

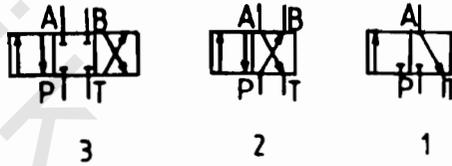
الباب الثاني
العناصر الإلكتروليتية

obeikandi.com

العناصر الإلكترونية وهيدروليكية

١ / ٢ - الصمامات الاتجاهية Direction control valves :

تصمم الصمامات الاتجاهية لتوجيه السائل الهيدروليكي عند الوقت اللازم بالطريقة التي تسمح بأداء معين مثل إدارة محرك هيدروليكي أو حركة أسطوانة للأمام أو للخلف وهكذا. ويسمى الصمام الاتجاهي تبعاً لعدد فتحاته وكذلك تبعاً لعدد مواضع تشغيله، وفيما يلي رموز ثلاثة أنواع مختلفة من الصمامات الاتجاهية :



حيث يرمز للصمام بمستطيل مقسم لعدد من المربعات كل مربع يسمى بوضع تشغيل ويوضع على محيط كل مربع فتحات تشغيل الصمام، ويحدد بداخل كل وضع تشغيل (مربع) مسارات التدفق في هذا الوضع بمجموعة من الأسهم، وعادة يوضع بجوار فتحات الصمام في الوضع الابتدائي للصمام أحرف تدل على وظيفة كل فتحة .

- فالرمز 1 لصمام بوضعين تشغيل (مربعين) وبثلاث فتحات وهم: P,A,T لذلك يسمى هذا الصمام بصمام اتجاهي 3/2 ومسارات التدفق في الوضع الأيمن للصمام هي: A→T والفتحة P مغلقة، أما في الوضع الأيسر فنجد أن مسارات التدفق للصمام هي P→A والفتحة T مغلقة.

- الرمز 2 لصمام بوضعي تشغيل (مربعين) وبأربع فتحات وهي A,B,P,T لذلك يسمى بصمام اتجاهي 4/2 ومسارات التدفق في الوضع الأيمن للصمام هي: A→T, P→B ومسارات التدفق في الوضع الأيسر للصمام هي B→T, P→A.

- الرمز 3 لصمام بثلاثة مواضع تشغيل (ثلاثة مربعات) وبأربع فتحات وهي: A,B,P,T لذلك يسمى بصمام اتجاهي 4/3 وجميع فتحاته في الوضع المركزي

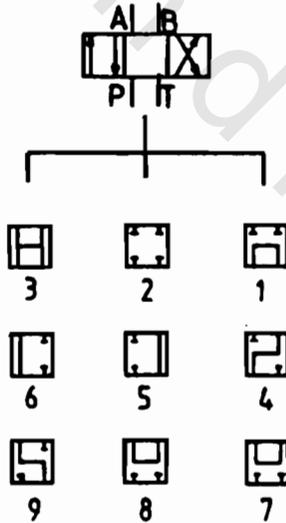
تكون مغلقة ومسارات التدفق فى الوضع الأيمن هى : $A \rightarrow T, P \rightarrow B$ ومسارات التدفق فى الوضع الأيسر هى : $B \rightarrow T, P \rightarrow A$.

ملاحظات :

١- الفتحة P تسمى بفتحة الضغط، وتوصل بوحدرة القدرة الهيدروليكية أو بخط الضغط والفتحة T تسمى بفتحة الرجاء بالخزان، والفتحات A,B تسمى بفتحات المستخدم، وتوصل بفتحات الأسطوانات أو المحركات .

٢- لكل صمام اتجاهى وضع ابتدائى يعمل عليه الصمام فى أوقات التوقف ووضع ثانوى أو أكثر. وحتى يمكن معرفة اتجاه تدفق السائل الهيدروليكي فى أى وضع تشغيل خلاف الوضع الابتدائى (وهو الوضع المدون عليه رموز الفتحات) تنقل نفس رموز الفتحات من الوضع الابتدائى بنفس الترتيب للأوضاع الثانوية .

٣- تقوم الشركات المصنعة للصمامات الاتجاهية بعرض تصميمات مختلفة للصمامات الاتجاهية 4/3 تختلف فى الوضع المركزى (التعادل) وفيما يلى الأشكال المختلفة لوضع التعادل لهذه الصمامات .



حيث إن :

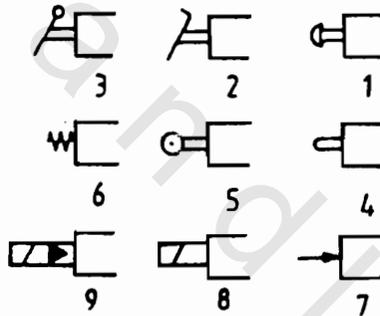
وضع التعادل الدوار (الرمز 1) يساعد على السماح لخرج المضخة بالعودة مباشرة للخزان وقت الراحة وبالتالي يمنع ارتفاع درجة حرارة الزيت .

ووضع التعادل المغلق (الرمز 2)، يستخدم عند توصيل أكثر من صمام على التوازي مع وحدة قدرة واحدة وذلك لتشغيل أكثر من مستخدم، ويستخدم هذا الوضع أيضاً عند الرغبة لإيقاف المستخدم (أسطوانة أو محرك) في أى لحظة عند وضع معين.

والوضع المفتوح (الرمز 3)، يستخدم للسماح لخرج المضخة بالعودة للخزان وقت الراحة، وكذلك لجعل عنصر الفعل (أسطوانة أو محرك) حر الحركة في هذا الوضع.

أما باقى الأوضاع المبينة فلكل منها استخدام، وسوف نتعرض لأكثر هذه الأوضاع فيما بعد.

٤- يوضع على جانبي المستطيل المعبر على الصمام وسائل تشغيل الصمام والتي تقوم بنقل الصمام من وضع تشغيل لآخر، وهناك أنواع مختلفة لهذه الوسائل رموزها كما يلي:



ووسائل تشغيل الصمامات الاتجاهية كما يلي:

- تشغيل الصمام بضغوط يدوى (الرمز 1).
- تشغيل الصمام ببدال يعمل بالقدم (الرمز 2).
- تشغيل الصمام بذراع تشغيل له عدة مواضع (الرمز 3).
- تشغيل الصمام بخابور من الصلب للعمل كصمام نهاية مشوار (الرمز 4).
- تشغيل الصمام ببكرة دفع للعمل كصمام نهاية مشوار (الرمز 5).

- تشغيل الصمام بباى للعودة للوضع الابتدائى (الرمز 6) .

- تشغيل الصمام بإشارة ضغط هيدروليكية (الرمز 7) .

- تشغيل الصمام بملف كهبرى (الرمز 8) .

- تشغيل الصمام بملف كهبرى سابق التحكم (الرمز 9) .

وسوف نتناول فى الفقرات التالية البوينات الكهربية المستخدمة فى تشغيل الصمامات الاتجاهية، وكذلك الأنواع المختلفة للصمامات الاتجاهية حسب التصميم .

١ / ١ / ٢ - البوينات الكهربية Electrical solenoids :

تتكون البويينة الكهربية بصفة عامة من قلب مغناطيسى وملف كهبرى، ويمكن الحصول على قوة دفع وجذب من البوينات الكهربية، وهناك نوعان من البوينات الكهربية أحدهما يعمل بالتيار المتردد والآخر يعمل بالتيار المستمر :

أولاً : بوينات التيار المتغير :

إن بوينات التيار المتغير ذات التركيب المتشابه لبوينات التيار المستمر تسحب تياراً كبيراً من المصدر الكهبرى يؤدي لاحتراقها إذا وصلت بالمصدر الكهبرى لفترة زمنية أكبر من 45 ثانية نتيجة للارتفاع المفرط فى درجة حرارتها وللتغلب على هذه المشكلة تم تصميم قلبها على شكل T، وبالتالي تصبح التيارات الدوامية المتولدة فى القلب المغناطيسى داخل مسارات مغلقة مما يقلل من التيار المسحوب ويمنع احتراق البويينة مهما طالت فترة توصيلها بالمصدر . ومن أهم أسباب تلف بوينات التيار المتغير ما يلى :

١- وجود مشكلة ميكانيكية فى الصمام الاتجاهى تمنع حركة القلب المغناطيسى للبويينة، وأهم أسباب المشاكل الميكانيكية فى الصمامات الاتجاهية : هو وجود شوائب فى الزيت نتيجة لتحلل الزيت الكيمايى .

٢- وصول تيار كهبرى لبوينتى الصمام الاتجاهى ذى البوينتين فى لحظة واحدة .

٣- وصول عدة مرات تشغيل البوينات إلى حوالى ١٥٠٠٠ مرة تشغيل تقريباً .

ثانياً: بوبينات التيار المستمر:

لها تصميم أقوى بكثير في التركيب من بوبينات التيار المتغير ولها المميزات التالية:

١- لا تحترق عند توقف القلب المغناطيسي في منتصف الشوط نتيجة لمشكلة ميكانيكية.

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

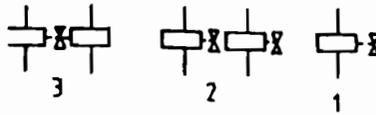
٣- يتراوح عمر بوبينات التيار المستمر 25000 مرة تشغيل تقريباً. ولكن هناك عيوباً لهذه البوبينات أدت لتحديد استخداماتها وهى كما يلى:

أ- مكلفة فى التصميم.

ب- تحتاج لمصدر كهربى خاص.

ج- زمن استجاباتها كبير بالمقارنة بزمن استجابة بوبينات التيار المتغير والشكل (١-٢) يعرض قطاعاً فى بوبينة تيار متغير (أ) وقطاع فى بوبينة تيار مستمر (ب).

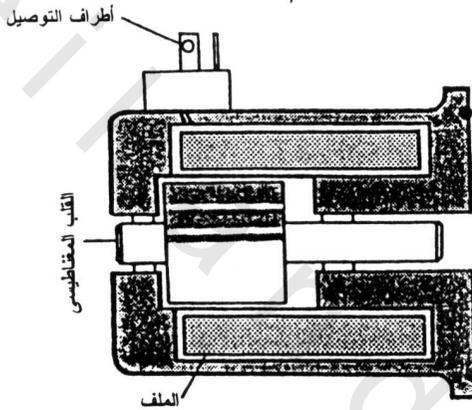
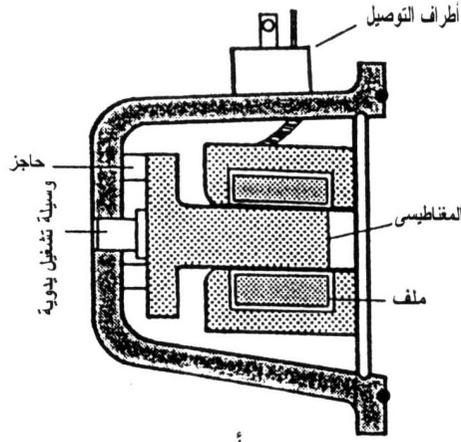
وفيما يلى رموز بوبينات الصمامات الاتجاهية:



حيث إن:

الرمز 1 لبوبينة صمام بملف واحد

الرمز 2 والرمز 3 لبوبينة صمام بملفين.



شكل (٢-١)

٢ / ١ / 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.

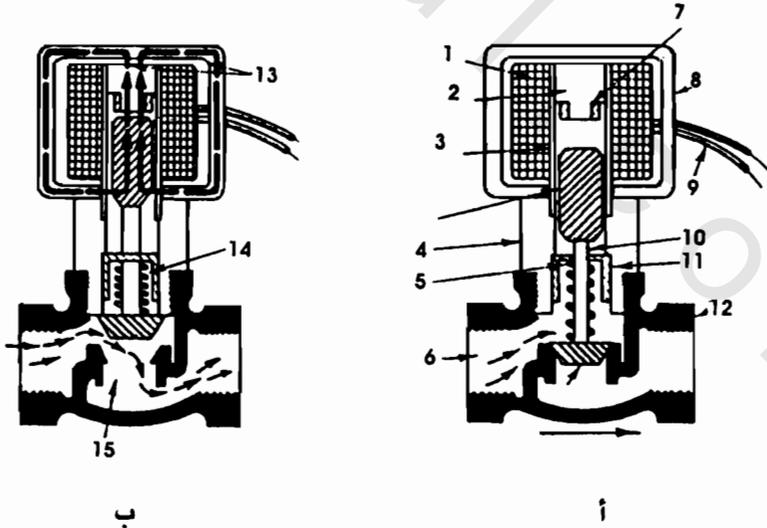
أولاً: الصمامات الاتجاهية القفازة:

تفضل الصمامات الاتجاهية القفازة في الدوائر ذات التدفقات الكبيرة والتي تحتاج

لسرعة استجابة عالية عند الفتح والغلق، وعادة فإن الصمامات القفازة تكون صمامات 3/2 أو صمامات 2/2، وتتميز هذه الصمامات بخلوها من التسربات وطول أعمارها وعدم حاجاتها للصيانة، ويعاب عليها كبر أحجامها وعدم تنوع تصميماتها وذلك لطبيعة عملها والشكل (٢-٢) يعرض قطاعين لصمام قفاز ٢-٢ بملف ويأى أحدهما فى الوضع الابتدائى (أ) والثانى فى وضع التشغيل أى عند وصول تيار كهربى للملف (ب).

حيث إن:

8	جسم الملف	1	ملف كهربى
9	أطراف الملف الكهربى	2	القلب المغناطيسى الثابت
10	عمود رفع	3	أنبوبة يوضع بها القلب المتحرك
11	غلاف يابى الإرجاع	4	القلب المغناطيسى المتحرك
12	جسم الصمام	5	غطاء
13	مسار الفيض المغناطيسى	6	يابى إرجاع
14	يابى الإرجاع (مضغوط)	7	ملف كهربى مظلل
15	فوهة خنق		



شكل (٢-٢)

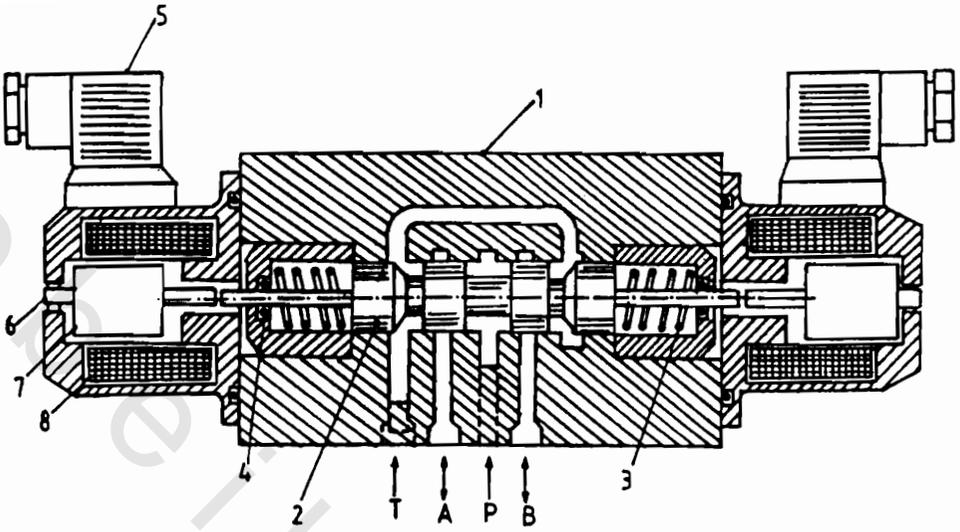
ثانياً : الصمامات المنزلقة :

تعد الصمامات المنزلقة هي أكثر الصمامات الاتجاهية انتشاراً لتصميماتها المتنوعة، ولكن يعاب عليها حدوث تسريبات بها عند أوضاع التشغيل ذات الفتحات المغلقة وذلك نتيجة للخلوصات الموجودة بين العنصر المنزلق للصمام وجسم الصمام والتي تصل إلى $(5:15 \mu\text{m})$.

والشكل (٢ - ٣) يعرض قطاعاً في صمام اتجاهى منزلق $4/3$ بملفين كهربيين وهو فى الوضع المركزى حيث إن :

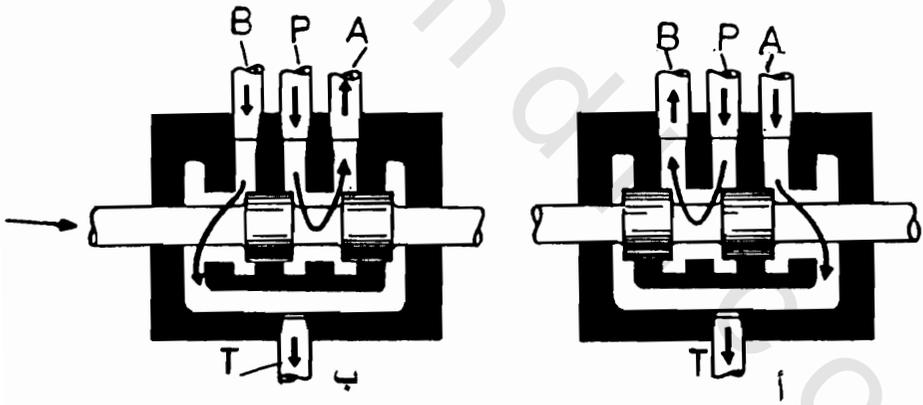
1	جسم الصمام
2	العنصر المنزلق
3	ياى إرجاع العنصر المنزلق للوضع المركزى
4	حلقة لمنع التسريب
5	مخرج أطراف توصيل التيار الكهربى للبوبينة
6	وسيلة تشغيل يدوية
7	القلب المغناطيسى
8	الملف الكهربى

وفى الوضع المركزى للصمام تكون جميع فتحات الصمام مغلقة، وعند وصول تيار كهربى للبوبينة اليسرى يتحرك القلب المغناطيسى للبوبينة اليسرى جهة اليمين دافعاً معه العنصر المنزلق فتفتح المسارات $A \rightarrow T, P \rightarrow B$ وبمجرد انقطاع التيار الكهربى عن البوبينة اليسرى يقوم الياى الأيمن بإعادة العنصر المنزلق للوضع المركزى، وعند وصول تيار كهربى للبوبينة يتحرك القلب المغناطيسى للبوبينة جهة اليسار دافعاً معه العنصر المنزلق فتفتح المسارات $B \rightarrow T, P \rightarrow A$ وبمجرد انقطاع التيار الكهربى عن البوبينة اليمنى يعود العنصر المنزلق لوضعه المركزى بفعل الياى الأيسر وتعود جميع فتحات الصمام مغلقة مرة أخرى .



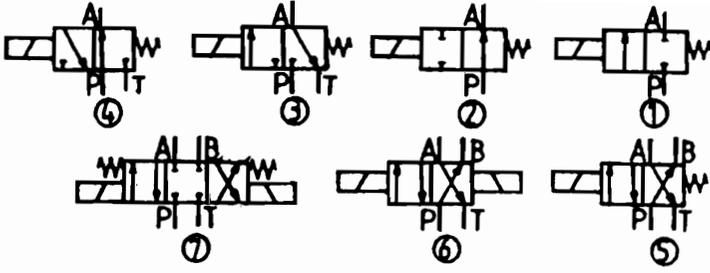
شكل (٣-٢)

والشكل (٤-٢) يوضح نظرية تشغيل الصمامات المنزلقة، حيث يعرض قطاعين لضمام 4/2 في الوضع الطبيعي (أ) ووضع التشغيل (ب).



شكل (٤-٢)

ففي الشكل (أ) فإن مسارات تدفق الصمام تكون $A \rightarrow T$, $P \rightarrow B$. وفي الشكل (ب) فإن مسارات تدفق الصمام تكون $B \rightarrow T$, $P \rightarrow A$ وفيما يلي رموز الأنواع المختلفة للصمامات الاتجاهية المباشرة.



حيث إن :

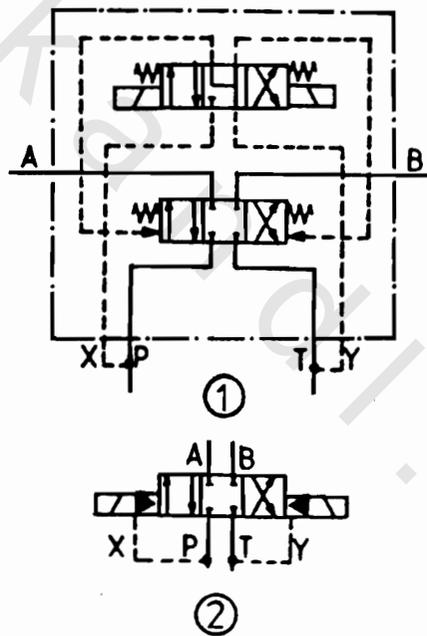
- الرمز 1 لصمام 2/2 بوضع ابتدائي مغلق بملف وياى .
- الرمز 1 لصمام 2/2 بوضع ابتدائي مفتوح بملف وياى .
- الرمز 3 لصمام 3/2 بوضع ابتدائي مغلق بملف وياى .
- الرمز 4 لصمام 3/2 بوضع ابتدائي مفتوح بملف وياى .
- الرمز 5 لصمام 4/2 بملف وياى .
- الرمز 6 لصمام 4/2 بملفين كهربيين .
- الرمز 7 لصمام 4/3 بملفين ويايين .

وحتى يعمل الصمام الإلكتروني وهيدروليكي (أى الصمام الاتجاهي ذو الملفات الكهربائية) يجب أن تكون قوة جذب ودفع البوبينة أكبر من مجموع القوى الآتية :

- قوى الاحتكاك بين المنزلق وجسم الصمام وتزداد بزيادة حجم المنزلق .
- القصور الذاتي للمنزلق والذي يزداد بزيادة حجم المنزلق .
- قوة دفع ياي الإرجاع إن وجد .
- القوة اللازمة لتحريك العنصر المنزلق ضد ضغط الزيت الواقع عليه، وتزداد هذه القوة بزيادة الضغط وزيادة مساحة فتحات الصمام .

ومن هذا يتضح أنه كلما ازداد حجم الصمام ازداد حجم المنزلق ازدادت حجم البوبينة الكهربائية للحصول على قوة جذب ودفع كبيرة، وهذا بالطبع غير عملي لذلك فإن الصمامات الهيدروليكية ذات التدفقات الكبيرة تكون سابقة التحكم،

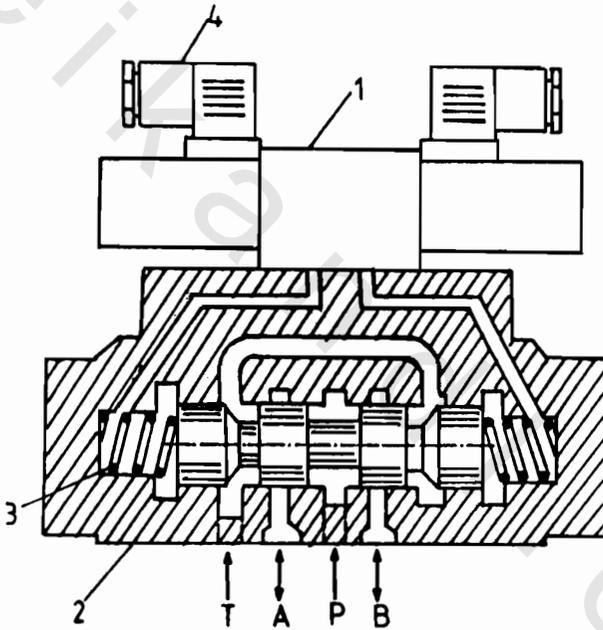
حيث تحتوى الصمامات سابقة التحكم بداخلها على صمامين الأول: يسمى صمام الإشارة الهيدروليكية، وهو صمام صغير الحجم ويتم تحريك العنصر المنزلق له بواسطة ملفات كهربية صغيرة أما الصمام الثانى: فيسمى الصمام الرئيسى وله حجم يتناسب مع التدفق المطلوب ويتم التحكم فى تحريك العنصر المنزلق الخاص به بواسطة إشارتين هيدروليكيتين قادمتين من مخارج الخدمة لصمام الإشارة، ويرجع انتشار هذا التصميم لإمكانية التحكم فى هذه الصمامات الكبيرة بتيارات صغيرة لصغر حجم البوبينات الكهربية المستخدمة وفيما يلى الرمز المفصل 1 والمختصر 2 لصمام 4/3 سابق التحكم يعمل بملفين كهربيين ويأبى إرجاع.



والشكل (٢ - ٥) يعرض قطاعا في صمام اتجاهاى سابق التحكم 4/3 بملفين ويايين .

حيث إن :

- | | |
|---|---------------------------|
| 1 | صمام التحكم المنزلق |
| 2 | الصمام الرئيسى |
| 3 | ياى إرجاع |
| 4 | مخرج أطراف توصيل البوبينة |



شكل (٢ - ٥)

٢ / ٢ - الصمامات التناسبية Proportional Valves :

تحتوى الصمامات التناسبية على بوبينات كهربية لها قلب مغناطيسى متحرك بعدد لانهاى من المواضع تبعا لقيمة الكمية الكهربية الداخلة سواء

كانت تياراً أو جهداً، وتستخدم الصمامات التناسبية كصمامات تحكم فى التدفق، أو تحكم فى الضغط، أو كصمامات اتجاهية، وتستخدم بعض الدوائر الإلكترونية للتحكم فى الصمامات التناسبية لتحسين أدائها، ولزيادة اتساع مدى التشغيل لها.

وتقوم الشركة المصنعة للصمامات التناسبية بإنتاج طرازات مختلفة من المنظمات الإلكترونية التى تستخدم فى الحكم فى الصمامات التناسبية.

وكما هو الحال فى الصمامات التقليدية فإن الصمامات التناسبية تنقسم إلى نوعين حسب نظرية تشغيلها كما يلى:

١ - صمامات تناسبية مباشرة.

٢ - صمامات تناسبية سابقة التحكم.

وتشبه البوبينات الكهربائية المستخدمة فى الصمامات التناسبية لحد كبير البوبينات الكهربائية المستمرة المعروضة بالشكل (٢-١) ب.

ولكن هناك نوعين من البوبينات الكهربائية للصمامات التناسبية حسب طول شوط القلب المغناطيسى كما يلى:

١ - بوبينة كهربية لها قلب مغناطيسى متحرك بشوط قصير.

٢ - بوبينة كهربية لها قلب مغناطيسى متحرك بشوط طويل.

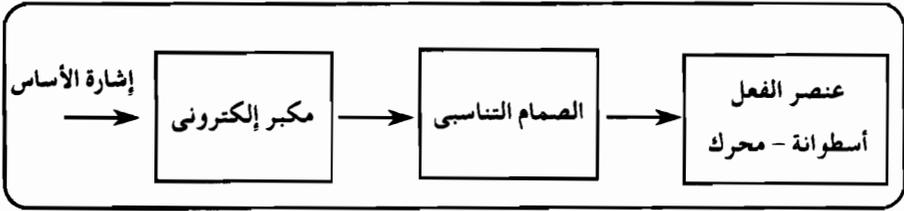
ويستخدم النوع الأول عادة مع الصمامات التناسبية سابقة التحكم، بينما يستخدم النوع الثانى مع الصمامات التناسبية المباشرة.

٢ / ٢ / ١ - أنواع النظم العامة بالصمامات التناسبية.

يمكن تقسيم النظم العامة بالصمامات التناسبية إلى ثلاثة أنواع مختلفة:

١ - نظام الدائرة المفتوحة **Open - Loop system** :

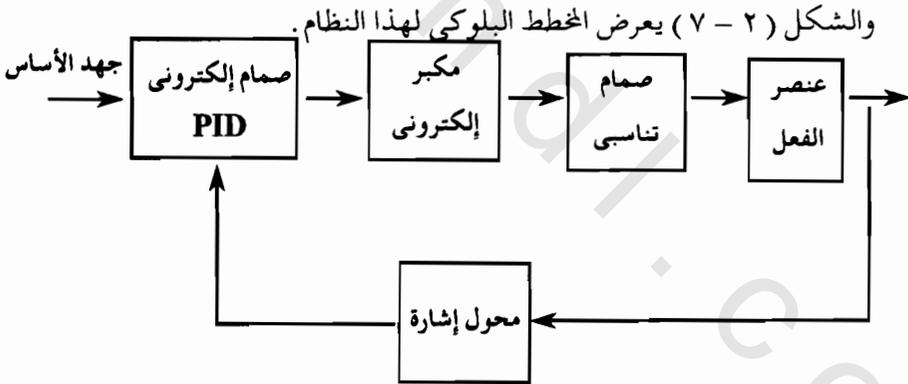
والشكل (٢ - ٦) يعرض المخطط البلوكى لهذا النظام.



شكل (٢ - ٦)

وهذا النظام هو أبسط النظم المستخدمة لتشغيل الصمامات التناسبية، ويمكن التحكم فى الصمامات التناسبية لهذا النظام مباشرة بالتحكم فى جهد الأساس التى تدخل للمكبر الإلكتروني ويعاب على هذا النظام أنه إذا تعرض لمؤثرات خارجية مثل ارتفاع درجة الحرارة أو تغير لزوجة الزيت أو تغير الحمل، فإن تدفق الصمام التناسبى سيتغير، وبالتالي فإن أداء النظام سيختل، ولتحسين أداء النظام فى هذه الحالة يلزم الأمر إعادة ضبط جهد الأساس وعادة يتراوح ما بين (0 : 10V).

٢ - النظام ذو الدائرة المغلقة Closed - Loop System :



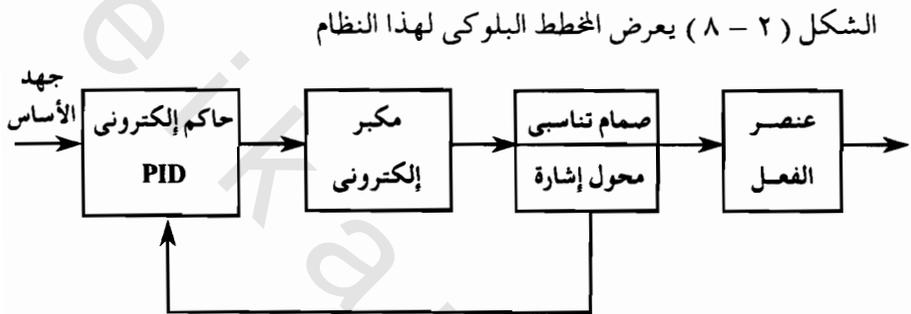
شكل (٢ - ٧)

ويحتوى هذا النظام على محول إشارة transducer مثبت على عنصر الفعل سواء كان أسطوانة أو محرك هيدروليكي، ويقوم محول الإشارة بتحويل خرج عنصر الفعل سواء كان إزاحة خطية أو دورانية إلى إشارة جهد وتصل هذه الإشارة إلى

الحاكم الإلكتروني PID والذي يحتوى علي مقارن Compator يقوم بمقارنة الإشارة المرتدة مع إشارة الأساس، وفي حالة وجود أى فرق يتغير خرج PID ، وتبعاً يتغير خرج المكبر الإلكتروني فتتغير قيمة الإشارة الكهربائية التي تصل لبوينة الصمام التناسبي فيتغير تدفق الصمام التناسبي، وبهذا النظام يمكن الوصول للأداء المطلوب لعنصر الفعل مهما تغيرت ظروف التشغيل الخارجية مثل الأحمال .

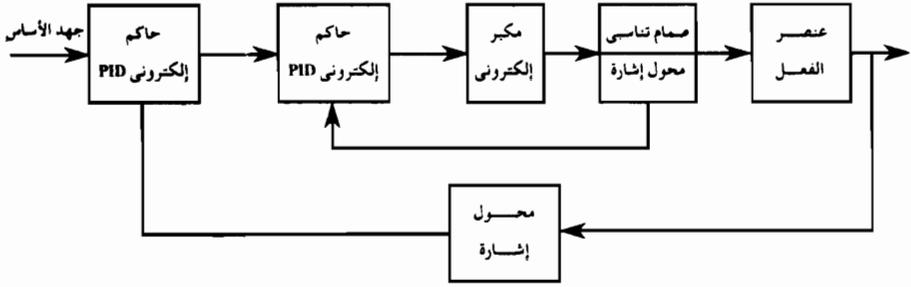
٣ - نظم ذات صمامات تناسبية بمحولات إشارة .

System With Valve - Integrated Feed - back Transducer



شكل (٢ - ٨)

يحتوى الصمام التناسبي المستخدم فى هذا النظام على محول تفاضلى متغير خطى LVDT ، يثبت العنصر المنزلق للصمام، حيث يقوم هذا المحول بتحويل الإزاحة الخطية للعنصر المنزلق لإشارة كهربية (لمعرفة تركيب ونظرية عمل LVDT انظر الفقرة ٣ - ٣ - ٥) تصل إلى الحاكم الإلكتروني PID لمقارنتها مع إشارة الأساس، وفي حالة وجود أى اختلاف يقوم الحاكم الإلكتروني PID بتغيير خرجه فيتغير خرج المكبر الإلكتروني وبالتالي تتغير إشارة التشغيل الكهربائية لبوينة الصمام التناسبي فيتغير وضع العنصر المنزلق، وتبعاً يتغير تدفق الصمام . ويستخدم هذا النظام عادة بدلا من نظام الدائرة المفتوحة خصوصا إذا كان من الصعوبة تثبيت محول إشارة على عنصر الفعل، ويمكن تحسين أداء نظام الدائرة المغلقة باستخدام صمامات تناسبية بمحولات إشارة كما هو واضح من الشكل (٢ - ٩) ويسمى هذا النظام بنظام الدائرة المغلقة المزدوجة .



شكل (٢ - ٩)

ملاحظة:

أهم الأسباب اختلال النظم العامة بالصمامات التناسبية ما يلي:

- أ - انقطاع أحد كابلات التغذية المرتدة.
 - ب - عدم تأريض الشبكة المعدنية لكابلات الصمامات، حيث إن هذه الكابلات تكون عادة مغطاة بشبكة معدنية.
 - ج - وجود شوائب في الزيت الهيدروليكي تعيق من حركة العنصر المنزلق للمصمام.
- ٢ / ٢ / ٢ - الصمامات التناسبية قصيرة المشوار

Short Stroke Proportional Valves

عادة هذا النوع من الصمامات يكون سابق التحكم، ويصل طول مشوار هذه الصمامات ما بين 1:1.5mm، وهذا المشوار الصغير يحدد من مقدار التدفق المار في الصمام.

والشكل (٢ - ١٠) يعرض قطاعا في صمام تصريف ضغط تناسبي سابق التحكم.

حيث إن:

- 1 جسم الصمام
- 2 صمام التحكم الهيدروليكي
- 3 البويينة التناسبية

4

كباس الصمام الرئيسي

5

خائق

6

مخروط صمام التحكم

7

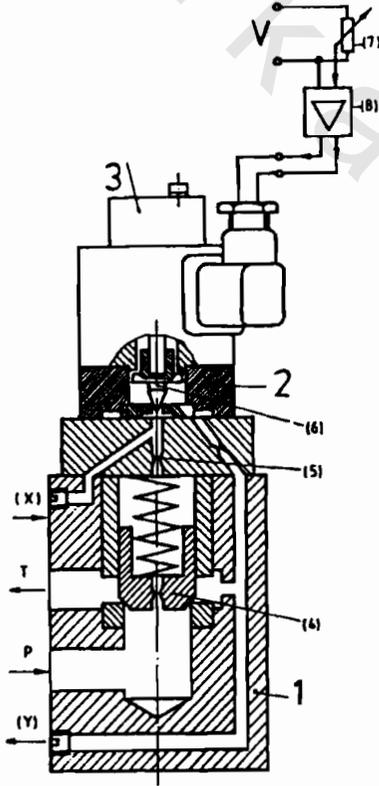
مقاومة متغيرة

8

مكبر إلكتروني

فكرة عمل هذا الصمام :

في البداية يتم ضبط صمام تصريف الضغط التناسبي عند أى ضغط بواسطة المقاومة المتغيرة 7، فيقوم المكبر الإلكتروني 8 بتحويل جهد الأساس القادم من المقاومة المتغيرة 7 إلى تيار لتشغيل البوبينة، وهذا التيار يكون ثابتا عند أى جهد أساس وذلك لوجود نظام تغذية مرتدة داخلي يمنع تغير شدة تيار تشغيل البوبينة عند تغير مقاومة البوبينة نتيجة لتغير درجة الحرارة.



وعند الضغط الأقل من الضغط المعايير عليه الصمام والمناسب مع شدة تيار تشغيل البوبينة يتسرب الزيت الداخل للصمام من الفتحة P عبر الفتحة الضيقة الموجودة في كباس الصمام الرئيسي 4، ويحاول هذا الزيت دفع مخروط التحكم 6، ولكنه يفشل وبالتالي يكون الكباس الرئيسي واقع تحت تأثير قوتين متزنيتين الأولى لأسفل وهي ناشئة من قوة دفع الياى والقوة المتولدة من ضغط الزيت المتسرب، والثانية لأعلى وهي ناشئة من القوة المتولدة من ضغط زيت المصدر، وعندما يرتفع ضغط

شكل (٢ - ١٠)

زيت المصدر عن الضغط المعايير عليه الصمام يتمكن الزيت المتسرب من دفع مخروط التحكم لأعلى ليخرج من الفتحة Y وبالتالي تتغلب القوة الثانية المتجهة لأعلى على القوة الأولى المتجهة لأسفل ويتحرك كباس الصمام الرئيسى لأعلى ويمر الزيت فى المسار $P \rightarrow T$ علما بأنه يمكن التحكم فى تشغيل الصمام من الفتحة X ، فعند توصيل الفتحة X مثلا بالخزان مباشرة هذا يعنى وجود مسار بديل لتسرب الزيت المتسرب بدلاً من خروجه من الفتحة Y وبالتالي يكون الصمام مفتوحا، كذلك يمكن تقليل الضغط المعايير عليه الصمام بواسطة توصيل الفتحة X بصمام تصريف ضغط آخر معايير عند ضغط أقل .

وتصل دقة الصمامات التناسبية سابقة التحكم إلى حوالى %93 أى أن الاختلاف بين إشارة الأساس وخرج الصمام لا يتجاوز %7 .

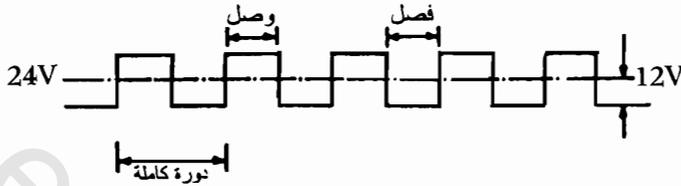
ملاحظة : عادة فإن معظم الصمامات التناسبية قصيرة المشوار لها بوبينة يتم التحكم فيها بالتيار Current Controlled Solenoid .

٢ / ٢ - الصمامات التناسبية طويلة المشوار

Long Stroke Proportional Valves

تعد هذه الصمامات أكثر الصمامات التناسبية تطورا، ولكى نستطيع فهم طريقة عمل هذه الصمامات نجد أنه من الضرورى معرفة كيفية التحكم فى جهد تشغيل بوبيناتها فمن الممكن زيادة القوة المغناطيسية المتولدة من الملف الكهربى بزيادة جهد الدخل له، فإذا افترضنا أننا عرضنا الملف الكهربى للبوبينة لضعف الجهد المقتن له هذا بالفعل سوف يزيد من القوة الناشئة، ولكن سرعان ما يحترق الملف ويمكن التغلب على ذلك باستخدام مبدأ (Pulse width modulation) (PWM) .

حيث يستخدم جهد بترددات عالية تتراوح ما بين 2:10 KHZ، فإذا كان جهد المصدر يساوى 24V وبتردد 10 KHZ، وكانت فترة الوصل تساوى فترة الفصل، فإن القيمة المتوسطة للجهد ستساوى 12V وهذا موضح بالشكل (٢ - ١١) .



شكل (٢ - ١١)

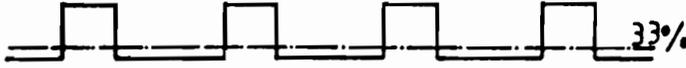
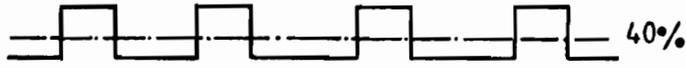
وبتثبيت القيمة العظمى لجهد مساوية 24V وبتغيير فترة الوصل والفصل بنسب تتراوح ما بين (1:1-1:100) فإن القيمة المتوسطة للجهد سوف تتغير من : (1% 100%) من جهد التحكم المساوي 12V وكلما زادت قيمة جهد التحكم ازدادت قيمة القوة المغناطيسية للملف الكهربى والعكس بالعكس.

وهناك طريقتان للحصول على PWM وهما :

- ١ - وصل ثابت الزمن وفصل متغير الزمن (تردد متغير).
- ٢ - فصل متغير ووصل متغير للحصول على تردد ثابت (أى زمن ثابت للدورة الكاملة).

وفي الشكل (٢ - ١٢) شكل موجة بتردد متغير لها قيمة متوسطة , 33% 40% جهد التحكم 12V (أ) ، وأيضا شكل موجة بتردد ثابت لها قيمة متوسطة 20% , 10% جهد التحكم 12V (ب).

وعادة يستخدم محول تفاضلى خطى متغير LVDT مع هذه الصمامات، حيث يثبت القلب المغناطيسى للمحول مع العنصر المنزلق للصمام.



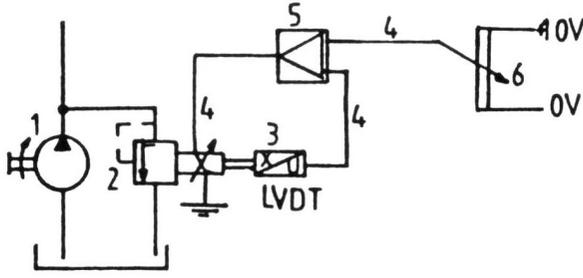
أ



ب

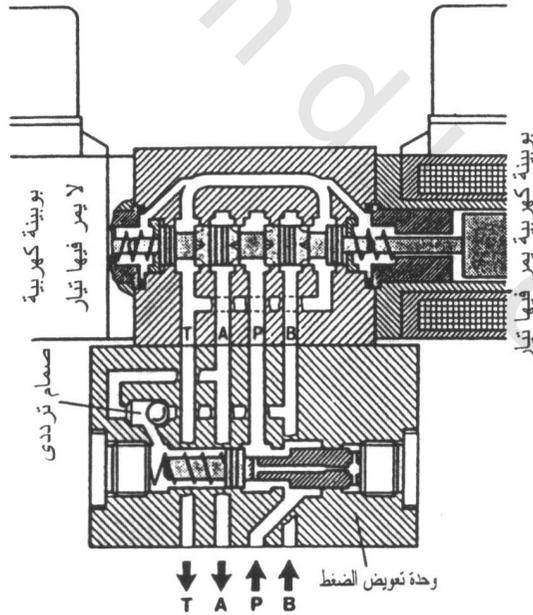
شكل (٢ - ١٢)

والشكل (٢ - ١٣) يعرض قطاعين مبسطين لصمامين تصريف ضغط مباشرين لهما مشوار طويل، أما الشكل (أ) فيعرض قطاعاً في صمام تصريف ضغط تناسبي مباشر التشغيل مع رمز الصمام، أما الشكل (ب) فيعرض قطاعاً في صمام تصريف ضغط تناسبي مباشر التشغيل مزوداً بمحول تفاضلي خطي متغير LVDT مع رمز الصمام.



شكل (٢ - ١٤)

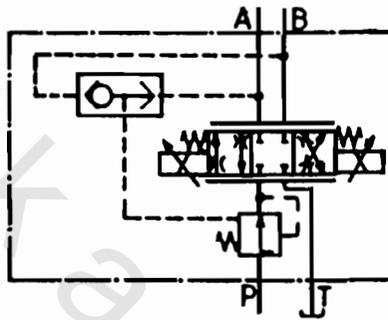
ويتضح من الشكل السابق أن المحول التفاضلي الخطي المتغير LVDT هو محول إزاحة لجهد X/U . ولقد أمكن التغلب على مشكلة الصمامات التناسبية الاتجاهية من تغير تدفقها عند تغير ظروف تشغيلها، حيث تستخدم وحدة تعويض ضغط Pressure Compensator من أجل الوصول لتدفق ثابت مهما اختلفت ظروف التشغيل (درجة الحرارة - اللزوجة - الأحمال) ووحدة التعويض المستخدمة تكون على شكل قرص يوضع في مدخل الصمام كما هو واضح من الشكل (٢ - ١٥).



شكل (٢ - ١٥)

حيث تقوم وحدة تعويض الضغط بتثبيت فرق الضغط بين ضغط مدخل ومخرج الصمام، فعند ارتفاع درجة الحرارة يقل الضغط عند المدخل فتغلق وحدة تعويض الضغط لرفع الضغط عند مدخل الصمام، وبالتالي يثبت فرق الضغط بين مدخل ومخرج الصمام، وأيضا عند زيادة الأحمال يزداد الضغط عند مدخل الصمام فتفتح وحدة تعويض الضغط لتثبيت فرق الضغط وبذلك يثبت تدفق الصمام.

وفيما يلي رمز وحدة تعويض الضغط الذي يوضح فكرة عمل هذه الوحدة:



وتصل دقة الصمامات التناسبية المباشرة (ذات المشوار الطويل) إلى حوالي 99% أي أن الاختلاف بين إشارة الأساس ومخرج الصمام لا يتجاوز 1% .

ملاحظة: عادة فإن معظم الصمامات التناسبية طويلة المشوار لها بويينة يتم التحكم فيها بالجهد (Voltage Controlled Solenoid) .

وفيما يلي رموز الأنواع المختلفة للصمامات التناسبية طويلة المشوار، حيث إن:

الرمز 1 لصمام خنق تناسبي

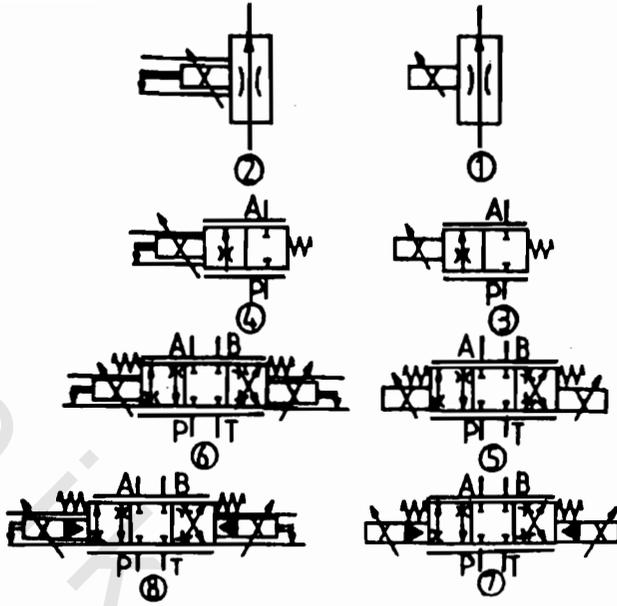
الرمز 2 لصمام خنق تناسبي بمحول إشارة LVDT

الرمز 3 لصمام اتجاهي تناسبي 2/2

الرمز 4 لصمام اتجاهي تناسبي 2/2 بمحول إشارة LVDT

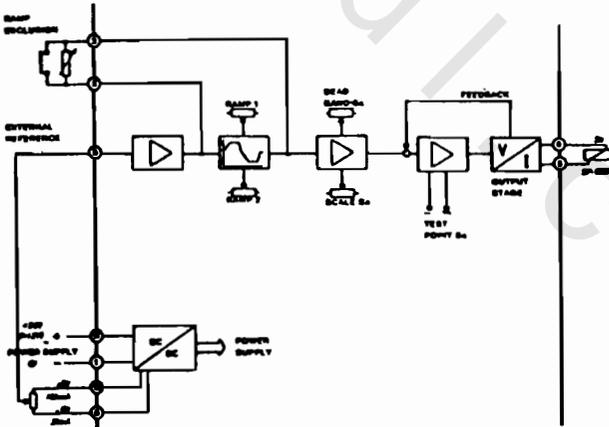
الرمز 5 لصمام اتجاهي تناسبي 4/3

الرمز 6 لصمام اتجاهي تناسبي 4/3 بمحول إشارة LVDT



٤ / ٢ / ٢ - المكبرات الإلكترونية :

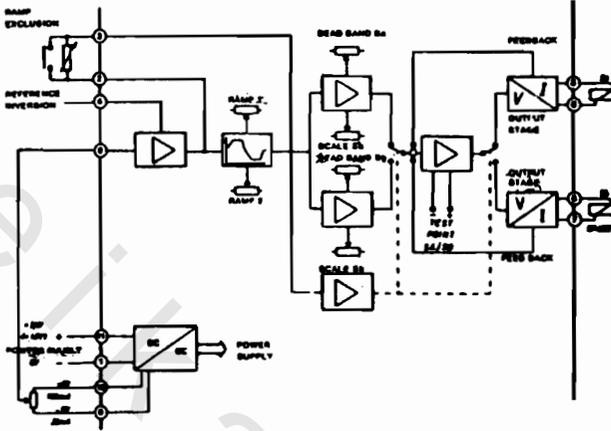
في الشكل (٢ - ١٦) المخطط البلوكي لأحد المكبرات الإلكترونية المستخدمة في التحكم في الصمامات التناسبية المستخدمة في النظم المفتوحة، حيث يقوم هذا المكبر بالتحكم في تيار تشغيل صمام تناسبي بملف واحد وهو من إنتاج شركة ATOS .



شكل (٢ - ١٦)

وفي الشكل (٢ - ١٧) المخطط البلوكي لأحد المكبرات الإلكترونية المستخدمة في التحكم في الصمامات التناسبية المستخدمة في النظم المفتوحة، حيث يقوم هذا

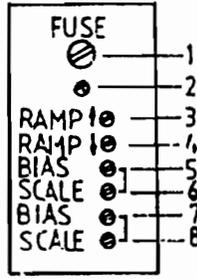
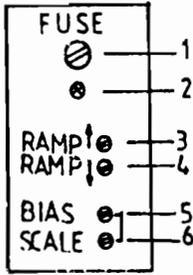
المكبر بالتحكم فى تيار صمام تناسبي اتجاهاى بملفين وهو من إنتاج شركة ATOS .



شكل (١٧-٢)

وفيما يلي بعض المواصفات الفنية لهذه المكبرات الإلكترونية:

المواصفة	مكبر يتحكم فى صمام بملف واحد	مكبر يتحكم فى صمام بملفين
المصدر الكهربى	12V DC أو 24 VDC	12V DC أو 24 VDC
مقاومة الدخل	$\geq 10 \text{ K}\Omega$	$\geq 10 \text{ K}\Omega$
تيار الانحياز	0: 70% I_{max}	0: 70% I_{max}
مدى درجة الحرارة	- 10: 50°C	- 10: 50°C
أقصى قدرة داخلية	35 W	50 W
مدى تغير جهد الأساس	0: + 10 V	+ 10 V: - 10 V



وفي الشكل (٢ - ١٨) مخطط توضيحي يعرض نقاط الضبط المختلفة على جسم مكبر إلكتروني يتحكم في صمام تناسبي بملف واحد (أ)، ومكبر إلكتروني يتحكم في صمام تناسبي بملفين (ب).

ب

أ

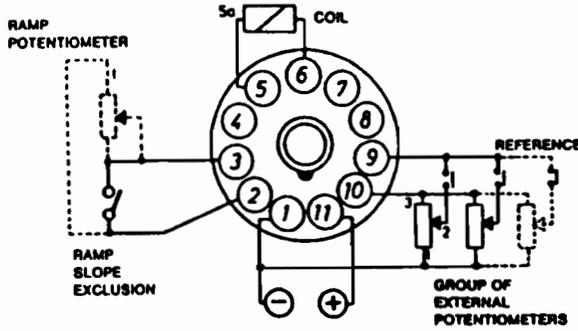
شكل (٢ - ١٨)

حيث إن:

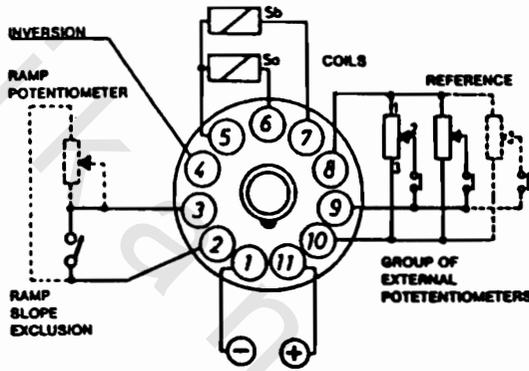
- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1 | مصهر |
| 2 | لمبة بيان وصول مصدر القدرة الكهربائية |
| 3 | مكان ضبط زمن التصاعد Ramp ↑ |
| 4 | مكان ضبط زمن الهبوط Ramp ↓ |
| 5 | مكان ضبط الانحياز للملف a |
| 6 | مكان ضبط المدى للملف a |
| 7 | مكان ضبط الانحياز للملف b |
| 8 | مكان ضبط المدى للملف b |

وفي الشكل (٢ - ١٩) عرض للمخطط الكهربى لكل من المكبر الإلكتروني الذي يتحكم في صمام تناسبي بملف واحد (أ)، والمكبر الإلكتروني الذي يتحكم في صمام تناسب بملفين (ب) علماً بأن قيمة المقاومات المستخدمة للحصول على جهد أساس متغير تتراوح قيمتها عادة ما بين $2:10K\Omega$.

ويلاحظ أن جهد الأساس يوصل بالنقطة 9، في حين أن المقاومات المتغيرة توصل بين النقطتين 9,1 في حالة المكبر الإلكتروني ذي الملف وبين النقطتين 8,9 في حالة المكبر ذي الملفين ويتم التحكم في زمن الصعود وزمن الهبوط $Ramp \downarrow$, $Ramp \uparrow$ بمقاومة متغيرة موصلة مع النقط 2,3 ويمكن إلغاء زمن الصعود والهبوط بعمل قطر بين النقطتين 2,3. ويمكن الحصول على جهد الأساس من خلال مقاومات متغيرة كما في هذا الشكل، أو من خلال مولد إشارات يتم توصيله بالنقطتين 1,9.



أ



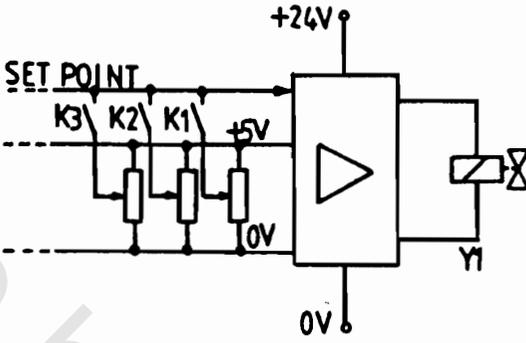
ب

شكل (٢ - ١٩)

ملاحظات :

- النقاط (1:11) هي نقاط توصيل موجودة في قاعدة المكبر الإلكتروني .
- هناك اختلاف بين الشركات المصنعة للدوائر الإلكترونية للصمامات التناسبية في تكنولوجيا التصنيع، ويمكن معرفة طريقة استخدام هذه الدوائر من خلال تعليمات الشركات المصنعة .

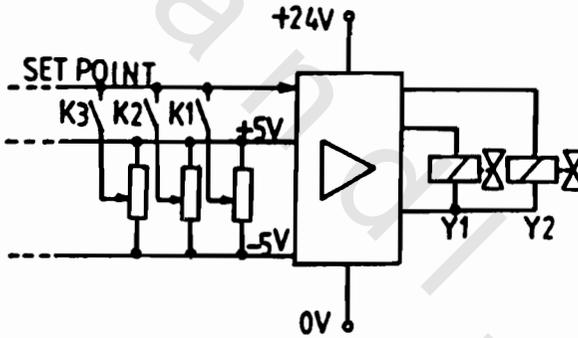
- والشكل (٢-٢٠) يعرض رمز مكبر إلكتروني للتحكم في صمام تناسبي بملف كهربى واحد، حيث يتم تغذيته بجهد كهربى مستمر 24V كمصدر قدرة، أما



شكل (٢-٢٠)

جهد الأساس فيتراوح ما بين 0: جهد الأساس فيتراوح ما بين 0: ويوصل مدخل المكبر الإلكتروني بثلاث مقاومات متغيرة الأولى موصلة بالريشة K1، والثانية موصلة بالريشة K2، والثالثة موصلة بالريشة K3 وذلك للحصول على ثلاثة جهود أساس مختلفة، فعندما

تغلق الريشة K1 نحصل على جهد الأساس الأول، وعندما تغلق K2 نحصل على جهد الأساس الثاني. وهكذا والشكل (٢-٢١) يعرض رمز مكبر إلكتروني يتحكم في صمام تناسبى بملفين كهربيين.

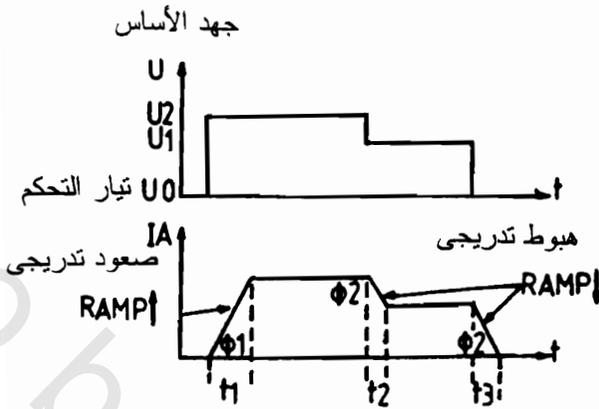


شكل (٢-٢١)

٥/٢/٢ - ضبط المكبر الإلكتروني:

١ - يتم ضبط تيار تشغيل بوبينة الصمام التي يتم التحكم فيها بالتيار من مسمار ضبط Scale، ويتم معرفة تيار تشغيل البوبينة الكامل من المواصفات الفنية للصمام.

٢ - يتم ضبط زاوية الصعود والنزول بواسطة مسماري ضبط Ramp ↑، Pamp ↓ للحصول على تغير تدريجي للكمية المتحكم فيها والتي تتحكم في البوبينة (تيار أو جهد) والشكل (٢-٢٢) يبين العلاقة بين جهد الأساس مع الزمن



شكل (٢-٢٢)

وكذلك تيار التحكم في بوبينة يتم التحكم فيها بالتيار عند زاوية صعود مقدارها $\Phi 1$. وزاوية هبوط $\Phi 2$. ويلاحظ أن زمن الصعود والنزول يتناسب عكسياً مع قيمة الزاوية وطردياً مع مقدار التغير في جهد الأساس.

ويمكن تعريف زمن الصعود بأنه الزمن اللازم لزيادة تيار التحكم، أو التحكم في بوبينة الصمام التناسبي عند زيادة جهد الأساس وصولاً للقيمة المقابلة لجهد الأساس الجديد ويمكن تعريف زمن الهبوط بأنه الزمن اللازم لانخفاض تيار التحكم، أو جهد التحكم في البوبينة التناسبية عند انخفاض جهد الأساس وصولاً للقيمة المقابلة لجهد الأساس الجديد.

٣ - في حالة المكبر الإلكتروني الذي يتحكم في الصمام التناسبي ذي الملفين فإنه إذا كان جهد الأساس يتراوح ما بين (0: +5V) يعمل الملف Y1، وإذا كان جهد الأساس يتراوح ما بين (0: -5V) يعمل الملف Y2.

٢ / ٣ - الصمامات المؤازرة Servo Valves :

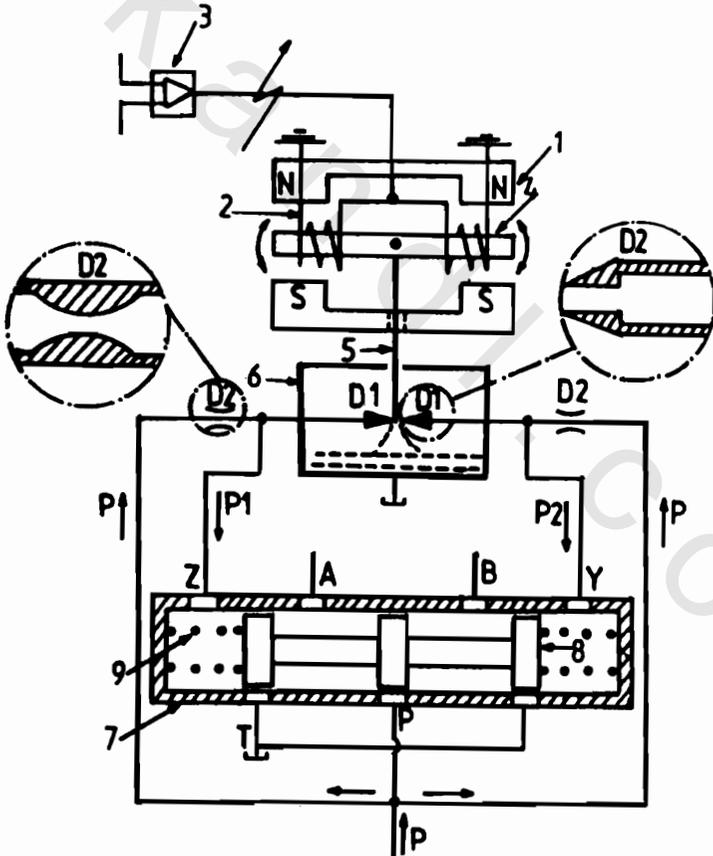
ظهرت الصمامات المؤازرة في نظم التحكم الهيدروليكية منذ 50 عاماً أي قبل الصمامات التناسبية. ولفظ مؤازرة يعنى تعضيد وتقوية، ويستخدم هذا اللفظ في نظم التحكم مثال ذلك: التوجيه المؤازر للسيارة فيمكن التحكم في عجلة القيادة للسيارة بقوة صغيرة من خلال يد السائق، وينتج عن ذلك قوة كبيرة تؤثر على العجلات الأمامية للسيارة وتعمل على دورانها.

وأكثر الصمامات المؤازرة المعروفة هي صمامات اتجاهية منزلفة، ويعمل العنصر المنزلق لهذه الصمامات تحت تأثير الضغوط الهيدروليكية المتولدة بواسطة محرك العزم Torque motor.

ومبدأ عمل الصمامات الموازنة هو تكبير إشارة كهربية صغيرة مؤثرة على الصمام. للحصول على ضغوط ومعدلات تدفق كبيرة تتناسب مع الإشارة الكهربائية. ونحب أن نوجه القارئ إلى أن الصمامات الموازنة الانزلاقية ليست هي فقط المتاحة، ولكن هناك صمامات موازنة دوارة، إلا أننا سوف نتناول الصمامات الموازنة المنزلقة لأنها هي الأكثر انتشاراً في الصناعة، وتستخدم الصمامات الموازنة عادة في نظم التحكم الإلكترونيهيدروليكية المغلقة مثل: التحكم الدقيق في السرعة أو التحكم الدقيق في الموضع.

١/٣/٢ - تركيب الصمامات الموازنة المنزلقة ونظرية عملها:

الشكل (٢-٢٣) يبين مخططاً توضيحياً مبسطاً لصمام مؤازر منزلق بمرحلتين وهما: مرحلة توليد فرق الضغط، ومرحلة تكبير فرق الضغط (المكبر الهيدروليكي).



شكل (٢-٢٣)

ويتكون الصمام المؤازر ذو المرحلتين من :

- محرك العزم .

- غرفة توليد فرق ضغط التشغيل ΔP .

- صمام التحكم المرحلة الأولى (مرحلة توليد فرق الضغط) : وتتكون من :

أ - محرك العزم : ويتكون محرك العزم من مغناطيس دائم 1 Permanent Magnet ، وملفين كهربيين 2 Electric Coils يتم تغذيتهما من وحدة تكبير إلكترونية 3 Electronic Amplifier بتيار التحكم والعضو الدوار لهذا المحرك هو قلب مغناطيسي دوار 4 مثبت فيه لسان Reed 5 ، ويوضع القلب المغناطيسي واللسان داخل ماسورة مرنة تعمل كإساي إرجاع وتمنع تسرب الزيت الهيدروليكي للملفات الكهربائية 2 . وعند مرور تيار كهربي في الملفات الكهربائية لمحرك العزم يتولد عزم إدارة للقلب المغناطيسي الدوار 4 ، ويعتمد اتجاه دوران القلب المغناطيسي على قطبية التيار المار في ملفات التحكم ، أما قيمة العزم وزاوية الدوران فتعتمد على شدة تيار التحكم . وبمجرد انقطاع تيار التحكم تقوم الماسورة المرنة بإعادة القلب المغناطيسي 4 واللسان 5 للوضع الابتدائي .

ب - غرفة توليد فرق ضغط تشغيل المنزلق : يمر الزيت المضغوط القادم من المضخة عبر ماسورتين كل منهما تحتوي على خانق D2 وفونية D1 ، ويوضع لسان محرك العزم 5 في الوضع المركزي بين الفونيتين D1 ، ويتجمع الزيت المتدفق عبر الخوانق D2 والفونان D1 داخل غرفة مغلقة 6 ، لمنع انتقال الزيت للملفات الكهربائية 2 ، ويسمح للزيت المتجمع في الغرفة المغلقة ، بالعودة للخزان ونتيجة لوجود اللسان بين الفونيتين D1 يرتد ضغط عكسي ، هذا الضغط يزداد كلما قلت المسافة بين الفونية واللسان ، وفي الوضع المركزي للسان يكون

$$P_1 = P_2 = \frac{P}{2}$$

حيث إن P_1 هو الضغط المرتد من الماسورة اليسرى ، P_2 هو الضغط المرتد من الماسورة اليمنى P هو ضغط مصدر الضغط والقادم من المضخة .

وفي الوضع المركزي يكون فرق الضغط $\Delta P = P_1 - P_2$ مساوياً للصفر لتساوي الضغط المرتد P_1 والضغط المرتد P_2 . أما عند مرور تيار في ملفات التحكم 2 فإن القلب المغناطيسي الدوار 4 سيدور جهة عقارب الساعة أو عكسها معتمداً على

قطبي تيار التحكم، فإذا تحرك جهة عقارب الساعة فإن اللسان 5 سيتحرك تبعاً جهة عقارب الساعة، وبالتالي يقترب من الفونية D1 للماسورة اليسرى وابتعد عن الفونية D1 للماسورة اليمنى، وتبعاً يصبح $P_1 > P_2$ أى أن فرق الضغط ΔP سيكون أكبر من الصفر.

المرحلة الثانية: (المكبر الهيدروليكي):

وتتكون هذه المرحلة من صمام تحكم 7 يحتوى على عنصر منزلق 8 ويايات إعادة للوضع المركزى للصمام 9.

فعند مرور تيار فى ملفات التحكم 2، فإن القلب المغناطيسى الدوار 4 سيدور جهة عقارب الساعة أو عكسها، فإذا تحرك جهة عقارب الساعة فإن $P_1 > P_2$ ، وبالتالي فإن العنصر المنزلق 8 سيتحرك جهة اليمين فيفتح المسارين $A \rightarrow P$ ، $B \rightarrow T$ ويكون معدل التدفق لصمام التحكم 7 متناسباً مع فرق الضغط ΔP ، وهذا بالطبع يعتمد على شدة تيار التحكم.

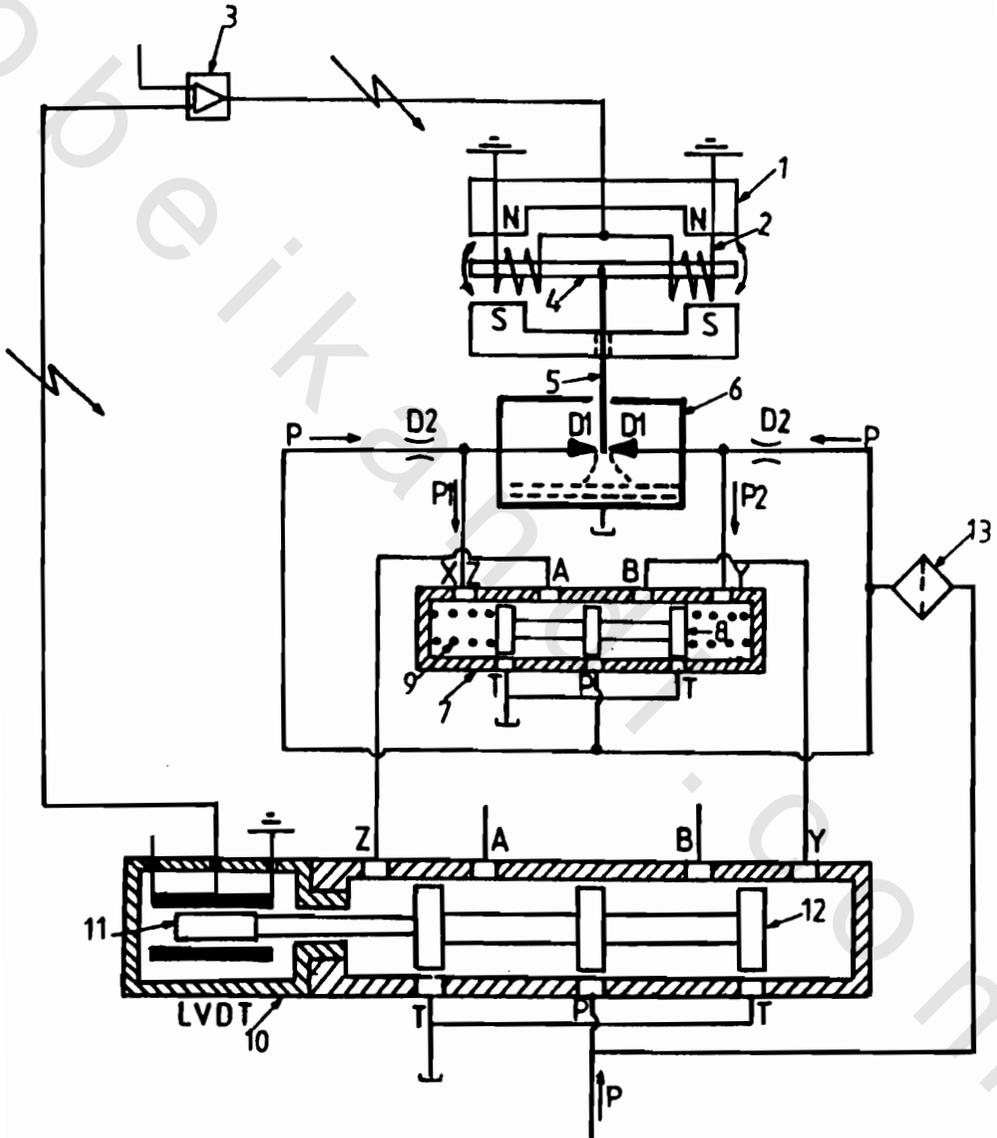
وفى الشكل (٢ - ٢٤) صمام مؤازر منزلق بثلاث مراحل وهى:

- ١ - مرحلة توليد فرق الضغط.
- ٢ - مرحلة تكبير فرق الضغط (المكبر الهيدروليكي).
- ٣ - الصمام الرئيسى.

وهذا الصمام مزود بمحول تفاضلى خطى متغير LVDT (انظر الفقرة ٣-٣-٥). بحيث إن القلب المغناطيسى المتحرك للمحول التفاضلى 11 مثبت مع العنصر المنزلق للصمام الرئيسى 12، ويقوم المحول التفاضلى الخطى المتغير LVDT بتحويل إزاحة العنصر المنزلق للصمام الرئيسى 12 إلى جهد يعتمد قيمته وإشارته على مقدار واتجاه الإزاحة (علماً بأن المحول التفاضلى الخطى المتغير يحتوى بداخله على دائرة إلكترونية) ويتم مقارنة خرج المحول بجهد الأساس بواسطة المكبر الإلكتروني 3 كما فى الصمامات التناسبية، ويقوم المكبر الهيدروليكي فى هذا الصمام بالتحكم فى الصمام الرئيسى (المرحلة الثالثة) علماً بأن هذا الصمام يستخدم للتحكم فى معدلات التدفق العالية.

ملاحظة :

يصل معدل الترشيح للمرشح 13 إلى حوالي $5\mu\text{m}$ لتجنب استقرار اللسان 5 في أحد الجانبين (يميناً أو يساراً) عند وجود شوائب في الزيت.



شكل (٢ - ٢٤)

وبصفة عامة فإن الصمامات المؤازرة تتميز بالدقة المتناهية النظير، لذلك فهي تستخدم عادة في الاستخدامات التي تتطلب دقة عالية جداً تفشل الصمامات المتناسبة في الوصول إليها.

أما عيوب الصمامات المؤازرة فيمكن تلخيصها فيما يلي :

١ - يؤدي وجود الخوانق والفوانى في الصمامات المؤازرة إلى حدوث انخفاض في الضغط يصل إلى 70 bar وهذا الانخفاض في الضغط يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الزيت ولذلك يلزم رفع ضغط المصدر لتعويض هذا الانخفاض.

٢ - حركة العنصر المنزلق لصمام التحكم تكون صغيرة جداً، لذلك فإن التدفق القليل لزيت المصدر في صمام التحكم 7 يؤدي لزيادة سرعة الزيت داخل صمام التحكم ويؤدي ذلك لحدوث تآكل للعنصر المنزلق ويقلل من عمره.

٣ - صغر المسافة بين اللسان والفوانى D1 والتي تصل إلى 0.6 : 0.7 وصغر القطر الداخلى للفوانى D1 والتي تصل إلى 0.25 μm يساعد على استقرار اللسان في أحد الجانبين (يميناً أو يساراً) عند وجود أى شوائب في الزيت مما يؤدي لحدوث خلل في أداء الصمام المؤازر، لذلك يجب أن يصل معدل الترشيح للزيت الهيدروليكي إلى أقل من 5 μm وهذا بالطبع مكلف جداً.

٤ - مرتفعة السعر مقارنة بالصمامات التناسبية فيصل سعرها لأكثر من الضعف.

وفيما يلي أهم أسباب اختلال أداء الصمامات المؤازرة :

١ - استقرار اللسان في أحد الجانبين نتيجة لوجود شوائب في الزيت.

٢ - انقطاع كابل التغذية المرتدة.

٣ - عدم تأريض الشبكة المعدنية لكابلات الصمامات المؤازرة، فهي عادة تكون كابلات مغطاة بشبكة معدنية.

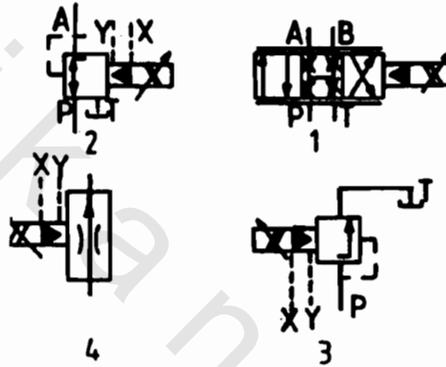
وفيما يلي رموز الصمامات المؤازرة وهي كما يلي :

الرمز 1 لصمام مؤازر اتجاهى 4/3.

الرمز 2 لصمام تنظيم ضغط مؤازر.

الرمز 3 لصمام تصريف ضغط مؤازر .

الرمز 4 لصمام تنظيم تدفق مزدوج بتعويض ضغط مؤازر .



ملاحظة:

اتجهت الشركات المصنعة للصمامات المؤازرة أخيراً لتخصيص مضخة هيدروليكية صغيرة الحجم، ومزودة بمرشحات دقيقة جداً، وذلك لتغذية غرفة توليد فرق الضغط للصمامات المؤازرة من أجل تقليل التكلفة التي تنشأ من إعداد كل الزيت المستخدم في الصمامات المؤازرة، بمعدل ترشيح يصل إلى $5\mu\text{m}$ ، لعدم الحاجة لهذا المعدل في زيت صمام التحكم والصمام الرئيسي .