الباب الأول

العناصر النيوماتيكية والإلكترونيوماتيكية

العناصر النيوماتيكية والإلكترونيوماتيكية

١ / ١ - مقدمة:

إن كلمة نيوماتيك Pneumatic مشتقة من الكلمة الإغريقية Puma وتعنى هواء - رياح - تنفس، وتعرف بأنها علم هندسى يهتم بدراسة الهواء المضغوط وتدفقه، وبالتالى فإن Electro Pneumatic تعنى التحكم فى عناصر الفعل النيوماتيكية مثل الأسطوانات النيوماتيكية (الهوائية) مستخدما عناصر تحكم نيوماتيكية، وعناصر تحكم إلكترونيوماتيكية وكذلك عناصر تحكم كهربية.

أى أن النظم الإلكترونيوماتيكية تحتوى على ثلاثة عناصر مختلفة وهى:

عناصر نيوماتيكية، عناصر إلكترونيوماتيكية، عناصر كهربية.

وحتى نتمكن من دراسة هذه النظم يجب أولاً التعرف على هذه العناصر، وسوف نتناول العناصر النيوماتيكية والإلكترونيوماتيكية فى هذا الباب بشىء من الإيجاز.

أما العناصر النيوماتيكية فيندرج تحتها ما يلى:

١ - وحدات إعداد الهواء المضغوط الجاف والنظيف والتى تشتمل على:

أ - الضواغط الهوائية.

ب - عناصر تجفيف الهواء المضغوط.

جـ - وحدات الخدمة.

٢ - عناصر نقل القدرة النيوماتيكية وتشتمل على:

أ - خطوط التوصيل.

ب - أدوات التوصيل.

٣ - عناصر الفعل (الحركة) وتنقسم إلى:

أ – الأسطوانات الهوائية.

ب – المحركات الهوائية.

جـ – عناصر الرفع بالتفريغ.

د – المنفاخ الهوائى.

٤ – عناصر التحكم النيوماتيكية وتنقسم إلى:

أ – صمامات التحكم فى التدفق.

ب – صمامات التحكم فى الضغط.

جـ – الصمامات اللارجعية وكواتم صوت العادم.

أما العناصر الإلكترونيوماتيكية فتتركز فى الصمامات الاتجاهية بأنواعها المختلفة.

ولقد وجد بالتجربة أن التحكم الإلكتروني يوماتيكى أفضل من التحكم النيوماتيكى فى عدة نقاط مثل:

١ – سهولة تصميم العمليات التتابعية.

٢ – أقل تكلفة فعناصر التحكم الكهربية أرخص من عناصر التحكم النيوماتيكية.

٣ – سهولة عمل تغيير فى النظام.

عدا أن التحكم النيوماتيكى يفضل استخدامه فى الأماكن الخطرة مثل الأماكن المعرضة للانفجارات كما هو الحال فى المصانع الكيماوية ومصانع تكرير البترول، وهذه الأماكن لا تتحمل حدوث أى شرر كهربى فيها خوفًا من حدوث الانفجارات والحرائق بها.

١ / ٢ – الضواغط الهوائية Air Compressors

الضاغط الهوائى: هو القلب النابض لأى نظام تحكم إلكتروهوائى، ويقوم الضاغط بتوليد الهواء المضغوط اللازم فى عمليات التحكم الهوائية حيث يدخل الهواء الجوى من خط السحب للضاغط بالضغط الجوى ويساوى (Kg_f / Cm^2) 1bar، ويخرج الهواء المضغوط المستخدم فى التحكم الإلكتروهوائى من خط الطرد

للضاغط بضغوط تتراوح ما بين (5: 10 bar) ويستخدم الهواء المضغوط فى تشغيل عناصر الفعل الهوائية مثل: الأسطوانات والمحركات الهوائية . . . إلخ وهذه العناصر موجودة فى الماكينات العاملة بالهواء المضغوط .

وتدار الضواغط الهوائية عادة بالمحركات الكهربية وهناك أنواع مختلفة من الضواغط الهوائية أكثرها انتشاراً الضواغط الترددية Reciprocating Compressors .

١ / ٢ / ١ - الضواغط الترددية Reciprocating Compressors

يتكون الضاغط الترددى من أسطوانة أو أكثر، وتحتوى كل أسطوانة على مكبس يتحرك حركة ترددية لسحب الهواء الجوى ثم ضغطه بالضغط المطلوب، وتحتوى كل أسطوانة فى قاعدتها على صمامين **أحدهما**: يسمى صمام السحب حيث يفتح فى شوط السحب للمكبس لدخول الهواء الجوى، **والثانى**: يسمى صمام الطرد حيث يفتح فى شوط الضغط لخروج الهواء المضغوط .

وهناك عدة أنواع للضواغط الترددية وهى كما يلى :

١ – ضواغط ترددية بمرحلة واحدة .

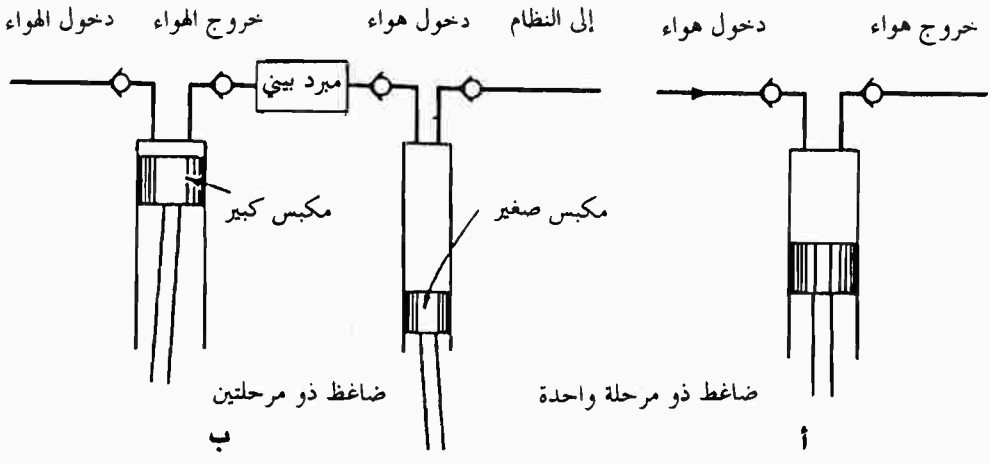
٢ – ضواغط ترددية بمرحلتين .

٣ – ضواغط ترددية متعددة المراحل .

أما الضواغط الترددية ذات المرحلة الواحدة فتقوم بضغط الهواء الجوى داخل أسطوانة واحدة .

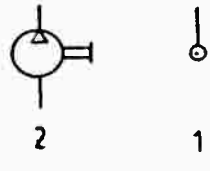
فى حين أن الضواغط الترددية ذات المرحلتين تقوم بضغط الهواء الجوى داخل أسطوانة، ثم يسمح لخرج الأسطوانة بضغطه مرة أخرى فى أسطوانة ثانية، علماً بأن خرج الأسطوانة الأولى يتم تبريده لدرجة حرارة الهواء الجوى بواسطة مبرد بينى Inter Coller وذلك قبل دخوله الأسطوانة الثانية .

وفى الشكل (١ – ١) رسومات توضيحية لضاغط ترددى بمرحلة واحدة وآخر بمرحلتين .



الشكل (١ - ١)

وفيما يلى رمز مصدر الضغط 1 والضاغط الهوائى 2 :



١ / ٣ - عناصر تجفيف الهواء المضغوط :

للحفاظ على سلامة العناصر العاملة بالهواء المضغوط يجب تجفيف الهواء المضغوط من الرطوبة بحيث لا يزيد محتوى الماء فى المتر المكعب عن ($0.001g/m^3$).

ويتم تجفيف الهواء المضغوط بخفض درجة حرارته، وذلك لتكثيف بخار الماء منه، **وهناك عدة طرق لتجفيف الهواء المضغوط أهمها :**

١ - المبرد البينى Inter Coller :

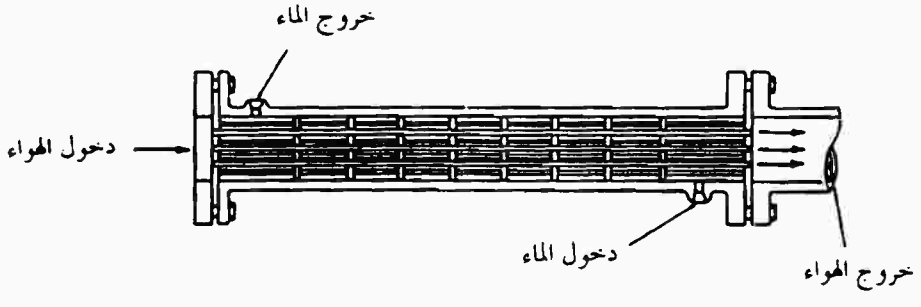
ويوجد بين المراحل المختلفة للضواغط الترددية وهو بداخل الضاغط، انظر الشكل (١-١ ب).

٢ - خزان الهواء Air reciever :

يقوم خزان الهواء بتجميع الهواء المضغوط والقادم من الضاغط فى أوقات الأحمال الخفيفة لاستخدامه وقت الذروة، وكذلك يقوم بتبريد الهواء المضغوط، وذلك لأن درجة حرارة الهواء المضغوط القادم من الضاغط عادة تكون أكبر من درجة حرارة الهواء الجوى، ولذلك يحدث انتقال حرارى بواسطة الإشعاع من الهواء المضغوط الموجود فى الخزان إلى الهواء الجوى مما يؤدى لخفض درجة حرارة الهواء المضغوط وتكاثف بخار الماء فى قاع الخزان، ولذلك يجب على القائمين بأعمال الصيانة بتصريف الماء المتكاثف فى قاع الخزان بواسطة محبس التصريف اليدوى من حين لآخر إذا لم يكن هناك صمام تصريف أتوماتيكى موصل بالخزان.

٣ - مبرد الإعادة After Cooler :

يوضع مبرد الإعادة بين الضاغط والخزان، ويقوم هذا المبرد بتبريد الهواء المضغوط نتيجة لمرور ماء بارد حول خط الهواء المضغوط فى قمصان تبريد معدة لذلك، وينتج عن ذلك تكاثف بخار الماء والشكل (١ - ٢) يعرض نموذجًا لمبرد إعادة.



الشكل (١ - ٢)

٤ - وحدات التبريد بالفريون Refrigeration units :

وهى تستخدم لتبريد الهواء المضغوط إذا تعذر استخدام مبرد الإعادة، أو إذا لم يكن مبرد الإعادة قادراً على الوصول لمحتوى مائى أقل من أو يساوى $0.001g/m^3$.

وفيما يلى رموز كل من خزان الهواء 1 والمبرد 2 والمجفف 3 :

١ / ٤ - خطوط الهواء Air Lines :

تعرف خطوط الهواء المضغوط المستخدم فى النظم النيوماتيكية أو الإلكترونيوماتيكية بأنها خطوط إمداد الهواء المضغوط من وحدة توليد الهواء المضغوط بالمنشأة إلى جميع الآلات التى تعمل بالهواء المضغوط. **وهناك ثلاثة أنواع للخطوط الهوائية وهى:**

١ - **مواسير صلبة**: وهى تصنع من الصلب المجلفن، وهناك عنصران هامان لاختيار هذه المواسير هما: القطر الخارجى OD، والقطر الداخلى ID، وهذه المواسير تشبه تلك المستخدمة فى شبكات الماء.

٢ - **أنابيب شبه صلبة**: وتصنع من النحاس والإستانلستيل وتحتاج هذه الأنابيب إلى عدد قليل من أدوات التوصيل لإمكانية ثنيها.

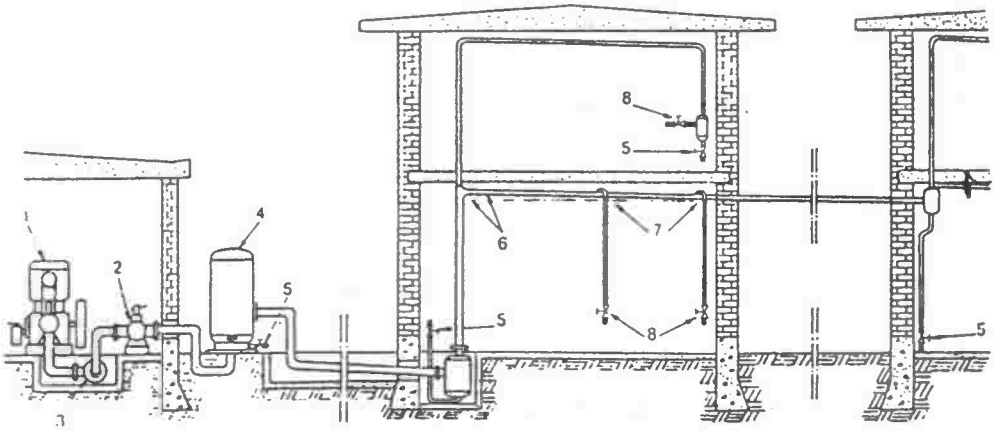
٣ - **الخراطيم المرنة**: وتستخدم عند الحاجة لمرونة خطوط التوصيل على سبيل المثال وصلات الأسطوانات المتحركة وأيضًا فى الأماكن التى تتعرض لاهتزازات شديدة. وتصنع هذه الخراطيم من المطاط والبلاستيك.

وتتواجد هذه الخراطيم فى صورتين:

أ - خراطيم بمقاسات محددة يثبت بها الوصلات اللازمة من قبل الشركة المصنعة.

ب - خراطيم فى صورة لفات طويلة حيث تقطع حسب الطلب، ويقوم فنى التركيبات بتثبيت الأدوات اللازمة فيها.

والشكل (١ - ٣) يبين طريقة تمديد الخطوط الهوائية تبعًا لتوصيات شركة (Atlas Copco).



الشكل (١ - ٣)

حيث إن:

الضاغط	1
مبرد الإعادة	2
مخمد اهتزازات خط السحب	3
خزان الضغط	4
محبس تصريف الماء المتكاثف فى الخزان	5
إمالة الخطوط الهوائية بميل 1% على الأفقى فى اتجاه التدفق	6
مآخذ الأحمال وتكون من خلال كوع لأعلى الخط	7
محبس مآخذ الأحمال	8

وهناك اعتبارات عامة تؤخذ عند عمل الشبكات الهوائية وهى كما يلى:

١ - ميل الخطوط الرئيسية يساوى 1% على الأفقى فى اتجاه تدفق الهواء المضغوط.

٢ - يوصل خط الحمل مع الخط الرئيسى بواسطة كوع نصف قطر دائرته يساوى خمس مرات قطر خط الحمل.

٣ - يسمح بارتخاء الخراطيم المرنة أثناء تمديدها لتعويض النقص الناشئ عن مرور الهواء المضغوط والذى قد يصل إلى 5% من طولها.

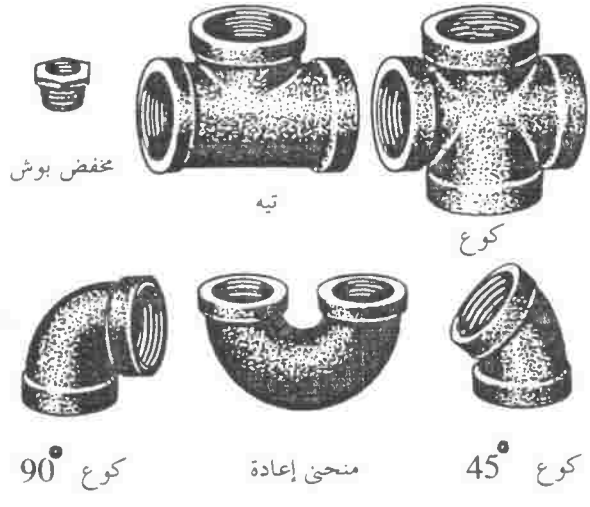
٤ - يجب ألا يقل نصف قطر انحناء الخراطيم المرنة عن خمس مرات من القطر الخارجى لها.

١ / ٥ - أدوات التوصيل Fittings :

يعتمد نوع أدوات التوصيل المستخدمة على نوع الخطوط المستخدمة وفيما يلى أهم الأدوات المستخدمة.

أولاً: أدوات التوصيل المقلوظة Threaded Connectors :

وتستخدم هذه الأدوات مع مواسير الصلب، وفى هذه الحالة تكون أدوات التوصيل مقلوظة، وكذلك فإن أطراف المواسير تكون مقلوظة، وعادة تستخدم شرائط إحكام رباط مع هذه الوصلات حيث توضع حول الطرف المقلوظ للماسورة، وتصنع الأدوات المقلوظة من الصلب أو سبائك النحاس. والشكل (١ - ٤) يعرض بعض هذه الأدوات.

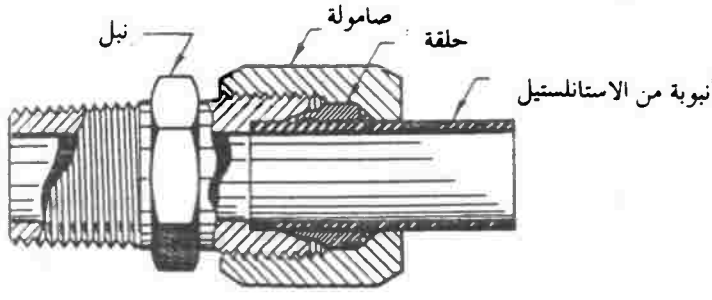


الشكل (١ - ٤)

ثانيًا: أدوات التوصيل الانضغاطية Compression Connectors :

وتستخدم هذه الأدوات مع الأنابيب شبه الصلبة (نحاس - إستانلستيل)، وتتكون الوصلة الانضغاطية من نبل وجلبة أو حلقة وصامولة. حيث توضع الأنبوبة شبه الصلبة داخل الصامولة، ثم بعد ذلك توضع الجلبة المسلوبة داخل الصامولة، وبعد ذلك يتم تجميع الصامولة مع النبل فيضغط النبل على الحافة المشطوفة للجلبة

أو الحلقة فتنسلخ الحافة الثانية للجلبة لتدخل فى الفراغ المحصور بين التخويش الأسطوانى للنبل والمحيط الخارجى للأنبوبة، وتؤدى قوة ضغط الصامولة على شطف الجلبة إلى تثبيت الوصلة جيداً. والشكل (١ - ٥) يعرض قطاعًا فى وصلة انضغاطية.



الشكل (١ - ٥)

ثالثًا : الوصلات السريعة Quick Connect Couplings :

وتستخدم هذه الأدوات دائمًا مع الخراطيم المرنة، وتتميز بسرعة تجميعها وفكها بدون إحداث تسرب للهواء المضغوط. وأكثر الوصلات السريعة المستخدمة فى النظم الهوائية تحتوى على صمام لارجعى يكون مفتوحًا عندما تكون الوصلة مجمعة والعكس بالعكس، وبالتالى تمنع تسرب الهواء المضغوط إلى الخارج عند فكها. والشكل (١ - ٦) يعرض وصلة سريعة.

الشكل (١ - ٦)

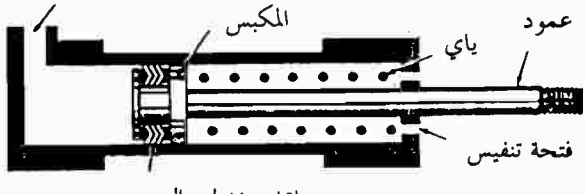
وفيما يلى رمز خط الضغط 1، وخط العادم 2، وخط التحكم 3، والوصلة المرنة 4، ووصلة سريعة مفكوكة 5 ووصلة سريعة مجمعة 6.

١ / ٦ - الأسطوانات الهوائية Pneumatic Cylinders :

تعد الأسطوانات الهوائية أهم عناصر الفعل المستخدمة للحصول على حركة فى خط مستقيم أو حركة ترددية أو حركة زاوية. وبالرغم من وجود اختلافات كثيرة فى تصميم الأسطوانات وتطبيقاتها إلا أنه يمكن تقسيم الأسطوانات إلى نوعين رئيسيين وهما :

١ - أسطوانات أحادية الفعل Single acting Cylinder :

وهى أسطوانات قادرة على إعطاء قوة دفع فى اتجاه الذهاب فقط. والشكل (١ - ٧) يعرض قطاعًا فى



الشكل (١ - ٧)

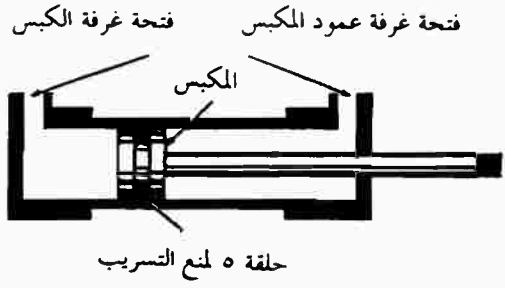
أسطوانة أحادية الفعل بياى إرجاع، وتحتوى هذه الأسطوانة على فتحة واحدة لدخول الهواء أو خروجه، فعند وصول الهواء المضغوط من فتحة الأسطوانة يندفع المكبس الموجود داخل الأسطوانة للأمام، وعند انقطاع الهواء المضغوط عن فتحة الأسطوانة يعود المكبس للخلف بفعل ياى الإرجاع.

ويلاحظ وجود فتحة تنفيس فى غرفة عمود المكبس لتجنب مقاومة الهواء الموجود بداخلها فى شوط الذهاب وفى المقابل رمز الأسطوانة الأحادية الفعل.

٢ - الأسطوانة الثنائية الفعل Double acting Cylinder :

وهى أسطوانات تعطى قوة دفع للأحمال فى اتجاه الذهاب والعودة، وتعد هذه الأسطوانات هى أكثر الأسطوانات انتشارًا. والشكل (١ - ٨) يعرض قطاعًا فى أسطوانة ثنائية الفعل، وتحتوى هذه الأسطوانات على فتحتين وهما : فتحة غرفة

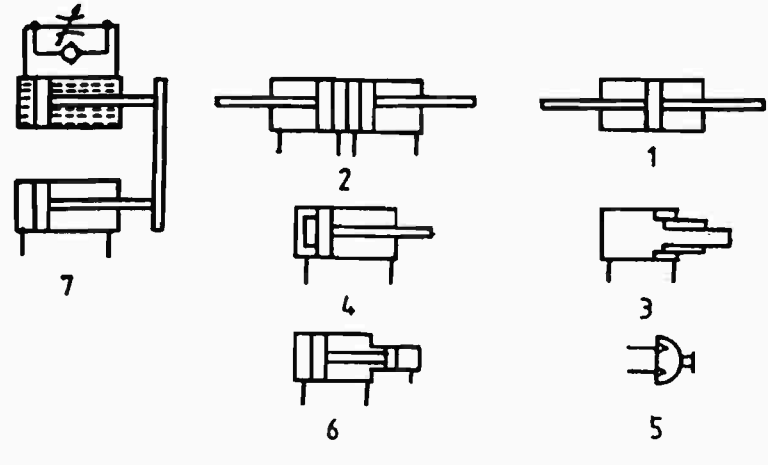
المكبس، وفتحة غرفة العمود، فعند دخول الهواء المضغوط من فتحة غرفة المكبس تتقدم الأسطوانة للأمام ليخرج الهواء الموجود أمام المكبس من فتحة غرفة العمود. وعند دخول الهواء المضغوط من فتحة غرفة العمود تتراجع الأسطوانة للخلف ليخرج الهواء الموجود خلف المكبس من فتحة غرفة المكبس.



الشكل (١ - ٨)

وفيما يلى رمز الأسطوانة ثنائية الفعل:

ويوجد تصميمات خاصة للأسطوانات، **وفيما يلى رموز الأنواع المختلفة لهذه التصميمات:**



وفيما يلى عرض سريع لهذه الأنواع وهى كما يلى:

١ – الرمز 1 لأسطوانة ثنائية الفعل بذراعى دفع على جانبيها، وهى تستخدم للحصول على دفع مزدوج فى شوطى الذهاب والعودة.

٢ – الرمز 2 لأسطوانة متعددة المواضع حيث تستخدم للحصول على أكثر من موضع للتشغيل، وذلك بتثبيت أحد ذراعى الأسطوانة والتحكم فى تدفق الهواء المضغوط، فعند تقدم ذراع واحد للأسطوانة نحصل على وضع التشغيل الأول. وعند تقدم ذراعى الأسطوانة نحصل على وضع التشغيل الثانى، وعند تراجع ذراعى الأسطوانة للخلف نحصل على وضع التشغيل الثالث.

٣ – الرمز 3 لأسطوانة تلسكوبية وهى تستخدم للحصول على أشواط كبيرة فعند السماح للهواء المضغوط بالدخول من مدخل غرفة المكابس تتقدم المكابس المتداخلة الأكبر فالأصغر لنحصل على شوط كبير. أما عند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة الأعمدة تتراجع المكابس الأصغر فالأكبر.

٤ – الرمز 4 لأسطوانة بخمد فى اتجاه الذهاب، وتتميز هذه الأسطوانة بانخفاض سرعتها فى نهاية شوط الذهاب، وبالتالى تمنع حدوث تصادم المكبس مع جسم الأسطوانة ويوحد أسطوانات بخمد فى مشوار الذهاب أو العودة أو كليهما معًا.

٥ – الرمز 5 لأسطوانة دوارة وتعطى هذه الأسطوانة زوايا دورانية أقل من 360° فى الاتجاهين، ويعتمد اتجاه دوران الأسطوانة على اتجاه تدفق الزيت المضغوط.

٦ – الرمز 6 لأسطوانة تكبير الضغط وتستخدم هذه الأسطوانات فى الاستخدامات التى تحتاج لضغط كبير جداً مع معدل تدفق صغير، فعند دخول الهواء المضغوط من فتحة غرفة المكبس الكبير يتقدم المكبس الكبير دافعًا معه المكبس الصغير فنحصل على ضغط عالٍ جداً من فتحة غرفة المكبس الصغير يتناسب مع النسبة بين مساحتى المكبسين.

٧ – الرمز 7 لأسطوانة هيدروليكية نيوماتيكية وتستخدم هذه الأسطوانة فى آلات الورش للحصول على تغذية رأسية وأفقية كما هو الحال فى الفرايز والمقاشط.. إلخ بسرعة منخفضة جداً عند الذهاب وسرعة عادية عند العودة.

وتتكون من أسطوانتين ثنائيتين الفعل، إحداهما هوائية، والثانية زيتية، أما الأسطوانة الزيتية فهى مملوءة بالزيت ويوصل مدخلا الأسطوانة معًا من خلال صمام خانق لارجعى (سوف نتناوله فى الفقرة ١ - ٨) يقوم بخنق الزيت المار به فى اتجاه واحد.

١ / ٧ - المحركات الهوائية Air motors :

يفضل استخدام المحركات الهوائية عن المحركات الكهربية فى ميادين كثيرة خصوصًا فى القدرات الصغيرة والتى لا تتعدى 30 HP للأسباب التالية:

١ - سعرها منخفض نسبيًا.

٢ - تكاليف تشغيلها منخفضة نسبيًا.

٣ - أكثر أمانًا خصوصًا فى الأماكن الخطرة التى لا تتحمل حدوث شرر كهربى فيها.

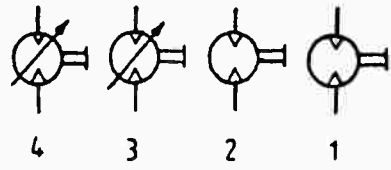
٤ - لا تحتاج لحماية ضد زيادة الأحمال عليها كما أن عزم بدئها كبير.

٥ - ذات أحجام وأوزان صغيرة نسبيًا ويسهل صيانتها.

٦ - يمكن بسهولة جدًا التحكم فى سرعاتها بالصمامات الخانقة اللارجعية.

٧ - تستخدم كبادئات لبعض محركات الديزل والتوربينات الغازية بدلاً من استخدام البطاريات.

وأكثر المحركات الهوائية انتشارًا المحركات الترددية. وهناك أنواع أخرى من المحركات الهوائية مثل المحركات الريشية، علمًا بأن تركيب المحركات الهوائية لا يختلف كثيرًا عن تركيب الضواغط الهوائية، حيث إن الاختلاف فقط فى مبدأ التشغيل، فالمحركات الهوائية تغذى بالهواء المضغوط للحصول على حركة دورانية. أما الضواغط فتدار للحصول على هواء مضغوط، وفيما يلى رموز الأنواع المختلفة للمحركات الهوائية حسب الوظيفة.



فالرمز 1 لمحرك هوائى بسرعة ثابتة، ويدور فى اتجاه واحد .

والرمز 2 لمحرك هوائى بسرعة ثابتة ويدور فى اتجاهين.

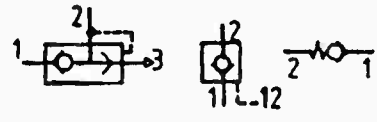
والرمز 3 لمحرك هوائى بسرعة متغيرة ويدور فى اتجاه واحد .

والرمز 4 لمحرك هوائى بسرعة متغيرة ويدور فى اتجاهين.

١ / ٨ - الصمامات اللارجعية والصمامات الخانقة ومخفضات صوت العادم:

أولاً: الصمامات اللارجعية Check Valves:

وتقوم هذه الصمامات بالسماح بمرور الهواء المضغوط فى اتجاه واحد، وتمنع سريانه فى الاتجاه الآخر، **وفيما يلى رموز الأنواع المختلفة للصمامات اللارجعية وهى كما يلى:**



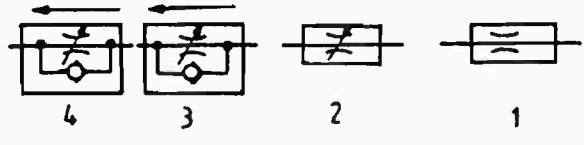
- الرمز 1 لصمام لارجعى بياى حيث يسمح هذا الصمام بمرور الهواء المضغوط فى الاتجاه 2 ← 1 فقط، وتسمى الفتحة 1 بفتحة الدخول والفتحة 2 بفتحة الخروج.
- الرمز 2 لصمام لارجعى بإشارة تحكم، ويحتوى هذا الصمام على ثلاث فتحات وهى: فتحة دخول 1 وفتحة خروج 2 وفتحة تحكم 12، بحيث يسمح هذا

الصمام بمرور الهواء فى الاتجاه 2 ← 1، ولكن عند وصول إشارة ضغط عند المدخل 12 يسمح بمرور الهواء المضغوط فى الاتجاه 1 ← 2.

- الرمز 3 لصمام تصريف سريع **Quick exhaust Valve**، ويتكون هذا الصمام من صمام لارجعى عادى، وصمام لارجعى بإشارة تحكم موصلين معًا كما هو واضح من رمز الصمام، ولهذا الصمام ثلاث فتحات وهى: 1, 2, 3 حيث يمكن للهواء المضغوط أن يمر فى المسار 2 ← 1 أو المسار 3 ← 2 **فقط**.

ثانيًا: الصمامات الخانقة Restrictors:

وتقوم هذه الصمامات بخنق مرور الهواء المضغوط وفيما يلى رموز هذه الصمامات.



وهى كما يلى:

أ - **الصمامات الخانقة العادية**: وتقوم هذه الصمامات بتقليل معدل تدفق الهواء المضغوط، وهى تتكون من: أنبوبة معدنية بها مكان ضيق لخنق مرور الهواء المضغوط، وتوجد أنواع بخنق ثابت (الرمز 1)، وأخرى بخنق يمكن معايرته بوسيلة يدوية (الرمز 2).

ب - **الصمامات الخانقة اللارجعية**: وهى صمامات تقوم بخنق تدفق الهواء المضغوط فى اتجاه واحد فقط، وتستخدم لتقليل سرعة الأسطوانات أو المحركات الهوائية فى اتجاه واحد فقط، وتتكون هذه الصمامات من صمام خانق موصل بالتوازى مع صمام لارجعى، وتوجد أنواع بخنق ثابت (الرمز 3)، وأخرى بخنق يمكن معايرته بوسيلة يدوية (الرمز 4) حيث يمر الهواء المضغوط فى الاتجاه المبين بالرمز بدون خنق.

ثالثًا : مخفضات صوت العادم Silencers :

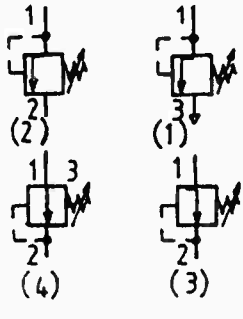
وتقوم هذه المخفضات بتقليل سرعة هواء العادم، وبالتالى تنخفض الضوضاء الناتجة عن خروج هواء العادم، ويراعى استخدام مخفضات صوت العادم ذات الحجم المناسب حتى لا يخنق حركة الهواء العادم، والتأكد دائمًا بعدم انسداد ثقوب المخفضات، وفيما يلى رمز مخفض صوت العادم.

١ / ٩ - صمامات التحكم فى الضغط Pressure Control Valves :

وتقوم هذه الصمامات بالتحكم فى ضغط الهواء المضغوط. وفيما يلى رموز الأنواع المختلفة لهذه الصمامات وهى كما يلى :

١ - صمامات الأمان (تصريف الضغط) Relief Valves :

وتقوم هذه الصمامات بتحديد القيم العظمى للضغط وتستخدم عادةً فى خزانات الهواء المضغوط لمنع زيادة الضغط داخل الخزان لحدود غير آمنة (الرمز 1).



حيث تمرر هذه الصمامات الهواء المضغوط فى المسار 3 ← 1 عند زيادة الضغط عند المدخل 1 للقيمة المعايرة عليها علمًا بأنه يمكن ضبط هذه الصمامات عند الضغط المطلوب بوسيلة يدوية معدة لذلك.

٢ - الصمامات التتابعية Sequence Valves :

وتقوم هذه الصمامات بالسماح بمرور الهواء المضغوط فى المسار 2 ← 1، وذلك عند وصول الضغط عند المدخل 1 للحد المعاير عليه الصمام التتابعى. وتتشابه الصمامات التتابعية وصمامات الأمان فى التصميم لحد كبير مع اختلاف وظيفة كل منهما (الرمز 2).

٣ - صمامات تنظيم الضغط Pressure regulators :

وتقوم هذه الصمامات بتقليل ضغط الهواء الداخل من الفتحة 1 والخارج من الفتحة 2، وهناك نوعان من هذه الصمامات وهما :

أ - **صمام تنظيم ضغط بدون فتحة تصريف** : ويقوم هذا الصمام بتقليل ضغط الهواء المضغوط الداخل من 1 والخارج من الفتحة 2، أما إذا زاد الضغط عن الفتحة 2 (نتيجة لتوقف استهلاك الهواء المضغوط عند الحمل) فيقوم الصمام بقطع تدفق الهواء المضغوط فى المسار 2 ← 1، ويسمح بمرور الهواء من الحمل إلى الهواء الجوى فى المسار 3 ← 2، وبذلك يحدث استقرار للضغط عند الحمل بدون قفزات للضغط .

١ / ١٠ - وحدة الخدمة Service Unit :

توضع وحدة الخدمة فى مدخل الهواء المضغوط عند كل آلة أو معدة، وتقوم هذه الوحدة بإعادة تنظيف وترشيح الهواء المضغوط، وذلك بترشيح الهواء المضغوط من الأتربة العالقة به، وفصل الماء الموجود فيه، وتقوم أيضًا بتنظيم ضغوط الهواء المضغوط عند الأحمال مهما تغيرت ظروف الأحمال .

وأخيراً تقوم بتشبيع الهواء المضغوط ببخار الزيت من أجل تزييت الأجزاء المنزلقة داخل عناصر التحكم الهوائية لحمايتها من التآكل .

وتتكون وحدة الخدمة من أربعة عناصر وهى :

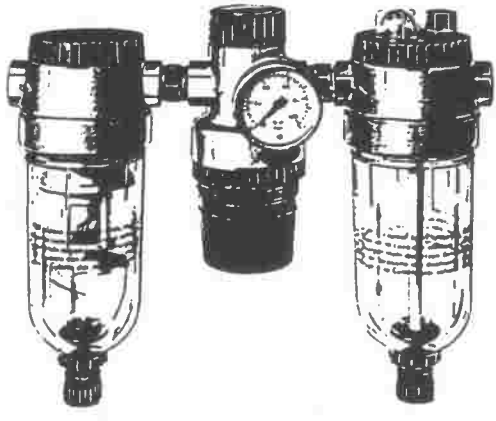
١ - مرشح هواء بفاصل ماء Filter/ Separator

٢ - صمام تنظيم الضغط Pressure regulator

٣ - عداد قياس ضغط Pressure gauge

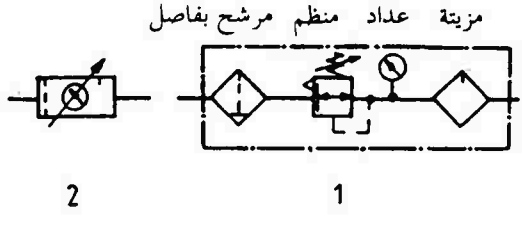
٤ - مزيتة Oiler

والشكل (١ – ٩) يعرض صورة لوحدة خدمة من صناعة شركة Spirax Sarco



الشكل (١–٩)

وفيما يلى رمز وحدة الخدمة كرمز مفصل (الرمز 1) وكرمز مختصر (الرمز 2) .



١ / ١١ – وحدة الرفع بالتفريغ Suction Lifter :

تتكون وحدة الرفع بالتفريغ من :

١ – منفاخ هوائى Impulse ejector .

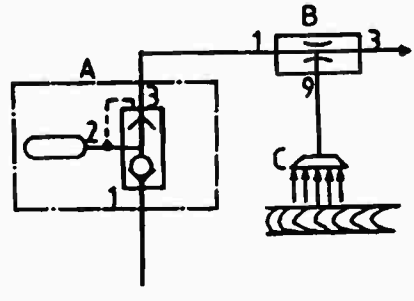
٢ – فونية سحب Suction nozzle .

٣ – كاس سحب Suction Cup .

أما المنفاخ الهوائى : فيتكون هو الآخر من خزان هواء صغير، وصمام تصريف

سريع، ويقوم المنفاخ الهوائى بإمرار شحنة الخزان كدفعة واحدة، وذلك عند انقطاع دخول الهواء المضغوط من الفتحة 1 ليصل إلى الفتحة 1 لفونية السحب، فتقوم بإحداث تفريغ هوائى عند الفتحة 9 وبالتالى يحدث تفريغ عند كأس السحب، فيتمكن هذا الكأس من رفع أى جسم قريب منه نتيجة للتفريغ الحادث. وفيما يلى الرمز المفصل لوحدة الرفع بالتفريغ حيث إن :

المنفاخ الهوائى A　　فونية السحب B　　كأس السحب C

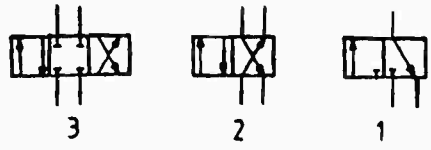


١ / ١٢ - الصمامات الاتجاهية Direction Valves :

تصمم الصمامات الاتجاهية لتوجيه الهواء المضغوط عند الوقت اللازم بالطريقة التى تسمح بتشغيل أو إيقاف عناصر الفعل على سبيل المثال دوران محرك هوائى أو حركة مكبس أسطوانة للأمام أو الخلف وهكذا.

ويتم تسمية الصمام الاتجاهى تبعًا لعدد فتحاته، وكذلك تبعًا لعدد مواضع التشغيل. وعادة يرمز لكل صمام اتجاهى بمستطيل مقسم إلى عدد من المربعات كل مربع يسمى وضع تشغيل، ويوضع على المحيط الخارجى لكل وضع تشغيل (مربع) أطراف التوصيل (فتحات) الصمام، ثم يحدد مسارات التدفق فى كل موضع بمجموعة من الأسهم التى تدل على اتجاه التدفق، ونستخدم حرف T للإشارة إلى أن الفتحة مغلقة وعدم مرور الهواء المضغوط فيها.

وعادة توصل خطوط رأسية بأطراف التوصيل للصمام فى الوضع الابتدائى أو وضع التشغيل المستخدم. **وفيما يلى رموز ثلاثة أنواع مختلفة من الصمامات :**



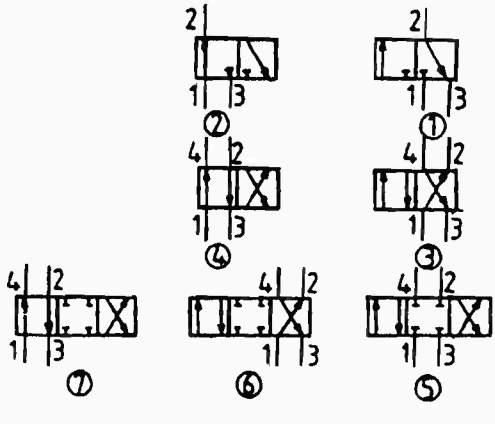
- فالرمز 1 لصمام بوضعى تشغيل وثلاث فتحات ويسمى هذا الصمام بصمام اتجاهى 3/2 .
- والرمز 2 لصمام بوضعى تشغيل وأربع فتحات ويسمى هذا الصمام بصمام اتجاهى 4/2 .
- والرمز 3 لصمام بثلاثة أوضاع تشغيل وأربع فتحات ويسمى بصمام اتجاهى 4/3 .

وهناك طريقتان لترقيم أطراف توصيل الصمام، إما باستخدام رموز حرفية (طريقة قديمة)، أو باستخدام رموز عددية (طريقة حديثة) والجدول (١ - ١) يعرض الرموز المستخدمة لهذه الطرق .

الجدول (١ - ١)

نوع أطراف التوصيل	الترقيم الحرفى	الترقيم العددى
أطراف توصيل الأسطوانات .	A, B, C, ...	2, 4, 6, ...
طرف توصيل مصدر الهواء	P	1
أطراف التصريف (العادم)	R, S, T, ... W	3, 5, 7, ...
أطراف التحكم	X, Y, Z	12, 14, 16, ...

وفيما يلى رموز ثلاثة أنواع مختلفة من الصمامات فى الوضع الابتدائى وأوضاع التشغيل مستخدمًا الطريقة الحديثة للترقيم حيث إن :



- الرمز 1 لصمام اتجاهى 3/2 يعمل على الوضع الأيمن وفيه الفتحة 1 مغلقة والمسار 3 ← 2 مفتوح .
- الرمز 2 يعرض رمز صمام اتجاهى 2/3 يعمل على الوضع الأيسر وفيه الفتحة 3 مغلقة والمسار

2 ⟵ 1 مفتوح.

- الرمز 3 لصمام اتجاهى 4/2 يعمل على الوضع الأيمن ومسارات التدفق فى هذا الوضع كما يلى : 2 ⟵ 1, 3 ⟵ 4.

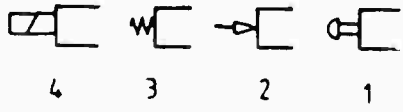
- الرمز 4 لصمام اتجاهى 2 /4 يعمل على الوضع الأيسر ومسارات التدفق فى هذا الوضع كما يلى : 4 ⟵ 1, 3 ⟵ 2.

- الرمز 5 لصمام اتجاهى 4/3 يعمل عند الوضع المركزى (التعادل) وفيه جميع فتحات الصمام مغلقة.

- الرمز 6 لصمام اتجاهى 4/3 يعمل عند الوضع الأيمن ومسارات التدفق فيه 2, ⟵ 1 3 ⟵ 4.

- الرمز 7 لصمام اتجاهى 4/3 يعمل عند الوضع الأيسر ومسارات التدفق فيه 4, ⟵ 1 3 ⟵ 2.

ملاحظة : يوضع على جانبى المستطيل المعبر عن الصمام وسائل تشغيل الصمام ورموزها كما يلى :



- تشغيل الصمام بضاغط يدوى (رمز 1).

- تشغيل الصمام بإشارة ضغط هوائية (رمز 2).

- عودة الصمام بياى إرجاع (رمز 3).

- تشغيل الصمام بملف كهربى (رمز 4).

وسوف نتناول فى الفقرات القادمة البوبينات الكهربية (الملفات الكهربية) المستخدمة فى تشغيل الصمامات الاتجاهية الكهروهوائية، وكذلك الأنواع المختلفة للصمامات الاتجاهية الكهروهوائية حسب التصميم.

١ / ١٢ / ١ - البوبينات الكهربية Electrical Solenoids :

تتكون البوبينات الكهربية بصفة عامة من قلب مغناطيسى وملف كهربى ويمكن الحصول على قوة دفع وقوة جذب من البوبينات الكهربية، **وهناك نوعان من البوبينات الكهربية أحدهما يعمل بالتيار المستمر، والآخر يعمل بالتيار المتردد.**

أولاً: بوبينات التيار المتردد:

تصمم هذه البوبينات بحيث يكون قلبها المغناطيسى على شكل حرف T لتقليل التيار المسحوب من المصدر الكهربى مما يزيد من عمر البوبينة.

وفيما يلى أهم أسباب تلف بوبينات التيار المتردد:

١ - وجود مشكلة ميكانيكية فى الصمام الاتجاهى تمنع حركة القلب المغناطيسى للبوبينة.

٢ - وصول تيار كهربى لبوبينتى الصمام الاتجاهى ذى البوبينتين فى لحظة واحدة.

٣ - وصول عدد مرات تشغيل البوبينة لحوالى 15000 مرة تقريباً.

ثانيًا: بوبينات التيار المستمر:

وفيما يلى أهم مميزات بوبينات التيار المستمر:

١ - لا تحترق عند توقف القلب المغناطيسى لها فى منتصف الشوط؛ نتيجة لمشكلة ميكانيكية فى الصمام الاتجاهى.

٢ - لا تحترق عند وصول تيار كهربى لبوبينتى الصمام الاتجاهى ثنائى البوبينة فى آن واحد.

٣ - يتراوح عمر هذه البوبينات لحوالى 25000 مرة تشغيل تقريباً.

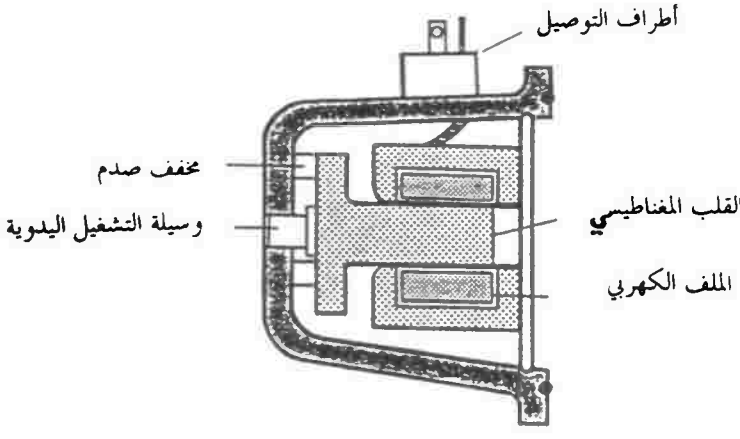
أما عيوب هذه البوبينات فيمكن تلخيصها فى النقاط التالية:

١ - مكلفة عند التصميم.

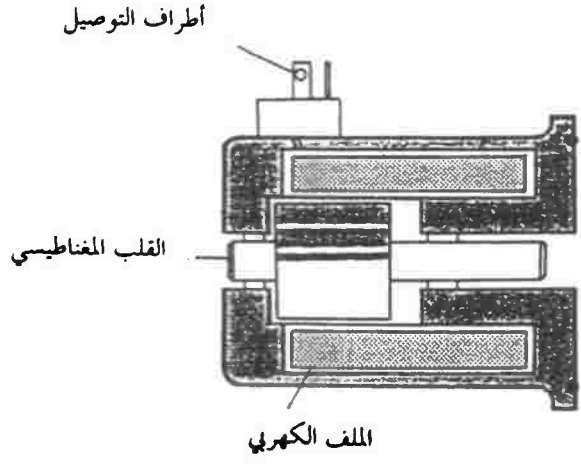
٢ - تحتاج لمصدر كهربى خاص.

٣ - زمن استجابتها كبير مقارنة بزمن استجابة بوبينات التيار المتردد.

والشكل (١ – ١٠) يعرض قطاعًا فى بوبينة تيار متردد (أ) وقطاعًا فى بوبينة تيار مستمر (ب).



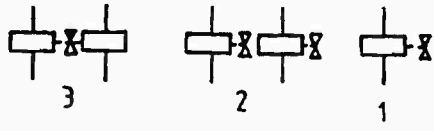
أ



ب

الشكل (١ – ١٠)

وفيما يلى رموز بوبينات الصمامات الاتجاهية، فالرمز 1 لبوبينة صمام بملف واحد والرمز 2، وكذلك الرمز 3 لبوبينة صمام بملفين.



١ / ١٢ / ٢ - أنواع الصمامات الاتجاهية حسب التصميم:

تنقسم الصمامات الاتجاهية حسب تصميمها إلى:

أ - صمامات اتجاهية قفازة Poppet Valves.

ب - صمامات اتجاهية منزلقة Sliding Spool Valves.

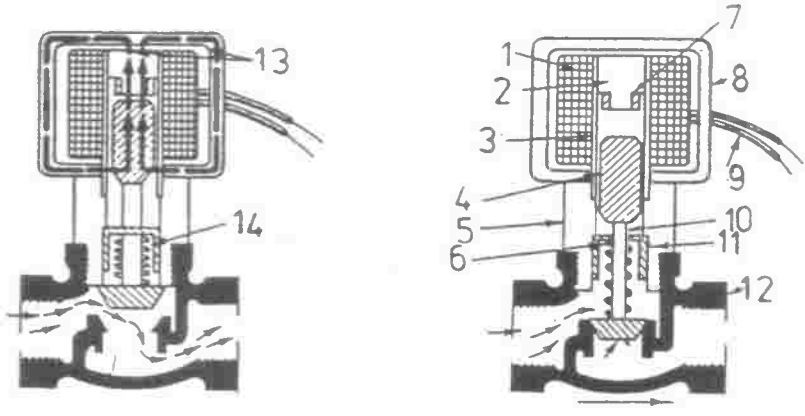
أولاً: الصمامات الاتجاهية القفازة:

تفضل الصمامات الاتجاهية القفازة فى الدوائر النيوماتيكية ذات التدفقات الكبيرة التى تحتاج لسرعة استجابة عالية عند الفتح والغلق، وعادة فإن هذه الصمامات تكون صمامات 3/2 أو 2/2، وتتميز هذه الصمامات بخلوها من التسربات وطول أعمارها، وعدم حاجتها للتزييت. ولكن يعاب عليها بكبر أحجامها، وعدم تنوع تصميماتها، وذلك لطبيعة عملها. والشكل (١ - ١١) يعرض قطاعين لصمام قفاز 2/2 يعمل بملف وياى **أحدهما** فى الوضع الابتدائى (أ)، **والثانى** فى وضع التشغيل أى عند وصول تيار كهربى لملف الصمام (ب).

حيث إن:

ملف كهربى	1
القلب المغناطيسى الثابت	2
أنبوبة يوضع بها القلب المتحرك	3
القلب المغناطيسى المتحرك	4

غطاء	5
ياى إرجاع	6
ملف كهربى مظلل	7
جسم الملف	8
أطراف الملف الكهربى	9
عمود دفع	10
غلاف ياى الإرجاع	11
جسم الصمام	12
مسار الفيض المغناطيسى	13
ياى الإرجاع (مضغوط)	14



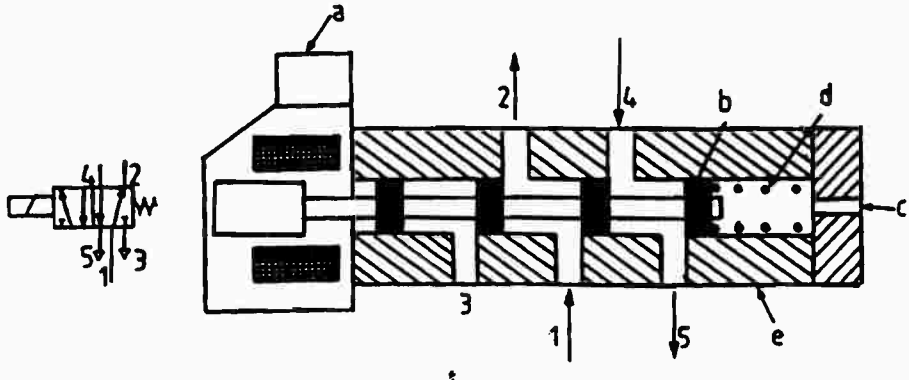
ب أ

الشكل (١-١١)

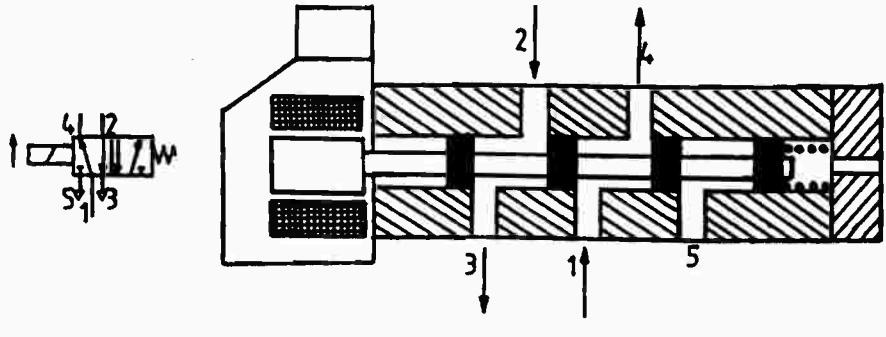
ثانيًا : الصمامات الاتجاهية المنزلقة :

تعد الصمامات الاتجاهية المنزلقة هى أكثر الصمامات الاتجاهية انتشاراً لتصميماتها المتنوعة، ولكن يعاب عليها حدوث تسربات عند أوضاع التشغيل ذات الفتحات المغلقة؛ وذلك نتيجة للخلوصات الموجودة بين العنصر المنزلق للصمام وجسم الصمام

والتى تصل إلى (5: 15 µm)، علمًا بأنه قد عملت تصميمات خاصة للعنصر المنزلق لمنع التسربات ويسمى هذا النوع Packed Spool. وفى الشكل (١ – ١٢) قطاعان لصمام اتجاهى منزلق 5/2 بملف وياى فى الوضع الطبيعى (أ)، وعند وصول تيار كهربى لبوبينة الصمام (ب) وفى الشكل ذاته رمز الصمام فى الوضع الطبيعى، والرمز عند وصول تيار لبوبينة الصمام ويشار لذلك بسهم بجوار البوبينة.



أ



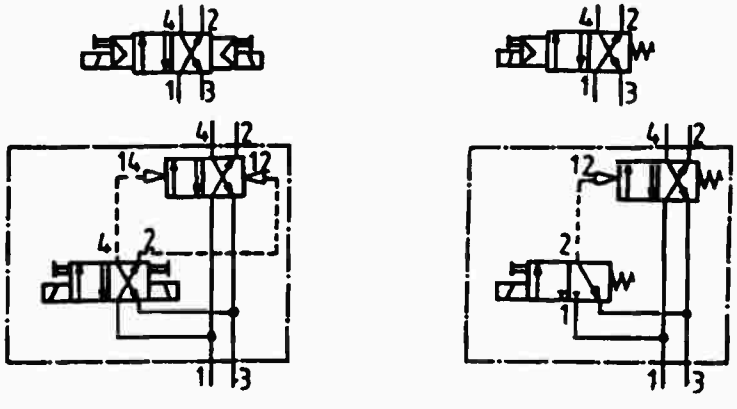
ب

الشكل (١ – ١٢)

حيث إن:

البوبينة الكهربية (بوبينة تيار مستمر)	a
العنصر المنزلق Spool	b
فتحة تصريف المتسرب لغرفة ياى الإرجاع	c
ياى الإرجاع	d
جسم الصمام	e

ففى الوضع الطبيعى تكون مسارات التدفق فيه 2 ⟶ 5, 1 ⟶ 4، وفى وضع التشغيل تكون مسارات التدفق فيه 4 ⟶ 3, 1 ⟶ 2 . علمًا بأنه كلما زاد حجم الصمام الاتجاهى ازدادت القوة اللازمة لتحريك العنصر المنزلق للصمام، لذلك عادة تصمم الصمامات الاتجاهية ذات التدفقات الكبيرة (والتى تحتوى على عنصر منزلق ذى حجم كبير) بتحكم مسبق، حيث تتكون هذه الصمامات من صمامين: **أحدهما** صمام إشارة، ويكون صغير الحجم، ويتم التحكم فيه بالملفات الكهربية الصغيرة، **والآخر** صمام رئيسى، ويكون بحجم كبير، ويمر فيه التدفقات الكبيرة للهواء المضغوط، ويتم التحكم فيه بإشارات ضغط قادمة من صمام الإشارة. وفى الشكل (١ – ١٣) الرمز المختصر والمفصل لصمام 4/2 سابق التحكم بملف وياى وبوسيلة يدوية (أ)، والرمز المختصر والمفصل لصمام 4/2 سابق التحكم بملفين كهربيين ووسيلتين يدويتين (ب).



ب أ

الشكل (١ – ١٣)

أولاً: الصمام 4/2 سابق التحكم ذو الملف والياى والمزود بوسيلة يدوية:

فهذا الصمام يتكون داخليًا من صمام إشارة 4/2 بملف، ووسيلة يدوية وياى إرجاع وآخر رئيسى 4/2 بإشارة ضغط وياى إرجاع.

فكرة عمل الصمام:

عند وصول تيار كهربى لملف صمام الإشارة يتغير وضع صمام الإشارة إلى الوضع الأيسر، وفيه يمر الهواء المضغوط فى المسار 4 ← 1 ليصل لمدخل التحكم 12 للصمام الرئيسى، فيتغير وضع التشغيل للصمام الرئيسى إلى الوضع الأيسر. وعند انقطاع التيار الكهربى عن ملف الصمام يعود صمام الإشارة إلى الوضع الأيمن بفعل يای الإرجاع فتنقطع إشارة الضغط عن فتحة التحكم 12 للصمام الرئيسى، فيعود هو الآخر للوضع الأيمن بفعل يای الإرجاع.

ثانيًا: الصمام 4/2 سابق التحكم والذى يعمل بملفين كهربيين ووسيلتين يدويتين:

وهو يتكون من صمام إشارة 4/2 بملفين ووسيلتين يدويتين، وكذلك صمام رئيسى 4/2 بإشارتى ضغط.

فكرة عمل الصمام:

عند وصول تيار كهربى لملف صمام الإشارة الأيسر يتغير وضع الصمام إلى الوضع الأيسر، فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 4 ← 1 ليصل لمدخل التحكم 14 للصمام الرئيسى فيتغير وضع التشغيل للصمام الرئيسى إلى الوضع الأيسر. وبالمثل عند وصول تيار كهربى لملف صمام الإشارة الأيمن، يعود الصمام لوضع التشغيل الأيمن فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 ← 1 ليصل لمدخل التحكم 12 للصمام الرئيسى، فيعود الصمام الرئيسى لوضعه الأيمن وهكذا. وبذلك يمكن التحكم فى صمام كبير الحجم بملف كهربى صغير وهذا أفضل من ناحية استهلاك القدرة الكهربية.

وفى الشكل (١ – ١٤) صورة مجسمة لصمام اتجاهى 5/2 سابق التحكم بملف ويای.

حيث إن:

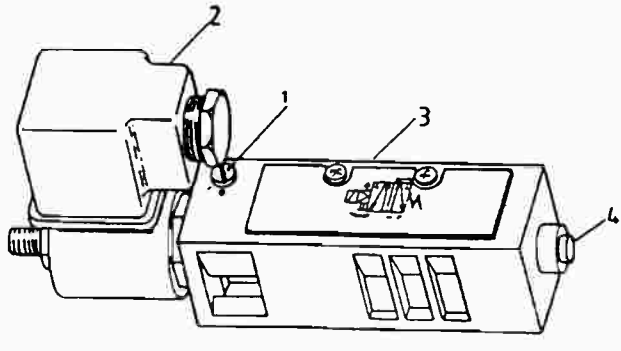
1 وسيلة يدوية للتشغيل فعند وضع حز المسمار فى مقابلة الوضع 0؛ فإن الصمام يعمل فقط عند وصول تيار كهربى لملفه، أما عند وضع حز المسمار فى مقابلة الوضع 1 (بواسطة مفك يدوى)؛ فإن الصمام ينتقل للوضع الأيسر ليعمل

بصفة مستديمة فى هذا الوضع إلى أن يعاد هذا المسمار لوضع 0، وتستخدم هذه الوسيلة اليدوية فى أعمال الصيانة.

2 الملف الكهربى.

3 جسم الصمام.

4 غطاء زجاجى بعلم يكون لونه أحمر عند عمل الصمام أى عند وصول تيار كهربى لملف الصمام أو عند وضع الوسيلة اليدوية على وضع 1.



الشكل (١ - ١٤)