلال الصمام وقاعدة القرص مغلقة عند فتحة 3 . عند التأثير على الخابور يدفع القرص إلى أسفل لفتح 3 وتصريف الهواء من فتحة 2 إلى 3 على الهواء المطلق وفي نفس الوقت تفصل الفتحة 1 عن 2 . إطلاق الخابور يتسبب في رجوع جلبة قاعدة الصمام إلى وضعها الأصلي من خلال نابض الضغط . مرة أخرى تغلق فتحة 3 و يفتح الهواء من 1 إلى 2 . يمكن تشغيل الصمام يدوياً ، ميكانيكياً ، كهربياً أو نيوماتياً حسب التطبيقات . تستعمل الصمام التوجيهي 3 /2 المفتوح في الوضع العادي للتحكم في الأسطوانات وحيدة التأثير عند لزوم امتداد ذراع مكبس الأسطوانة لفترة طويلة .



الشكل (4-7) صمام اتجاهي 3 /2 قاعدة قرصية ، مفتوح في الوضع العادي

يبين الشكل (4-8) صماماً توجيهياً منزلق يدوياً وهو بسيط التركيب . يشغّل الصمام عند الضغط على دافع المكبس المتحرك طولياً . يستعمل هذا الصمام كصمام إيقاف(shut – off valve) لضغط أو تصريف نظم وعناصر التحكم .

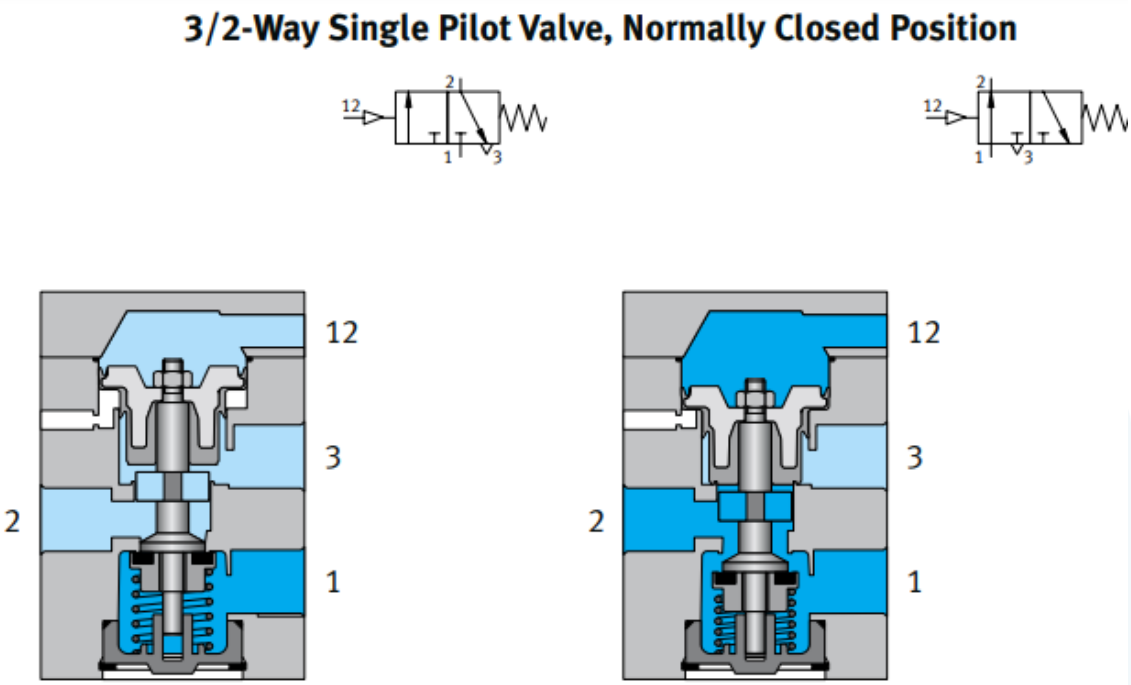




الشكل (4 -8) صمام اتجاهي 3 /2 : منزلق يدوياً ، مغلق في الوضع العادي

3 /2 – way Valve : Hand Slide K Normally

يبين الشكل (4-9) صماماً توجيهياً 3 /2 بإشارة تحكم دليلية. يتم تشغيل الصمام بإشارة نيوماتية في فتحة 12 . يقوم ضغط الهواء بدفع كل من مكبس التحكم وقرص الصمام عكس النابض الضاغط . هنا ينفتح الصمام وتتصل فتحة 1 بفتحة 2 . عند رفع الإشارة من فتحة 12 يدفع النابض الضاغط مكبس الصمام لكي يرجع إلى وضعه العادي . هنا يغلق القرص التوصيلة بين 1 و 2 . يفرغ هواء خط التشغيل 2 من خلال الفتحة 3 . يصمم هذا النوع من الصمامات مغلقاً في الوضع العادي أو مفتوحاً في الوضع العادي .



الشكل (4 -9) صمام اتجاهي 3 /2 تحكم دليلي مغلق في الوضع العادي

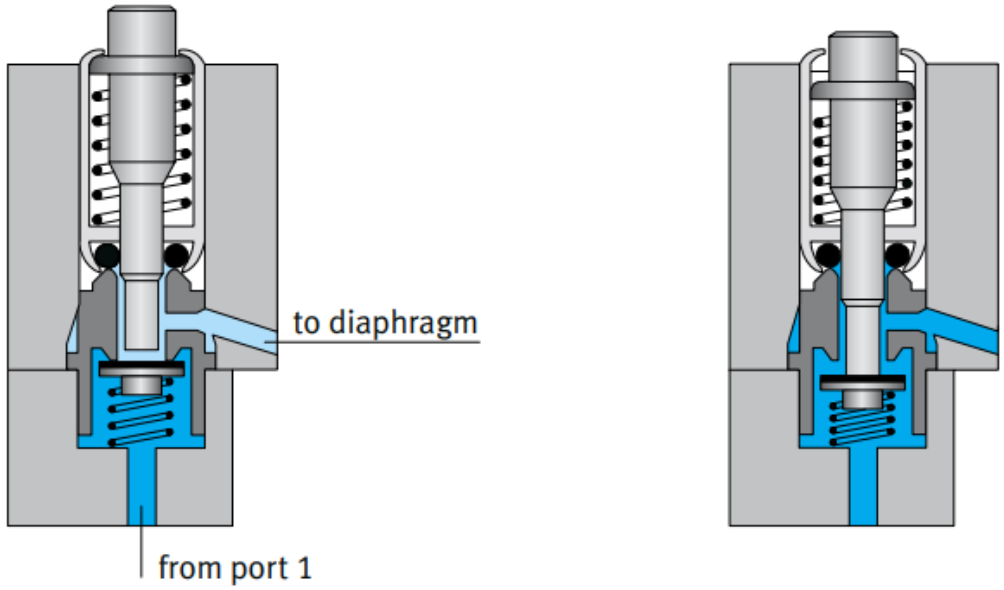
Single Pilot ,Normally 3 /2 – way Valve

4- 2 – 3 التشغيل بواسطة صمام ذو تحكم دليلي (الشكل 4-10) :

يستخدم التحكم الدليلي عندما يراد تخفيض قوة التشغيل .وتوفير القوى المطلوبة للتغلب على قوة النابض وضغط الهواء المعاكس عند تشغيل الصمام، 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 الدليلي . فهي تستخدم لتتحكم بصمامات أخرى والأخيرة هي التي تتحكم في عناصر النظام الأساسية .يوصل منفذ صغير القطر فتحة تشغيل الصمام الرئيسي بمخرج صمام التحكم

الدليلي. عند دفع خابور الصمام الدليلي يتدفق الهواء المضغوط فوق غشاء مركب على مكبس الصمام الرئيسي ليشغل هذا الأخير .

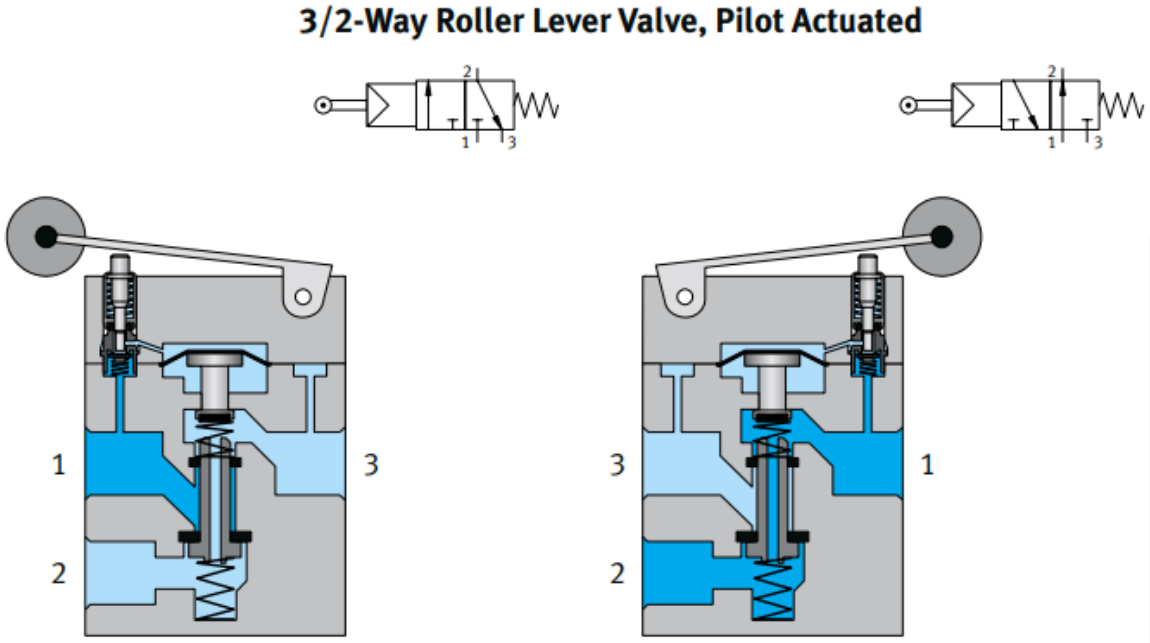
Pilot Control



الشكل (4-10) التحكم الدليلي (Pilot Control)

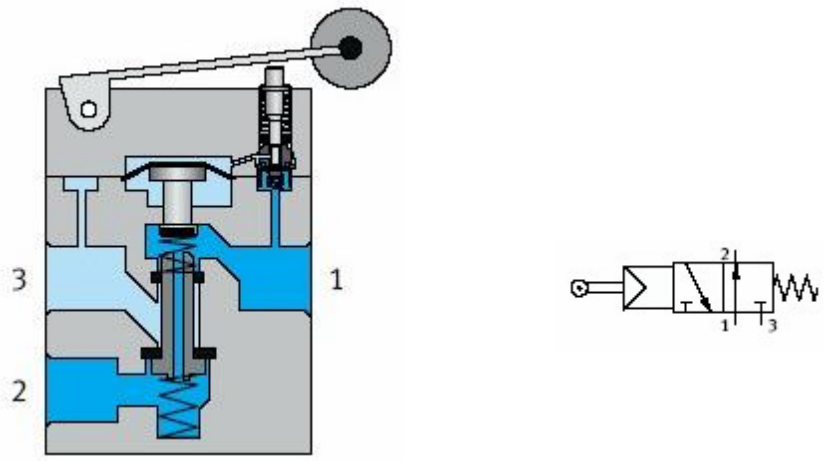
يبين الشكل (4-10) صماماً توجيهياً 3 /2 يعمل برافعة العجلة ، سابق التحكم مغلق في الوضع العادي . يشغل الصمام عند الضغط على العجلة بواسطة كامة أو دفع بواسطة جسم أو قوة أخرى . يدفع الهواء المضغوط الغشاء ويشغل قرص الصمام الرئيسي . يتسبب ذلك في غلق التوصيلة بين فتحة 2 وفتحة 3 و فتح القرص الثاني ليتم التوصيل بين الفتحتين 1 و 2 . عند رفع الضغط عن العجلة يغلق الصمام سابق التحكم مانعاً دخول الهواء إلى الغشاء . ترجع جلبة الصمام ومكبس الصمام مع الغشاء إلى وضعيهما العادي تحت تأثير ضغط النابض. قارن بين الشكلين (4-11 و

12-4) يوضحان الفرق بين الصمام التوجيهي 3 /2 المغلق في الوضع العادي والآخر المفتوح في الوضع العادي .



الشكل (4 -11) صمام اتجاهي 3 /2 برافعة العجلة ، تحكم دليلي مغلق في الوضع العادي

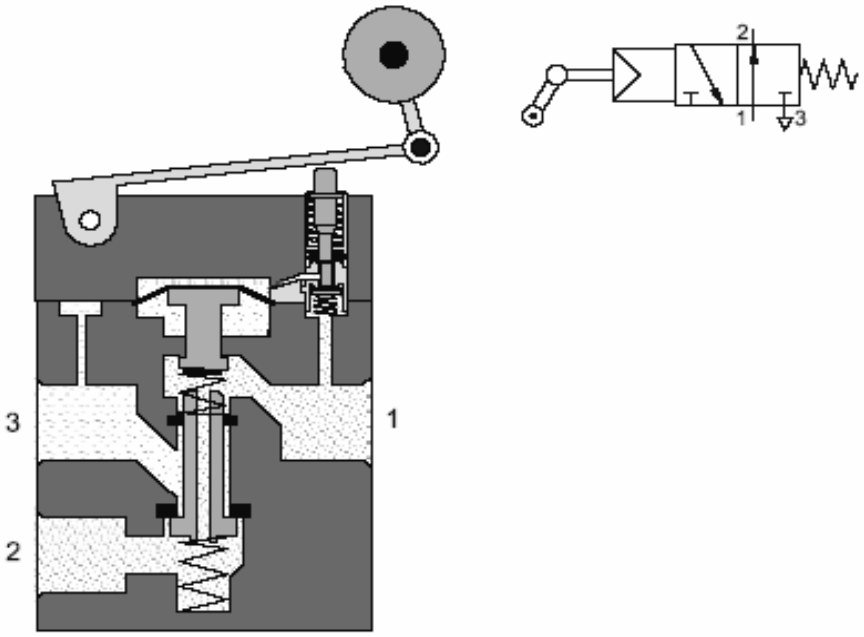
3/2 – way Roller Lever Valve K Pilot Operated ,Normally Closed



الشكل (4-12) صمام اتجاهي 3 /2 برافعة العجلة ، تحكم دليلي ، مفتوح في الوضع العادي

3 /2 – way Roller Lever Valve , Pilot Operated , Normally Open

يبين الشكل (4 -13) صماماً توجيهياً 3 /2 برافعة العجلة مع رجوع خامل ، تحكم دليلي ومفتوح في الوضع العادي . يشغّل الصمام عند مرور المكبس في اتجاه واحد فقط على رافعة بعجلة . يستعمل الصمام من أجل كشف تقدم أو رجوع مكبس أسطوانة . يجب التأكد من تركيب الصمام في اتجاه الحركة الصحيحة . يتوفر هذا الصمام من النوع المغلق في الوضع العادي أو المفتوح في الوضع العادي .

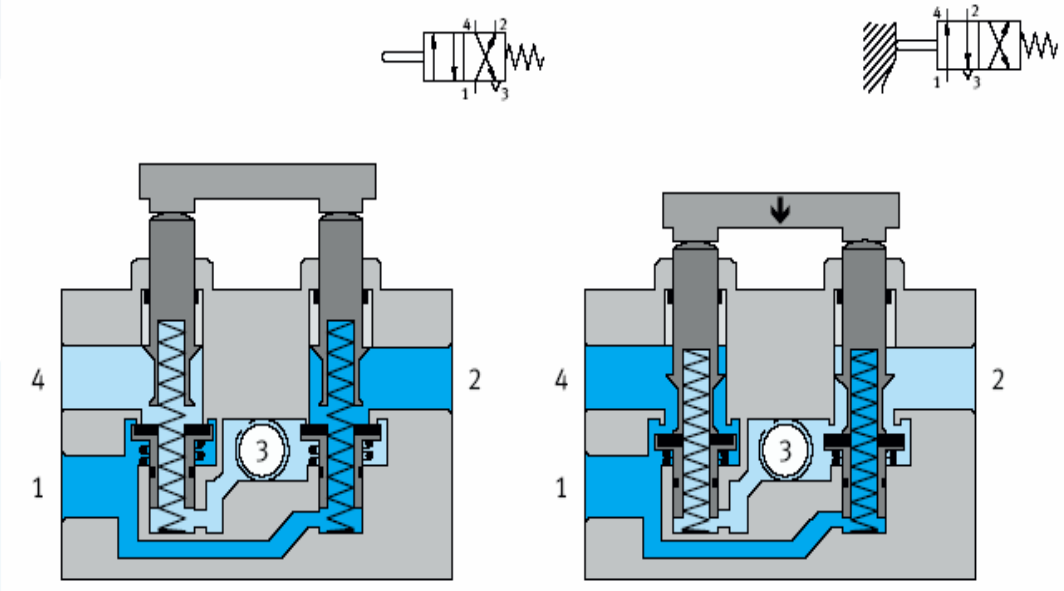


الشكل (4 -13) صمام توجيهي 3 /2 ذو رافعة بعجلة مع رجوع خامل تحكم دليلي مفتوح في الوضع العادي

4 – 2 – 4 صمام التحكم التوجيهي 4 /2 :

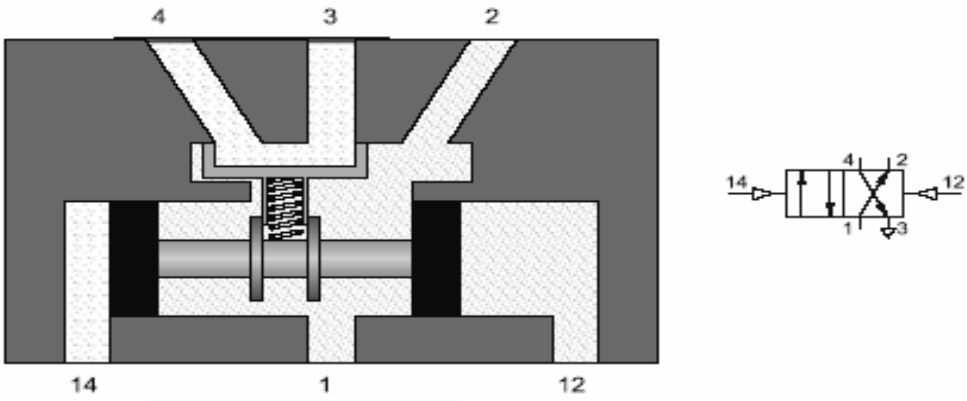
يحتوي الصمام التوجيهي 4 /2 على أربع فتحات (مدخلين ومخرجين) ووضعي تشغيل ويستعمل للتحكم في الأسطوانة ثنائية التأثير . يبين الشكل (4-14) صماماً توجيهياً 4 /2 بقاعدة . في الشكل الموضح وعند الوضع العادي يكون المنفذ واحد موصول بـ 2 والمنفذ 4 موصول بـ 3 . عند تشغيل الصمام يتم تبديل توصيل المداخل والمنافذ بحيث يوصل 1 بـ 4 ويوصل 2 بـ 3 .لاحظ أن المنفذ 3 متعامد على سطح الصفحة . عند تحرير الضغط عن الخابورين يعود الصمام إلى وضعه العادي بواسطة النابض .

يشغّل الصمام التوجيهي 4 /2 بطرق متعددة : زر يدوي إشارة هوائية واحدة . إشارتين هوائيتين ، رافعة بعجلة ، مزلاق مسطح .



الشكل (4 -14) صمام اتجاهي 4 /2 مقعد قرصي

يبين الشكل (4-15) صماماً توجيهياً 4 /2 بمزلاق مسطح ويعمل بالهواء المضغوط . تصميم هذا الصمام بسيط جداً ويمكن التعرف على طريقة عمله بمجرد النظر إلى الشكل . ليس للصمام 4 /2 وضع عادي كما هو الحال في الصمامات 3 /2 . يعمل الصمام بإشارة هوائية مباشرة . عند فصل الهواء المضغوط عن فتحتي التحكم (12 و 14) يبقى مكبس الصمام ثابتاً في وضعه إلى أن يستقبل إشارة من أحد الفتحتين فتحركه في الاتجاه الآخر لها ومن ثم تتغير مسارات الهواء وفقاً لذلك .



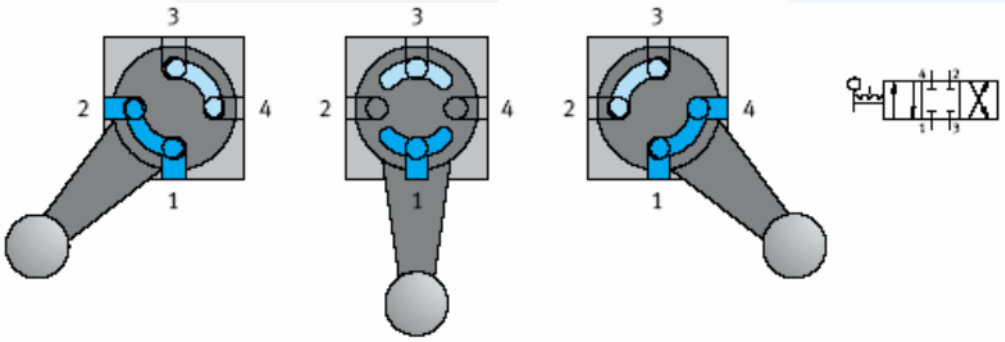
الشكل (4 -15) صمام اتجاهي 2 /4 يعمل بإشارتين هوائيتين ومزلاق مسطح

4 /2 – way Double Pilot Valve , Longitudinal Flat Slide

4 – 2 -5 – صمام التحكم التوجيهي 4 /3 :

يبين الشكل (4 -16) صماماً توجيهياً 4 /3 يحتوي على أربع فتحات وثلاثة أوضاع تشغيل وهو يعمل بمزلاق مسطح مع الوضع الأوسط مغلق . يختلف

هذا الصمام عن الصمام 4 /2 في كونه يشتمل على وضع ثالث أوسط يتم فيه غلق جميع المداخل والمنافذ ويشغل يدوياً عن طريق إدارة قرص يوصل ويفصل الفتحات حسب الوضع المختار .



الشكل (4 -16) صمام اتجاهي 4/ 3 يعمل بمزلاق مسطح

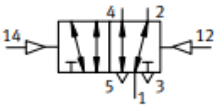
Mid – Position Closed 4 /3 – way Plate Slide Valve

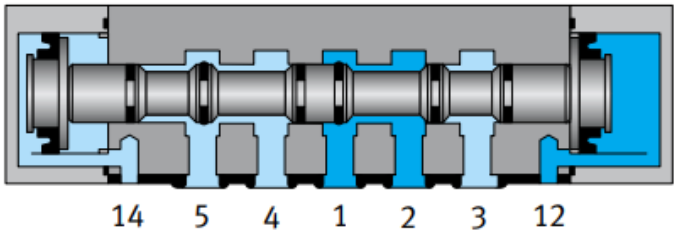
4 – 2 – 6 – الصمام التوجيهي 5 / 2 :

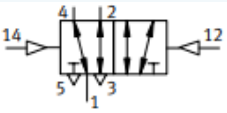
يحتوي الصمام التوجيهي 5 /2 على خمسة فتحات ووضعي تشغيل وهو يستعمل في التحكم في الأسطوانة ثنائية التأثير .

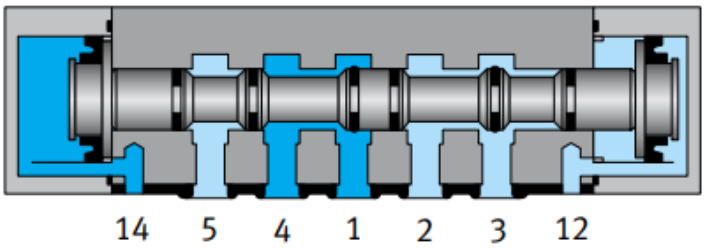
يمتلك الصمام وظيفة الذاكر ة. يبين الشكل (4 -17) صماماً توجيهياً 5 /2 يعمل بإشارتين هوائيتين وله مزلاق طولي . لا يحتاج الصمام إلا لدفعة ضغط صغيرة فقط لتشغيله وذلك لغياب المقاومة عن طريق هواء مضغوط أو نابض.

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









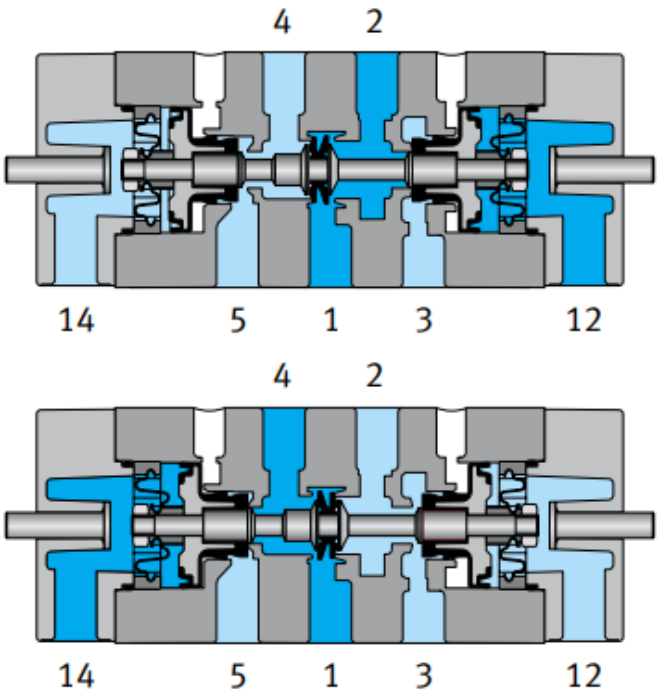
.

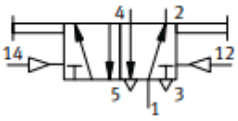
الشكل (4 -17) صمام اتجاهي 5 /2 يعمل بإشارتين هوائيتين ومزلاق طولي

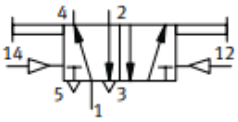
5/2 – way double Pilot Valve , Pneumatically Actuated, Both Sides

يبين الشكل (4-18) صماماً توجيهياً 5 /2 يعمل بإشارتين هوائيتين وقرص معلق مع تشغيل يدوي إضافي يستعمل هذا الصمام قرصاً معلقاً لمنع التسرب . يسمح القرص المعلق بتوصيل الفتحة 1 إلى الفتحة 2 أو 4 . يغلق مانعاً التسرب الثنائيان أي فتحة تصريف غير متطلبة . يتغير وضع الصمام مع تبديل الإشارة الهوائية بين الفتحتين 12 و 14 .

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







الشكل (4-18) صمام توجيهي 5 /2 يعمل بإشارتين هوائيتين وقرص معلق

5 /2 –way Double Pilot Valve , Suspended Sisk Seat

4- 2 – 7 – الصمام التوجيهي 5 /3 :

يحتوي الصمام التوجيهي 5 /3 على خمس فتحات وثلاثة أوضاع تشغيل.

الشكل(4 -19) ، وهو يستعمل في التحكم في الأسطوانة ثنائية التأثير .

يسمح هذا النوع من الصمام بإيقاف الأسطوانة ضمن مجال الشوط لمكبس الأسطوانة . يتم تشغيل الصمام كالتالي :

- توصيل الإشارة الهوائية لفتحة التحكم 12 يؤدي إلى تدفق الهواء من 1 إلى 2 .

- توصيل الإشارة الهوائية لفتحة التحكم 14 يؤدي إلى تدفق الهواء من 1 إلى 4 .

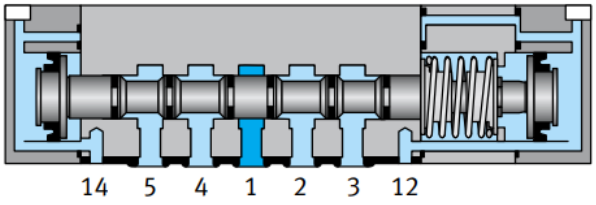
- في حالة غياب الإشارتين من فتحتي التحكم يتمركز مكبس الصمام في الوضع الوسطي بواسطة نابض الرجوع .

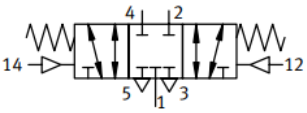
- عندما يكون الوضع الوسطي للصمام مغلقاً تتوقف الأسطوانة ضمن مجال شوط مكبس الأسطوانة .

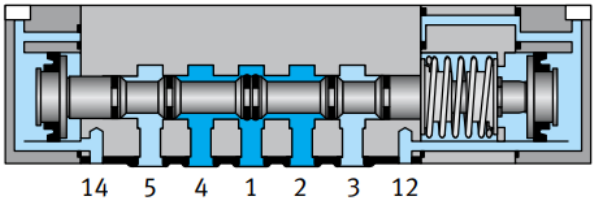
- عندما يكون الوضع الوسطي للصمام مضغوطاً تتقدم الأسطوانة باتجاه القوة المنخفضة .(نسبة المساحة ، مساحة المكبس / المساحة الحلقية للمكبس)

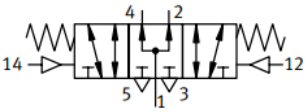
- عندما يكون وضع الصمام الأوسط مفرغاً يصبح مكبس الأسطوانة حر التحرك عند التأثير عليه بأية قوة خارجية .

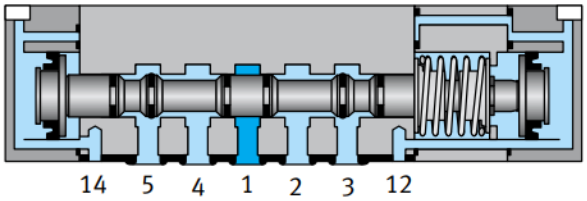
5/3-Way Valve, Pneumatically Actuated, Both Sides

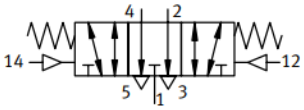












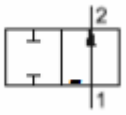
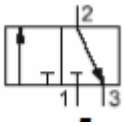
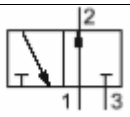
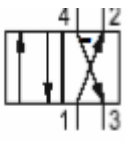
الشكل (5-19) صمام اتجاهي 3/ 5 يعمل بإشارتين هوائيتين من الجانبين

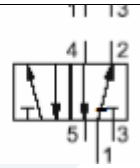
5/3 – way Valve , Pneumatically Actuated , Both Sides

رموزوتسمية الصمامات التوجيهية :

عدد أوضاع الصمام

عدد المنافذ (الفتحات)

	صمام توجيهي 2/ 2 مفتوح في الوضع العادي
	صمام توجيهي 2/ 3 مغلق في الوضع العادي
	صمام توجيهي 2/ 3 مفتوح في الوضع العادي
	صمام توجيهي 2/ 4

	صمام توجيهي 5/ 2

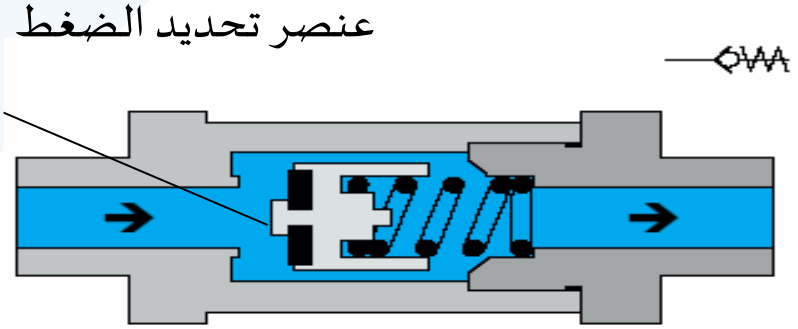
الشكل (4 -20) رموز الصمامات التوجيهية

4- 3- صمامات عدم الرجوع :

4 – 3 – 1 صمام عدم الرجوع Non-return Valve :

يقوم بحبس التيار في أحد الاتجاهات (الاتجاه العكسي) والسماح بتدفقه دون إعاقة في الاتجاه الآخر (اتجاه التدفق) (الشكل 4 -21) . تحت تأثير الضغط يتحرك عنصر تحديد الضغط في اتجاه التدفق (من 1 إلى 2) وعندما تتجاوز قوة الضغط قوة النابض يتحرك عنصر تحديد الضغط ويسمح بتدفق التيار . عند تأثير الضغط على عنصر تحديد الضغط في اتجاه الحبس (من 2 إلى 1) تتحد قوة الضغط مع قوة الزنبرك وتدفع عنصر تحديد الضغط على قاعدة الصمام وبهذا يبقى الصمام مغلقاً .

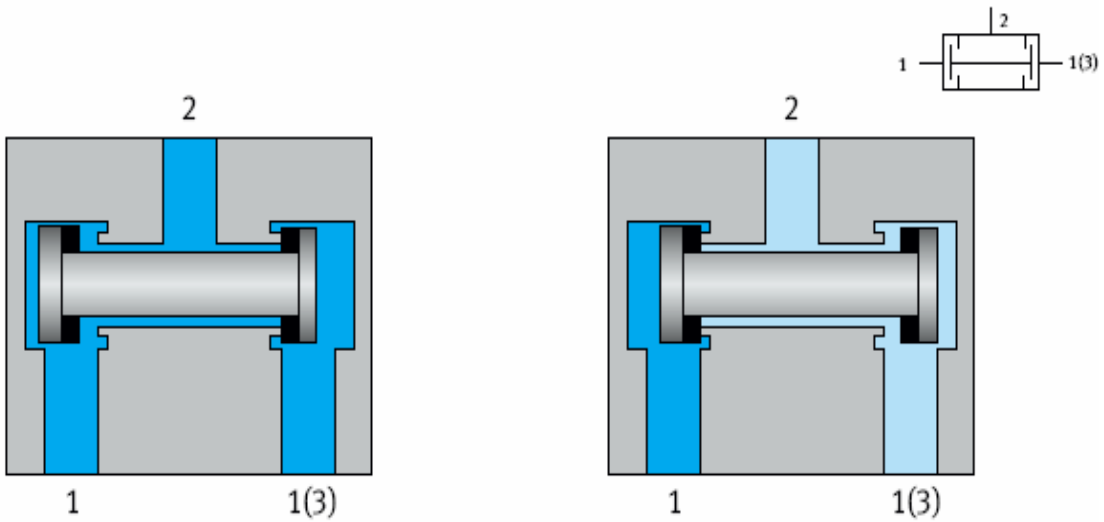
يأخذ عنصر تحديد الضغط أشكالا مختلفة : كرة ، مخروط ، صفيحة أو غشاء .



الشكل (4-21) صمام عدم رجوع بنابض Non – return Valve

6 – 3 – 2– صمام الجمع (بوابة و) Dual – pressure Valve (AND Function)

يحتوي على ثلاث فتحات منها مدخلين 1 و 1 (3) ومخرج 2 (الشكل 22-4) . عند تواجد إشارتين هوائيتين في كلا المدخلين في آن واحد يعبر تيار التدفق الصمام . وبالتالي لا يمكن الحصول على إشارة خرج إلا إذا توفّر إشارتي ادخل معاً . إشارة مفردة في مدخل 1 أو 1 (3) تحبس التدفق عند انزلاق مكبس الصمام إلى الاتجاه المعاكس . عند ورود اشارتين على المدخلين بفارق زمني بينهما ، تكون الاشارة الأخيرة هي اشارة الخرج . عند ورود اشارتين ذات ضغطين مختلفين على المدخلين. تغلق الإشارة الأكبر الصمام، وتكون الاشارة ذات الضغط المنخفض هي اشارة الخرج .

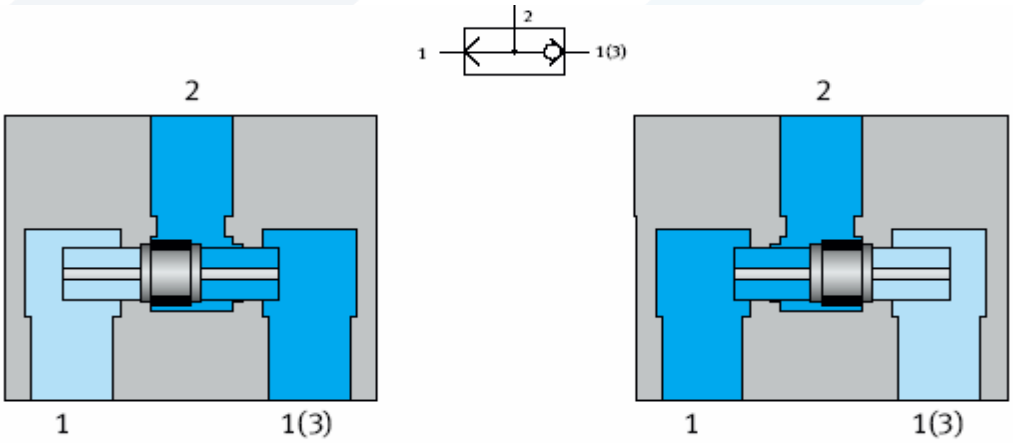


الشكل (4 -22) صمام الجمع (بوابة و) Dual – pressure Valve (AND Function)

4-3 – 3 صمام ترددي (بوابة أو) (الشكل 4 -23)

يمكن من تشغيل الآلات بناء على أي إشارتين مختلفتي المصدر حسب الرغبة . يحتوي الصمام على ثلاث فتحات منها مدخلين 1 و 1 (3) ومخرج 2 . عند تدفق الهواء من كلا المدخلين 1 أو 1 (3) يندفع المنزلق تحت تأثير الهواء المضغوط وتغلق بلك التوصيلة المقابلة ويتدفق الهواء من المخرج 2 .

في حالة تواجد اشارتين ذات ضغطين مختلفين عند توصيلتي المدخلين 1 و 1 (3) فتكون الاشارة ذات الضغط الأكبر هي اشارة الخرج عند المخرج (2) .



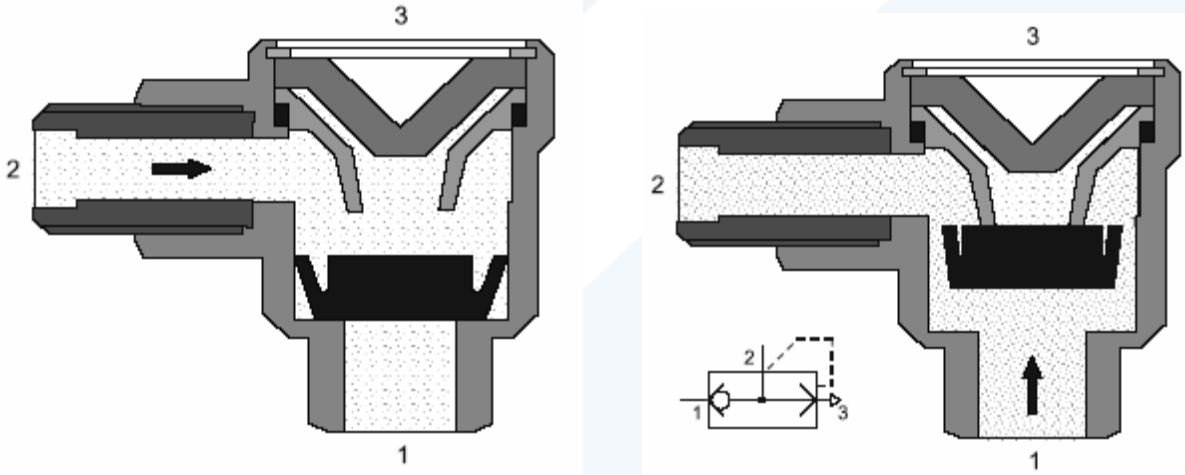
الشكل (4 -23) صمام ترددي (بوابة أو) (Shuttle Valve (OR Function

4-3-4 – الصمام العادم السريع Quick Exhaust Valve :

يستعمل في تفريغ الأسطوانات وخراطيم التوصيل بأقصى سرعة ممكنة (الشكل 4-24) .يتدفق الهواء المضغوط إلى الأسطوانة من 1 إلى 2 (شكل 1) . في هذه الحالة تقوم حلقة الإحكام بغلق الثقب 3 تحت كل من الضغط وتدفق التيار . عند تفريغ الهواء (شكل 2) يضغط التيار الخارج حلقة

الإحكام فوق الفتحة 1 وتغلقها . في هذه اللحظة يندفع العادم في الطريق 2 إلى 3 .

يستعمل هذا الصمام لتفريغ الهواء العادم من الأسطوانات وخراطيم التوصيل بأقصى سرعة ممكنة . يخرج العادم من أقصر الطرق له وبمقاومة بسيطة . وحيث أنه لا يوجد صمام توجيهي فإن سرعة مكبس الأسطوانة ترتفع بدرجة عالية جداً .



2 الشكل (4 -24) صمام عادم سريع 1

Quick Exhaust Valve

6-4 –صمامات التحكم بالتدفق Flow Control Valves :

6-4 – 1 – الصمام الخانق القابل للمعايرة Throttle Valve :

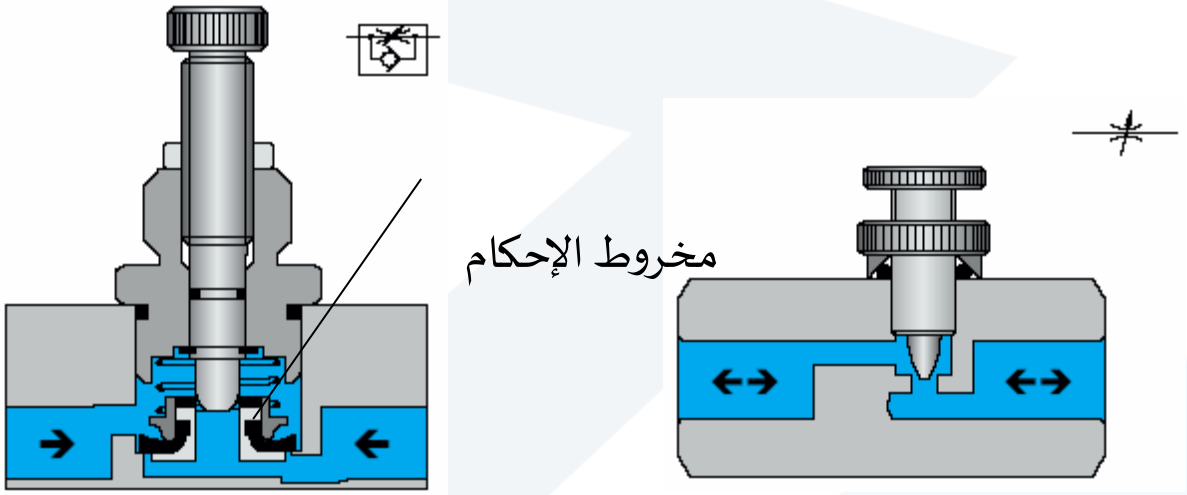
يعمل على ضبط التدفق الحجمي (لتر / الدقيقة) من خلال تغيير مساحة مقطع الصمام عن طريق إدارة مفتاح على شكل قرص دوار يتحكم في الصمام وبالتالي كمية التدفق (الشكل 4-26) . يمكن استخدام الصمام لكلا اتجاهي التدفق .. يستعمل الصمام الخانق في أغلب الأحيان للتحكم بسرعة تحرك مكبس أسطوانة .

6-4 – 2 –صمام التحكم بالتدفق أحادي الاتجاه ، قابل للمعايرة One –way Flow Control Valve :

يقوم بمعايرة التدفق الحجمي في اتجاه واحد ، أما في الاتجاه الآخر (الاتجاه العكسي) فيكون الطريق مفتوحاً تماماً لتدفق التيار (الشكل 4 -26) .

عند إدارة لولب الخنق يمكن تصغير أو تكبير المقطع العرضي الحلقي عند قاعدة المخروط وعليه فيمكن معايرة التدفق الحجمي في الاتجاه 1 إلى 2 .

عند مرور التيار في الاتجاه العكسي ينفتح مخروط الإحكام ويسمح بتدفق التيار دون أن يتعرض لأي مقاومة (تشغيل عدم رجوع)



صمام خانق قابل للمعايرة

Throttle Valve

صمام عدم رجوع مع خانق قابل للمعايرة

One –way Flow Control Valve

الشكل 4 -26

التحكم بالتدفق :

1- التحكم بالتدفق عند التزويد بالهواء :

- يتم خنق الهواء المتدفق إلى داخل الاسطوانة
- الهواء الخارج من الاسطوانة غير مخنوق.
- عند تغير الحمولة على مكبس الاسطوانة (عبور المكبس فوق حساس نهاية شوط) سوف يؤدي إلى عدم انتظام في سرعة التقدم .

الاستخدام :

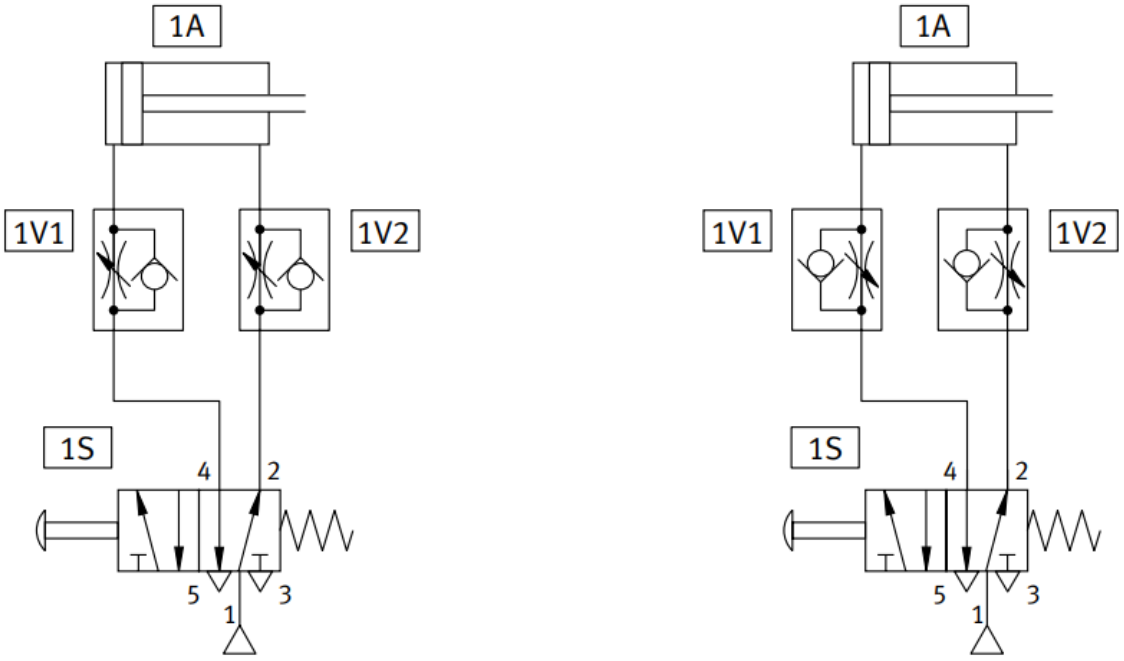
اسطوانة أحادية التأثير.

2- التحكم بالتدفق عند خروج الهواء المضغوط من الاسطوانة :

- يعبر الهواء المضغوط الداخل إلى الاسطوانة عبر صمام الاتجاه ويكون غير مخنوق ،
- الهواء الخارج من الاسطوانة يكون مخنوقاً.
- يكون المكبس واقعا بين مرحلتين من التخميد :المرحلة الأولى ناتجة من مخمّدات المكبس في نهاية شوط التقدم ، والمرحلة الثانية ناتجة من الصمام الخانق .
- يحسّن عملية التقدم والتراجع للمكبس .

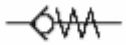
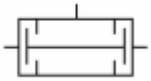
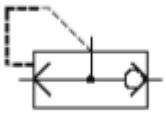
التطبيق :

- يستخدم من أجل الاسطوانات ثنائية التأثير.



الشكل (4-27) التحكم بالتدفق عن دخل وخرج الهواء من الاسطوانة

رموز تسمية الصمامات:

صمام عدم رجوع بدون نابض	
صمام عدم رجوع بنابض	
صمام ترددي (بوابة أو)	
صمام الجمع (بوابة و)	
صمام التصريف السريع	

الشكل (4-27) رموز وتسمية الصمامات

رموز وتسمية الصمامات الخانقة :

- صمام خانق قابل للمعايرة

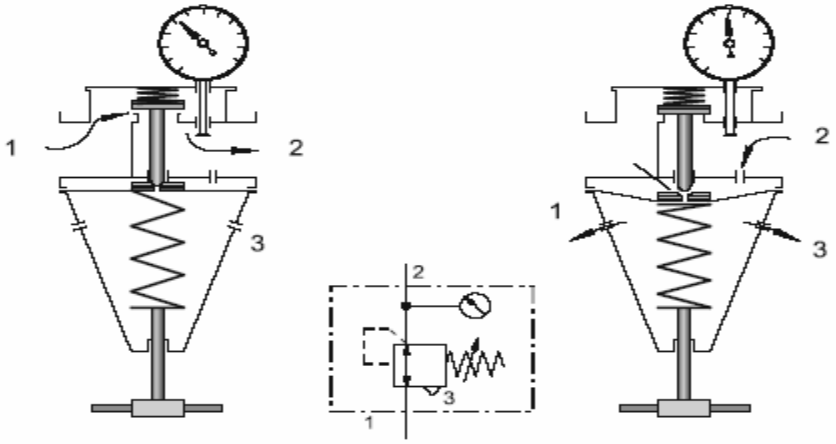
- صمام عدم رجوع خانق قابل للمعايرة

الشكل (4-28) رموز وتسمية الصمامات الخانقة

4- 5- صمامات الضغط Pressure Valve :

4- 5- 1- صمام تنظيم الضغط Pressure Regulator :

يقوم صمام تنظيم الضغط بتثبيت الضغط عند مخرجه رغم تغيّر الضغط عند مدخله (الشكل 4-29) . 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 نابض على الجانب المقابل . تضبط قوة النابض بواسطة قرص ضبط . عند ارتفاع ضغط الخروج يتحرك الغشاء جهة النابض فتتقلص فتحة التصريف أو تغلق كلياً . ينفتح جزء الغشاء المركزي ويندفع منه الهواء المضغوط إلى المحيط من خلال ثقوب التنفيس على غلاف الصمام . إذا انخفض ضغط الخروج تدفع قوة النابض الغشاء فتفتح الصمام أكثر مما يزيد التدفق والضغط في جانب الخروج للوصل إلى الضغط المطلوب . وهكذا ينظم الضغط المضبوط مسبقاً من خلال انفتاح وانغلاق الصمام بصفة متواصلة . يبين ضغط التشغيل على ساعة مركبة فوق الصمام .



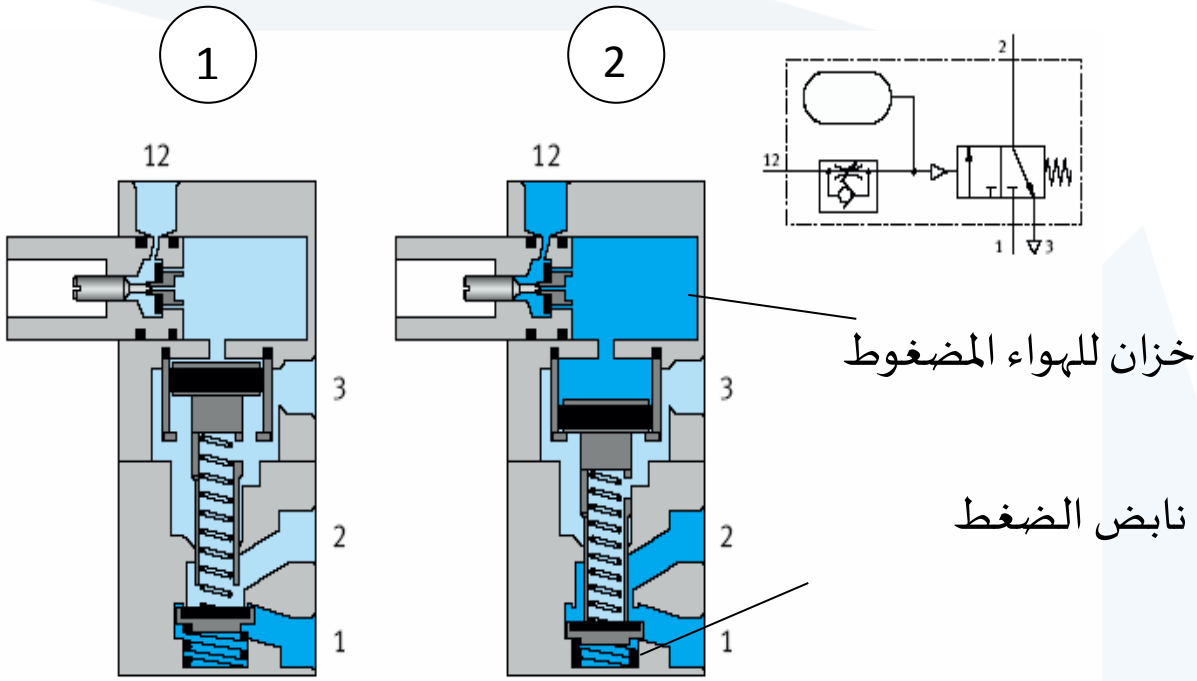
الشكل (4-29) صمام تنظيم الضغط Pressure Regulator

4- 5 – 2 – صمام التأخير الزمني مغلق في الوضع العادي :

: Time Delay Valve , Normally Closed

يتكون صمام الإعاقة الزمنية من ثلاثة عناصر نيوماتية وهي : صمام توجيهي 3 /2 ،وصمام عدم رجوع مع خانق ، وخزان للهواء الضمغوط (الشكل 30- 6) .

في الوضع العادي (الشكل 1) يكون هناك ضغطاً عند الفتحة 1 فقط . عند وجود إشارة نيوماتية في فتحة التحكم 12 فسيتدفق الهواء الضغوط خلال الموضع الخانق (صمام عدم الرجوع يكون مغلقاً) إلى الخزان وإلى الصمام التوجيهي 3 /2 . تتعرض قوة نابض الضغط لقوة الضغط في فتحة التحكم وبذلك تمنع سريان التيار من فتحة 1 إلى فتحة 2 . يستمر تراكم الهواء المضغوط في الخزان حتى إذا ما تعدت قوته قوة ضغط النابض يتم فتح الصمام التوجيهي وتوصيل الفتحة 1 إلى 2 (الشكل2) . ابتداء من تشغيل الضغط عند فتحة التحكم 12 وحتى تشغيل الصمام التوجيهي 2/3 تمر فترة زمنية معينة . عند رفع الضغط عن 12 يتسرب الهواء المضغوط من الخزان عن طريق الصمام اللارجعي ويرجع الصمام التوجيهي إلى وضعه العادي والمغلق . يتفرغ الهواء من الخط 2 عن طريق الفتحة 3 .



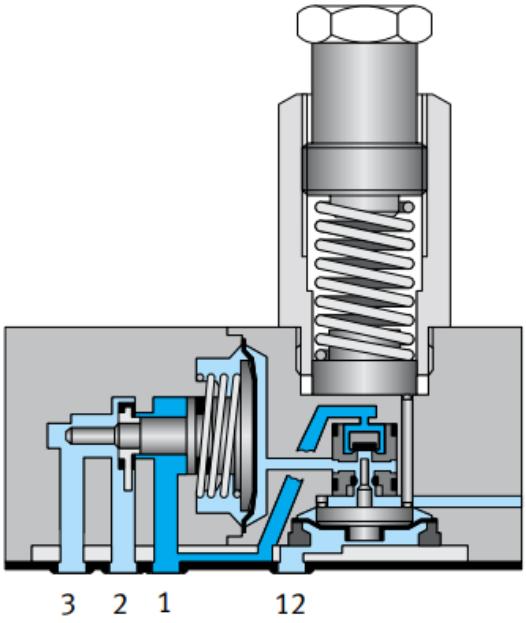
الشكل (4-30) صمام التأخير الزمني ، مغلق في الوضع العادي

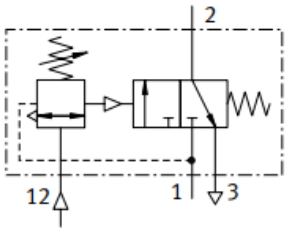
Time Delay Valve , Normally Closed

4- 5- 3- صمام تتابع الضغط : Pressure Sequence Valve :

عند ارتفاع الضغط فوق قيمة معيّرة مسبقاً في الفتحة التحكم الدليلي 12 , يتم تشغيل الصمام التوجيهي 3 /2 ويندفع الهواء الضغوط من الفتحة 2 (الشكل 4 -31) . يرجع الصمام التوجيهي 3 /2 إلى وضعه العادي عند انخفاض الضغط في فتحة التحكم 12الدليلية إلى قيمة الضغط المعيّرة مسبقاً .

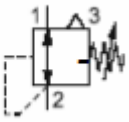
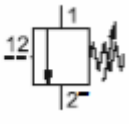
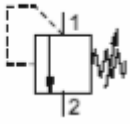
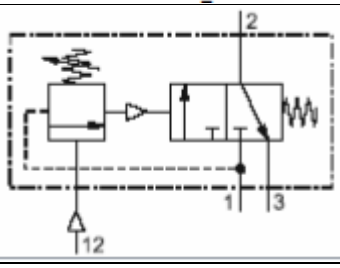
Pressure Sequence Valve





الشكل (4 -31) صمام ضغط تتابعي Pressure Sequence Valve

رموز وتسمية صمامات الضغط :

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

الفصل الخامس

تشغيل الأنظمة الهوائية

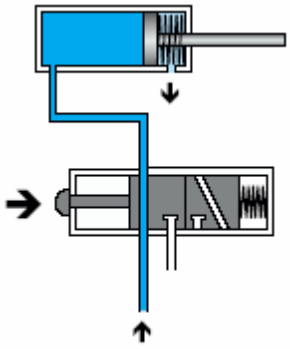
5- 1- التحكم المباشر في الأسطوانة أحادية التأثير:

يبين الشكل 5- 1 طريقة التشغيل المباشر لإسطوانة أحادية التأثير بواسطة صمام تشغيل يدوي .يستعمل الصمام لتوجيه مسار تدفق الهواء ويمتلك هذا الصمام وضعين مختلفين يكون الوضع الأيسر 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 دافعاً 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 وعندها سيتراجع المكبس تحت تأثير النابض (شوط الرجوع) . لاحظ أن الجهة اليسرى من الأسطوانة موصلة من خلال الصمام إلى منفذ تصريف يسمح بتراجع المكبس .

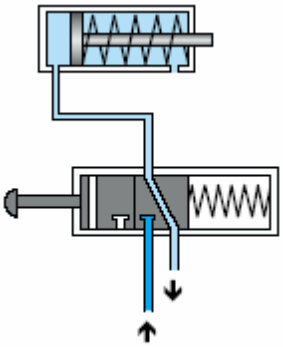
يستخدم التحكم المباشر من أجل:

- اسطوانة ذات قطر مكبس أقل من mm400

2- وضع التشغيل



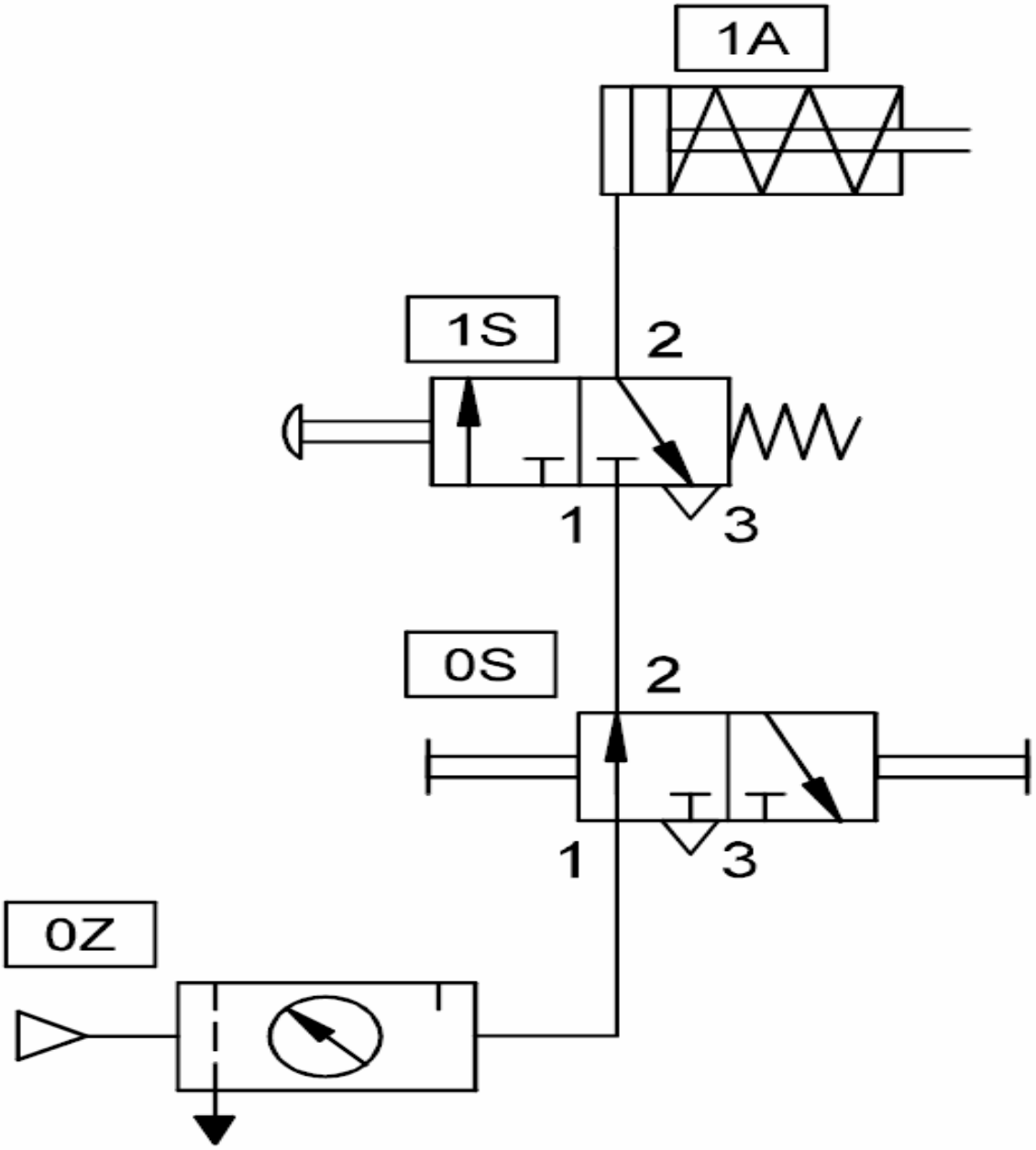
1- الوضع العادي



الشكل 5- 1 التحكم المباشر في أسطوانة أحادية التأثير

يبين الشكل 5- 2 مثالاً لمخطط دائرة تحكم هوائي في أسطوانة أحادية التأثير . عند الضغط على الزر يعبر الهواء المضغوط الصمام 1S من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 ويدخل حجرة مكبس الأسطوانة 1A . يتجمع ضغط الهواء ثم يدفع بالمكبس إلى الأمام ضد قوة نابض الأسطوانة . عند رفع اليد عن الزر ، يرجع الصمام إلى وضعه العادي من خلال النابض ويرجع مكبس الأسطوانة .

. يشار إلى العناصر التي تظهر مرة واحدة في الدارة بدون أرقام اضافية

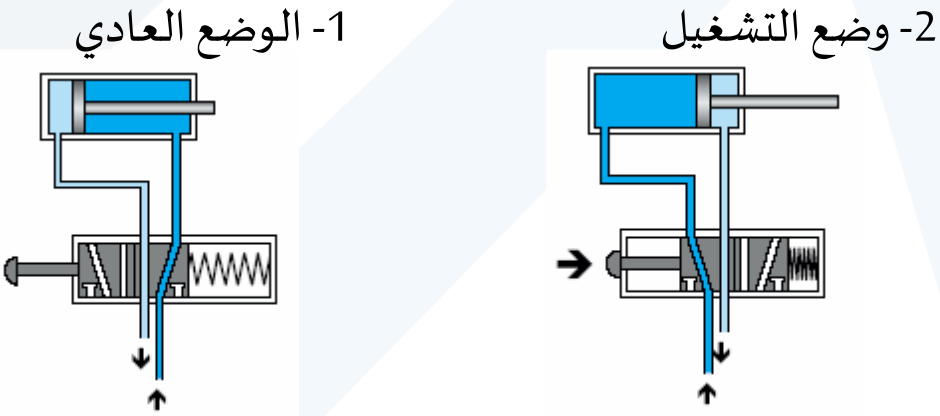


. مثلاً توجد اسطوانة واحدة في الدارة ويشار إليها باسم 1A . أضيف إلى الرسم .هذه الدائرة وحدة الخدمة 0Z وصمام تشغيل وإيقاف 0S .

الشكل 5- 2 مخطط دارة تحكم مباشر في أسطوانة أحادية التأثير

5- 3 – التحكم المباشر في اسطوانة ثنائية التأثير:

يستعمل الصمام التوجيهي 5 / 2 للتحكم المباشر في الأسطوانة ثنائية التأثير كما هو مبين في الشكل (5- 3) بعد توصيل الصمام مع الأسطوانة وقبل تشغيله يكون الضغط من جهة ذراع مكبس الأسطوانة ويكون المكبس في نهاية شوط الرجوع (الوضع العادي) . عند الضغط على زر الصمام يتقدم مكبس الأسطوانة (وضع التشغيل) .

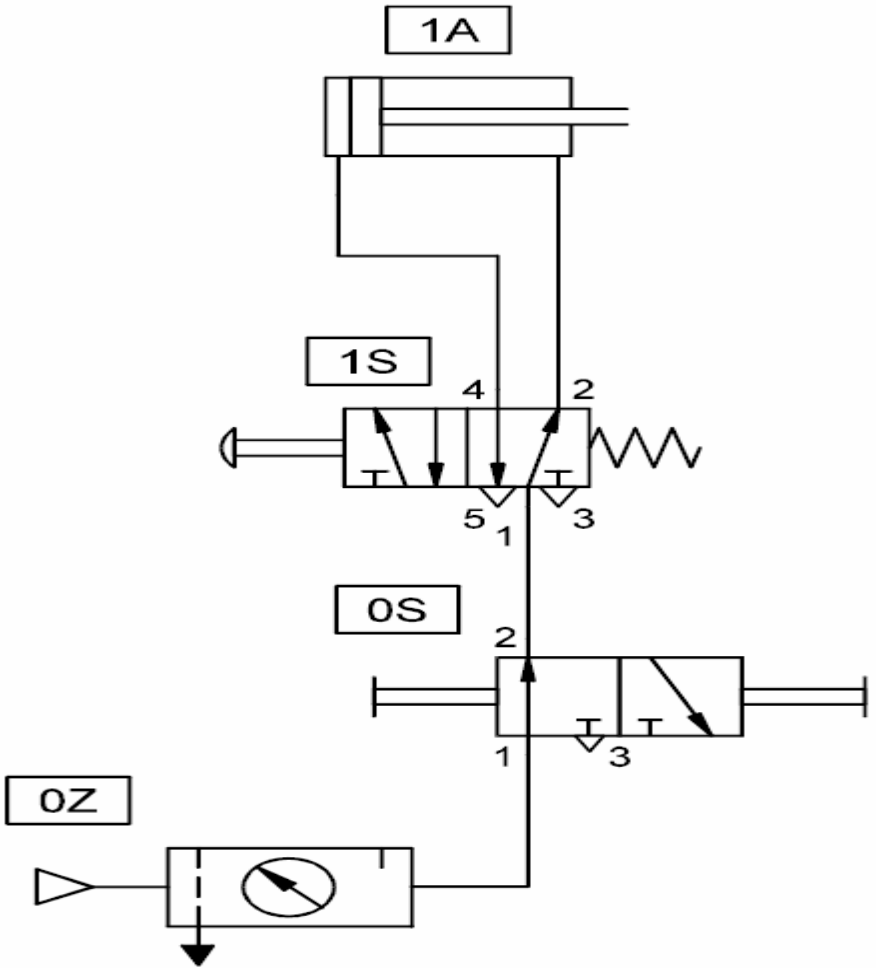


الشكل 5- 3 التحكم المباشر في أسطوانة ثنائية التأثير

يبين الشكل 5- 4 رسماً لدارة التحكم المباشر في الأسطوانة ثنائية التأثير . عند الضغط على الزر يعبر الهواء المضغوط الصمام 1S من الفتحة 1 إلى الفتحة 4 ويدخل حجرة مكبس الأسطوانة 1A . يزداد ضغط الهواء ثم يدفع بالمكبس إلى الأمام ضد قوة نابض الأسطوانة . يتدفق الهواء المزاح إلى الهواء

الخارجي من فتحتي الصمام 2 إلى 3 . عند رفع اليد عن الزر . يرجع الصمام إلى وضعه العادي بواسطة النابض ويرجع مكبس الأسطوانة ويخرج الهواء العادم من خلال فتحة الصرف 5 .

عند تحرير الزر . يعكس المكبس اتجاه حركته فوراً ليرجع لوضعه الابتدائي .لذلك يمكن تغيير اتجاه الحركة قبل أن يصل المكبس إلى نهاية الشوط . كما يستعمل الصمام التوجيهي 4 – 2 للتحكم في الأسطوانة ثنائية التأثير .



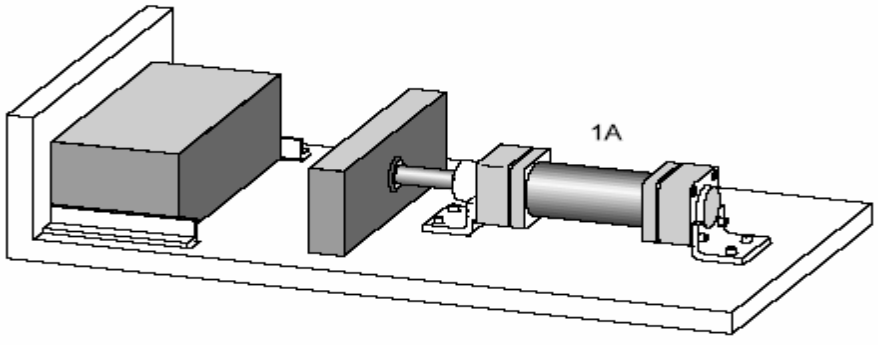
الشكل 5- 4 دائرة التحكم المباشر في الأسطوانة ثنائية

5-4 التحكم غير المباشر في الدارات ذات الأسطوانة الواحدة :

تتطلب الأسطوانات ذات الأقطار الكبيرة ضغطاً وتدفقاً عاليين وتصبح القوة المطلوبة للتشغيل اليدوي للصمامات عالية جداً، لذلك وحتى يمكن استعمال صمامات تحكم تسمح بعبور معدلات التدفق الكبيرة يجب إنشاء نظام بالتحكم غير المباشر، وهو أن يكون تشغيل الصمامات الأساسية بواسطة قوة ضغط الهواء الموجه من صمامات توجيهية أصغر . ومثال ذلك أن صماماً توجيهياً يصدر إشارة وبقوة كافية لتشغيل الصمام الأساسي الذي بدوره يعطي القوة الكافية لتشغيل الأسطوانات النيوماتية .

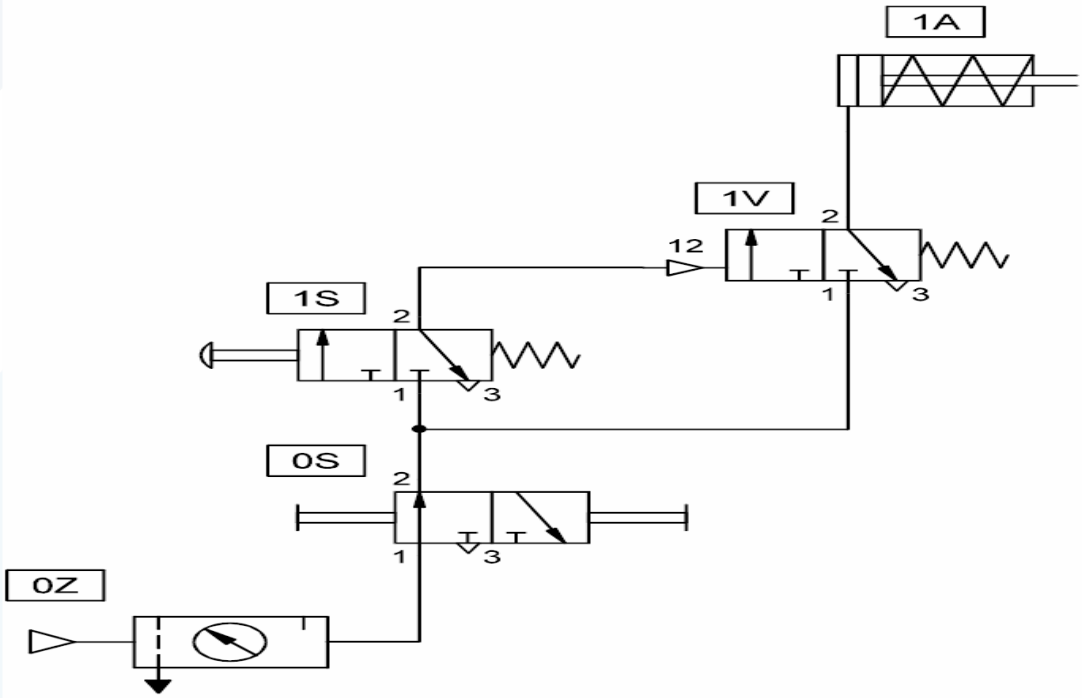
5-4 – 1 – التحكم غير المباشر في الأسطوانة أحادية التأثير:

مثال : تستخدم أسطوانة ذات مكبس قطره كبير لتثبيت مشغولة . المطلوب تصميم دارة تحكم بحيث يتقدم المكبس حتى المشغولة بعد الضغط على زر يدوي (الشكل 5- 5).ثم ترجع الأسطوانة إلى الوضع الأصلي عند تحرير الزر.



الشكل 5- 5 تثبيت مشغولة بأسطوانة أحادية التأثير

الحل في الوضع الابتدائي يكون مكبس الأسطوانة أحادية التأثير 1A مسحوباً إلى الداخل يستعمل صمام توجيهي 3 / 2 لتشغيل الأسطوانة . وتكون توصيلة 1 للصمام 1V مغلقة والتوصيلة 2 موصلة إلى الهواء الخارجي عن طريق التوصيلة 3 . عند الضغط على زر الصمام 1S يعبر الهواء المضغوط للفتحة 12 ليشغل الصمام 1V . يتسبب تجمع الهواء المضغوط داخل حجرة الأسطوانة في تقدم الأسطوانة . تتبقى الإشارة في الفتحة 12 ما دام الزر مضغوطاً . بعد وصول المكبس إلى وضعه النهائي لا يرجع إلا بعد رفع اليد عن الزر . عند رفع اليد عن الزر يرجع الصمام 1S على وضعه العادي . تفرغ التوصيلة 12 للصمام 1V إلى الهواء الخارجي ويرجع الصمام 1V كذلك إلى وضعه العادي . ترجع الأسطوانة ويتفرغ الهواء من حجرتها إلى الهواء الخارجي من خلال صمام التحكم 1V .



الشكل 5- 6 التحكم غير المباشر في الأسطوانة أحادية التأثير

5-6 تطبيقات الصمامات المنطقية : AND و OR

يعمل صمام الجمع بالعملية المنطقية " و " (AND) وله مدخلين ومخرج 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) وله كذلك مدخلين وخرج واحد . يشترط تواجد إشارة واحدة في إحدى الدخلين 1 أو (3) 1 للحصول على إشارة خرج في الفتحة 2 .

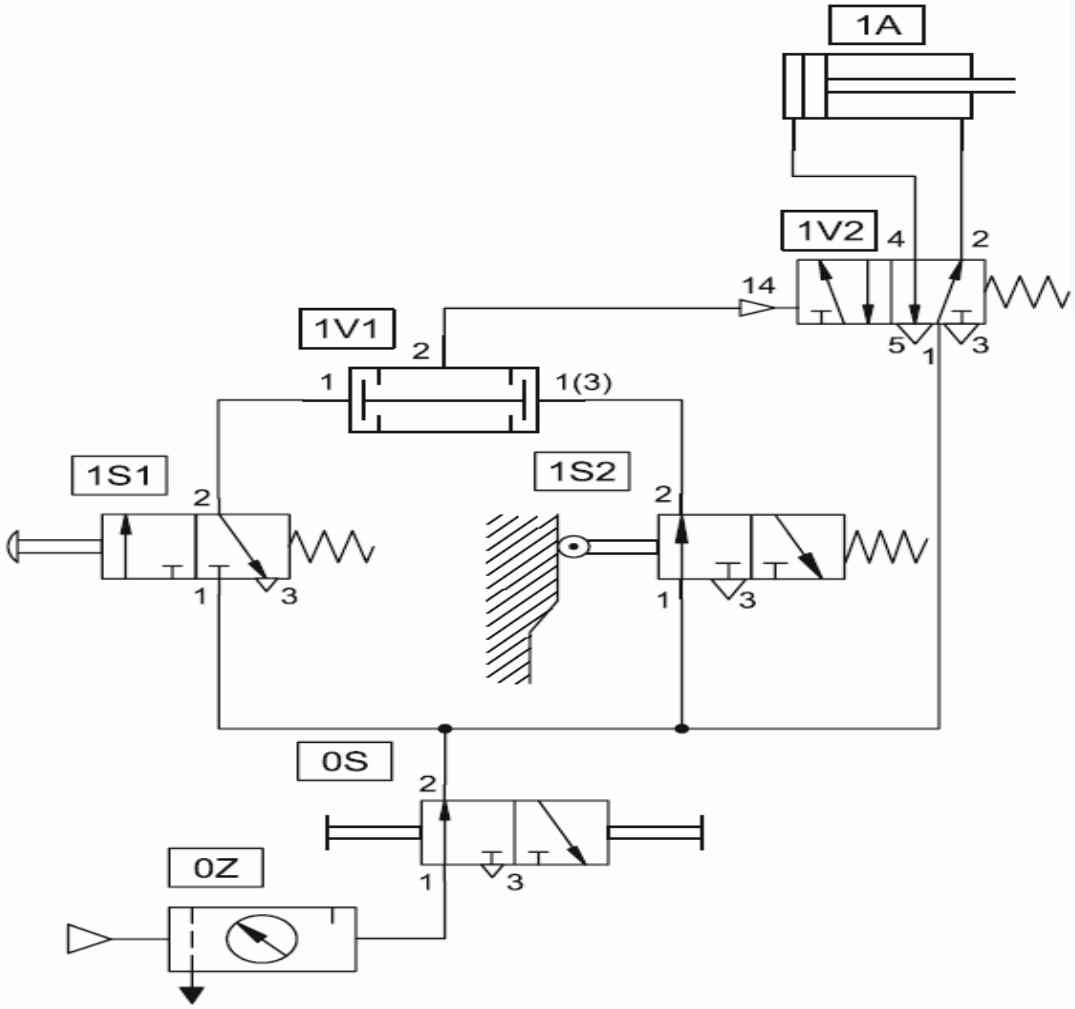
5-6 – 1 التشغيل بالعنصر المنطقي AND :

مثال : المطلوب تقدم أسطوانة ثنائية الفعل عند تشغيل صمام توجيهي 3 / 2 برافعة العجلة 1S2 وكذلك عند الضغط على زر صمام توجيهي 3 / 2 . 1S1 . عند رفع الضغط على واحد من الزرين ترجع الأسطوانة إلى وضعها العادي .

الحل : يوضح الشكل 5- 7 دائرة تحكم هوائي تمثل حلاً للمشكلة . تتبع مسار الهواء المضغوط للأوضاع المختلفة للصمامات .

يوصل المدخلين 1 و (3) 1 التابعان لصمام الجمع 1V1 إلى فتحيتي التشغيل 2 التابعين للصمامين 1S1 و 1S2 . يشغل الصمام 3 /2 ذا رافعة العجلة 1S2 . بوضع شغلة لإنشاء إشارة عند دخل واحد لصمام الجمع 1V2 . فإن شرط AND ليس متوفراً وبالتالي يبقى خرج صمام الجمع مغلق . عند دفع زر الصمام التوجيهي 3 /2 ، 1S1 تنشأ إشارة عند دخل 2 لصمام الجمع . هنا يعمل الصمام التوجيهي 5 /2 . 1V2 ، ويتقدم مكبس الأسطوانة 1A . إذا رفع التشغيل عن واحد من الصمامين 1S1 أو 1S2 . يلغى شرط

AND ويرجع صمام التحكم إلى وضعه العادي . يتفرغ هواء فتحة الإشارة 14 الخاصة بصمام التحكم 1V2 إلى الهواء الخارجي من خلال إحدى الصمامين 1S1 أو 1S2 . يرجع صمام التحكم 1V2 إلى وضعه العادي متسبباً في رجوع مكبس الأسطوانة .



شكل 5- 7 دائرة التحكم بصمام الجمع . عملية AND

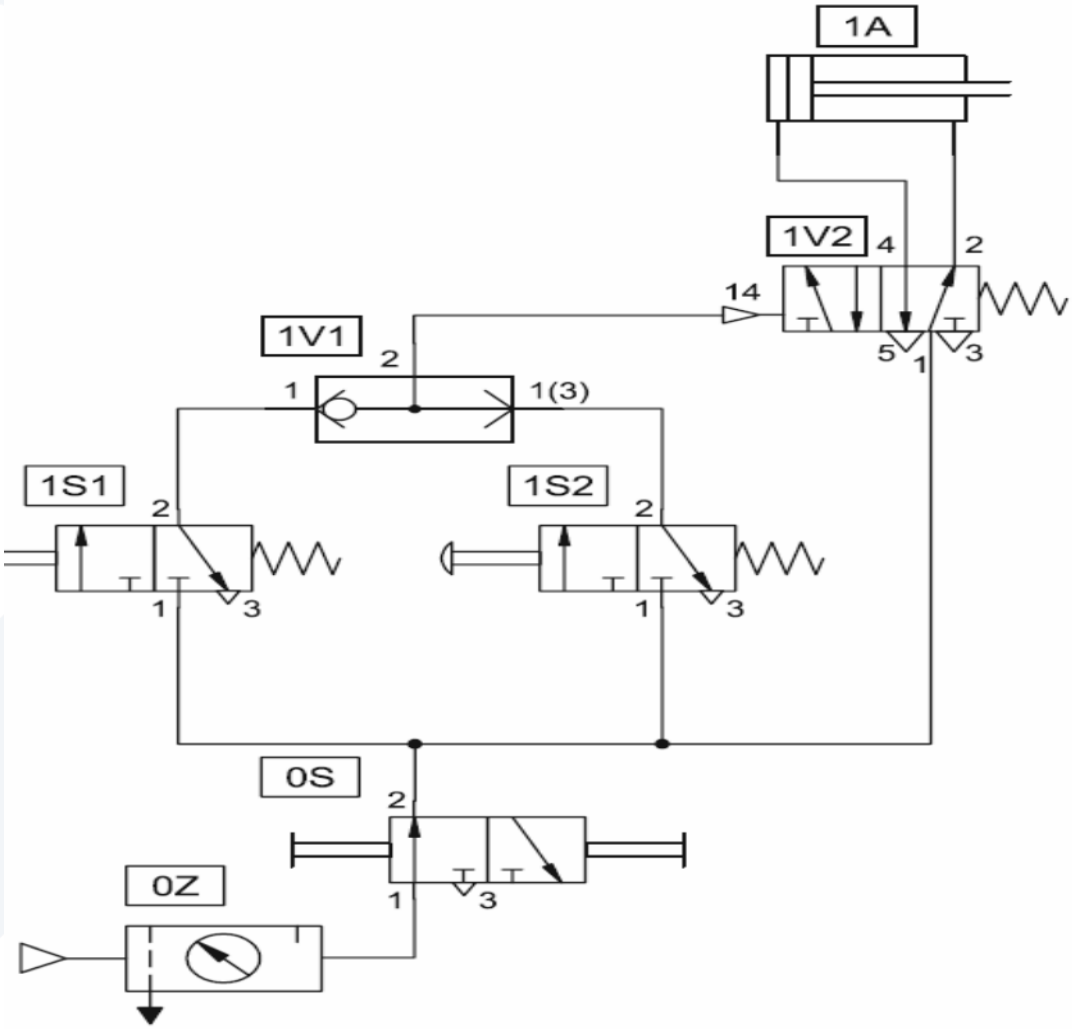
5-6 – 2 التشغيل بالعنصر المنطقي OR :

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

الحل :

يوصل الدخلين 1 و (3) 1 التابعين للصمام الترددي 1V1 إلى توصيلتي التشغيل 2 التابعين إلى الصمامين 1S1 و 1S2 . عند الضغط عن واحد من الزرين يشغل الصمام المناسب 1S1 أو 1S2 وتنشأ إشارة عند الفتحة 1 أو (3) 1 التابعين للصمام الترددي 1V1 . أتم شرط OR وتعبر إشارة الضغط من خلال الصمام الترددي إلى فتحته 2 . يمنع الصمام الترددي الإشارة من الانفلات من خلال فتحة التصريف الخاصة بالصمام غير المشغل . تشغل الإشارة صمام التحكم 1V2 وتتقدم الأسطوانة . عند رفع اليد عن الزر .

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



الشكل 5- 8 دائرة التحكم بالصمام الترددي . عملية OR

3-6-5 التحكم في سرعة الأسطوانة :

مثال : تتقدم أسطوانة عند الضغط باليد عن زر صمام توجيهي 3 /2 . تبقى الأسطوانة في حالة التقدم إلى أن يشغل صمام آخر .لا يضغط الزر الثاني إلا بعد رفع اليد عن الزر الأول . ترجع الأسطوانة إلى وضعها العادي و تبقى

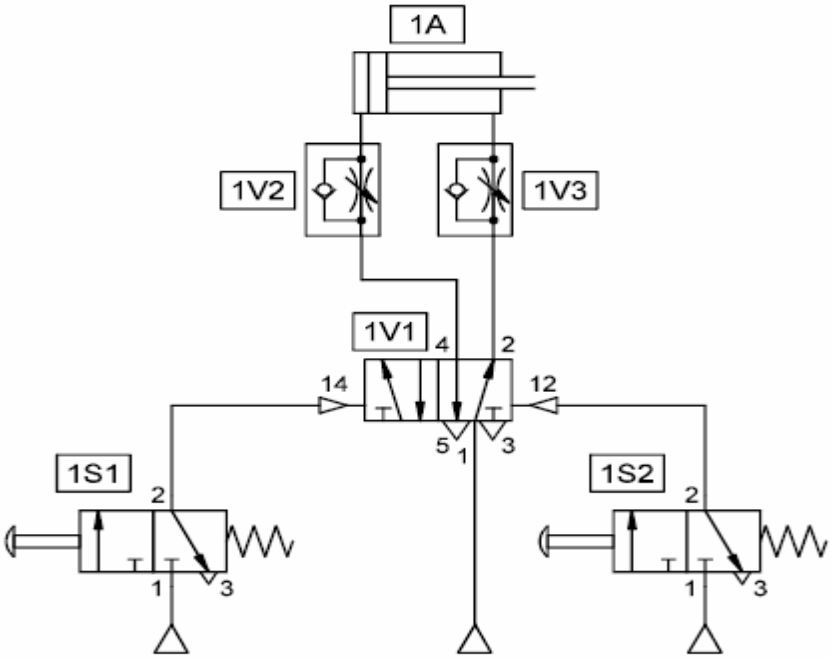
كذلك إلى ان تعطى لها إشارة جديدة . يجب التحكم بسرعة الأسطوانة في الاتجاهين .

الحل :

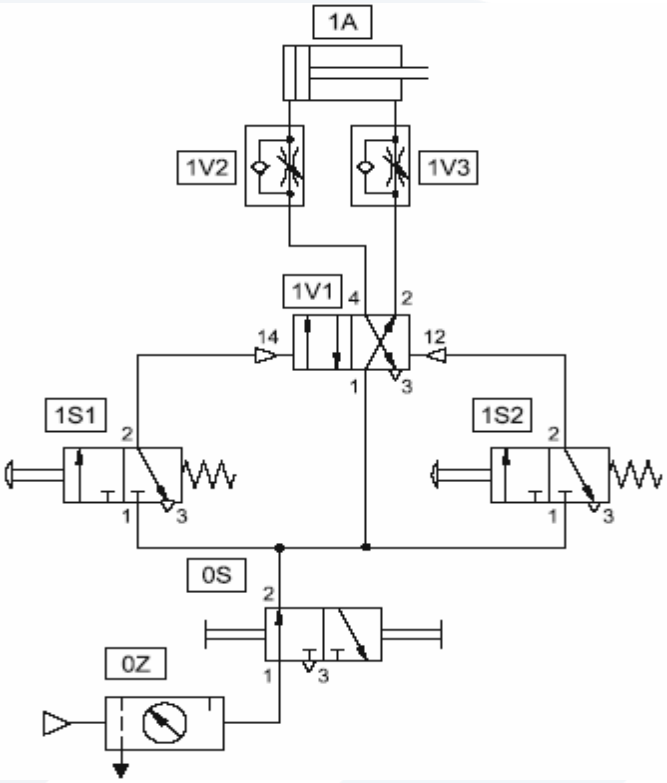
يمكن استعمال إحدى الصمامين التوجيهيين 4 /2 (الشكل 5- 9) أو 5 /2 (الشكل 5- 10) . يحتفظ كلا الصمامين بوضعي التشغيل إلى أن يستقبلا إشارة معاكسة . يقال إن الصمامين 4 / 2 و 5 / 2 هما صمامين تشغيل بذاكرة ، (Memory Function) . هذه الخصوصية تعتمد عن الفترة التي تكون الإشارة خلالها موصلة إلى صمام التشغيل يتحكم صمامي التدفق في سرعة الأسطوانة في الاتجاهين وهما مستقلين عن بعضيهما . بما أن الهواء المزاح (الهواء الخارج من الأسطوانة) هو الذي يعاق فإن نوع التحكم في السرعة هو التحكم في تدفق الهواء الخارج من الاسطوانة . يوصل عنصر التحكم 1V1 في الوضع الابتدائي بحيث يوجد الهواء المضغوط من جهة ذراع مكبس الأسطوانة وتكون الأسطوانة في وضع الرجوع.

عند الضغط على الزر يعمل الصمام 1S1 ليعطي إشارة لفتحة التحكم 14 الخاصة بصمام التحكم 1V1 . يعمل الصمام 1V1 وتضغط الأسطوانة من جهة المكبس لتتقدم . يدخل الهواء المضغوط الأسطوانة من خلال صمام التدفق 1V2 بدون خنق ويصرف من خلال صمام التدفق 1V3 مخنوقاً . وبالتالي تقلل سرعة تقدم الأسطوانة . 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 محافظاً على وضعه .



الشكل 5- 9 دائرة التحكم في سرعة أسطوانة ثنائية الفعل بصمام اتجاهي 5 / 2



الشكل 5- 10 دائرة التحكم في سرعة أسطوانة ثنائية التأثير بصمام اتجاهي

2/ 4

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY