الباب الأول

العناصر النيوماتيكية والإليكترونيوماتيكية

١ - ١ مقدمـــة

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 إليكترونيوماتيكية وكذلك عناصر تحكم كهربية .

أى أن النظم الإليكترونيوماتيكية تحتوى على ثلاثة عناصر مختلفة وهى :

عناصر نيوماتيكية ، عناصر إليكترونيومانيكية ، عناصر كهربية .

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

أما العناصر النيوماتيكية فيندرج تحتها مايلى :

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 في الضغط

جـ – الصمامات اللارجعية وكواتم صوت العادم .

أما العناصر الإليكترونيوماتيكية فتتركز فى الصمامات الاتجاهية بأنواعها المختلفة .

ولقد وجد بالتجربة أن التحكم الإلكترونيوماتيكى 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 لاتتحمل حدوث أى شرر كهربى فيها خوفاً من حدوث الانفجارات والحرائق بها .

١ – ٢ الضواغط الهوائية Air Compressors

الضاغط الهوائى : هو القلب النابض لأى نظام تحكم اليكتروهوائى ، ويقوم الضاغط بتوليد الهواء المضغوط اللازم فى عمليات التحكم الهوائية حيث يدخل الهواء الجوى من خط

obeikandl.com

السحب للضاغط بالضغط الجوى ويساوى ($1\ bar\ (Kg_f / Cm^2)$ ، ويخرج الهواء المضغوط المستخدم فى التحكم الإليكتروهوائى من خط الطرد للضاغط بضغوط تتراوح مابين (5:1 bar) ويستخدم الهواء المضغوط في تشغيل عناصر الفعل الهوائية مثل : الأسطوانات والمحركات الهوائية ... إلخ وهذه العناصر موجودة فى الماكينات العاملة بالهواء المضغوط .

وعادة تدار الضواغط الهوائية 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 ، وتحتوي كل أسطوانة فى قاعدتها على صمامين **أحدهما** : يسمى صمام السحب حيث يفتح في شوط السحب للمكبس لدخول الهواء الجوى ، **والثانى** : يسمى صمام الطرد حيث يفتح فى شوط الضغط لخروج الهواء المضغوط .

وهناك عدة أنواع للضغوط الترددية وهم كما يلى :

١ – ضواغط ترددية بمرحلة واحدة .

٢ – ضواغط ترددية بمرحلتين .

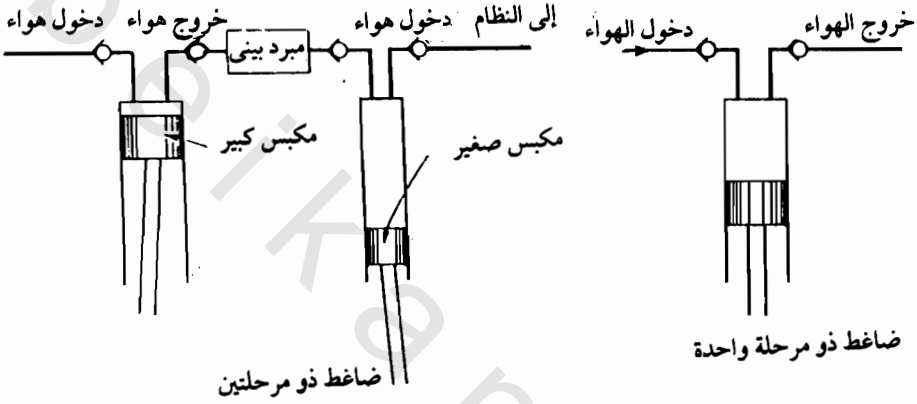
٣ – ضواغط ترددية متعددة المراحل .

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 في أسطوانة ثانية ، علماً بأن خرج

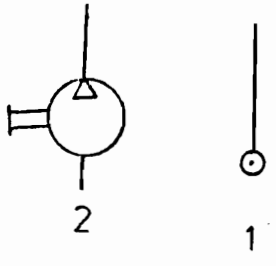
الأسطوانة الأولى يتم تبريده لدرجة حرارة الهواء الجوى بواسطة مبرد بينى Inter Coller وذلك قبل دخوله الأسطوانة الثانية .

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 لايزيد محتوى الماء في المتر المكعب عن ($0.001\ g/m^3$) .

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

١ - المبرد البيني Inter Coller

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

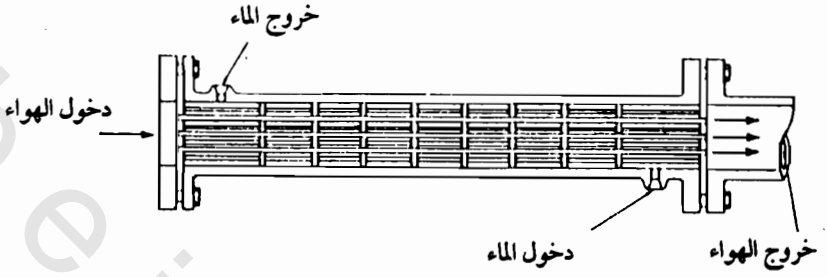
٢ - خزان الهواء Air reciever

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 في الخزان إلى الهواء الجوى مما يؤدي لخفض درجة حرارة الهواء المضغوط وتكاثف بخار الماء في 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 بخـار الماء والشكل ١ – ٢ يعـرض نموذجـاً لمبـرد إعادة.

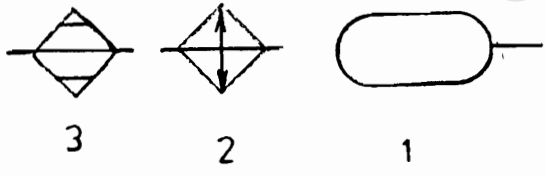


شكل (١ – ٢)

٤ – وحدات التبريد بالفريون Refrigeration units

وهى تسـتخدم لتبريد الهواء المضـغوط إذا تفذر استخدام مـبرد الإعادة ، أو إذا لم يكـن مـبـرد الإعـادة قـادراً على الوصـول لمحـتـوى مـائى أقل من أو يساوى $0.001\ g/m^3$

وفيما يلى رموز كلاً من خزان الهواء 1 والمبرد 2 والمجفف 3 .



١ – ٤ خطوط الهواء Air Lines

تعرف خطوط الهواء المضغوط المستخدم في النظم النيوماتيكية أو الإليكترونيوماتيكية بأنها خطوط إمداد الهواء المضغوط من وحدة توليد الهواء المضغوط بالمنشأة إلي جميع الآلات التى تعمل بالهواء المضغوط . وهناك ثلاثة أنواع للخطوط الهوائية وهم :

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 .

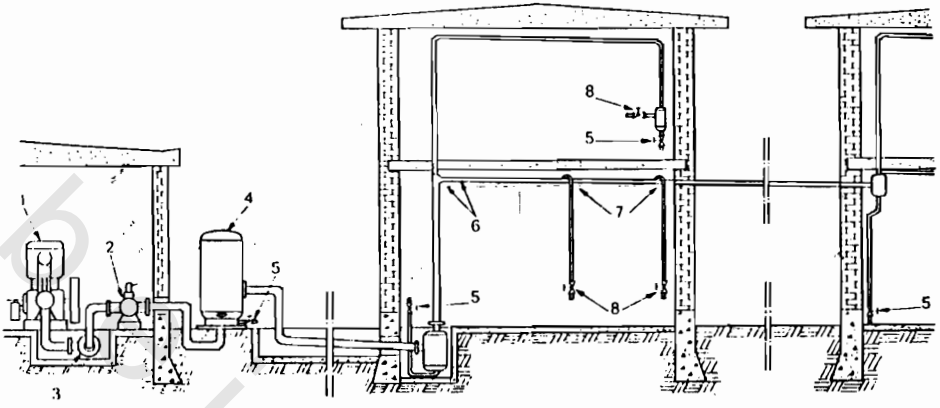
٣ – **الخراطيم المرنة** : وتستخدم عند الحاجة لمرونة خطوط التوصيل على سبيل المثال وصلات الأسطوانات المتحركة وأيضاً فى الأماكن التى تتعرض لاهتزازات شديدة. وتصنع هذه الخراطيم من المطاط والبلاستيك.

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 بين طريقة تمديد الخطوط الهوائية تبعاً لتوصيات شركة (Atlas Copco.) .



شكل (١ – ٣)

حيث إن :

الضاغط 1 محبس تصريف الماء المتكاثف فى الخزان 5

مبرد الإعادة 2 إمالة الخطوط الهوائية بميل 1% على الأفقى فى اتجاه التدفق 6

مخمد اهتزازات خط السحب 3 مآخذ الأحمال وتكون من خلال كوع لأعلى الخط 7

خزان الضغط 4 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 5 مرات قطر خط الحمل .

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

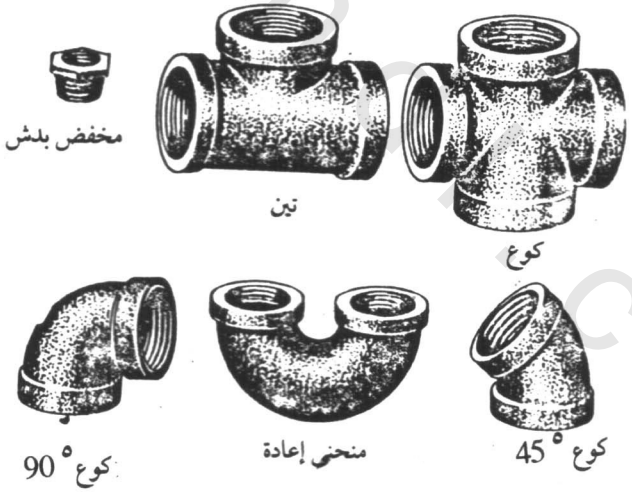
٤ – يجب ألا يقل نصف قطر انحناء الخراطيم المرنة عن 5 مرا ّطر الخارجى لها .

١ – ٥ أدوات التوصيل Fittings

يعتمد نوع أدوات التوصيل المستخدمة على نوع الخطوط المستخدمة وفيمايلى أهم الأدوات المستخدمة .

أولاً : أدوات التوصيل المقلوظة Threaded Connectors

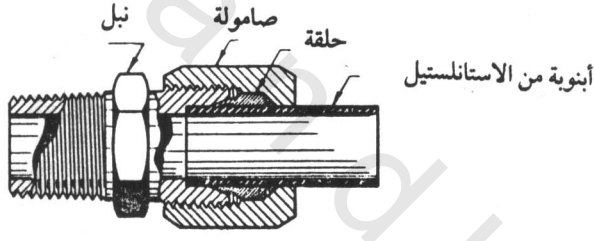
وتستخدم هذه الأدوات مع مواسير الصلب ، وفى هذه الحالة تكون أدوات التوصيل مقلوظة ، وكذلك فإن أطراف المواسير تكون مقلوظة ، وعادة تستخدم شرائط إحكام رباط مع هذه الوصلات حيث توضع حول الطرف المقلوظ للماسورة ، وتصنع الأدوات المقلوظة من الصلب أو سبائك النحاس . والشكل ١ – ٤ يعرض بعض هذه الأدوات .



شكل (١ – ٤)

ثانياً : أدوات التوصيل الانضغاطية Compression Connectors

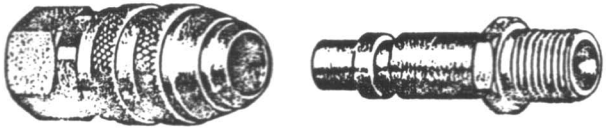
وتستخدم هذه الأدوات مع الأنابيب شبه صلبة (نحاس – إستنلستيل) ، وتتكون الوصلة الانضغاطية من نبل وجلبة أو حلقة وصامولة . حيث توضع الأنبوبة شبه الصلبة داخل الصامولة ، ثم بعد ذلك توضع الجلبة المسلوبة داخل الصامولة وبعد ذلك يتم تجميع الصامولة مع النبل فيضغط النبل على الحافة المشطوفة للجلبة أو الحلقة فتنسلخ 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 قطاعاً فى وصلة انضغاطية .



الشكل (١ – ٥)

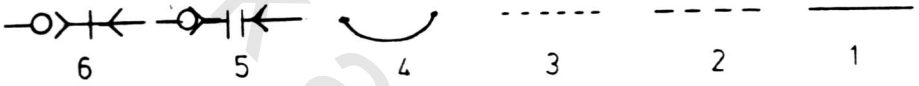
ثالثاً : الوصلات السريعة Quick Connect Couplings

وتستخدم هذه الأدوات دائماً مع الخراطيم المرنة ، وتتميز بسرعة تجميعها وفكها بدون إحداث تسرب للهواء المضغوط . وأكثر الوصلات السريعة المستخدمة فى النظم الهوائية تحتوى على صمام لارجعى يكون مفتوحاً 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 .

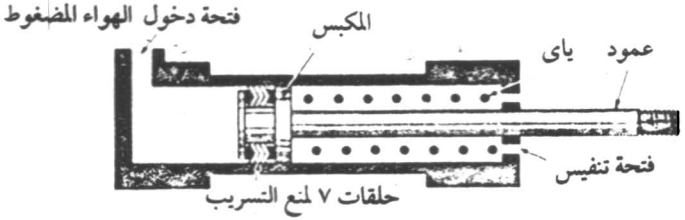


١ – ٦ الأسطوانات الهوائية Pneumatic Cylinders

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 الاسطوانات إلى نوعين رئيسين وهما :

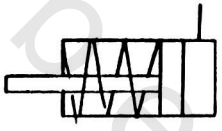
١ – أسطوانات أحادية الفعل Single acting cylinder

وهى اسطوانات قادرة على إعطاء قوة دفع فى اتجاه الذهاب فقط . والشكل ١ – ٧ يعرض قطاعاً فى أسطوانة أحادية الفعل بياى إرجاع ، وتحتوى هذه الأسطوانة على



شكل (١ – ٧)

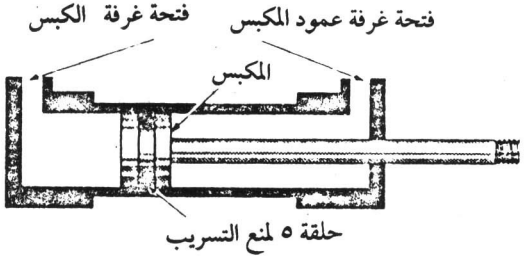
فتحة واحدة لدخول الهواء أو خروجه ، فعند وصول الهواء المضغوط من فتحة الأسطوانة يندفع المكبس الموجود داخل الأسطوانة للأمام ، وعند انقطاع الهواء المضغوط عن فتحة الأسطوانة يعود المكبس للخلف بفعل يای الإرجاع.



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

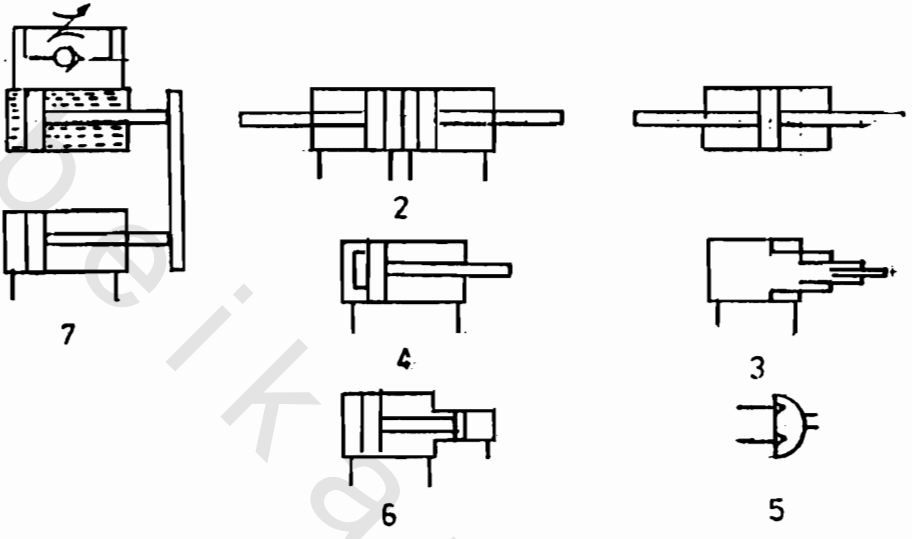
٢ – الأسطوانة الثنائية الفعل Double acting cylinder

وهى أسطوانات تعطى قوة دفع للأحمال فى اتجاه الذهاب والعودة ، وتعد هذه الأسطوانات هى أكثر الأسطوانات انتشاراً . والشكل ١ – ٨ يعرض قطاعاً 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 . وفيما يلى رمز الأسطوانة الثنائية الفعل .



الشكل (١ – ٨)

ويوجد تصميمات خاصة للأسطوانات وفيمايلى رموز الأنواع المختلفة لهذه التصميمات :



وفيمايلى عرض سريع لهذه الأنواع وهم 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 الحصول 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 تلسكوبيه 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 تجمد فى اتجاه الذهاب ، وتتميز هذه الأسطوانة بانخفاض سرعتها فى نهاية شوط الذهاب ، وبالتالى تمنع حدوث تصادم المكبس مع جسم الأسطوانة ويوجد أسطوانات تجمد فى مشوار الذهاب أو العودة أو كليهما معاً .

٥ – الرمز 5 لأسطوانة دوارة وتعطى هذه الأسطوانة زوايا دورانيه 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 دافعاً معه المكبس الصغير فنحصل على ضغط عالى 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 ثنائتين الفعل ، **أحدهما هوائية والثانية** زيتية . أما الأسطوانة الزيتية فهى مملوءة بالزيت ويوصل مدخلا الأسطوانة معاً 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 خصوصاً فى القدرات الصغيرة والتى لاتتعدى 30HP للأسباب التالية :

١ – سعرها منخفض نسبياً .

٢ – تكاليف تشغليها منخفضة نسبياً .

٣ – أكثر أماناً خصوصاً فى الأماكن الخطرة التى لاتتحمل حدوث شرر كهربى فيها .

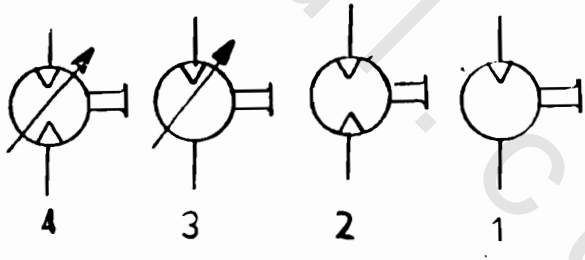
٤ – لاتحتاج لحماية ضد زيادة الأحمال عليها كما أن عزم بدئها كبير .

٥ – ذات أحجام وأوزان صغيرة نسبياً ويسهل صيانتها .

٦ – يمكن بسهولة جداً التحكم فى سرعاتها بالصمامات الخانقة اللارجعية .

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

وأكثر المحركات الهوائية انتشاراً المحركات الترددية . وهناك أنواع أخرى من المحركات الهوائية مثل المحركات الريشية ، علماً بأن تركيب المحركات الهوائية لايختلف كثيراً 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 .

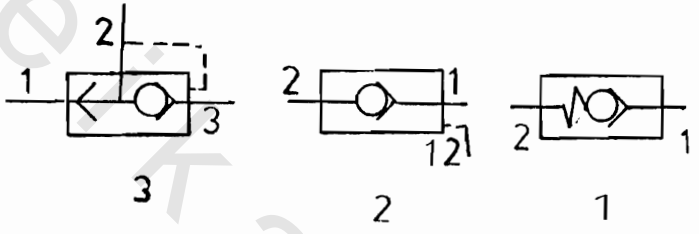
والرمز 3 لمحرك هوائى بسرعة متغيرة ويدور فى اتجاه واحد .

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 وهم كما يلى :



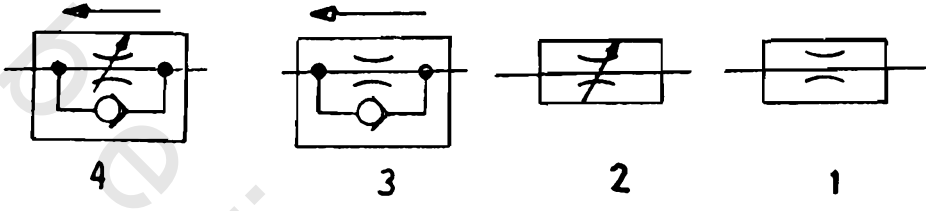
– الرمز 1 لصمام لارجعى بياى حيث يسمح هذا الصمام بمرور الهواء المضغوط فى الاتجاه 2 ← 1 فقط ، وتسمى الفتحة 1 بفتحة الدخول والفتحة 2 بفتحة الخروج .

– الرمز 2 لصمام لارجعى بإشارة تحكم ، ويحتوى هذا الصمام على ثلاث فتحات وهم: 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 معاً كما هو واضح من رمز الصمام ، ولهذا الصمام ثلاث فتحات وهم : 1,2,3 حيث يمكن للهواء المضغوط أن يمر فى المسار 2 ← 1 أو المسار 3 ← 2 فقط .

ثانياً : الصمـامات الخانقـة Restrictors

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



وهم كما يلى :

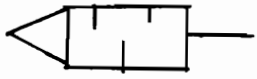
أ – الصمـامات الخـانقة العـادية : وتقوم هذه الصمـامات بتقليل معدل تدفق الهواء المضـغوط ، وهى تتكون من : أنبوبة معدنية بها مكان ضيق لخنق مرور الهواء المضغوط. وتوجد أنواع بخنق ثابت (الرمز 1) وأخرى بخنق يمكن معايرته بوسيلة يدوية (الرمز 2) .

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 .

ثالثاً : مخفضات صوت العـادم 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

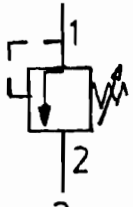
لايخنق حركة الهواء العادم ، والتأكد دائماً بعدم انسداد ثقوب المخفضات ، وفيمايلى رمز مخفض صوت العادم .



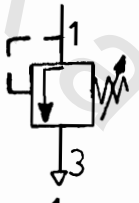
١ – ٩ صمامات التحكم فى الضغط Pressure Control Valves

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

١ – صمامات الأمان (تصريف الضغط) Relief valves

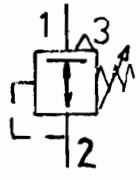


2

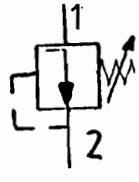


1

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



4



3

حيث تمرر هذه الصمامات الهواء المضغوط فى المسار 3 ← 1 عند زيادة الضغط عند المدخل 1 للقيمة المعايرة عليه علماً 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 مرور الهواء المضغوط ، وبذلك يعود الضغط عند الفتحة 2 للقيمة المقننة ، وذلك بعد استهلاكه فى الحمل (الرمز3) .

ب – صمام تنظيم ضغط بفتحة تصريف ، ويقوم هذا الصمام بتقليل ضغط الهواء المضغوط الداخل من الفتحة 1 والخارج من الفتحة 2 . أما إذا زاد الضغط عند 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 .

١٠-١ 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 أيضاً 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 .

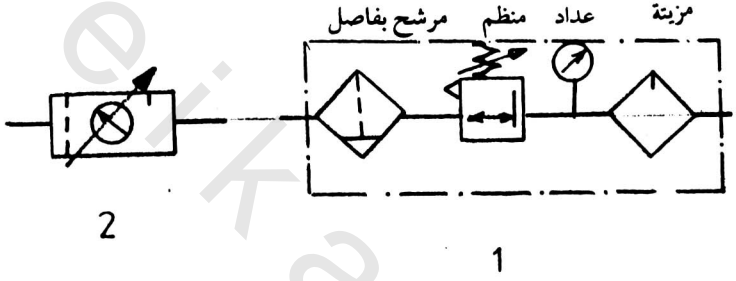
وتتكون وحدة الخدمة من أربعة عناصر وهم :

١ – مرشح هواء بفاصل ماء Pilter / separator

٢ – صمام تنظيم الضغط Pressure regulator

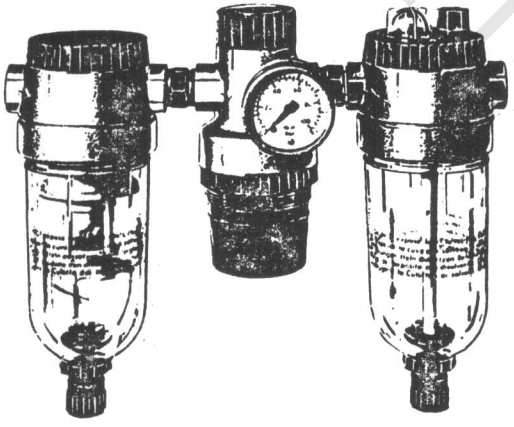
٣ – عداد قياس ضغط Pressure gduge.

٤ – مزيتة Oiler



والشكل ١ – ٩ يعرض صورة لوحدة خدمة من صناعة شركة Spirax sarco.

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



شكل (١ – ٩)

obeikandl.com

١ – ١١ وحدات الدفع بالتفريغ Suction lifter

تتكون وحدة الدفع بالتفريغ من :

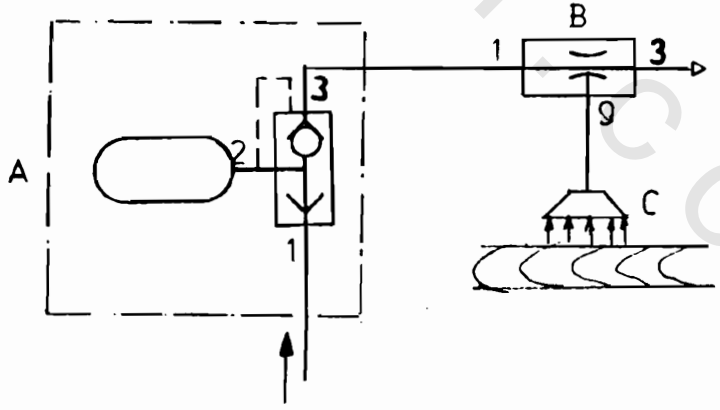
١ – منفاخ هوائى Impulae ejector

٢ – فونية سحب . Suction nozzle

٣ – كأس 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 الدفع بالتفريغ حيث إن :

المنفاخ الهوائى A فونية السحب B كأس السحب C

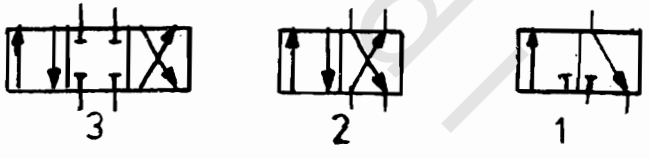


١ – ١٢ الصمامات الاتجاهية Direction valves

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 تبعاً لعدد فتحاته ، وكذلك تبعاً 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 على أن الفتحة مغلقة وعدم مرور الهواء المضغوط فيها .

وعادة توصل خطوط رأسية بأطراف التوصيل للصمام فى الوضع الابتدائى أو وضع التشغيل المستخدم . وفيمايلى 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 لثلاثة 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.

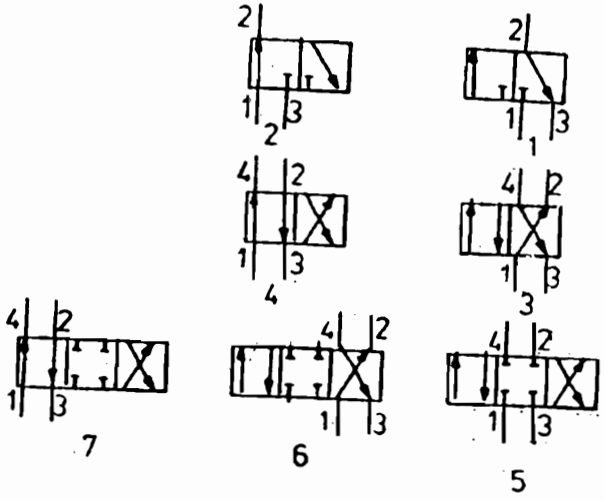
نوع أطراف التوصيل	الترقيم الحرفى	الترقيم العددى
أطراف توصيل الأسطوانات	A, B, C, ...	2, 4, 6, ...
طرف توصيل مصدر الهواء	P	1
أطراف التصريف (العادم)	R, S, T, ... W	3, 5, 7, ...
أطـــــراف التحكـــــم	x, y, z	12, 14, 16, ...

وفيما يلى رموز ثلاثة أنواع مختلفة من الصمامات فى الوضع الابتدائى وأوضاع التشغيل مستخدماً 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 3/2 يعمل على الوضع الأيسر وفيه الفتحة 3 مغلقة والمسار 2 ← 1 مفتوح .

- الرمز3 لصمام اتجاهى 4/2 يعمل على الوضع الأيمن ومسارات التدفق فى



هذا الوضع كما يلى : 2 ← 1 ، 3 ← 4

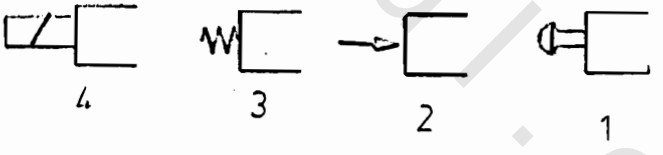
- الرمز 4 لصمام اتجاهى 4/2 يعمل علي الوضع الأيسر ومسارات التدفق في هذا الوضع كمايلى : 4 ← 1 ، 3 ← 2 .

- 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 ، 4 ← 3 .

- 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 كمايلى :



- تشغيل الصمام بضاغط يدوى (رمز 3)
- تشغيل الصمام بإشارة ضغط هوائية (رمز 2)
- عودة الصمام بياي إرجاع (رمز 3)
- تشغيل الصمام بملف كهربى (رمز 4)

obeikandl.com

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 مغناطيس وملف كهربى ويمكن الحصول على قوة دفع وقوة حذب من البوبينات الكهربية ، وهناك نوعان من البوبينات الكهربية **أحدهما** يعمل بالتيار المستمر ، **والآخر** يعمل بالتيار المتغير .

أولاً : بوبينات التيار المتغير

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

وفيمايلي أهم أسباب تلف بوبينات التيار المتغير :

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

٢ – وصول تيار كهربى لبوبينتى الصمام الاتجاهى ذو البوبينين في لحظة واحدة .

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

ثانياً : بوبينات التيار المستمر

فيمايلى أهم مميزات بوبينات التيار المستمر :

١ – لاتحترق عند توقف القلب المغناطيسى لها فى منتصف الشوط ؛ نتيجة لمشكلة ميكانيكية فى الصمام الاتجاهى .

٢ – لاتحترق عند وصول تيار كهربى لبوبينتى الصمام الاتجاهى ثنائى البوبينة فى آن واحد .

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

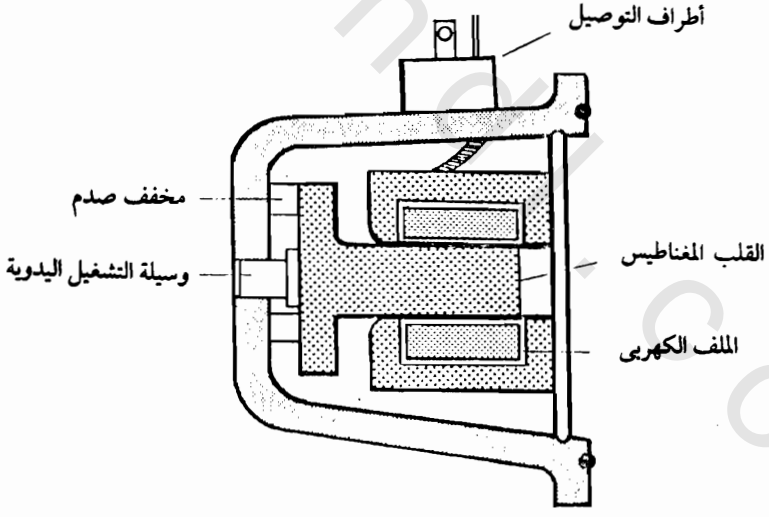
أما عيوب هذه البوبينات فيمكن تلخيصها في النقاط التالية :

١ – مكلفة عند التصميم

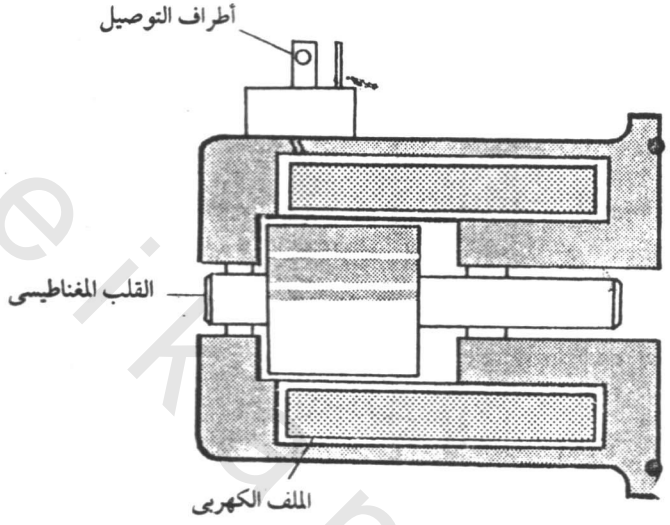
٢ – تحتاج لمصدر كهربى خاص .

٣ – زمن استجابتها كبير مقارنة بزمن استجابة بوبينات التيار المتغير .

والشكل ١–١٠ يعرض قطاعاً فى بوبينة تيار متغير (أ) وقطاعاً في بوبينة تيار مستمر (ب) .

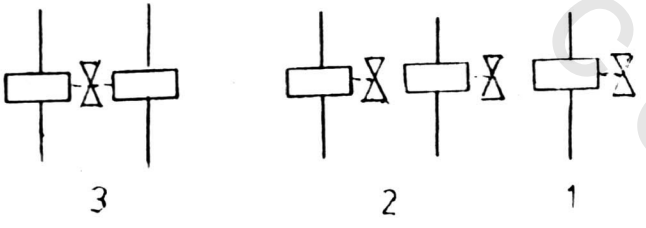


شكل (١ – ١٠) (أ)



شكل (١ - ١٠) (ب)

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

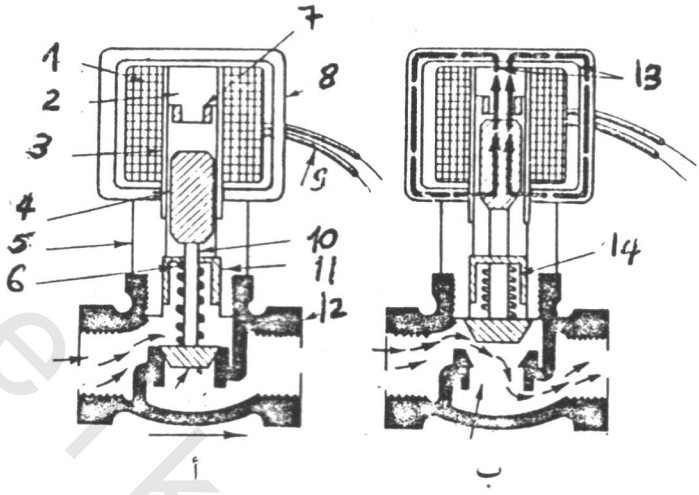
أولاً : الصمامات الاتجاهية القفازة

تفضل الصمامات الاتجاهية القفازة في 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 وياي **أحدهما** في الوضع الابتدائى (أ) ، **والثاني** فى وضع التشغيل أى عند وصول تيار كهربى لملف الصمام (ب)

حـــيث إن :

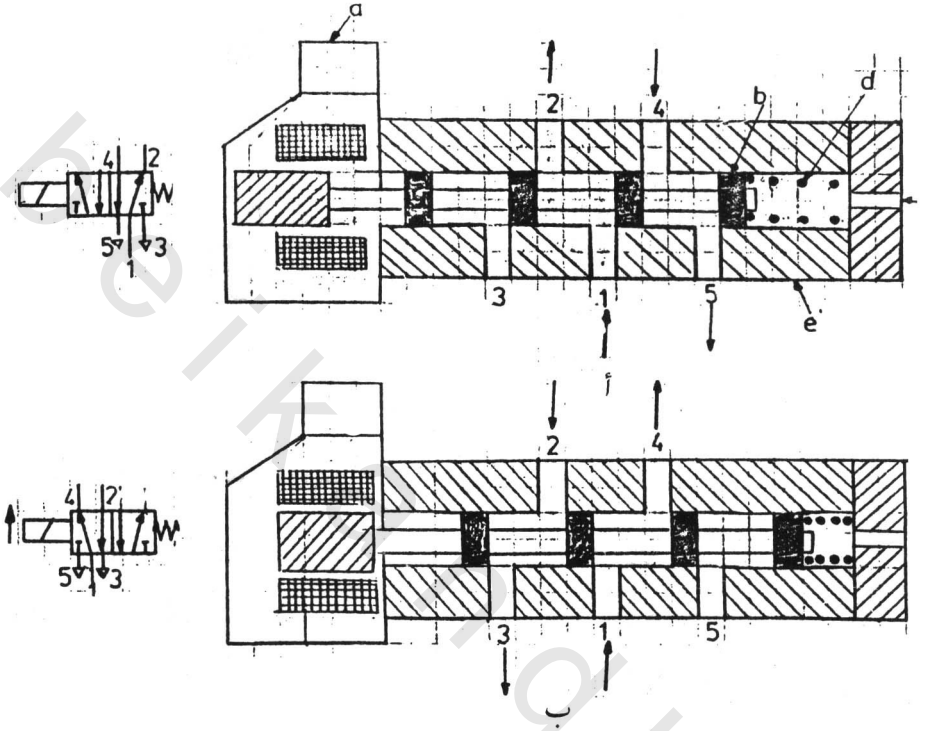
ملف كهربى	1	جسم الملف	8
القلب المغناطيسى الثابت	2	أطراف الملف الكهربى	9
أنبوبة يوضع بها القلب المتحرك	3	عمود دفع	10
القلب المغناطيسى المتحرك	4	غلاف ياي الإرجاع	11
غطـــــاء	5	جسم الصمام	12
ياي إرجاع	6	مسار الفيض المغناطيسى	13
ملف كهربي مظلل	7	يای الإرجاع مضغوط	14

obeikandl.com



ثانياً : الصمامات الاتجاهية المنزلقة .

تعد الصمامات الاتجاهية المنزلقة هى أكثر الصمامات الاتجاهية انتشاراً لتصميماتها المتنوعة ، ولكن يعاب عليها حدوث تسربات عند أوضاع التشغيل ذات الفتحات المغلفة ؛ وذلك نتيجة للخلوصات الموجودة بين العنصر المنزلق للصمام وجسم الصمام والتى تصل إلي (5:15 um) ، علماً بأنه قد عملت تصميمات خاصة للعنصر المنزلق لمنع التسربات ويسمى هذا النوع Packed spool . وفى الشكل ١-١٢قطاعان لصمام اتجاهى منزلق 5/2 بملف وياى في 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



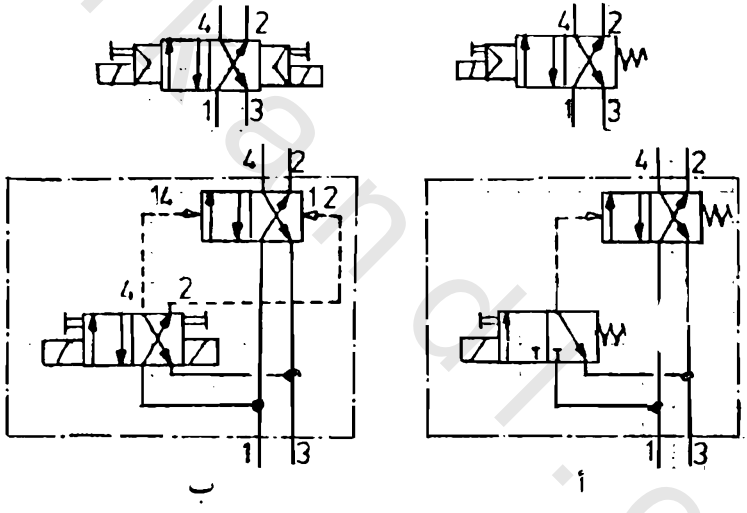
شكل (١ – ١٢)

حيث إن :

البوبينة الكهربية (بوبينة تيار مستمر)		a
العنصر المنزلق	Spool	k-b
فتحة تعريف المتسرب لغرفة يای الإرجاع		c
يای الإرجاع		d
جسم الصمام		e

ففى الوضع الطبيعى تكون مسارات التدفق فيه 2 ← 1 ، 5 ← 4 ، وفي وضع التشغيل تكون مسارات التدفق فيه 4 ← 1 ، 3 ← 2 . علماً 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 نو 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 سابقة التحكم بملف وياى وبوسيلة يدوية (أ) ، والرمز المختصر والمفصل لصمام 4/2 سابقة التحكم بملفين كهربيين ووسيلتين يدويتين (ب) .



الشكل ١ – ١٣

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

فهذا الصمام يتكون داخلياً 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 إلي الوضع الأيسر ، وفيه يمر الهواء المضغوط في المسار 4 → 1 ليصل لمدخل التحكم 12 للصمام الرئيسى ، فيتغير وضع التشغيل للصمام الرئيسى إلي الوضع الأيسر . وعند انقطاع التيار الكهربى عن ملف الصمام يعود صمام الإشارة إلي الوضع الأيمن بفعل يای الإرجاع فتنقطع إشارة الضغط عن فتحة التحكم 12 للصمام الرئيسى ، فيعود هو الآخر للوضع الأيمن بفعل يای الإرجاع .

ثانياً : الصمام 4/2 سابق التحكم والذي 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 الرئيسي ، فيعود الصمام الرئيسى لوضعه الأيمن وهكذا . وبذلك يمكن التحكم فى صمام كبير الحجم بملف كهربي صغير وهذا أفضل من ناحية استهلاك القدرة الكهربية .

وفي الشكل ١ – ١٤ صورة مجسمة لصمام اتجاهى 5/2 سابقة التحكم بملف ويای

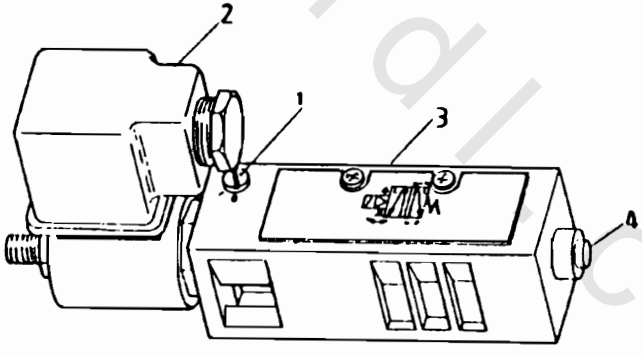
حيث إن :

1 وسيلة يدوية للتشغيل فعند وضع حز المسمار في مقابلة الوضع 0 ؛ فإن الصمام يعمل فقط عند وصول تيار كهربى لملفه ، أما عند وضع حز المسمار في مقابله الوضع 1 (بواسطة مفك يدوى) ؛ فإن الصمام ينتقل للوضع الأيسر ليعمل بصفة مستديمة فى هذا الوضع إلي أن يعاد هذا المسمار لوضع 0 ، وتستخدم هذه الوسيلة اليدوية في أعمال الصيانة .

2 الملـــف الكـــهربى

3 جســـم الصمـــام .

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



شكل (١ – ١٤)

Obeikandl.com