جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي / ميكاترونكس-تكنولوجيا صناعية

الثاني

تأليف

أ.د. نبيل كاظم عبد الصاحب — المهندس رعد كاظم محمد

المهندس يعرب عمر ناجي — المهندس أحمد رحمن جاسم

المهندس مصطفى هاشم حريب — المهندس على عبد الرحمن

المهندسة سهى صبري سالم — المهندس فوزي حسين شوزي

الطبعة الخامسة — 1447 هـ - 2025 م

المقدمة

سعت المديرية العامة للتعليم المهني إلى تطوير المناهج العلمية والبرامج التدريبية، من أجل تأهيل الملاكات القادرة على امتلاك المؤهلات والمهارات العلمية والفنية والمهنية ، وكذلك إلى سد متطلبات سوق العمل وإيجاد فرص العمل على وفق التقدم العلمي الحاصل في ظل التطورات والخطوات التي يخطوها العالم نحو التقدم والانطلاق السريع .

ومن هذا المنطلق خطت المديرية العامة للتعليم المهني خطوات إيجابية تتفق مع الدول المتقدمة في بناء البرامج على وفق أساليب حديثة بجميع التخصصات، تمثلت هذه الخطوة في تحديث الكتب التربوية والعلمية وفتح الكثير من التخصصات الجديدة والحديثة، ومنها على الخصوص افتتاح فرع الميكاترونيكس بقسميه ميكاترونكس- سيارات وميكاترونكس تكنولوجيا صناعية (خطوط الإنتاج والتوزيع)، إذ تمثل هذه الخطوة الركيزة الأساسية في بناء الوطن على وفق الرؤيا العلمية التي تتوافق مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل الآنية والمستقبلية .

واليوم نضع بين يديك هذا الكتاب الذي يتضمن مبادئ التكنولوجية الصناعية أو يتناول كل ما يجب لفهم أساسيات الخطوط الإنتاجية ، ويوضح المعرفة العلمية على أسس تكنولوجية علمية في جميع المجالات المتعلقة بتكنولوجيا الميكانيك الصناعي مكملا لكتاب المرحلة السابقة.. لذلك لا بد من أن نتفحص في كتابنا هذا عالم الخطوط الصناعية الذي وصل إلى أحدث الابتكارات متناولا القديم منها والحديث لتكتمل الفائدة ولتكون النواة لكل فني طموح يريد الدخول إلى حقل المعرفة العلمية بصورتها الميسرة والواضحة المدعومة بالصور وبالأشكال التوضيحية والمعادلات لاكتساب المعلومات والمهارات العلمية المطلوبة لهذا التخصص.

نرجو من الله (عز وجل) أن نكون قد أسهمنا بنحو متواضع في نشر المعرفة بين أبنائنا الأعزاء من طلبة التعليم المهني خدمة لوطننا العزيز. سائلين الله التوفيق لكل العاملين في فتح هذا التخصص والإعداد له.

إنه سميع مجيب.

المولفون

الباب الأول

الفصل الأول

المتحسسات ومحولات الطاقة

Sensors and Transducers

الأهداف

الهدف العام :

في هذا الفصل يتعرف الطالب على المتحسسات المستعملة في الخطوط الإنتاجية وآلية عملها وأنواعها والدوائر الكهربائية المعالجة لإشارات هذه المتحسسات، فضلاً عن المضخمات وكيفية ربطها مع المتحسسات.

الأهداف الخاصة:

تعريف الطالب بالموضوعات الآتية:

1- المتحسسات الحرارية

2- متحسس الإزاحة

3- متحسس الضغط

4- المتحسسات الضوئية

5- متحسس اللمس

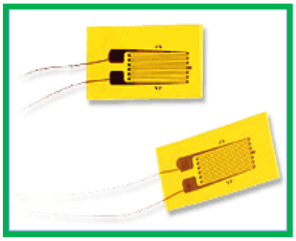
6- متحسس السرعة

7- مضخم العمليات

تعلم الموضوعات

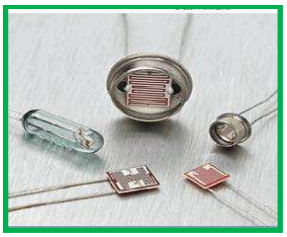
المتحسسات ومحولات الطاقة

أنواع المتحسسات:



المتحسسات الحرارية/ النوع الأول – الازدواج المعدني/ النوع الثاني - متحسس "كاشف الحرارة ذو المقاومة RTD / النوع الثالث - الدايودات الحرارية والترانزستورات الحرارية/ النوع الرابع - المزدوج الحراري / النوع الخامس - متحسس الحرارة الزئبقي/ النوع السادس - المقاوم الحراري.

متحسس الإزاحة/ النوع الأول: متحسس المقاومة الخطية والزاوية/ النوع الثاني : المحول الخطي الفرقي المتغير/ النوع الثالث : متحسس الإزاحة السعوي



متحسس الضغط/ أساسيات طرائق الكشف والقياس لمتحسس الضغط / متحسس مقياس الانفعال (Strain gauge) ومبدأ عمله/ إضافة الإشارة الكهربائية إلى متحسس مقياس الانفعال/ عناصر التحسس للضغط.

المتحسسات الضوئية/ نظرية عمل المتحسس/ المقاومة الضوئية LDR/ / الدايودات الضوئية/ الترانزستور الضوئي/ الثايرستور الضوئي/ الخلايا الضوئية/ الثنائيات الضوئية أو المزدوجات الضوئية.

متحسس اللمس/ أنواع المتحسسات التلامسية/ مفتاح نهاية المشوار/ المفاتيح التقاربية/ أ- المفتاح التقاربي الذي يعتمد مبدأ التيارات الدوامية / ب- مفاتيح رييد / ج- المفتاح التقاربي السعوي/ د - المفتاح التقاربي الحثي/ متحسس الطفو/ متحسس اللمس لسطوح الكريستال

متحسس السرعة/ متحسس السرعة الكهرومغناطيسي

مضخم العمليات/ المضخم نوع: 741/ درجة التضخيم/ تطبيقات مضخم العمليات/ مضخم عاكس/ مضخم غير عاكس/ المضخم المقارن/ المضخم الجمعي/ المضخم الفرقي/ تطبيقات المضخم العملياتي بتكييف إشارات المتحسسات

1- 1- المتحسسات ومحولات الطاقة

Sensors & transducers

للمتحسسات في وقتنا الحاضر ضرورة أساسية في التطبيقات الصناعية . ويتطلع الصناعيون اليوم إلى تصنيع قطع مدمجة من المتحسسات مع تجهيزات الحاسوب المتحكم بها .

وفي الماضي كان العمال بمكانة العقل لهذه التجهيزات؛ إذ كان العامل هو المصدر لكل المعلومات عن عملية المعالجة، وكان على العامل أن يعرف ما إذا كانت هناك قطع متوافرة، أو أي من القطع كانت جاهزة، و أهي صالحة أم فاشلة، وهل الأدوات في حالة جيدة ، وهل إن مكان التثبيت مفتوح أم هل هو مغلق، وهكذا ... وبالتالي كان يتوجب على العامل أن يتحسس المشكلات بنفسه في العملية الإنتاجية.

وهكذا كان العامل يستطيع أن يرى أو أن يشعر وحتى أن يكتشف المشكلات بنفسه. والآن تستعمل الحواسيب في العديد من المجالات الصناعية التي تعتمد نظام المعالجة الـ (PLC) مع وجود المتحسسات للتحكم بحركة الآلات وتتابعها. إذ إن نظام الـ (PLC) أكثر سرعة ودقة في العمل وإنجاز المهام، وكذلك يقوم على اكتشاف عمليات المعالجة وتفحصها بنفسه.

وتنجز المتحسسات في الحقيقة مهام يسيرة بكفاءة عالية وبدقة أكبر مما يمكن أن يفعله الأشخاص، وهي المتحسسات أكثر سرعة كما أن الأخطاء المتوقع حصولها فيها تكون قليلة.

تعريف المتحسس:

وهو عبارة عن جهاز يحول المقادير الفيزيائية (مثل الحرارة، الضغط، الإضاءة ...الخ) إلى مقادير كهربائية، والخارج منه إما أن يكون إشارة جهد وإما تياراً وإما تغييراً في مقدار المقاومة وإما إزاحة، ويتوجب التعامل مع هذا الخرج وتحويله إلى نوع آخر من الطاقة بواسطة محولات الطاقة بحسب ما هو مطلوب.

استعمال محولات الطاقة

محول الطاقة: transducer

مصطلح يدل عادة على جهاز يحول الإشارة من شكل فيزيائي إلى شكل فيزيائي آخر. وبالتالي فان المتحسس غالباً ما يكون محول طاقة، ولكن هناك أجهزة أخرى يمكن عدّها محولات طاقة، على سبيل المثال المحرك الذي يحول الدخل الكهربائي إلى حركة دورانية.

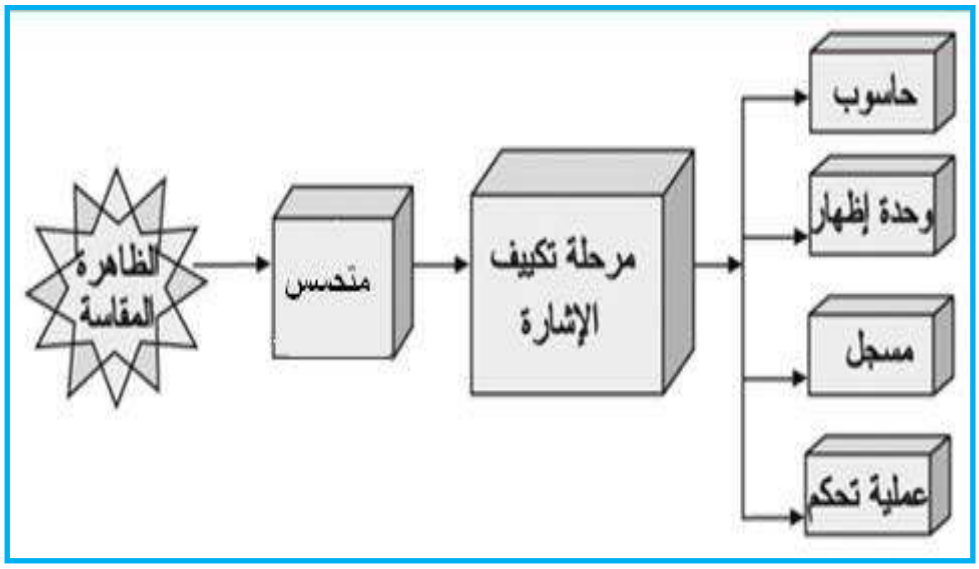
وكثيراً ما يكون شكل الطاقة الخارجة من المتحسس ومقدارها ضعيفاً جداً، إذ يتطلب تقويتها أو قد يكون غير ملائم لاستقباله في الدوائر الالكترونية اللاحقة، وبالتالي يتطلب تحويل شكل الطاقة إلى شكل آخر، مثلاً من إشارة تناظرية إلى إشارة رقمية.

ويمكن استعمال محولات الطاقة في تغيير أشكال الطاقة المختلفة مثل الحركة ، والإشارات الكهربائية ، والطاقة الإشعاعية والحرارية أو الطاقة المغناطيسية وغيرها ، وهناك العديد من أنواع المحولات المختلفة في كل من المدخلات التناظرية والرقمية وأجهزة الإخراج المتوافرة.

وتمر الإشارة في عدة مراحل، فبعد أن يتم تحسسها تذهب إلى المكيف ومنه إلى المعالج أو الحاسوب أو عملية تحكم أو وحدة الإظهار، كما هو واضح بالشكل (1-1).

المتحسسات التي تعطي خرجاً بصورة إشارات رقمية أو متقطعة أي on–off ؛ يمكن بسهولة توصيلها إلى منافذ الدخل لـPLC مثل المفاتيح الميكانيكية .

أما المتحسسات التي تعطي إشارات تناظرية، فيجب تحويلها إلى إشارات رقمية قبل توصيلها إلى منافذ أو مداخل الـ PLC.



الشكل رقم (1-1) يمثل مخطط مراحل تحسس الإشارة والمعالجة

أنواع المتحسسات:

Types of sensors

هناك أنواع كثيرة من المتحسسات المستعملة في التطبيقات الصناعية التي يمكن تصنيفها بحسب نوع خرجها، إذ تنقسم على نوعين: هما المتحسسات الرقمية، والمتحسسات التناظرية ، ففي المتحسسات الرقمية عادة يكون خرج المتحسس بشكل (0- 1) أي صفر – واحد أو (موجود – غير موجود) وهذه عادة ما تستعمل في المكائن التي يتغير فيها المتغير مع الزمن مثل قياس سرعة دوران العجلة بواسطة متحسس ضوئي. والنوع الثاني هو المتحسس التناظري، إذ يكون الخرج مستمراً (أي التغير يكون مستمراً وغير متقطع) مثل المقاومة الحرارية.

1-1-1 المتحسسات الحرارية

Temperature Sensors

تُعّد درجة الحرارة المقدار الفيزيائي الأكثر قياساً؛ لأنها تفيد في تحديد خواص المواد بنحوٍ قطع، وبعمومية كبيرة وسهولة في تنفيذها.

المتحسس الحراري: هو الأداة التي تحول درجة الحرارة إلى جهد كهربائي أو إزاحة أو تغيير في قيمة المقاومة، يتناسب مع قيمة درجة الحرارة المطبقة عليه. أيسر مثال على ذلك هو الدايود، فعند تعرضه لحرارة تبدأ بعض الالكترونات بالتحرر من مداراتها ويزداد مرور التيار (علاقة طردية بين التيار والحرارة) .

- استعمال الدايود كمتحسس حراري

عند انحياز الدايود السليكوني أمامياً في درجة 25° يكون جهد الانحياز الأمامي نحو (0.65 فولت)، وعند زيادة درجة الحرارة فان ذلك سيؤدي إلى زيادة عدد الالكترونات المتحررة من ذرات المادة نصف الناقلة، وبالتالي ازدياد قيمة التيار المار، وبالتالي انخفاض جهد الانحياز الأمامي (عملياً فان كل 1° تقابل انخفاض جهد الانحياز الأمامي بمقدار 2 إلى 3 ميلي فولت) ومن مساوئ الدايود كمتحسس حراري أن قيمة الجهد المقابل لكل (1) درجة هي قيمة صغيرة

النوع الأول: الازدواج المعدني الحراري:

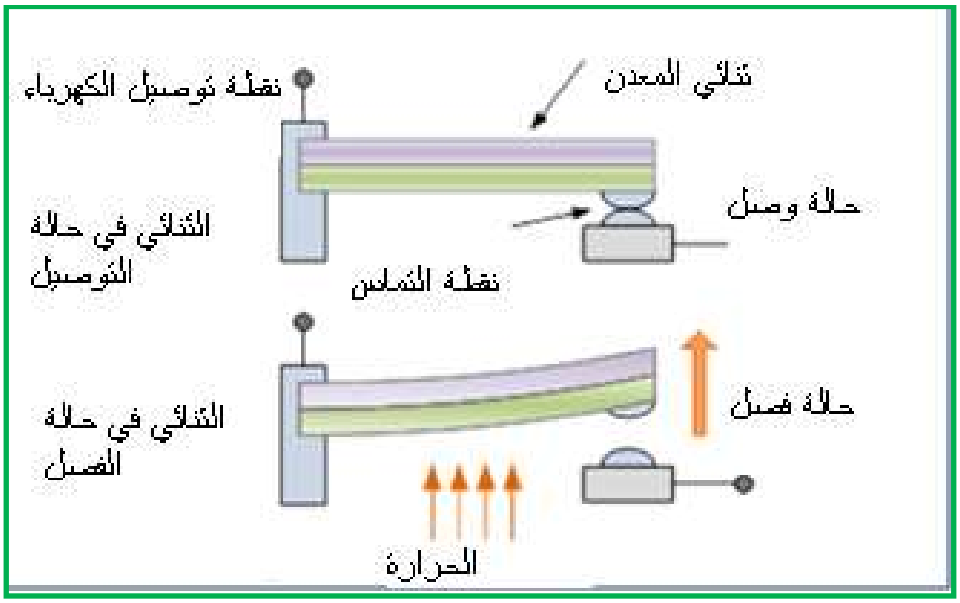
Bimetallic Thermometer

إن أيسر نوع لمتحسس درجة الحرارة الذي يمكن استعماله لإعطاء إشارة رقمية (on–off) عند الوصول إلى درجة حرارة معينة؛ هو عنصر الازدواج المعدني Bimetal.

يتكون الازدواج المعدني من شريحتين من معدنين مختلفتين (مثل النحاس والحديد) موصلين معاً كما في الشكل (1-2). ولكل موصل معامل تمدد مختلف عن الآخر، ولذلك عند زيادة درجة حرارة شريحة الازدواج المعدني يزداد انحناؤها لدرجة أن أحد المعدنين يتمدد أكثر من الآخر. المعدن الأكثر تمدداً يكون بالجانب الخارجي للانحناء عندما تبرد الشريحة يحدث العكس.

هذه الحركة للشريحة يمكن استعمالها في عمل وصل أو فصل تلامسات كهربائية وبالتالي فعند درجة حرارة معينة سوف تسبب وصل أو فصل on–off للتيار في الدائرة الكهربائية.

والجهاز بهذه الطريقة ليس دقيقاً بما فيه الكفاية، ولكنه يستعمل كمنظم لدرجة الحرارة (يسمى ثرموستات) في الأجهزة المنزلية مثل التدفئة المركزية والسخانات والأفران.



الشكل (1-2) يبين شرائح الازدواج المعدني

النوع الثاني : المتحسس "كاشف الحرارة ذو المقاومة :

Resistance – Temperature Detectors (RTD)

تعدّ المقاومة الكاشفة للحرارة من أكثر أنواع المتحسسات الحرارية انتشاراً، وتصنع من البلاتين أو النيكل أو النحاس أو خليطه (نيكل/ حديد). تتغير مقاومتها خطياً بتغير درجة الحرارة بحسب العلاقة التالية، وهذا ما يجعل RTDs متحسسات دقيقة جدا لتحسس الحرارة:

$$R = R_0 (1 + \alpha (t - t_0))$$

إذ إن :

R : قيمة مقاومة المتحسس كتابع لدرجة الحرارة عند قيمة درجة الحرارة المقاسة (t).

R_0: قيمة المقاومة عند درجة الحرارة المرجعية (تعطى عادة عند الدرجة صفر مئوية).

α: المعامل الحراري للمقاومة temperature coefficient.

t : درجة الحرارة المقاسة، t_0 درجة الحرارة المرجعية (عادة عند درجة الصفر المئوية).

تتصف المقاومة الكاشفة للحرارة بأنها تعمل في مجال متوسط لدرجة الحرارة. ولكنها تتأثر بالتسخين الذاتي، لذلك يجب الانتباه لتيار القياس في دائرة القياس، كما يتأثر هذا المتحسس بمقاومة أسلاك التوصيل.

ويمكن استعمالها كإحدى أذرع قنطرة وتستون وخرج القنطرة يؤخذ كمقياس لدرجة الحرارة ، أو كطريقة أخرى يمكن استعمال دائرة مقسم جهد، إذ يسبب التغير في المقاومة الحرارية تغيراً في هبوط الجهد على مقاومة، كما في الشكل (1-3).

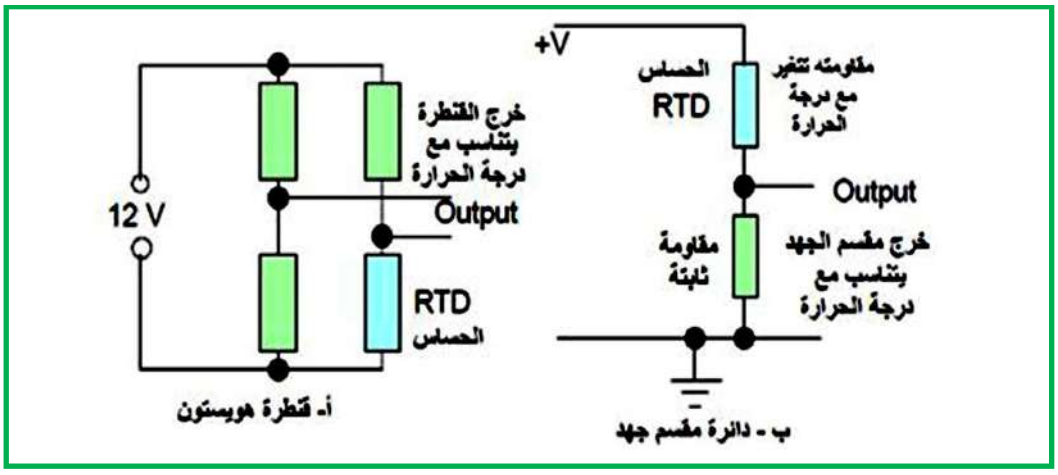
مثال: متحسس من البلاتينيوم مقاومته عند درجة الصفر المئوي (2.732Ω) سخن لدرجة ($40C^o$)، أحسب مقاومته عند هذه الدرجة . إذا علمت بأن المعامل الحراري للمقاومة في درجة الصفر المئوي هو ($0.00379/ C^o$) ؟

الحل:

$$R = R_0 (1 + \alpha (t - t_0))$$

$$R=2.732(1+0.00379\times40)$$

$$R=3.146\Omega$$



الشكل (1-3) يبين التحسس بدرجة الحرارة عن طريق التغير في المقاومة

الخرج من كلتا الدائرتين يكون عبارة عن إشارة تناظرية تؤخذ كمقياس لدرجة الحرارة .

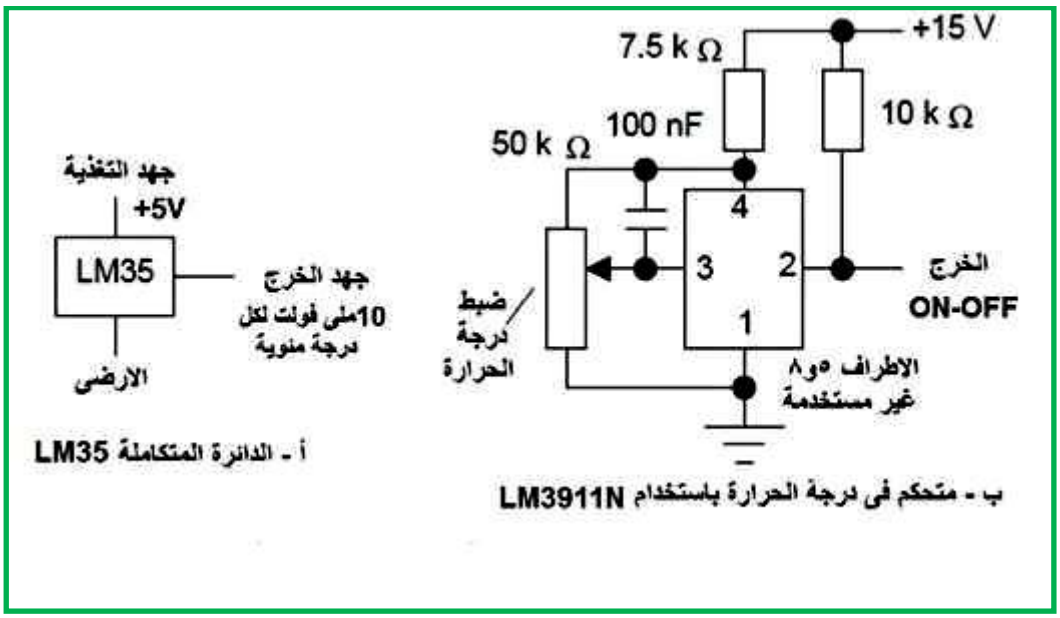
النوع الثالث : الدايودات الحرارية والترانزستورات الحرارية:

Diodes and Transistor Thermometer Sensor

الدايودات والترانزستورات تستعمل كمتحسسات لدرجة الحرارة؛ لأن معدل انتشار الشحنات الموجبة والسالبة خلال وصلات أشباه الموصلات تتأثر بدرجة الحرارة . كما توجد دوائر متكاملة تجمع بين هذه العناصر المتحسسة للحرارة مع دوائر خاصة لإعطاء جهد خرج مرتبط كدالة بدرجة الحرارة. والدائرة المتكاملة الأوسع انتشاراً هي LM35 التي تعطي خرج $10\ mV/C^o$(ملي فولت لكل درجة مئوية) عندما تغذى بجهد (+5V) كما في الشكل (1-4 أ)، ويمكن عمل مفتاح رقمي (on-off) لدرجة الحرارة من متحسس تناظري وذلك بتوصيل الخرج التناظري إلى دائرة مقارن جهد الذي يقوم

موازنته بقيمة محددة الضبط، وينتج إشارة المنطق 1 عندما يكون جهد دخل درجة الحرارة يساوي أو اكبر من القيمة المحددة الضبط، وإن لم يكن كذلك تكون الإشارة بالمنطق 0.

وهناك دوائر متكاملة مثل (LM3911N) تجمع بين عنصر المتحسس الحراري مع مكبر عمليات. عند توصيلها كمقارن (4-1 ب) فإن الخرج يتحول كلما وصلت درجة الحرارة إلى نقطة الضبط وتعطى مباشرة متحكم في درجة الحرارة بصورة (On-off).

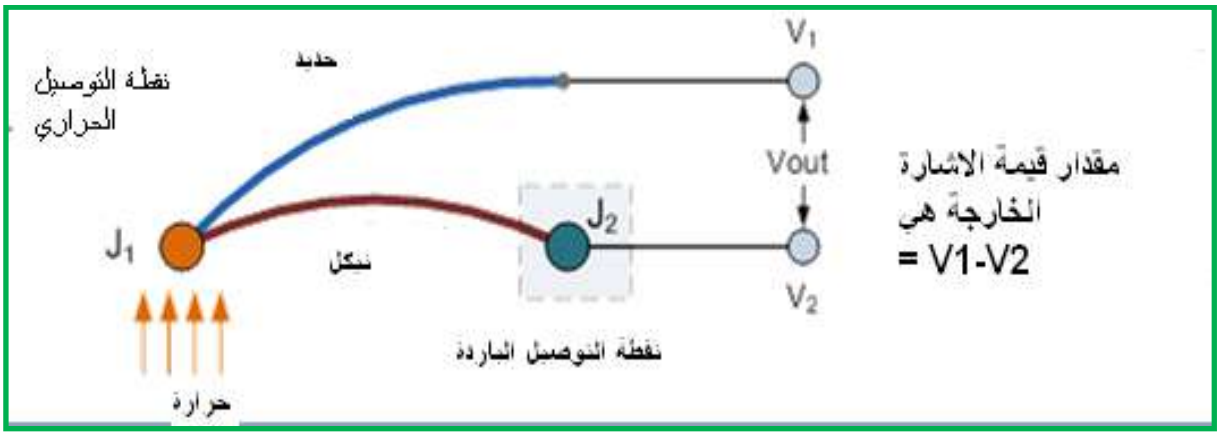


الشكل (1-4) يبين الدوائر المتكاملة كمتحسسات لدرجة الحرارة

النوع الرابع - المزدوج الحراري :

Thermocouple

يتكون الازدواج الحراري أساساً من سلكين غير متماثلين A وB يمثلان وصلة كما في الشكل (5-1).



الشكل (1-5) يبين المزدوج الحراري

عند تسخين الوصلة بحيث تكون في درجة حرارة أعلى من الوصلات الأخرى بالدائرة التي تحفظ في درجة حرارة باردة وثابتة؛ تتولد قوة دافعة كهربائية تعتمد على درجة حرارة الوصلة الساخنة.

الجهد الناتج بالازدواج الحراري صغير ويحتاج إلى تكبير قبل توصيله إلى دخل القناة التناظرية للمتحكم. كما يتطلب دوائر لتعويض درجة حرارة الوصلة الباردة؛ لأن درجة حرارتها تؤثر في قيمة القوة الدافعة الكهربية المتولدة بالوصلة الساخنة.

النوع الخامس : متحسس الحرارة الزئبقي

Thermometer

هو جهاز يقوم بقياس درجة الحرارة، ويترجم ذلك عن طريق ارتفاع مستوى الزئبق بمقدار معين يتناسب مع درجة الحرارة.

ويتألف هذا المقياس من عنصرين مهمين هما:

1 - زجاجة الزئبق.

2- ميزان التدريج .

صناعياً تُستعمل متحسسات الحرارة الشائعة وسائل إلكترونية مزودة بشاشات رقمية أو توصل مع الحاسوب واعتماداً على مستوى المعرفة بالقوانين الفيزيائية المتعلقة بالقوانين الديناموحرارية.

النوع السادس : المقاوم الحراري

Thermistors

يظهر المقاوم الحراري تغيراً أكبر في المقاومة من أجل تغير معين في الحرارة. ويمكن أن يكون أكثر دقة وملاءمة، والمشكلة الرئيسة تكمن في أن المقاومات الحرارية غير خطية بنحوٍ كبير، فإذا كان مجال درجة الحرارة المقاسة صغير نسبياً فيكون المقاوم الحراري أداة جيدة، وتكون شبكة المقاومات الحرارية فعالة؛ إذ إنها تملك جهداً خطياً صغيراً بتغير الحرارة. والثرمستور هو نوع آخر من أجهزة استشعار درجة الحرارة ، وهي مصنوعة عموماً من المواد شبه الموصلة مثل أكاسيد النيكل والكوبالت أو المنغنيز، وتغلف بالزجاج والسيراميك مما يجعلها تتلف بسهولة. معظم أنواع الثرمستور لديها معامل درجة الحرارة السلبية للمقاومة أو (NTC) ، أي إن قيمة المقاومة تنخفض مع زيادة درجات الحرارة، ونوع آخر له معامل درجة الحرارة الإيجابية، (PTC)، ترتفع قيمة المقاومة بزيادة في درجة الحرارة. وميزتها الرئيسة هي سرعتها في الاستجابة لأية تغييرات في درجات الحرارة .

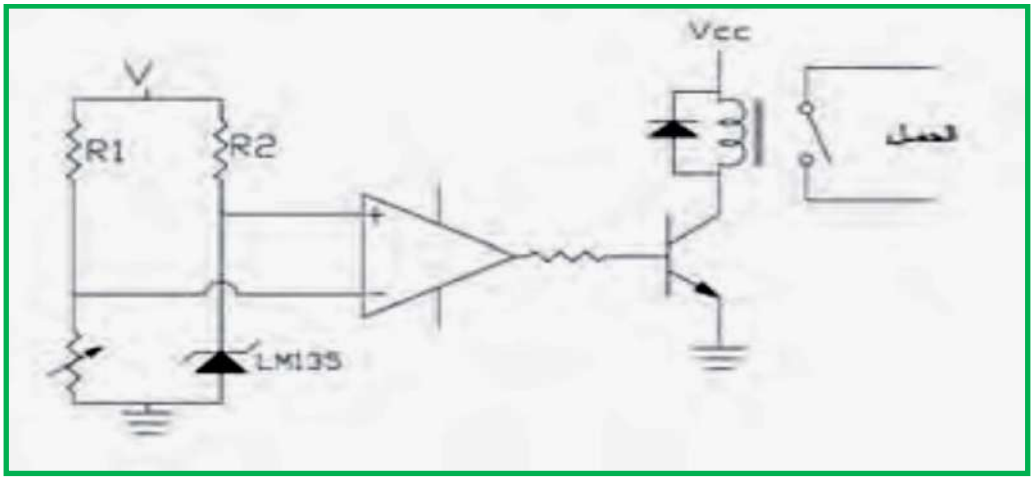
وتتكون الثرمستورات عموماً من أشباه الموصلات، وتحول إلى أقراص صغيرة كما مبين في الشكل (1-6)، أو بصورة الكرات المضغوطة التي هي مغلقة بإحكام لإعطاء استجابة سريعة نسبياً لأية تغييرات في درجة الحرارة. ويتم تصنيفها مثل المقاومات. وتعرف الثرمستورات عن طريق قيم المقاومة عند درجة حرارة الغرفة من 10كيلو أوم إلى MΩأوم . والثرمستورات هي أجهزة مقاوم سلبي وهو ما يعني أننا نحتاج إلى تمرير تيار من خلال تلك المقاومة ودائرتها الكهربائية لتحقيق نتائج قابلة لقياس الجهد.

الشكل (1-6) يبين الثرمستور

وهناك أنواع أخرى من أجهزة الاستشعار لدرجة الحرارة لم يرد ذكرها هنا تشمل، تقاطع مجسات أشباه الموصلات، والأشعة تحت الحمراء، ومجسات الإشعاع الحراري، والمجسات الحرارية الطبية، والمؤشرات، والكثير الكثير من المجسات الموجودة في التطبيقات الصناعية.

تطبيقات المتحسسات الحرارية في التحكم بدرجات الحرارة

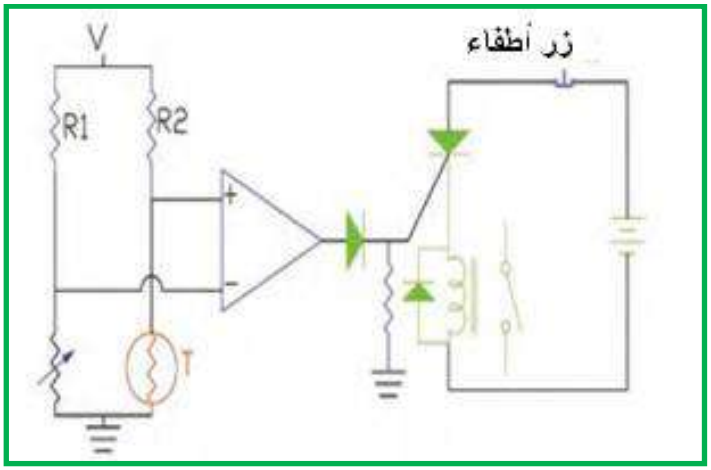
توضح الدائرة (1-7) كيفية التحكم بدرجة حرارة غرفة عن طريق تشغيل مكيف هواء بارد . إذ يمكن ضبط درجة الحرارة عن طريق المقاومة المتغيرة (نقطة المرجعية). عند ارتفاع درجة الحرارة يزداد الجهد على المتحسس الحراري من نوع (**LM135**) حتى يصل إلى درجة الحرارة المطلوبة، وينقل الجهد عن طريق مكبر العمليات إلى حالة التشبع، فيعمل على تشغيل المرحل الذي بدوره يعمل على تشغيل مكيف الهواء، وعند انخفاض درجة الحرارة يقل الجهد على المتحسس ويكون جهد مكبر العمليات صفراً، والترانزستور في حالة الجهد السالب، فيؤدي إلى فصل المرحل وتوقف مكيف الهواء عن العمل .



شكل (1-7) دائرة التحكم بدرجة الحرارة

دائرة إنذار الحريق

عند وقوع الحريق في مكان ما ترتفع درجة الحرارة وتؤثر في المتحسس الحراري ، وهذا بدوره يعمل على نقل مكبر الإشارة إلى حالة التشبع الموجب الذي يعمل على نقل الترانزستور إلى حالة التوصيل وتشغيل جرس الإنذار ، كما في الشكل (1-8) الذي يوضح كيفية عمل دائرة إنذار الحريق .



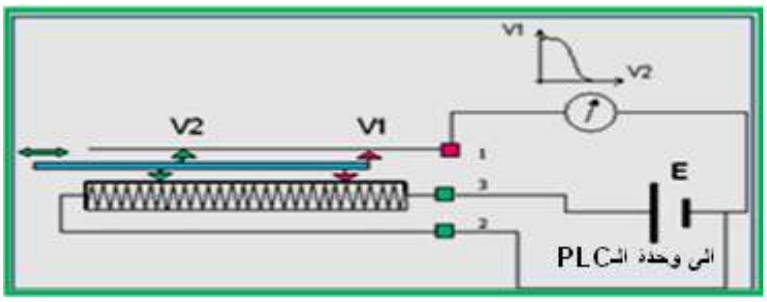
شكل رقم (1-8) عمل دائرة إنذار الحريق

1-1-2 متحسس الإزاحة

Displacement sensor

ويسمى في بعض الأحيان بمتحسس الموضع ، ونستعمل اصطلاح متحسس الموضع للتحسس الذي يعطي قياساً للمسافة بين نقطة ثابتة (مرجعية) والموضع الحالي للهدف المتحرك .

كما مبين في متحسس الإزاحة المبين في الشكل (1-9) إذ يعطى قياس للمسافة بين الموضع الحالي لهدف والموضع المسجل السابق، وهما نوعان

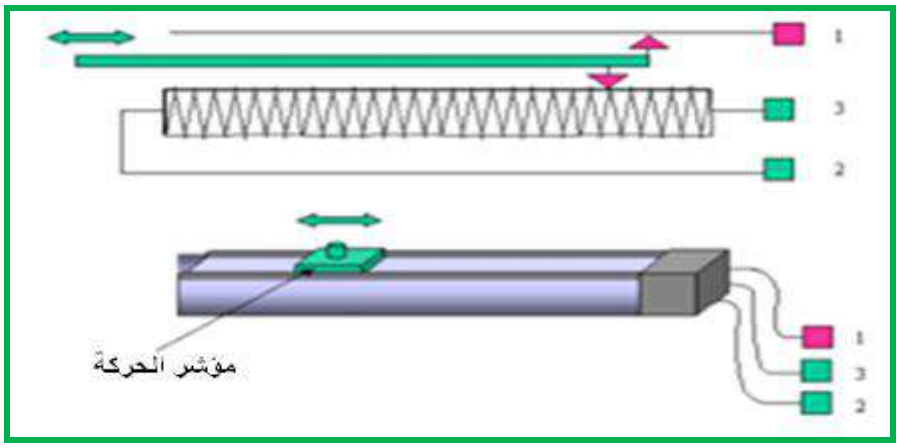


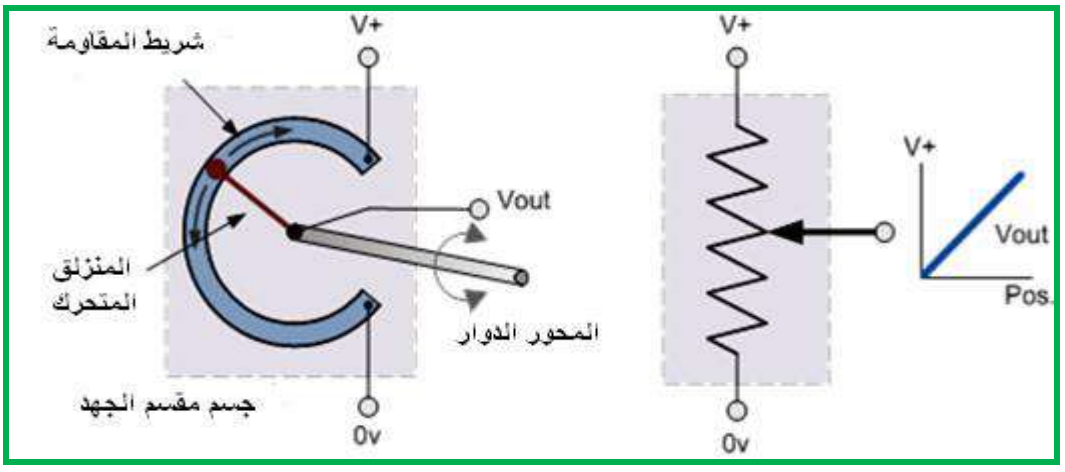
شكل 1-9 متحسس الإزاحة

2-1-1 النوع الأول :متحسس المقاومة الخطية والدورانية

Linear and rotational resistance، Displacement sensor

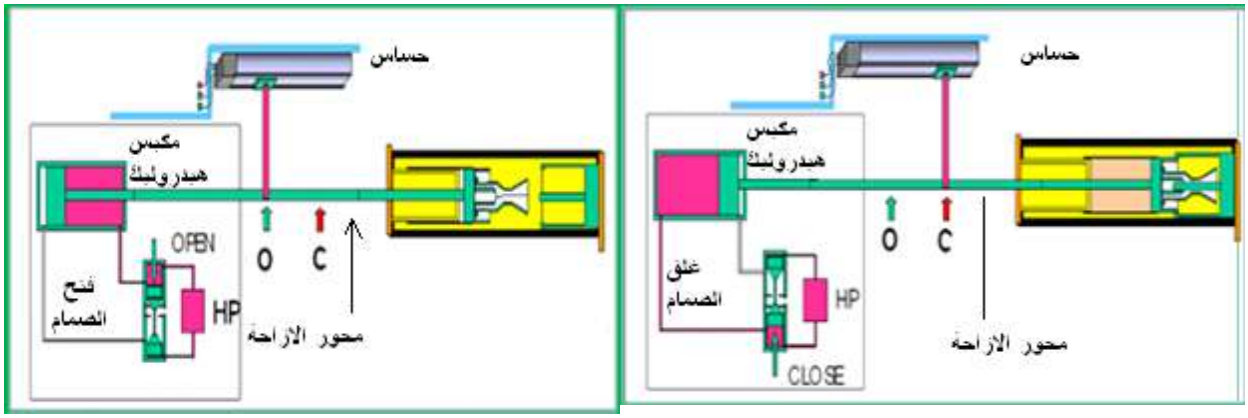
تُعد متحسسات الإزاحة التي تستعمل المقاومة الخطية والدورانية المبينة في الشكل (1-10) أنواعاً شائعة الاستعمال ، وهي غير مكلفة ، وتسمى أيضاً مقسم الجهد الخطي أو الدوار .إذ يتم توصيل جهد مستمر على كل مسار المقاومة ، ويؤخذ جهد الإشارة بين التلامس المتحرك (المنزلق) على مسار المقاومة وأحد طرفي المسار ليدل على موضع التلامس المنزلق ، كما في الشكل (1-10). ويتكون المتحسس من مقاومة متغيرة ، والنقطة المنزلقة تقسم المقاومة الكلية على جزأين ، تربط أطراف المقاومة إلى فرق جهد بقيمة معينة ، ويكون الخرج من الطرف المتحرك الذي يجزئ المقاومة ، وبالتالي يجزئ الفولتية ، ويمثل فولتية الخرج للمتحسس ، ومن ثم يعمل مقسم الجهد كمتحسس تناظري للموضع الخطي أو الدوراني.



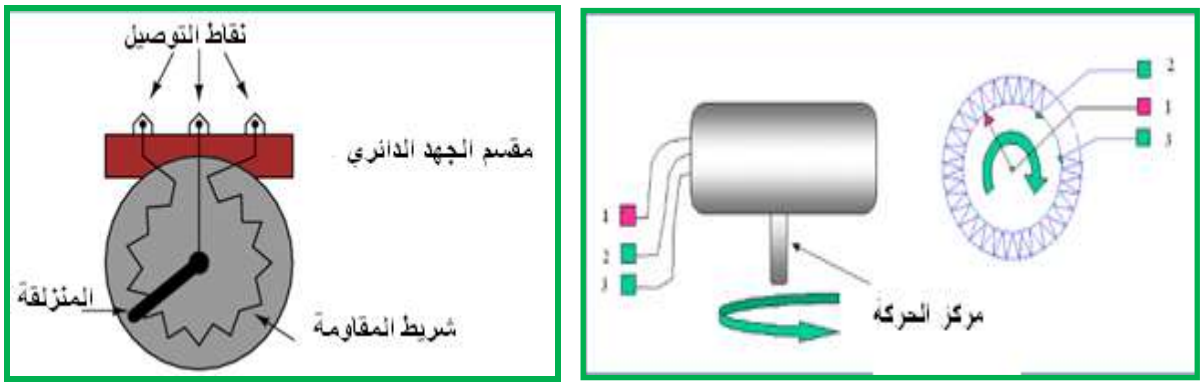


الشكل (1-10) يمثل المقاومة الخطية والدورانية

ويمكن الإفادة من مقسم الجهد كمتحسس وذلك عن طريق وضع المقاومة المتغيرة المستقيمة في موضع الحركة والجهد الخارج يمثل مقدار المسافة أو الإزاحة التي تحرك بها ذلك الجسم ، كما مبين في الشكل (1-11) الذي يبين موقع متحسس الإزاحة في كل من النقطتين (النقطة 0 والنقطة C) ، وقراءة الإزاحة بين النقطتين إذ يعمل المتحسس على فتح صمام الهيدروليك وغلقه بحدود الإزاحة بين النقطتين . وقد تكون الحركة دائرية، وعندئذ يستعمل متحسس إزاحة من نوع مقسم الجهد الدائري، كما هو واضح بالشكل (1-12).



الشكل (1-11) يبين موقع متحسس الإزاحة لصمام هيدروليك

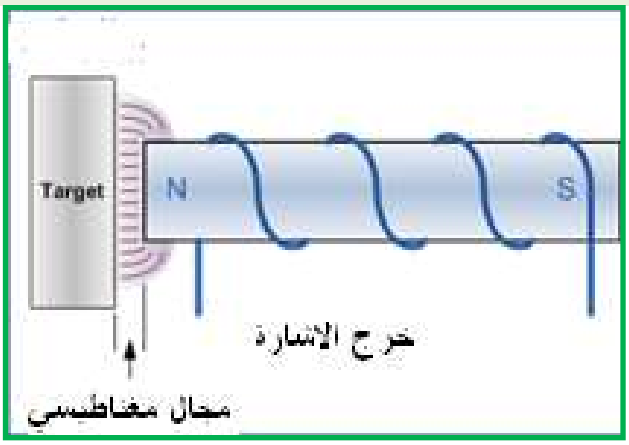


الشكل (1-12) متحسس المقاومة الدورانية

2-1-1 النوع الثاني : المحول الخطي الفرقي المتغير

LVDT Sensor Linear Variable Differential Transformer

الشكل الآخر لمتحسسات الإزاحة هو المحول الخطي الفرقي المتغير ويسمى LVDT.، ويعتمد جهد الخرج من المتحسس على موضع القلب الحديدي للملف، ويتكون LVDT من ثلاثة ملفات متماثلة الموضع يتحرك بداخلها القلب الحديدي كما بالشكل (1-13) . وعندما يوصل تيار متردد إلى الملف الابتدائي يتولد بالحث الجهدان (V_1) و(V_2) في الملفين الثانويين.

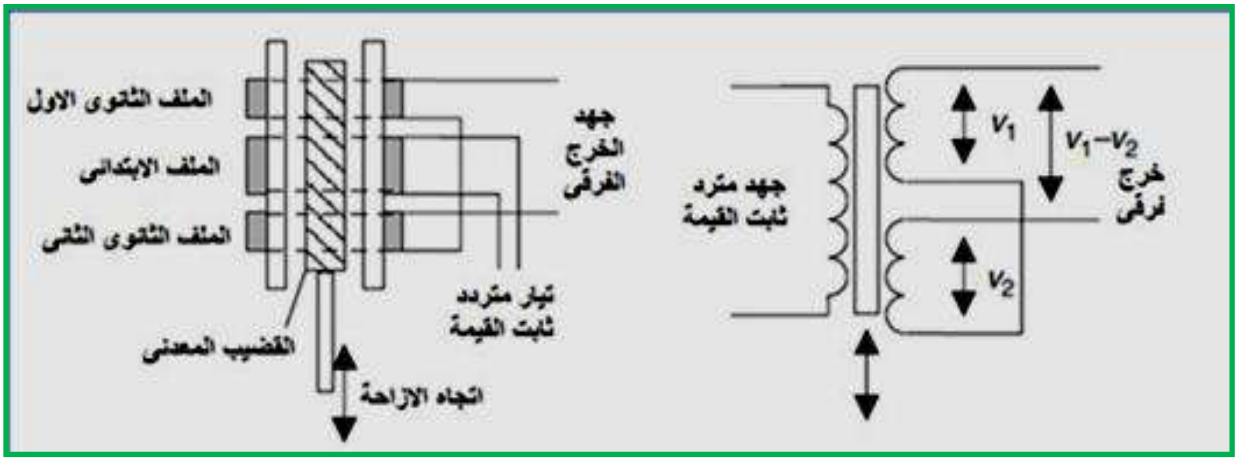


شكل 1-13 متحسس الإزاحة الخطي الفرقي

وعندما يكون القلب الحديدي في وضع متوسط بين الملفين الثانويين تتساوى جهودهما.

إن قيمة فولتية الخرج لكل من الملفين الثانويين موصلة بحيث إن خرجهما معاً هو الفرق بين جهديهما، أي (V_1- V_2.= 0) كما مبين في شكل (1-14)، فعندما يكون القلب في المنتصف يكون الجهدان متساويين ويكون الخرج صفراً.

وعندما تتم إزاحة القلب الحديدي عن موضعه الأوسط يكون قريباً من أحد الملفين الثانويين من الآخر .ونتيجة لذلك يكون الجهد المتردد المتولد في أحدهما اكبر من الآخر. إذ يمثل الفرق بين جهدي الملفين الخرج، أي إن الخرج يعتمد على موضع القلب الحديدي، وفي هذه الحالة تكون هناك إشارة خرج من المتحسس LVDT الذي يكون بصورة تيار متردد. وغالباً يتم تحويله إلى جهد مستمر تناظري، ويتم تكبيره قبل إدخاله إلى قناة تناظرية في المتحكم.

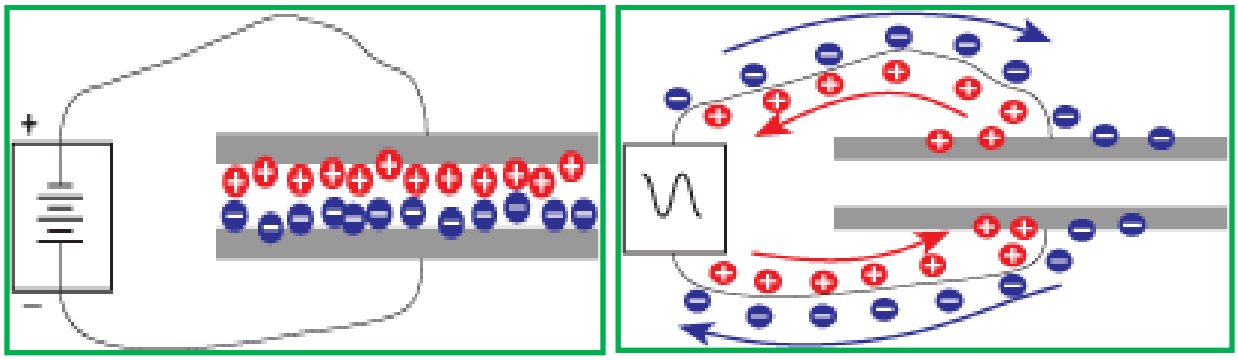


الشكل (1-14) يبين طريقة عمل المتحسس الخطي الفرقي (الحثي) ومكوناته

2-1-1 النوع الثالث : متحسس الإزاحة السعوي

Capacitance displacement sensor

وهو عبارة عن متسعة ذات لوحين متوازيين، ومن المعلوم أن سعة المتسعة تتناسب طردياً مع مساحة اللوحين وعكسياً مع المسافة بينهما، كما مبين في الشكل (1-15) .



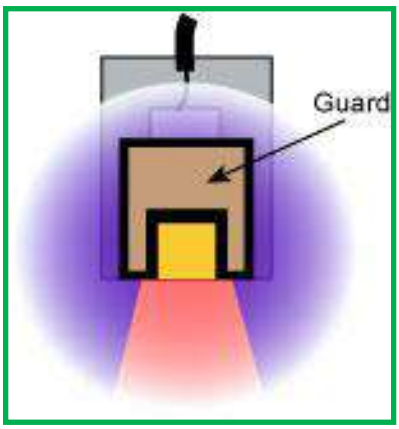
شكل 1-15 شكل متسعة (متحسس سعوي)

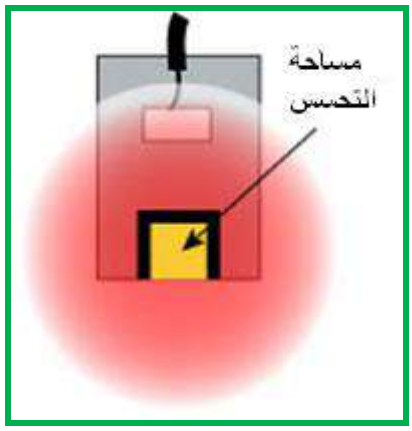
أي بمعنى أن سعة هذا المتسعة تتغير إذا تغيرت المسافة التي تفصل بين اللوحين أو تغيرت المساحة بين اللوحين أو تحركت شريحة العازل الكهربائي إلى الداخل أو إلى الخارج كما في الشكل (1-16).

الشكل (1-16) يبين شكل متحسس الإزاحة السعوي

ونفيد من هذه الظاهرة في تغير سعة المتسعة بتغير العزل بينهما، أي نستشعر بالحركة أو الإزاحة ونقيس مقدارها من الخرج الناتج من الإشارة الكهربائية للمتحسس السعوي. أي إن التغير في السعة يتم تحويله إلى إشارة كهربائية مناسبة تتم بعد ذلك معالجتها بالمحول، ثم تذهب إلى جهاز السيطرة والتحكم الخاص بذلك الجهاز.

ونلحظ من الشكل (1-17) التغير الحاصل في المجال الكهربائي للمتسعة عند دخول الجسم إلى حيز المتحسس، إذ يمثل الجسم القطب الثاني للمتسعة ويغير من صفاتها.



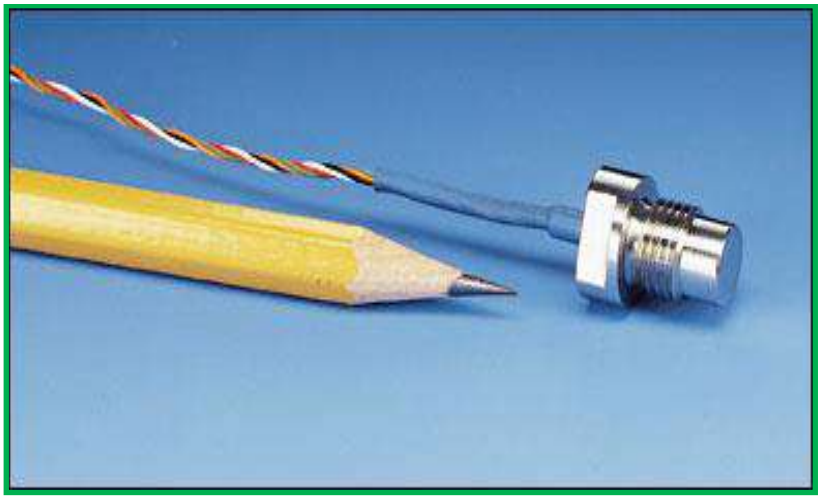


الشكل (1-17) يمثل تغير المساحة المشتركة بين الصفيحتين نتيجة دخول جسم إلى حيز المتحسس

1-1-3: متحسس الضغط

Pressure sensor

يُعد الضغط أمراً أساسياً في محطات توليد الطاقة، وفي التحكم بوحدات الإنتاج المؤتمتة المبرمجة، وفي الكثير من المصانع الإنتاجية. وللضغط دور أساسي في عمليات المعالجة، والضغط يجب أن يكون محدداً بدقة، وإلا فإن العنصر سوف يتلف أو يتشوه. وبالتالي فإن المتحسسات ستكون ضرورية في مراقبة الضغط ، إذ يعطي هذا المتحسس المعلومات المناسبة مع ضغط الهواء أو الغاز أو بخار الماء أو الزيت أو أي مائع آخر ، مما يسمح بتحديد العمل الأمثل للأجهزة أو الآليات الميكانيكية . ويؤدي الضغط المسلط P إلى تمدد محوري وقطري في الجسم، ويتم تحويل هذه التغيرات ، التي تُعد مقادير ميكانيكية ، إلى إشارات كهربائية، كما موضح بالشكل صورة متحسس الضغط (1-18).



الشكل 1-18 يبين متحسس الضغط

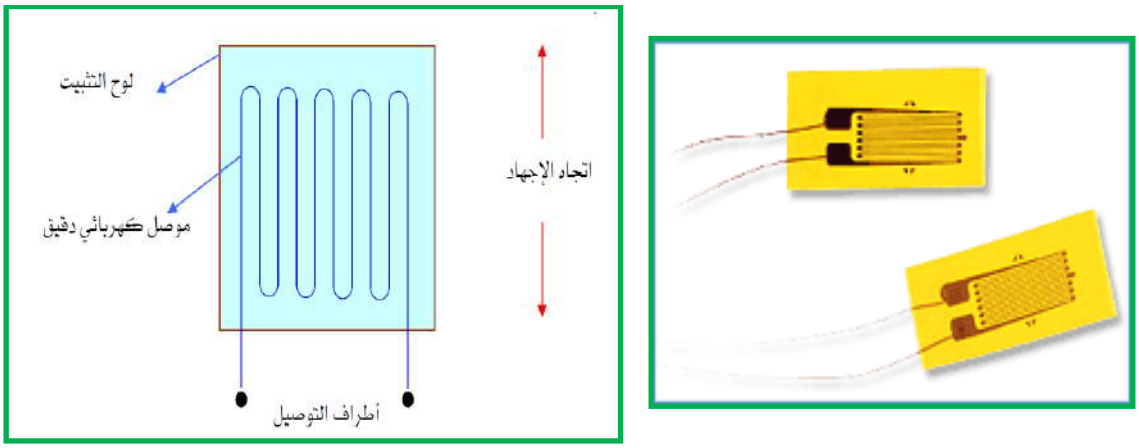
1-3-1-1 متحسس مقياس الانفعال (Strain gauge) ومبدأ عمله

مقياس الانفعال (Strain gauge) واحد من أهم الأدوات لتقنية القياس الكهربائية التطبيقية لقياس الكميات الميكانيكية .كما يدل اسمها، فهي تُستعمل لقياس الانفعال، الذي يتكون نتيجة الشد والضغط، والخرج منها يكون بصورة إشارة موجبة أو سالبة. وبالتالي يمكن استعماله في أجهزة قياس الضغط استناداً إلى معرفة مقدار التوسع وكذلك الانكماش للجسم المطلوب فحصه.

ويتسبب دائماً الضغط على الجسم عن طريق تأثير خارجي أو تأثير داخلي للمواد. ويمكن قياس كمية التأثير الخارجي أو قيمته بواسطة إشارة الخرج لمتحسس قياس الانفعال Strain gauge. وتعتمد قيم خرج سلسلة الانفعال لقياس الإجهاد على سطح الجسم وتحليله، والمقياس عبارة عن رقاقة من شريط يحتوي عموماً على غشاء متحسس للضغط يوضع على سطح الـStrain gauge كما موضح بالشكل رقم (1-19).

الشكل 1-19 يبين متحسس قياس الانفعال

ويعتمد متحسس مقياس الانفعال في تشغيله على نظرية تغير المقاومة الكهربائية في الموصلات الكهربائية نتيجة الإجهاد الواقع على هذه الموصلات نتيجة تعرضها لقوة ما. وهو بذلك يُستعمل لقياس الوزن أو الضغط أو القوة الميكانيكية أو الإزاحة. ويتكون من شريحة من الموصلات الكهربائية، وهي رقيقة جداً، ومصنوعة من أسلاك مستديرة بقطر 1/1000 بوصة. وهي بصورة شرائط رقيقة من الشريط على ركيزة معدنية غير موصلة، ويمثل الأنموذج أدناه في الشكل رقم(1-20) التوضيحي متحسس قياس الانفعال



شكل 1-20 Strain gauge (متحسس مقياس الانفعال)

ويعتمد تركيب متحسس مقياس الانفعال كما هو مبين في الشكل (1-20) على تثبيت موصل كهربائي دقيق بطريقة تموجية إلى الأمام وإلى الخلف على لوح تثبيت محكم اللصق على الجزء المراد قياس الإجهاد به . ويؤدي إجهاد الشد إلى استطالة اللوح، وبالتالي استطالة الموصل الكهربائي (زيادة في طول الموصل) ، وبما أن كمية المادة الموجودة في الموصل لا تتغير، أي إن كتلته ثابتة وحجمه أيضاً ، فإن زيادة طوله يؤدي إلى نقص في مساحة مقطعه ، وبالتالي تتزايد مقاومة الموصل تبعاً لقانون المقاومة :

$$R=\rho L/a$$

إذ إن (R): المقاومة الكهربائية .

ρ :المقاومة النوعية للمادة المصنع منها الموصل.

(L) طول الموصل.

(a) مساحة مقطع الموصل .

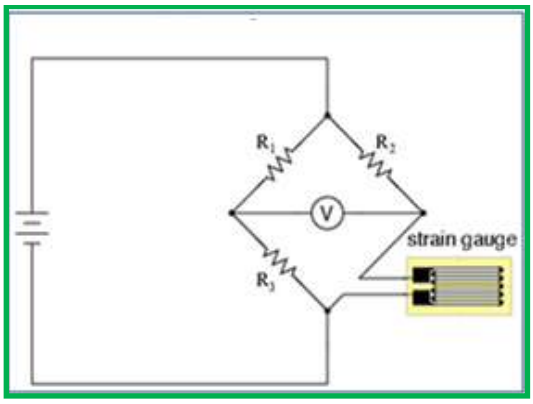
ويؤدي الإجهاد بالتالي إلى :

1- تزايد طول الموصل (وبالتالي نقص في مساحة مقطعه).

2- تزايد مقاومة الموصل.

ويتم انتقال التغييرات الناجمة في طول السطح إلى المتحسس ، ويتم قياس الضغط بالمقارنة مع التغيرات الحاصلة في المقاومة الكهربائية للأسلاك، التي تختلف خطياً مع المتحسس. إذ يجب أن يكون هناك عازل كهربائي بين الشبكة وسطح الجسم .

ومن أجل قياس الضغط مع سلسلة الإجهاد المقاومة يجب توصيل ألـ Strain gauge إلى دائرة كهربائية قادرة على قياس التغيرات الدقيقة في المقاومة المقابلة للمتحسس. إذ نستعين بمحولات طاقة تستعمل عادة ثلاث مقاومات ترتبط كهربائياً مع متحسس الانفعال لتشكيل ما يسمى بـ قنطرة ويتستون كما موضح بالشكل (1-21) .

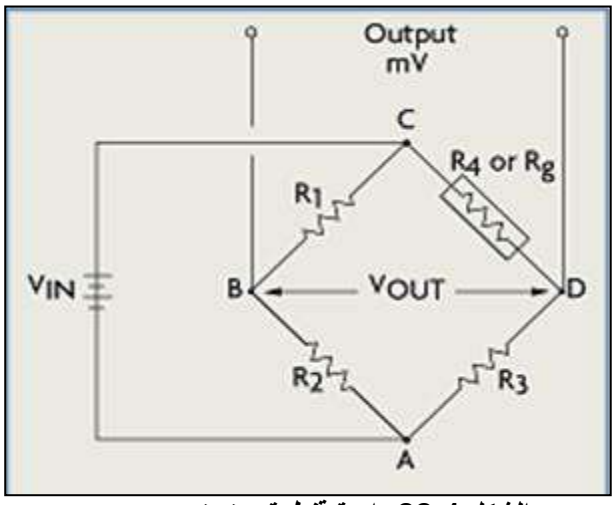


الشكل 1-21 قنطرة ويتستون مع مقياس الانفعال

1-1-3-2 إضافة الإشارة الكهربائية إلى متحسس مقياس الانفعال Strain gauge

إذا تمدد شريط من معدن موصل سوف يصبح أكثر طولاً، وبالتالي ستسبب هذه التغيرات زيادة في قيمة المقاومة الكهربائية للسلك. وبخلاف ذلك، إذا تم وضع شريط من معدن تحت قوة الضغط (من دون التواء) فسيتم التوسيع والتقصير في ذلك السلك، وبالنتيجة ستقل قيمة مقاومته. إذا يمكن استعمال الشريط كما هو واضح عنصراً لقياس مقدار القوة المسلطة، بالاعتماد على قياس قيمة المقاومة أو فرق الجهد على طرفي القنطرة، ويسمى مثل هذا الجهاز بمقياس الضغط.

إن التغيير الحاصل في قيمة المقاومة يكون صغيراً للغاية بحيث لا يمكن قياسه في أجهزة قراءة المقاومات، ولكي نستطيع معرفة هكذا تغيير وقراءة قيمته، نستعين بالدائرة الكهربائية المسماة بـ قنطرة ويتستون والموضحة في الشكل رقم (1-22) .



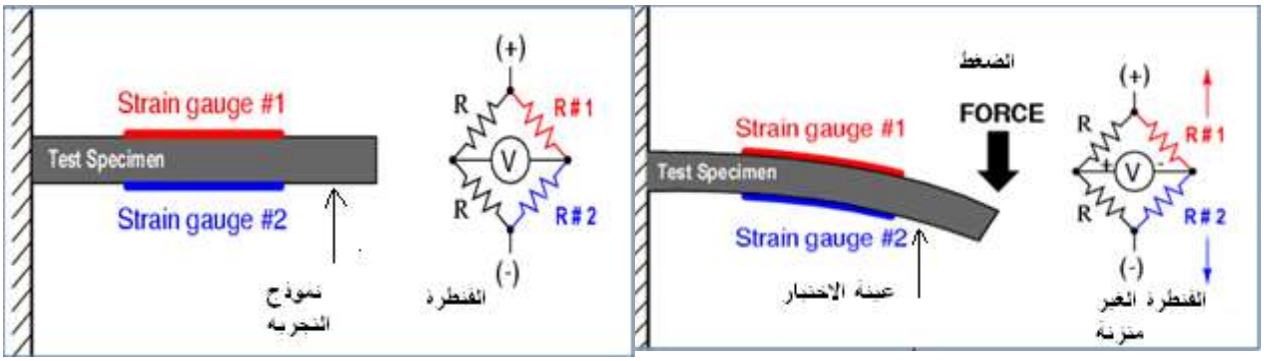
الشكل 1-22 دائرة قنطرة ويتستون

إذ نلحظ أن أي اختلال في توازن المقاومات سيؤثر في القراءة الدقيقة لجهاز الفولتيمتر (Vout). ويربط متحسس الضغط Strain gauge بدل المقاومة R4 وتكون قيم المقاومات R1- R3 متساوية، وتكون المقاومة R2 ذات قيمة متغيرة من اجل خلق عملية التوازن ، ونلحظ عند عدم وجود قوة تسلط على مقياس الضغط ، فالدائرة الكهربائية للقنطرة سوف تكون متوازنة بنحوٍ متناظر، والفولتميتر سيشير إلى صفر فولت، وهي القراءة نفسها التي تمثل قوة صفر على مقياس الضغط.

ومع وجود الضغط على قطعة ألـ Strain gauge فمقاومته تتغير بالزيادة أو النقصان الذي سيؤدي إلى حالة اختلال التوازن في دائرة القنطرة المعبرة فيه في قراءة الفولتميتر، إذ لا يقرأ الصفر، استجابة مع متغيرات القوة الميكانيكية. ويمكن حساب قيمة المقاومة الجديدة لمقياس الضغط Strain gauge عن طريق المعادلة، وبالتالي ستكون نتيجة القراءة هي مقياس قراءة الضغط أو الإجهاد نفسها.

$$V_{OUT} = V_{IN}\left[\frac{R_3}{R_3 + R_g} - \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right]$$

ومثال على ما يُستعمل مقاييس الضغط في البحوث الهندسية الميكانيكية لقياس سلسلة من الاختبارات عن طريق وضع قطع صغيرة من الشرائط اللاصقه في الأعضاء الهيكلية لعينة الاختبار لغرض قياس الانفعال، كما مبين في الشكل (1-23) .



الشكل 1-23 يبين وضع عينة الاختبار من متحسس مقياس الانفعال على الجسم

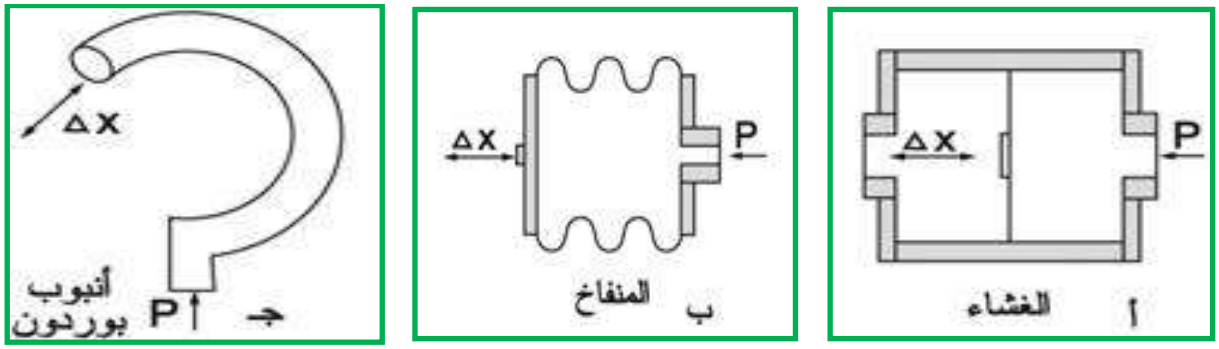
1-1-3-3 عناصر التحسس للضغط:

يعرف الضغط بأنه القوة على وحدة السطح، وأكثر الطرائق المباشرة المعتمدة لقياس الضغط هي استعمال عنصر ميكانيكي مرن موضوع في منطقة معزولة يمكن للقوة (الضغط) أن تؤثر فيه. إن عملية التشوه التي قد تحدث في عنصر التحسس (مثلاً زيادة في حجم مقطعه أو زيادة طوله أو غير ذلك) تولد وبدقة إزاحات معينة تتناسب طردياً مع الضغط . هذا هو المبدأ الأساسي الذي تعتمد عليه جميع متحسسات الضغط التجارية هذه الأيام. و بنحوٍ خاص أن المتطلبات الأساسية لعنصر متحسس الضغط هي إيجاد وسائل للعزل بين ضغطي سائلين (أحدهما يُستعمل من اجل القياس والآخر يُستعمل كمرجع)، وجزء مرن من اجل تحويل فرق الضغط إلى تشوه في عنصر التحسس. وهنالك أنواع عديدة من عناصر التحسس (للضغط) المستعملة كما موضح بالأنواع الآتية:

1- **الغشاء diaphragm**: عبارة عن عنصر يسير معد لقياس الضغط، أحد الأطراف مفرغ أكثر من الجانب المعرّض للضغط الجوي يؤدي تسليط الضغط (P) إلى انحراف الغشاء الذي يسبب انحرافاً للمؤشر بمقدار ΔX يتناسب مع قيمة الضغط المقاس (الشكل 1-24-آ) ويمكن تحويل الإزاحة إلى إشارة ميكانيكية أو كهربائية بالاعتماد على المتحسس المستعمل.

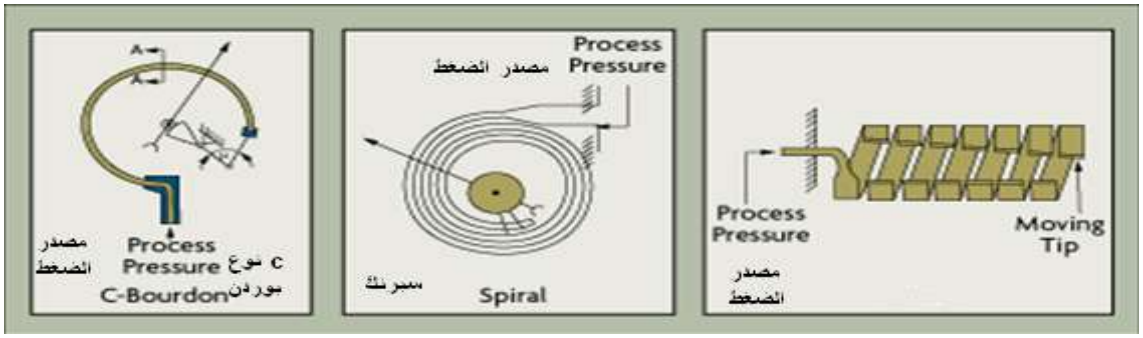
2- **المنفاخ bellows**: أسطوانة جدرانها عبارة عن شريحة رقيقة تمثل قشرة عميقة من التعرجات (الشكل 1-24-ب)، ويتراوح عدد التعرجات ما بين 5-20 تعرجاً بحسب مجال الضغط (P) المسلط، محكمة من إحدى النهايات، إذ تتحرك هذه النهاية المحكمة محورياً عندما يسلط الضغط على النهاية الأخرى بقيمة ΔX، ويمكن تحويل الإزاحة إلى إشارة ميكانيكية أو كهربائية بالاعتماد على المتحسس المستعمل.

3- **أنبوب بوردن Bourdon tube**: لهذا الأنبوب الذي بصورة حرف (C) فتحة لدخول الهواء المضغوط (P)، ونهاية وحيدة تتصل مع الآلية الميكانيكية التي تقوم بتحريك المؤشر بمقدار ΔX يتناسب مع قيمة الضغط المسلط على الجهة الأخرى للأنبوب، (الشكل 1-24-جـ) يوضح ذلك .



الشكل 1-24 يبين أنواعا من متحسس قياس الإجهاد

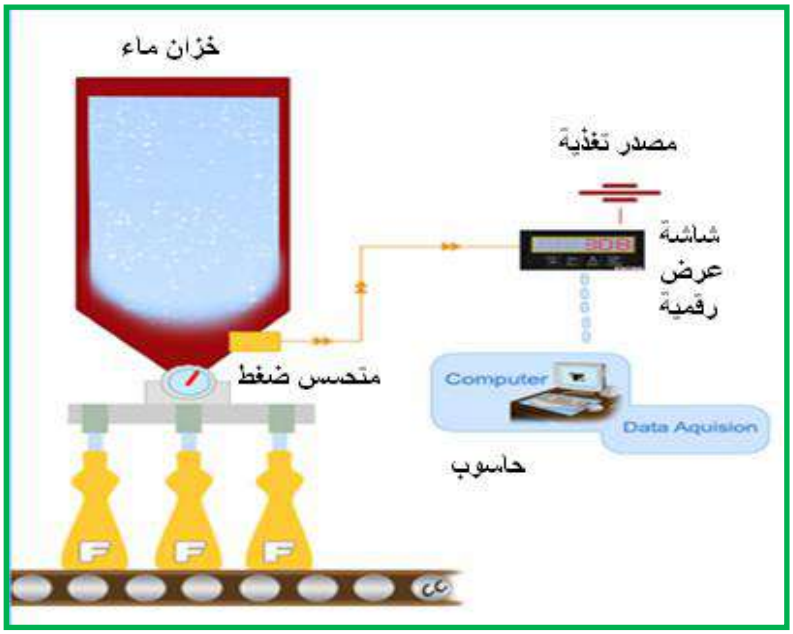
ولزيادة حساسية مقاييس الانفعال يمكن تكوين أنبوب بوردن من اللوالب أو لفائف حلزونية، كما واضح في (الشكل1-25). إذ يزيد طولها الزاوي من فعاليتها، وبالتالي يزيد من الحركة في طرفها الآخر، التي بدورها تزيد من قوة الإشارة الداخلة لمحول الطاقة ومنه إلى المعالج.



الشكل 1-25 يوضح أنواع متحسسات الضغط

تطبيقات متحسس الضغط في الخطوط الإنتاجية :

من ملاحظة الشكل (1- 26)، يمكن وضع أجهزة متحسس الضغط على الجزء السفلي من خزان المياه وذلك من أجل معرفة هل هو فارغ أم مملوء. فعن طريق قياس الضغط ومراقبته وكذلك معرفة حجم السائل وكثافته بواسطة وحدة عرض الشاشة الرقمية؛ يمكن قياس الوزن ومراقبته من المتحسس أو تدفق السائل في الخط الإنتاجي لملء القناني بالسائل، ويتم إرسال بيانات الاستشعار ومعالجتها في الحاسوب أو وحدة التحكم الرقمية PLC، إذ تتم عملية الأتمتة ونحصل على الإجراءات المطلوبة للعملية الإنتاجية.



الشكل 1-26 متحسس الضغط في مسار الخط الإنتاجي

1-1-4: المتحسسات الضوئية

Photo sensors

يولد متحسس الضوء إشارة خرج كهربائية تدل على كثافة الضوء عن طريق قياس الطاقة الإشعاعية التي توجد في نطاق ضيق جداً من الترددات، والتي تتراوح في وتيرة من "تحت الحمراء" إلى "مرئي" إلى "فوق البنفسجية" ضوء الطيف.

ويكون مبدأ عمل متحسس الضوء هو تحويل هذه "الطاقة الخفيفة" سواء كان مرئياً أم في أجزاء تحت الحمراء من الطيف الضوئي إلى الإشارات الكهربائية، أي تحويل الطاقة الضوئية (الفوتونات) إلى الطاقة الكهربائية (الإلكترونات).

ويمكن الإفادة منها في قياس عدة مقادير تشمل الكثافة الضوئية، والإزاحة، والسرعة، وغيرها. وتدخل ضمن هذه المجموعة العناصر الكهرضوئية، وعناصر الليزر، والأشعة الحرارية، تستعمل في الكاميرات، أو في محركات CD و DVD - ROM والماسحات الضوئية وأجهزة الفاكس، وآلات النسخ، أو أجهزة تحديد الموقع في الخطوط الإنتاجية.

نظرية عمل المتحسس

في الماضي وقبل ظهور هذه المتحسسات كان يستعمل ما يسمى بالخلية الضوئية، واليوم أصبح لدينا نوع جديد ومتطور من المتحسسات البصرية. إذ تكون المتحسسات البصرية فعالة لتحسس الضوء والظلام، ويشير المتحسس عند تحسسه للضوء أو للظلام إلى الحالة الاعتيادية للمتحسس، فيما لو كان خرجه في حال التشغيل أو الإطفاء في حالته الاعتيادية.

التحسس للضوء : يكون الخرج مفعلاً عندما يستقبل المتحسس شعاعاً معدلاً ، بمعنى آخر يكون المتحسس مفعلاً عندما يكون الشعاع غير محجوب .

التحسس للظلام : وفيه يكون الخرج مفعلاً عندما يحجب الضوء عنه.

وبمعنى أوضح يتحسس المتحسس الضوئي الضوء أو الظلام تبعاً لطريقة الوصل في الدائرة، إذ تتغير معطيات الخرج تبعاً لتغير حالة المتحسس في الضوء أو الظلام. وبالتالي يمكن أن تزيد مقاومة المتحسس أو تنقص عند التعرض للضوء، وذلك تبعاً لنوع المتحسس.

وهناك الكثير من أنواع المتحسسات الضوئية كما موضح بالشكل رقم (1-27) ومنها:

الشكل (1-27) يبين أنواع المتحسسات الضوئية

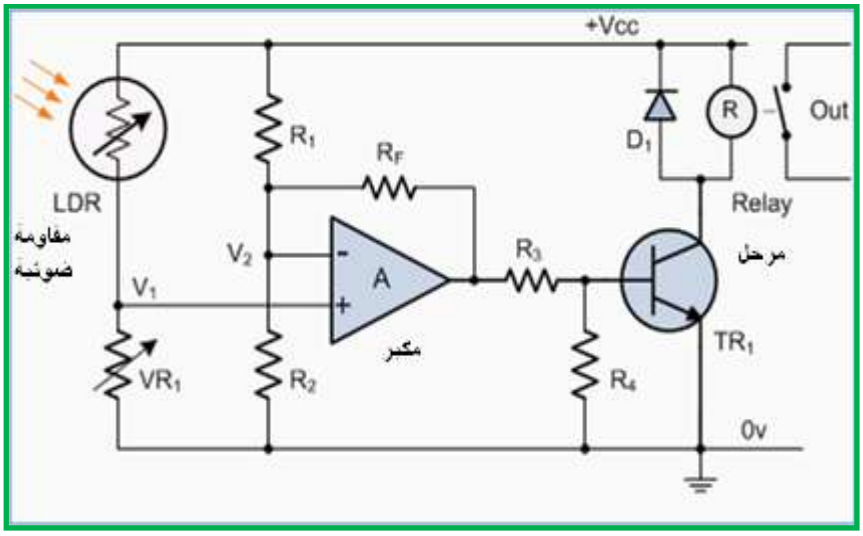
4-1-1 النوع الأول: المقاومة الضوئية LDR

Photo resistors

تعرف هذه العناصر بالمقاومات الضوئية photo resistors، وهي عبارة عن مواد نصف ناقلة حساسة للضوء، تمثل مقاومة تتغير قيمتها بتغير الشدة الضوئية التي تتعرض لها. ويتم الإفادة من الخلايا الناقلة للضوء في عدة مجالات.

يتم تصنيع المقاومة الضوئية (LDR) من قطعة من مواد شبه موصلة مثل كبريتيد الكادميوم، وتتكون مقاومتها الكهربائية من عدة آلاف ألاوم في الظلام، وتتغير قيمتها بضع مئات من الأوم عندما يسقط الضوء عليها. ومن مميزاتها يتطلب استجابتها لتغير قيمتها ثواني كثيرة للرد على التغير في كثافة الضوء.

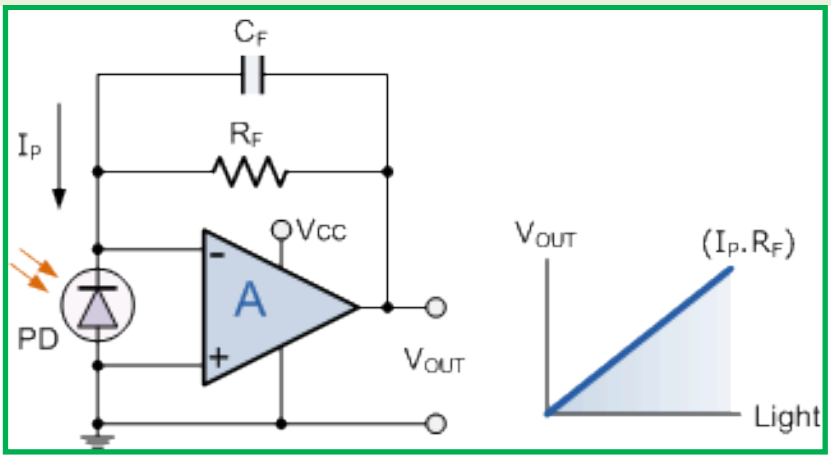
وهذه المواد تتغير مقاومتها الكهربائية عند تعرضها للضوء، ونحصل على نتائج المتغيرات الضوئية من متغيرات قيمة المقاومة الموصولة مع الدائرة الكهربائية التي تسيطر على تدفق التيار عن طريق ذلك. وبالتالي، المزيد من الضوء، نحصل على المزيد من الجهد. والمواد الضوئية المستعملة في الخلايا الضوئية LDR الأكثر شيوعاً هو كبريتيد الكادميوم. وقد صنعت من أشباه الموصلات مواد تتأثر بالضوء مثل الثنائي الضوئي أو الترانزستور الضوئي التي تستعمل للسيطرة على تدفق الالكترونات والثقوب عبر تقاطع - PN وتكون إشارة الخرج متغيرة مع تغير كمية الضوء الساقط على هذه المواد. ويمكن الإفادة من متغيرات التيار في المتحسسات الضوئية عن طريق ربطها في الدوائر الالكترونية للسيطرة على تشغيل الأجهزة والتحكم بها. كما هو واضح بالشكل (1-28) الذي يمثل الدائرة الالكترونية للسيطرة على الحاكم.



الشكل 1-28 يبين ربط متحسس ضوئي في دائرة الكترونية

4-1-1 النوع الثاني : الدايودات الضوئية

Photodiodes



الشكل 1-29 يوضح عمل الدايود الضوئي

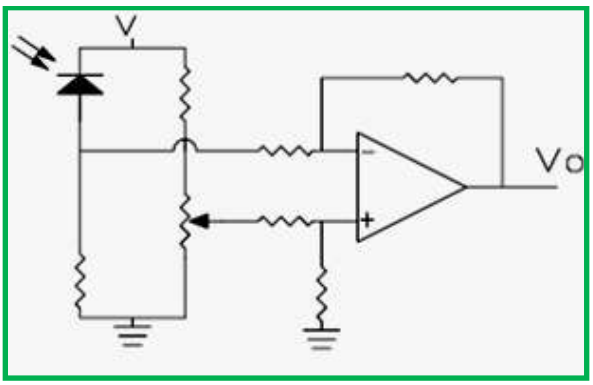
يدخل ضمن هذه المجموعة عناصر أشباه الموصلات الحساسة للضوء كالدايودات الضوئية، فعند تسليط الضوء عليها تعمل الفوتونات على توليد تيار كهربائي في الوصلة PN ومنها ترسل إلى مضخم العمليات لتكبيره كما هو واضح بالشكل (1-29).

ومن تطبيقات متحسسات الثنائي الضوئي الدائرة التي تستعمل المقاومة الضوئية في قياس شدة الضوء وفي أجهزة الإنذار وأجهزة التحكم.

مثال: تحويل شدة الضوء إلى فرق الجهد

وذلك باستعمال قنطرة وتستون كما في الشكل (1-30) ، إذ يمكن تحويل شدة الضوء إلى فرق بالجهد ، ومن ثم إدخالها على دائرة تكبير مناسبة ، إذا كان الموقع مظلماً (من دون إضاءة) يكون التيار العكسي اقل ما يمكن ، فيعمل على تغير قيمة المقاومة المتغيرة حتى نحصل على جهد خرج يساوي صفر فولت .

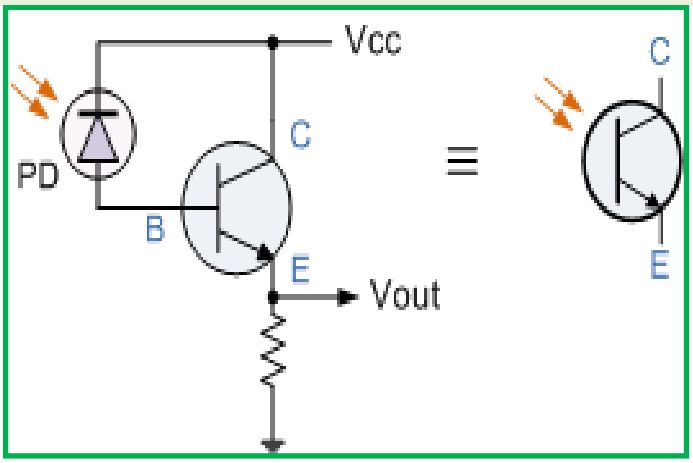
عند ارتفاع شدة الضوء يمر تيار عكسي في الثنائي الضوئي يتناسب مع شدة الضوء ويرتفع الجهد على الخرج ، يتناسب ارتفاع الجهد على الخرج طردياً مع شدة الضوء.



شكل 1-30 دائرة تحويل شدة الضوء إلى فرق جهد

4-1-1 النوع الثالث : الترانزستور الضوئي

Phototransistors



الشكل 1-31 يمثل عمل الترانزستور الضوئي

بديل الثنائي الضوئي هو الترانزستور الضوئي المبين في الشكل (1-31) الذي هو في الأساس يعمل مع التضخيم الضوئي. إذ يعمل على مبدأ عمل الثنائي الضوئي نفسه، إلا أنه يمكن أن يوفر كسباً عالياً، وهو ما جعله أكثر حساسية من الثنائي الضوئي مع التيارات، وهو أكبر من ذلك 50 إلى 100 مرة من الثنائي الضوئي في المتحسسات القياسية.

يتكون الترانزستور الضوئي أساساً من الترانزستور NPN صممت له قاعدة PN حساسة للضوء ، وعند تعريضها لمصدر ضوء مشع ، تعمل فوتونات الضوء على توليد تيار القاعدة، ومعظم ألأنواع يكون الغلاف الخارجي له شفافاً أو لديه عدسة واضحة لتركيز الضوء على وصلة القاعدة لزيادة الحساسية.

متحسسات نوع PNP:

يتدفق التيار الاصطلاحي من القيمة الموجبة إلى السالبة، عندما يكون المتحسس مطفأ، ولن يتدفق التيار عندها في الحمل.

وعندما يكون هناك تيار خرج من المتحسس، عندها سيصدر المتحسس تياراً إلى الحمل.

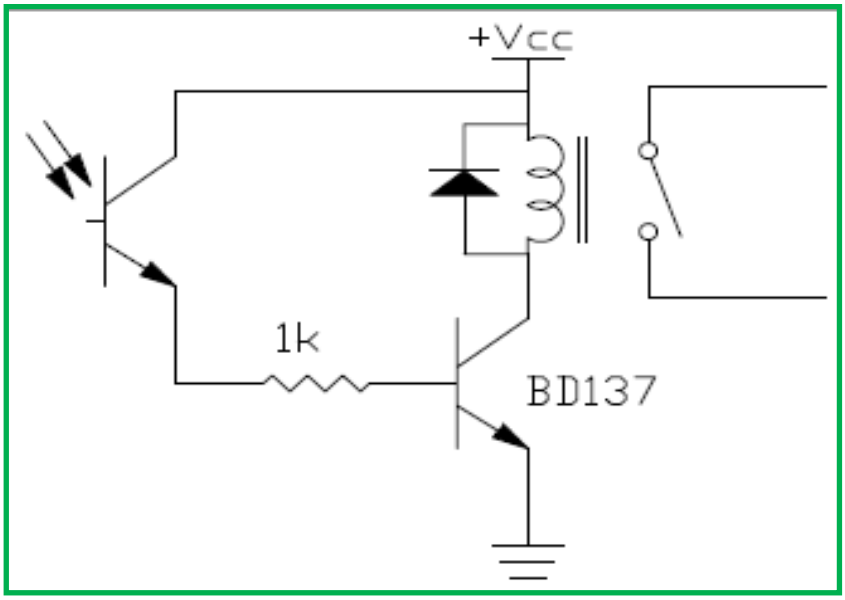
متحسسات نوع NPN:

عندما يكون المتحسس مطفأ (غير موصل) يكون هناك تدفق تيار عبر الحمل. وعندما يكون المتحسس موصولاً سيكون هناك تيار حمل متدفق من الحمل إلى المتحسس. ويعتمد اختيار النوع PNP أو NPN على نوع الحمل، بمعنى آخر يجب اختيار المتحسس الذي يحقق الملاءمة، وهي متطلبات دخل جهاز ألـ (PLC).

ومن تطبيقات متحسس الترانزستور الضوئي

دائرة الإنذار

يمكن استعمال ترانزستور ضوئي ذي طرفين للتوصيل مع ترانزستور من نوع دارلنكتون كما في الشكل (1-32) ، عندما يكون الترانزستور في الظلام أو مستوى إضاءة قليل يكون الترانزستور في حالة قطع ، مما يعني أن تلامسات المرحل مفتوحة (المرحل لا يعمل) ، وعند ارتفاع شدة الإضاءة تعمل على نقل الترانزستور إلى حالة التشبع ، وبالتالي يمر تيار في ملف المرحل ، فيعمل على غلق التلامسات ، وبالتالي يكون الحمل في حالة اشتغال .



الشكل رقم (1-32) دائرة الإنذار

4-1-1 النوع الرابع : الثايرستور الضوئي

Photo thyristors SCR

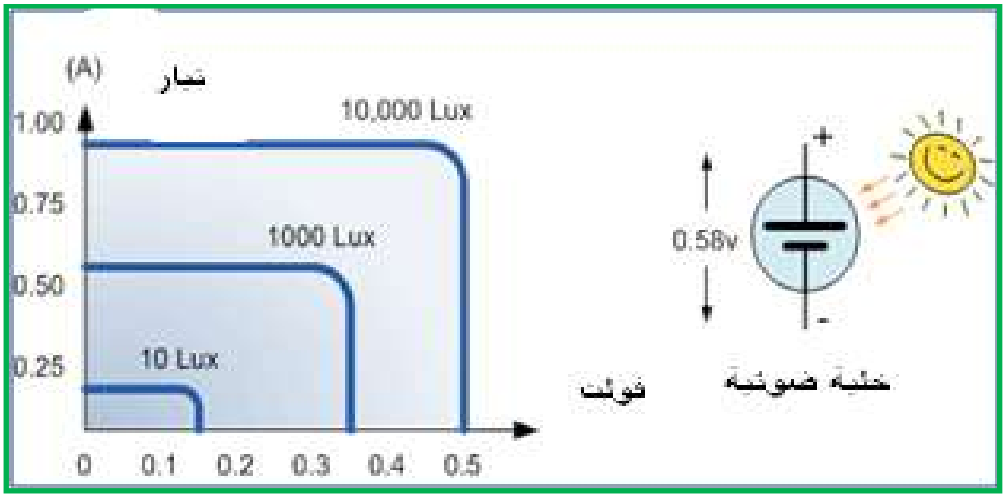
هناك نوع آخر من أجهزة استشعار الضوء المصنوعة من أشباه الموصلات وهو الثايرستور الضوئي ، وهذا مصنوع من السليكون المنشط أو المعدل ، التي يمكن استعمالها بمنزلة ضوء التحول المنشط في التطبيقات للتيار المتردد. لكن حساسيتها عادة ما تكون منخفضة جدا بالمقارنة مع photodiodes أو phototransistors، ولزيادة حساسيتها للضوء تصنع منطقة رقيقة حول تقاطع البوابة التي تحدد كمية الضوء. وفي التطبيقات الحالية تستعمل كأجهزة رائدة في علم البصريات.

4-1-1 النوع الخامس: الخلايا الضوئية.

Photo cell

الخلايا الشمسية هي النوع الأكثر شيوعاً من أجهزة الاستشعار الضوئية الخفيفة. فهي تحول الطاقة الضوئية مباشرة إلى طاقة كهربائية بصورة جهد يعمل على شحن البطارية التي تغذي الدوائر الالكترونية ودوائر السيطرة، كما هو واضح بالشكل (1-33).

وتستعمل الخلايا الشمسية في العديد من الأنواع في التطبيقات الصناعية لتوفير مصدر طاقة بديل عن البطاريات التقليدية ، وتستعمل في أجهزة الحاسوب في الأقمار الصناعية وفي المنازل وللحصول على اكبر قدر ممكن من الطاقة توصل مجموعة من الخلايا بالتوالي ومجاميع على التوازي .



الشكل 1-33 يبين الخلية الضوئية ومنحنيات الضوء

تعتمد كمية الطاقة المتولدة من الخلايا الشمسية على شدة الضوء وعلى المواد التي تنبعث منها الإلكترونات الحرة من سطح المادة الحساسة للضوء مثل السيزيوم عندما تضُرب بطاقة كافية من الفوتونات الضوئية، وتعتمد كمية الطاقة للفوتونات على تردد الضوء والترددات العالية ، وبالمزيد من الطاقة الضوئية والفوتونات الضاربة لسطح المتحسس نحصل على الطاقة الكهربائية بصورة إشارة تيار. وهكذا تنشأ قوة دافعة كهربائية (ق. د. ك) EMF بما يتناسب مع طاقة الضوء الساقط عليها تقريباً. والسيلينيوم هي المواد الأكثر شيوعاً في تصنيع الخلايا الشمسية. وعادةً ما تكون كفاءة الخلية منخفضة ولزيادة الكفاءة الكلية للخلية الشمسية يكون استعمال السليكون متعدد البلورات أو السليكون غير المتبلور التي ليس لها بنية بلورية ، ويمكن أن تولد تيارات من بين (20 - 40 mA). وهناك غيرها من المواد المستعملة مثل الزرنيخ ، والنحاس ، وثنائي سيلينيت الإنديوم ،كلوريد الكادميوم. وهذه المواد تتأثر بأطياف مختلفة من الضوء، وهكذا يمكن أن يكون "ضبطها" لإنتاج التيار الكهربائي على موجات مختلفة من أطياف الضوء.

4-1-1 النوع السادس: ألثنائيات الضوئية أو المزدوجات الضوئية

Dual photo sensor

وهي أحد أنواع المتحسسات الرقمية، إذ تستعمل المتحسسات البصرية الضوء لتتحسس الأشياء.

وتعمل الثنائيات الضوئية كلها بالطريقة نفسها تقريباً، إذ يكون هناك مصدر ضوئي (المرسل)، وكاشف ضوئي (المستقبل) ليتحسس بوجود الضوء أو انعدامه.

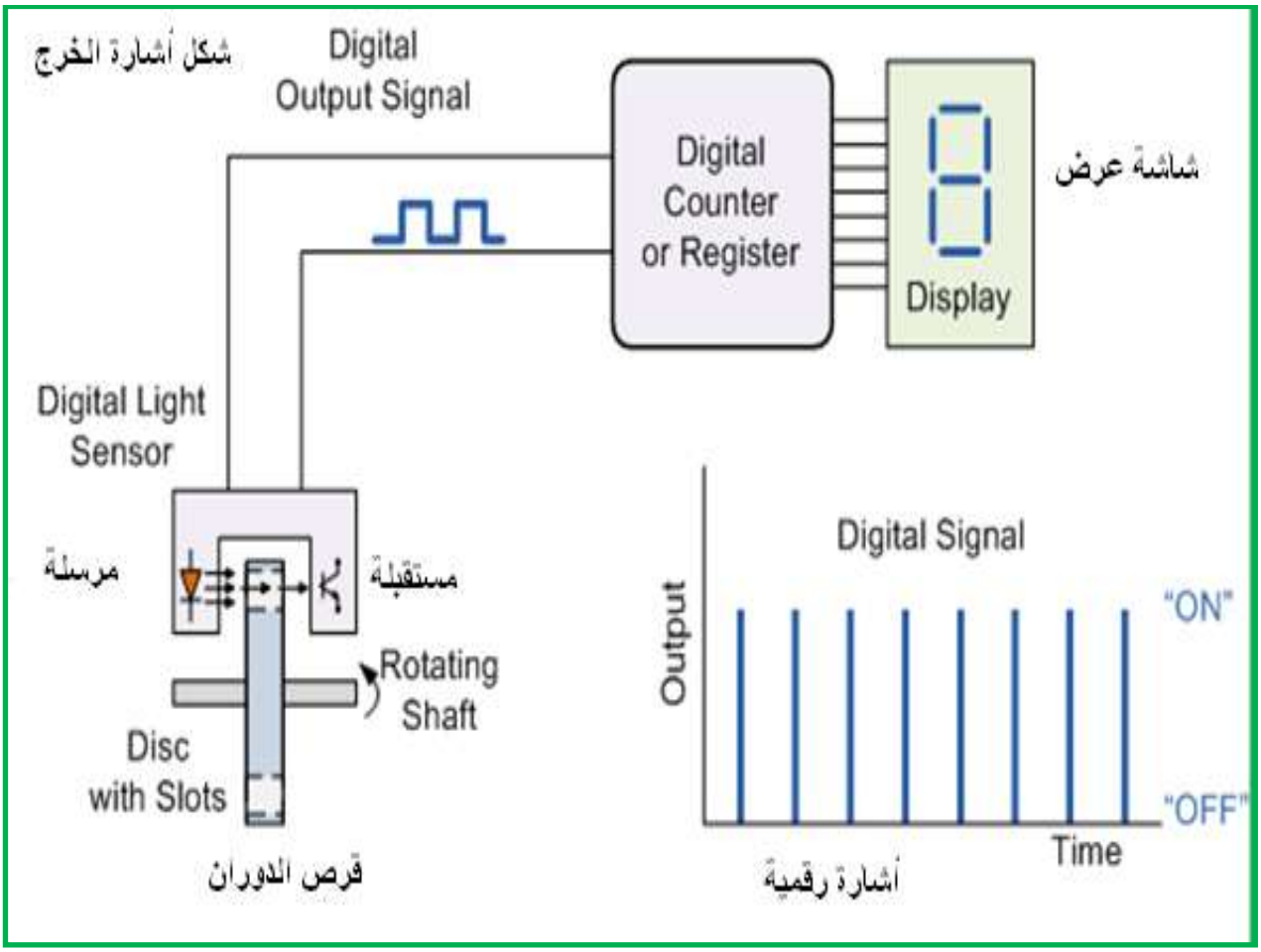
تستعمل الثنائيات المصدرة والمتسلمة للضوء كنوع من التحسس بالعائق الموجود بينهما، كأن يكون خطاً أنتاجياً وعند نقطة معينة في الخط يتطلب سحب العينة ووضعها في مكان آخر، يتم ذلك عن طريق الثنائيات الضوئية إذ يتم وضع المتحسس في تلك النقطة، وعند مرور العينة التي تقطع إشارة التسلم ما يعطي إشارة إلى وجود عائق بين الثنائيات (المتحسس) وترسل هذه الإشارة إلى (plc)، وبالتالي إعطاء الأوامر للمشغلات بتنفيذ المعالجة، ومن التطبيقات العملية استعماله في قياس سرعة عمود دوران عن طريق تثبيت قرص مثقب في العمود ووضع المرسل والمستقبل على جانبي القرص وبالتالي عند دوران العمود ومن ثم دوران القرص، وبما أن القرص مثقب لذلك سوف تتقطع إشارة الإرسال والتسلم مما يعطي إشارة إلى الدوران أو زاوية دورانه بصورة نبضات، ويمكن تحويل هذه النبضات إلى عداد لحساب سرعة العمود كما مبين في الشكل (1-34).

وتستعمل المزدوجات بسبب صغر حجمها وقوتها العالية وكفاءتها، كما يمكن إشعالها وإطفاؤها بسرعة عالية، وتعمل بطول موجة ضيق وبوثوقية جيدة عن طريق إرسالها لذبذبات (إشعال وإطفاء بسرعة) ويكون زمن الإشعال صغيراً جداً بالمقارنة مع زمن الإطفاء، وبالتالي تتذبذب لهذين السببين ، وعندها لن يتأثر المتحسس بالضوء المحيط، كما أن عمر المصدر الضوئي يزداد.

ويتم تحسس الضوء المتذبذب عن طريق كاشف الضوء، وبالتالي يفرز الكاشف عندها جميع الأشعة الضوئية المحيطة ويبحث عن الضوء المتذبذب، وتكون مصادر الضوء المنتقاة غير مرئية للعين. ويتم اختيار الأطوال الموجية بحيث أن المتحسسات لا تتأثر بالضوء في المصنع، إذ إن استعمال أطوال موجية مختلفة يسمح لبعض المتحسسات التي تدعى متحسسات اللون الموجه للتفريق بين الألوان، وتستعمل في الخطوط الإنتاجية لعد المنتجات وفي الكثير من الاستعمالات.

إن أسلوب النبضة للأطوال الموجية المنتقاة (المختارة) تجعل المتحسسات البصرية أكثر موثوقية

كما أن كل أنواع المتحسسات البصرية تعمل بالأسلوب الميسر نفسه، والاختلافات تكون في الطريقة التي يصنف بها المصدر الضوئي والمستقبل الضوئي فحسب.

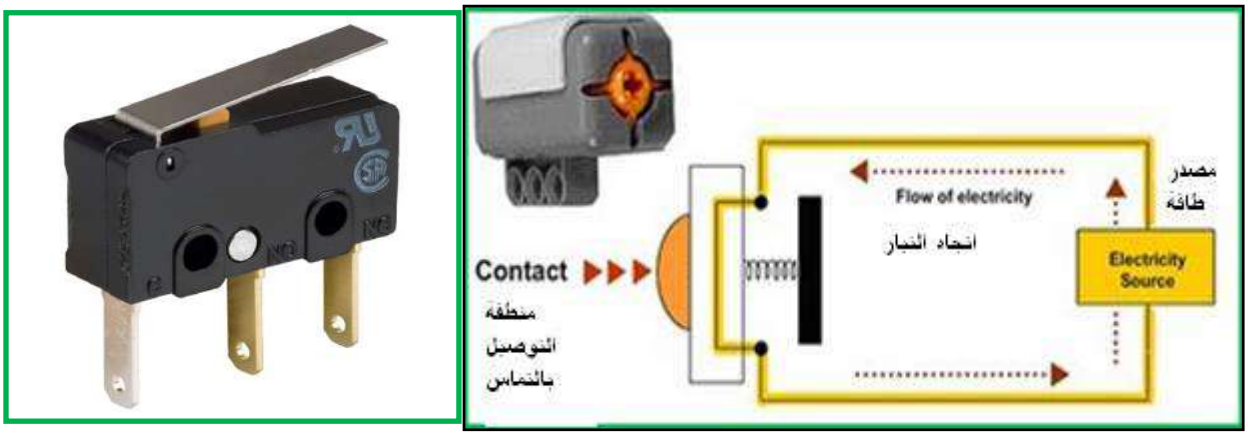


الشكل 1-34 يبين عمل المتحسسات الضوئية كمرسلة ومستقبلة

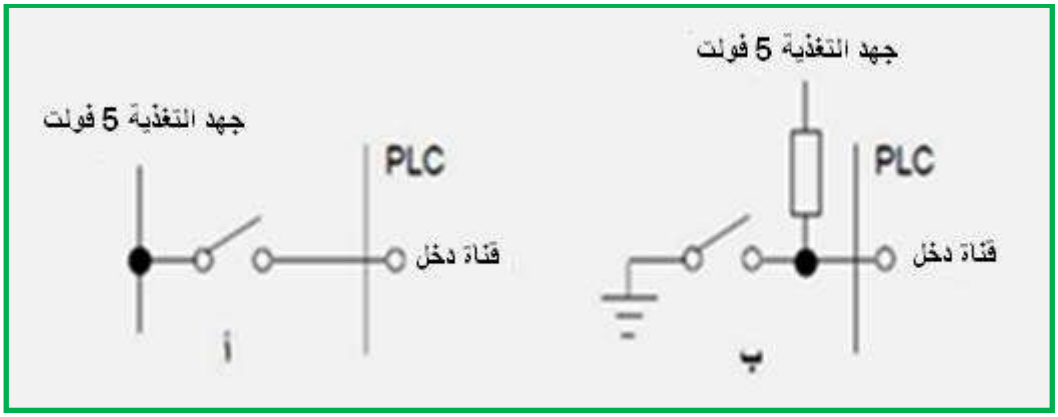
1-1-5: متحسس اللمس

Touch sensors

عبارة عن مفاتيح كهربائية تعمل باللمس أو بالحركة الميكانيكية، كما مبين في الشكل (1-35) والشكل (1-36)، إذ يعمل المفتاح على توصيل الدائرة الكهربائية أو فصلها، مثل هذه المفاتيح قد تستعمل في بيان وجود قطعة العمل على منضدة الآلة في خطوط الإنتاج، إذ تقوم قطعة العمل بالضغط على المفتاح أو غلقه. وغياب قطعة العمل يتم بيانه بفتح المفتاح ووجودها يغلقه، ويمكن توضيح ذلك في الشكل (1-37). وللإشارة الخارجة من متحسس اللمس والداخلة إلى قناة الدخل ألـ PLC مستويات مختلفة، يطلق على مستويات الإشارة بالمنطق، كما هو واضح بالشكل، وكما يأتي:



الشكل 1-35 يبين متحسس اللمس **الشكل 1-36 متحسس مفتاح اللمس**



الشكل (1-37) يوضح عمل المفتاح

في الشكل (1-37 أ)

عندما تكون قطعة العمل موجودة على المنضدة وبتلامس مع المفتاح (مغلق) فأن جهد التغذية 5 فولت يكون دخلاً إلى ألـ PLC.

وعندما تكون القطعة غير موجودة على منضدة العمل يكون مفتاح التلامس بوضع (مفتوح)، ويكون دخل ألـPLC صفر فولت.

المنطق 0 تعني قطعة العمل غير موجودة

المنطق 1 تعني قطعة العمل موجودة.

- المستوى المنطقي 1 قد يناظر دخل 24 Volt-dc أو 12 أو 5
- المستوى المنطقي 0 يناظر 0-Volt

في الشكل (1-37 ب)

عندما تكون قطعة العمل موجودة على المنضدة وبتلامس مع المفتاح (مغلق) يكون جهد التغذية صفراً إلى دخل الـ PLC بسبب توصيل جهد التغذية إلى الأرضي .

وعندما تكون قطعة العمل غير موجودة على المنضدة يكون مفتاح التلامس بوضع (مفتوح)، ويكون جهد التغذية إلى الـ PLC يساوي 5 Volt

عند فتح المفتاح يتم توصيل جهد التغذية إلى دخل الـPLC .

وعند غلق المفتاح فان جهد الدخل للـ PLC يهبط إلى قيمة منخفضة.

المستوى المنطقي 1 قطعة العمل غير موجودة.

المستوى المنطقي 0 قطعة العمل موجودة.

مصطلحات مهمة

1- المفاتيح إما إن تكون مفتوحة وإما غير موصلة في وضعها الطبيعي أو الاعتيادي وتعرف بالتلامس الـ Normally Open (NO).

2- أو تكون مغلقة أو موصلة في وضعها الطبيعي أو الاعتيادي وتعرف بالتلامس الـ Normally Closed (NC).

3- تلامسات المفتاح NO تكون تلامساته مفتوحة عند غياب الدخل أو الفعل الميكانيكي.

4- وجود الدخل الميكانيكي يسبب غلق أو المفتاح توصيله.

5- تلامسات المفتاح NC تكون مغلقة أي موصلة عند غياب الدخل الميكانيكي .

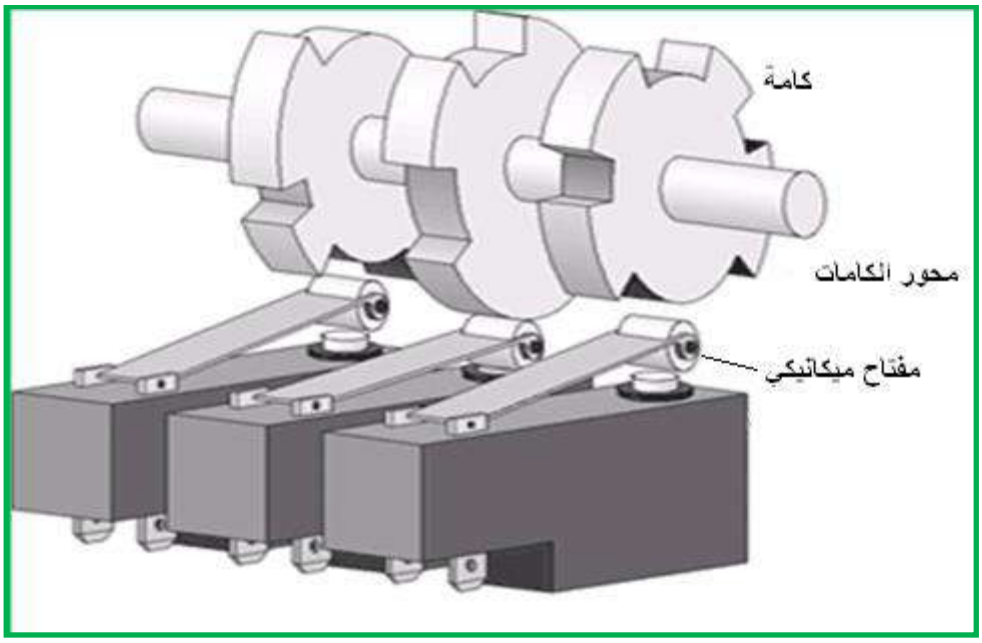
6- وجود الدخل الميكانيكي يسبب فتح التلامسات أو فصلها.

أنواع المتحسسات التلامسية:

5-1-1 النوع الأول: مفتاح نهاية المشوار

Limit switch

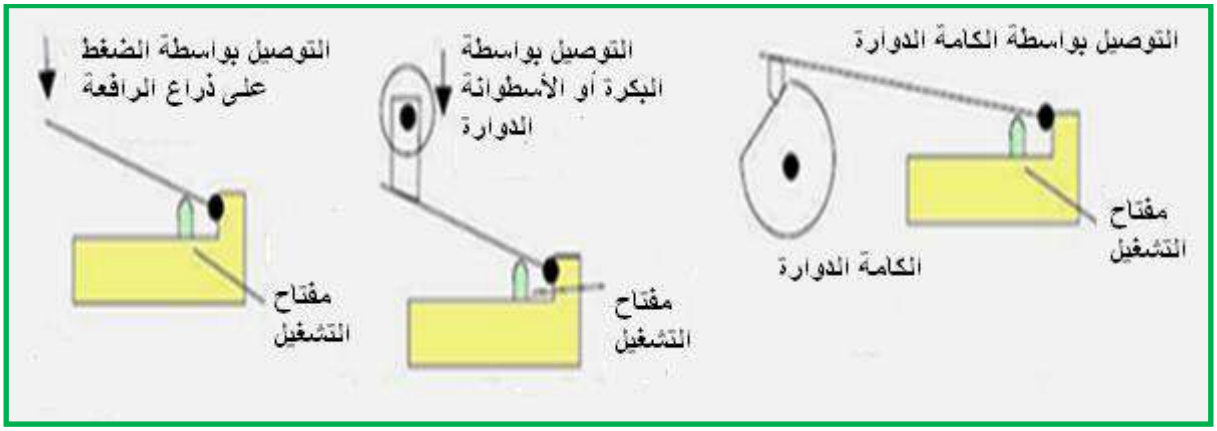
هو جهاز تحكم أو مفتاح يستعمل في اكتشاف وجود أو مرور جزء متحرك في خط الإنتاج يمكن تشغيله أو دفعه بكامة أو ببكرة أو رافعة ، كما مبين في الشكل (1-38).



شكل 1-38 متحسسات مفاتيح اللمس

يتم بواسطة هذا الجهاز التحكم في بداية مشوار أو نهايته لجزء ميكانيكي متحرك..... وهذا الجهاز لا يحتوى على أي جزء إلكتروني. ولكن عند تلامس الجزء الميكانيكي المتحرك لهذا الجهاز عن طريق الكامة أو الذراع يتغير وضع النقاط الكهربائية من نقطة مفتوحة إلى نقطة مغلقة أو العكس (من NCإلى NO أو العكس)، ويمكن استغلال هذا التغير في التحكم الكهربائي .

وعندما تقوم بالضغط على متحسس اللمس، فأنت تقوم بإغلاق الدائرة الكهربائية، سامحاً للتيار بالتدفق، وعندما تقوم برفع الضغط عن متحسس اللمس، فأنت تقوم بفتح الدائرة الكهربائية مما يؤدي إلى وقف تدفق التيار الكهربائي. ويبين الشكل 1-39 التالي بعض الأمثلة على ذلك.



الشكل (1-39) يبين عمل المفاتيح

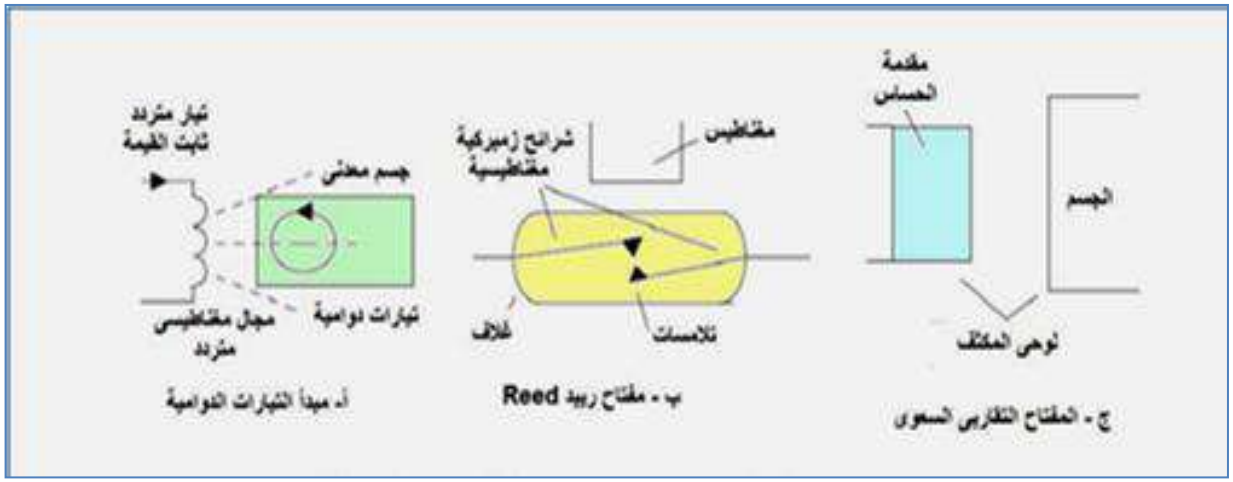
5-1-1 النوع الثاني : المفاتيح التقاربية

PROXIMITY SWITCHES:

هو جهاز متطور يقوم بوظيفة الـLIMIT SWITCH ، وهو عبارة عن جزء الكتروني يحتوي على نقاط كهربائية تتغير وضع نقاطه الكهربائية عند مرور أو ثبات جزء معدني أمامه، ويلحظ هنا انه لا يتم التلامس بين الجزء الميكانيكي المتحرك وهذا الجهاز. وتستعمل المفاتيح التقاربية في اكتشاف وجود الأجسام من دون أن تلامسها. ويوجد منها العديد من الأنواع، وبعضها مناسب فقط للأجسام المعدنية .

أ- المفتاح التقاربي ذو التيارات الدوامية:

يحتوي المفتاح على ملف يغذى بتيار متردد ذي قيمة ثابتة، وينتج مجالاً مغناطيسياً متغيراً قيمته ثابتة. عندما يقترب منه جسم معدني تتولد به تيارات تسمى بالتيارات الدوامية، ويعمل على توليد مجال مغناطيسي ناتج من هذه التيارات الدوامية، فيولد قوة دافعة مغناطيسية e.m.f عكسية في الملف، ومن ثم يتغير الجهد بالملف، لذلك فقيمة الجهد تكون كمقياس لمدى قرب الجسم المعدني. ويمكن استعمال الجهد في تشغيل دائرة مفتاح الكتروني مثل الترانزستور، إذ يتغير خرجه من منخفض إلى مرتفع نتيجة لتغير الجهد، ويعطى عمل on–off. ويكون مدى الكشف للأجسام نحو (0.5 - 20 mm)، ويمثل الشكل (1-40) في (أ) أدناه المفاتيح التقاربية.



الشكل (1-40) يبين عمل المفاتيح التقاربية

ب- مفاتيح رييد (reed switch)

وهو مكون من شريحتين أو لسان، ومنه اشتق الاسم (reed) من مادة زمبركية حديدية مغناطيسية فوق بعضهما وغير متلامسين وفى نهايتهما تلامسات كهربائية موضوعتان في غلاف بلاستيك أو زجاج، كما هو واضح بالشكل(1-40- ب) والشكل (1-41). عندما يقترب مغناطيس أو (ملف يمر به تيار) من المفتاح تتمغنط الشريحتان وتتجاذبان بعضهما إلى بعض، ويحدث توصيل بين تلامساته.

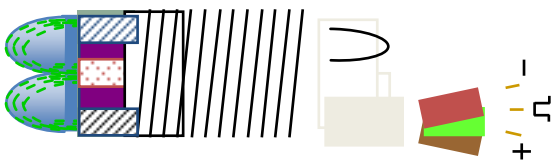
الشكل 1-41 مفتاح رييد

ويستعمل هذا المفتاح في أجهزة الإنذار ضد السرقة لاكتشاف متى يفتح الباب. إذ يوضع المغناطيس في الباب المتحرك ومفتاح الرييد في الإطار الثابت للباب. فعند فتح الباب يفتح المفتاح ويتصل بدائرة الإنذار .

ج- المفتاح التقاربي السعوي (capacitive proximity switch)

يُستعمل هذا المفتاح مع الأجسام المعدنية والأجسام غير المعدنية ومبدأ عمله هو مبدأ عمل المتسعة، ومن المعلوم أن سعة المتسعة تعتمد على مساحة الألواح والمسافة بين لوحي المتسعة. وكلما قلت المسافة كلما زادت السعة.

إن مفتاح المتحسس التقاربي السعوي هو مجرد احد لوحي المكثف واللوح الآخر هو الجسم المعدني المطلوب اكتشاف تقاربهما واضح بالشكل (1-40 ج)، ونستطيع أن نكتشف تقارب الجسم عن طريق التغير في السعة. كما يمكن أيضاً استعماله في اكتشاف الأجسام غير المعدنية؛ لان سعة المكثف تعتمد أيضاً على العزل الكهربائي بين اللوحين، وفي هذه الحالة يكون اللوحان هما اللوح المتحسس والأرضي، والجسم غير المعدني هو المادة العازلة، كما في الشكل (1-42)، التغير في السعة يمكن استعماله في تشغيل دائرة مفتاح الكتروني، وبالتالي يعطى جهاز يعمل بطريقة الوصل والفصل on–off . ويمكن استعمال المفاتيح التقاربية السعوية في الكشف عن الأجسام من على بعد يتراوح بين (4 - 60mm) .



(شكل 1-42 يمثل المتحسس السعوي)

د - المفتاح التقاربي الحثي (inductive proximity switch)

يتكون المفتاح من ملف ملفوف حول قلب معدني حديدي، ومبدأ عمله هو مبدأ عمل المحاثة في الملف. عند وضع احد نهايتي هذا القلب بالقرب من جسم معدني حديدي سوف يحدث تغيير ملموس في الحث المغناطيسي للملف. ويمكن مراقبة التغير في الحث المغناطيسي وبيانه بدائرة رنين. من ثم فان وجود الجسم المعدني الحديدي يؤدي إلى تغيير التيار بهذه الدائرة، ويمكن استعمال هذا التيار في تشغيل دائرة مفتاح الكتروني وتعمل كجهاز بنظام الوصل والفصل. on–off ، ومدى التحسس يتراوح بين (2 - 15 mm). الشكل (1-43)

شكل 1-43 يمثل المتحسس الحثي

5-1-1 النوع الثالث:متحسس الطفو:

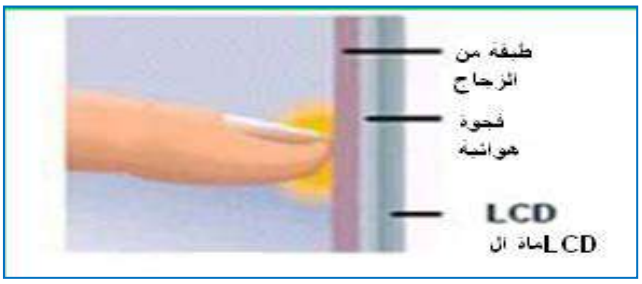
FLOAT SWITCH

الشكل (1-44) يبين متحسس الطفو

بواسطة هذا المتحسس يتم التحكم في مستوى سائل ، إذ عند الوصول إلى مستوى محدد مسبقا، يتغير وضع النقاط الكهربائية (من نقطة مفتوحة إلى نقطة مغلقة أو العكس) من NC إلى NO أو العكس ، ويمكن استغلال هذا التغير في التحكم الكهربائي لتشغيل المضخات أو إطفائها والسيطرة على كمية السائل في الخزان ، كما في الشكل (1-44).

5-1-1 النوع الرابع : متحسس اللمس لسطوح الكريستال

هناك عدد من التقنيات التكنولوجية المتقدمة لصناعة متحسسات اللمس المكونة من شاشات الكريستال السائل إذ تتأثر سطوح هذه الشاشات باللمس بواسطة الأصبع ، وتشعر هذه السطوح بالاضطراب الكهربائي عند لمس الإصبع عليها بسبب الخصائص للكائن ، وقد تتغير الاستجابة على نقطة سطح الكريستال السائل بسبب مرونة السطح ، وعادةً ما توضع طبقة من الزجاج على الجزء الأمامي من شاشات الكريستال.وقد تتكون في بعض المتحسسات من البلورات ومنها بلورات بيزو التي تصدر شحنات كهربائية عند اللمس يمكن استعمالها والسيطرة عليها في دوائر السيطرة بعد إدخال الإشارة إلى المعالجات . كما مبين في الشكل (1-45) ، ويتكون مستشعر اللمس من اثنتين من الطبقات التي ليست في الاتصال بعضها مع بعض على سبيل المثال الميكا أو السيليكا ، وطبقة خارجية مرنة مطلية من الداخل مع موصل مثل (إنديوم أكسيد القصدير) تدعم بطبقة من الزجاج . وعند الضغط على الطبقة الخارجية المرنة تتولد فولتية ، يمكن تحسس الفولتية الناتجة في أكثر من اتجاه واحد. بمقارنة هذه الفولتية مع الجهد الأولي، يمكن احتساب جهد النقطة لحظة حدوث اللمسة .



الشكل 1-45 يبين متحسس اللمس

6-1-1 : متحسس السرعة

Speed Sensor

في كثير من الأحيان ولاسيما في أغراض التحكم والمراقبة كثيرا ما يريد المهندسون قياس سرعة آلة قد تكون تعمل في ضخ المواد النفطية أو حتى تعمل كمحرك سيارة، وكما يُحتاج إلى قياس تدفق السوائل في أحد الأنابيب الخاصة بالبيئة الصناعية. يتم تنفيذ هذه المهام بواسطة عدد من أجهزة استشعار السرعة الدورانية التي قد تكون موجودة في أجزاء مختلفة من السيارة ، والقطارات ، والمعامل والمصانع التي كثيراً ما تحتوي على المحركات الدوارة ذات السرع المختلفة .

ومن أهم المتحسسات هو ما يسمى بالمتحسس الكهرومغناطيسي (Electromagnetic sensor) ، كما هو واضح بالشكل (1-46).

1-6-1-1 متحسس السرعة الكهرومغناطيسي

(The Electromagnetic Sensor)

شكل 1-46 متحسس السرعة

وهو عبارة عن مغناطيس ملفوف حوله سلك coil **ففي التطبيق الأول لقياس السرعة،** يوضع هذا المتحسس قريباً جداً من أسنان الترس (gear)الذي يدور مع الآلة وبسرعتها ، فعند دوران الآلة تقطع أسنان الترس خطوط القوى المغناطيسية ، وعند مرور أحد الأسنان تتولد نبضة كهربائية (pulse) ، وعندما يمر الفراغ بين التروس لا تتولد النبضة.

وبذلك يتولد جهد متردد (alternative) في أثناء دوران الآلة بتردد (frequency)متناسب مع السرعة، لكن هذا التناسب محكوم بعدد الأسنان، في الترس وبذلك فإن السرعة يمكن حسابها بالقانون الآتي:

السرعة (الدورة في الدقيقة) = التردد÷(120 × عدد الأسنان)

Speed (RPM)= frequency/(120* number of teeth)

وحققت أجهزة الاستشعار الحديثة من هذا النوع الإفادة من مبدأ تحوير المجال المغناطيسي في قياس السرعة الدورانية اعتمادا على طول القطر ، وعدد أسنان القرص الدوار، فمن الممكن الحصول على ما بين 60 و 300 نبضة في الثانية ، وهو ما يكفي لمحركات الأداء الدوارة للسرع الدنيا والمتوسطة.

إن الإشارة الكهربية الخارجة من متحسس السرعة الكهرومغناطيسي يمكن التعامل معها ومعالجتها عن طريق الدوائر الالكترونية ، وفي العادة هذه الإشارة التي نحصل عليه من المتحسس يمكن استقبالها وإدخالها على مكبر جهد لكي يكبر هذه الإشارة وإدخالها على المعالج ، و يتم استعمال دائرة مقارن جهد تقارن إشارة المتحسس مع إشارة مرجعية ، وذلك لغرض عمل السيطرة المطلوبة لحركة الآلة.

أما التطبيق الثاني (قياس تدفق السوائل)فهنا بدلاً من الترس نستعمل توربين (Turbine) الذي يدور عند مرور السوائل من خلاله، كما أن هناك أنابيب صغيرة تستعمل في حالة أن الأنبوب الحامل للسائل ذو قطر كبير وذلك لتنظيم تدفق السائل قبل التوربين وبعده لضمان انتظام دورانه، ومن ثم يثبت المتحسس على الأنبوب الخارجي قريباً جداً من أجنحة التوربين.

وعندما يمر السائل خلال الأنبوب يدور التوربين ويقاطع خطوط القوى المغناطيسية للمتحسس مولداً نبضات متناسبة مع سرعة دوران التوربين التي بدورها متناسبة مع مقدار تدفق السائل.

1- 2 مضخم العمليات

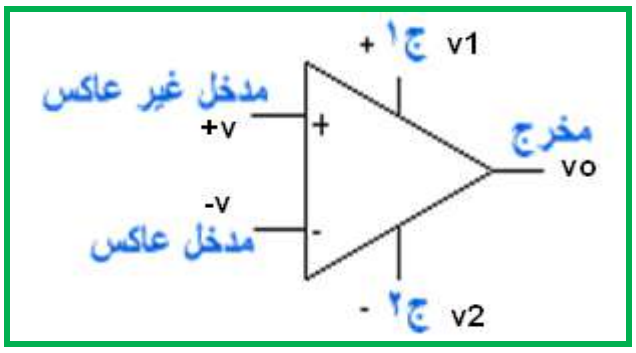
Operation Amplifier

مقدمة

يستعمل مضخم العمليات Operation Amplifiers على نطاق واسع في عالم الإلكترونيات. إذ نفيد منه في تضخيم المدخلات إلى جهاز ما (تيار،أو جهد، أو قدرة،...الخ) ويعتمد مبدأ عمل المضخم على وجود عامل تكبير معين يحسب بدقة للحصول على القيمة المطلوبة للعملية يدعى بمعامل الكسب Gain Factor على أساسه تتم عملية التكبير. وتسمى في بعض الأحيان بمكبر العمليات . ويستعمل مكبر العمليات بشكل واسع في عالم الاتصالات لإرسال البيانات بطرائق الإرسال المختلفة.

شكل 1-47 يوضح شكل مكبر العمليات وترقيم الأرجل

ومضخم العمليات هو عبارة عن دائرة متكاملة تعمل كمضخم تفاضلي بربح في الجهد وبممانعة دخل كبيرة جداً وممانعة خرج منخفضة جداً، كما أن له دخلاً عاكساً (يرمز له بإشارة -) ودخلاً غير عاكس (يرمز له بإشارة +)، وغالباً ما تتم تغذيته بمصدري تغذية متعاكسي القطبية بجهد يتراوح ما بين(± 5 Volts) و(± 15 Volts) ، ويوضح الشكل رقم(1-47) وظائف أرجل الدائرة المتكاملة .



الشكل 1-48 مكبر العمليات

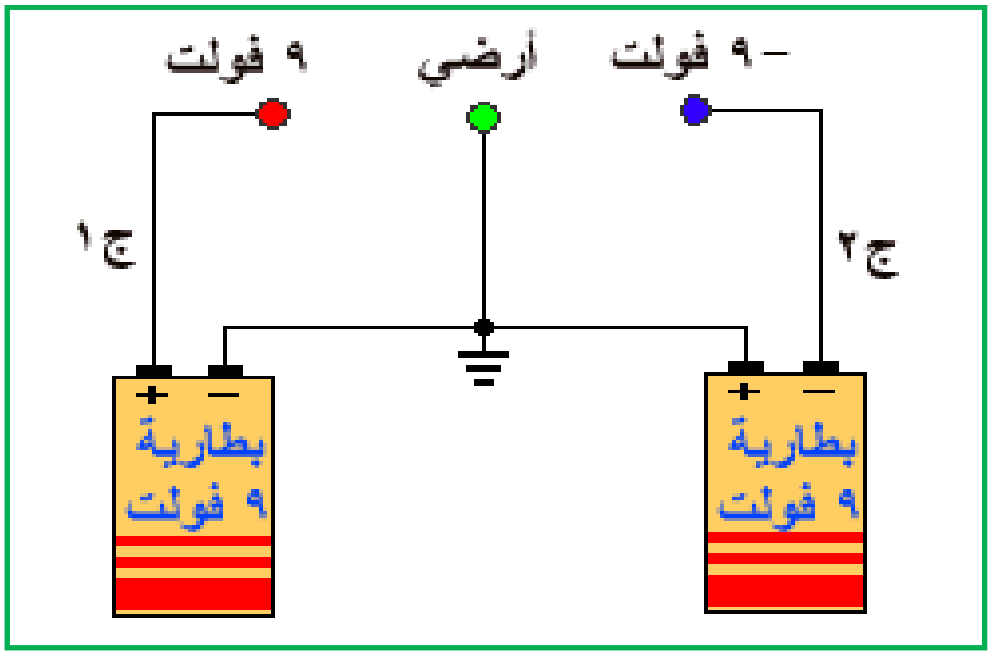
يلحظ وجود تجويف نصف دائري على أحد جانبي الدائرة المتكاملة ، لكي يمكن معرفة أرقام أرجل الدائرة المتكاملة تمسك الدائرة المتكاملة باليد بحيث يكون التجويف في اليسار فتكون الرجل ليسرى هي الرجل رقم 1 ويكون العد في عكس اتجاه عقارب الساعة لترقيم بقية الأرجل .

ويرمز له كما بالشكل (1-48) الموضح

وكما هو واضح يوجد مخرج واحد للمضخم، وهو ذو مقاومة منخفضة جداً. كما يوجد مدخلان. أحدهما يسمى **المدخل العاكس** (-)، والآخر يسمى **المدخل غير العاكس** (+).إذا سلطنا إشارة عند المدخل العاكس فإن قطبيتها (Polarity) سوف تنعكس عند المخرج. أما الإشارة المسلطة عند المدخل غير العاكس فإن قطبيتها لا يحدث لها أي تغيير عند المخرج.

ومن خواص المداخل أنها تمتاز بمقاومة عالية.

ولتشغيل المضخم نحتاج إلى مصدر للتغذية قادر على إعطاء جهد موجب وجهد سالب توصل إلى نقاط التغذية ج1 و ج2. ولكن كيف نحصل على مصدر للتغذية بهذه المواصفات؟ يمكننا عمل ذلك باستعمال بطاريتين ، كما هو موضح بالشكل (1-49).



شكل 1-49 يمثل تغذية مكبر العمليات

قواعد مهمة:

هناك قاعدتان مهمتان يجب أن نتذكرهما دائماً لمساعدتنا على فهم عمل المضخمات وهي:

قاعدة الجهد: وهي باختصار أن الجهد في مخرج المضخم سيحاول أن يجعل فرق الجهد بين المدخلين يساوي صفراً.

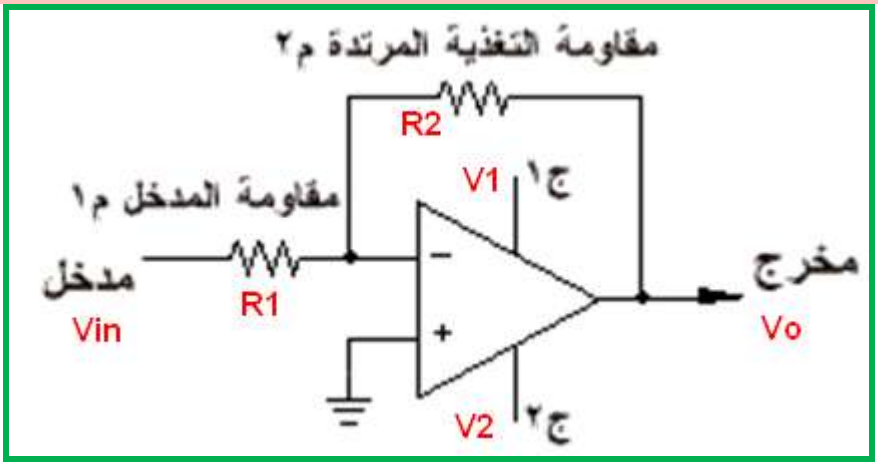
قاعدة التيار: وهي أن التيار لا يسري في مداخل المضخم وذلك لمقاومتها العالية.

1-2-1 المضخم نوع : 741

من أشهر مضخمات العمليات نوع يسمى **المضخم 741 (OP AMP 741)**، وهو مضخم مشهور، وله استعمالات عديدة، ويتوافر بصورة شريحة ، كما هو موضح بالشكل (1-50).

شكل 1-50 مكبر العمليات

درجة التضخيم:



شكل 1-51 مكبر العمليات

كما في الشكل (1-51) جميع مضخمات العمليات يمكنها القيام بالعمليات الحسابية، لأنها تقوم بتضخيم الفرق بين الإشارات الموجودة على مداخلها. ويمكننا تلخيص ذلك بالمعادلة التالية المبينة :

الجهد عند المخرج = درجة التضخيم (الجهد عند المدخل غير العاكس – الجهد عند المدخل العاكس)

ودرجة التضخيم هذه (Gain) تحددها قيمة مقاومة **التغذية المرتدة** (feedback). هذه المقاومة تقوم بتغذية المدخل العاكس ببعض من الإشارة التي تم تضخيمها عند المخرج مما يعمل على تخفيض ارتفاع الإشارة الخارجة. وكلما صغرت قيمة المقاومة كلما قلت درجة التضخيم.

ويمكننا حساب درجة التضخيم بهذه المعادلة:

درجة التضخيم=قيمة مقاومة التغذية المرتدة (م2) (R_2) \ قيمة مقاومة المدخل (م1) (R_1)

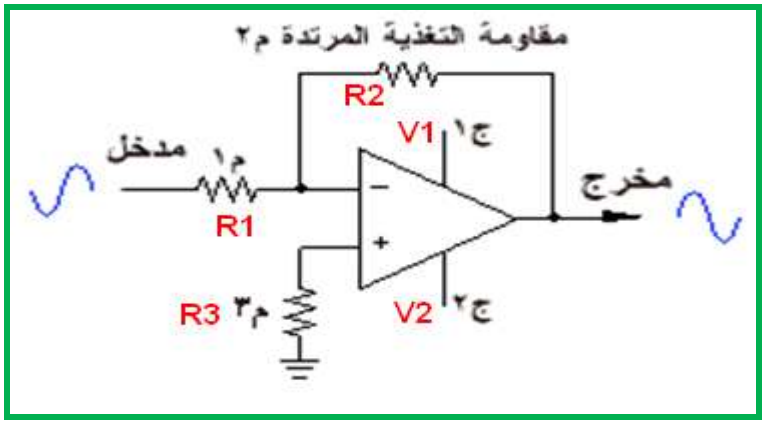
لاحظ أن درجة التضخيم لا علاقة لها بمقدار الجهد الآتي من مصدر التغذية.

2-2-1 تطبيقات مضخم العمليات

هناك عدد من الدوائر التطبيقية لمضخمات العمليات سنعرض بعضها هنا:

1-2-2-1 مضخم عاكس:

وهذا يُعدّ التطبيق الأساسي لمضخم العمليات والمبين ، وكما في الشكل (1-52) .



شكل 1-52 مكبر عاكس

درجة التضخيم = - (م2\م1)

$$Gain = -\frac{R_2}{R_1}$$

لحساب قيمة المقاومة م3 (R_3) نطبق القانون الآتي:

م3 = (م1*م2) \ (م1 + م2)

$$R_3 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

لاحظ أن الإشارة الخارجة عكس الإشارة الداخلة.

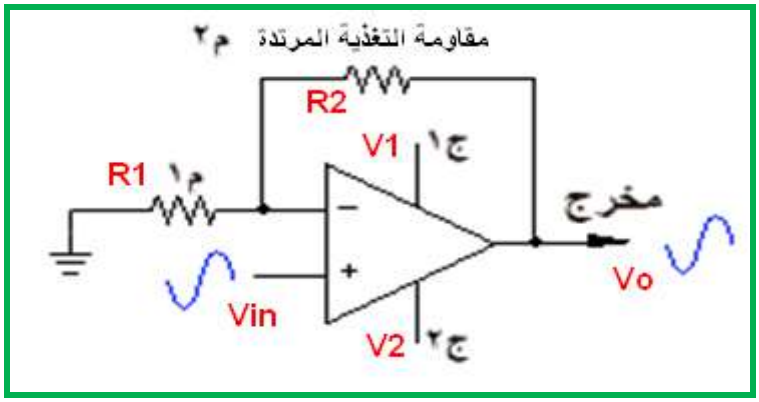
مثال : إذا كانت المقاومة R_1= 1000Ω والمقاومة R_2= 10000Ω فما درجة التضخيم؟

درجة التضخيم = - $\frac{R_2}{R_1}$

= - (10000 \ 1000) = - 10

2-2-2-1 مضخم غير عاكس:

الشكل يبين دائرة مكبر عمليات يعمل كمكبر غير عاكس، كما مبين في الشكل (1-53)



شكل 1-53 مكبر غير عاكس

درجة التضخيم = 1 + (م2\م1)

$$Gain = 1 + \frac{R2}{R1}$$

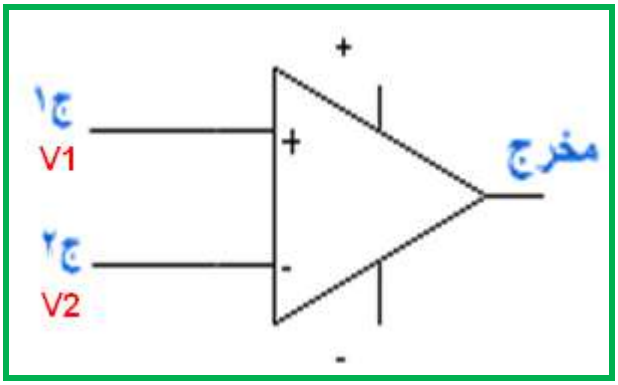
مثال : إذا كانت المقاومة R_1= 1000Ω والمقاومة R_2=10000Ω فما درجة التضخيم؟

درجة التضخيم = $\frac{R_2}{R_1}$ +1

= 1 + (1000 \ 10000) = 11

3-2-2-1 المضخم المقارن (Comparator):

الهدف من المقارن هو مقارنة الجهدين عند المدخلين ، وإنتاج إشارة تدل على أي الجهدين أكبر ، كما مبين في الشكل (1-54) .



شكل 1-54 مكبر مقارن

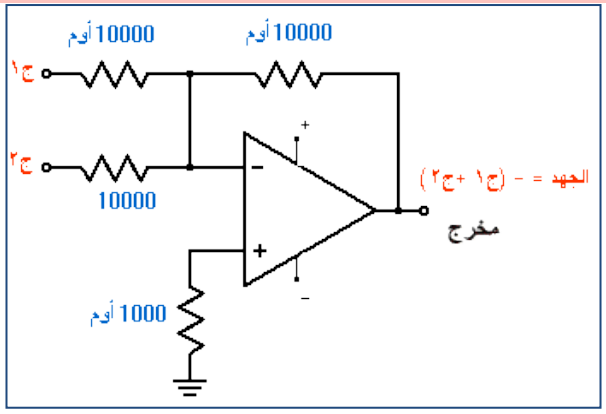
إذا كان الجهد V_1 أصغر من الجهد V_2 فستكون الإشارة الخارجة من المضخم موجبة.

أما إذا كان الجهد V_1 أكبر من الجهد V_2 فستكون الإشارة الخارجة من المضخم سالبة.

لاحظ أن مقاومة التغذية المرتدة لا تستعمل في هذه الدائرة

4-2-2-1 المضخم الجمعي (Summing Amplifier):

يقوم المضخم الجمعي بجمع الجهود الموجودة عند المدخل، كما مبين في الشكل (1-55) بحسب القانون الآتي:



شكل 1-55 المضخم الجمعي

لاحظ أن المقاومات المربوطة في المدخل العاكس متساوية بالقيمة.

الجهد عند المخرج V_0

$$V_0 = -(V_1+V_2)$$

هل تعرف لماذا استعملنا إشارة السالب هنا؟

صحيح لأن الجهود الداخلة موجودة عند المدخل العاكس.

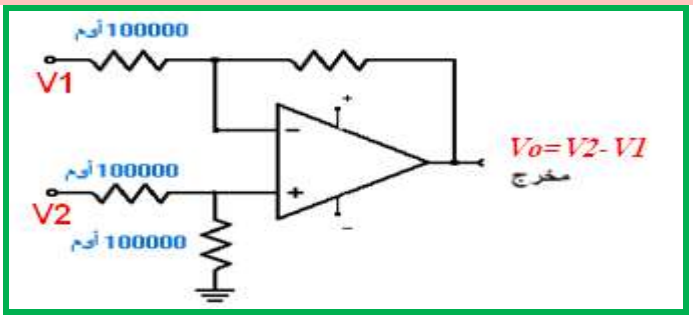
مثال : إذا كانت V_1 = 4 فولت والجهد V_2=0.8 فولت فما الجهد عند المخرج؟

الجهد عند المخرج = - (V_1+V_2)

= - (4 + 0.8) = -4.8 فولت

ملاحظة مهمة: دائماً تذكر أن الجهد الخارج لا يمكن أن يزيد على جهد التغذية المستعمل لتشغيل المضخم. إذا حدث ذلك فسوف يعطب المضخم.

5-2-2-1 المضخم الفرقي (Difference Amplifier):



يقوم المضخم الفرقي بطرح الجهود الموجودة عند المدخل ، كما مبين في الشكل (1-56) بحسب القانون الآتي:

لاحظ هنا أن جميع المقاومات متساوية بالقيمة.

الجهد عند المخرج = (V_2- V_1)

شكل 1-56 المضخم الفرقي

مثال : إذا كانت V_1= 0.5 فولت والجهد V_2=6 فولت فما الجهد عند المخرج؟

الجهد عند المخرج = V_2-V_1

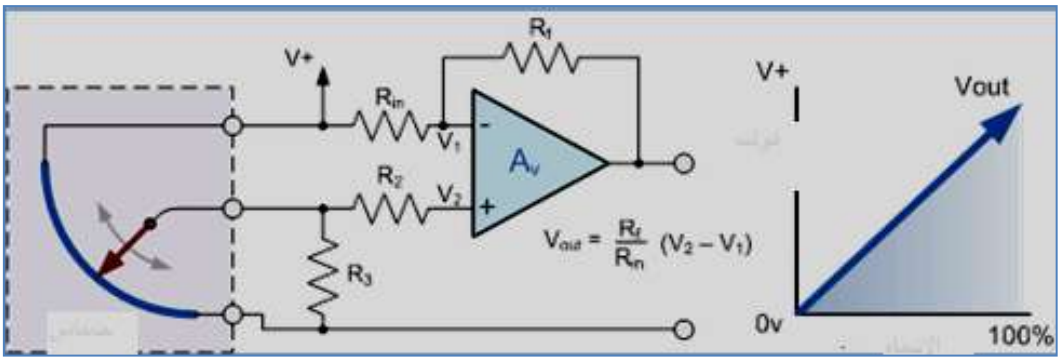
= 6 - 0.5 = 5.5 فولت

ملاحظة مهمة: دائماً تذكر أن أياً من الجهدين V_1 أو V_2 لا يمكن أن يزيدا على جهد التغذية المستعمل لتشغيل المضخم. إذا حدث ذلك فسوف يعطب المضخم.

3-2-1: تطبيقات المضخم العملياتي بتكييف إشارات المتحسسات

تكييف الإشارة:

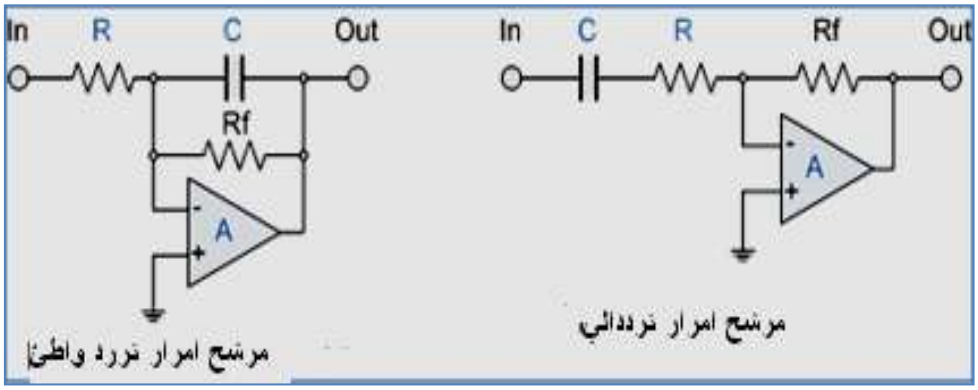
إن الإشارة الخارجة التماثلية المنتجة من المتحسسات عادة ما تكون صغيرة القيمة بمقدار ملي فولت، وهي تحتاج إلى التضخيم إلى عدة مرات لتكون مناسبة إلى مداخل المعالجات، فمثلا قد يكون الجهد الخارج بمقدار 5mv، ولكي يتم تحويله إلى 5v نحتاج إلى مضخم كسب بمقدار 1000 مرة، وهنالك مضخمات كسب في الوقت الحالي بمقدار 1000000 مرة يمكن استعمالها لتكون مدخلات إشارة إلى المعالج التماثلي أو الرقمي . ويستعمل مضخم العمليات في هذه المهمة وكما هو واضح بالشكل (1-57)، إذ نلحظ أن خرج متحسس المقاومة المتغيرة يكون مدخلاً إلى مضخم العمليات، إذ يكون مكبر للإشارة الخارجة من المتحسس، وفي بعض الأحيان يستعمل مضخم العمليات كمقارن بين إشارتين لغرض إخراج الفرق بين حالتين أو بين نقطتين إحداهما: تعد المرجع، والأخرى: تمثل الحالة المتغيرة .



الشكل1-57 يوضح ربط مكبر العمليات مع المتحسس لتكييف الإشارة

وفي بعض الأحيان عند قياس إشارة صغيرة جداً تكون إشارة الخرج الناتج من المتحسس ملوثة مع إشارات غير مرغوب فيها؛ إذ تؤثر بالنتيجة في قياس الإشارة بنحوٍ صحيح، وتسمى هذه الإشارات غير المرغوب فيها بالضوضاء، يمكن أن نتخلص إلى حد كبير من تأثيرات الضوضاء أو تقليل تأثيره عن طريق التكييف بتقنيات التصفية للإشارة بواسطة مرشحات ممر منخفض أو مرشحات ممر مرتفع أو مرشحات النطاق الترددي من الترددات غير المرغوب فيها، وذلك للحصول على إشارة تمثل ناتج المتحسس المطلوب بصورتها الصحيحة، كما مبين في الشكل (1-58) .

إن التضخيم والترشيح يؤديان دوراً مهماً في التواصل مع نظم المعالجات الدقيقة للحصول على دقة في المعلومات وكفاءة في نوع الاستجابة المطلوبة.



شكل 1-58 يمثل دائرة التصفية للإشارة مع مكبر العمليات لتكييف الإشارة

الأسئلة والتطبيـقـــــــات

س1: عرف ما يأتي :

1- المتحسس 2- مضخم الترددات العالية (الترددات الراديوية) 3- الضغط المطلق 4- متحسس الضغط المعياري 5- متحسس الموقع والسرعة

س2: املأ الفراغات الآتية :

1- حساسية المتحسس تعرف بأنها نسبة ---- لمقدار الخرج إلى التغير---- للمقاس الذي أدى إلى الخرج.

2- يتألف مقياس متحسس درجة الحرارة من عنصرين مهمين هما 1)-------2)------.

3- متحسس الإزاحة يعطي قياس --------- بين الموقع الحالي لهدف ما والموقع المسجل .

4- تكون متحسسات الإزاحة على نوعين -------- و--------- .

5- يكون المتحسس في الدائرة الكهربائية إما ------- وإما ---------.

6- يمكن تقسيم المضخمات بحسب نوع القيمة المكبرة على ثلاثة أنواع 1------ 2)---- 3)---- .

س3: ما هي نظرية عمل المتحسسات ؟

س4: كيف يعمل متحسس الإزاحة؟ وما أنواع هذا المتحسس؟ وضح ذلك مستعيناً بالرسم ؟

س5: هنالك أنواع من متحسسات قياس الضغط وضح ذلك.

س6: عـدد أنواع عناصر متحسس الضغط ؟

س7: ما أنواع المتحسسات الضوئية؟ عددها واشرح واحدة منها مع الرسم.

س8: بيّن نظرية عمل المتحسس الضوئي مبيناً إجابتك مع الرسم.

س9: بيّن آلية عمل متحسس اللمس ؟

س10: ما آلية عمل متحسس اللمس؟ اشرح ذلك مستعينا بالرسم.

س11: ما أهم خواص المضخمات ؟

س12: مكبر غير عاكس احد تطبيقات مضخم العمليات، بيّن عمله مستعيناً بالرسم، ومعادلة الخرج للمكبر.

س13: اشرح عمل المكبر العاكس مع الرسم.

س14: اشرح عمل المكبر الجامع مع الرسم.

س15: متحسس من البلاتينيوم مقاومته عند درجة الصفر المئوي (2.732Ω)، سخّن لدرجة ($50C^o$)، احسب مقاومته عند هذه الدرجة، إذا علمت بأن المعامل الحراري للمقاومة في درجة الصفر المئوي هو ($0.00379/ C^o$) ؟

(الجواب: 3.25 Ω)

س16: إذا كانت درجة التضخيم لمضخم عاكس هو (20-) وكانت مقاومة الدخل (R1) هي 1000 أوم، فاحسب مقاومة التغذية المرتدة (R2) ؟

(الجواب: 20000 Ω)

الباب الأول

الفصل الثاني

المتحكمات الصغيرة

Microcontrollers

الاهداف

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل إلى التعرف على المتحكمات الصغيرة، ومكوناتها، وطريقة برمجتها، وآلية عملها فضلاً عن الربط البيني، وأسلوب التعامل مع الأجهزة المرتبطة بالمتحكمات الصغيرة.

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على:

1. التعرف على المتحكمات الصغيرة.
2. التعرف على مكونات المتحكمات الصغيرة.
3. برمجة المتحكمات الصغيرة.
4. التعرف على الربط البيني.
5. التعامل مع الأجهزة الخارجية المرتبطة بالمتحكمات الصغيرة.
6. استعمال منافذ المتحكمات الصغيرة بالنحو المناسب.
7. وضع الخوارزميات الخاصة بالبرنامج المصمم.
8. رسم المخطط الانسيابي للبرامج.
9. استعمال البرامج المختلفة من حيث أنواعها ومستوياتها

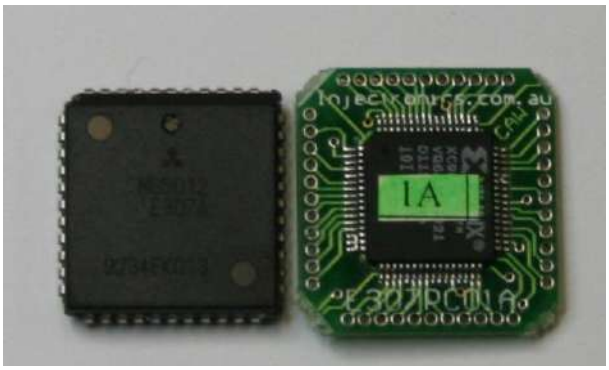
المحتويات

الفصل 2

تعلم الموضوعات

المتحكمات الصغيرة

- المتحكمات الصغيرة – المكونات الداخلية للمتحكمات الصغيرة – منافذ الخرج المتوازية – منافذ الخرج التسلسلية – آلية عمل المتحكمات الصغيرة – برمجة المتحكمات الصغيرة بلغات برمجية – الربط البيني – تطبيقات المتحكمات الصغيرة .



1-2 المتحكمات الصغيرة

Microcontrollers

المتحكم الصغير هو عبارة عن دائرة متكاملة (Integrated Circuit من النوع VLSI ،) بالإمكان برمجتها لأداء وظائف مختلفة وأهمها التحكم بالمنظومات, وشاع استعمال هذه المتحكمات في الوقت الحالي في أغلب الأنظمة الحديثة وذلك لصغر حجم الدائرة الالكترونية المطلوبة لأداء المهمة مقارنةً بمثيلاتها من الدوائر الالكترونية الفيزيائية ذات البنية غير القابلة للبرمجة، وكذلك المرونة في تغيير الوظائف من دون الحاجة إلى تبديل مكونات الدائرة، وغيرها كثير. لذا نلحظ انه كلما تعقدت الدائرة الالكترونية أصبح من المناسب استعمال المتحكمات الصغيرة في تصميمها

يمكن استعمال المتحكمات الصغيرة في تطبيقات عديدة كالتحكم بمحركات السيرفو، وتوليد الأصوات، ومراقبة حساسات الأشعة تحت الحمراء، وتسجيل معطيات الدخل التي يتم توليدها بواسطة (analog transducers مبدلات طاقة تشابهية) وغيرها من التطبيقات. كما تستعمل المتحكمات الصغيرة في أفران المايكروويف، وفي أجهزة التلفاز وأجهزة عرض الأشرطة، وفي الأجهزة المحيطة بالحواسيب كالطابعات الليزرية وسواقات الأقراص، كما تستعمل أيضاً في أنظمة التحكم بالسيارات وفي أي جهاز يتطلب تحكماً برمجياً.

1-1-2 المكونات الداخلية للمتحكم الصغير

Internal components of the microcontroller

يتكون المتحكم الصغير من المكونات الرئيسة الآتية :

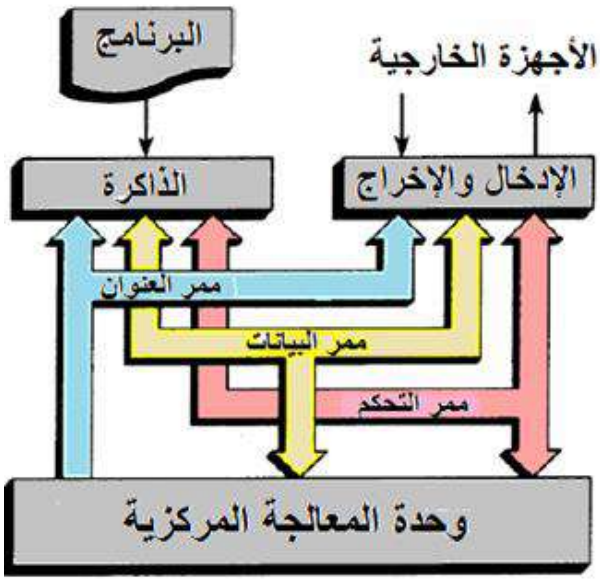
1- وحدة المعالجة المركزية (Central Processing Unit،CPU) التي تتألف بدورها من وحدات ثانوية (وحدة السجلات Registers Unit، وحدة الحساب والمنطق Arithmetic and Logic Unit، وحدة السيطرة Control Unit) تنجز المهام الأساسية أنفسها التي ينجزها المعالج الدقيق (Microprocessor) لجهاز الحاسوب كالعمليات المنطقية وعمليات التحكم بالمداخل والمخارج I/O وغيرها.

2- وحدة الذاكرة.

3- منافذ الاتصال التسلسلي (Serial Communication Ports).

4- منافذ الاتصال المتوازي (Parallel Communication Ports).

ومن حيث الجوهر يمكن عد المتحكم الصغير حاسوباً صغيراً من دون لوحة مفاتيح (keyboard)، وشاشة عرض (monitor). والشكل (2-1) يبين المكونات المهمة للمتحكم الصغير



الشكل (2-1) المكونات المهمة للمتحكم الصغير.

2-1-1-1 وحدة المعالجة المركزية

Central processing unit (CPU)

وهي أهم وحدة من وحدات المتحكم الصغير، إذ تتم فيها جميع العمليات المهمة من نقل وتفسير ومعالجة للإيعازات مع ما تتضمنها من بيانات مختلفة. إذاً فان دور وحدة المعالجة المركزية هو نفسه في المعالج الدقيق في الحواسيب، إذ إن لها خطوط عنونة (Address Lines)، وخطوط بيانات (Data Lines)، وخطوط تحكم (Control Lines) أو الإيعازات وتمتلك القدرة على قراءة التعليمات وتنفيذها، وتحتفظ بالبيانات المؤقتة وبالبرامج في ذاكرة وصول عشوائي (RAM)) Instructions). ويبين الشكل (2-2) مخططاً تفصيلياً موضحاً فيه المكونات الداخلية للمعالج الدقيق.

الشكل (2-2) المكونات الداخلية للمعالج الدقيق

)، أما في نظم words (معالج يعمل بكلمات 8-bitsتتكون وحدة المعالجة المركزية من معالج 16-bitsالمعالجات الأكثر تعقيداً فإن المعالج يعمل بكلمات ذات طول أكبر: 32-bits، 64-bits. ومن الجدير بالملاحظة هنا أن عملية تنفيذ الإيعازات تتم عن طريق تزويد الممرات الثلاثة بالمستويات والتوقيتات المناسبة لجعل الأجهزة الموصولة (أجهزة الذاكرة وأجهزة التحكم بالدخل والخرج) تنجز أعمالها المحددة. ويوجد في وحدة المعالجة المركزية عداد برنامج (program counterيقوم) بملاحقة الموقع الحالي في برنامج التنفيذ.

وحدة الحساب والمنطق Arithmetic Logic Unit (ALU)

تحتوي وحدة المعالجة المركزية كما هي الحال في كل المعالجات الدقيقة (Microprocessors) مكونة من بوابات، ووظيفتها هي إنجاز ALU) على وحدة حساب ومنطق عمليات حسابية ومنطقية (AND، OR، NOT، / ،- ،+) وكذلك عمليات المقارنة (=، >=، <=، <، >، وغيرها) وكذلك إزاحة المعطيات المرسلة إليها من الذاكرة. وتتلقى وحدة الحساب والمنطق دعماً من سجلاتها والتي تسمى سجلات المراكمات (accumulators registers)، إذ تستقبل هذه المراكمات القيم الأولية من الذاكرة، وتحتفظ بنتائج العمليات الحسابية والمنطقية، وتعيد نتيجة الحساب والعمليات المنطقية إلى ألذاكرة.

التي تسمى الأعلام (binary indicators) وهناك مجموعة من المبينات الثنائية (flags) وترتبط مباشرة بوحدة الحساب والمنطق، وتؤمن معلومات تغذية عكسية تحكمية على بصورة ملخص بعد كل عملية، وتتضمن هذه المعلومات حالة النتيجة، موجبة، أم سالبة، أم صفر، ALUبحالات الوحدة أم لا تساوي صفراً، أم اكبر من محتويات المراكم، أم أصغر وهكذا.

وحدة السيطرة Control unit

إن وحدة السيطرة والتحكم هي عنصر التوجيه في النظام. وتقوم وحدة التحكم هذه بسحب الإيعاز (fetching) في الذاكرة الرئيسة إلى سجل الإيعاز (Instruction register) المكتوب أساساً بصورة شفرة (Code) فتنفيذ الإيعاز (executing)، ثم تتم عملية فك الشفرة (decoding)، والذاكرة والخرج والدخل، وهذا (ALU)بإرسال إشارات التحكم المناسبة إلى وحدة الحساب والمنطق). وتكرر هذه العملية للإيعازات التالية، وهكذا يتم fetch-decode-executeما يسمى بالدورة (تنفيذ البرنامج المخزون بواسطة المبرمج في الذاكرة.

وحدة السجلات Registers unit

تعد وحدة السجلات من وحدات الخزن المؤقت، إذ يكون أسلوب الخزن فيها مشابهاً لأسلوب الخزن في الذاكرة نوع RAM. عند رفع التغذية الكهربائية عنها تتلاشى المعلومات المخزونة بها ، وتوجد السجلات بنحوٍ أساسي داخل وحدة المعالجة المركزية، وتختلف أعدادها ووظائفها من معالج إلى معالج آخر، فهنالك على سبيل المثال سجل المراكم (accumulator) وهو أهم أنواع السجلات الموجودة في كل أنواع المعالجات على الإطلاق، إذ تتم عن طريقه أغلب العمليات الحسابية والمنطقية والنقل بنحوٍ مباشر، وسوف نأتي لاحقاً إلى إيضاح هذه العمليات بواسطة الأمثلة، وهنالك سجلات تستعمل داخل المعالج بواسطة المبرمج كخزن الأغراض العامة (general purpose registers) مؤقت في أثناء البرمجة. وهناك سجل آخر لا تقل أهميته في بعض الأحيان عن أهمية المراكم، ويرتبط عمله كثيراً بالمراكم وهو سجل الإعلام (flags register.).

2-1-1-2 الذاكرة

Memory

الذاكرة هي أيضاً عبارة عن دائرة متكاملة لها القابلية على خزن المعلومات. تستعمل المتحكمات الصغيرة مثلها مثل الحواسيب ثلاثة أنواع من الذاكرة وهي: ذاكرة القراءة فقط ROM ، فضلاً عن ذاكرة ضخمة تستعمل تقريباً للحواسيب فقط كالأقراص وذاكرة الوصول العشوائي RAM تعمل كذاكرة غير تطايرية تستعمل للخزن ROM. بالنسبة إلى ذاكرة CD-ROM الصلبة والمرنة الدائمي الذي يقصد به أن الإيعازات والبيانات المخزونة داخل الذاكرة لا تتلاشى بعد رفع مصدر التغذية فإن المعلومات المخزونة داخلها تتلاشى بعد رفع مصدر التغذية، RAM عن الذاكرة، أما الذاكرة وتستعمل للخزن المؤقت في أثناء تنفيذ البرنامج، وتسمى في بعض الأحيان بذاكرة المستعمل (user memory .)

وبالنسبة إلى المتحكم الصغير تكون عملية استعماله للذاكرة بالأسلوب الآتي: يتم كتابة البرنامج الخاص بالمتحكم الصغير على الحاسوب الشخصي، وبعد التأكد من صحة البرنامج يتم نقله إلى أنواع ROM الخاصة بالمتحكم الصغير عن طريق جهاز برمجة خاص، ولذاكرة ROM الذاكرة وغيرها. وعند الرغبة في تنفيذ البرنامج المخزون في FLASHRAM و EEPROM مختلفة منها fetch-decode-execute تقوم وحدة المعالجة المركزية بواجبها:- سحب، وتفسير، وتنفيذ (ROM من اجل التواصل السريع مع المعالج، إذ إن سرعة RAM) والتي تحتاج بذلك إلى الذاكرة هي ذاكرة قراءة ROM. اذاً الذاكرة ROM أسرع بكثير من الذاكرة RAM نقل المعلومة في الذاكرة فهي ذاكرة قراءة وكتابة.RAM فقط، أما الذاكرة

وتؤمن العناصر الذاكرية وسائل لتخزين المعطيات تخزيناً مؤقتاً أو دائماً من اجل استعادتها مستقبلاً. ويمكن أن يكون وسط التخزين دائرة متكاملة مصنوعة من أنصاف النواقل (ذاكرة أولية). أو شريطاً مغناطيسياً أو قرصاً مغناطيسياً. أو قرصاً بصرياً (الذاكرة الثانوية)، ويمكن للذاكرة الثانوية أن تخزن معطيات أكثر مما تستطيع الذاكرة الأولية تخزينه؛ لأن السطح الذي تخزن عليه المعطيات اكبر مقارنة مع الذاكرة الأولية ولكن الذاكرة الثانوية تستغرق وقتاً أطول للولوج إلى المعطيات (كتابة أو قراءة)، والمواقع الذاكرية على القرص أو الشريط يجب أن تتوضع فيزيائياً عند نقطة يمكن أن تتم عندها الكتابة أو القراءة بواسطة آلية الكتابة والقراءة ميكانيكياً. أما في الذاكرة الأولية فان المواقع الذاكرية تترتب في مناطق صغيرة جداً ضمن مصفوفة كبيرة، إذ يمكن الولوج إلى كل موقع ذاكري بسرعة (في زمن لا يتجاوز بضعة نانو ثانية) بتطبيق إشارة العنونة المناسبة على الأسطر ضمن المصفوفة. وتستعمل الذاكرة الثانوية بنحوٍ خاص لتخزين الكميات الضخمة من معطيات الحواسيب، والمعطيات الصوتية، أو معطيات الصور.

3-1-1-2 منافذ الخرج والدخل المتوازية

Parallel input/ output ports

من المميزات المهمة للمتحكمات الصغيرة هو احتواؤها على منافذ خرج ودخل جاهزة، وفي الغالب تكون عامة بالإمكان التحكم بها بأن تكون منافذ دخل أو منافذ خرج. ونحتاج إلى هذه المنافذ من أجل الربط البيني مع الدوائر المرافقة للمتحسسات من حيث الإدخال وسواقات المشغلات من حيث الإخراج. وتختلف هذه المنافذ من متحكم إلى متحكم آخر من حيث عدد المنافذ والتيارات التي تتحملها،) إذ دائماً تكون تيارات التصريف التيI_{drain}) أو تيارات تصريف (I_{source}كأن تكون تيارات مصدر (هو أن يكون اتجاه التيار من I_{source}تتحملها هذه المنافذ اكبر من تيارات المصدر. ويقصد بتيار المصدر من الخارج إلى داخل المتحكم الصغير. I_{drain}داخل المتحكم الصغير الى الخارج وتيار التصريف

ويكون تيار التصريف دائماً أكبر من تيار المصدر، إذ كحالة عامة يكون التيار المفضل)، لذا يفضل 150 mA) في حين تيار التصريف (25 mA) بالنسبة إلى المصدر ($I_{recommended}$(في أغلب الأحيان في التصاميم تيار التصريف على تيار المصدر. ولتسهيل التعامل برمجياً مع هذه المنافذ تم وضع عناوين ميسرة لكل منفذ بحسب نوع المتحكم الصغير، فمثلاً في أحد المتحكمات هناك P A. أو PORT A وللوصول إليه يتم الإشارة إليه في البرنامج PORT A أو Aمنفذ يدعى بالمنفذ

4-1-1-2 منافذ الخرج والدخل التسلسلية

Series input/ output ports

وتختلف هذه المنافذ عن المنافذ المتوازية بأنها مؤلفة من خط واحد يتم نقل المعلومات عن طريقها تباعاً bit بعد bit، بينما المنافذ المتوازية تقوم بنقل المعلومات دفعة واحدة. ولهذا الأسلوب مميزاته وعيوبه في الوقت نفسه مقارنة مع المنافذ المتوازية، إذ من مميزاتها أنها تقلل من عدد الخطوط المستعملة كثيراً، وهذا مهم جداً في تقليل التكلفة ولاسيما إذا كانت مسافة نقل المعلومات طويلة نسبياً، ولكن في الوقت نفسه من العيوب هو التأخير في زمن نقل المعلومة بالمقارنة مع المنفذ التسلسلي الذي ينقل المعلومة كاملةً في وقت واحد وليس تباعاً كما في التسلسلي.

ويستعمل المنفذ التسلسلي كثيراً في مجال الاتصالات (communication) كما في الإنترنيت وغيرها. ويتم الوصول إلى المنفذ التسلسلي بعد ضبط الصيغة المطلوب النقل بها، وسرعة النقل من اجل التزامن إن وجد بين المتحكم والجهاز المربوط معه عبر المنفذ التسلسلي، كما سيأتي شرحه في موضوع برمجة المتحكمات الصغيرة.

5-1-1-2 المؤقتات

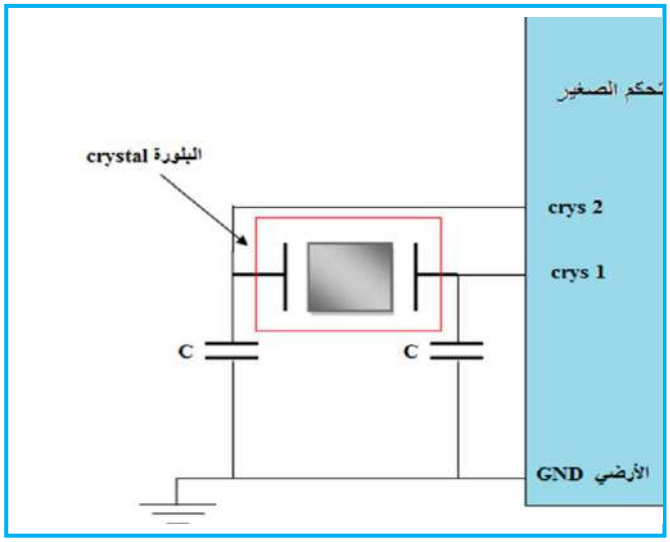
Timers

يحتوي المتحكم الصغير على مؤقتات (Timers) داخلية يتم استعمالها بنحوٍ واسع في توليد إشارات خرج بترددات مختلفة على شتى منافذ الخرج، وكذلك تستعمل للتحكم بسرعة نقل البيانات (Baud Rate)، والتحكم بسرعة المحركات الكهربائية (Serial Ports) في المخارج التسلسلية بشتى أنواعها وغيرها كثير.

وهنالك أكثر من مؤقت واحد في المتحكم الصغير، وكذلك قابلية المؤقت (اكبر مدة زمنية يستطيع حسابها)، تختلف أيضاً، إذ يعتمد ذلك على نوع المتحكم المستعمل. يتم تهيئة المؤقت في بادئ الأمر قبل استعماله وذلك في أثناء برمجة المتحكم بواسطة الشخص المبرمج، فيقوم المبرمج بتحديد الصيغة (Module) التي سوف يعمل بها المؤقت، إذ هنالك أكثر من صيغة عمل يعمل بها المؤقت داخل المتحكم الصغير، وكذلك يتم تحميل السجل الخاص بالمؤقت بالبيانات المطلوبة لتحديد الزمن المناسب للوظيفة المطلوب من المتحكم أداؤها عن طريق المؤقت. بعد ذلك يتم إيعاز المؤقت بالبدء بالعمل إلى أن ينهي المهمة المكلف بها، وهكذا.

ويحتاج المؤقت إلى إشارات نبضية (clocks) خارجية لتشغيله وغالباً ما تكون هذه الإشارات المجهزة للنبضات الضرورية لعمل المتحكم الصغير، إذ لا بد لكل (crystal) أساسها البلورة

المتحكمات الصغيرة من أن تكون لها بلورة خارجية أو أي مصدر خارجي لتوليد إشارات نبضية لكي يتمكن المتحكم الصغير من أداء عمله، وهذه البلورة مبينة بالشكل (2-3).



الشكل (2-3) بلورة المتحكم الصغير

) كما مبينتان بالشكل (2-3) دورهما تحسين شكل النبضة pFوتوجد متسعتان (بقيم صغيرة) مع المتحكم الصغير لتوليد هذه crys2 ،crys1المتولدة بواسطة البلورة. وللبلورة الخارجية مدخلان (النبضات.

2-1-2 آلية عمل المتحكمات الصغيرة

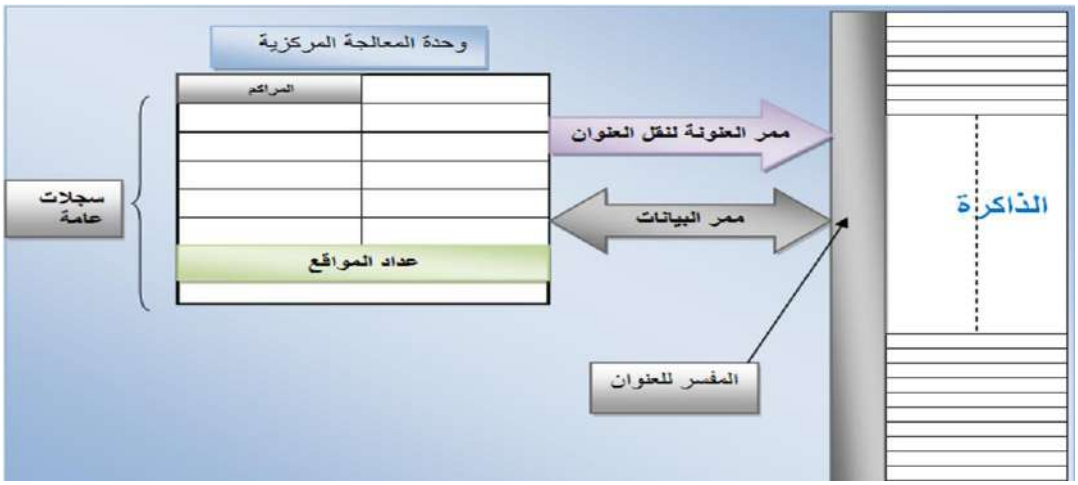
Way of microcontroller operation

بعد التعرف على المكونات الرئيسة للمتحكم الصغير صار من الممكن الآن شرح آلية عمل هذه المتحكمات الصغيرة. فبعد كتابة المبرمج البرنامج وخزنه في ذاكرة المتحكم الصغير التي تكون احد المعروفة، يكون المتحكم الصغير جاهزاً لتنفيذ هذا البرنامج وإنجاز ما موجود به ROMأنواع الذاكرة من مهام، ويكون ذلك كالآتي:

1. تقوم وحدة المعالجة المركزية (أو المعالج الدقيق) بالخطوة الأولى، وهي سحب الإيعازات مع ما تتضمنه من بيانات مرافقة، حيث يتم سحب أول إيعاز يشير إلى عنوانه سجل عداد البرنامج (program counter)، فيرسل المعالج العنوان عن طريق ممر العنونة (address bus) إلى وحدة الذاكرة الرئيسة المخزون بها البرنامج، وعن طريق المفسر (decoder) الموجود

داخل الذاكرة يتم تحديد الموقع الموجودة فيه شفرة الإيعاز، ثم يقوم المعالج بسحب هذه الشفرة عن طريق ممر البيانات (Data bus) إلى سجل المراكم (accumulator).

ويبين الشكل (2-4) الخطوة الأولى لوحدة المعالجة المركزية وهي من الخطوات المهمة التي يجب الانتباه لها من اجل فهم كيفية تصرف وحدة المعالجة مع الأطراف المحيطة بها



الشكل (2-4) الخطوة الأولى لوحدة المعالجة المركزية

2. بعدها تبدأ مرحلة التفسير لهذه الشفرة المسحوبة، إذ يتم فيها معرفة ما هو هذا الإيعاز، وهل يتكون من جزء آخر أو أكثر مخزون في الذاكرة بحيث هنالك حاجة إلى سحب هذا الجزء الباقي (أي إعادة المرحلة الأولى)، فإذا كانت هنالك حاجة تتم إعادة المرحلة الأولى وإكمال الإيعاز. ولكل معالج مجموعة إيعازات خاصة به، ولكن الاختلافات في الإيعازات بين معالج ومعالج آخر قليلة جداً، وهي متشابهة من حيث المبدأ. ولكل إيعاز شفرة خاصة به مكونة من (8-bit) أو أكثر من المنطق (0،1) مخزونة في جزء محدد من الذاكرة ROM التابعة للمعالج المعني.
3. بعد تفسير المعالج للشفرة أو (الشفرات) الخاصة بالإيعاز الواحد تأتي مرحلة تنفيذ هذا الإيعاز كأن تكون عملية تخزين بيانات مسحوبة من المنافذ المتوازية أو التسلسلية أو من الذاكرة إلى مواقع محددة في الذاكرة الرئيسة، أو قد تكون عملية حسابية أو إخراج معلومات أو أوامر إلى أجهزة مربوطة إلى منافذ المتحكم الصغير وغيرها من العمليات الكثيرة جداً التي يستطيع المتحكم إنجازها بجدارة.

وهكذا يقوم المعالج بالعودة مرة أخرى إلى الإيعاز التالي وإعادة الخطوات الثلاث السابقة (سحب، وتفسير، وتنفيذ) إلى نهاية البرنامج، وبذا يتم إنجاز المهمة التي برمج بها المتحكم الصغير بواسطة المبرمج.

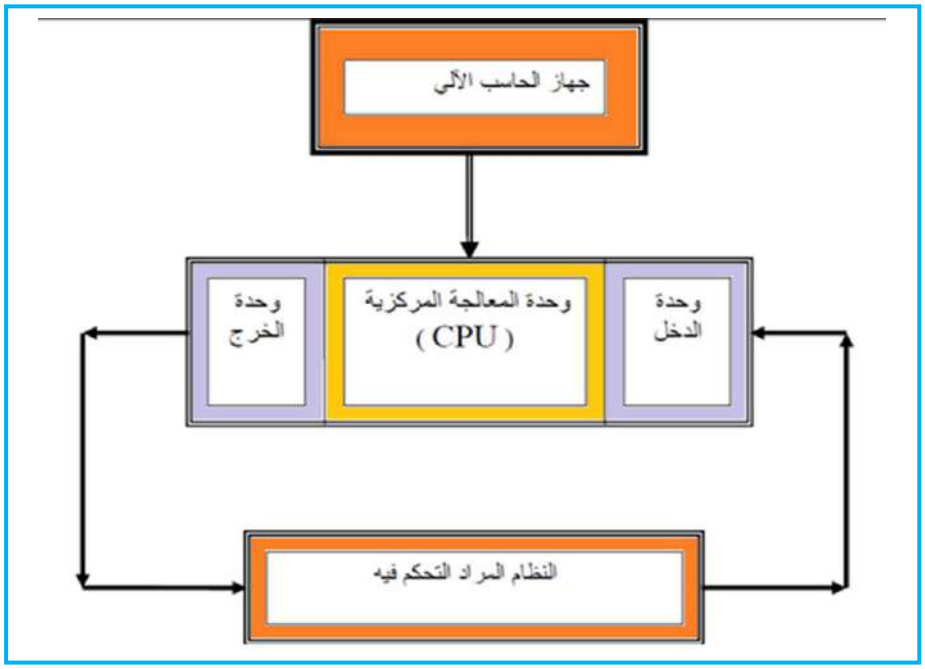
3-1-2 برمجة المتحكمات الصغيرة بواسطة لغات برمجية

Microcontroller programming using programming languages

عمل يمكن والهواة، إذ أنواع المتحكمات الصغيرة للمحترفين من العديد المصنعة الشركات توافر تعطى التي بحسب الأوامر بمهام مختلفة القيام المتحكمات الصغيرة ويمكن لهذه.المختلفة عليها التجارب المتحكم الصغير بتغيير به يقوم الذي تغيير العمل الشخص فبإمكان.بالبرنامج تسمى الأوامر وهذه لها، .البرنامج في الأوامر هذه

لغة التجميع مثل بلغات البرمجة جيدة إلى معرفة الشخص من البرنامج وتحتاج كتابة المتحكم الصغير سيحتاج في البرنامج ولتغيير.اللغات من غيرها أو)Assembly Language(إذ المتحكم الصغير. إلى الحاسوب الشخصي من الجديد البرنامج لتحميل وسيط إلى جهاز الشخص التي الدائرة إلى المتحكم الصغير يزال بعد ذلك ثم فيه، البرنامج لتحميل فيه المتحكم الصغير يركب .يُستعمل فيها سوف

وهنالك أسلوب آخر لبرمجة المتحكمات الصغيرة، إذ تتم برمجة المتحكم الصغير عن طريق المستعمل عن طريق الحاسوب، وبالإمكان تغيير برمجة المتحكم الصغير في أثناء ربطه للمنظومة المطلوب التحكم بها من دون الحاجة إلى رفع المتحكم الصغير من المنظومة إلى المبرمج كما ذكر) ويبين الشكل (2-5) مخططاً لإيضاح آلية in-circuit programmingسابقاً، وهذه العملية تسمى (البرمجة هذه.



الشكل (2-5) مخطط لإيضاح آلية البرمجة (in-circuit programming)

ويختلف أسلوب البرمجة من وظيفة إلى وظيفة أخرى، فهنالك البرنامج الميسر الذي لا يتعدى إدخال) واعتماداً على هذه الإشارة يتم إخراج أمر لإطفاء OFF أم ONإشارة خارجية تمثل حالة مفتاح (أهي مصباح أو محرك كهربائي أو غيرها أو تشغيلها، وهنالك البرنامج المعقد المتكون من عدة مراحل مختلفة، كأن يتضمن برامج فرعية أو برامج مقاطعة وغيرها.

البرامج الفرعية:

هذه البرامج مهمة جداً في بناء البرنامج، فعند كتابة البرنامج الرئيس المطلوب لتنفيذ وظيفة معينة هناك حاجة إلى أداء وظائف صغيرة مكملة للبرنامج الرئيس، نحتاج في بعض الأحيان إلى إيقاف البرنامج الرئيس في مكان معين والذهاب إلى تنفيذ برنامج فرعي، ومن ثم العودة إلى البرنامج الرئيس وإكمال المهمة. ومن أمثلة البرامج الفرعية هو برنامج التأخير الفرعي المتعمد (delay) للتحكم بسرعة عمل محرك كهربائي أو توليد إشارات بذبذبات معينة أو عمل توقيت subroutine) معين وغيرها من الأمور الكثيرة.

المقاطعة:

مثال ما، شيء حدوث بسبب المعالج الدقيق الصغير أو المتحكم عمل توقف التي الإشارة وهى جرس يرن فعندما الهاتف جرس ومثل التعليمات، من معينة مجموعة لتنفيذ كل ساعة مقاطعة حدوث المحادثة من وعند الانتهاء والتحدث، الهاتف سماعة ورفع الآخرين مع مقاطعة حديثك الهاتف يجب في الهاتف المحادثة وإجراء السماعة رفع عملية أن وهنا نعد الآخرين، مع الحديث مواصلة يجب مثالاً السابق المثال الفرعي. ويُعد إجراء مقاطعة عن عبارة هي الآخرين؛ مع والتحدث العودة وعملية البرنامج مخطط سير الصغير، ولكن في المتحكم أو الدقيق المعالج المقاطعة في تأثير كيفية على حياً حدوثه يخرج عند ولكن الصغير، المتحكم إلى المقاطعات توصل الدائرة في الوظائف بعض هناك الفرعية المقاطعة إجراء من الانتهاء الفرعية وعند تنفيذ المقاطعة إلى ويذهب عمله عن الرئيس البرنامج البرنامج سير متابعة إلى الرئيس البرنامج أخرى مرة يرجع

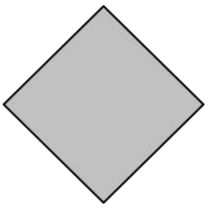
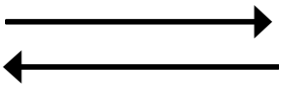
1-3-1-2 المخططات الانسيابية للبرنامج

Flowchart

قبل الحديث عن المخططات الانسيابية لا بُدّ هنا من أن ننوه إلى وجوب إعداد ما يسمى بالخوارزمية وكتابتها كمستهل لبناء المخطط الانسيابي، إذ إن الخوارزمية هي عبارة عن مجموعة خطوات يتم ترقيمها بحسب الأسبقية، والغرض منها هو وضع الخطوط العريضة والأهداف المرجوة من البرنامج المزمع كتابته لتأدية وظيفة معينة، وسوف نتطرق إلى كتابة الخوارزمية بنحوٍ موسع في الأمثلة اللاحقة.

أما المخطط الانسيابي فهو عبارة عن مجموعة أشكال هندسية مترابطة بعضها مع بعض بنحوٍ انسيابي (بواسطة أسهم) لها نقطتا بداية ونهاية، ويحتوي كل شكل من الأشكال هذه على أوامر وشروط وغيرها تم ذكرها مسبقاً في الخوارزمية. ويبين الجدول (1-1) الأشكال الهندسية الخاصة بالمخططات الانسيابية والغرض من كل واحد منها على حدة

الجدول (1-1) الأشكال الهندسية الخاصة بالمخططات الانسيابية والغرض من كل واحد منها

الشكل الهندسي	الغرض
	بداية البرنامج أو نهايته
	العمليات الحسابية أو المنطقية أو عمليات الإدخال أو الإخراج
	**الأسئلة وعمليات المقارنة والفحص**
	**الأسهم المطلوبة لربط الأشكال السابقة**
	تجمع الأسهم الذاهبة إلى النقطة نفسها

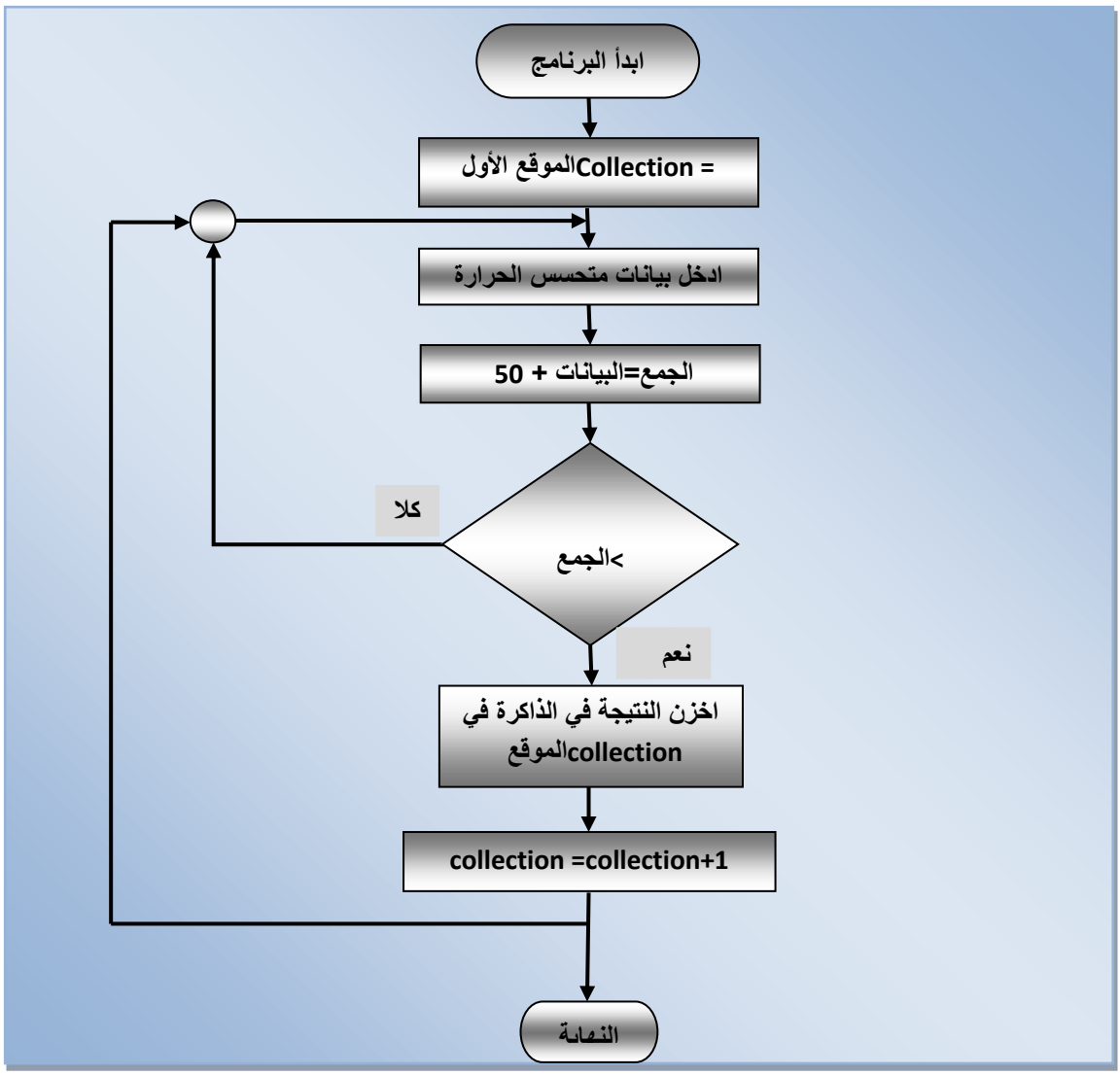
مثال:

اكتب خوارزمية مع رسم المخطط الانسيابي لبرنامج يقوم بإدخال بيانات تمثل درجات حرارة من)، ثم يقوم المعالج لهذا PORT A (Aمتحسس الحرارة المربوط إلى المتحكم الصغير عن طريق المنفذ المتحكم الصغير بجمع هذه البيانات مع الرقم 50 فإذا كانت النتيجة أكبر من 85 ، ترسل هذه البيانات وإذا اقل ، يتم العودة وإدخال البيانات من جديد.collectإلى الذاكرة بدءاً من الموقع الذي رمزه

الجواب:-

1. أدخل البيانات (Data) الأولى لمتحسس الحرارة عن طريق المنفذ A.
2. قم بجمع هذه البيانات مع الرقم 50.
3. قارن نتيجة الجمع مع العدد 85.
4. إذا كانت النتيجة أكبر من 85 قم بخزن النتيجة في الذاكرة بدءاً من الموقع collect.
5. إذا كانت النتيجة اقل من 85 قم بالعودة إلى الإدخال مرة أخرى.
6. أنهِ البرنامج.

المخطط الإنسيابي



2-3-1-2 لغات برمجة المتحكم الصغير

Microcontroller programming language

تستعمل في برمجة المتحكمات الصغيرة لغات برمجية كثيرة ومختلفة، ولكن بنحوٍ رئيسي تقسم على نوعين هما: لغات المستوى الواطئ (Low Level Languages)، ولغات المستوى العالي (High Level Languages). ولغات المستوى الواطئ هي تلك اللغات البرمجية التي لا تحتاج إلى حجم كبير من الذاكرة لخزنها وتتعامل مباشرة مع أطراف المتحكمات الصغيرة العديدة ومكوناتها من دون تفصيلات معقدة ، وتختلف إيعازات هذه اللغات من متحكم إلى متحكم آخر.

وتمثل لغات المستوى الواطئ بنحوٍ أساسي من لغة الماكنة (machine language) التي هي لغة (0)، واللغة المركبة أو لغة التجميع (assembly language) التي هي عبارة عن مجموعة من (1) الإيعازات التي يمكن فهمها من الشخص المبرمج والتي تتعامل مباشرة مع مكونات المتحكمات الصغيرة، وهذا يعني أن الشخص المبرمج لا بد له من معرفة شاملة لمكونات المتحكم الصغير الذي يتعامل معه وكذلك أطرافه.

ولغات البرمجة ذات المستوى العالي هي لغات يسهل فهمها والتعرف على ايعازاتها؛ لأنها قريبة من لغة الإنسان لكنها لا تتعامل مباشرة مع المكونات الداخلية للمتحكمات الصغيرة ، ومن أمثلتها (C، C++، وغيرها).Pic-Basic

ومن الجدير بالانتباه أن لغات المستوى الواطئ بعد تحويلها إلى لغة الماكنة بواسطة برنامج خاص يسمى (assembler)، فان حجمها الذي سيخزن في الذاكرة يكون أقل من الحجم الذي يتحول إليه البرنامج المكتوب بلغة المستوى العالي نفسه بواسطة برنامج التحويل الخاص والمسمى (compiler)، أي أن حجم البرنامج المكتوب بلغة المستوى العالي يستغل حجم ذاكرة أكبر من الحجم الذي يستغله برنامج المستوى الواطئ، وهذا يعني أيضاً أن الزمن المطلوب لتنفيذه اكبر، ولكن في الوقت نفسه كلما كان البرنامج المطلوب كتابته لأداء مهمة معينة معقداً كلما أصبح اللجوء إلى لغات المستوى العالي أفضل بكثير.

Assembly Language: اللغة المركبة

كما ذكرنا سابقاً فإن هذه اللغة هي من لغات المستوى الواطئ وتختلف إيعازاتها من متحكم صغير إلى متحكم آخر، ولكنها تتشابه من حيث المبدأ والوظيفة ، إذ كل اللغات المركبة تتضمن إيعاز النقل أو التحرك MOV، وهذا الإيعاز هو إيعاز عام ومرن ، ويعدّ الأساس في وضع صيغ العنونة (addressing modes) يخبر المعالج الدقيق بنقل محتويات المصدر (MOV AX، BX). فالإيعاز

، وهذه المواقع قد (AX وهو Drain هنا في هذا الإيعاز إلى التصريف (BX والذي هو source(تكون سجلات في المعالج أو مواقع ذاكرة أو منافذ إدخال أو إخراج.

والآن لنأتِ إلى صيغ العنونة:

1. **عنونة السجل:** يتم نقل نسخة من byte أو word من السجل المصدر أو موقع في الذاكرة إلى سجل التصريف أو موقع آخر في الذاكرة، وكل ذلك عن طريق وسيط، وسوف يتم إيضاحها لاحقاً في الملحق.
2. **العنونة اللحظية:** يتم النقل لحظياً Byte أو word من البيانات إلى التصريف الذي قد يكون سجلاً أو موقعاً في الذاكرة.
3. **العنونة المباشرة:** يتم النقل للبيانات مباشرة من دون الحاجة إلى وسيط بين السجلات والذاكرة.
4. **عنونة السجل غير المباشرة:** يتم نقل البيانات من السجل المصدر أو موقع في الذاكرة إلى سجل التصريف أو موقع آخر في الذاكرة عن طريق مؤشر أو ترميز معين.

ملاحظة: (ستجد قائمة بإيعازات احد أنواع المتحكمات الصغيرة، وفيها إشارة إلى صيغ العنونة التي تم ذكرها).

) من حيث مبدأ العمل Groupsوتقسم الإيعازات في اللغة المركبة بنحوٍ عام بصورة مجاميع (وهذه المجاميع كالآتي:

1. **مجموعة النقل (Transfer group):** هذه المجموعة من الإيعازات تقوم بنقل البيانات من السجلات إلى الذاكرة وبالعكس، وكذلك نقل البيانات بين السجلات أنفسها وبين مواقع الذاكرة أيضاً.
2. **مجموعة الحساب والمنطق (Arithmetic & Logic group):** تقوم هذه المجموعة من الإيعازات بجميع العمليات الحسابية والمنطقية داخل وحدة المعالجة المركزية.
3. **مجموعة الإدخال والإخراج (Input/output group):** هذه المجموعة عملها إدخال البيانات وإخراجها من والى الأطراف الخارجية (ما عدا الذاكرة) بالنسبة إلى المعالج الدقيق.
4. **المجموعة الفرعية (Branch group):** تقوم هذه المجموعة بنقل التحكم في تنفيذ البرنامج من المكان الحالي إلى مكان آخر كاستعمال البرامج الفرعية وغيرها

4-1-2 الربط البيني

Interface

المقصود بالربط البيني هو الربط الإلكتروني المكون للمنطقة بين المتحكم الصغير والأجهزة الخارجية المختلفة من متحسسات كأجهزة إدخال، ومشغلات كأجهزة إخراج، وهذا الربط مهم جداً من اجل التواصل المستمر مع المنظومات المراد التحكم بها، يتطلب منا فهم وإدراك للمكونات الإلكترونية المطلوبة لبناء هذه الدوائر الوسطية. فعلى سبيل المثال يحتاج المتحكم الصغير في أغلب الأحيان إلى دوائر إلكترونية يستعمل فيها المشغل العملياتي (كما تعلمتها في الفصل الأول من هذا الكتاب) من اجل إصلاح الإشارة المأخوذة من متحسس معين (تسمى هذه الدوائر بدوائر المواءمة conditioning) وقد تكون هذه الإشارة متأثرة بضوضاء خارجية أو أنها إشارة ضعيفة تحتاج الى تكبير circuits وغيرها.

وهناك مثال آخر على دوائر الربط البيني هي دوائر السواقات المطلوبة لتفعيل المشغلات (التي غالباً ما تحتاج إلى تيارات كهربائية كبيرة نسبياً لا يتمكن المتحكم الصغير من actuators) تجهيزها، وابسط أنواع هذه السواقات هي الترانزستور ، فمثلاً نستعمله لقيادة محرك كهربائي نوع DC ، وهكذا.

(أولاً والشيء المهم الذي يجدر بنا الانتباه إليه انه يتم تصميم الجزء الفيزيائي Hardware بما يتضمنه من سواقات المشغلات ودوائر تحسين إشارات الحساسات وربطها مع منافذ المتحكم الصغير (بكل ما يتضمنه من خوارزميات ومخططات انسيابية Software المختلفة ، ومن ثم يتم بناء البرنامج المطلوبة لإدارة هذا الجزء الفيزيائي. ولنأخذ المثال التالي لإيضاح الربط البيني مع البرنامج.

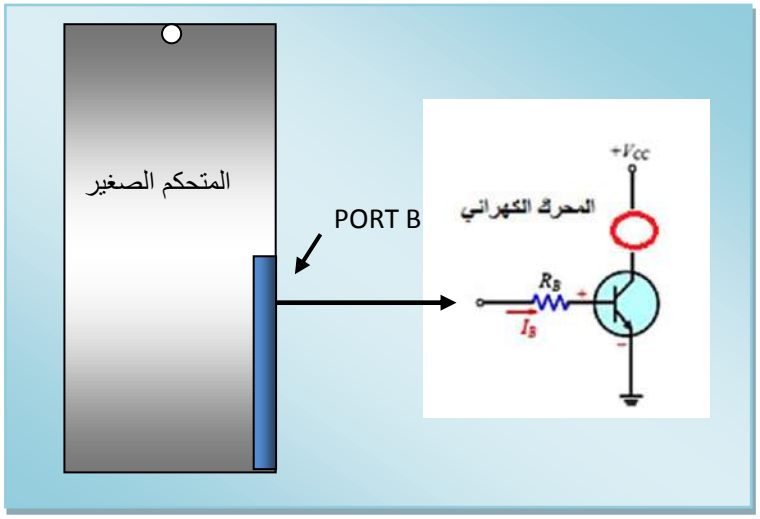
مثال:-

(وجهد تغذية 80 mA بتيار تغذية مقداره (DC اكتب برنامجاً يمثل ربط محرك كهربائي نوع (إلى متحكم صغير من أجل تشغيل هذا المحرك لمدة 15 ثانية عن طريق المنفذ المتوازي 12 volt(PORT B .)

الجواب:-

(، وأقصى تيار تتحمله منافذ 80 mA أولاً بما أن تيار التغذية الخاص بالمحرك الكهربائي ( ) ، لذا فإن المتحكم الصغير يحتاج إلى دائرة الكترونية أخرى تسمى 50 mA المتحكم الصغير هو ( ) بإمكانها تشغيل المحرك الكهربائي ، وفي الوقت نفسه تحتاج إلى تيار (قد يكون Driver السواقة (بالملي أمبير) من المتحكم الصغير من دون أن تؤثر سلباً في المتحكم الصغير والمحرك الكهربائي إذا ما أحسن استعمالها. وابسط دائرة سواقة تؤدي هذا الغرض هي دائرة الترانزستور التي درسناها في

المرحلة الأولى إذ إن الترانزستور المطلوب لتشغيل المحرك الكهربائي في هذا المثال يجب أن يكون (يتجاوز تيار المحرك الكهربائي ويفضل بمقدار الضعف.$I_{c\ max}$تيار المجمع)، كما مبين بالشكل (2-6).HWالآن أصبح من السهولة تصميم الجزء الفيزيائي (



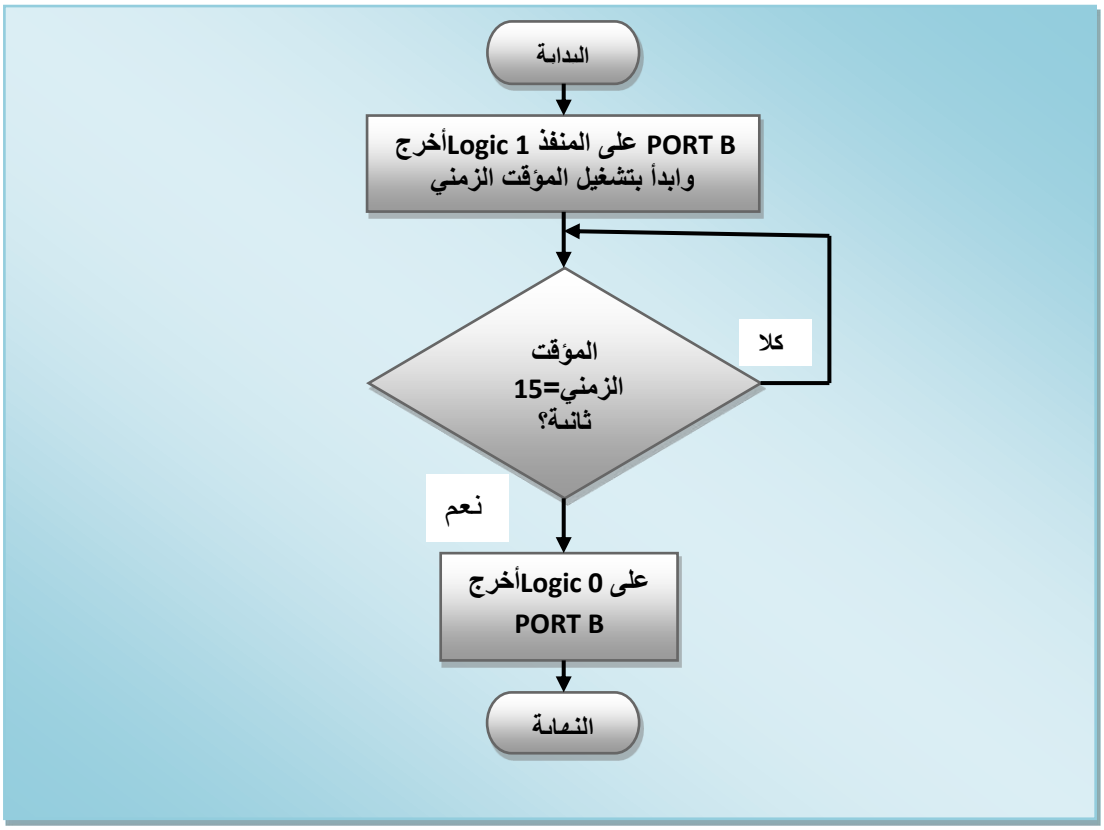
الشكل (2-6) الجزء الفيزيائي (HW) لربط المحرك الكهربائي DC إلى المتحكم الصغير

ملاحظة: هنالك نقص في دائرة السواقة حاول اكتشافه.

والآن نكتب البرنامج المطلوب لإدارة المنظومة الفيزيائية ، ونبتدئ كما أسلفنا بالخوارزمية ، وكالآتي:

1. أرسل إشارة رقمية بمنطق (Logic 1) على المنفذ (PORT B).
2. ابدأ بحساب زمن تشغيل بقاء المنفذ (PORT B) على المنطق (Logic 1) بمقدار 15 ثانية.
3. أرسل إشارة رقمية بمنطق (Logic 0) على المنفذ (PORT B) نفسه بعد اكتمال زمن التشغيل.
4. أنهِ البرنامج.

والمخطط الانسيابي يكون كما مبين بالشكل (2-7)



الشكل (2-7) المخطط الانسيابي لربط المحرك الكهربائي DC إلى المتحكم الصغير

الأسئلة والتطبيقات

س1- ما المتحكم الصغير؟

س2- ممَّ يتكون المتحكم الصغير؟ وضح بالرسومات والمخططات إن وجدت.

س3- ما الفرق بين المتحكم الصغير والمعالج الدقيق؟

س4- عرف وحدة المعالجة المركزية وبيّن أجزاءها المهمة.

س5- اذكر أنواع الذاكرة المختلفة والفرق بينها.

س6- ما المنافذ المختلفة للمتحكم الصغير؟ وضحها بالتفصيل.

س7- اشرح باختصار آلية عمل المتحكم الصغير.

س8- ما الخوارزميات؟ وما المخططات الانسيابية؟

س9- عدد طرائق العنونة ووضحها بالتفصيل.

س10- ما المذبذب؟ وهل هناك نوع واحد أم أكثر؟ وضح ذلك مع الرسومات.

س11- أين يمكن أن نجد تطبيقات المتحكمات الصغيرة؟

س12- المطلوب تشغيل أربع ثنائيات باعثة للضوء عن طريق المنفذ PORTA للمتحكم الصغير تباعاً الواحد تلو الآخر وبين كل تشغيلة وأخرى زمن تأخير 2 ثانية. اكتب الخوارزمية المطلوبة لذلك، وارسم المخطط الانسيابي للبرنامج المطلوب لإنجاز المهمة.

الباب الأول

الفصل الثالث

إلكترونيات القدرة

Power Electronics

الأهداف

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل إلى شرح ميسر لالكترونيات القدرة من حيث المكونات المادية الأساسية لها ، ودورها ، وأهميتها في القيادة والتحكم بالمكائن الكهربائية ذات المواصفات والأنواع المختلفة ، والتعرف على تطبيقات دوائر الكترونيات القدرة .

الأهداف الخاصة:

تعريف الطالب بالمواضيع التالية

1 - ثنائي شوكلي

2- الثايرستور

3 -الداياك

4- الترياك

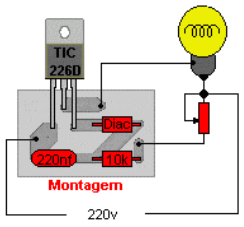
5 – تطبيقات الكترونيات القدرة

محتويات

تعلم الموضوعات

إلكترونيات القدرة

- ثنائي شوكلي / آلية عمله واستعمالاته
- الثايرستور / آلية عمل الثايرستور / موحد السيطرة السليكوني / توصيل الثايرستور/حساب فولتية القدح/ دوائر توصيل الثايرستور/ حماية الثايرستور/ اخماد (اطفاء) الثايرستور
- الداياك / آلية عمل الداياك/ استعمالات الداياك
- الترياك / آلية عمل الترياك / استعمالات الترياك
- تطبيقات دوائر إلكترونيات القدرة / مميزات السيطرة على سرعة محركات التيار المستمر / طرائق السيطرة على محرك التيار المستمر/ التحكم في سرعة محرك التيار المستمر بواسطة مقطعات التيار



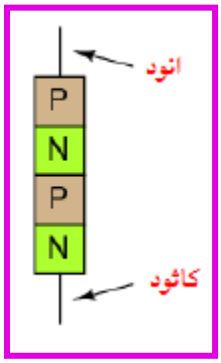
تمهيد: تستعمل الكترونيات القدرة في الدوائر الالكترونية ، وهي على أنواع كثيرة ، منها ثنائي شوكلي ، والثايرستور ، والداياك ، والترياك ، ولهذه العناصر فوائد في الدوائر الالكترونية إذ من الممكن أن

) للتيار الكهربائي ومن الممكن استعمالها في (switching deviceتستعمل كأجهزة قطع وتوصيل دوائر الإنارة ، وكذلك في الملاحة البحرية وفي كثير من الاستعمالات التي سنذكرها ضمن هذا الفصل.

1-3 ثنائي شوكلي :

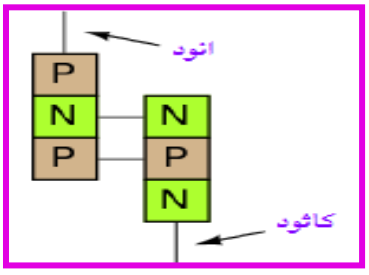
Shockley Diode

هو عنصر الكتروني ينحصر دوره في السماح للتيار الكهربائي بأن يمر ولكن باتجاه واحد ، وان أول اكتشاف للثايرستور الذي سوف يأتي شرحه لاحقاً ضمن هذا الفصل سمي بالدايود ذي الأربع طبقات (Diode PNPN وليم وهو اخترعه الذي العالم إلى نسبة بثنائي شوكلي سمي بعد ذلك) الذي شوكلي ، إذاً فثنائي شوكلي يتكون من أربع طبقات من المواد شبه الموصلة ، ويبين الشكل (3-1) ثنائي شوكلي.



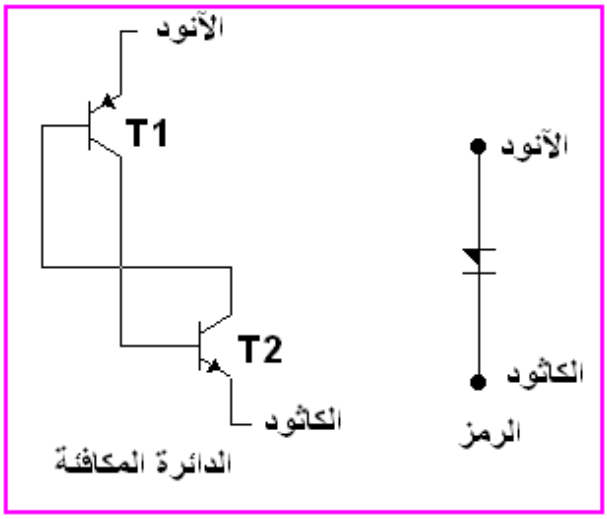
الشكل(3-1) ثنائي شوكلي

أما التركيب الفيزياوي لثنائي شوكلي فهو موضح بالشكل (3-2) ، ونلاحظ في الشكل نفسه (NPN.) و (PNPعملية التوصيل الداخلي لنوعين من الترانزستورات هما)



الشكل (3-2) تركيب ثنائي شوكلي

الدائرة المكافئة ورمز ثنائي شوكلي .3-3و يبين شكل

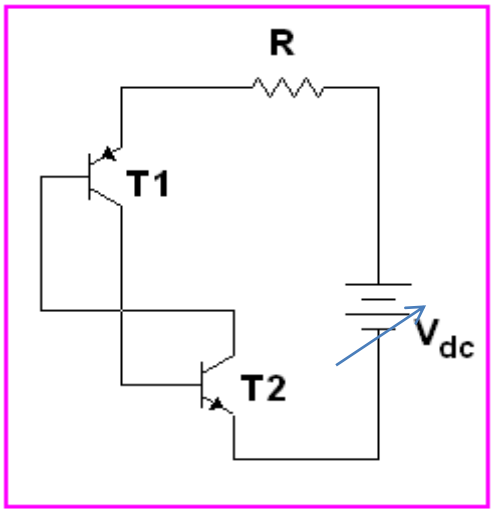


شكل(3-3) الدائرة المكافئة لثنائي شوكلي

3-1-1آلية عمله واستعماله :

Operation and usage

عند توصيل الدائرة المكافئة لثنائي شوكلي إلى مصدر للتيار المستمر وبالشكل الموضح (3-4) سوف نرى ماذا يحصل ، في حالة عدم وجود فولتية مسلطة هذا يؤدي إلى عدم وجود تيار كهربائي في



الشكل (3 - 4) توصيل الدائرة المكافئة لثنائي شوكلي إلى مصدر مستمر

الدائرة ، وعند البدء بزيادة الفولتية أيضاً ليس هناك تيار كهربائي يسري في الدائرة وذلك بسبب أن الترانزستورين في وضع قطع علما بأنهما قادران على التوصيل ، لو نلحظ من الشكل نفسه أن تيار

القاعدة للترانزستور الأسفل مسيطر عليه بواسطة الترانزستور العلوي ، وان تيار القاعدة للترانزستور العلوي أيضاً مسيطر عليه بواسطة الترانزستور السفلي ، وللتوضيح أكثر لكي يعمل أي من الترانزستورين يجب أن يعمل الترانزستور الآخر ، إذاً كيف يقوم ثنائي شوكلي بتوصيل التيار وان الترانزستورين في حالة قطع (Off)، إن الترانزستور المثالي لا يوصل تيار الجامع ما لم يكن هناك تيار للقاعدة ، فعند تسليط فولتية قليلة بين المشع والجامع فان الترانزستور الحقيقي يبقى يقاوم قبل حدوث حالة الانهيار وإذا أوصلنا ترانزستورين حقيقيين لتشكيل ثنائي شوكلي فسوف يكونان قادرين على عملية التوصيل في حالة تسليط فولتية كافية بواسطة بطارية بين الآنود والكاثود لكي تعمل على حدوث حالة الانهيار لأحد الترانزستورين ، وحالما تحصل هذه الحالة سوف يبدأ احد الترانزستورين بالتوصيل ، وهذا ما يسمح بسريان تيار القاعدة للترانزستور الآخر ، والمحصلة النهائية هي أن كلا الترانزستورين ، إذاً نستطيع دفع ثنائي شوكلي نحو عملية التوصيل وذلك (Saturated) يكونان في حالة تشبع بتسليط فولتية كافية بين الآنود والكاثود.

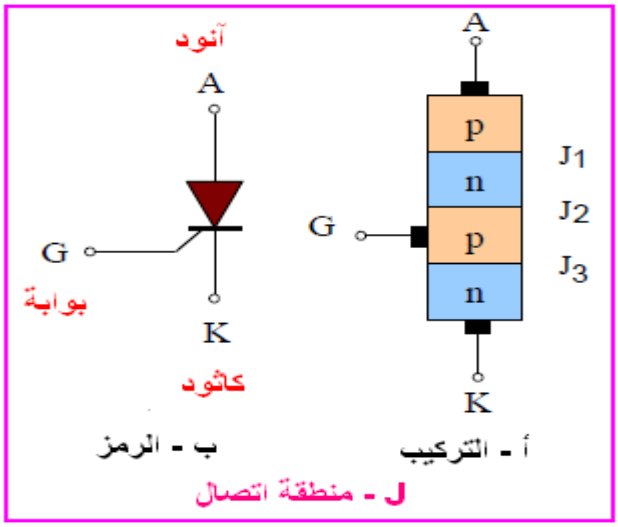
(Off) مرة أخرى؟ طبعاً حتى لو قللنا والسؤال هنا كيف نجعل الترانزستورين في حالة قطع الفولتية المسلطة إلى نقطة اقل من الفولتية التي جعلت ثنائي شوكلي في حال توصيل؟

وجواب ذلك هو تقليل الفولتية إلى أدنى نقطة ،إذ يصاحبها تيار قليل لجعل الترانزستور في (Off) عندئذ يتوقف تيار القاعدة حالة انحياز وهي النقطة التي تجعل احد الترانزستورين في حالة قطع للترانزستور الآخر . ويستعمل ثنائي شوكلي مع الدوائر الالكترونية ويعمل عند فولتيات الانحياز الامامي الواطئة التي تقل عادة عن (50) فولتاً.

3- 2 الثايرستور:

Thyristor

هو احد أعضاء عائلة مكونات أشباه الموصلات التي لها حالتان مستقرتان للاشتغال : حالة استقرار ذات تيار صغير جداً وغالباً مهملة ، والحالة الأخرى ذات تيار عالٍ جداً يحدد بالمقاومة في الدائرة الخارجية فحسب ، ويُعدّ الثايرستور أقدم عنصر من عناصر أشباه الموصلات ، إذ إنه صُنع لأول مرة في عام 1957، وهو الأكثر استعمالاً في دوائر إلكترونيات القدرة. ويتكون الثايرستور من مصنوعة من مادة (N type) ، و (P type)أربع طبقات من المواد شبه الموصلة، وتكون من نوع السليكون مع الشوائب، كما هو موضح بالشكل (3 - 5)، ويتكون من ثلاث مناطق اتصال ، إذ يكون كل منها ثنائياً مكافئاً، ويسمى القطب المرتبط بالطبقة (J1.J2.J3))هي (junctions الطرفية السالبة بالكاثود، ويُسمى القطب المرتبط بالطبقة الطرفية الموجبة بالآنود.



الشكل (3 - 5) الثايرستور

محاسن الثايرستور مقارنة مع الصمامات السابقة وسلبياته:

أ- المحاسن:

1- صغر حجمه وخفة وزنه

2- سرعة اشتغاله

3- لا يحتوي على أجزاء متحركة

4- أداؤه جيد ومضمون

5- يحتاج إلى قدرة تحكم صغيرة

ب- السلبيات:

1- قابلية تحمله الحراري محدد لصغر حجمه

2- يمكن أن تؤدي الفولتية العكسية إلى تلف دائم للثايرستور

3- على الرغم من سهولة تشغيل الثايرستور، نجد أن إيقافه صعب نوعاً ما.

1-2-3 آلية عمل الثايرستور

Thyristor's operation

يمتلك الثايرستور حالتين من الانحياز : الانحياز الأمامي، والانحياز العكسي.

أولاً: حالة الانحياز الأمامي:

تحصل هذه الحالة عندما يكون جهد الآنود موجباً نسبة إلى جهد الكاثود، فعند تسليط فولتية (في حالة الانحياز الأمامي، J2،J1خارجية صغيرة عبر طرفي الثايرستور ستكون كل من الوصلتين (فتنحاز عكسياً، ويبدي الثايرستور إعاقة أمامية عالية جدا لمرور التيار، سوى أن J2أما الوصلة (تسمح بمرور تيار صغير جداً خلال الثايرستور، ويكون اتجاهه من الآنود إلى الكاثود، J2الوصلة (تحمله عندها ستنهار J2ويعرف بتيار التسرب، وإذا ازدادت الفولتية إلى حد يصعب على الوصلة (هذه الوصلة ويرتفع التيار الأمامي بنحوٍ حاد ومفاجئ إلى قيمة عاليه تحدد في مقاومة خارجية ويتحول الثايرستور من حالة الإطفاء إلى حالة التوصيل بتأثير فولتية الانهيار الأمامي.

ثانيا: حالة الانحياز العكسي

تحصل هذه الحالة عندما يكون جهد الآنود سالباً نسبة إلى جهد الكاثود، وبالتالي تكون الوصلة في حالة انحياز عكسي، ولذلك لا J3 ،J1) في حالة انحياز أمامي، في حين تكون الوصلتين J2(تسمح الوصلتان السابقتان سوى بمرور تيار صغير جداً من الآنود إلى الكاثود، ويسمى هذا التيار تيار التسرب العكسي، وهو ذو قيمة اقل بكثير من قيمة تيار التسرب الأمامي، عندما تزداد قيمة الجهد العكسي إلى قيمة جهد الانهيار العكسي عندها سوف ينهار الثايرستور ويؤدي إلى تلفه

وتتلخص هذه الخواص بما يأتي :

1- يبقى الثايرستور في الإعاقة الأمامية وذا ممانعة عالية جداً إلى أن يحدث الاجتياز الأمامي للفولتية.

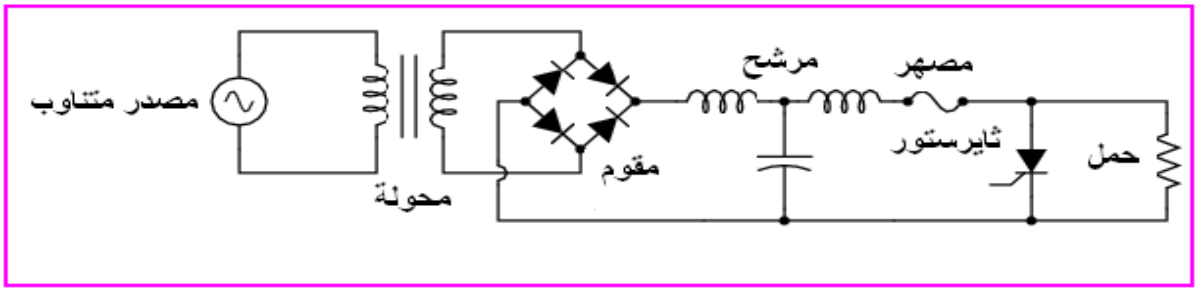
2- يدخل الثايرستور في منطقة المقاومة السالبة، ويعني زيادة في التيار وانخفاض في الفولتية بين تيار وفولتية الاجتياز الأمامي. I_hالإمساك،

3- يتحول الثايرستور إلى التوصيل (الغلق) ويصبح ذا ممانعة واطئة حالما يصبح تيار الآنود اكبر أو).(I_hايساوي تيار الإمساك

نشاط1 : عند انهيار الثايرستور هل يمكن إعادته إلى حالة الانقطاع

مثال تطبيقي على الثايرستور كعنصر حماية :

يُستعمل الثايرستور كعنصر حماية من الجهد الزائد ولا سيما في مجهز القدرة المستمرة كما في الشكل (3 -6)، إذ يقوم الثايرستور بعمل دائرة قصر في حالة زيادة الجهد عن مستواه الطبيعي فيمنعه من الوصول للحمل وإيقاع الضرر به، ويوضع مصهر fuse في الدائرة لحماية الثايرستور ودائرة التغذية (في حالة القصر.



الشكل 3 -6 استعمال الثايرستور كحماية

2-2-3 موحد السيطرة السليكونى:

Silicon Controlled Rectifier

عند إضافة طرف ثالث إلى الطبقة (P القريبة من الكاثود فان المكون الجديد يسمى موحد السيطرة السليكوني، ويختصر بالحروف (SCR ويعرف القطب الثالث بالبوابة (Gate)، إذ تقتصر وظيفتها على التحويل من القطع إلى التوصيل من دون الحاجة إلى تسليط فولتية بمقدار فولتية الاجتياز الأمامية، وتسهم البوابة في إعطاء كمية مناسبة من التيار إلى الثايرستور لجعل الوصلة J2 في انحياز أمامي علما بان هذه الوصلة موجودة في الشكل (3- 5) التي شرحناها في موضوع الثايرستور، وكلما كانت كمية التيار أكثر كلما تحقق التحويل من القطع إلى التوصيل بفولتية أمامية اقل.

ولأجل تهيئة كمية من تيار البوابة المطلوبة للتحويل تربط البوابة إلى مصدر بحيث تصبح البوابة بقطبية موجبة نسبة إلى الكاثود، ويتم ذلك بتوفير بطارية مع مفتاح ميكانيكي أو توفير نبضة موجبة لدائرة البوابة تولد إلكترونياً، وحالما يبدأ التوصيل بالـ SCR تنتفي الحاجة إلى البوابة كما أنها تفقد سيطرتها على سريان التيار (مثل بادئ التشغيل في مصباح الفلورسنت)، ولإعادة الثايرستور إلى حالة القطع يجب أن يقلل تيار الآنود إلى قيمة اقل من تيار الإمساك (Ih.) أو تسليط فولتية عكسية بين الآنود والكاثود

3-2-3 توصيل الثايرستور:

Thyristor's Conduction

لكي يبدأ الثايرستور بالتوصيل يجب أن يكون الآنود ذا فولتية موجبة نسبة إلى الكاثود، وفي هذه الحالة يمكن تحويله إلى التوصيل بإحدى التقنيات الآتية :

1- قدح البوابة
2- اجتياز الفولتية الأمامية
3- التغير الآني لفولتية المصدر
4- ارتفاع درجة الحرارة والضوء

في ما يلي وصف موجز لهذه التقنيات:

1- قدح البوابة:يُعدّ قدح البوابة من أهم الطرائق المألوفة في توصيل الثايرستور . إذ يهدف القدح إلى أمامياً بفولتية اقل من قيمة فولتية J2إدخال كمية مناسبة من التيار إلى طرف البوابة التي تحيز الوصلة الاجتياز الأمامية مما يحول الثايرستور من حالة الممانعة العالية إلى الممانعة الواطئة.

ويبقى الثايرستور في حالة التوصيل طالما كان تيار البوابة اكبر من قيمة تيار الإمساك الذي يُعدّ اقل كمية من التيار الذي يحافظ على استمرار توصيل هذا الأداء.

2- اجتياز الفولتية الأمامية :

إن زيادة الفولتية الأمامية للآنود (عند غياب إشارة البوابة) تسبب ارتفاعًا للمجال الكهربائي على) فإذا كانت فولتية الآنود مساوية إلى الفولتية الأمامية فان هذه الوصلة ستنهار J2طرفي الوصلة (ويجبر الثايرستور على التوصيل . غير أن هذه التقنية من التوصيل لا تتبع مع الثايرستور في التطبيقات الاعتيادية وتقتصر في الاختبارات .

3- التغيرالآني للفولتية dv/ dt:

قد تحدث ظاهرة ارتفاع فولتية الآنود بنحوٍ مفاجئ بسبب معدات أخرى غير الثايرستور ربما من عمليات الغلق والفتح مما يؤدي إلى زيادة الفولتية عبر الثايرستور إلى قيمة الاجتياز الأمامية ، ويحصل فعل التوصيل في توقيتات غير مرغوب فيها ، ولتجنب حالة التوصيل هذه يمكن استعمال مقننات

) ، ولهذا الغرض تربط شبكة متكونة من مقاومة 10-20 v/s)بحيث تكون ضمن المدى (dv/dtالـ
) .Snabber) على التوازي مع الثايرستور تعرف بشبكة سنابر (C) ومتسعة (R(

4- ارتفاع درجة الحرارة:

) ويتضاعف هذا J2يزداد تيار النضوج للثايرستور عند ارتفاع درجة الحرارة في الوصلة (التيار لكل ست درجات سليليزية ، ولتقليل تأثير الحرارة تثبت الثايرستورات على مشتتات حرارية) لتوسيع المساحة السطحية المعرضة للهواء .Heat Sinks(

3-2-4 حساب فولتية القدح :

Calculating Of Trigging Voltage

هذه الفقرة مهمة جداً لحساب مقدار فولتية قدح بوابة الثايرستور ، لأنه عادة يشير المصنع إلى) ويجب تجنب حقن البوابة بتيار أو فولتية VGmin) و (IGminاقل قيمة لتيار وفولتية البوابة ( ) ، وهنا Vtrigتتجاوز مقننات البوابة ، وبخلافه يتلف الثايرستور ويرمز لفولتية قدح البوابة بالرمز (يجب السؤال عن قيمة الفولتية في دائرة البوابة قبل توصيلها ؟ ولعل الإجابة تكمن في ما يأتي:

يفضل الرجوع إلى قائمة البيانات أو إجراء اختبار لدائرة البوابة ، لان الفولتية الضرورية للقدح) تعتمد على خصائص البوابة (التيار والفولتية) وتحسب من العلاقة الآتية:Vtrig(

$$V_{tig} = [I_{Gmin} + VGmin /RG] RS+ VGmin \ldots\ldots (3- 1)$$

إذ إن:

= اقل تيار يحقن في البوابة للتوصيل IGmin

= اقل فولتية تسلط على البوابةVGmin

= المقاومة المقاسة بين البوابة والكاثودRG

= مقاومة تربط على التوالي مع البوابة أو تنسب إلى مصدر التجهيز وتكون اقل من (30) أوم RS

مثال (3-1)

) أن اقل تيار يحقن به الثايرستور BTX18-100R تبين لائحة الثايرستور ذي الرمز (يساوي (5) ملي أمبير ، احسب الفولتية المطلوبة لتوصيل بوابته إذا كان مقدار اقل فولتية تسلط على البوابة يساوي (2) فولت؟

الحل:

افرض ان RS = RG = 30 Ω

0.05A 5m A =

Vtrig = [IGmin + VGmin / RG] RS +VGmin

= (0.05+ 2/30).30+2

= 4.13 volt

أي إن فولتية المصدر المطلوبة لدفع تيار قيمته (5) ملي أمبير إلى بوابة الثايرستور هي 4.13 فولت ويمكن أن تقرب إلى 4.5 فولت.

3-2-5 دوائر توصيل الثايرستور :

Thyristor's Conduction Circuits

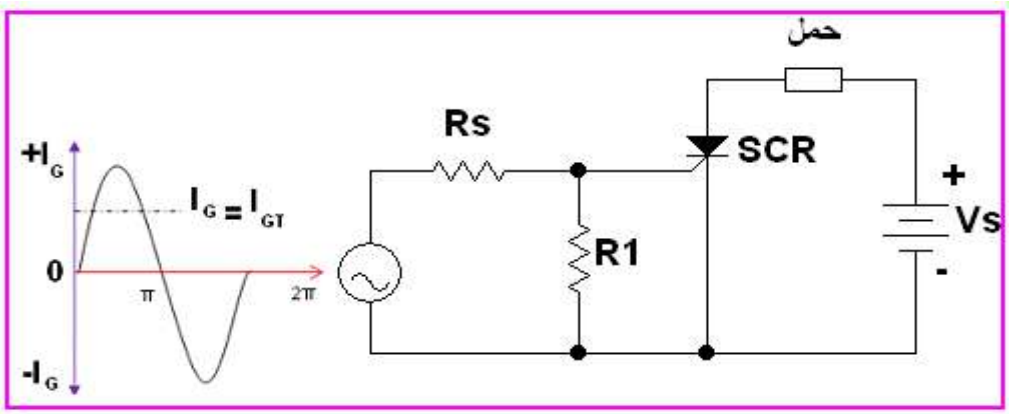
بعد دراسة التقنيات التي تحول الثايرستور إلى التوصيل ودراسة حساب فولتية قدح بوابته ، يجب الانتباه هنا إلى دراسة الأنماط المختلفة لدوائر البوابة فمنها ماهية بسيطة وغير مكلفة وأخرى معقدة ، وتصنف هذه الدوائر على ثلاث فصائل هي :

1- دوائر التيار المتناوب
2- دوائر التيار المستمر
3- دوائر التوصيل النبضية

ولكل حالة أشكال وتصاميم متباينة في الدوائر ، إلا انه يجب أن تكون الإشارة المسلطة على البوابة ولجميع الدوائر قادرة على توصيل البوابة.

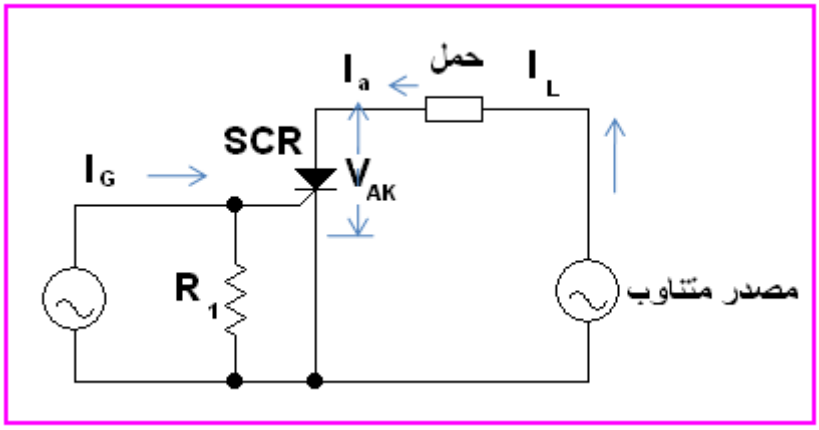
1- دوائر التيار المتناوب :

يمكن استغلال النصف الموجب من الإشارة المتناوبة في تغذية البوابة لغرض التوصيل (لان البوابة تحقن بإشارة موجبة) كما في الشكل (3-7). ويتبين لنا من الشكل الآخر (3-8) أن دائرة البوابة تجهز من مصدر للتيار المتناوب في أثناء ارتفاع الجزء الموجب من إشارة المصدر ، وعندما تصبح قيمة تيار البوابة مساوية إلى قيمة توصيل البوابة (I_G) عندها سوف يدخل الثايرستور في التوصيل ويمر التيار خلال الحمل ، ولكن لا يشتغل الثايرستور إذا كان تيار البوابة (I_G) اقل من (I_{Gmin}) كما قلنا في موضوع حساب فولتية القدح (I_{Gmin}) المثبتة في لائحة البيانات ، والمقصود بـ (I_{Gmin}) لتحسين زمن التوصيل . (R_1) هو اقل تيار يحقن في البوابة لغرض التوصيل . وقدا أضيفت المقاومة



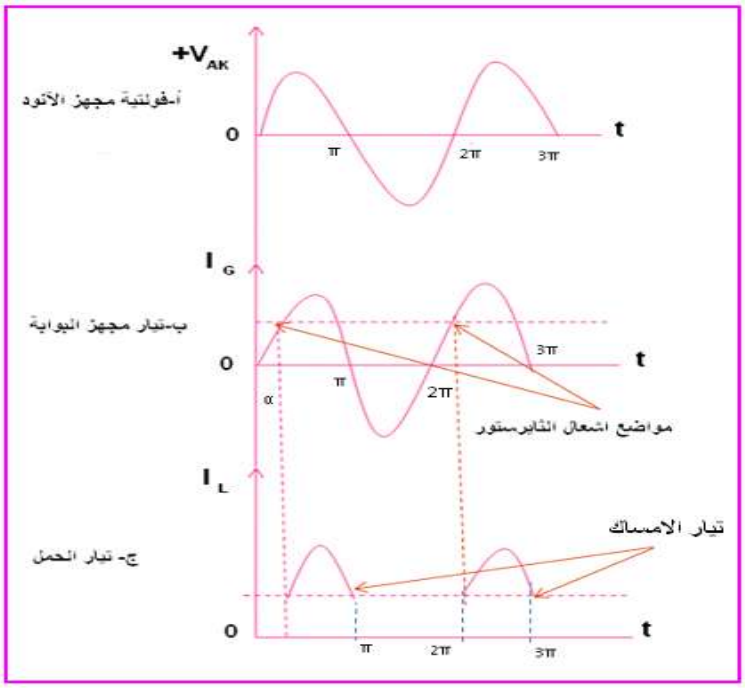
الشكل(3- 7) توصيل البوابة بالتيار المتناوب

ومن المناسب إيضاح علاقة تيار البوابة بتيار الحمل عند تجهيز دائرتي الحمل والبوابة بمصدر للتيار المتناوب، ويوضح الشكل (3- 8) تجهيز الدائرة بالتيار المتناوب على فرض أن المصدرين من منبع واحد. لذلك تكون العلاقة الطورية بين الإشارة عبرة طرفي الثايرستور (V_{AK}) والبوابة متطابقة . والمقصود بالفولتية V_{AK} هي الفولتية بين الانود والكاثود .



الشكل (3 - 8) تجهيز الحمل والبوابة بمصدر متناوب

) ، يجبر الثايرستور على التوصيل ، I_{Gmin}افعند زيادة تيار البوابة إلى مستوى التوصيل (
) الذي I_H) إلى قيمة اقل من تيار الإمساك (Iaويبقى على هذه الحالة إلى أن ينخفض تيار الآنود (
يكون ذا قيمة واطئة بالمقارنة مع تيار الآنود الذي هو نفسه تيار الحمل ، كما هو واضح في الأشكال
الموجية في الشكل (3- 9).



الشكل(3- 9) الأشكال الموجية للآنود والحمل

ويتضح أيضاً وجود تأخير زمني في توقيت الثايرستور على الرغم من التطابق الطوري بين
) مما احدث I_{Gmin}إشارتي الآنود والبوابة وسبب ذلك يرجع إلى لحظة وصول تيار البوابة إلى قيمة (
تأخيراً في زاوية التوصيل ويدعى هذا التأخير بزاوية القدح

ويمكن التحكم في موضع قدح الثايرستور باعتناء ودقة عن طريق شبكة متكونة من مقاومة ومتسعة تضاف إلى دائرة البوابة كما في الشكل (3- 10- أ) الموضح ويعدّ التحكم في درجة حركة) عن فولتية التجهيز بتغيير المقاومة V_C) إذ تتغير فولتية المتسعة (RCالتيار من خاصية دائرة إلـ (3- 10- ب) يوضح ذلك لان : ( ) ، والمخطط الطوري للشكل(R

$$V_{XY} = V_R + V_C \quad \ldots\ldots (3-2)$$

$$V_C = V_{trig}$$

= الفولتية على طرفي المقاومة والمتسعة مقاسة بالفولتV_{XY}إذ إنّ

= فولتية المقاومة V_R

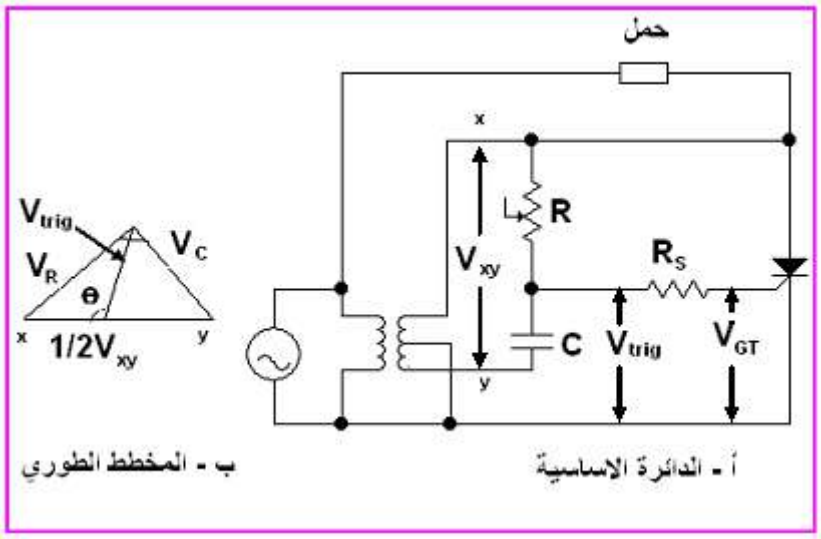
=فولتية المتسعة V_C

= فولتية قدح البوابة V_{trig}

) بين فولتية المتسعة وفولتية التجهيز تتولد وكما هو مألوف Θإن زاوية الزحف الطوري ثيتا (في موضوع الدوائر الكهربائية بحسب المعادلة الآتية :

$$\Theta = \tan^{-1} (X_C / R) \quad \ldots\ldots (3-3) \quad + - 90°$$

)X_C /R يمثل الزاوية التي ظلها ناتج الكمية ($\tan^{-1}$ X_C/R إذ إنّ إلـ (



الشكل (3- 10) التحكم في زاوية الأشكال بواسطة شبكة الإزاحة الطورية

) يتبعها تغير في زاوية التوصيل (موضع الإشعال)، وبهذه Θوعند تغير زاوية الطور (
الدائرة يمكن التحكم في توصيل البوابة ، وبالتالي التحكم بقدرة الحمل.

مثال (3-2)

) للشكل (3- 10) ، احسب مقدار زاوية R) مع المقاومة (X_Cوإذا تساوت الممانعة السعوية (
الزحف الطوري بين فولتية المتسعة والمصدر ، ثم ارسم الشكل الموجي المتولد .

الحل:

بداية نكتب قانون حساب زاوية الزحف الطوري (ɵ)

$$\theta = -90° + \tan^{-1} (X_C / R)$$

بما أن $R=X_C$ فان المقدار X_C / R يساوي واحداً

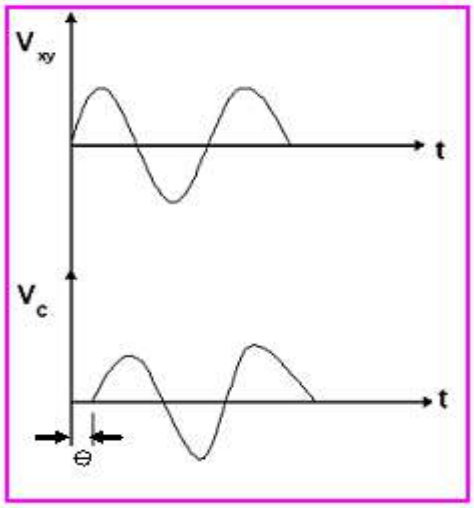
$$= -90° + \tan (1)$$

$$\theta^{-1}$$

$$\theta = -90° + 45°$$

$$\theta = -45°$$

لو نحظ في الشكل (3 – 10) وهو شكل المثال بأن المصدر هو تيار متناوب ، فهنا يكون
) الخارجة من المحولة ، ولكي نرسم الموجة ، فموجة V_{XY}شكل الموجة جيبياً وبالتحديد الفولتية (
) ، نرسم ɵ) التي هي زاوية الزحف الطوري (45 -المصدر تبدأ من الصفر ، وبعدها بزاوية (
الموجة الثانية كما في الشكل (3- 11) .



الشكل (3- 11) تحقيق الزحف الطوري بين الفولتية (V_{XY}) و (V_C)

مثال (3-3)

مقاومة طبيعية($50\sqrt{3}$) اوم ، وممانعة سعوية (50) اوم في إحدى دوائر التيار المتناوب الخاصة بتوصيل الثايرستور ، احسب مقدار زاوية الزحف الطوري بين فولتية الممانعة السعوية (المتسعة) والمصدر .

الحل:

من قانون حساب زاوية الزحف الطوري

$$\theta = -90 + \tan^{-1}(X_c/R)$$

$$= -90 + \tan^{-1}(50/50\sqrt{3})$$

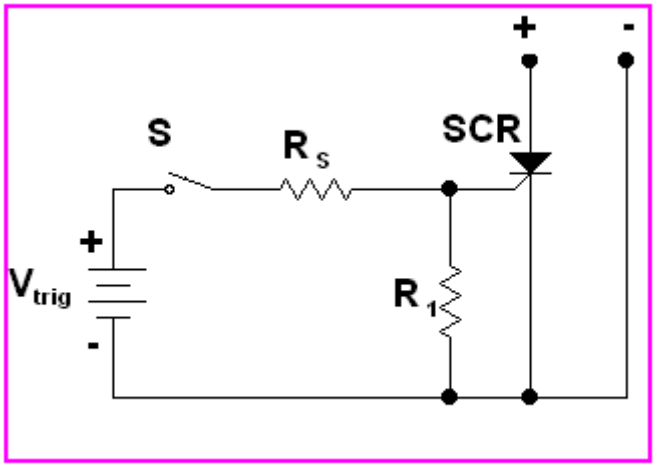
$$= -90 + \tan^{-1}(1/\sqrt{3})$$

$$= -90+30$$

$$\theta = -60°$$

2- دوائر التيار المستمر :

يوضح الشكل (3- 12) أنموذجاً لحالة قدح الثايرستور عن طريق تغذية البوابة من مصدر مستقل للتيار المستمر (S)، وعند غلق المفتاح (S) يرتفع تيار البوابة إلى القيمة I_{Gmin} ، وهي اقل قيمة للتيار تحقن بها البوابة لغرض التوصيل ، إذا كانت فولتية القدح (V_{trig}) قادرة على دفع هذا التيار .

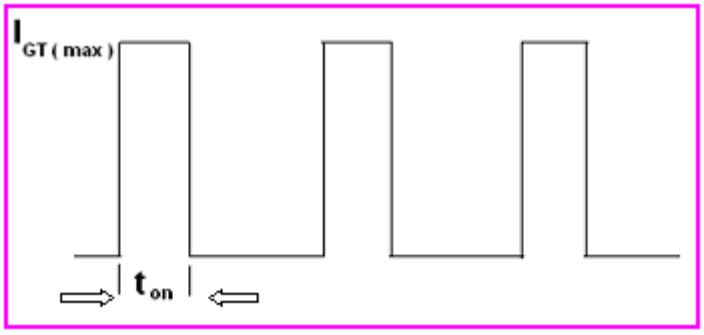


الشكل (3- 12) توصيل البوابة بالتيار المستمر

3- توصيل البوابة بالتيار النبضي

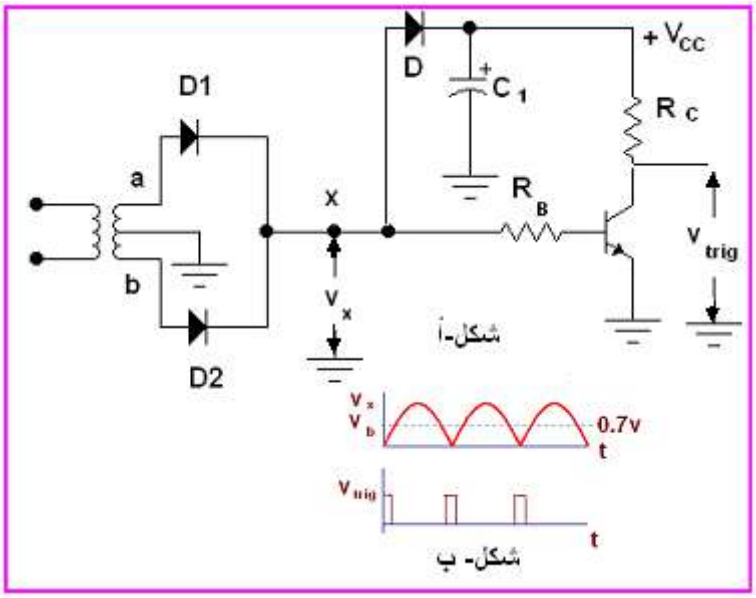
غالباً ما تعين حاجات البوابة بدلالة الكميات المستمرة (تيارات أو فولتيات) ، ومن المستحسن أن تكون على شكل نبضات ، لان البوابة تفقد سيطرتها على الثايرستور حالما يدخل في التوصيل .

ويمكن أزاله إشارة البوابة بعد ذلك ، ومن الناحية العملية يُعدّ ذلك تطبيقاً عاماً وشائعاً في قدح الثايرستورات ، ومن الضروري أيضاً مراعاة عرض النبضة أو حسابها ، لان النبضة ذات السعة والعرض المحددين تكافئ كمية التيار المستمر المراد تسليطها على دائرة البوابة لتأمين توصيل الثايرستور ، ولو ارتفعت سعة هذه النبضة عندئذٍ سيقل زمن توصيل الثايرستور (t_{on})،ويفضل عندئذ تقليل عرض النبضة لتفادي الحرارة الزائدة بين البوابة والكاثود مع عدم تجاوز القيمة العظمى لتيار البوابة (IGmax)، إما إذا احتوت دائرة الحمل على محاثة، فإنها تؤثر في زمن ارتفاع أو نمو تيار الآنود ، يبين الشكل (3- 13) أنموذجاً من نبضات توصيل البوابة.



الشكل (3- 13) أنموذج لنبضات توصيل البوابة

إذاً من الضروري التطرق إلى واحدة من الدوائر التي تولد التيار النبضي، ويبين الشكل (3-14- أ) دائرة مبسطة لإنتاج مثل هذه النبضات.



الشكل (3- 14) دائرة توليد نبضات القدح عند النقاط الصفرية

وتبين هذه الدائرة طريقة توليد النبضات عند الأوقات التي تبدأ منها فولتية المصدر من الصفر). وتعمل هذه الإشارة على x،إذ يوجد مقوم الموجة الكاملة لإشارة مصدر التيار المتناوب عند النقطة ( ) اكبر من (0.7) فولت ، كما Vbتحويل الترانزستور إلى حالة التشبع عندما تكون فولتية قاعدته (يتضح من الشكل (3- 14 – ب) ، وهكذا تنتج هذه الدائرة نبضة عند كل مرة تصل فيها فولتية المصدر إلى الصفر، ولذلك يسمى بالكاشف الصفري . كما توافر الدائرة نفسها فولتية انحياز).C1) ومتسعة الترشيح (D1) عن طريق الثنائي (Vcc +الترانزستور (

ونفيد من هذه الدائرة في المواقع التي تحتاج إلى ثايرستور يعمل ابتداء من بداية الأنصاف الموجبة لإشارة المصدر من دون التحكم في تأخير الاقلاب (التحويل من القطع إلى التوصيل) ، وفي هذه الحالة يبقى الثايرستور موصلا في نصف دورة من إشارة المصدر ، وينطفئ عندما تصبح فولتية الآنود صفرا أو تصبح سالبة .

لدائرة الكاشف الصفري صفة مهمة في قدح الثايرستورات ، تكمن في عدم التداخل مع الترددات الراديوية.

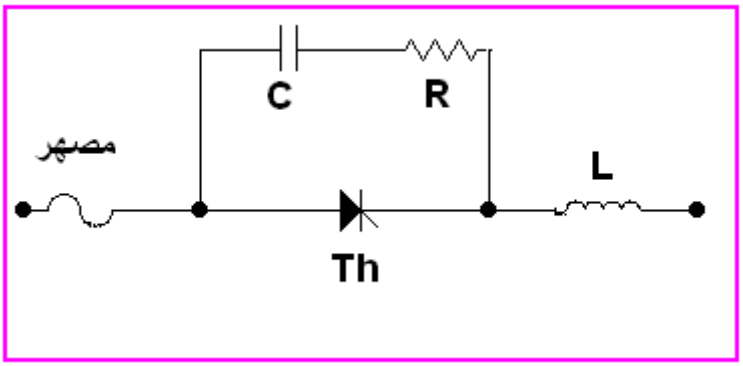
6-2-3 حماية الثايرستور :

Thyristor's Protection

إن ارتفاع التيار والفولتية في دائرة الثايرستور ممكن أن تعرضه للتلف ، وهذه الزيادات ناتجة من عدة عوامل ، منها الفصل والقطع المتكرر لمصادر الجهد الكهربائي ، ولربما يكون من العوامل الخارجية مثل الرياح والصواعق ، إذاً يجب توفير وسائل حماية للثايرستور تحميه من التلف

1- نتيجة للتغير الآني بالجهد بالنسبة إلى الزمن قد يؤدي هذا الموضوع إلى إتلاف الثايرستور ، فهنا يستعمل دائرة امتصاص الصدمات التي هي عبارة عن مقاومة (R) تربط على التوالي مع متسعة (C) وتوصل المجموعة على التوازي مع الثايرستور.
2- توصيل الدائرة الكلية للثايرستور عن طريق مصهر (Fuse) .
3- نتيجة لتغيرات التيار المفاجئة يوصل محاثة (L) تربط على التوالي مع الثايرستور.

ويبين الشكل (3- 15) دائرة الحماية الخاصة بالثايرستور.



الشكل (3- 15) دائرة حماية الثايرستور

7-2-3 إخماد (إطفاء) الثايرستور :

سبق الإشارة إلى توصيل الثايرستور عن طريق البوابة ، وفيه تتحول الوصلات الداخلية (J1. J2.J3) إلى الانحياز الأمامي ، وتتشبع هذه الطبقات بحاملات التيار ، ولأجل إعادة الثايرستور في الانحياز العكسي ، ويتم ذلك J2إلى الإعاقة الأمامية (الإخماد) يجب إزالة هذه الحاملات وجعل (I_h) أو تسليط فولتية عكسية عبر الثايرستور ، ابتقليل تيار الآنود إلى قيمة اقل من تيار الإمساك (مايكرو ثانية و (300) مايكرو ثانية.)وتنحصر أزمنة الإطفاء الأنموذجية بين (10

وتخمد الثايرستورات بالطرائق الآتية:

1-الإخماد الطبيعي Natural Commutation:

عندما تربط الثايرستورات مع أحمال تتغذى من مصادر التيار المتناوب يسمح آنود الثايرستور بمرور الإشارة حالما تصبح فولتيته موجبة ، وتتوافر نبضة قدح مناسبة على بوابته ، وفي النصف التالي تصبح فولتية الآنود سالبة ، يتم هذا التناوب طبيعياً بسبب الصفة المتأصلة في مصادر التيار المتناوب ، وهكذا يخمد الثايرستور طبيعياً .

2- الإخماد الجبري Forced Commutation:

من المألوف أن التيار المستمر أحادي الاتجاه، فالثايرستورات التي تعمل مع هذه المصادر لا تعود إلى القطع (الإخماد) بعد توصيلها . وعليه يجب أن يكون الإخماد مصطنعاً ، وقد اتبعت طرائق متباينة للإخماد القسري ، وفي كل الحالات يجب إعادة الثايرستور إلى الإعاقة الأمامية بغض النظر عن الأسلوب المتبع ، ولكن أيسر وسيلة لتحقيق ذلك بربط متسعة مشحونة بقطبية معاكسة على التوازي مع الثايرستور مما توافر فولتية انحياز عكسية تقود إلى الإخماد.

3- الإخماد بالبوابة Gate Turn- Off

هناك نوع من الثايرستورات يدعى بالثايرستورات المخمدة بالبوابة (GTO Thyristor ،) إذ تسلط على البوابة إشارة سالبة نسبة إلى الكاثود ، وتؤدي وظيفة الإخماد ولا يختلف توصيله عن الثايرستور الاعتيادي ملاحظة : في ما يلي جدول (A الذي يبين لنا بعض الفروقات بين الثايرستور والترانزستور:

) يبين الفرق بين الثايرستور والترانزستورAجدول (

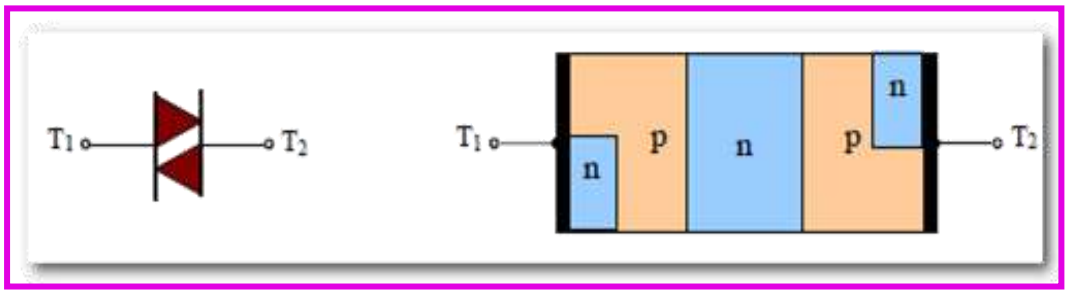
أوجه الاختلاف	الثايرستور	الترانزستور
تركيب العنصر	أربـع طبقـات بــ(2) أو أكثـر وصلة ربط	ثـلاث طبقـات بــ(2) وصـلة ربط
الاستجابة	سريعة جدًا	سريعة
الكفاءة	عالية جدًا	عالية
هبوط الفولتية	قليلة جدًا	قليلة
العمر	طويل جدًا	طويل
معدل القدرة	من قليلة إلى عالية جدًا	من قليلة إلى وسط
استهلاك القدرة	قليل جدًا	قليل
القدرة على السيطرة	قدرة عالية	قدرة قليلة
وقت التوصيل والفصل	قليل جدًا	قليل
حالة التوصيل	يحتاج إلى نبضة قليلة للقدح ، وبعـد ذلـك يبقـى فـي حالـة التوصيل	يحتاج إلـى تيـار مستمر ليبقـى في حالة التوصيل

3-3 الدایاك :

Diac

بغض (Triggering)الدایاك عنصر یتكون من طرفین ، وهو ثنائي الاتجاه یمكنه أن یقدح (Diode)النظر عن اتجاه القطبیة للإشارة الداخلة للتیار المتناوب ، ویستمد الدایاك عمله من الثنائي 3 – 17) الدایاك الذي یعمل على التیار المتناوب ، ویبین الشكل(

ومن تطبیقاته انه یقوم بدائیاً بقدح الترایاك لأجل تنظیم السیطرة على الأطوار الثلاثة للتیار مربوطة على التوازي ، ولكن (p – n – p – n)المتناوب . یتكون الدایاك من زوج من المقاطع بالاتجاه المعاكس أو طبقتین من أربعة دایودات موصلة بالتوازي ، وأیضا تكون بالاتجاه المعاكس . وان الدائرة المكافئة للدایاك موضحة أیضاً بالشكل (3 - 16) إذ إن الدایاك یوصل بالاتجاهین ، وصممت بدلاً من الآنود والكاثود ، وهكذا فالتركیب المتماثل للدایاك یؤدي إلى)T2،T1الأطراف الرئیسة فیه (الحصول على أداء متشابه سواء كانت قطبیة الفولتیة موجبة أم سالبة وتكون فولتیات العمل بحیث لا تتجاوز 50 فولتاً ، ویستعمل الدایاك مع مكونات غیر فعالة (مقاومات ومتسعات) لتولید نبضات قدح) وهو موحد السیطرة السلیكوني. SCRتصلح للترایاك والـ (



الشكل (3 - 16) الدایاك

1-3-3 آلية عمل الدایاك

Diac's Operation

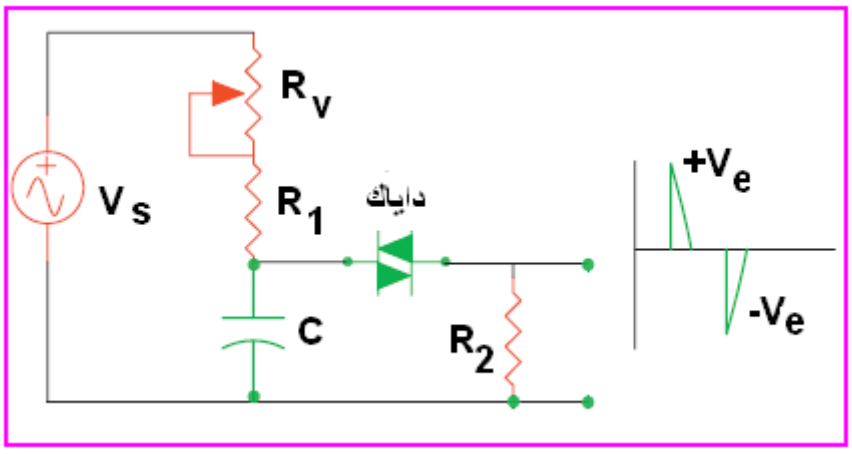
تظهر عملية التوصيل (conduction) في الدایاك عندما تصل فولتية التحول (break over voltage) في كل من القطبيتين عبر طرفي الدایاك .

الحالة الأولى : عندما تكون الفولتية المسلطة على الطرف ((T1) موجبة نسبة إلى الطرف (T2) وفي الحالة التي تتجاوز فيها هذه الفولتية فولتية التحول للدایاك عندها سوف يكون احد الدايودات في حالة توصيل ويمر من خلاله التيار.

الحالة الثانية : عندما يكون (T2) موجبة نسبة إلى (T1) ، وإذا تجاوزت الفولتية المسلطة فولتية التحول للدایاك عندها سوف يكون الدايود الاخر في حالة توصيل ، وعندما تقل الفولتية عن فولتية التحول سوف تمر كميه قليلة من التيار خلال الدایاك تسمى بتيار التسرب (leakage current)

مثال تطبيقي على الدایاك: استعماله كمذبذب

يعمل الدایاك على جهود منخفضة في حدود (50) فولتاً ويستعمل لغرض كمذبذب ، وغالباً ما يستعمل في دوائر قدح الترایاك الذي سوف يأتي شرحه بعد هذا الموضوع ، ويبين الشكل (3 -17) بالشحن خلال النصف الموجب للموجة بقطبية موجبة حتى Cمذبذباً باستعمال الدایاك إذ يبدأ المكثف (C) يصل فرق الجهد عليه إلى جهد الانهيار الأمامي للدایاك ، فيفرغ شحنته خلال الدایاك والمقاومة (R_2)



الشكل (3 -17) يبين الدایاك كمذبذب

) ولكن بقطبية معاكسة ، إذ يصل فرق Cبصورة نبضة موجبة ، وفي النصف السالب يشحن المكثف ( ) R_2الجهد عليه إلى جهد الانهيار الامامي السالب للدياك ، فيفرغ شحنته خلال الدياك والمقاومة (بصورة نبضة سالبة ، وتستعمل النبضة السالبة والموجبة لقدح الترياك.

2-3-3 استعمالات الدياك

Diac's Usage

1-يستعمل الدياك في دوائر خفض الإضاءة.

2-يستعمل في التحكم في الحرارة.

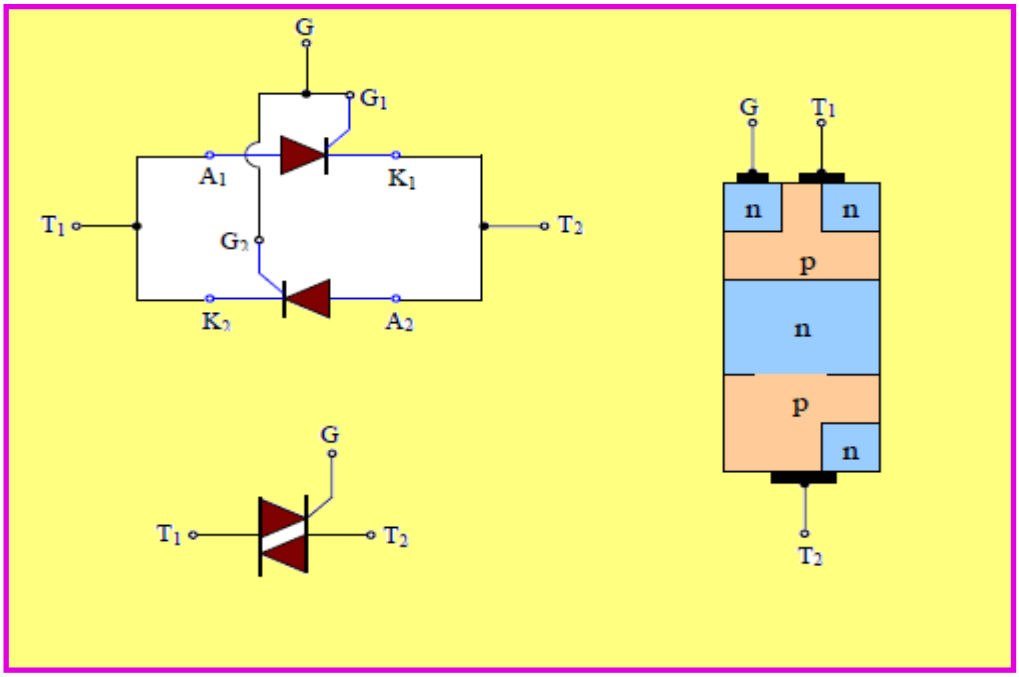
3- له إمكانية الفتح الأسرع عندما يوصل على التوالي مع بوابة الترياك

4-3 الترياك :

Triac

ثنائي الاتجاه، وهو شبه موصل (switching device)هو عبارة عن عنصر فتح وتوصيل ، والطرف الثالث هو (T1, T2)متعدد الطبقات ، يحتوي على ثلاثة أطرف . الأطراف الرئيسة هي ، ويكافئ في تركيبه ثايرستورين موصلين على التوازي بنحوٍ عكسي أي إن آنود (G)البوابة الثايرستور الأول موصل إلى كاثود الثايرستور الثاني وكاثود الثايرستور الأول موصل إلى آنود الثايرستور ، الثاني كما في الشكل (3- 18) ، وكذلك موضح بالشكل المذكور التركيب الطبقي والرمز الخاص بالترياك ويمتاز الترياك بأنه يوصل التيار في كلا الاتجاهين:

، وسلطت إشارة القدح بين T2 أعلى من جهد T1 إذا كان جهد T2 إلى الطرف 1T1- من الطرف .T2)) والطرف (Gالبوابة (

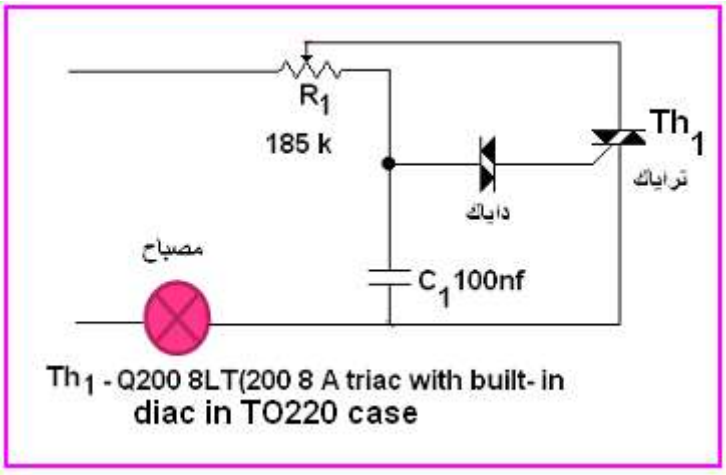


الشكل (3 – 18) تركيب الترياك ورمزه

(، وسلطت إشارة T1) أعلى من جهد (T2) إذا كان جهد (T1) إلى الطرف (2T2- من الطرف ( ) ، ويمكن قدح الترياك بإشارة سالبة إلا أن حساسيته للإشارة T1) والطرف (Gالقدح بين البوابة (الموجبة تكون أفضل.

مثال تطبيقي يحتوي على الداياك والترياك:

هو دائرة الكترونية تتكون من الداياك والترياك ومقاومة)المثال التالي الموضح بالشكل (3- 19 متغيرة ومتسعة ، وظيفة هذه الدائرة هي السيطرة على شدة إنارة مصباح ، ويتم ذلك بواسطة تغيير قيمة المقاومة المتغيرة يدوياً وبالتالي تغير زاوية قدح الترياك خلال نصفي الموجة الجيبية .

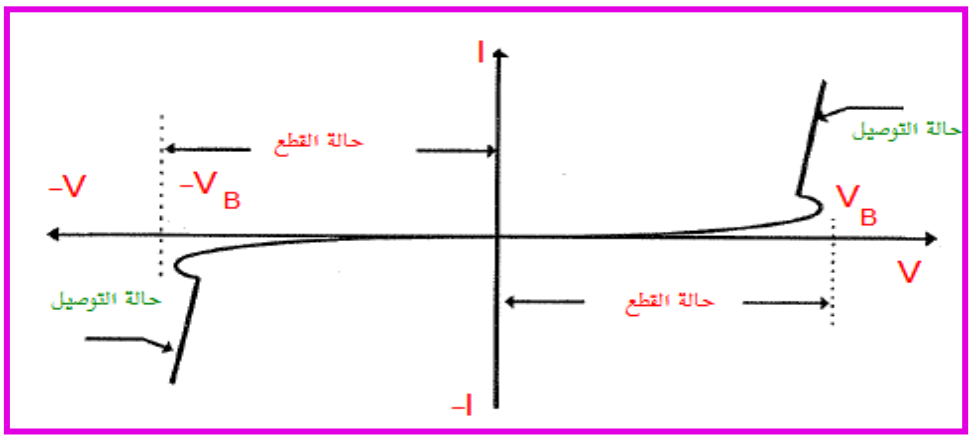


دائرة الكترونية تحتوي على الدياك والترياك)الشكل (3- 19

3-4-1 آلية عمل الترياك

Triac's Operation

إن الترياك ممكن أن يوصل أو يسيطر على التيار المتناوب في كلا الاتجاهين السالب والموجب. وعند الطرف (G) هو المرجع لقياس الفولتية. أما التيار فيمكن قياسه عند البوابة (T1)ويُعدّ الطرف 20) منحني - ، ويبين الشكل التالي (T1)3 علما بان طرف البوابة يكون مغلق مع الطرف (T2) الخواص للترياك .



الشكل(3- 20) خواص الترياك

هي نقطة مرجع لقياس الفولتية ، فان الربع الأول في منحني الخواص يمثل (T1)وكما أسلفنا فان) ، والعكس صحيح بالنسبة إلى الربع الثالث. إن (T1 يكون موجباً نسبة إلى الطرف (T2)أن الطرف فولتية الذروة تسلط على الترياك في أي اتجاه ، ويجب أن تكون اقل من فولتية التحول لكي تبقى البوابة تحت السيطرة . إن تيار البوابة يجعل الترياك في حالة توصيل في كلا الربعين من منحني الخواص ولكل من القطبيتين وذلك بافتراض أن الترياك في حالة منع قبل أن يسلط الجهد على البوابة

ملاحظة : بسبب أن الترياك يوصل التيار في كلا الاتجاهين وانه يكافئ ثايرستورين موصلين على التوازي بنحوٍ عكسي فإن خواصه تشبه خواص الثايرستور في حالة الانحياز الأمامي.

3-4-2 استعمالات الترياك

Triac's Usage

1- يستعمل في التحكم في شدة الإضاءة تحت عنوان معتم الضوء.

2- السيطرة على سرعة المحركات الحثية ثلاثية الأطوار.

3- يسمح له بنقل الطاقة الكهربائية من المصدر إلى الحمل ، لأنه ينظم تيار البوابة إلى قيمة مناسبة لكلا نصفي الموجة الجيبية للتيار المتناوب.

3-5 تطبيقات دوائر الكترونيات القدرة:

Applications Of Power Electronic Circuits

إن من ضمن تطبيقات دوائر الكترونيات القدرة هو موضوع السيطرة على سرعة محركات التيار المستمر ، وبالتحديد المحركات ذات التغذية المنفصلة ، وقبل البدء بموضوعنا يجب أن نأخذ مقدمة بسيطة عن محركات التيار المستمر.

إن ماكنة التيار المستمر لها مجموعة من المميزات:

1- تحتوي على نوعين من الملفات (ملفات الجزء الثابت وملفات الجزء الدوار) .

2- يتولد عزم الدوران من تقاطع المجال المغناطيسي للجزء الثابت مع المجال المغناطيسي للجزء الدوار.

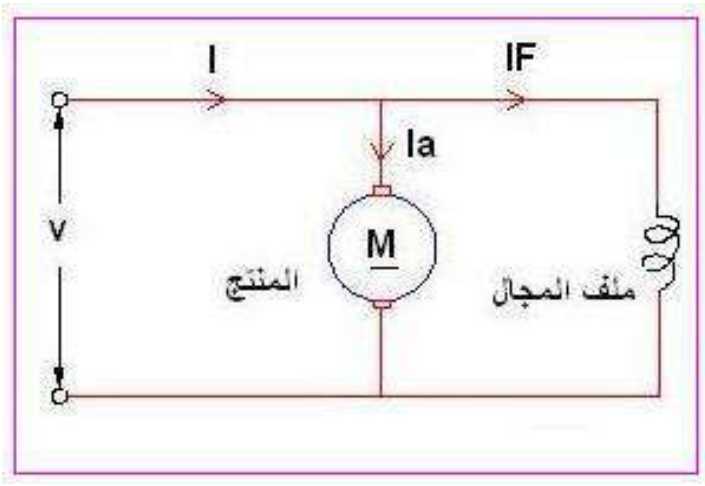
3- يمكن المحافظة على تيار المنتج بواسطة الموحدات.

4- الموحدات تعكس تيار المنتج.

5- تتولد القوة الدافعة الكهربائية العكسية في ملفات المنتج ، وتظهر على الموحد وتحسب من القانون الآتي:

$$E = V - IaRa \quad \ldots\ldots\ldots (3-4)$$

،إذا سمي بهذا الاسم لتوصيل ملف)لاحظ الدائرة المكافئة لمحرك التوازي الموضحة بالشكل (3- 21 المجال بالتوازي مع ملف المنتج (الآرميجر).



الشكل (3- 21) الدائرة المكافئة لمحرك التوازي

= القوة الدافعة الكهربائية العكسيةEإذ إن

= فولتية المصدرV

= تيار المنتج Ia

= مقاومة المنتج Ra

)armatureملاحظة: تعني كلمة المنتج الجزء الدوار في المحرك (

1-5-3 مميزات السيطرة على سرعة محركات التيار المستمر:

The Features of Control on D.C Motors Speed

إن لمحركات التيار المستمر مزايا مهمة منها:

1- عزم دوران ابتدائي عالٍ .
2- طرائق السيطرة على السرعة أسهل وارخص مقارنة بمحركات التيار المتناوب.
3- خواص السيطرة متعددة الجوانب.

2-5-3 طرائق السيطرة على محرك التيار المستمر:

Methods of D.C Motor Control

1- موحد السيطرة أحادي الطور

Single Phase Controlled Rectifier

(بصورة Thyristorsيتكون هذا النوع من الموحدات من أربعة موحدات سيطرة محكومة قنطرة توصل إلى مصدر للتيار المتناوب ، وتقوم هذه الدائرة بتغذية محرك التيار المستمر ، إذ يُعدّ الأكثر استعمالاً في الصناعة لإمكانيتها السيطرة على سرعة محركات التيار المستمر ذات التغذية المنفصلة ، ويبين الشكل (3- 23) هذا النوع من الموحدات.

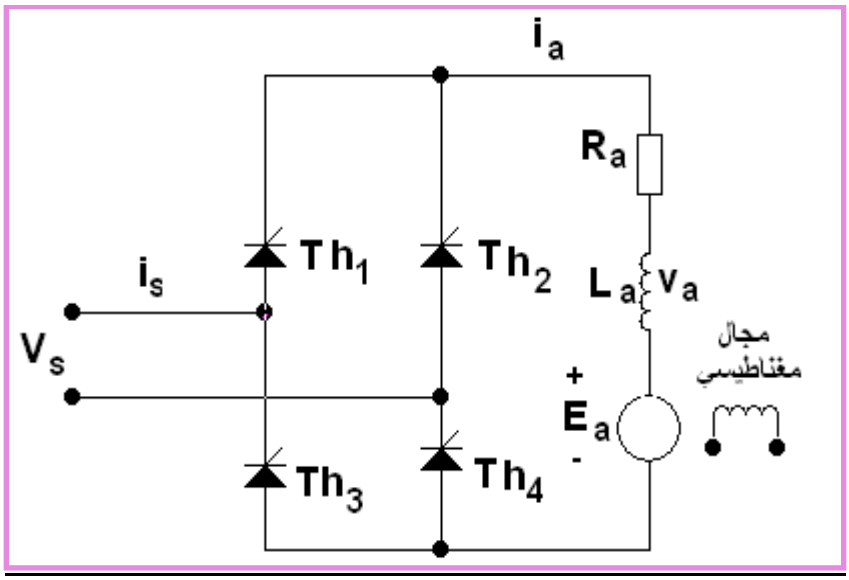
(وذلك بعد أن تغذى Va تقوم هذه الدائرة بتغذية محرك التيار المستمر بالفولتية المستمرة بالتيار المتناوب ، وبنحوٍ مختصر هناك موضوع مهم هو قدح الثايرستور لكي يقوم بعملية التوصيل فانه يقدح بزاوية يطلق عليها زاوية القدح (ألفا) ، ويرمز لها (α) وبحسب ما نعرف بان موجة التيار المتناوب لها نصفان موجب وسالب :

أولا: خلال النصف الموجب

(بزاوية قدح (α) .(Th2 والثايرستور الثاني (Th1يقدح الثايرستور الأول (

ثانيا : خلال النصف السالب.

(بزاوية قدح (π+ α) .(Th4 والثايرستور الرابع (Th3يقدح الثايرستورالثالث (



الشكل(3- 23) موحد سيطرة كامل الموجة احادي الطور

إذاً بواسطة موحدات السيطرة المحكومة يمكننا التحكم بسرعة محرك التيار المستمر وذلك بالتحكم بفولتية المنتج (armature voltage.) وكما قلنا اعتمادا على زاوية قدح الثايرستور

وبعد أن تكون هناك فولتية (Va) على أطراف المنتج (الآرميجر) سوف تكون هناك زاوية إطفاء (β) وتحسب من القانون الآتي:

$$\beta = \alpha + \pi \quad \text{.....} \quad (3\text{- }5)$$

$\pi = 180°$ إذ ان

ولهذا السبب يمكننا قياس معدل الفولتية كدالة لزاوية القدح وفقا للقانون الآتي:

$$Va = 2\sqrt{2}/\pi \, . \, Vs \cos(\alpha) \quad \text{.....} \quad (3\text{- }6)$$

Vs إذ إن = فولتية المصدر cos= جتا الزاوية وهي نسبة مثلثية

ويمكننا تغيير قيمة معدل الفولتية بالاعتماد على زاوية القدح التي تتغير من صفر إلى 180 درجة ،

وبالتالي يمكننا التحكم في سرعة محرك التيار المستمر واتجاهه كما يأتي:

1- إذا كانت زاوية القدح اقل من (° 90) يكون معدل الجهد Va(α) موجباً.

2- إذا كانت زاوية القدح اكبر من (90°) يكون معدل الجهد Va(α) سالباً، وهنا يدور المحرك بالعكس.

3- إذا كانت زاوية القدح تساوي صفراً، فان سرعة المحرك تساوي صفراً.

مثال (3-4)

محرك تيار مستمر يغذى بفولتية مستمرة عن طريق موحد سيطرة محكوم، احسب الفولتية على أطراف المنتج (الآرميجر) عندما يقدح الثايرستور بزاوية (45 °) درجة، علماً أن الفولتية المتناوبة التي يعمل عليها الموحد تساوي (220) فولتاً.

الحل:

نكتب قانون حساب فولتية المنتج من المعادلة (3- 6):

$$Va= 2\sqrt{2}/\pi.Vs \cos(\alpha)$$

$$Va= 2\sqrt{2}/\pi .220.\cos(45°) \qquad \cos(45^{o}) =1/\sqrt{2}$$

$$Va=2\sqrt{2}/\pi.220.1/\sqrt{2}$$

$$Va=140.12\ v$$

2-التحكم في سرعة محرك تيار مستمر بواسطة مقطعات التيار المستمر

Speed Control of D.C Motor by Using D.C Chopper

يمكننا أيضاً التحكم بالتيار المستمر بواسطة مقطع التيار (chopper)، وهو عنصر الكتروني استاتيكي يكافئ في عمله محولة التيار المتناوب، فهو يرفع أو يخفض من قيمة الفولتية المستمرة الداخلة، ومن الطبيعي أن تبقى فولتية الخرج مستمرة أيضاً وله عدة استعمالات منها في الحافلات، والرافعات البحرية، والمناجم .

مميزات مقطع التيار

1- سيطرة على السرعة.
2- يستعمل في الموقفات.
3- كفاءة عالية.
4- استجابة سريعة.

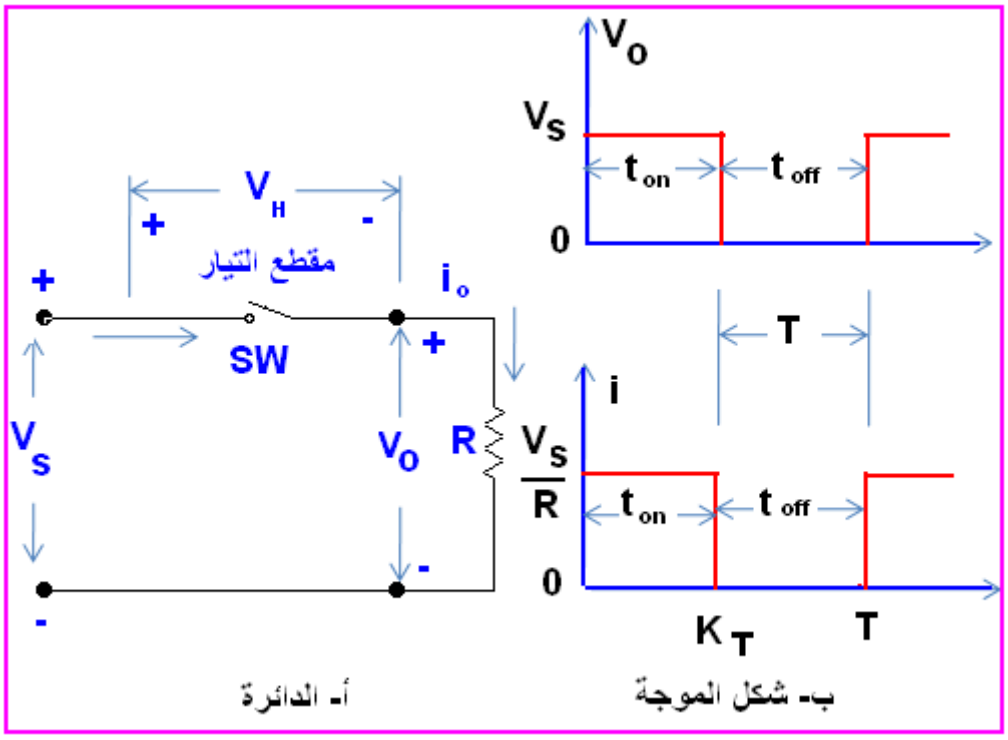
) هي :chopperوان العناصر الالكترونية التي تستعمل في مقطع التيار (

1- الثايرستور.
2- ترانزستور الوصلة ثنائية القطبية (BJT).
3- الموسفت (MOSFT).
4- ترانزستور البوابة ثنائية القطبية (IGBT).
5- ثايرستور (GTO).

وهذه العناصر أعلاه كلها تكافئ في عملها المفتاح الاعتيادي، فعندما تضع المفتاح على وضع) هذا يعني ليس هناك تيار في الدائرة، إنما يسري التيار خلال الحمل عندما تضع المفتاح OFF( ).ONعلى وضع (

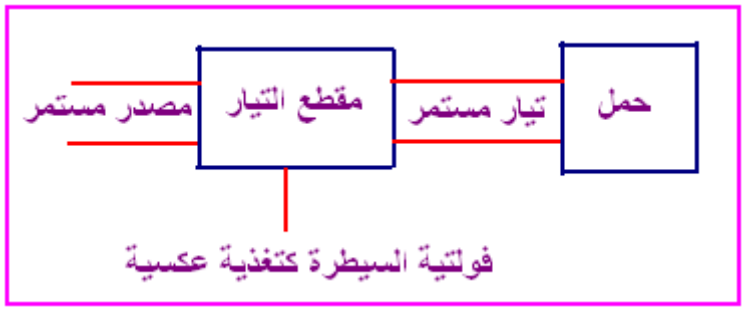
آلية عمل مقطع التيار

) ذو الاستجابة السريعة، يربط ON- OFFمقطع التيار كما ذكرنا هو مفتاح شبه موصل (المصدر بالحمل، ويفصل الحمل عن المصدر، كما في الشكل (3- 5 2 – أ)، إذ يتم الحصول على) يكون مقطع التيار t_{on}) فخلال الفترة (Vs) من مصدر التيار المستمر (Voفولتية الخرج ( ) فتكون t_{off}) في وضع توصيل، وان فولتية الحمل تساوي فولتية المصدر أما خلال الفترة (Chopper(- 25- ب). 3فولتية الحمل مساوية للصفر بحسب شكل الموجة في الشكل (



دائرة مقطع التيار مع شكل موجتي التيار والفولتية)الشكل (3- 25

) Chopperولكي تتم عملية السيطرة على سرعة محرك التيار المستمر بواسطة مقطع التيار (
) عندئذٍ Loadتكون عملية الربط بحسب المخطط الكتلي الموضح بالشكل (3- 26)، ويمثل الحمل (
بمحرك للتيار المستمر ذي التغذية المنفصلة.



)chopperالشكل (3- 26) المخطط الكتلي لمقطع التيار (

اسئلة الفصل الثالث

س1: كم عدد الطبقات التي يتكون منها ثنائي شوكلي؟

س2: ما الدائرة المكافئة لثنائي شوكلي ؟

س3: كم عدد مناطق الاتصال التي توجد في الثايرستور؟

س4: اشرح آلية عمل الثايرستور.

س5: ما تيار التسرب العكسي في الثايرستور؟

س6: عدد دوائر توصيل الثايرستور.

س7: اشرح دوائر التيار المتناوب المستعملة في توصيل الثايرستور.

س8: احسب قيمة المقاومة الموصلة بالتوالي مع بوابة ثايرستور عندما يكون مقدار اقل تيار تحقن (ملي أمبير، وبالمقابل كانت اقل قيمة للفولتية المسلطة على البوابة تساوي 7به هذه البوابة يساوي (أوماً، علماً بان 25) فولت، وعند قياس قيمة المقاومة بين البوابة والكاثود، فكانت تساوي (1.8(فولتات.4فولتية القدح تساوي)

الجواب:

RS=

15.5 Ω

س9: كيف تتم حماية الثايرستور من التلف؟

س10: ارسم دائرة حماية الثايرستور من التلف.

س11: عدد طرائق إخماد (إطفاء) الثايرستور، واشرح واحدة منها.

س12: ما الفرق في حالة التوصيل بين الثايرستور والترانزستور؟

س13 : ماذا نستعمل بدلاً من الآنود والكاثود في الدایاك؟

س14: ماذا يحصل في الدایاك عندما يكون (T1؟) موجباً نسبة إلى (T2

س15: ماذا يكافئ الترایاك في تركيبه؟

س16: ارسم منحني خواص الترایاك.

) فولتاً، قيمة مقاومة المنتج (الارميجر) 250س17: محرك تيار مستمر توازي يعمل على ضغط (
) اوم، احسب قيمة تيار المنتج إذا كان مقدار القوة الدافعة الكهربائية العكسية 0.4فيه تساوي (
) فولتاً؟ الجواب : (240يساوي
Ia=25A

س18: ما مميزات السيطرة على سرعة محرك التيار المستمر؟

الباب الثاني

الفصل الأول

الأنظمة الهيدروليكية

Hydraulic Systems

الأهداف

الهدف العام :

في هذا الفصل يتعرف الطالب على منظومة الهيدروليك ومكوناتها، وتصنيف المضخات الهيدروليكية بحسب ترتيبها، ومن ثم ترتيب صمامات الغلق، وصمامات التحكم، والملحقات الأخرى للدوائر الهيدروليكية .

الأهداف الخاصة:

تعريف الطالب بالموضوعات الآتية :

1- **مميزات نظم الإدارة والتحكم الهيدروليكي.**
2- **عيوب نظم الإدارة والتحكم الهيدروليكي.**
3- **المفاهيم الأساسية للدوائر الهيدروليكية.**
4- **التكوين الأساسي للدورة الهيدروليكية البسيطة.**
5- **خواص الزيت المستعمل بالتجهيزات الهيدروليكية.**
6- **أجزاء المنظومة الهيدروليكية.**
7- **الرموز الهيدروليكية.**

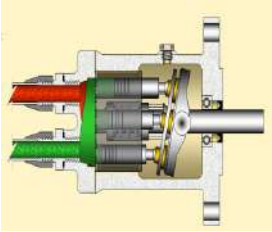
محتويات

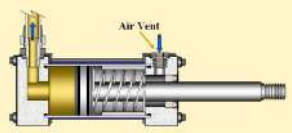
الفصل 1

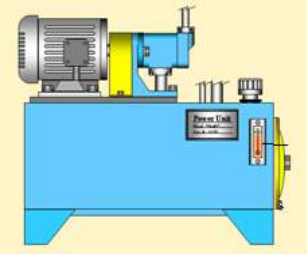
تعلم الموضوعات

- الأنظمة الهيدروليكية.
- مميزات نظم الإدارة والتحكم الهيدروليكي.
- عيوب نظم الإدارة والتحكم الهيدروليكي.
- مفاهيم أساسية:
- التكوين الأساسي للدورة الهيدروليكية البسيطة.
- خواص الزيت المستعمل بالتجهيزات الهيدروليكية.
- أجزاء المنظومة الهيدروليكية.
- المضخات الهيدروليكية/ المضخة الترسية/ المضخة الترسية ذات التروس الداخلية/ المضخة الترسية ذات التروس الخارجية/ المضخة الريشية/ المضخة الريشية ثابتة الحجم الهندسي/ المضخة الريشية متغيرة الحجم الهندسي/ المضخة المكبسية المحورية/ المضخة المكبسية المحورية ثابتة الحجم الهندسي/ المضخة المكبسية المحورية متغيرة الحجم الهندسي.
- الصمامات / الصمامات اللارجعية/ الصمامات اللارجعية البسيطة/ الصمامات اللارجعية مرشدة التشغيل/ صمامات التحكم في التدفق/ صمام التحكم في التدفق ذو مساحة مقطع ثابتة/ صمام التحكم في التدفق ذو مساحة المقطع المتغيرة/ الصمام الخانق/ اللارجعي/ تطبيقات الصمام/ صمامات التحكم التوجيهية/ مصادر الحركة للصمام/ أوضاع الصمام الاتجاهي أو طرائق تشغيله/ وضعان للتوصيل/ ثلاثة أوضاع للتوصيل/ أربعة أوضاع للتوصيل/ أنواع المكبس الانزلاقي وآلية عمله/ المكبس المغلق/ المكبس الطافي/ المكبس المفتوح/ المكبس المزدوج/ نوابض الإرجاع وآلية عملها/ نابض إرجاع على أحد جانبي المكبس/ نابض إرجاع على جانبي المكبس/ عدم وجود نابضي إرجاع على جانبي المكبس/ أجزاء ملف التشغيل وآلية عمله/ صمامات التحكم بالضغط/ تطبيقاته/ تحديد الضغط في الدورة الهيدروليكية/ تسلسل عمل الأسطوانات/ صمام موازنة/ صمام إيقاف.
- أسطوانات التشغيل/ اسطوانة ذات ذراع كباس من جانب واحد ومزدوجة الفعل/ أسطوانة ذات ذراع مكبس عند كل جانب مزدوجة الفعل/ أسطوانة ذات نابض إرجاع/ الأسطوانة الدافعة/ الاسطوانة التلسكوبية.
- المحركات الهيدروليكية.

الأنظمة الهيدروليكية







- **المراكم الهيدروليكية/ المراكم ذات الكيس الغشائي/ مركم ذو مكبس/ مركم ذو نابض أرجاع/ مركم ذو ثقل التحميل.**
- **المرشحات/ مرشح السحب/ مرشحات الضغط/ مرشحات خط الرجوع.**
- **أنابيب التوصيل .**
- **خزانات الهيدروليك.**
- **الرموز الهيدروليكية.**

الأسئلة والتطبيقات

1-1 الأنظمة الهيدروليكية:

Hydraulic Systems

قبل أن نمعن النظر في تفصيلات علم الهيدروليك، ينبغي أولاً تعريف ماذا نعنيه بهذا المصطلح.

كلمة ((الهيدروليك)) مشتقة من أصل إغريقي هو ((هيدرو)) بمعنى ((مياه))، ومن المعتاد أن يشمل هذا المصطلح كل ما ينتمي إلى المياه، أي السوائل بوجه عام.

وفي الوقت الحالي يعني اصطلاح ((الهيدروليك))، أو ((التحكم الهيدروليكي))، نقل القوة والحركة والتحكم فيهما بواسطة سائل.

ولنقل الطاقة من مكان إلى آخر توجد وسائل عديدة مثل الوسائل الميكانيكية، كصندوق التروس او السلاسل، ولكن في هذه الحالة يجب أن تكون المسافة بين المكانين المراد نقل الطاقة بينهما قليلة، وذلك لزيادة الكلفة وزيادة الضائع في الطاقة، أو نقل الطاقة بين مكانين عن طريق الوسائل الكهربائية كتحويل الطاقة إلى تيار كهربائي، ومن ثم تحويلها إلى طاقة ميكانيكية في المكان الثاني، أو استعمال الوسائل الهيدروليكية أو الهوائية، وهذا ما سوف يناقش في هذا الفصل.

2-1 مميزات نظم الإدارة والتحكم الهيدروليكي:

Advantages of drive system and hydraulic govern

1. تحقق نظم التحكم المعقدة وإنتاج قوى كبيرة جداً بواسطة وسائل بسيطة نسبياً.
2. نقل الحركة بدقة وبهدوء من دون اهتزازات أو ذبذبات حتى عبر المسافات البعيدة.
3. إمكان توصيل أجهزة التشغيل والتحكم بوصلات مرنة (وصلات قابلة للانحناء) مما يجعل المعدات حرة الحركة.
4. تسمح بدقة عالية في توصيل نقط التشغيل وفصلها.
5. مرونة نقل القدرة وسهولة عكس اتجاهها.
6. التحكم بواسطة مقبض واحد.
7. سهولة السيطرة وارتفاع الكفاءة.
8. سهولة وضع أساليب الأمان (بواسطة الصمامات).

1- 3 عيوب نظم الإدارة والتحكم الهيدروليكي:

Disadvantages of drive system and hydraulic govern

1. ارتفاع درجات حرارة الزيت مع تغير لزوجته في أثناء مروره خلال القنوات الضيقة واختلاف أدائه نتيجة لذلك.
2. تغير خواص الزيت مع طول زمن الاستعمال.
3. ضرورة وجود تفاوتات صغيرة جداً للأجزاء المتحركة لتلافي تسرب الزيت..مما يؤدي إلى ارتفاع تكلفة الإنتاج.

1-4 مفاهيم أساسية:

Main concepts

الضغط الهيدروستاتيكي (الناتج من قوة الجاذبية الأرضية):

في الدوائر الهيدروليكية يُسمى الضغط عادة (P) . والضغط المقصود بذلك هو الضغط المقاس، أي ارتفاع الضغط عن الضغط الجوي.

وينشأ الضغط عند سطح معين داخل سائل نتيجة وزن السائل الموجود أعلى هذا السطح . وتتوقف قيمة الضغط (P) على كل من ارتفاع عمود السائل (h) أعلى السطح، وكثافة السائل، وعجلة الجاذبية الأرضية (g).

والضغط الناجم عن قوة الجاذبية الأرضية يحسب من المعادلة الآتية:

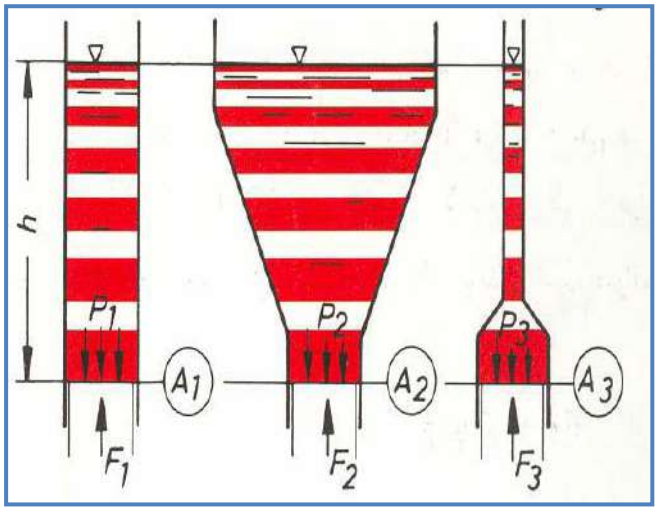
$$p = h.\rho.g \qquad (1\text{-}1)$$

إذا أخذنا في الحسبان مجموعة من الأوعية مختلفة الأشكال المملوءة بسائل من نوع واحد، فإن الضغط عند النقاط المختلفة في الأوعية يكون متساوياً بتساوي ارتفاع السائل فوق هذه النقاط كما بالشكل (1-1).

$P_1=P_2=P_3$

إذ يخلق الضغط الهيدروستاتيكي قوة على قاعدة الوعاء . وإذا تساوت مساحة قواعد الأوعية الموضحة في الشكل

$A_1=A_2=A_3$



الشكل(1-1) يبين تساوي الضغط مع تساوي الارتفاع بالرغم من اختلاف الشكل للوعاء الحاوي

فأن القوى المؤثرة في قواعد هذه الأوعية

الثلاثة تكون متساوية أيضاً

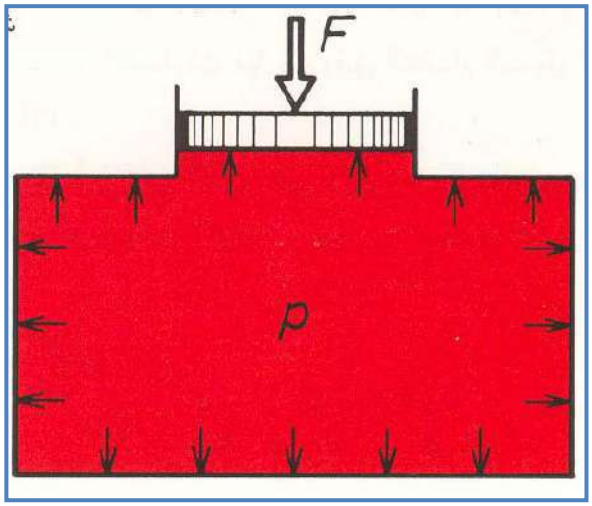
$F_1=F_2=F_3$

الضغط الناجم عن قوى خارجية (قانون باسكال):

عندما تؤثر قوة (F) على سائل في إناء عن طريق سطح مساحته (A)، كما في الشكل (1-2)، ينشأ ضغط (P) في السائل تتوقف قيمته على مقدار مركبة القوة العمودية على السطح، وعلى مساحة السطح .

$$p = \frac{F}{A} \qquad \textbf{(1-2)}$$

ويؤثر هذا الضغط آنياً، بالمقدار نفسه على جميع الجوانب . أي إن الضغط المؤثر في كل الأسطح يكون متساوياً. ويشترط لصحة ذلك إهمال تأثير قوة الجاذبية الأرضية. أما في حالة عدم إهمالها، فيجب أن نأخذ في الحسبان أثر ارتفاع سطح السائل عن السطح الذي يحسب عنده الضغط.



الشكل (1-2) يبين الضغط الناتج من قوة خارجية

وفي الدوائر الهيدروليكية يمكن إهمال الضغط الناجم عن قوة الجاذبية الأرضية، وبالتالي الضغط الناجم عن ارتفاع السائل عن الأسطح، نظراً لأن هذه الضغوط تكون مهملة القيمة بالنسبة إلى ضغوط التشغيل. وعلى سبيل المثال، فإن الضغط الناجم عن عمود من الماء ارتفاعه (10 m) يكون مقداره (1 bar) تقريباً .

انتقال القوى الهيدروليكية:

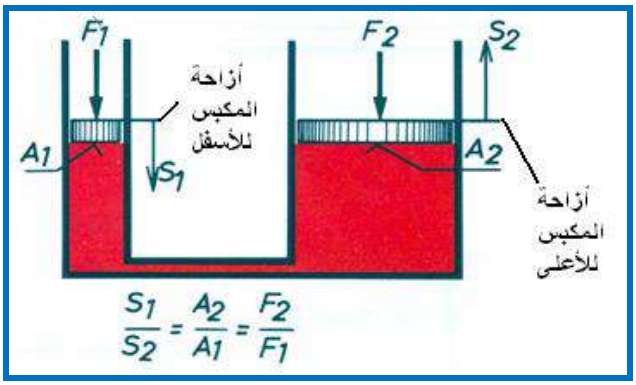
نظراً لتساوي الضغط في السائل، وتأثيره في كل الاتجاهات، يكون شكل الخزان غير مهم.

ويوضح شكل (1-3) فكرة الإفادة من الضغوط الناشئة عن قوى خارجية في تشغيل المعدات.

فإذا أثرت قوة (F_1) في السطح ذي المساحة (A_1) نشأ ضغط (P)، يساوي

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

ويؤثر الضغط (P) في كل أجزاء الدورة، ومنها بالطبع السطح (A_2) . ويمكن بالتالي الحصول على قوة (F_2) (تساوي مقدار الحمل الذي يجب رفعه) .



شكل(1-3) يبين انتقال القوى الهيدروليكية

$$F_2 = P.A_2 \qquad (1\text{-}3)$$

أي إن $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ أو أن $\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$

هذا يعني هذا أن القوى تتناسب طردياً مع المساحة .

ويعتمد الضغط في مثل هذه النظم على الحمل والمساحة.

ذلك يعني أن الضغط يبدأ في الارتفاع حتى يصل إلى القيمة المطلوبة للتغلب على الحمل الخارجي وتحريكه.

وهكذا فإنه إذا أمكن، عن طريق القوة (F_1) والسطح (A_1) رفع ضغط هذه الدورة إلى القيمة المطلوبة للتغلب على الحمل (F_2) (عند السطح (A_2)، فإنه يمكن رفع هذا الحمل (الفواقد نتيجة الاحتكاك غير مأخوذة في الحسبان) .

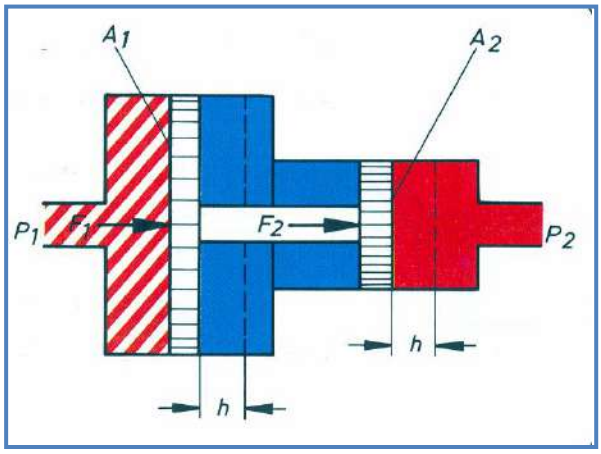
من ناحية أخرى، تتناسب إزاحة الكباسين تناسباً عكسياً مع مساحتهما، أي إن $\frac{S_1}{S_2} = \frac{A_2}{A_1}$

أما الشغل المبذول بأي من الكباسين فيكون بالتالي متساوياً، إذ

$$W_1 = F_1 \times S_1 \qquad (1\text{-}4)$$

$$W_2 = F_2 \times S_2 \qquad (1\text{-}5)$$

مبدأ انتقال الضغط:



شكل (1-4) يوضح مبدأ انتقال الضغط

يوضح الشكل (1-4) كباسين مختلفي المساحة متصلين اتصالاً جاسئاً عن طريق ذراع كباس . وإذا أثر ضغط (P_1) في السطح (A_1)، نشأت على هذا السطح قوة (F_1) . تنتقل هذه القوة إلى الكباس الأصغر عن طريق ذراع الكباس مما يسبب ضغطاً (P_2) عند السطح (A_2) . وعند إهمال الفواقد يكون :

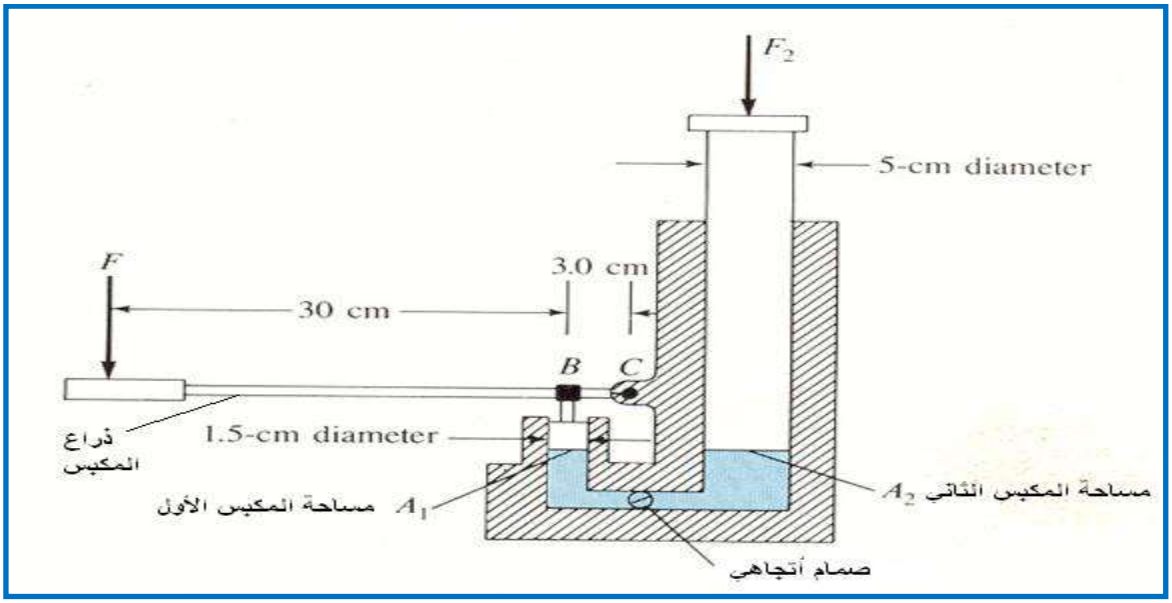
$$F_1=F_2=F \quad \rightarrow \quad P_1.A_1=F_1 \;\&\; P2.A2=F_2 \quad \rightarrow \quad P_1.A_1=P_2.A_2 \quad \rightarrow$$

$$\frac{P_1}{P_2}=\frac{A_2}{A_1} \qquad \textbf{(1-6)}$$

ويتضح من المعادلة : **أن الضغوط تتناسب عكسياً مع المساحات**

مثال (1-1)

رافعة هيدروليكية المبينة في الشكل (1-5) ذات الأبعاد الموجودة في الرسم أدناه، إذا تم تطبيق قوة خارجية (F) مقدارها (100 N) على يد الرافعة، فما هو الثقل (F_2) التي سوف ترفعه الرافعة من جراء تلك القوة ؟



شكل (1-5) يبين رافعة هيدروليكية

الحل:

ويمكن إيجاد مقدار القوة (F_1) (القوة المطبقة على الأسطوانة الصغرى) بأخذ العزوم حول النقطة (C) ومساواتها بالصفر، لأن العزم حول المفصلة يساوي صفراً كما نعرف، وعليه :

$$(0.33m)(100N) - (0.03m)F_1 = 0$$

$$F_1 = \frac{0.33m \times 100N}{0.03m}$$

من معادلة الدائرة الهيدروليكية البسيطة لنقل القوة :

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

$P_1=P_2=P=F_1/A_1=F_2/A_2$

$F_1=P_1A_1=1100N$

$P_1=1100/A_1$

$$\boldsymbol{P_1 = \frac{1100}{A_1} = \frac{1100}{\frac{\pi}{4}d^2} = 6.22 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}$$

$P_1=P_2$

$F_2=P_1A_2$

$$\boldsymbol{F_2 = 6.22 \times 10^6 \times \frac{N}{m^2} \times \frac{\pi}{4} \times (0.05m)^2 = 12.22Kn}$$

مثال(1-2)

في الشكل المبين (1-4) إذا كان الضغط من جهة اليسار (5bar)، فما قيمة الضغط من جهة اليمين علماً أن قطر المكبس من جهة اليسار هو (10cm)، وقطر المكبس من جهة اليمين هو (5cm) ؟

بتطبيق المعادلة التالية ينتج ما يأتي :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$\frac{5\times10^5}{p_2} = \frac{\frac{\pi}{4}\times(5\times10^{-2})^2}{\frac{\pi}{4}\times(10\times10^{-2})^2}$$

$$\frac{P_2}{5\times10^5} = \frac{0.0025}{0.01}$$

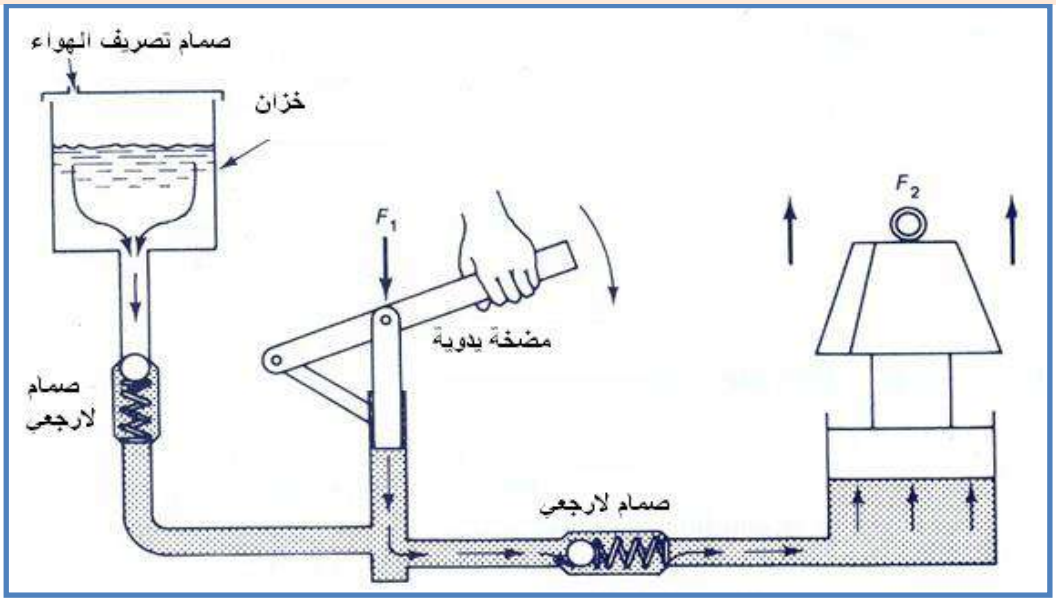
$P_2=1.25bar$ $P_2=125000\ n/m^2$

نشاط

للمثال السابق نفسه إذا كان الضغط من جهة اليمين، فما قيمة الضغط من جهة اليسار للأبعاد أنفسها ؟

5-1 التكوين الأساسي للدورة الهيدروليكية البسيطة :

The basic components for simple hydraulic cycle



شكل (1-6) يوضح فكرة عمل الدورة الهيدروليكية البسيطة

يوضح الشكل (1-6) التكوين الأساسي وفكرة عمل الدورة الهيدروليكية.

نؤثر في كباس مضخة وحيدة الكباس بقوة معينة . وبقسمة هذه القوة على مساحة مقطع الكباس، ينتج الضغط المؤثر على السائل.

وبزيادة القوة المؤثرة على الكباس يزيد الضغط . مع زيادة القوة، يرتفع الضغط حتى يصل إلى القيمة التي تمكنه من التغلب على الحمل الخارجي ورفعه . إذا ظل الحمل الخارجي ثابتاً، ظل الضغط أيضا ثابتاً، ولا يعاود الارتفاع. وهكذا فإن الضغط في الدائرة يرتفع إلى القيمة المطلوبة للتغلب على المقاومة التي تعوق الحركة، ولا يتعدى هذه القيمة. ويمكن بالتالي تحريك الحمل إذا أمكن رفع ضغط الدورة إلى القيمة المطلوبة لذلك.

وتعتمد سرعة حركة الحمل على معدل تدفق السائل الذي تم دفعه إلى الأسطوانة. ويعني هذا أنه بزيادة سرعة نزول كباس المضخة، الموضحة في الشكل (1-6)، يزداد معدل تدفق السائل المغذي للأسطوانة، وتزداد بالتالي سرعة رفع الحمل.

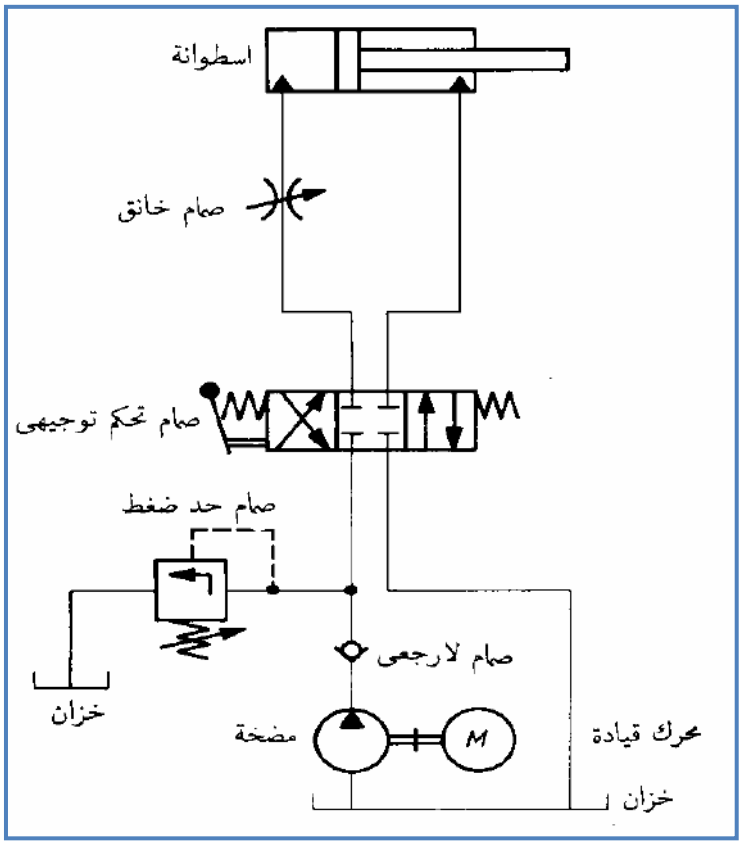
وفي الحياة العملية، عادة ما يتم تكبير هذه الدورة البسيطة. ويرجع ذلك إلى الرغبة في التحكم مثلاً في:

- اتجاه حركة الأسطوانة.

- سرعة الأسطوانة.
- أقصى حمل خارجي يمكن تحريكه.

ويتم ذلك بتركيب أجهزة تحكم خاصة . كما أنه يتم إبدال المضخة اليدوية بمضخة أخرى يقودها محرك.

ولإيضاح ذلك سنعرض في ما يلي تفصيلات دائرة هيدروليكية بسيطة كما في الشكل (1-7).



شكل (1-7) رسم تخطيطي للدائرة الهيدروليكية

وتسحب المضخة سائلاً من الخزان، وتدفعه إلى خط الضغط المتصل بها، والمزود بأجهزة تحكم مختلفة

- صمام توجيهي (لخروج الأسطوانة ورجوعها).
- صمام خانق (للتحكم في سرعة الأسطوانة).
- صمام حد الضغط (للتحكم في مقدار الضغط للمنظومة الهيدروليكية) .

ومن ثم يندفع السائل (الزيت) إلى الأسطوانة (أو المحرك الهيدروليكي). ويستمر سريان السائل في الخط طالما لم يواجه مقاومة لذلك.

ويمثل الحمل الذي تحركه الأسطوانة الموجودة في نهاية الخط مقاومة لسريان السائل. لذلك يرتفع ضغط السائل حتى يصل إلى القيمة المطلوبة للتغلب على هذه المقاومة، فتتحرك الأسطوانة.

وتستعمل الرموز بدلاً من الرسوم المبسطة لمقاطع أجزاء الدائرة.

ويطلق على الدائرة الناتجة عند استعمال الرموز لتمثيل العناصر اسم الرسم التخطيطي للدائرة. وستوضح الرموز المختلفة للمكونات، وكذلك وظائفها، وفكرة عملها لاحقاً في هذا الفصل.

6-1 خواص الزيت المستعمل بالتجهيزات الهيدروليكية

Prosperities of oil used in hydraulic preparations

يجب أن يكون الزيت المستعمل للتجهيزات الهيدروليكية مطابقاً للمواصفات القياسية الدولية. أي بالخواص الآتية:

1. يحتفظ بلزوجة مناسبة وثابتة زمناً طويلاً.
2. يحتفظ بسيولته عند درجات الحرارة المنخفضة.
3. لا يكوّن رواسب صمغية.
4. لا يحتوي على أحماض.
5. يقاوم درجات الحرارة العالية.
6. صامد للضغط كما يقوم بتزليق أسطح الانزلاق.
7. مقاوم للصدأ.
8. لا يتبخر.
9. لا يشتعل بسهولة.

7-1 أجزاء المنظومة الهيدروليكية

Parts of hydraulic system

تتكون التجهيزات الهيدروليكية من أجزاء أساسية وأجزاء أخرى مساعدة، كأنابيب التوصيل والوصلات الخاصة بها وأسطوانات التشغيل والصمامات والمضخات. وفي ما يلي عرض لكل جزء من أجزاء التجهيزات الهيدروليكية على حدة.

1-7-1 المضخات الهيدروليكية

Hydraulic pumps

تعمل المضخات على دفع السائل إلى الدائرة الهيدروليكية واستمرار سريانه بها، وإكسابه القوى المطلوبة لذلك.

تسحب المضخة السائل (غالباً من خزان) وتدفعه نحو فتحة المخرج.

ومنها يدخل السائل إلى الدائرة الهيدروليكية، ويصل إلى أماكن استعماله عن طريق عناصر التحكم المختلفة. ويواجه السائل مقاومة لحركته عند المستعمل، كما في حالة كباس الاسطوانة الهيدروليكية الواقع تحت تأثير حمل خارجي.

طبقاً لقيمة هذه المقاومة، ويأخذ ضغط السائل في الارتفاع، حتى يصل إلى قيمة تمكنه من التغلب على المقاومة، فتبدأ حركة المستعمل.

وهكذا، فإن المضخة الهيدروليكية لا ترفع ضغط السائل، ولكن الضغط يرتفع نتيجة المعوقات المختلفة التي تقاوم تدفق السائل داخل الدائرة. وعلى المضخة أن تتحمل الضغوط المتولدة، والاستمرار في دفع السائل إلى الدائرة من دون أن يؤدي ارتفاع الضغوط إلى فشلها في ذلك . أي إن المضخة الهيدروليكية تحول الطاقة الميكانيكية المكتسبة من المحرك الابتدائي إلى طاقة هيدروليكية .

ومن أنواع هذه المضخات:

1-1-7-1 المضخة الترسية:

GEAR pump

المضخات الترسية مضخات ثابتة الحجم الهندسي .

مواصفاتها

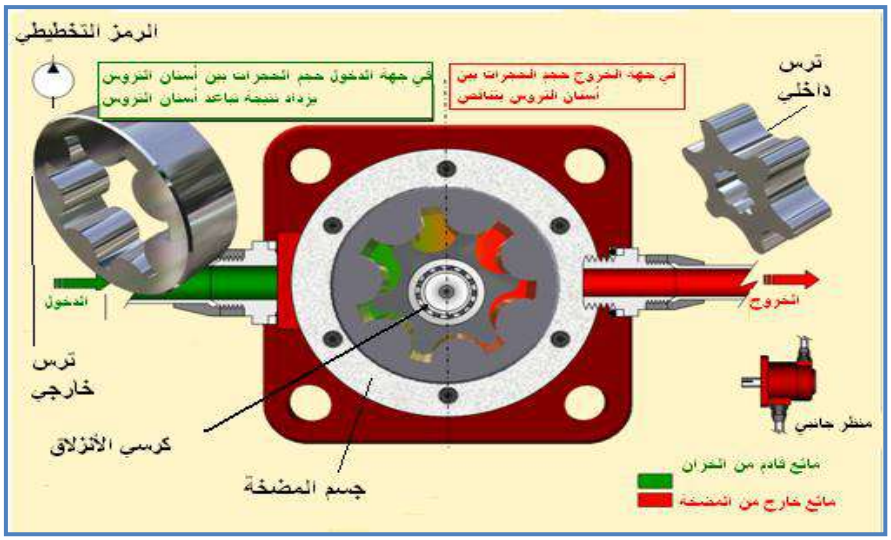
الحجم من (3.5 cc/rev) إلى (100)

الضغط حتى (250 bar)

أ- المضخة الترسية ذات التروس الداخلية

وتتكون أساساً من جسم المضخة يدور الذي بداخله زوج من التروس، وبين التروس والجسم خلوص صغير جداً في كلا الاتجاهين المحوري والقطري، بحيث تكون المضخة عملياً محكمة بالنسبة إلى تسرب الزيت .

وتتصل ناحية السحب (أخضر) بالخزان، في حين تتصل ناحية الضغط (احمر) بالدائر الهيدروليكية . كما مبين في الشكل (1-8).



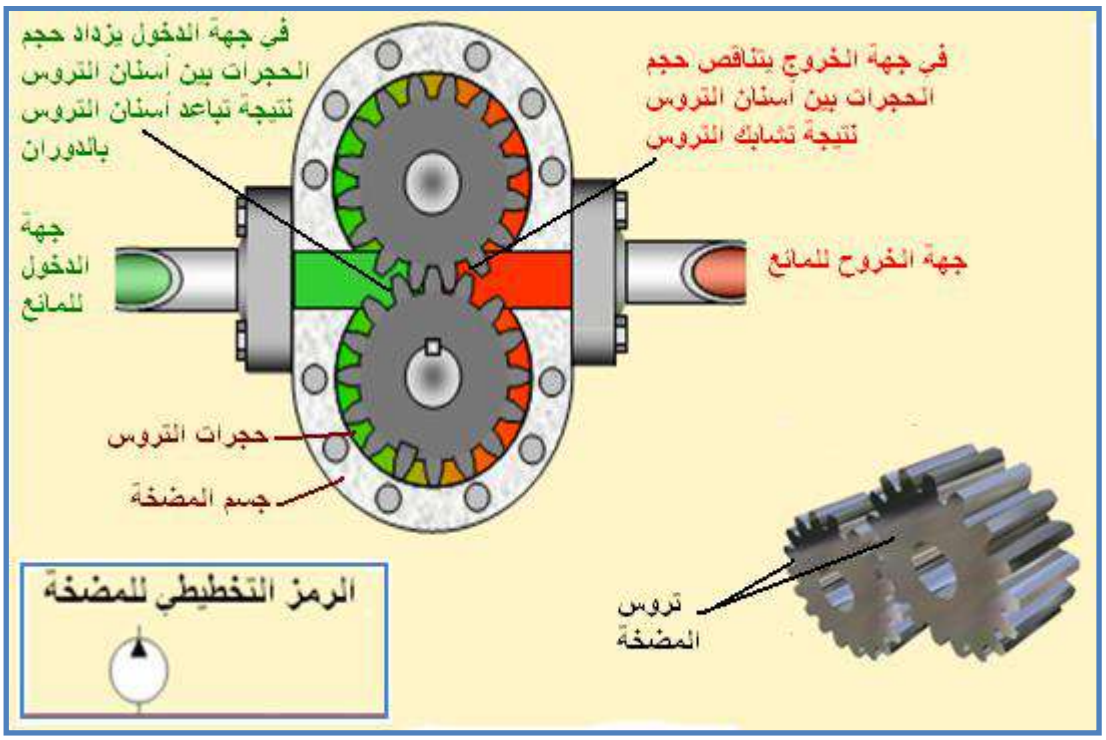
الشكل (1-8) يبين المضخة الترسية ذات التروس الداخلية

يدار الترس الداخلي في اتجاه معين، فيأخذ معه الترس الخارجي ليدورا معاً في الاتجاه نفسه.

وعند انفصال أسنان التروس نتيجة الحركة الدائرية، تتسع الفراغات بين الأسنان مما يؤدي إلى انخفاض الضغط في هذه الأماكن عن الضغط الجوي . وتحت تأثير الضغط الجوي المؤثر في سطح السائل بالخزان، ينساب السائل من الخزان إلى هذه الأماكن داخل المضخة. ويطلق على ذلك عموماً أن ((المضخة تسحب السائل)). فيملأ السائل فراغات التروس، وباستمرار الدوران يدفع السائل إلى ناحية الضغط (أحمر)، بعد ذلك تبدأ أسنان التروس في التعشيق مرة أخرى فتطرد السائل من غرف التروس إلى الخارج.

ب- المضخة الترسية ذات التروس الخارجية

في هذه الحالة تحتوي المضخة على ترسين خارجيين، كما هو موضح في شكل (1-9). يدار الترس الأول في اتجاه معين، مما يؤدي إلى دوران الترس الآخر في الاتجاه المضاد . تتطابق عملية سحب السائل إلى المضخة، في هذه الحالة مع تلك السابق شرحها للمضخة ذات التروس الداخلية. ينتقل السائل في غرف التروس دائرياً، ثم إلى خارج المضخة من فتحة الضغط (أحمر).



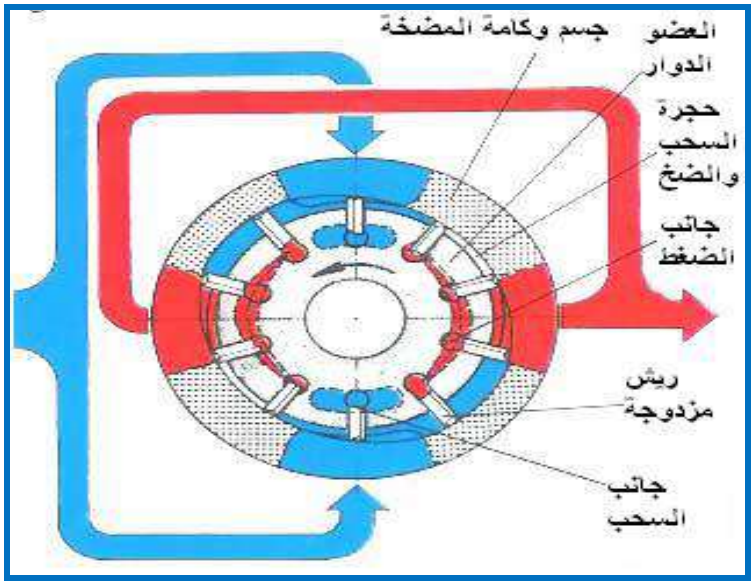
الشكل (1-9) يبين المضخة الترسية ذات التروس الخارجية

2-1-7-1 المضخة الريشية:

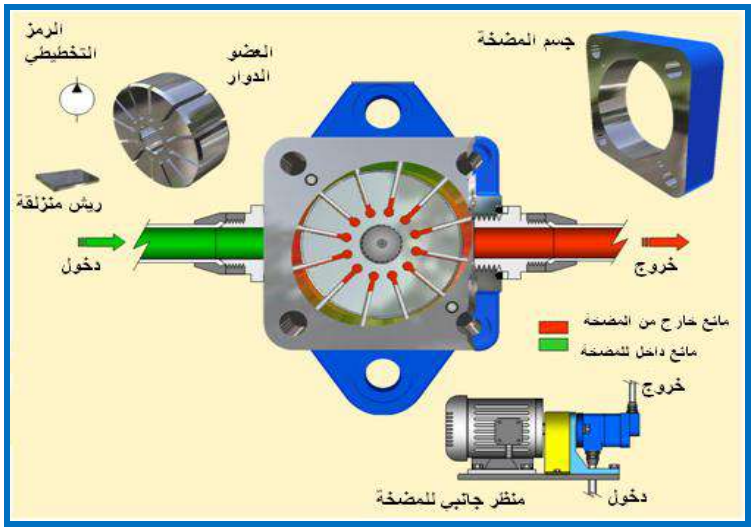
Van pump

أ- المضخة الريشية ثابتة الحجم الهندسي

يبين الشكل التوضيحي في (1-10) أساس تصميم هذه المضخة وفكرتها وعملها، إذ تتكون المضخة الريشية أساساً من جسم وكامة، وعضو دوار، به الريش. للكامة سطح داخلي تلامسه الريش، ذو اختلاف مركزي مزدوج. والعضو الدوار هو جزء القيادة، يوجد في كل شق ريشتان (ريش مزدوجة) يمكن أن تضغط كل منها على الأخرى، ويمكنها الانزلاق داخل الشق. وعند إدارة العضو الدوار تندفع الريش إلى الخارج تحت تأثير كل من قوة الطرد المركزي، وضغط الدورة المرتفع الذي يؤثر خلف الريش. وبهذا تلامس الحافة الخارجية لكل ريشة السطح الداخلي للكامة. وتتكون حجرة السحب والضخ من زوجين متتالين من الريش وسطح العضو الدوار وسطح الكامة الداخلي وأقراص التوجيه الجانبية. يتم السحب (اللون الأزرق أو الأخضر في الرسم الثاني) والضخ (باللون الأحمر) عن طريق أقراص توجيه جانبية.



أ



ب

أ- يوضح المدخلين والمخرجين لهيدروليك المضخة

ب- يوضح جمع المداخل والمخارج لهيدروليك المضخة مع مكونات المضخة

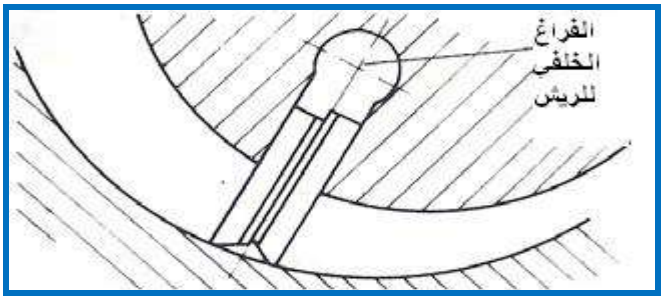
الشكل (1-10) يبين المضخة الريشية ثابتة الحجم الهندسي

عند دوران العضو الدوار في اتجاه السهم الموضح بالشكل، تتحرك الريش داخل الشقوق. وعند الاقتراب من خط السحب (أعلى وأسفل) تكون أجزاء الريش الخارجة من الشقوق صغيرة للغاية.

وباستمرار الدوران، يزداد طول جزء الريش الخارج من الشقوق ويزيد الحجم المحصور بين كل زوجين متتالين من الريش، ويمتلئ بالسائل الذي يصل إلى المضخة من خط السحب . عندما يصل هذا الحجم إلى أقصى قيمة له (عند أكبر مسافة بين مركز العضو الدوار والعضو الداخلي للكامة) ينقطع الاتصال بينه وبين خط السحب، وذلك عن طريق تشكيل أقراص التوجيه الجانبية، ويبدأ الاتصال بناحية الضغط. وعند هذا الموضع تبدأ الكامة بدفع الريش داخل الشقوق، فيقل الحجم مما يؤدي إلى طرد السائل إلى الخارج من فتحات الضغط,ولما كانت الكامة مصممة بحيث تكون ذات اختلاف مركزي مزدوج، فإن كل ريشة تنفذ دورتين كاملتين (دورتي سحب ودورتي طرد) في أثناء اللفة الواحدة للعضو الدوار، كما مبين في الشكل (1-10) أ، ولكن يجمع المدخلان للسائل بمدخل واحد للمضخة، وكذلك الحال بالنسبة إلى المخرجين، كما مبين في الشكل (1-10)ب.

وفي الوقت نفسه، تتقابل غرفتا السحب وكذلك غرفتا الطرد، مما يؤدي إلى اتزان القوى الناشئة عن الضغط التي تؤثر في عمود الدوران (يسمى هذا بالاتزان الهيدروليكي) .

ويؤثر الضغط المرتفع خلف الريش ويدفعها إلى للخارج، وبذلك يتحقق إحكام أفضل للتسريب، فضلاً عن الإحكام المزدوج الناشئ عند طرفي الريش.



الشكل (1-11) يبين الريش ونهايتها

ولتقليل الاحتكاك تشطف نهايتا الريشتين الموجودتين في كل شق، كما هو موضح في الشكل (1-11). إذ يؤدي الشطف الطولي لجوانب الريش إلى توازن الضغط المؤثر في أطراف الريش. ويظل سطح دحرجة الريش هو سطح التلامس مع الكامة .

وأثناء السحب لا تكون قوة التلامس المطلوبة بين الريش والكامة كبيرة . لهذا وفي هذه الأثناء يتم توصيل الفراغات خلف الريش إلى الخزان.

المواصفات الفنية:

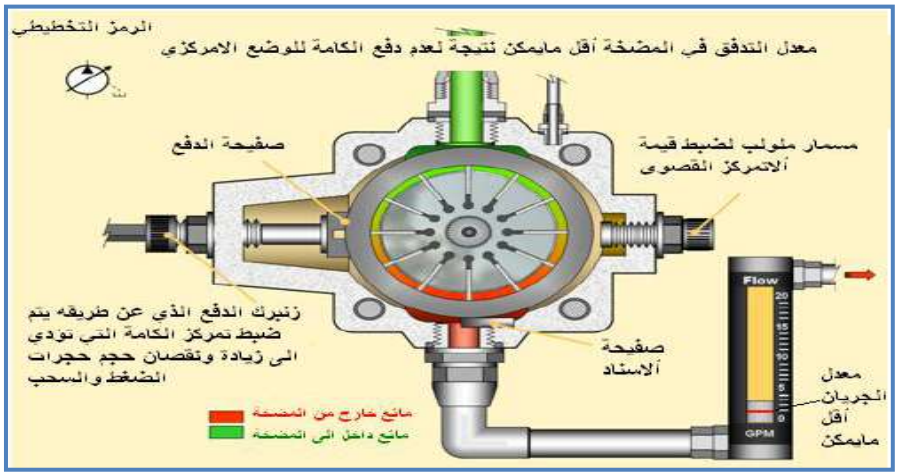
الحجم الهندسي من (10 cc/rev) إلى 100

ضغط التشغيل حتى (175 bar)

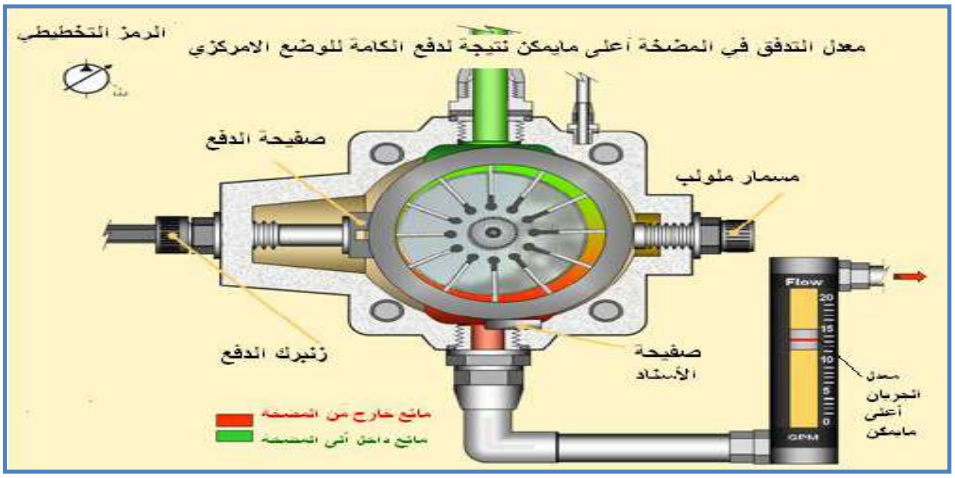
ب- المضخة الريشية متغيرة الحجم الهندسي

في هذا النوع من المضخات يمكن تغيير الحجم الهندسي عند أقصى ضغط تشغيل يتم تحديده. وتتماثل هذه المضخة المبينة في الشكل (1-12) مع فكرة عمل المضخة ثابتة الحجم الهندسي، ولكن في هذه الحالة تكون الكامة عبارة عن قرص مستدير متمركز مع محور الدوران يدفعه زنبرك إلى وضع

لامركزي ناحية العضو الدوار. ويتم ضبط قيمة اللاتمركز القصوى، وبالتالي أقصى حجم هندسي عن طريق مسمار ملولب للضبط .



(أ)



(ب)

أ- عدم دفع الكامة للوضع المركزي ب- دفع الكامة للوضع المركزي

الشكل (1-12) مضخة ريشية متغيرة الحجم الهندسي عند أقل وأعلى معدل جريان

المواصفات الفنية:

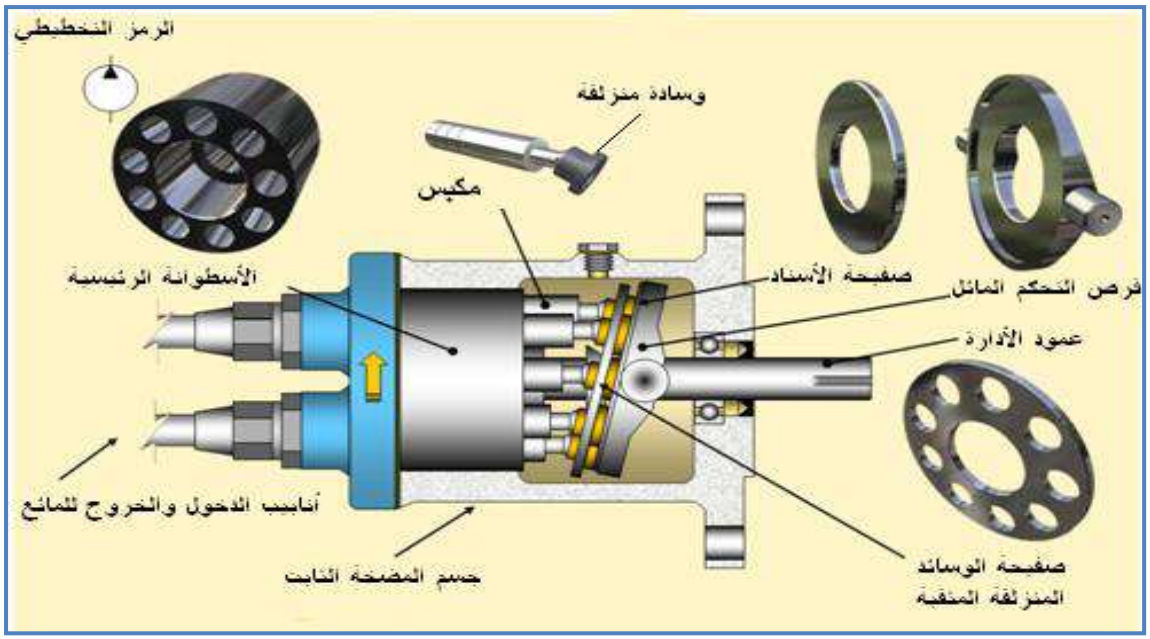
الحجم الهندسي حتى (47 cc/rev)

ضغط التشغيل حتى (100 bar)

3-1-7-1 المضخة المكبسية المحورية:

Axial piston pump

➢ **المضخة المكبسية المحورية ثابتة الحجم الهندسي**



الشكل (1-13) يبين مضخة مكبسية محورية ثابتة الحجم الهندسي

الوحدات المكبسية المحورية هي محولات للطاقة يتم فيها ترتيب الكابسات محورياً داخل أسطوانة، إذ يتم وضع تسعة مكابس مثبتة في نهايتها وسائد انزلاقية مستندة إلى صفيحة داخل أسطوانة لها قابلية الدوران وبحيث يوازي محور المكابس عمود الإدارة، كما مبين في الشكل (1-13). إذ يتحرك الكابس داخل أسطوانة تثبت إلى عمود الإدارة عن طريق خابور .

وتصمم نهايات المكابس بصورة وصلة عامة الحركة وتثبت في وسائد منزلقة .

وتوضع الوسائد على سطح مائل بزاوية 15^0، ويتم الاحتفاظ بهذا الوضع عن طريق حلقات دفع واحتجاز، كما مبين في الشكل (1-13) .

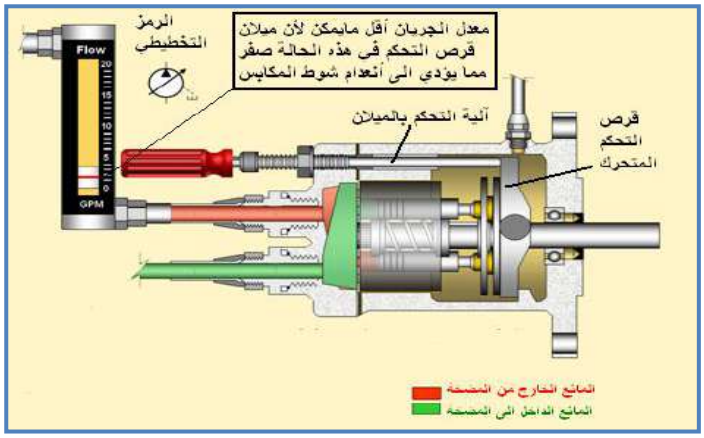
في الوحدات ثابتة الحجم الهندسي يكون السطح المائل جزءاً من الجسم، وبهذا يكون الميل ثابتاً. وعند إدارة العمود تدور الاسطوانة والجلب وغطاء الاسطوانة، فضلاً عن المكابس والوسائد المنزلقة. ولما كانت نهاية المكابس محتفظاً بها على السطح المائل عن طريق الوسائد المنزلقة، يتحرك كل كباس ترددياً في أثناء دورانه مع الأسطوانة وعمود الإدارة.

ويتم التحكم في دخول السائل وخروجه من المضخة عن طريق فتحتين، كل منهما بصورة كلية، موجودتين في قرص التحكم، المثبت في الجسم. وتتصل حجرات المكابس في أثناء خروجها من الأسطوانة بناحية السحب، كما مبين في الشكل (1-13)، عن طريق فتحة التحكم، فيتم سحب السائل إلى داخل المضخة. في هذه الأثناء، تتصل غرف المكابس المتحركة إلى داخل الأسطوانة بناحية الضغط عن طريق فتحة التحكم الأخرى، مما يدفع السائل من داخل غرف هذه المكابس إلى خارج المضخة من فتحة الضغط. وهناك دائماً كباس واحد في الموضع الانتقالي بين جانب السحب وجانب الضغط أو العكس.

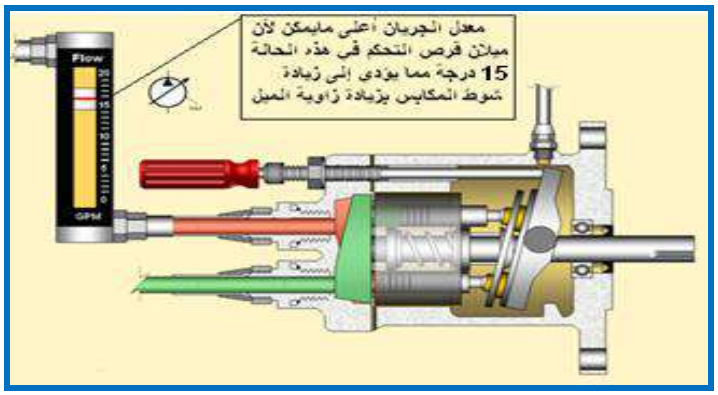
ويصل السائل المضغوط إلى مواضع الانزلاق عند الوسائد عن طريق فتحات في المكابس، وذلك للتزييت القسري للكراسي والمحاور.

➢ المضخة المكبسية المحورية متغيرة الحجم الهندسي

في الأنموذج ذي الحجم الهندسي المتغير لا يكون السطح المائل جزءاً من جسم المضخة، ولكنه يكون بصورة قرص. يمكن للقرص المتراوح أن يتحرك، وتتم إدارته بمقدار $15^0 \pm$ من وضعه الرأسي عن طريق آلية التحكم المبينة في الشكل (1-14). ويحدد ميل السطح، أي زاوية ميل القرص، مقدار شوط المكابس، وبالتالي الحجم الهندسي. ويزيد شوط المكابس بزيادة زاوية الميل .



(أ)



(ب)

وعندما يكون القرص في وضع مركزي (وضع الصفر)، أي رأسياً بالنسبة إلى عمود الإدارة، يكون شوط المكابس منعدماً، ويكون الحجم الهندسي بالتالي صفراً. وبتغير زاوية ميل القرص من موجبة إلى سالبة أو بالعكس، في

أثناء ثبات اتجاه سرعة دوران المضخة ومقدارها، يتبدل اتجاها السحب والطرد.

(أ) ميلان قرص التحكم في هذه الحالة صفر

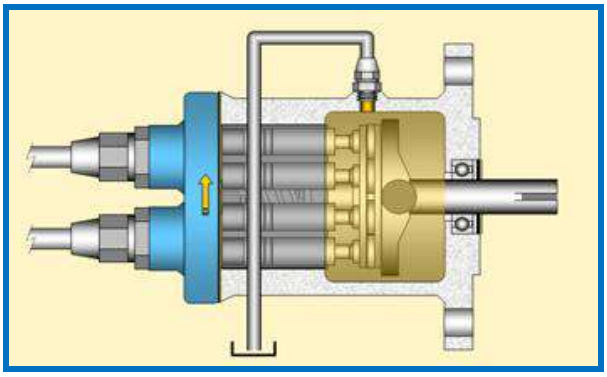
(ب) ميلان قرص التحكم 15 درجة

الشكل (1-14) يبين المضخة المكبسية متغيرة الحجم الهندسي عند أقل وأعلى معدل للجريان

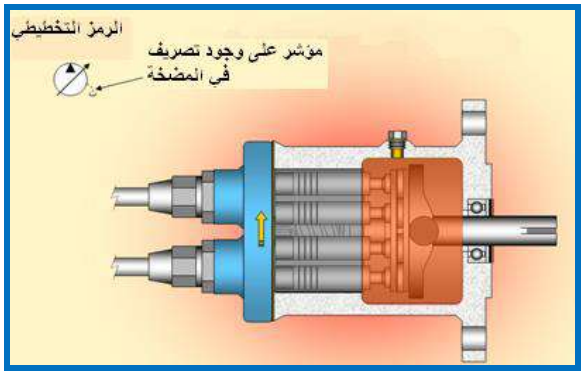
تصريف خزان المضخة المكبسية

Piston Pump case Drain

في المضخة المكبسية متغيرة الحجم الهندسي تتزايد درجة حرارة المضخة أعلى من الحد الطبيعي في بعض الأحيان. وذلك يحدث عندما يكون حجم الشوط أقل ما يمكن، أي قريباً من الصفر، أي معدل التدفق اقل ما يمكن مما يؤدي إلى أن مكونات المضخة الداخلية سوف تقع بين وسطين: أحدهما ذو ضغط عالٍ والآخر: واطئ وهو الدخول، أي إن المائع سوف يتنقل بين وسطين مختلفين بالطاقة التي سوف تتحول إلى حرارة تؤثر في لزوجة الزيت وبالتالي في عمل المضخة، ولمعالجة هذه الحالة وضع أنبوب تصريف على جسم المضخة يربط مع الخزان الرئيس لاستبدال الزيت وتبديله مع الزيت الموجود في الخزان، كما مبين في شكل (1-15).



درجة حرارة المضخة طبيعية



درجة حرارة المضخة أعلى من الحد الطبيعي

الشكل (1-15) يبين تبريد الزيت في المضخة عن طريق أنبوب التصريف

1-7-2 الصمامات

Valves

الصمامات هي عناصر مكنية تستعمل كأجهزة تنظيم وتحكم في القدرة، أي للتحكم في تشغيل آليات الإدارة وتوقفها، وعكس اتجاه الحركة وتشغيل المعدات، كما تحمي التجهيزات الهيدروليكية من زيادة التحميل، والمحافظة على ضغوط ثابتة للسوائل في الأجزاء المختلفة للمجموعة.

أنواع الصمامات :

Types of valves

هناك توجد أنواع مختلفة من الصمامات، تختلف أشكالها باختلاف وظيفة كل منها . وفي ما يلي عرض لأنواع الصمامات المختلفة، كل منها على حدة.

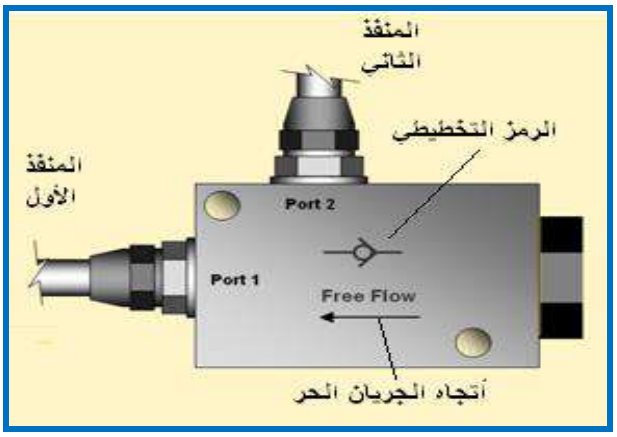
1-2-7-1 الصمامات اللارجعية:

Check Valves

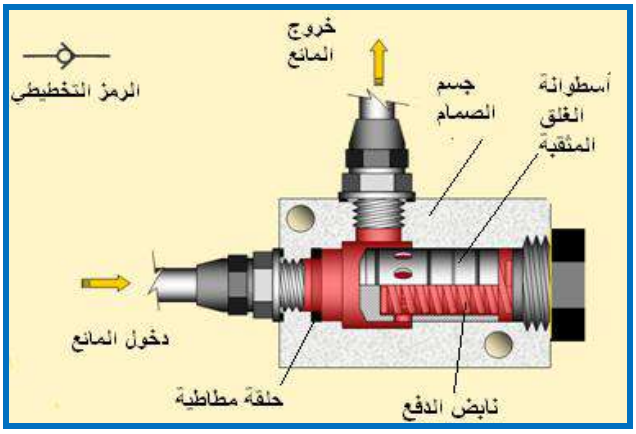
أ- الصمامات اللارجعية البسيطة:

Simple check valves

تستعمل هذه الصمامات في الدوائر الهيدروليكية لمنع سريان السائل في اتجاه معين والسماح بمروره من دون عوائق في الاتجاه الحر. ويطلق على هذه الصمامات اسم الصمامات اللارجعية. وتوضح مجموعة الأشكال (1-16) رسماً تخطيطياً لمقطع في صمام لارجعي بسيط . عنصر الغلق في الصمام اسطوانة مجوفة مثقبة من الجانب ذي الرأس المحدب يدفع إلى المقعد (الحلقة المطاطية) الموجود في جسم الصمام بواسطة نابض الدفع، ونظراً لأن النابض يعمل دائماً على دفع عنصر الغلق تجاه المقعد، يمكن تركيب هذا الصمام في أي وضع . وعند سريان السائل داخل الصمام في الاتجاه الموضح بالأسهم يبتعد الرأس المحدب

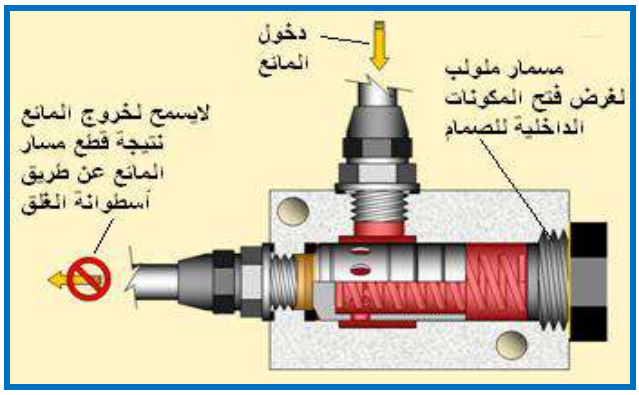


أ- شكل يوضح الصمام اللارجعي من دون فتح الغطاء الخارجي مع توضيح المسار الحر للهيدروليك على الغلاف



ب- شكل يوضح جريان المائع في المسار الحر

للأسطوانة عن الحلقة المطاطية تحت تأثير ضغط السائل. ويبتعد الرأس المحدب عن المقعد تحت تأثير ضغط السائل مما يسمح للسائل بالسريان من دون عوائق. أما في الاتجاه المعاكس فيقوم كل من النابض وضغط السائل بدفع الرأس المحدب إلى المقعد مما يؤدي إلى غلق الصمام ومنع السريان .



ج- شكل يوضح عدم إمكانية جريان المائع في الاتجاه المعاكس

مجموعة الأشكال (1-16) توضح مكونات الصمام اللارجعي ومسار المائع فيه

ب- الصمامات اللارجعية مرشدة التشغيل:

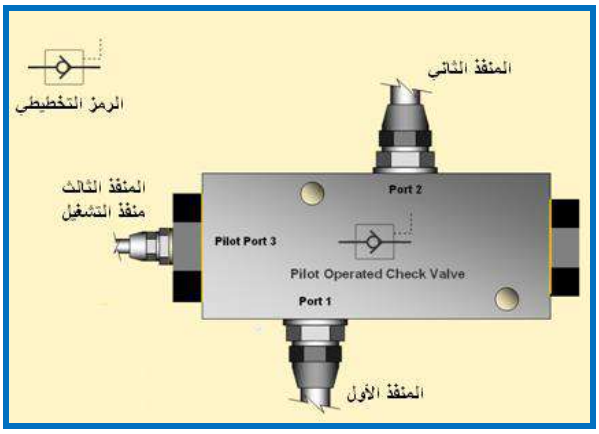
Pilot Operated Check Valve

بخلاف الصمامات اللارجعية البسيطة، يمكن فتح الصمامات اللارجعية مرشدة التشغيل، للسماح بمرور السائل في اتجاه الغلق، وذلك تحت تأثير ضغط خارجي يسمى ضغط الإرشاد .

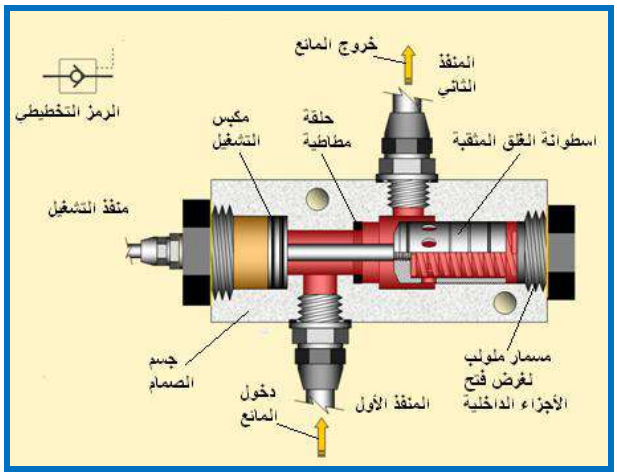
وتستعمل هذه الصمامات في الدوائر بهدف :

- إحكام غلق الخطوط المحتوية على سائل ساكن تحت ضغط.
- منع سقوط الأحمال المرفوعة في حالة كسر المواسير أو قطع الخراطيم.
- منع الحركات الزاحفة للمستعمل عند تعرضه لأحمال خارجية في أثناء توقفه.

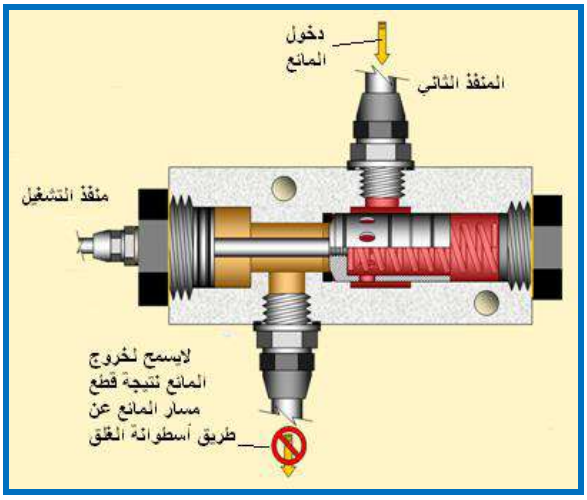
ويسري السائل من دون عوائق في الاتجاه من المنفذ الأول إلى المنفذ الثاني. أما في الاتجاه فيكون الصمام مغلقاً نتيجة ارتكاز الرأس المحدب الرئيس على المقعد (الحلقة المطاطية) تحت تأثير ضغط السائل وقوة النابض، كما مبين في شكل (1-17).



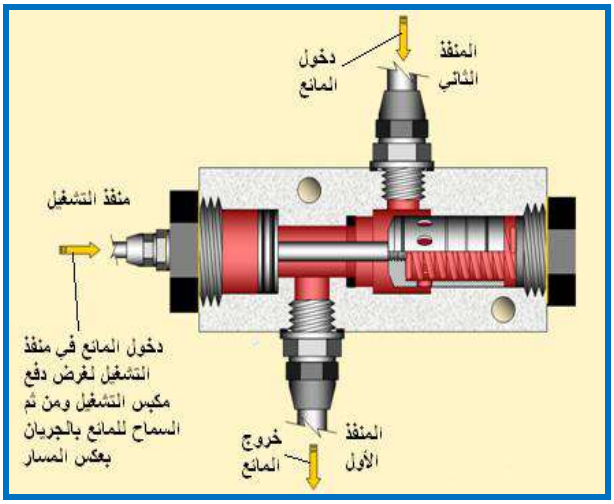
أ- شكل يوضح الصمام بدون فتح الغطاء الخارجي



ب- شكل يوضح جريان المائع في المسار الحر



ج- شكل يوضح بعدم إمكانية جريان المائع في الاتجاه المعاكس



د- شكل يوضح إمكان جريان المائع في الاتجاه المعاكس

الشكل (1-17) يوضح مكونات وآلية عمل الصمامات اللارجعية مرشدة التشغيل

عندما يرتفع الضغط عند فتحة المنفذ، يتحرك مكبس التشغيل إلى اليمين. إذ يدفع الأسطوانة المجوفة عن طريق الوصل المعدنية، وبالتالي سيتمكن السائل من السريان بالاتجاه المعاكس خلال الصمام، إي من المنفذ الثاني إلى المنفذ الأول، كما مبين في الشكل (1-17).

1-7-2-2 صمامات التحكم فى التدفق:

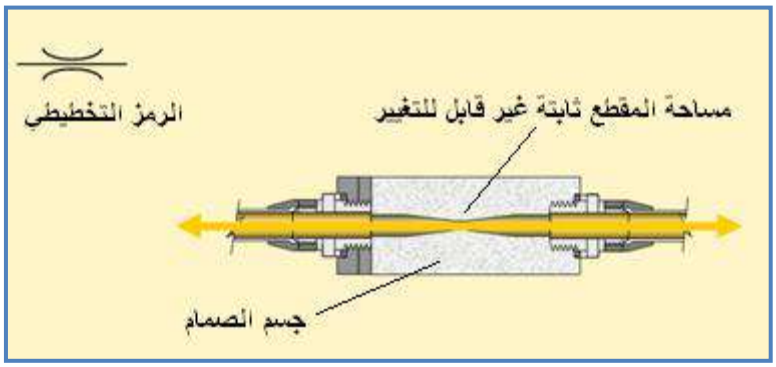
Flow Control Valves

تعمل صمامات التحكم في التدفق على تنظيم سرعة عناصر الآلة المتحركة هيدروليكياً، وذلك بتغيير معدل التدفق بالتحكم في مساحة مقطع مسار الزيت داخل المجموعة، إذ يتم تصغير هذا المقطع عن طريق إدارة المنظم، لتخفيض كمية الزيت المارة من الصمام في وحدة الزمن . أي إن وظيفة الصمام هو التحكم في تغيير سرعة الكباس (ارتفاع معدل سرعة حركة تشغيل الآلة أو انخفاضها)، كما يمكن توقف الآلة تماماً وذلك عن طريق غلق الصمام .وتوجد ثلاثة أنواع للصمام، وهي

أ- صمام التحكم في التدفق ذو مساحة المقطع الثابتة

Fixed Orifice

يتميز صمام التحكم في التدفق من هذا النوع بأن مساحة مقطع التخصر ثابتة، أي إن التغير الحاصل في المساحة الذي عن طريقه يتم تغيير التدفق ثابت، أي أن تغير معدل التدفق ثابت والمائع قابل للجريان من الجهتين، كما مبين في الشكل (1-18)

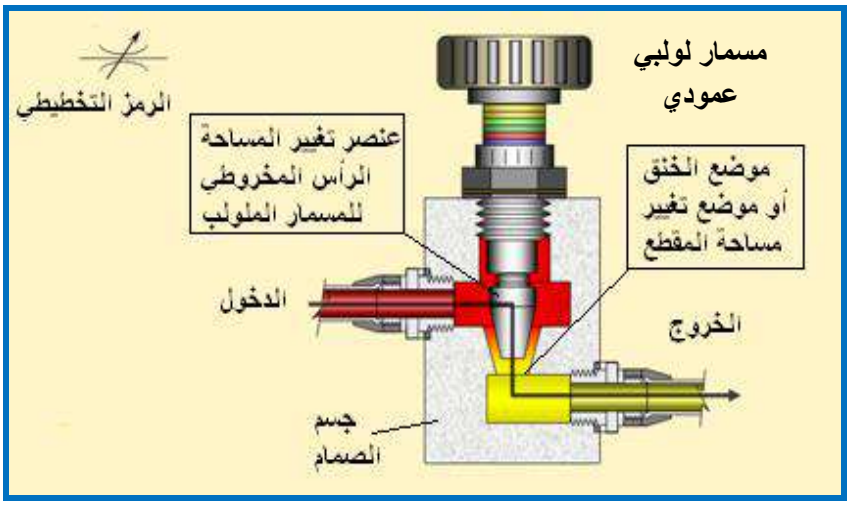


الشكل (1-18) يبين صمام التحكم في التدفق ذا المساحة الثابتة

ب- صمام التحكم في التدفق ذو مساحة المقطع المتغيرة

Needle valve (adjustable orifice)

يتميز صمام التحكم في التدفق من هذا النوع بأن مساحة مقطع التخصر متغيرة، أي إن التغير الحاصل في المساحة الذي عن طريقه يتم تغيير التدفق متغير وقابل للتحكم فيه عن طريق حركة الرأس المخروطي العمودية المبين في الشكل (1-19)، أي أن تغير معدل التدفق للمائع المار في الصمام قابل للتحكم فيه .



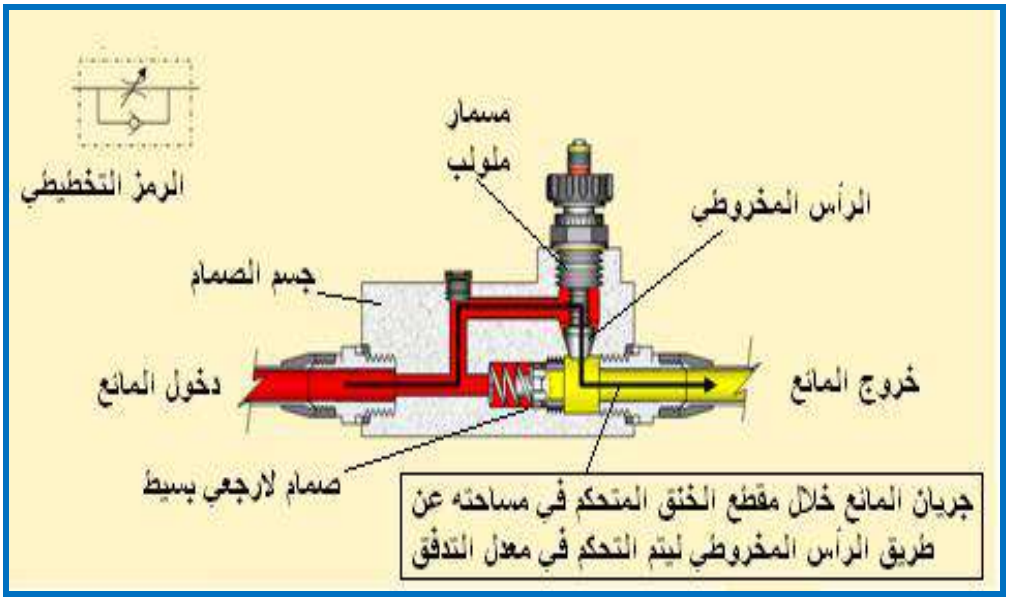
شكل يوضح جريان المائع خلال مساحة المقطع المتغيرة

الشكل (1-19) يبين صمام التحكم في التدفق ذا مساحة المقطع المتغيرة

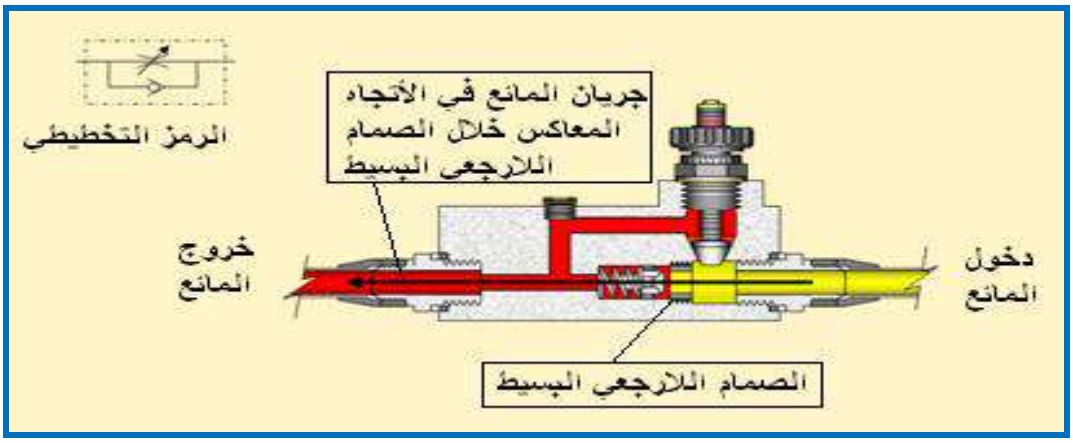
ج- الصمام الخانق / اللارجعي

Flow control valve (adjustable orifice with by-pass check)

الصمام الخانق / اللارجعي يتكون من جزأين، وكل جزء يمثل نوعاً لصمام، أحدهما يمثل صمام التحكم في التدفق ذا مساحة المقطع المتغيرة، والآخر يمثل صماماً لارجعياً بسيطاً، ففي حالة مرور المائع في اتجاه معين، مثلما يبين الشكل (1-20)، وخلال الجزء الأول فسيمر المائع، ولكن سوف يتم التحكم بمعدل التدفق الخارج، ولا يمكن للمائع أن يمر خلال الصمام اللارجعي في هذا المسار، لأنه سوف يكون مغلقاً وفي حالة جريان المائع في الاتجاه المعاكس، كما مبين في الجزء الثاني من الشكل (1-20)، فسوف يمر خلال الصمام اللارجعي بصورة حرة.



شكل يوضح جريان المائع خلال الجزء الذي يتحكم في معدل التدفق



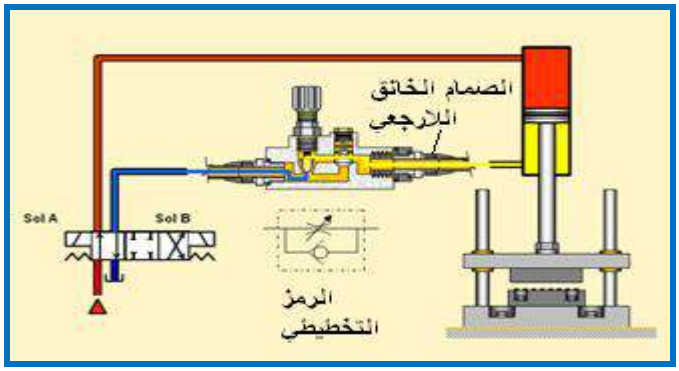
شكل يوضح جريان المائع بصورة حرة ومعاكسة خلال الصمام اللارجعي

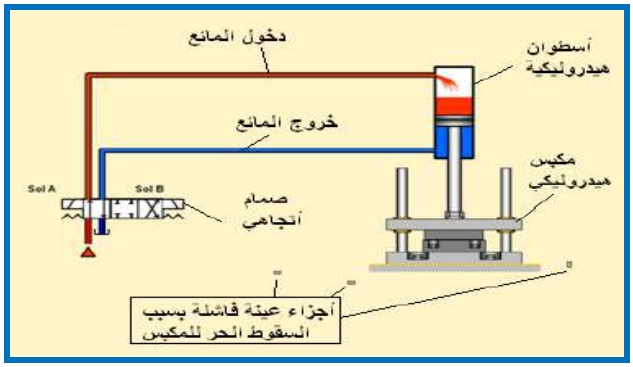
الشكل (1-20) يبين الصمام الخانق / اللارجعي

تطبيقات الصمام

Valve application

لهذا الصمام تطبيقات كثيرة، ومنها المكبس الهيدروليكي، فلو تم تشغيل المكبس من دون الصمام فسوف تفشل العينة، وذلك لأن رأس المكبس عند نزوله للأسفل سوف يتأثر بوزنه فضلاً عن قوة ضغط الهيدروليك، مما يؤدي إلى نزوله سريعاً بحيث إن السائل في الاسطوانة الهيدروليكية لن يستطيع أن يتزامن معدل جريانه مع حركة المكبس، مما يؤدي إلى فشل العينة وتقطيعها إلى أجزاء، كما مبين في الشكل (1-21)، ولعلاج هذه الحالة يوضع الصمام في مجرى خروج المائع من المكبس، مما يؤدي إلى التحكم بمعدل تدفق المائع الخارج، وبالتالي سوف يتزامن معدل التدفق الخارج مع الداخل وفي الوقت نفسه في حالة تم رفع المكبس إلى الأعلى عن طريق عكس الجريان في الأنابيب عن طريق الصمام الاتجاهي، فسوف يمر المائع بالصمام نفسه ولكن في المسار الحر عن طريق جزء الصمام اللارجعي.





شكل يوضح السقوط الحر للمكبس الهيدروليكي شكل يوضح السقوط المسيطر عليه عن طريق الصمام

الشكل(1-21) يمثل أحد تطبيقات الصمام الخانق / اللارجعي

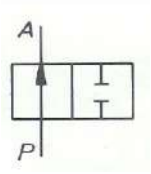
3-2-7-1 صمامات التحكم التوجيهية:

Directional Control Valves

الغرض من صمامات التحكم التوجيهية هو أن يتم التحكم في بداية حركة سريان السائل واتجاهه في الدائرة الهيدروليكية وكذلك إيقافه، وبالتالي تحديد حركة المستعمل (سواء أكان أسطوانة أم محركاً هيدروليكياً) أو موضع توقفه. ويتم تسمية صمام التحكم التوجيهي على وفق عدد فتحات الخدمة (ولا يمثل ذلك فتحات التحكم) وعدد أوضاع التوصيل، وتحدد أنواع صمامات التوجيه عن طريق إعداد توضع أمام كلمة " صمام توجيه " الرقم الأول يعطينا عدد الوصلات (عدد الفتحات)، أما الرقم الثاني فيعطينا عدد الأوضاع . ونفصل في ما بعد كلا الرقمين بواسطة شرطة مائلة .

وعلى هذا فالصمام ذو فتحتي الخدمة ووضعي التوصيل يسمى صمام 2 / 2 .

الرمز



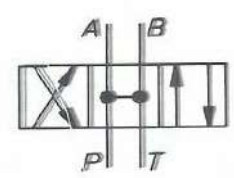
والصمام الذي له أربع فتحات خدمة وثلاثة أوضاع توصيل، يسمى صمام تحكم توجيه 4/3.

(P) = فتحة خط الضغط (فتحة المضخة)

(T) = فتحة الخزان

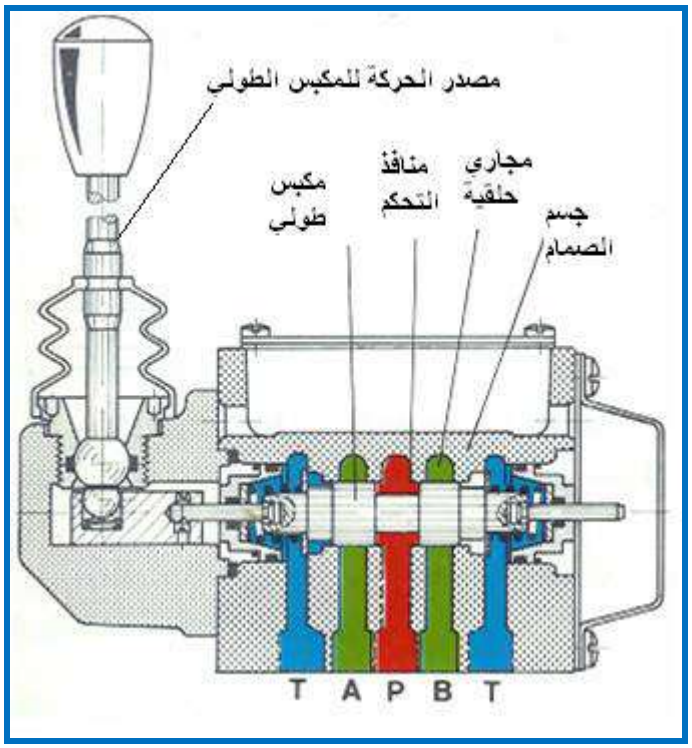
(A&B) = فتحتا المستعمل

الرمز

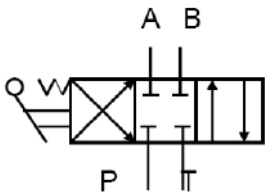


وتوضع أسماء الفتحات على الإطار الخارجي للصمام، كما هو موضح بالرمز .

ويبين الشكل (1-22) مثالاً لصمام اتجاهي كما مبين.



الرمز



الشكل (1-22) يبين مثالا لصمام تحكم اتجاهي

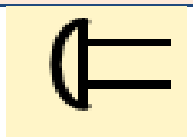
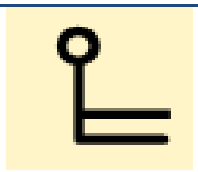
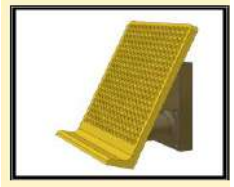
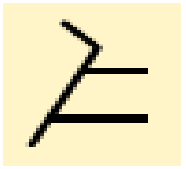
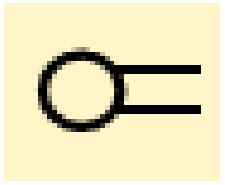
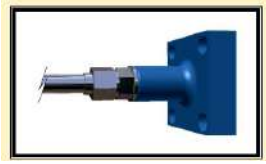
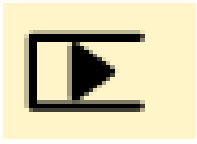
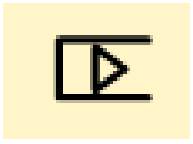
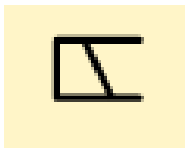
إذ يتم تشكيل مجارٍ حلقية (عادة في أثناء السباكة حول تجويف طولي بالجسم، وعند تقاطع سطح التجويف الطولي مع سطح المجاري الحلقية تتكون منافذ التحكم بالجسم، ويوضع بداخل التجويف الطولي مكبس طولي انزلاقي قابل للحركة عن طريق مصدر حركة (مصدر الحركة في الشكل عبارة عن مصدر ميكانيكي وهي عتلة ميكانيكية) إذ يتم تحريك المكبس الطولي في صمامات التحكم التوجيهية بصورة مباشرة، ويتم التشغيل عن طريق إشارة التشغيل مباشرة، من دون اللجوء إلى استعمال قوى مساعدة إضافية في التشغيل . ويمكن تشغيل هذه الصمامات ميكانيكياً أو هيدروليكياً أو هوائياً أو كهربائياً، ويركب عنصر التشغيل على جانب جسم صمام التحكم التوجيهي، وبتحريك المكبس الطولي تتصل المجاري الحلقية الموجودة بالجسم أو تنفصل، ويتصل كل مجرى حلقي بمخرج (فتحة) موجود على سطح جسم الصمام .

1-3-2-7-1 مصادر الحركة للصمام

Movement source

يبين الجدول التالي أنواع مصادر الحركة للمكبس الانزلاقي داخل الصمام الاتجاهي

الجدول (1-1) يبين أنواع مصادر الحركة في الصمامات الاتجاهية

الشكل	الرمز	نوع مصدر الحركة		ملاحظات إضافية
		Push button	ضغط مباشر	مصادر حركة يدوية عامة
		lever	العتلة	
		foot	القدم	
		Mechanical	ميكانيكية	
		HYD. PILOT	هيدروليكية	
		PNEU.PILOT	هوائية	
		SOLENOID	كهربائية	
		spring	نابض	

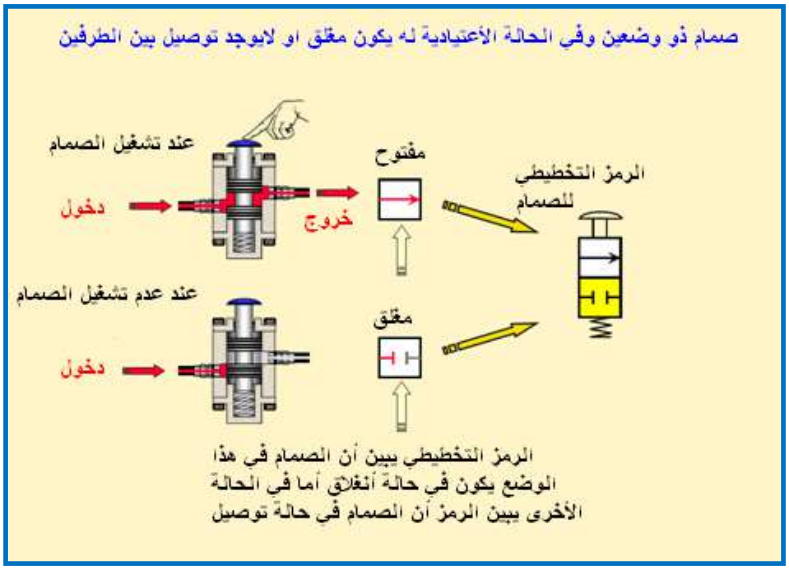
2-3-2-7-1 أوضاع الصمام الاتجاهي أو طرائق تشغيله

Valve Ways

يقصد بأوضاع الصمام هي أوضاع توصيل الصمام للمائع بين الطرفين أو بين منافذ الدخول والخروج للمائع، ويمكن أن تقسم أوضاع التوصيل على عدد المنافذ المربوطة مع الصمام، وتنقسم إلى ثلاثة اقسم وهي

1- وضعان للتوصيل

يمتلك الصمام في هذه الحالة وضعين لتوصيل المائع، كما مبين في الشكل (1-23)، ففي حالة عدم التشغيل للصمام، أي في حالة عدم حركة المكبس الانزلاقي الموجود داخل الصمام سوف يكون في حالة عدم توصيل للمائع بين المنفذين على جانبي الصمام، وفي حالة التشغيل أي في حالة حركة المكبس الانزلاقي سوف يكون في حالة توصيل للمائع، أو بالعكس، يمكن أن يكون في الحالة الاعتيادية في حالة توصيل، وعند التشغيل يكون في حالة عدم توصيل .

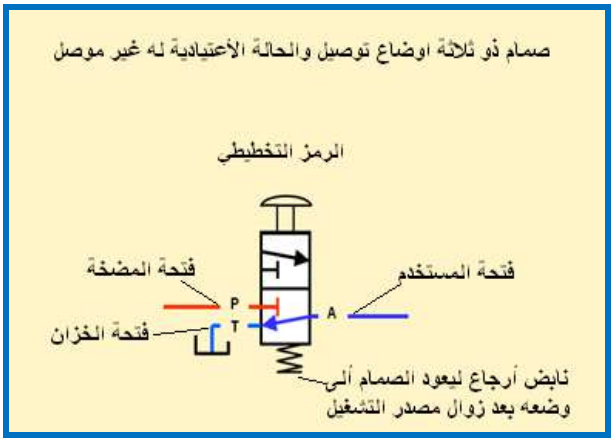


الشكل (1-23) يبين الصمام الذي يمتلك وضعين لتوصيل المائع

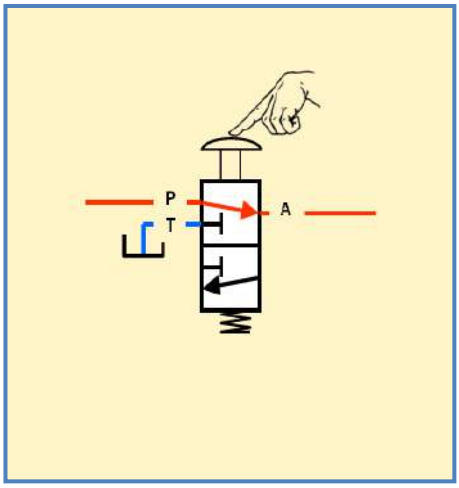
2- ثلاثة أوضاع للتوصيل

في هذا النوع من الصمام المبين في الشكل (1-24) يتكون من ثلاثة منافذ، وهي فتحة المضخة، وفتحة الخزان، وفتحة المستخدم ففي حالة عدم التشغيل (أي الحالة الاعتيادية له) سوف يتم توصيل فتحة المستخدم مع فتحة الخزان، وبذلك سوف يعود الهيدروليك إلى الخزان، وفتحة المضخة سوف تكون مفصولة، أما في حالة الضغط على الصمام (أي حالة التشغيل) فسوف يكون منفذ المضخة موصولاً مع فتحة المستخدم، فلذلك سوف يتم تجهيز الهيدروليك إلى المستخدم كأن يكون أسطوانة أو محركاً

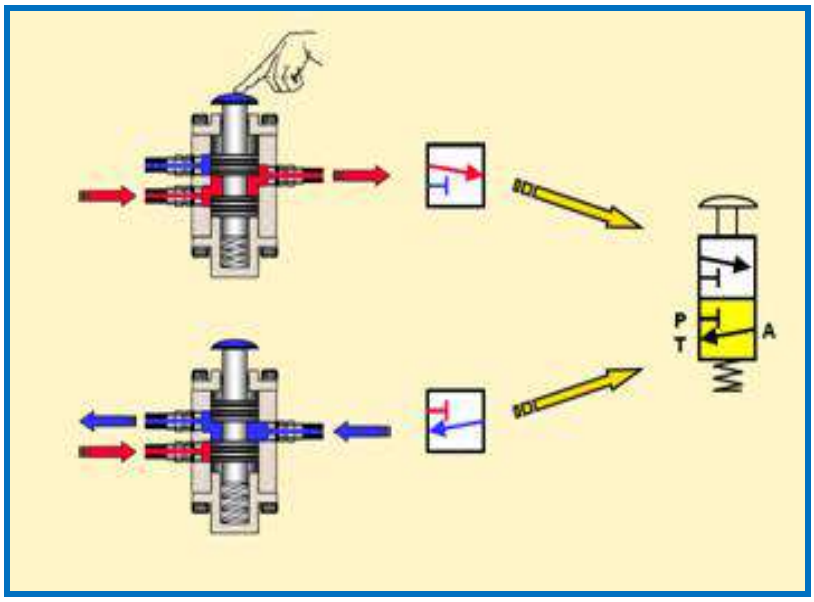
هيدروليكياً وفتحة الخزان سوف تكون معزولة، ويمكن عكس الحالة، أي يكون في الحالة الاعتيادية له موصلاً وعند الضغط يكون غير موصل.



(ب)



(أ)



(ج)

أ- بعد التشغيل ب- قبل التشغيل ج- عند جمع الحالتين في رمز واحد

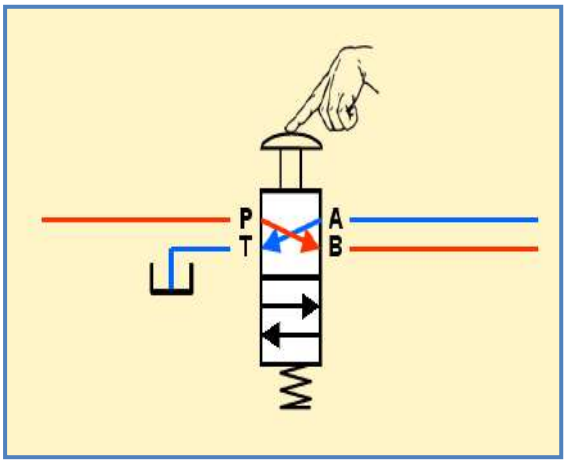
الشكل(1-24) يبين صماماً ذا ثلاثة أوضاع للتوصيل

3- أربعة أوضاع للتوصيل

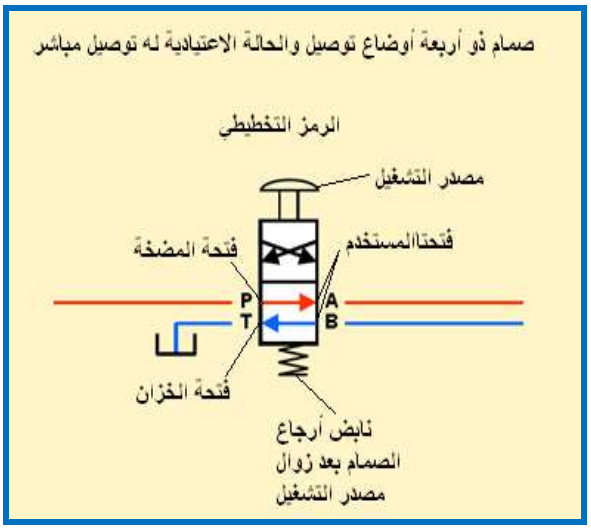
في هذا النوع من الصمامات المبين في الشكل (1-25) يتكون من أربعة منافذ، منها اثنان تابعان للمستخدم، وواحد للمضخة، وواحد لفتحة الخزان، ففي الحالة الاعتيادية إذا كان الصمام في حالة التوصيل المباشر أي قبل التشغيل، فسوف يتم إيصال فتحة المضخة (P) مع فتحة المستخدم (A) ومن

ثم يعود الهيدروليك من فتحة المستخدم الثانية (B)، ولكن بضغط أوطأ؛ لأنه مر عبر المشغل النهائي كأن يكون أسطوانة أو محركاً هيدروليكياً مما يؤدي إلى فقدانه لضغطه، وبعد أن يعود إلى فتحة المستخدم الثانية سوف يتم إيصاله مع فتحة الخزان ليعود إلى الخزان، ومن ثم يعيد دورته، أما في حالة بعد التشغيل فسوف يتم التوصيل بصورة متعاكسة، أي يتم توصيل فتحة المضخة بالجهة المعاكسة لفتحات المستخدم، وسبب ذلك لكي يتم قلب عمل المشغل النهائي، أي مثلاً عكس اتجاه عمل أسطوانة أو عكس دوران محرك هيدروليكي، ومن ثم يعود الهيدروليك إلى فتحة المستعمل الثانية بعد هبوط ضغطه، ومن ثم إيصاله إلى فتحة الخزان.

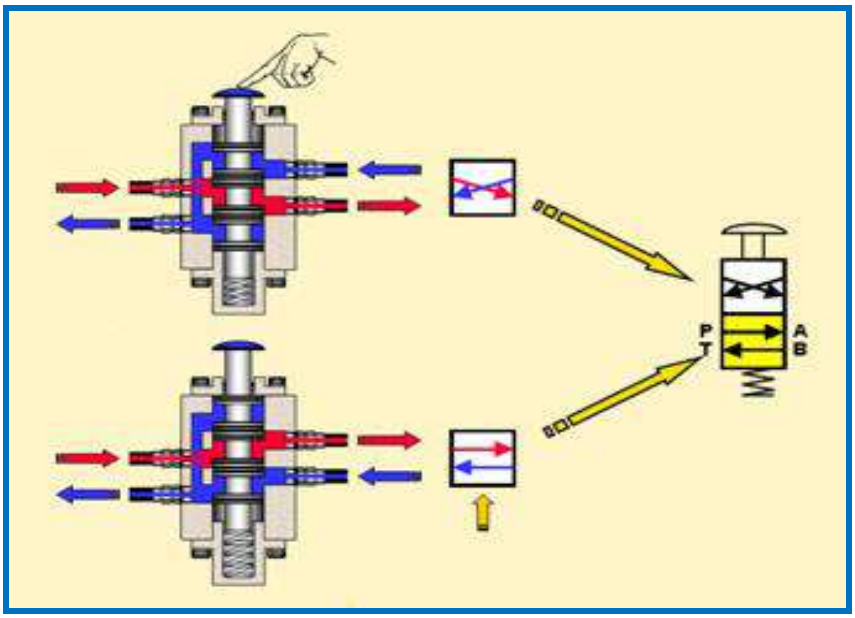
ويمكن عكس العملية كلها، أي في حالة عدم التشغيل يكون بصورة متعاكسة، ومن ثم بعد التشغيل يكون بصورة متوازية.وفي هذا النوع من الصمام يمكن أن تكون حركة المكبس الانزلاقي الطولي بصورتين أما (بموقعين للحركة أو ثلاثة مواقع للحركة) التي تم شرحها في الشكل (1-25) هو حركة المكبس بموقعين، أما لثلاثة مواقع فسوف يتم شرحها لاحقاً.



(أ)



(ب)



(ج)

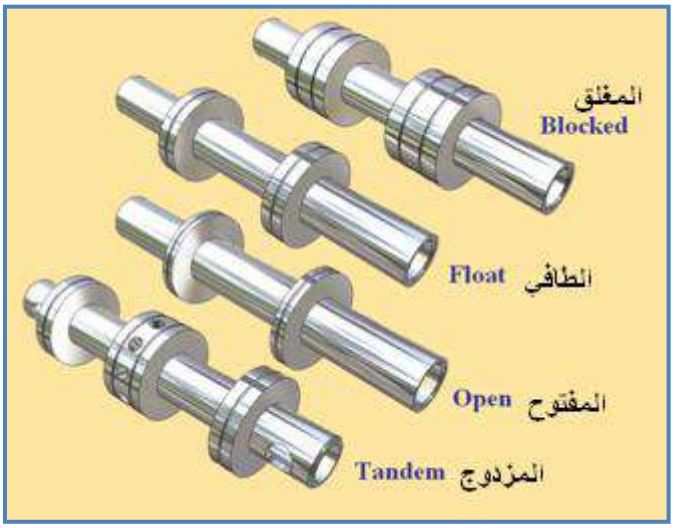
أ- بعد التشغيل ب- قبل التشغيل ج- عند جمع الحالتين في رمز واحد

الشكل (1-25) يبين صماماً ذا ثلاثة أوضاع توصيل

1-7-2-3-3 أنواع المكبس الانزلاقي وآلية عمله

Valve spools kind & its operation

للمكبس الانزلاقي أربعة أنواع، كما مبين في الشكل (1-26) وهي (open،tandem ، float & blocked) مصنفة على أساس وضع التوصيل المركزي، أما بالنسبة إلى آلية عمل كل واحدة فهي كما يأتي:



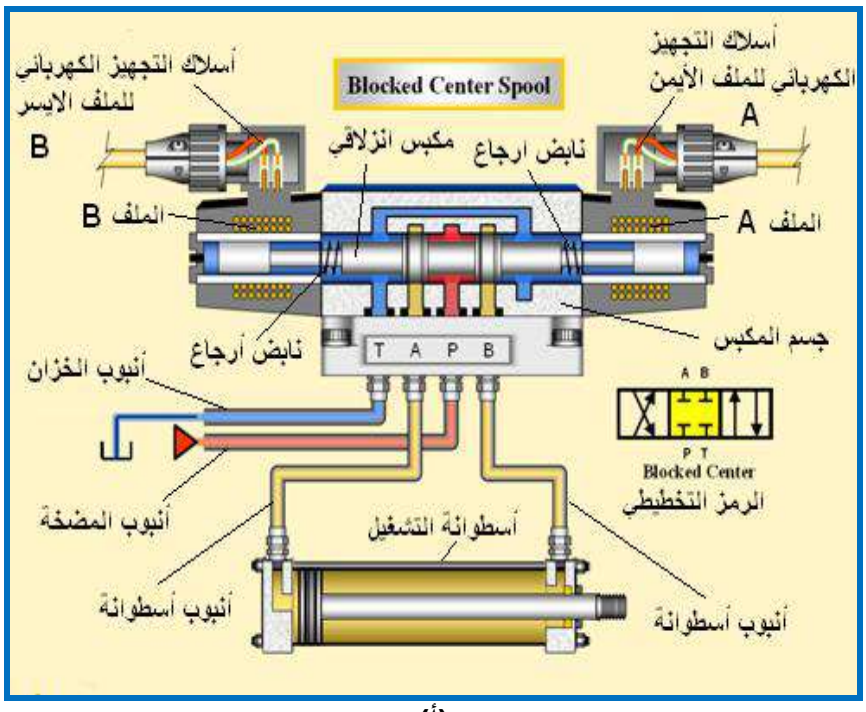
الشكل (1-26) انواع المكبس الانزلاقي

1- مكبس مغلق للتوصيل المركزي

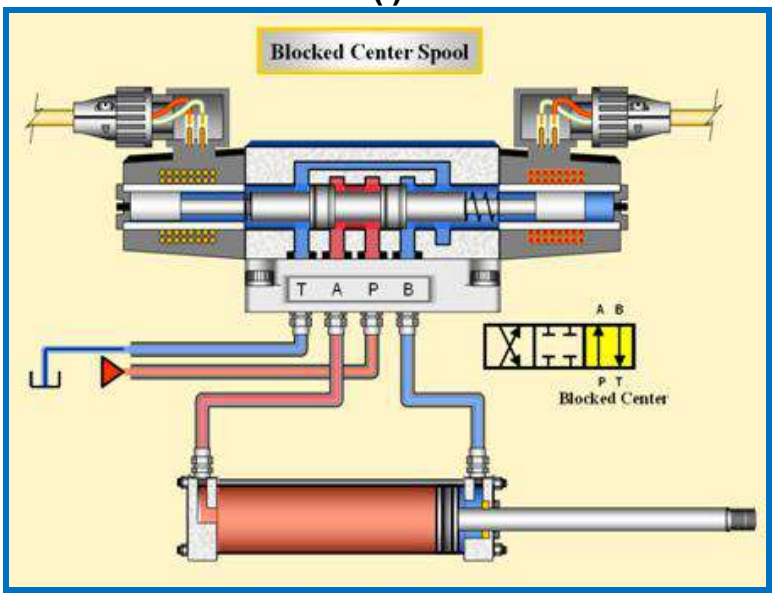
Blocked center spool

في هذا النوع من الصمامات الذي يحتوي على هذا النوع من المكبس سوف يكون المكبس له القابلية على الحركة لثلاثة مواقع كما مبين في مجموعة الأشكال (1-27)، وتعتمد مواضع الحركة على ملفي التشغيل الموضوعين على الجانب فضلاً عن نوابض الإرجاع.

فعند عدم تشغيل أي من ملفي التشغيل سوف يكون موضع المكبس الانزلاقي في الوسط، وبالتالي سوف تكون جميع المنافذ المربوطة مع الصمام غير موصولة ببعضها، أما في حالة تشغيل الملف الأيمن (A) فسوف يتحرك المكبس الانزلاقي إلى اليسار، وبالتالي سوف يتصل منفذ المضخة (P) مع منفذ الأسطوانة الهيدروليكية (A)، وبالتالي سوف يتحرك

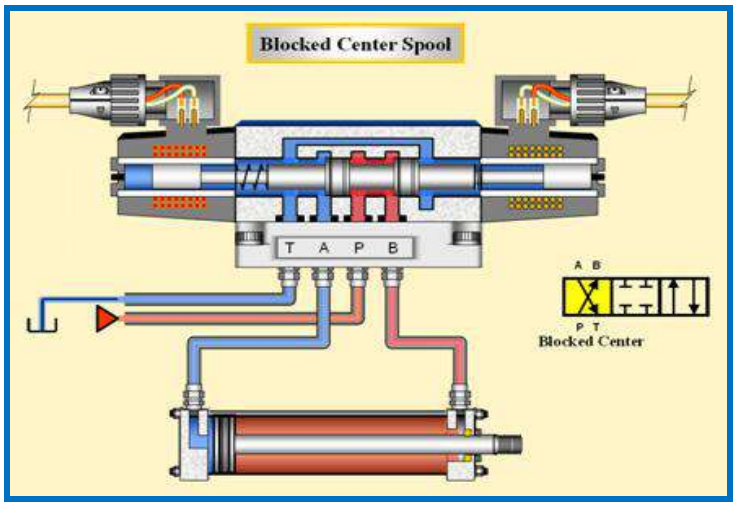


(أ)



(ب)

مكبس الاسطوانة إلى اليمين نتيجة دفع الهيدروليك، أما بالنسبة إلى الهيدروليك الموجود في الجهة الأخرى فسوف يعود إلى الصمام عن طريق المنفذ (B).



(ج)

أ- الشكل يوضح الصمام في حالة عدم تشغيل أي من الملفين

ب- الشكل يوضح الصمام في حالة تشغيل الملف الأيمن (A)

ج- الشكل يوضح الصمام في حالة تشغيل الملف (B)

الشكل (1-27) يوضح آلية عمل الصمام الاتجاهي الذي يحتوي على مكبس من نوع

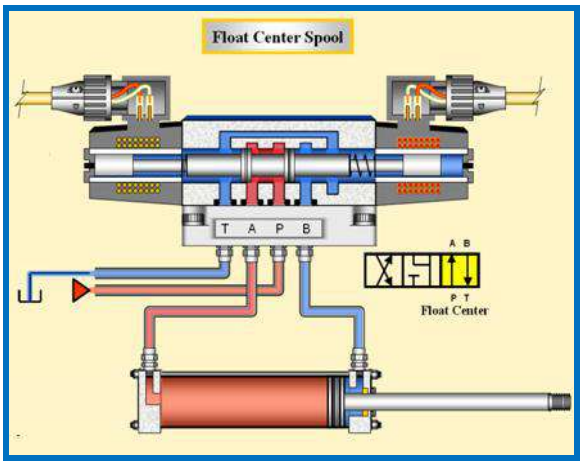
(Blocked center spool)

ونتيجة التوصيل الموجود في الصمام سوف يتصل مع المنفذ (T)، وبالتالي سوف يعود إلى الخزان. وفي حالة إطفاء الملف سوف يعود المكبس إلى الحالة الوسطية نتيجة نابض الإرجاع، وعند تشغيل الملف الأيسر (B) سوف يتحول المكبس الانزلاقي إلى جهة اليمين وبالتالي سوف يكون التوصيل بنحوٍ متعاكس، ومن ثم سوف تتحرك الاسطوانة الهيدروليكية بالعكس.

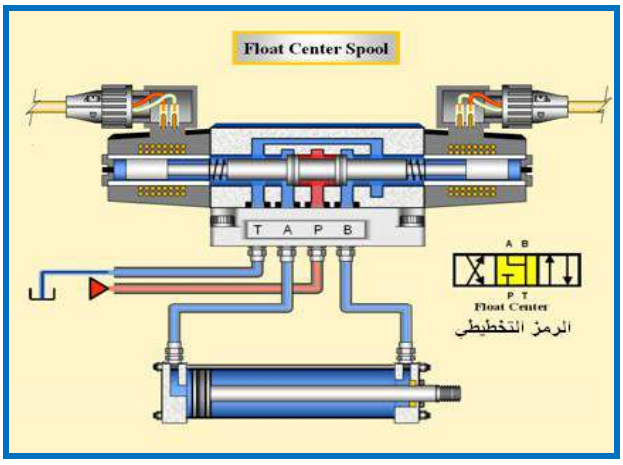
2- المكبس الطافي للتوصيل المركزي

Float center spool

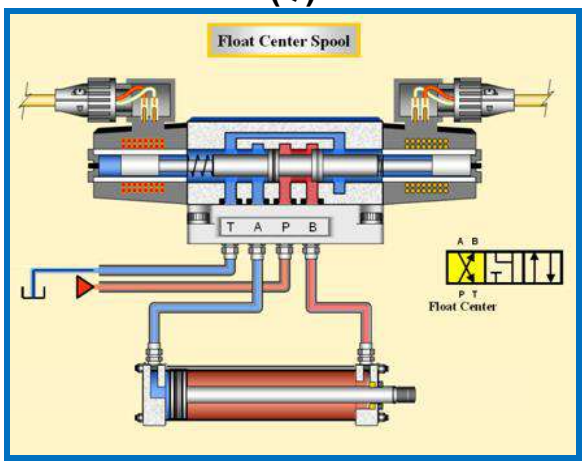
الصمام الذي يحتوي على هكذا نوع من المكابس لا يختلف كثيراً على بقية الأنواع، كما مبين في الشكل (1-28)، فهو يمتلك ثلاثة أنواع من المواضع، لكن يختلف في موضع الحالة الوسطية، ففي هذا النوع من الصمامات تكون منافذ الصمامات في الحالة الوسطية مربوطة جميعها ما عدا منفذ المضخة، أي منفذ الخزان مع منفذي الاسطوانة الهيدروليكية ولكن في حالة الموضع الأيمن والأيسر لن يختلف مع الصمام السابق من ناحية آلية العمل.



(ب)



(أ)



(ج)

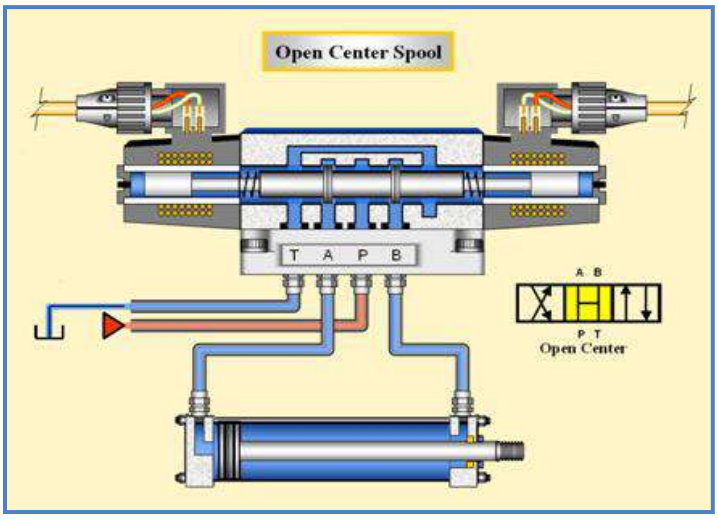
أ-الشكل يوضح الصمام في حالة عد تشغيل أي من الملفين ب- الشكل يوضح الصمام في حالة تشغيل الملف الأيمن (A) ج- الشكل يوضح الصمام في حالة تشغيل الملف (B)

الشكل (1-28) يوضح آلية عمل الصمام الاتجاهي الذي يحتوي على مكبس من نوع (float center spool)

3- المكبس المفتوح للتوصيل المركزي

Open center spool

الصمام الذي يحتوي على هذا المكبس لا يختلف من ناحية العمل مع بقية الأنواع ما عدا الحالة الوسطية التي سوف تكون فيها جميع المنافذ موصولة مع بعضها، بالتالي سوف يعود الهيدروليك الآتي من المضخة إلى الخزان، مباشرة كما مبين في الشكل (1-29).



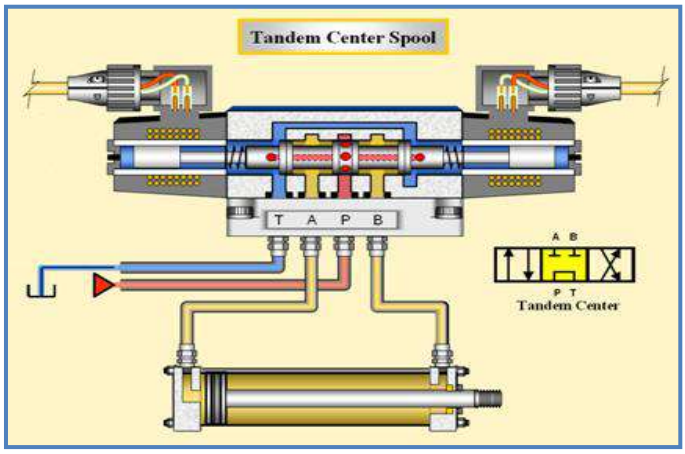
الشكل (1-29) يوضح الصمام الاتجاهي الذي يحتوي على مكبس من نوع

(open center spool)

4- المكبس المزدوج للتوصيل المركزي

Tandem center spool

الصمام الذي يحتوي على هذا المكبس لا يختلف من ناحية العمل مع بقية ألأنواع ما عدا الحالة الوسطية التي سوف تكون فيها منفذ المضخة ومنفذ الخزان موصولين مع بعضها، بالتالي سوف يعود الهيدروليك الآتي من المضخة إلى الخزان مباشرة، كما مبين في الشكل (1-30).



الشكل (1-30) يوضح الصمام الاتجاهي الذي يحتوي على مكبس من نوع

Tandem center spool

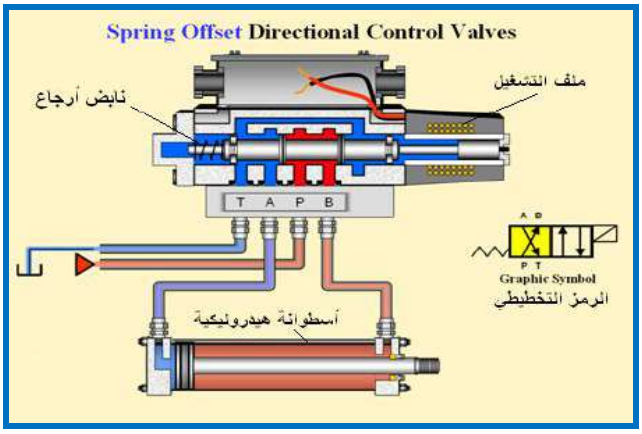
4-3-2-7-1 نوابض الإرجاع وآلية عملها

Valve springs & its operation

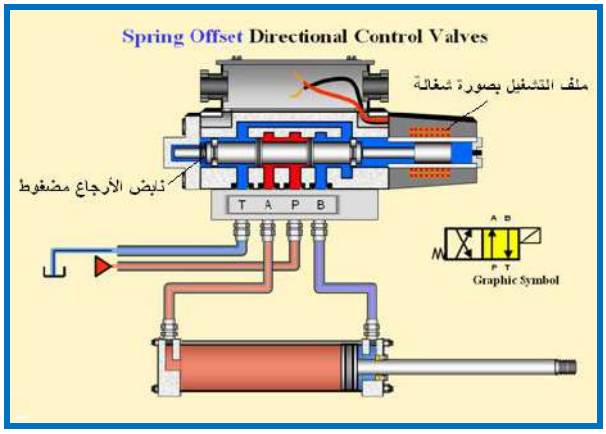
نوابض الإرجاع موجودة في الصمامات الاتجاهية على جانبي المكبس الانزلاقي لغرض دفع المكبس ليعود إلى وضعه الأصلي بعد زوال مصدر الدفع للمكبس ، ويوجد النابض في الصمامات على ثلاث أنواع وهي:

أ- نابض إرجاع على أحد جانبي المكبس

يبين الشكل (1-31) موضع نابض الإرجاع على الجانب الأيسر للصمام الذي تكون حركته محدودة على موضعين، إذ قبل التشغيل يكون توصيل المنافذ على جانبي الصمام بنحوٍ عكسي، وبعد تشغيل الملف سوف يتحرك المكبس الانزلاقي إلى جهة اليسار، وبالتالي سوف ينضغط نابض الإرجاع، وسوف تربط المنافذ بنحوٍ متوازٍ . وعند إطفاء الملف سوف تزول قوة الدفع على المكبس، وبالتالي سوف تدفع القوة الكامنة الموجودة في النابض المكبس ليعود إلى موقعه الأصلي.



أ- قبل تشغيل الملف



ب- بعد تشغيل الملف

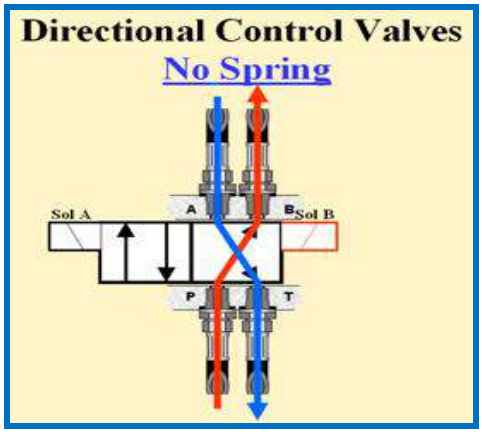
الشكل (1-31) يوضح موضع صمام الإرجاع على الجانب الأيسر من الصمام

ب- نابض إرجاع على جانبي المكبس

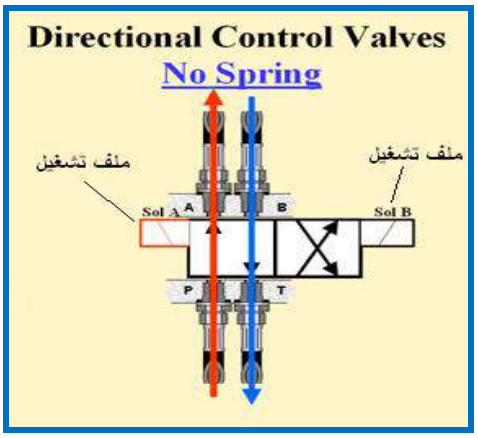
في هذا النوع من الصمامات سوف يكون موقع نابض الإرجاع على جانبي المكبس، وغالباً ما تكون الصمامات التي تمتلك نابضي إرجاع على جانبي المكبس ذات ثلاثة مواضع، كما وضحت سابقاً، إذ سوف يكون عمل النابضين هو عودة المكبس إلى الحالة الوسطية بعد زوال دفع ملف التشغيل الموجودين على الجانبين.

ج- عدم وجود نابضي إرجاع على جانبي المكبس

في هذا النوع من الصمامات لن يكون للنوابض وجود، وإنما سوف يعتمد في عمله على ملفي التشغيل الموجودين على الجوانب، كما مبين في الشكل (1-32)، وغالباً ما تكون الصمامات من هذا النوع ذات موضعين للحركة.



أ- الملف الأيمن في حالة عمل



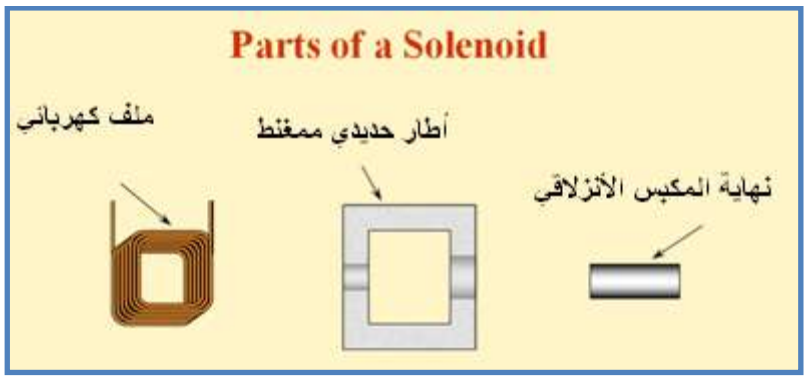
ب- الملف الأيسر في حالة عمل

الشكل(1-32) يوضح الصمام في حالة عدم وجود نوابض على الجانبين

5-3-2-7-1 أجزاء ملف التشغيل وآلية عمله

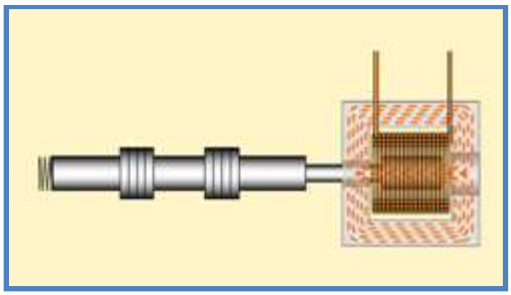
Parts of a solenoid & its operation

تعتمد الصمامات الاتجاهية كثيراً على ملفات التشغيل في عملها، إذ يعدّ أحد مصادر الحركة للمكبس الانزلاقي، ويتكون من عدة أجزاء، كما مبين في الشكل (1-33)، وهي (الملف الكهربائي، والإطار الحديدي الممغنط، وطرف المكبس الانزلاقي).



الشكل (1-33) أجزاء الملف الكهربائي

إذ عندما يمر تيار كهربائي في الملف الكهربائي سوف يتولد مجال مغناطيسي، كما مبين في شكل (1-34)، ونتيجة التقاطع مع مجال الإطار الحديدي سوف يتولد مجال معاكس يؤدي إلى حركة القلب، وهو طرف المكبس الانزلاقي.

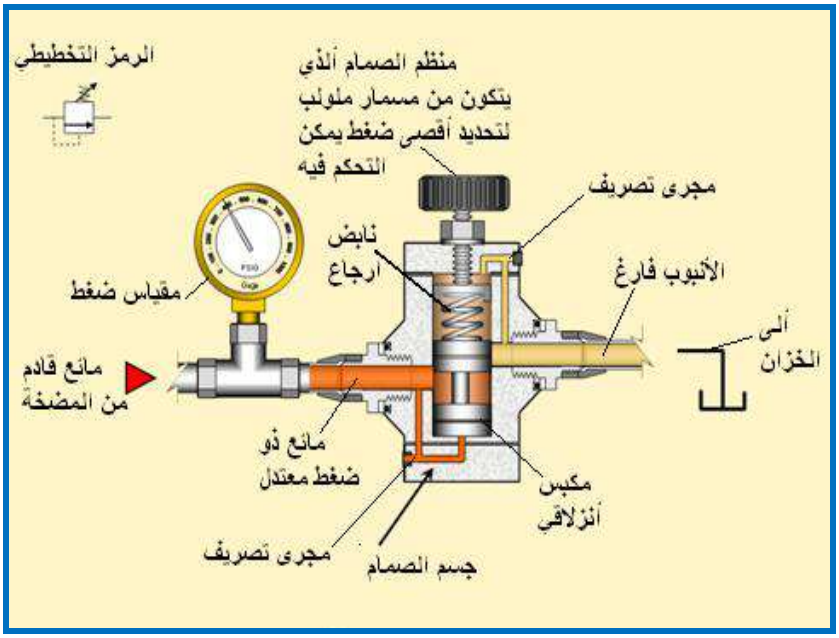


الشكل (1-34) آلية عمل ملف التشغيل

1-2-7-4 صمامات التحكم بالضغط:

Pressure Control Valves

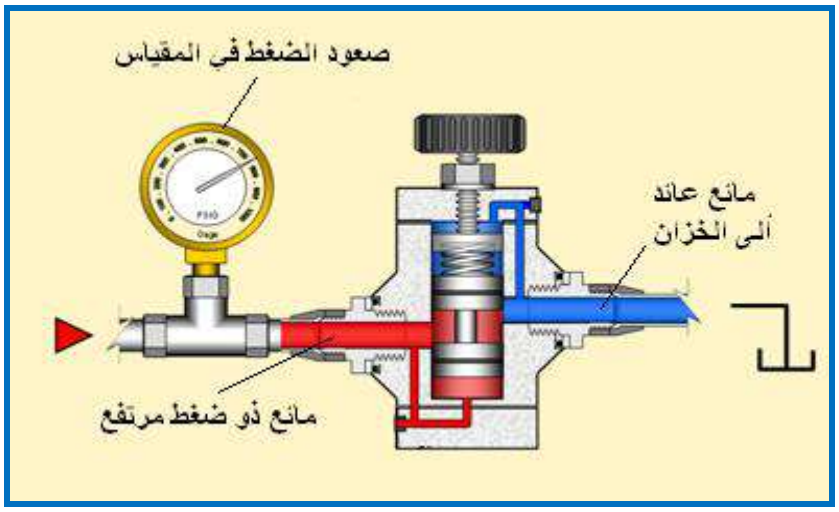
تعمل صمامات الضغط على التحكم في ضغط الزيت داخل المجموعة الهيدروليكية. أو تعمل على تثبيت الضغط داخل المجموعة الهيدروليكية وكصمام أمان، إذ عند زيادة ضغط الزيت عن قيمة معينة، ينساب جزء منه عائداً إلى الخزان ليظل ضغط التشغيل ثابتاً.



أ- قبل صعود الضغط

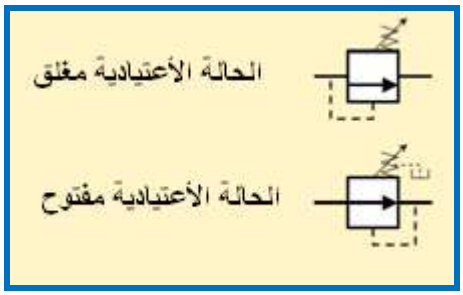
ويبين الشكل (1-35) مكونات الصمام وآلية عمله، إذ عند صعود الضغط في المنظومة الهيدروليكية نتيجة عدم استهلاك المستخدم للسائل الهيدروليكي المندفع من المضخة بسبب توقفه مثلاً يؤدي ذلك إلى دفع المكبس الانزلاقي الموجود في الصمام الذي بدوره سوف يدفع نابض الإرجاع الذي

ستكون قوته مصممة على أساس أقصى قيمة للضغط مسموح فيه بالدورة الهيدروليكية، عند ذلك سوف يبدأ تدفق السائل خلال الصمام عائداً إلى الخزان إلى حين يعود الضغط في المنظومة الهيدروليكية إلى قيمته الاعتيادية، وقد يكون الصمام في الحالة الاعتيادية مغلقاً، وعند صعود الضغط يفتح إلى المجرى أو بالعكس، مثلما يوضح الشكل (1-36) الرمزين إذ قد تكون ألحالة مغلق أو ألحالة الاعتيادية مفتوح .



ب- بعد صعود الضغط

الشكل (1-35) يبين صمام التحكم بالضغط



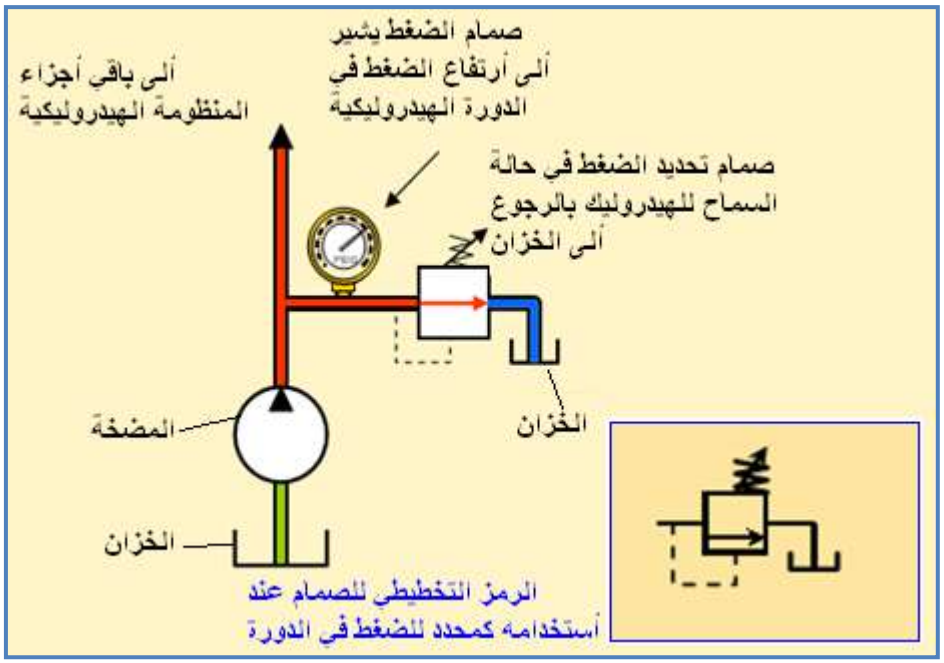
الشكل (1-36) يبين الأوضاع الاعتيادية للصمام

وللصمام تطبيقات عديدة، ومنها :

1- تحديد الضغط في ألدورة الهيدروليكية:

Relief Valve

أحد تطبيقات الصمام هو تحديد الضغط في المنظومة الهيدروليكية كما مبين في الشكل (1-37)، لكي تحمي بقية أجزاء المنظومة عن طريق السماح للمائع بالعودة إلى الخزان في حالة اجتياز الضغط المصمم له، ويكون الصمام في هذا التطبيق في الحالة الاعتيادية بصورة مغلقة ويتحول إلى الحالة المفتوحة عند ارتفاع الضغط.

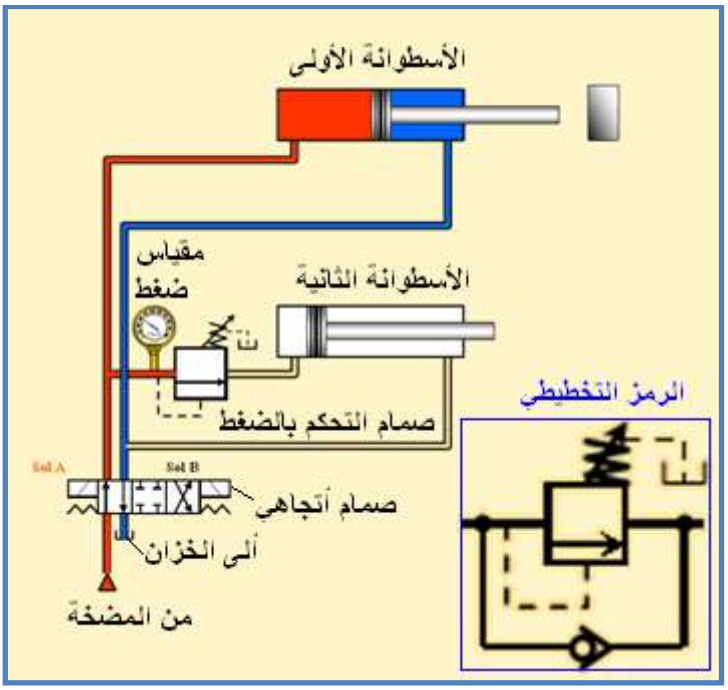


الشكل (1-37) يبين كيفية تحديد الضغط في الدورة الهيدروليكية

2- تسلسل عمل الأسطوانات

Sequence Valve

يعمل الصمام في هذا التطبيق على تسلسل عمل الأسطوانات المربوطة مع المضخة لكي لا تعمل في آن واحد، وذلك بحسب استعمال المنظومة الهيدروليكية، وذلك عن طريق وضع الصمام في احد خطوط تجهيز الأسطوانة الهيدروليكية، وبذلك سوف يقطع تجهيز الهيدروليك على إحدى الأسطوانات، مما يؤدي إلى اتجاه الهيدروليك إلى الأسطوانة الأخرى مما يؤدي إلى توجيه دفع المضخة بنحوٍ كلي على الأسطوانة الثانية حتى ينتهي شوط الاسطوانة، مما يؤدي إلى صعود الضغط في الدورة فيسبب فتح الصمام، ومن ثم التوجه إلى الاسطوانة الثانية، كما مبين في الشكل (1-38)، والصمام في هذا التطبيق يكون في الحالة الاعتيادية مغلقاً.



الشكل (1-38) يبين كيفية تسلسل عمل الأسطوانات الهيدروليكية

3- صمام موازنة

Counterbalance valve

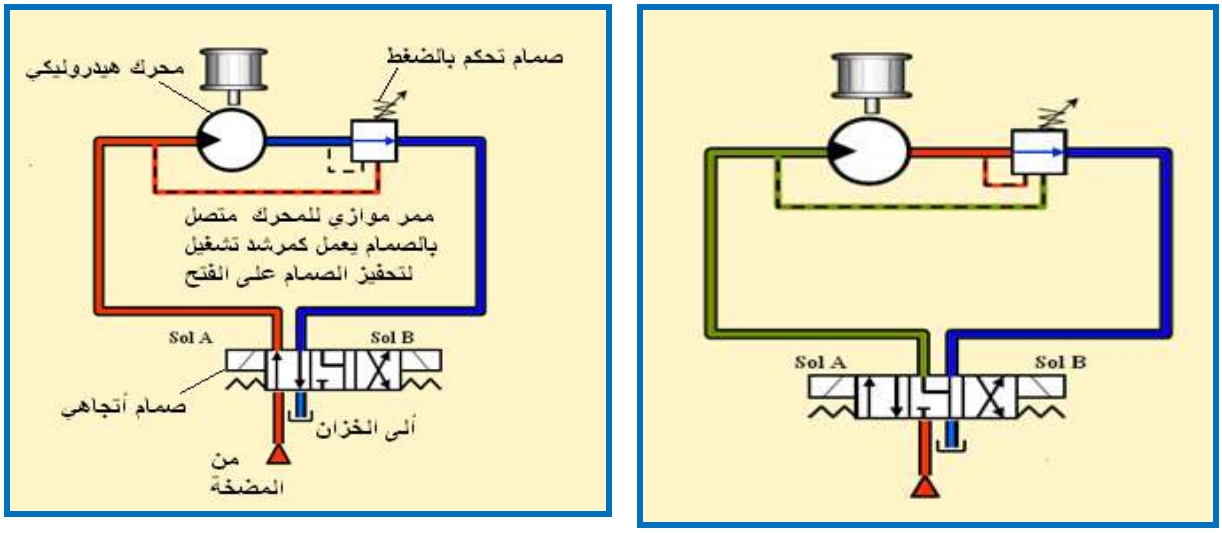
وهو استعمال مشابه للدائرة الموجودة في الشكل (1-21)، إذ تم استعمال الصمام اللارجعي سابقاً، ولكن هنا سوف يتم استعمال الصمام الخانق / اللارجعي، إذ سوف لن يسمح بنزول المكبس الهيدروليكي بسرعة مما يؤدي إلى فشل العينة وتقطيعها نتيجة الكبس السريع، وسوف يعمل الصمام على تجزئة عمل المكبس مما يؤدي إلى نزوله بنحوٍ أبطأ.

4- صمام إيقاف

Break valve

في هذه الدائرة الهيدروليكية يعمل الصمام ككابح للمحرك الهيدروليكي الدوراني، كما مبين في الشكل (1-39)، إذ في الجزء الأول عند حركة الصمام الاتجاهي إلى جهة اليسار، ومن ثم سريان الهيدروليك عن طريق الصمام وصولاً إلى المحرك وإلى الممر الجانبي الواصل مع الصمام الذي سوف يحفز الصمام على فتح بوابته لتكتمل الدورة، إذ سوف يمر الهيدروليك عبر المحرك مما يسبب دورانه ومن ثم إلى الصمام ورجوعاً إلى الخزان عن طريق الصمام الاتجاهي، ونتيجة استمرارية المحرك لا نستطيع إيقاف الهيدروليك بصورة مفاجئة في حالة أردنا إيقاف المحرك، إذ سوف يؤدي إلى تحطم أجزائه الداخلية، ولكن بطريقة أخرى، إذ عند تحويل الصمام الاتجاهي إلى الحالة الوسطية التي سوف

تؤدي إلى رجوع الهيدروليك المدفوع إلى الخزان فضلاً عن استمرارية دوران المحرك لحين هبوط الضغط في الأنابيب ومن ثم انغلاق الصمام، بالتالي لن تكون هناك قوة دفع هيدروليكية.



عند إيقاف المحرك عند تشغيل المحرك

الشكل (1-39) يبين كيفية استعمال الصمام ككابح هيدروليكي

3-7-1 أسطوانات التشغيل

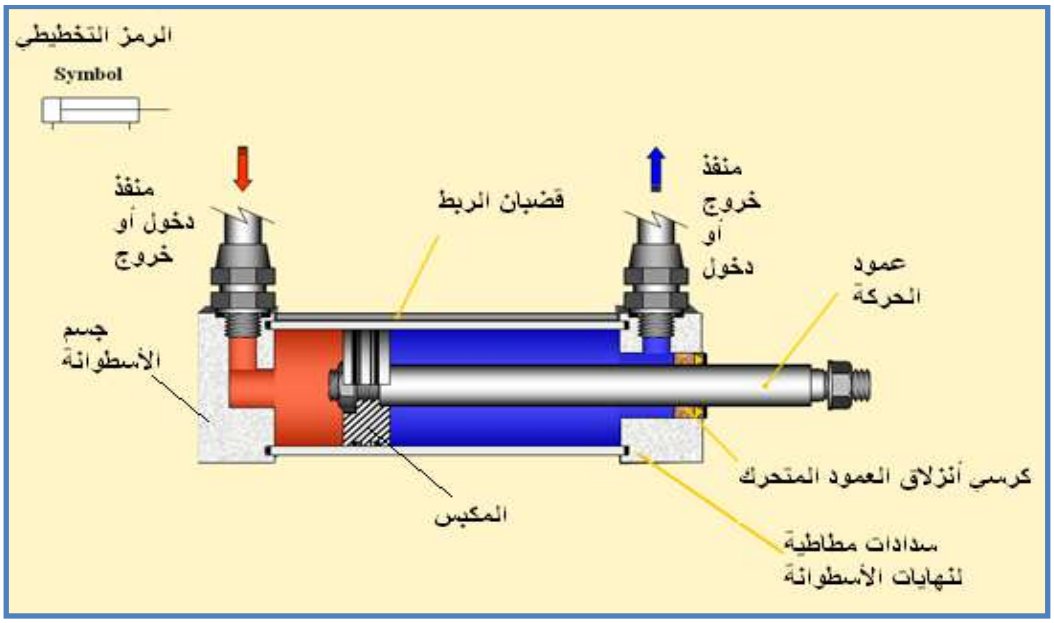
Operation cylinders

تستعمل الأسطوانات الهيدروليكية في تحريك الأحمال الخارجية في خط مستقيم (في حركة ترددية).

وتعتمد القوة القصوى (F) المتاحة من أسطوانة معينة على المساحة الفعالة لمساحة سطح مكبس الأسطوانة (A)، والضغط الأقصى للتشغيل المسموح به (P):

$$F = P \times A$$

وتكون القوة ثابتة طوال الشوط، وتعتمد السرعة على معدل تصرف الزيت ومساحة المقطع. ويمكن للأسطوانة التأثير بقوى شد أو جذب، بحسب التصميم .



الشكل (1-40) مكونات الأسطوانة الهيدروليكية

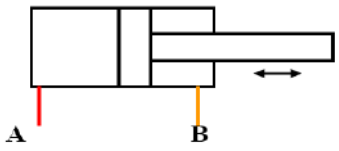
تتكون الأسطوانة الهيدروليكية، كما مبين في الشكل (1-40)، من أسطوانة مجوفة وبداخلها مكبس انزلاقي مربوط بعمود، والاسطوانة مربوطة من الجهتين بمنافذ دخول أو خروج بنحوٍ متخالف، أي أذا كان الطرف الأيمن دخول الهيدروليكي، فإن الطرف الأيسر هو الخروج أو بالعكس، وعند دخول الهيدروليك من أحد الأطراف سوف يؤدي إلى دفع المكبس وإلى طرد الهيدروليك الموجود بالجهة الأخرى من المكبس من المنفذ الآخر، وللأسطوانة الهيدروليكية عدة أنواع من أهمها.

1- اسطوانة ذات ذراع كباس من جانب واحد ومزدوجة الفعل

Single rod double acting

يمكن للاسطوانات مزدوجة الفعل، المبينة في الشكل (1-40)، أن تنشئ قوى في كلا اتجاهي الحركة .

الرمز



عند إمداد الزيت من الفتحة (A) يتحرك المكبس للخارج، أما عند إمداد الزيت من الفتحة (B) فيتحرك للداخل. وتتوقف القيمة القصوى للقوة المتاحة من الاسطوانة على أقصى ضغط تشغيل وعلى المساحة الفعالة ، وهي :

في أثناء الحركة للخارج مساحة المكبس

في أثناء الحركة للداخل المساحة الحلقية للكباس

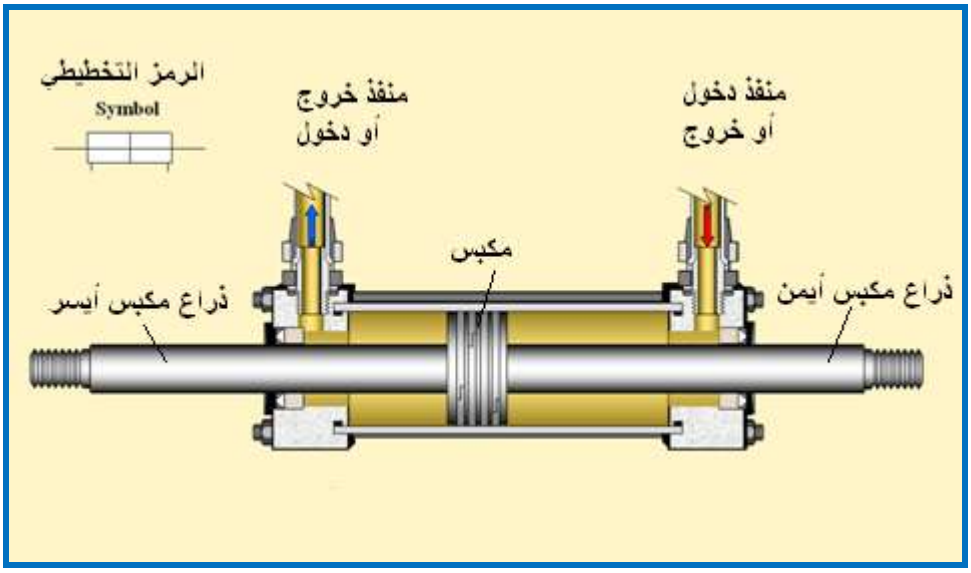
وهذا يعني أن القوى المتاحة عند الحركة للخارج تكون أكبر من القوى المتاحة عند الحركة للداخل. وفي ما يتعلق بالأحجام . فإن الطول الذي يجب ملؤه بالزيت في أثناء الشوطين يكون واحداً. ونظراً لاختلاف مساحة المقطع الفعالة في أثناء شوط الخروج عنه في أثناء شوط الرجوع يختلف حجم الزيت الذي يملأ الأسطوانة في أثناء الشوطين .

وهذا يعني أنه عند تساوي معدل تدفق السائل إلى الاسطوانة في أثناء الشوطين، تتناسب سرعة المكبس عكسياً مع المساحة. وينتج من ذلك : (حركة بطيئة للخارج، وحركة سريعة للداخل).

2- أسطوانة ذات ذراع مكبس عند كل جانب ومزدوجة الفعل

Double Acting Double Rode:

لا يختلف هذا النوع كثيراً ، كما مبين في الشكل (1-41) ، عن النوع السابق ما عدا ذراع المكبس الذي سوف يمتد من الطرفين، مما يؤدي إلى تساوي القوى المتاحة ، وكذلك سرعة الحركة في أثناء الشوطين .

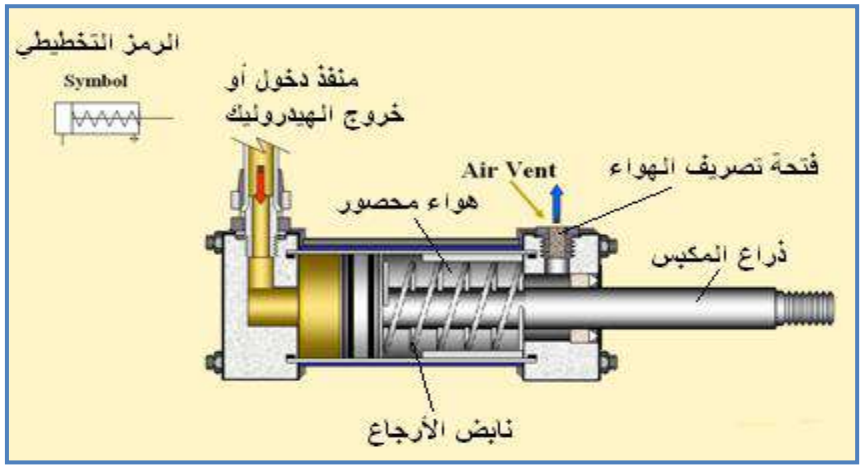


الشكل (1-41) يبين أسطوانة ذات ذراع مكبس عند كل جانب مزدوجة الفعل

3- أسطوانة ذات نابض إرجاع مفردة الفعل:

Single Acting Spring Return:

في هذه الأسطوانة، المبينة في الشكل (1-42)، سوف يتحرك المكبس للخارج هيدروليكياً (عن طريق ضغط الزيت) دافعاً الهواء المحصور بعد المكبس إلى الخارج عن طريف فتحة تصريف الهواء، ومن ثم يتم شوط الرجوع تحت تأثير نابض الإرجاع.

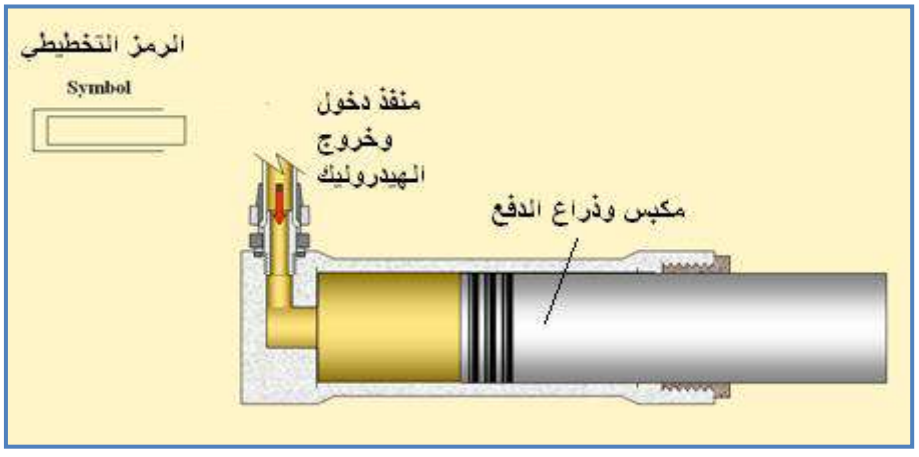


شكل (1-42) يبين أسطوانة ذات نابض إرجاع

4- الأسطوانة الدافعة ومفردة الفعل:

Single Acting Ram cylinder

تتميز هذه الأسطوانة، المبينة في شكل (1-43) ، بأن ذراع المكبس هو نفسه مكبس الأسطوانة، أي إن المكبس ممتد إلى الخارج، وذلك ما يؤدي إلى جعل هذه الأسطوانة ذات ضغط دفع كبير، إذ تستعمل في رفع الأحمال الثقيلة أو دفعها، ويتم شوط الدفع والرجوع عن طريق ضغط الهيدروليك الذي سوف يدخل من منفذ واحد.



شكل (1-43) يبين الأسطوانة الدافعة

5- الأسطوانة التلسكوبية

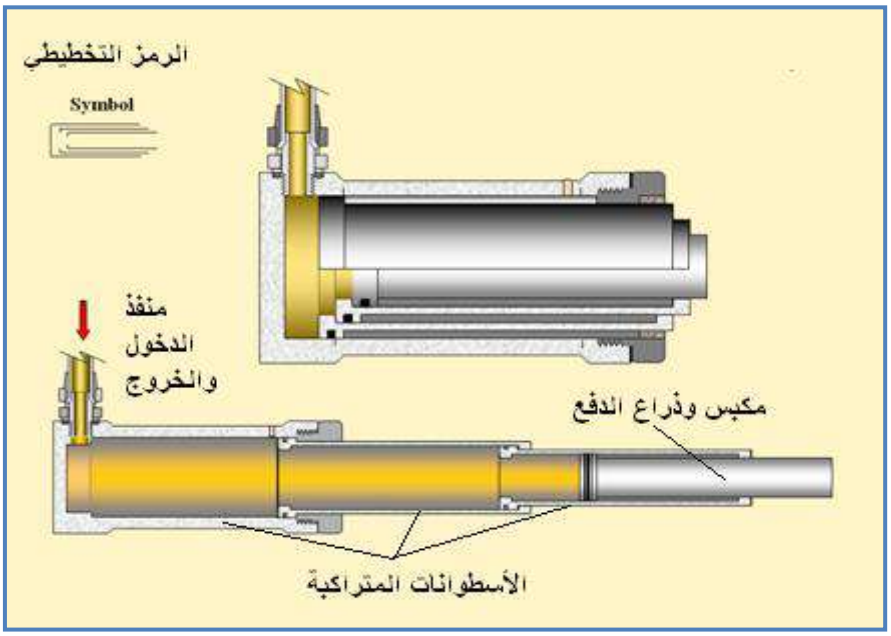
Telescoping Cylinder

بواسطة هذا النوع من الأسطوانات، المبين في الشكل (1-44)، يمكن الحصول على شوط كبير عند صغر المكان المتاح للتركيب. ويكون طول الأسطوانة أكبر قليلاً من طول مرحلة واحدة. وعندما يؤثر الضغط في سطح المكبس من منفذ الدخول، فإن المكابس المتراكبة ستتحرك للخارج واحداً تلو الآخر. ويختلف الضغط تبعاً للتحميل ومساحة المقطع المؤثر .

وبالتالي تتحرك المرحلة الأكبر إلى الخارج أولاً.

ويزداد الضغط المطلوب عند تحريك كل مرحلة، إذ تقل المساحة الفعالة ويظل الحمل ثابتاً. وعند ثبات معدل التدفق فإن السرعة للخارج تزداد من مرحلة إلى مرحلة أخرى.

وعند الحركة للداخل ينعكس تتابع الحركة، بمعنى أن الكباس الأصغر يتحرك أولاً .



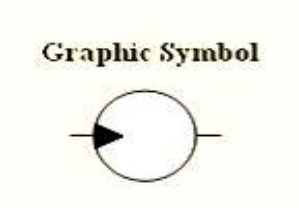
شكل (1-44) يبين الأسطوانة التلسكوبية

4-7-1 المحركات الهيدروليكية

Hydraulic Motors

يتولى المحرك الهيدروليكي مهمة تزويد عمود الحركة بعزم الدوران، وهنا تتحول الطاقة الهيدروليكية إلى طاقة ميكانيكية، ونحصل على الطاقة التي نحتاج إليها لتنفيذ هذه العمليات من سائل الضغط. فالهدف الأساسي للمحركات الهيدروليكية الحصول على حركة دورانية، وتتشابه المحركات الهيدروليكية مع المضخات الهيدروليكية في أنواعها وتصميماتها مع اختلاف مبدأ التشغيل، إذ إن المحركات الهيدروليكية تقوم بتحويل الطاقة الهيدروليكية إلى طاقة دورانية (ميكانيكية)، في حين تقوم

المضخات الهيدروليكية بتحويل الطاقة الدورانية إلى طاقة هيدروليكية. وتستعمل المحركات الهيدروليكية باختلاف انواعها وطرائق استعمالها في جميع المجالات الصناعية، فهي تستعمل مثلاً كدافع لحركة المركبات بجميع أنواعها (المركبات المتحركة) وفي إدارة الأسطوانات . وفي المناجم وأعمال الدرفلة للمكائن الثقيلة والمكابس، وكذلك كعناصر دفع للحركة الدورانية بجميع انواعها الخاصة بهندسة السفن.



الرمز التخطيطي

5-7-1 المراكم الهيدروليكية

Accumulators Hydraulic

تستعمل المراكم الهيدروليكية لتخزين كمية من السائل تحت ضغط، ثم إعادة تفريغ هذه الكمية مرة أخرى عند حاجة الدائرة إليها. ويمكن أن تقوم المراكم باستعمالات متعددة في الدوائر الهيدروليكية .

1- يمكن استعمال المراكم **كمخزن احتياطي** للسائل المضغوط، وذلك عندما تحتاج الدائرة الى كمية كبيرة من السائل تحت ضغط مرتفع في مدة زمنية قصيرة . في هذه الحالة لا يتم اختيار المضخة لإمداد الدائرة بالمعدل الأقصى للتدفق المطلوب في المدة الزمنية القصيرة ، ولكن تستعمل مضخة ذات معدل تدفق منخفض . في المدد التي يقل فيها معدل التدفق المطلوب للدائرة عن معدل تدفق المضخة، يتم شحن المركم بالسائل عن طريق الفرق الناتج بين معدلي التدفق المذكورين . وفي المدد الأخرى التي يزيد فيها معدل التدفق المطلوب للدائرة عن معدل تدفق المضخة، يتم تعويض الفرق عن طريق المركم، الذي يدفع سائلاً الى الدائرة . وبذلك يساعد المركم على تجنب استعمال مضخة كبيرة ومحرك قيادة كبير لمواءمة المتطلبات في المدد القصيرة ، كما يسهم في التوفير في الطاقة المستهلكة .

ويمكن استعمال المركم **كوحدة طوارئ** تعمل على إنهاء عملية قد بدأت بالفعل عند تعطل المضخة أو المحرك .

2- وقد يستعمل **لتعويض التسريب** من الدائرة ، وبذلك يتم الأحتفاظ بالضغط المرتفع لمدد طويلة .

3- ويستعمل أحياناً **لموازنة التغيرات في الحجم** الناجمة عن تغير درجة الحرارة، ولا سيما في الدوائر المغلقة .

4- كما يستعمل **لتقليل الزيادات المفاجئة في الضغط** عند بدء سريان السائل فجأة أو أيقافه.

5- ويستعمل لتخميد الذبذبات في الضغط عند مخرج المضخات .

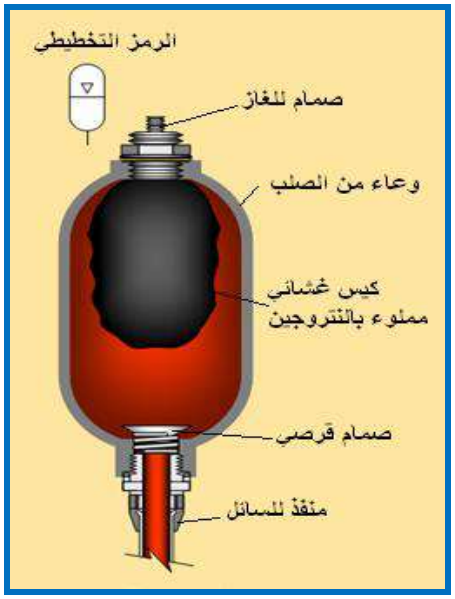
6- ويمكن عن طريقه **الإفادة من الطاقة المتاحة** في الدائرة، عند توقف الأجزاء المتحركة .

وتوجد عدة أنواع من المراكم :

1- المراكم ذات الكيس الغشائي

Bladder Accumulators

يتميز هذا النوع من المراكم ، المبين في الشكل (1-45) بالحكام التام، أي المنع المطلق للتسريب بين السائل والغاز، فضلاً عن قصر زمن استجابته، وان قصوره الذاتي قليل للغاية، يتم فصل السائل عن النيتروجين عن طريق كيس غشائي مرن من المطاط، إذ يوجد الغاز داخل الكيس .



الشكل (1-45) المركم ذو الكيس الغشائي

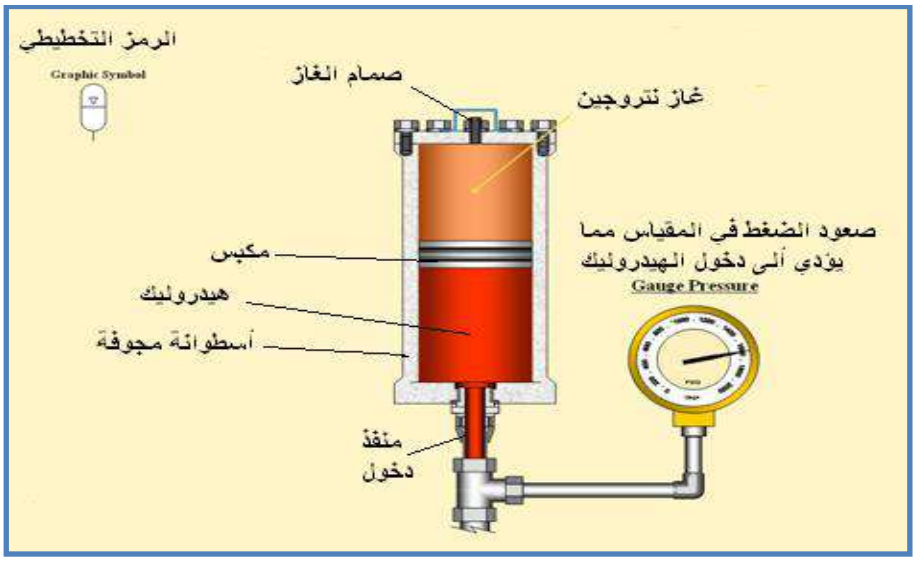
ويتكون المركم ، كما مبين في الشكل ، من وعاء من الصلب، ووصلة للسائل، وصمام قرصي، وكيس غشائي من المطاط، وصمام للغاز . يتم شحن الكيس الغشائي بالغاز عن طريق صمام الغاز، فيملأ الكيس الوعاء الصلب تماماً، ويقوم بغلق الصمام القرصي . يمنع الصمام خروج الكيس من الوعاء الى عنق المركم، ويحميه بالتالي من التلف . وعندما يزيد ضغط السائل في الدائرة عن ضغط شحن الغاز، يسري السائل الى المركم عن طريق الصمام، ويضغط على النتروجين في الكيس الغشائي .

ويقل حجم الغاز، وذلك بمقدار مساوٍ لحجم السائل الداخل للمركم . ويزيد حجم الغاز مرة أخرى عندما يتم سحب سائل من المركم، مما يسمح بتبادل الحرارة بين الغاز والوسط المحيط.

2- مركم ذو مكبس

Piston Accumulator

يناسب هذا النوع أساساً الأحجام ومعدلات السريان الكبيرة . وفيه يفصل الغاز عن السائل بواسطة مكبس حر الحركة يتحرك في أسطوانة المركم ، كما مبين في الشكل (1-46) . ويتم منع التسريب بين الجانبين عن طريق حلقات مانعة للتسرب .

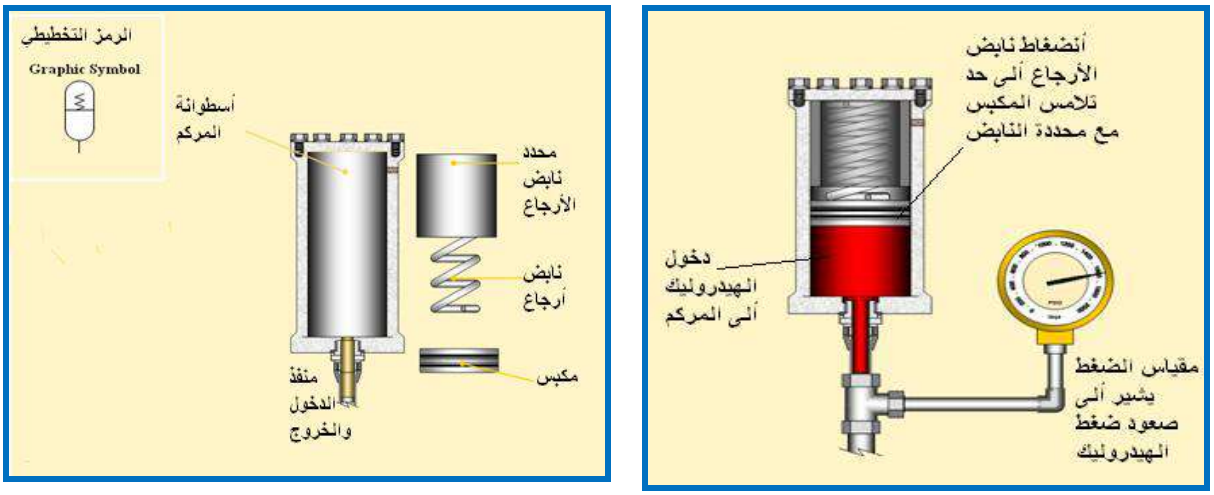


الشكل (1-46) يبين المركم ذا المكبس

3- مركم ذو نابض إرجاع

Spring loaded accumulator

يتشابه المركم من ناحية مبدأ العمل مع الأنواع الأخرى، ولكن في هذا النوع المبين في الشكل (1-47) عند دخول الهيدروليك إلى المركم نتيجة ارتفاع الضغط في الدورة الهيدروليكية يدخل الهيدروليك عبر منفذ الدخول ، ومن ثم يُدفع المكبس الذي بدوره سوف يدفع النابض إلى حين توقفه عند محددة النابض التي سوف تعمل على إيقاف حركة المكبس والنابض نتيجة التلامس المباشر مع المكبس، وعند تفريغ الهيدروليك سوف يعمل نابض الإرجاع على دفع النابض ، ومن ثم المكبس والهيدروليك.



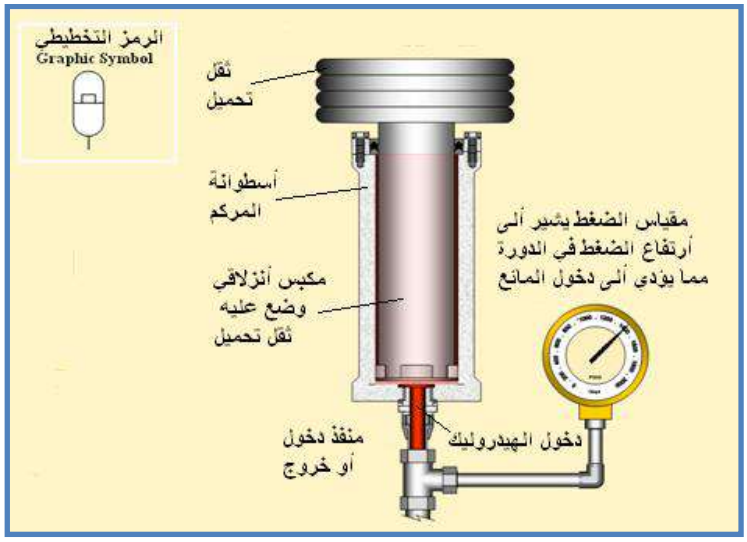
قبل دخول الهيدروليك　　بعد دخول الهيدروليك

الشكل (1-47) يبين مركماً ذا نابض إرجاع

4- مركم ذو ثقل تحميل

Weight Loaded Accumulator

يبين الشكل (1-48) تركيب مركم ثقل التحميل ، وهو يتكون من مكبس انزلاقي ممتد إلى الأعلى ، إذ تم وضع ثقل ليصبح وزن الثقل مع المكبس ضد قوة دفع الهيدروليك، فعند صعود الضغط في الدورة يدخل الهيدروليكي ، وبالتالي المكبس والثقل ، وعند التفريغ سوف يدفع الوزن الهيدروليك ليعيده إلى الدورة .



الشكل (1-48) يبين مركم ثقل اتحمي

6-7-1 المرشحات

Fillters

يتوقف التعويل على أداء المعدات الهيدروليكية لوظائفها على نظافة الدورة ، اي على الترشيح. وتستعمل المرشحات لتقليل كمية الشوائب في الدورة وحجمها لدرجة مقبولة ، وبهذا تعمل المرشحات على حماية الاجزاء المختلفة من التآكل المتزايد ، وتؤدي العوامل التالية دوراً مهماً في اختيار المرشح وكفاءة الترشيح:

1- نوع الجسيمات (الحجم والحالة).

2- عدد الجسيمات.

3- سرعة السائل في اثناء مروره في العناصر المختلفة.

4- ضغط الدورة والفقد في الضغط.

5- الخلوصات وظروف التركيب.

وتقاس الجسيمات، وهي قطع صغيرة جداً من الشوائب بالميكرون (µm) ، وهو واحد من المليون من المتر.

وتعتمد المرشحات على عنصر الترشيح المبين في شكل (1-49) .

الشكل (1-49) مادة عنصر المرشح

من اليسار لليمين: شبكة اسلاك، ورق، الياف معدنية

ويوجد في المادة المصنوع منها عنصر المرشح ثنيات بصورة نجوم. ويمكن بذلك الحصول على مساحة ترشيح كبيرة جداً من عناصر صغيرة الحجم، مع استقرار جيد للخواص.

وتصنع عناصر المرشح من مواد مختلفة:

- **شبكة الاسلاك**

تصنع من شبكة من الصلب الذي لا يصدأ.

- **الورق**

ويصنع عنصر المرشح من ألياف ورقية تكون قيمة الترشيح 10µm ، فضلاً عن أنبوب التقوية الثابت والمقاوم للضغط، والثنيات نجمية الشكل، ويضمن عنصر المرشح الورقي الثبات الدائم والجيد للخواص. ويُلحظ انه لا يمكن تنظيف هذه العناصر، بل يجب تغييرها عند اتساخها. لهذا تستعمل عادة في أثناء تنظيف الدوائر الهيدروليكية او عند بداية تشغيلها.

- **الألياف المعدنية**

تستعمل الالياف المعدنية كعناصر ترشيح. وتمتاز تلك العناصر بالمميزات الآتية:

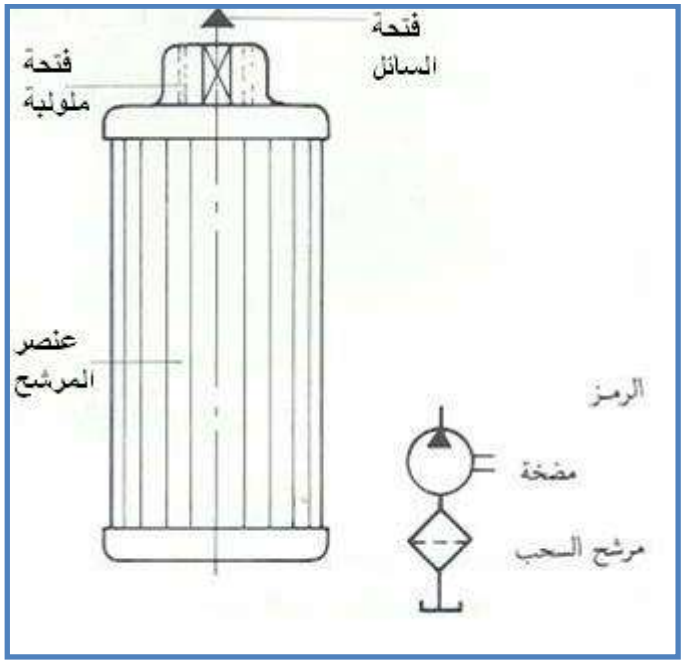
- قدرة اكبر على التقاط الشوائب لمساحة الترشيح نفسها.
- عمر تشغيل افتراضي كبير نتيجة للترشيح العميق.
- لا تتأثر بدرجات الحرارة المرتفعة.
- تسمح بفرق ضغط كبير.
- ثبات داخلي للخواص.

ويمكن استعمال انظمة ترشيح مختلفة، تسمى بحسب وضعها في الدائرة الهيدروليكية.

1- مرشح السحب

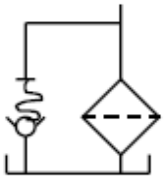
Suction Filters

يركب مرشح السحب ، المبين في الشكل (1-50) ، في خط سحب المضخة.



الشكل (1-50) مرشح السحب

يجهز مرشح السحب بفتحة ملولبة ، ويتم سحب السائل من الخزان عن طريق عنصر المرشح، بحيث لا يصل الى الفتحة الا السائل الذي تم ترشيحه. ولهذا النوع عيوب أهمها صعوبة الوصول إليه ، وبالتالي صعوبة صيانته كما أنه يجعل عملية سحب المضخة صعبة. ويجب ان نولي عناية خاصة بالنقطة الاخيرة، إذ انه لا يسمح باستعمال مرشح للسحب مع بعض المضخات . وعادة يكون الترشيح اكبر من 100µm في هذه المرشحات . ويمكن ان تزود مرشحات السحب بصمام تحويل وذلك لتجنب أية صعوبات قد تنجم عن اتساخ عنصر المرشح أو عند بدء الدوران والسائل بارد. ومن المعتاد ان يكون ضغط فتح الصمام 0،2 bar .



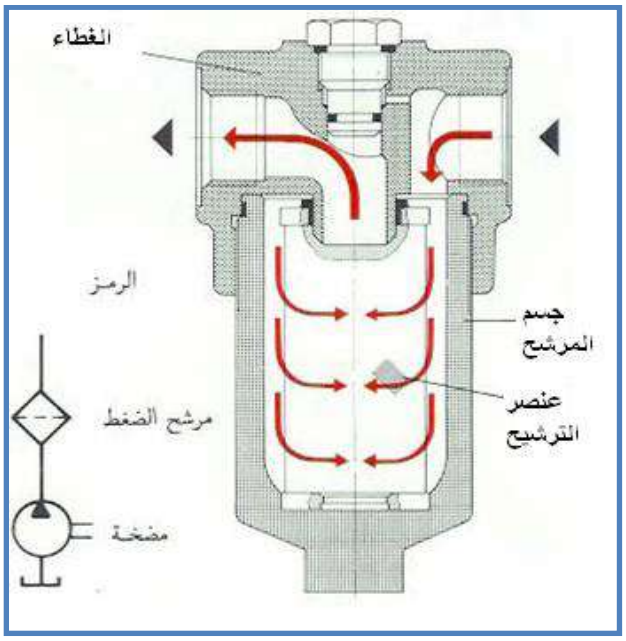
رمز مرشح سحب به صمام تحويل

2- مرشحات الضغط

Pressur Filter

يركب مرشح الضغط في خط الضغط بالدوائر الهيدروليكية. فيركب مثلاً عند مخرج المضخة او عند مدخل الصمامات المؤازرة أو صمامات التحكم في التدفق عند ضبطها على معدلات تدفق صغيرة جداً. وتركب هذه المرشحات عادة أمام الوحدة المراد حمايتها. وينساب مرشح الضغط الموضح في الشكل (1-51) التركيب في خطوط الضغط.

ويتكون المرشح من الجسم، والغطاء ، ويوضع بداخل الجسم عنصر الترشيح فضلاً عن حوض تجميع الشوائب. ويجب ان يكون المرشح مستقراً عندما يتعرض للحد الأقصى للضغط. وعادة ما تصمم تلك المرشحات لتتحمل ضغوطاً تصل الى 315 bar.



الشكل (1-51) مرشح الضغط

بيانات فنية مهمة

ضغط الترشيح حتى 420 bar

معدل التدفق حتى 330 l/min عند فرق الضغط يساوي 8 bar،0

الترشيح 1µm،5،10

3- مرشحات خط الرجوع

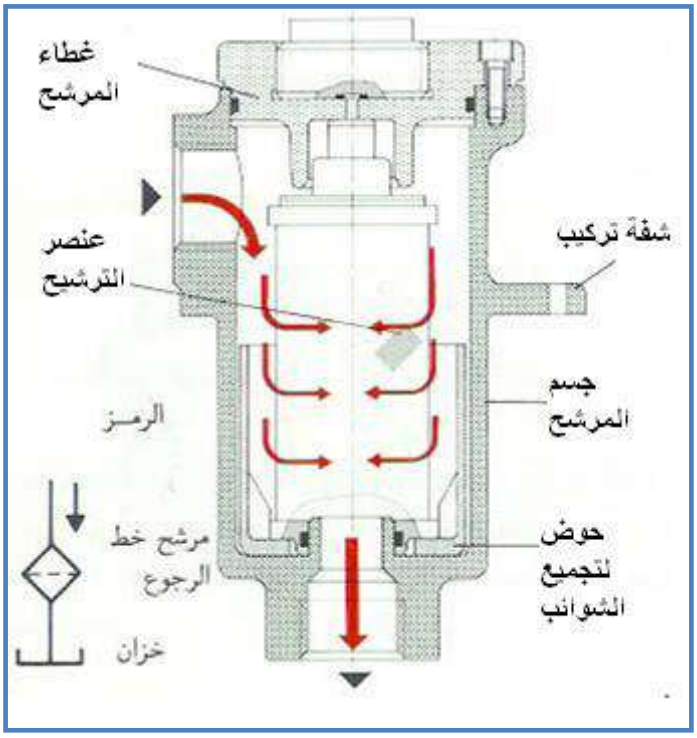
Return Line Filters

تُعدّ المرشحات التي تركب في خط الرجوع أكثر المرشحات استعمالاً ، إذ تعمل هذه المرشحات على تنقية السائل الراجع من شتى عناصر الدائرة وقبل عودته للخزان.

ويمكن ان يركب المرشح على خزان الزيت الشكل (1-52) ، أو مباشرة في خط الرجوع.

ويثبت المرشح المبين في الشكل (1-52) على غطاء الخزان بواسطة شفة تركيب. ويركب الجسم بحيث يؤدي مخرجه الى داخل الخزان مباشرة. ويمتاز هذا النوع بسهولة الوصول اليه وصيانته.

ومن الجدير بالملاحظة ان عنصر الترشيح محاط بحوض لتجميع الشوائب. يتم تغيير هذا الحوض مع تغيير عنصر المرشح بهذا يمكن منع وصول الشوائب الى الخزان. ولتجنب توقف الماكنة عند تغيير عنصر الترشيح أو صيانة المرشح ، تستعمل المرشحات الزوجية، فيتم توصيل مرشحين على التوازي لتجنب ايقاف التشغيل ويتم تحويل مسار السائل ليمر بالمرشح الثاني عند صيانة المرشح الاول.



الشكل (1-52) مرشح خط الرجوع

بيانات فنية مهمة

ضغط التشغيل لخط الرجوع حتى 30 bar

معدل التدفق حتى 1330 l/min (عند تركيب المرشح على الخزان)

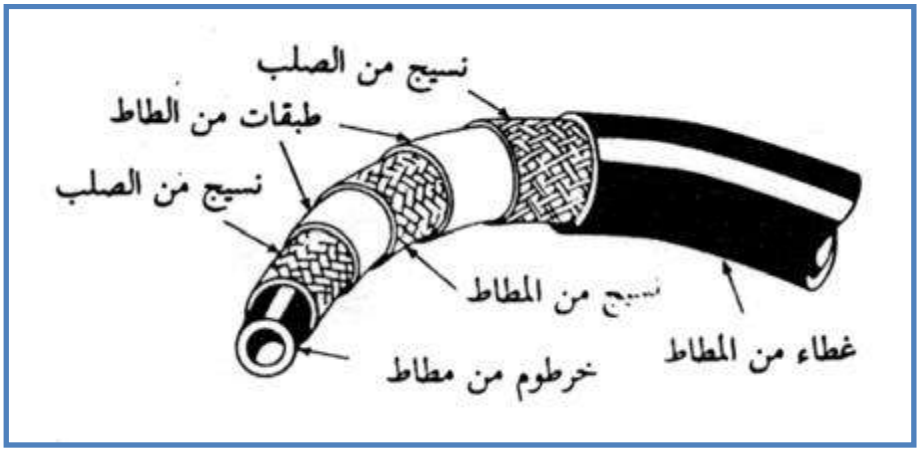
حتى 3900 l/min (عند تركيب المرشح في)

الترشيح 10 µm،20

7-7-1 أنابيب التوصيل

Conducting pipes

يوجه تيار الزيت المضغوط الخارج من المضخة الى أسطوانة التشغيل وذلك عن طريق أنابيب التوصيل . ويستعمل لهذا الغرض الأنابيب (المواسير) المصنوعة من الصلب غير الملحومة، وأنابيب التوصيل المرنة التي تصنع من المطاط المسلح لكي يناسبا تيار الزيت المضغوط ، كما مبين في الشكل (53-1).



الشكل (1-53) أنابيب التوصيل المرنة

وتعتبر الوصلات المقلوظة ، والصامولات وحلقات الاحكام الخارجية والداخية ، أجزاء أساسية بأنابيب التوصيل .

ولاتستعمل الأنابيب النحاسية بالتجهيزات الهيدروليكية، لأنها تساعد على حدوث تغيرات كيميائية .

8-7-1 خزانات الهيدروليك

Hydraulic Reservoirs

للخزان عدد من الوظائف المختلفة أهمها :

- مصدر لإمداد الدورة بالزيت .

يجب أن يكون الخزان قادراً على إمداد الدائرة بكل الزيت الذي تحتاج إليه . ويجب عند تصميمه أن يؤخذ بالحسبان تغير حجم السائل بداخله بحسب حاجة المستعمل، وبحسب دورة التشغيل . كما يجب الأخذ بالحسبان أن التسريبات الخارجية من الدائرة يتم تعويضها من الزيت الاحتياطي بالخزان .

- التبريد (تبديد الحرارة)

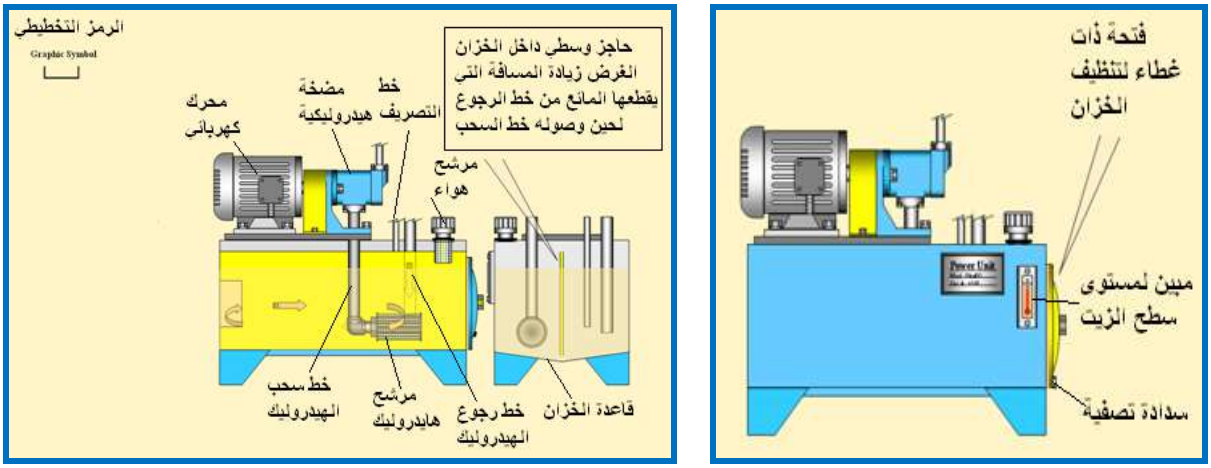
في أثناء عمليات تحويل الطاقة أو نقلها يُفقد دائماً جزء منها، ويتحول في الدوائر الهيدروليكية الى حرارة ترفع درجة حرارة السائل . ويحدد مقدار الطاقة المفقودة، كفاءة الدورة . ويحدث الفقد في الطاقة الهيدروليكية في خطوط الأنابيب، والمضخات والمحركات، والصمامات (نتيجة التسريب الداخلي)، والخوانق، الى جانب الطاقة المفقودة في صمامات التحكم في الضغط .وتنتقل معظم كمية الحرارة الناتجة الى الزيت . وتقوم الأنابيب وعناصر التحكم والخزان بتبديد جزء من هذه الحرارة الى الجو المحيط بها . ويعمل جزء الحرارة الباقي على تسخين الزيت وأجزاء الوحدة . ومع زيادة سخونة الأجزاء يزيد معدل فقد الحرارة الى الجو، حتى يتم الوصول الى حالة اتزان يتساوى عندها مقدار الحرارة المتولدة في الدائرة مع الحرارة المفقودة منها الى الجو المحيط.

- التخلص من الهواء

تحتوي الزيوت المعدنية على كمية ذائبة من الهواء . وتعتمد تلك الكمية على درجة الحرارة والضغط ، وبالتالي يمكن أن تنفصل فقاعات هوائية صغيرة وتخرج من الزيت للدورة الهيدروليكية في أثناء التشغيل ، ونظراً للتغييرات التي تحدث في ضغط الزيت ودرجة حرارته ، يجب التخلص من هذه الفقاعات في الخزان، ويتطلب ذلك أن يكون السطح العلوي للزيت أكبر مما يمكن.

- التخلص من الشوائب

بالرغم عن تنقية الزيت عن طريق المرشحات، تتجمع جسيمات صغيرة ودقيقة من القاذورات والشوائب والرواسب في الدورة، مع تقادم الدورة وزيادة فترة التشغيل . وتترسب هذه الجسيمات على قاع الخزان . ولهذا السبب يكون تصميم وضع خطوط السحب والرجوع وترتيبها مهماً للغاية. ويبين الشكل (1-54) مثالاً لخزان هيدروليكي.



الشكل (1-54) يبين حزاناً هيدروليكياً

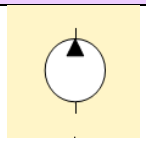
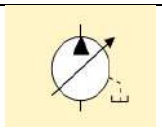
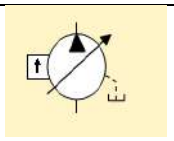
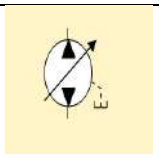
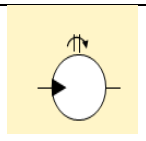
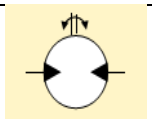
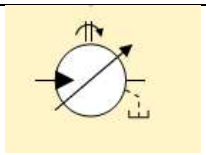
8-1 الرموز الهيدروليكية

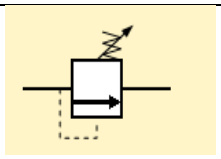
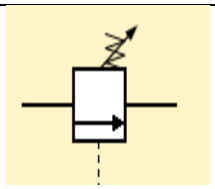
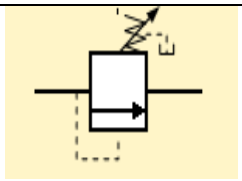
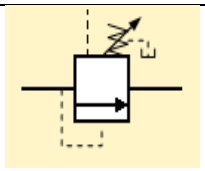
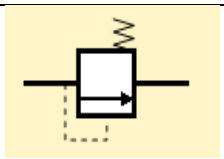
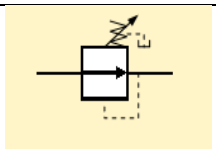
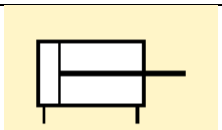
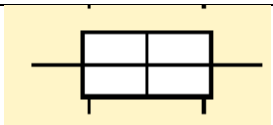
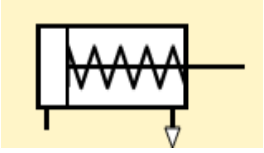
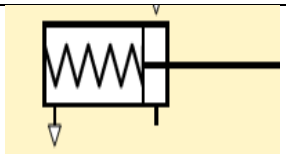
Hydraulic Symbols

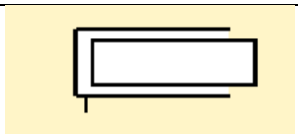
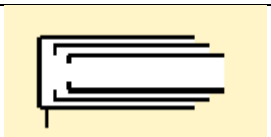
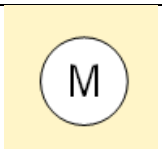
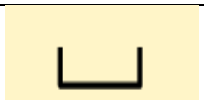
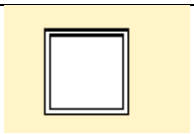
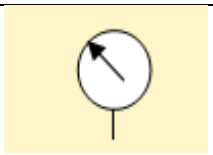
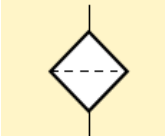
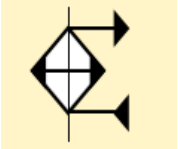
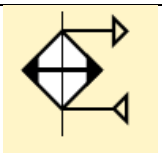
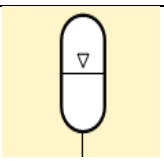
تستعمل الرموز بدلاً من الرسوم المبسطة لمقاطع أجزاء الدائرة .

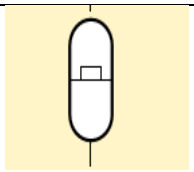
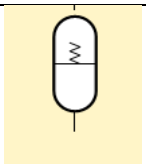
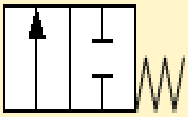
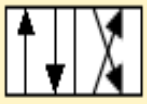
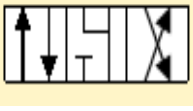
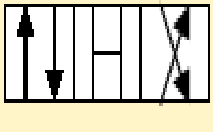
ويطلق على رسم الدائرة الناتج عند استعمال الرموز لتمثيل العناصر ، اسم الرسم التخطيطي للدائرة . وتوضح النظم القياسية (DIN) و (ISO 1219) طريقة الرمز، ووظيفة عناصر الدائرة المختلفة . وستوضح الرموز المختلفة للمكونات في الجدول الآتي :

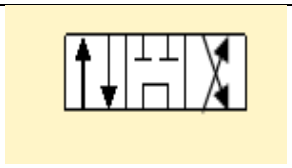
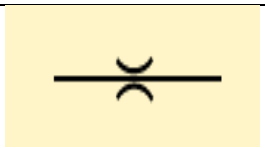
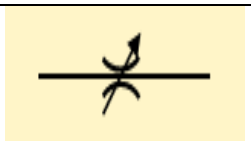
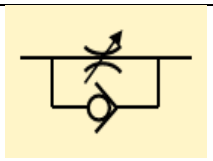
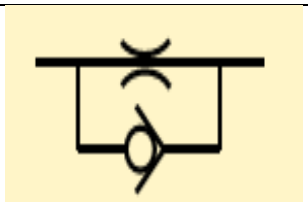
جدول (1-2) يبين الرموز الهيدروليكية

تسلسل	الرمز	المعنى
1		مضخة هيدروليكية لها تدفق ثابت
2		مضخة هيدروليكية لها تدفق متغير
3		مضخة هيدروليكية لها تدفق متغير ذات ضغط تعويضي
4		مضخة هيدروليكية لها تدفق متغير باتجاهين
5		محرك هيدروليكي يدور باتجاه واحد
6		محرك هيدروليكي يدور باتجاهين
7		محرك هيدروليكي يدور باتجاه واحد ذو معدل تدفق متغير

8		صمام التحكم بالضغط:الحالة الاعتيادية مغلق، ومرشد تشغيل داخلي، وذو تصريف داخلي
9		صمام التحكم بالضغط:الحالة الاعتيادية مغلق، ومرشد تشغيل عن بعد، وذو تصريف داخلي
10		صمام التحكم بالضغط:الحالة الاعتيادية مغلق، ومرشد تشغيل داخلي، وذو تصريف خارجي
11		صمام التحكم بالضغط:الحالة الاعتيادية مغلق، ومرشد تشغيل داخلي، وذو تصريف خارجي مع خط تهوية
12		صمام التحكم بالضغط: غير قابل للتنظيم،والحالة الأعتيادية مغلق، ومرشد تشغيل داخلي، وذو تصريف داخلي
13		صمام التحكم بالضغط:الحالة الاعتيادية مفتوح، ومرشد تشغيل داخلي، وذو تصريف خارجي
14		اسطوانة ذات ذراع كباس من جانب واحد ومزدوجة الفعل
15		أسطوانة ذات ذراع مكبس عند كل جانب ومزدوجة الفعل
16		أسطوانة ذات نابض إرجاع ومفردة الفعل
17		أسطوانة ذات نابض تمدد ومفردة الفعل

الأسطوانة الدافعة ومفردة الفعل		18
الأسطوانة التلسكوبية		19
مشغل دوراني		20
محرك كهربائي		21
خزان هيدروليكي		22
محرك احتراق داخلي		23
مقياس		24
مرشح		25
مبرد هيدروليك ذو مبادل حراري مائي		26
مبرد هيدروليك ذو مبادل حراري هوائي		27
مركم هوائي هيدروليكي		28

29		مركم ثقل التحميل
30		مركم نابض الأرجاع
31		صمام اتجاهي ذو موضعين، ونابض إرجاع جانبي، ومفتوح في الحالة الاعتيادية، وذو طريقتي توصيل
32		صمام اتجاهي ذو موضعين، ونابض إرجاع جانبي، ومغلق في الحالة الاعتيادية، وذو طريقتي توصيل
33		صمام اتجاهي ذو موضعين، ونابض إرجاع جانبي، ومفتوح في الحالة الاعتيادية، وذو ثلاث طرائق توصيل
34		صمام اتجاهي ذو موضعين، ونابض إرجاع جانبي، ومفتوح في الحالة الاعتيادية، وذو ثلاث طرائق توصيل
35		صمام اتجاهي ذو موضعين، وذو أربع طرائق توصيل
36		صمام اتجاهي ذو موضعين، وذو أربع طرائق توصيل
37		صمام اتجاهي، ذو ثلاثة مواضع،وأربع طرائق توصيل، وذو مكبس مغلق للتوصيل المركزي
38		صمام اتجاهي، ذو ثلاثة مواضع،وأربع طرائق توصيل، وذو مكبس طافٍ للتوصيل المركزي
39		صمام اتجاهي، ذو ثلاثة مواضع،وأربع طرائق توصيل، وذو مكبس مفتوح للتوصيل المركزي

40		صمام اتجاهي، ذو ثلاثة مواضع،وأربع طرائق توصيل، وذو مكبس مزدوج للتوصيل المركزي
41		صمام التحكم في التدفق ذو مساحة مقطع ثابتة ، أي معدل تدفق ثابت
42		صمام التحكم في التدفق ذو مساحة مقطع متغيرة ، أي معدل تدفق متغير
43		صمام التحكم في التدفق ذو مساحة مقطع متغيرة ، أي معدل تدفق متغير مع صمام لارجعي
44		صمام التحكم في التدفق ، ذو مساحة مقطع ثابتة ، أي معدل تدفق ثابت مع صمام لارجعي

الأسئلة

س1: املأ الفراغات الآتية .

1- في الوقت الحالي يعني اصطلاح ((الهيدروليكا))، أو ((التحكم الهيدروليكي))، نقل ----- و----- والتحكم فيهما بواسطة -------- .

2- من عيوب نظم الإدارة والتحكم الهيدروليكي ارتفاع --------- الزيت مع تغير --------- في أثناء مروره خلال القنوات الضيقة واختلاف أدائه نتيجة لذلك.

3- الصمامات هي عناصر مكنية تستعمل كأجهزة ------- و--------- في القدرة.

4- تستعمل --------- بدلاً من الرسوم المبسطة لمقاطع أجزاء الدائرة.

5- للخزان عدد من الوظائف المختلفة أهمها :مصدر لـ---------- الدورة با--------

س2: عدد وظائف الخزانات الهيدروليكية في الدوائر الهيدروليكية وأشرحها.

س3: صحح الخطأ إن وجد :

1- تزداد درجة حرارة الزيت نتيجة مروره بالخزان .

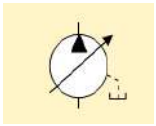
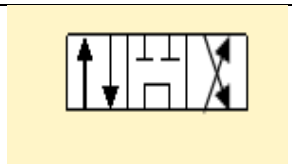
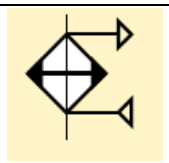
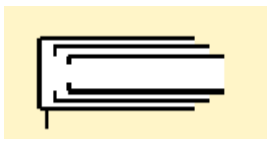
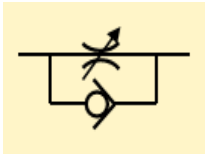
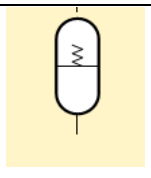
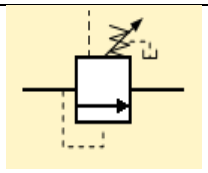
2- تستعمل الأنابيب النحاسية بالتجهيزات الهيدروليكية وذلك لأنها لا تساعد على حدوث تغيرات كيميائية .

3- تعمل المرشحات على تبريد السائل الراجع من شتى عناصر الدائرة وقبل عودته للخزان.

4- تستعمل المراكم الهيدروليكية لتبريد كمية من السائل تحت ضغط .

5- الغرض من صمامات التحكم التوجيهية هو أن يتم التحكم في بداية حركة سريان السائل واتجاهه في الدائرة الهيدروليكية وكذلك إيقافه.

س4: اشرح الرموز التالية بنحوٍ مختصر:

الباب الثاني

الفصل الثاني

الأنظمة الهوائية

Pneumatic Systems

الأهـــداف:

الهدف العام :

في هذا الفصل يتعرف الطالب على المنظومة النيوماتيكية،وأجزائها،وأنواع الضاغطات،وأنواع الصمامات، وخزانات الهواء،والأنابيب المستعملة،ورموز الأجزاءالنيوماتيكية .

الأهداف الخاصة:

تعريف الطالب على الموضوعات الآتية :

1-استعمالات الهواء المضغوط ومميزاته وعيوبه.

2-أجزاء المنظومة النيوماتيكية .

3-أنواع الضاغطات المستعملة في ضغط الهواء .

4-أنواع الصمامات المستعملة في النظم الهوائية .

5-خزانات الهواء وملحقاتها.

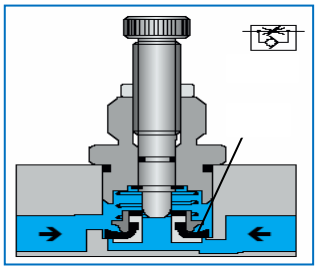
6-الأنابيب والخراطيم المستعملة في نقل الهواء

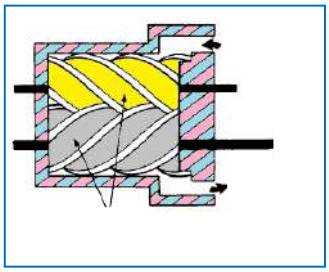
7-دوائر المنظومة النيوماتيكية .

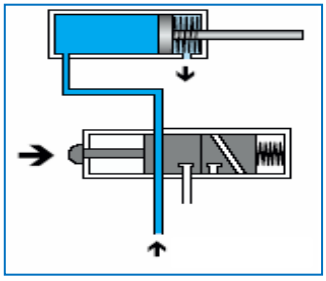
محتويات

الفصل 2

تعلم المواضوعات







- مميزات الهواء المضغوط
- أسباب استعمال الأنظمة الهوائية
- عيوب استعمال الهواء المضغوط
- الفرق بين النظام الهيدروليكي والنيوماتيكي
- مصافي الهواءومرشحاته
- الدائرة النيوماتيةوأجزاؤها
- تحضير الهواء المضغوط
- الضواغط وأنواعها
  - الضواغط ذات المكبس
  - الضواغط ذات الحجاب
  - الضواغط الدوارة
  - الضواغط ذات الريش
  - الضواغط الحلزونية
- تركيب المحرك على الضاغطة
- القارنات
  - الشروط الواجب توافرها في القارنات
  - أنواع القارنات
- الصمامات وأنواعها
  - الصمامات التوجيهية
  - صمامات الضغط
  - صمامات التدفق
- منظمات الضغط
- صمام الأمان
- الأنابيب المستعملة في المنظومة الهوائية
- خزانات الهواء وملحقاتها
- رموز الدائرة النيوماتية
  أسئلة الفصل
- النيوماتيك

المصادر

1-2 الأنظمة الهوائية

Pneumatic System

الهـــواء :

هو خليط غازي من النتروجين والأوكسجين وثاني اوكسيد الكربون وغازات أخرى فضلاً عن الرطوبة والهواء يتكون من جزيئات تتحرك وتتصادم مع بعضها بصورة مستمرة،هذه الحركة هي السبب في انتشاره،وعند تعبئة الهواء في وعاء فان جزيئاته تصطدم بجدار الوعاء بنحوٍ مستمر مسببة ضغطا. ويستعمل الهواء المضغوط بنحوٍ واسع في كثير من العمليات الصناعية و الأوتوماتيكية

النيومـاتيك :

هو علم يهتم بدراسة الهواء المضغوط وتدفقه باستعمال صمامات تحكم بدقة متناهية . إذ يستعمل في المصانع الحديثة والصناعات الغذائية والكيمياوية وتشغيل الآلات في الورش وأعمال التعدين وإنشاء الطرقوإصلاحها.... الخ .

2-2 مميزات الهواء المضغوط

1- متوافر في أي مكان بكميات غير محدودة.
2- قابل للخزن بواسطة خزانات، لذلك ليس ضرورياً أن يبقى الضاغط يعمل بنحوٍمتواصل.
3- قابليته للنقل، إذ يمكن نقله بسهولة بواسطة خطوط أنابيب هوائية لمسافات طويلة.
4- مستقر، إذ لا يتأثر بتغير درجات الحرارة.
5- الهواء المضغوط لا ينفجر ولا يحترق، لذلك لا توجد ضرورة لتجهيزات حماية ضد الانفجار أوالحريق.
6- الهواء نظيف ولا يسبب تسربه التلوث .
7- عناصر التشغيل سهلة التركيب وغير مكلفة .
8- قابليته للضغط عالية جداً .

3-2 أسباب استعمال الأنظمة الهوائية

1- عدم وجود تيار كهربائي في أماكن استعمال الآلات التي تعمل بالهواء المضغوط .

2- سهولة حمل هذه الآلات .

3- متانة الآلات العاملة بالهواء المضغوط وسهولة صيانتها.

4- تصميم هذه الآلات للعمل في ظروف جوية صعبة .

4-2 عيوب استعمال الهواء المضغوط

1- التجهيز : يتطلب تجهيز الهواء المضغوط عناية كبيرة،فالغبار والرطوبة تسبب تآكل الأجزاء النيوماتيكية وتلفها .

2- ضجيج التنفيس : يكون صوت تنفيس الأجزاء النيوماتيكية عالياً،لذا يجب استعمال كاتم الصوت.

3- لا يمكن التحكم بسرعة ثابتة ومنتظمة للمكابس، لأن الهواء قابل للانضغاط .

4- الهواء المضغوط منخفض التكاليف حتى قدر معين يصل إلى 7 بار،وأعلى من ذلك يفضل استعمال الهيدروليك .

5- يختلط الزيت بالهواء وعند خروجه يسبب تلوث الجو .

5-2 الفرق بين النظام الهيدروليكي والنيوماتيكي

1- في النظام النيوماتيكي يستعمل الهواء كوسيط لنقل الطاقة في حين يستعمل الزيت في النظام الهيدروليكي .

2- النظام الهيدروليكي نظام مغلق،إذ يعاد الزيت إلى الخزان، في حين يفرغ الهواء إلى الجو في النظام النيوماتيكي .

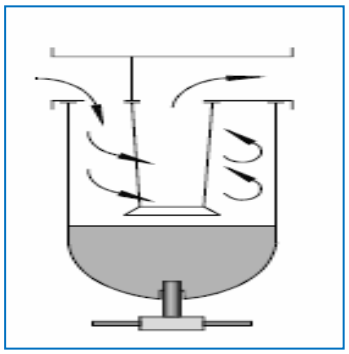
3- الهواء قابل للانضغاط، والزيت غير قابل للانضغاط .

4- المنظومة الهوائية تعمل بين ضغط (6 – 10) بار، فهو أعلى ضغط يمكن الحصول عليه، في حين في المنظومة الهيدروليكية يمكن الحصول على ضغط يصل إلى 500 بار، وبذلك نحصل منه على قوى وعزوم عالية .

6-2 مصافي الهواءو مرشحاته

Air Filters

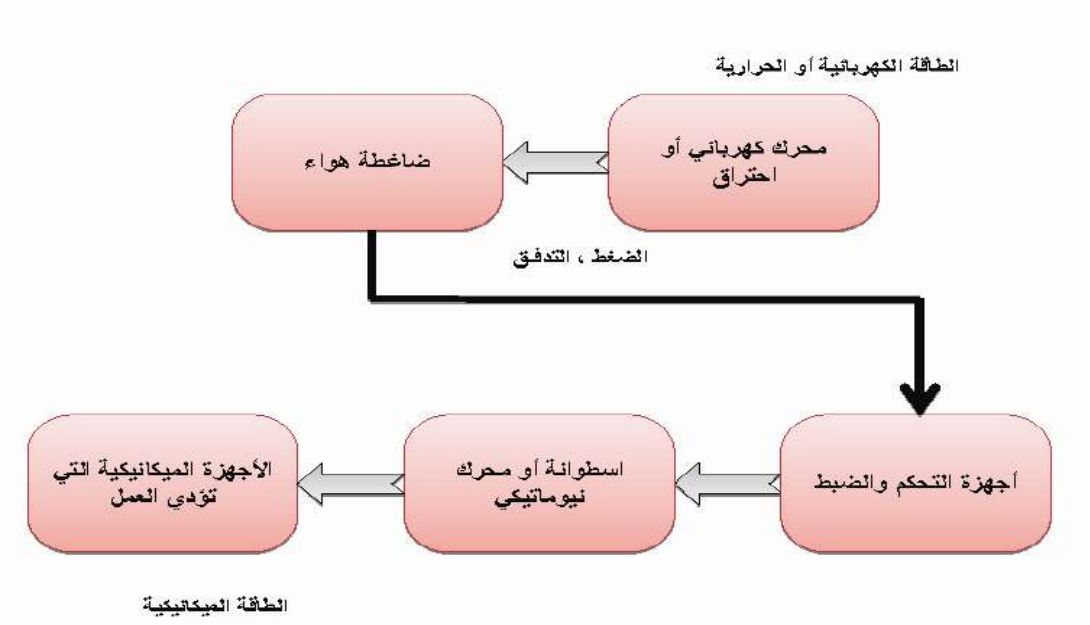
تقوم بوظيفة تنقية الهواء من الشوائب،فضلاً عن التخلص من الرطوبة الموجودة في الهواء، لأن وجودها يسبب أضراراً في أجزاء المنظومة الهوائية، ويمثل الشكل (2-1)إحد المرشحات ويبين اتجاه حركة الهواء داخل المرشح.



الشكل (2-1) المرشح

7-2 الدائرة النيوماتيكية

هي مجموعة من المشغلات وأجهزة التحكم التي تستعمل الهواء المضغوط لنقل الطاقة وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية،وينتقل الهواء المضغوط، كما مبين في الشكل (2-2)، في أجزاء المنظومة.



شكل (2 - 2) مخطط الدائرة النيوماتيكية

ويتم رسم المنظومة الهيدروليكية والنيوماتيكية بواسطة الرموز،ويبين الشكل (2 - 3) منظومة بواسطة الرموز

1- ضاغطة الهواء

2- خزان

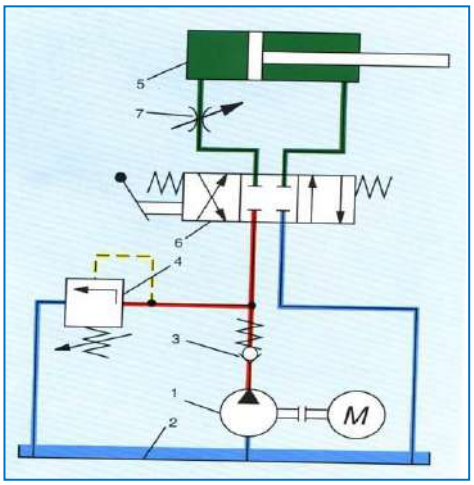
3- صمام لارجعي

4- منظم

5- مكبس أحادي التأثير

6- صمام توجيهي

7- صمام خانق



الشكل (2-3) استعمال الرموز لرسم مخطط الدئرة النيوماتيكي

8-2 أجزاء المنظومة النيوماتيكية :

تتكون المنظومة النيوماتيكية من الأجزاءالأساسية الآتية :

1- ضاغطة الهواء: وظيفتها سحب الهواء من الجو بعد مروره بالمرشحة وضغطه.

2- الخزان: يقوم بتخزين الهواء المضغوط .

3- المحرك: ويكون إما محركاً كهربائياًوإما محرك احتراق داخلي، وظيفته تشغيل الضاغطة.

4- الصمامات: وهي صمامات تحكم في الاتجاه والضغط ومعدل التدفق.

5- المشغل: لتحويل طاقة الهواء إلى طاقة ميكانيكية أو عزم .

6- الأنابيب: تستعمل لنقل الهواء المضغوط في أجزاءالمنظومة.

9-2 تحضير الهواء المضغوط

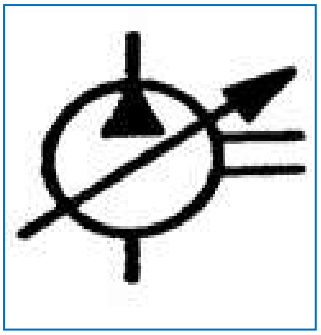
يحضر الهواء باستعمال الضاغطات، ويجب التخلص من جميع الشوائب الموجودة في الهواء قبل دخوله الضاغطة،والتخلص من الزيت المستعمل في تزييت الضاغطة،والتخلص من الرطوبة العالقة بالهواء لكي لا تسبب صدأ لأجزاء الضاغطة وأجزاء المنظومة من أنابيب وصمامات .

10-2ضواغط الهواء

Air Compressor

هي مضخات تستعمل لسحب الهواء وضغطه وتزويد معدات القدرة والاستعمالات الصناعية بالهواء المضغوط الجاف والنقي.إذ يسحب الهواء عن طريق فتحة السحب للضاغطة بعد مروره بالمرشح للتخلص من الشوائب، فيتم ضغطه مما يؤدي إلى ارتفاع ضغطه ودرجة حرارته،ثم يتم معالجة الهواء بتبريده وتجفيفه وإزالة الزيت عنه .

وتستعمل ضاغطات الهواء في المنظومات النيوماتيكية،فهي تعمل على ضخ الهواء ودفعه إلى دوائر المنظومة والعمل على استمرار سريانه فيها وهناك عدة أنواع من الضاغطات التي يمكن استعمالها في الأنظمة النيوماتيكية .



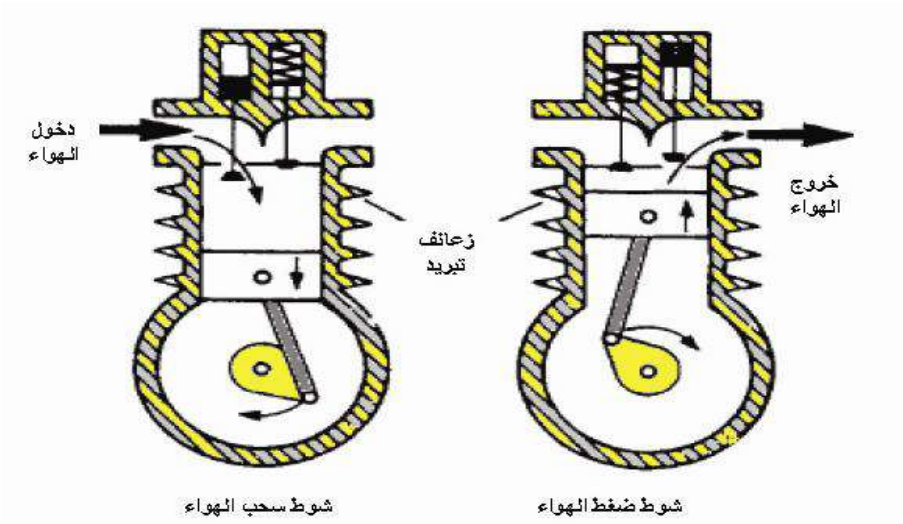
رمز ضاغط الهواء

2-10-1 الضاغطة ذات المكبس

Piston Compressor

وهي أكثر أنواع الضاغطات شيوعاً وتتكون من مكبس يتحرك داخل أسطوانة،ويأخذ حركته من ذراع توصيل وعمود مرفق يأخذان حركتهما مـن محرك كهربائي أو محرك احتراق داخلي . كما فـي الشكل (4-2) .

عند نزول المكبس الى الاسفل في شوط السحب يكون صمام الدخول مفتوحاً، فيدخل الهواء إلى داخل الأسطوانةما يسبب تخلخل الضغط بداخلها . وفي نهاية شوط السحب يغلق صمام الدخول ويفتح صمام الخروج،وعند صعود المكبس إلىالأعلى في شوط الضغط يضغط الهواء ويخرج من فتحة الخروج عن طريق صمام الضغط .



الشكل (2 - 4) ضاغطة ذات مكبس منفرد

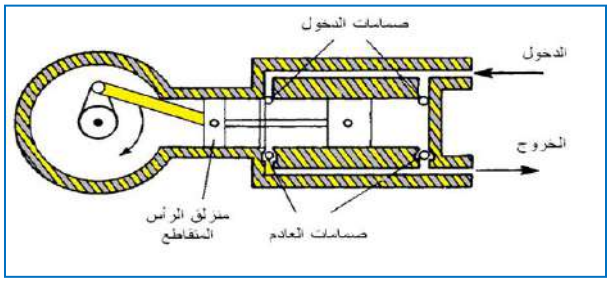
في هذا النوع من الضاغطات إذا كان الضغط المطلوب أكثر من 5 بار، فان درجة حرارة الهواء سوف تصل إلى حدود 200 °م، لذلك سوف نحتاج إلى طاقة اكبر لتدوير المحرك.

2-10-2 الضاغطة ذات المرحلتين مزدوجة التأثير

Two stage piston compressordouble acting

ويستخدم في المنظومات النيوماتيكية ضاغطات ذات مكبس مزدوج التأثير،وذلك عندما يكون ضغط الهواء المطلوب من (10 – 15) بار . ويبين الشكل (2-5) احد أنواع هذه الضاغطات .

في هذا النوع من الضاغطاتيسحب الهواء فيأثناء حركة المكبس إلى الأسفل ويضغطه في نفس الوقت.

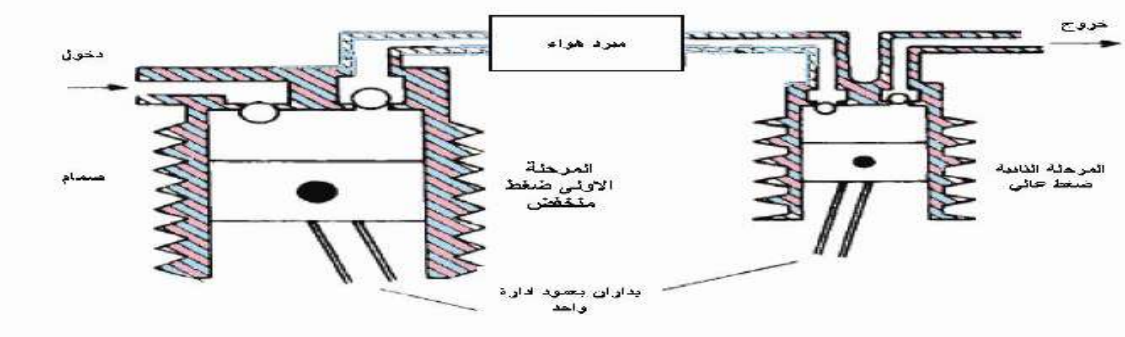


الشكل (2 - 5) الضاغط ثنائي الفعل

3-10-2 الضاغطة ذات المكبس بمرحلتين

Tow stage compressor

في هذا النوع من الضواغط يتحرك المكبس بواسطة عمود إدارة واحد، وعند خروج الهواء في المكبس في المرحلة االاولى الى اليسار يمر بالمبرد وذلك لامتصاص الحرارة الزائدة قبل أن يضغط مرة أخرى في الأسطوانة اليمنى للحصول على ضغط أعلى .ويوضح الشكل (2-6) ضاغطة ذات مكبس بمرحلتين .

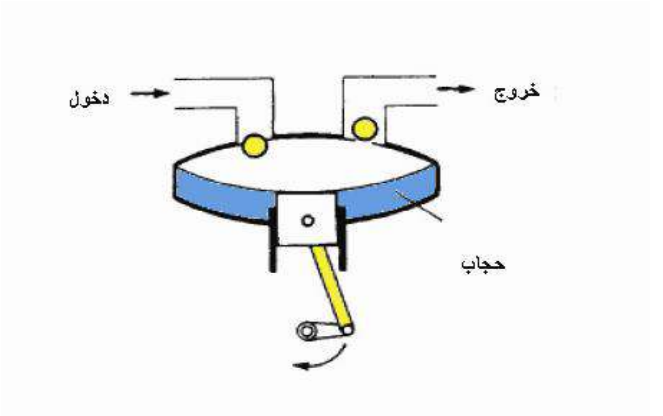


الشكل (2 – 6) الضاغطة ذات المكبس بمرحلتين

4-10-2 الضاغطة ذات الحجاب

Diaphragm Compressor

في الشكل (2-7) نلحظ أن هذه الضاغطة تحتوي على حجاب مطاطي مرن يفصل بين الهواء والمكبس، وبذلك يمنع تلوث الهواء بالزيت، لكن طول مشوار السحب يكون قليلاً.



الشكل (2 - 7) الضاغطة ذات الحجاب

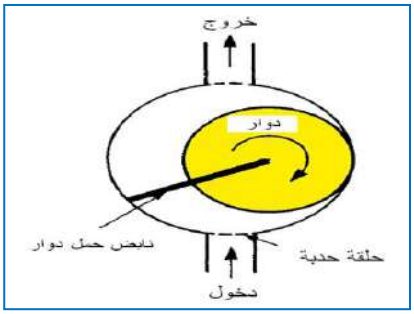
5-10-2 الضاغطة الدوارة

Rotary Compressor

هناك نوعان من الضواغط الدوارة،فهي إماأن تكون ذات الريشة المنزلقة الواحدة وإما ذات الريش المنزلقة المتعددة.

1- الضاغطة الدورانية ذات الريشة المنزلقة الواحدة

Rotary compressor with single vane



الشكل (2– 8) الضاغطة الدورانية ذات الريشة المنزلقة الواحدة

تتكون هذه الضاغطة من عمود دوران لا مركزي،وحلقة من الصلب،وريشة تقسيم منزلقة،وأسطوانة من الصلب تدور بداخلها الحلقة، ويبين الشكل (2-8) ضاغطة دورانية ذات ريشة منزلقة واحدة، إذ إن فيالحركة اللامركزية تحدث عمليتا سحب الهواءوضغطه نتيجة دوران الحلقة اللامركزية داخل الأسطوانة . وكلما تحركت هذه الحلقة فأنها تمس جدار الأسطوانة في نقطة محددة.من جهة وتمس الريشة المنزلقة جدار الأسطوانة من الجهة الأخرى،فتكون غرفة ضغط،وعندما تتصل غرفة الضغط بفتحة دخول الهواء تمتلئ الغرفة بالهواء،وفي دوران الحلقة تضغط الهواء أمامها بينها وبين جدار الأسطوانة والريشة،وعندما تتصل غرفة الضغط بفتحة خروج الهواء يندفع الهواء إلى الخارج من هذه الفتحة . والريشة تنزلق بحركة ترددية بواسطة (نابض) داخل المجرى الخاص .

2-الضاغطة الدورانية ذات الريش المنزلقة المتعددة

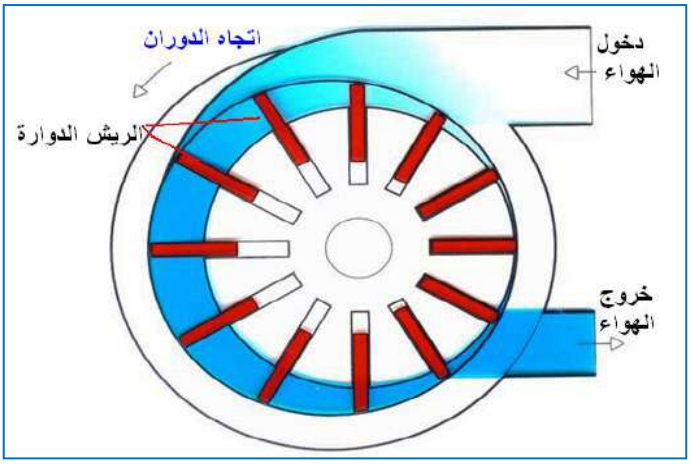
Rotary compressor with single vane

تحوي الضاغطة على عدد من الريش مركبة على مسافات متساوية حول محيط العضو الدوار داخل مجاري والعمود الدوار مركب داخل الأسطوانة وتتحرك حركة لا مركزية وعند دورانه تتحرك الريش

إلى الداخل والخارج،وتضغط على جدران الأسطوانة بتأثير القوة الطاردة المركزية وتزود الريش بنابض .ويبين الشكل (2-9) التركيب الداخلي لضاغطة دورانية ذات ريش متعددة.

وعند الاقتراب من خط الطرد تكون الريش قصيرة،وبالدوران يزداد طول الريش،ويزداد الحجم بين كل ريشتين متتاليتين،ويكون الحجم اكبر ما يمكن عند خط السحب، فتمتلئ الغرفة بالهواء وينقطع الاتصال بخط السحب .

وباستمرار الدوران تصغر غرفة الضغط، إذ يقل حجمها، وعند خط الدفع تكون الغرفة اصغر ما يمكن، ويكون ضغط الهواء عالياً فيندفع الهواء خارج المضخة .

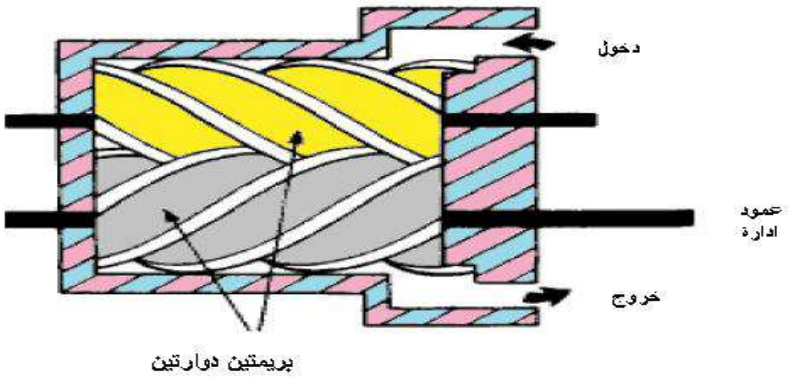


الشكل (2 - 9) الضاغطة الدورانية ذات الريش المتعددة

6-10-2 الضواغط الحلزونية

Screw compressor

يبين الشكل (2-10) احد انواع الضواغط الحلزونية إذ يتكون الضاغط من بريمتين حلزونيتين تدوران باتجاهين متعاكسين متعشقتين مع بعضهما بخلوص يصل إلى 0،05 ملم،وتأخذ إحدى البريمتين الحركة من عمود دوران، وتنتقل الحركة إلى البريمة الأخرى، فتدور بالاتجاه المعاكس،ويسحب الهواء بينهما،فيضغط ويدفع إلى خارج المضخة عن طريق فتحة الخروج،وبما أن البريمتين تحتاجان دائماًإلى الزيت فأن الهواء المضغوط الخارج من المضخة يكون ملوثاً بالزيت، ويجب تنقيته بواسطة فاصل زيت.



الشكل (2 – 10) الضاغطة الحلزونية

11-2 تركيب المحرك على الضاغطة

تستعمل المحركات الكهربائية أو محرك احتراق داخلي لتدوير ضاغطةالهواء،وتكون المحركات الكهربائية في الغالب ثلاثية الأطوار، وتنقل الحركة من المحرك إلى الضاغطة بواسطة البكرات والأحزمة الناقلة وهو الأكثرشيوعاً.أو تستعملالقارنات .

والقارنة هي أداة ربط تستعمل لربط الأعمدة الدوارة مع بعض، ويوجد منها نوعان أساسيان :

1- القارنة المرنة : وتسمح ببعض الانحراف عن محوري العمودين المراد ربطهما،كما إنها تمتص الصدمات والاهتزازات التي تنشأ عند الدوران .

2- القارنةالجسيئة : لا تسمح بأي انحراف عن محوري العمودين اللذين تربط بينهما،وتستعمل عند سرع الدوران القليلة نسبياً .

12-2القارنات

Coupling

هي آليات ذات أشكال متعددة،تستعمل لتوصيل نهايات الأعمدة مع بعض لنقل الحركة فيما بينها.

الشروط الواجب توافرها في القارنات

1- سهولة الفك والتركيب .

2- نقل عزم الدوران من دون فقد .

3- لا تحتوي على أجزاء بارزة في محيطها الخارجي .

أنواع القارنات

Types of Coupling

توجد أنواع مختلفة من القارنات تختلف استعمالاتهاباختلاف الوظيفة المطلوبة .. وهناك نوعان أساسيان:

1- القارنات الثابتة Rigid coupling

2- القارنات المتحركة Movable coupling

القارنات الثابتة

Rigid coupling

تسمى أيضابالقارنات الجسيئة. الغرض منها توصيل نهايات الأعمدة التي تكون على استقامة واحدة،وتستعمل لنقل عزم الدوران من عمود إلى عمود آخر على أن تكون محاور الأعمدة على خط واحد .

أنواع القارنات الثابتة

Types of Rigid coupling

1- قارنة الجلبة الأسطوانية .

2- القارنة المشقوقة

3- القارنة ذات القرص .

القارنات المتحركة

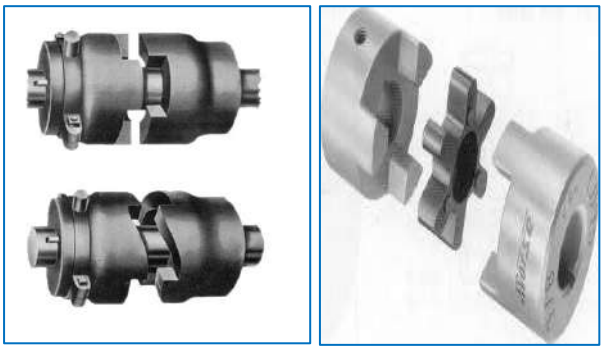
Movable coupling

تستعمل في وصل عمودين لنقل عزم الدوران مع توفير حيز كافٍ للتغييرات الطفيفة في أطوال الأعمدة يمكن استعمالها عند وجود انحراف بزاوية صغيرة بين محوري العمودين . ويصنع جزء منها من مادة المطاط المرنة لنقل عزم الدوران بطريقة سلسة وامتصاص الاهتزازات والصدمات الناتجة من الأحمال المفاجئة.

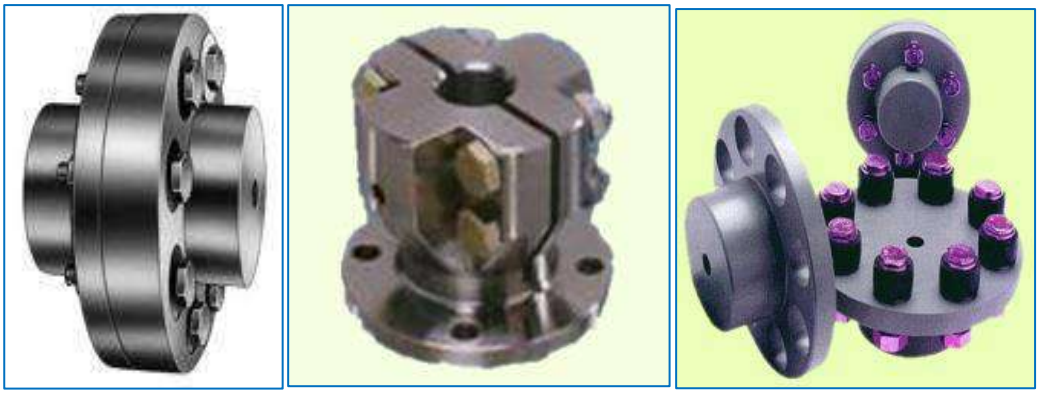
أنواع القارنات المتحركة

Types of Movable coupling

من أنواع القارنات المتحركة القارنة المرنة Flexible Couplingالتي تتميز بنقل عزم دوران هادئ،وفي حالة زيادة الحمل على القارنة تتمزق المادة المرنة، من دون حدوث ضرر في أجزاء نقل الحركة . ويبين الشكل (2-11) أنواعاً مختلفة من القارنات .



قارنات مرنة مخلبية



قارنة الجلبة الاسطوانية القارنة المشقوقة قارنة مشفهة

الشكل (2-11) أنواع القارنات

13-2 الصمامات

Valves

الصمام هو وسيلة للتحكم بضغط المائع (غاز أو سائل) أو اتجاهه أو كمية تدفقه.

وظيفة الصمامات

هو التحكم في مسار وحركة الهواء المضغوط في جميع أجزاء المنظومة،وهي ثلاثة أنواع:

1- صمامات التحكم التوجيهية:

وتقوم بتحديد الأنبوب (المسار) الذي سيمر به الهواء المضغوط.

2- صمامات الضغط :

تسيطر على مقدار ضغط الهواء في المنظومة .

3- صمامات التدفق :

تتحكم بمعدل تدفق الهواء المضغوط في خطوط المنظومة .

1- صمامات التحكم التوجيهية

Directional control valves

تتحكم في اتجاه تدفق الهواء والمسار الذي يمر به،وبالتالي توقف الخطأو عمله .

وتسمى الصمامات التوجيهية بحسب ما يأتي :

أ – عدد الفتحات التي تحويها 2 أو 3 أو ..... إلخ.

ب – عدد أوضاع التشغيل 2 أو 3 أو ..... إلخ.

ج – بحسب طريقة التشغيل : يدوي،وميكانيكي،وكهربائي

د- بحسب طريقة رجوعه لوضع التدفق : بنابض،وبالهواء،

أنواع الصمامات التوجيهية :

1- الصمامات التوجيهية القفازة popet valves :

يكون رأس الصمام الذي يفتح ويغلق إما كروياً وإما مخروطياً وإما قرصياً . وهو قليل الأعطال لكنه يحتاج إلى قوة تشغيل عالية للتغلب على قوة ضغط الهواء وقوة النابض لكي يعمل.

2- الصمامات التوجيهية المنزلقة sliding valves :

يفتح الفتحات ويغلقها بواسطة بكرة spoolأو مزلاق، وهي غير محكمة الإغلاق بسبب وجود الخلوص المطلوب لحركة المزلاق .

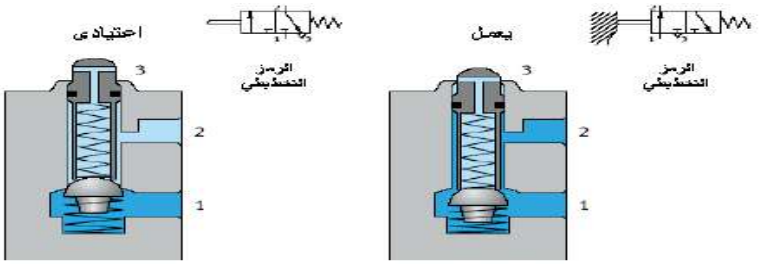
الصمام التوجيهي 3/2

3/2 Directional valves

يمثل الشكل (2- 12) صماماً توجيهياً.

ويعني الرقم 3 أن الصمام فيه ثلاث فتحات.

ويعني الرقم 2 أن الصمام فيه وضع اتشغيل. ويحوي الصمام فتحة تصريف .



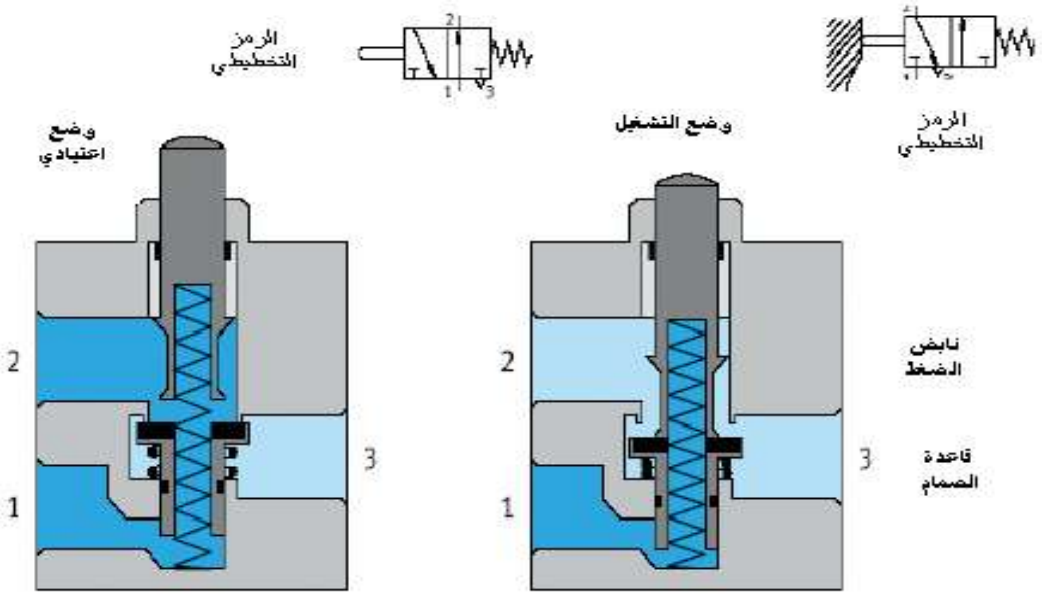
الشكل (2 – 12) صمام توجيهي 3/2

ويؤثر النابض في رأس الصمام الكروي بقوة نحو قاعدته،فيمنع مرور الهواء المضغوط من التوصيلة 1 إلى خط التشغيل 2 (عندما يكون الصمام مغلقاً)، وعند تشغيل الصمام يندفع رأس الصمام الكروي بعيداً عن قاعدته، فيمر الهواء المضغوط من التوصيلة 1 إلى خط التشغيل 2 . ويشتغل الصمام يدوياً أو ميكانيكياً ويستعمل للتحكم في أسطوانة أحادية التأثير .

الصمام الاتجاهي 3/2 قرصي القاعدة

3/2-Way Valve: Disc Seat

عندما لا يعمل الصمام تكون قاعدة القرص مغلقة، وتتصل الفتحة 1 بالفتحة 2، وعند التشغيل بتسليط قوة على عمود القرص يندفع القرص إلىالأسفل فيمر الهواء المضغوط من الفتح 2 إلى الفتحة 3، وتنفصل الفتحة 1 عن الفتحة 2، وعندما تزول القوة المسلطة على عمود القرص تعود قاعدة الصمام إلى وضعها بتأثير النابض فتغلق الفتحة 3 ويمر الهواء من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 . ويبين الشكل (2-13) الصمام ألاتجاهي 3/2

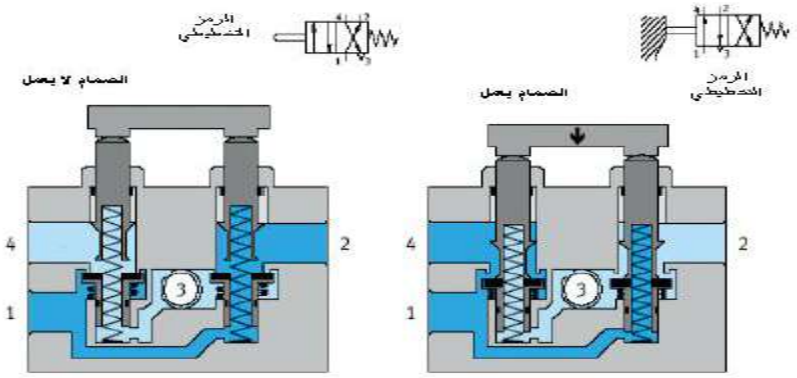


الشكل (2 – 13) الصمام ألاتجاهي3/2 قرصي القاعدة

صمام التحكم التوجيهي 4/2

4/2-Way Directional Valve

يبين الشكل (2-14) صمام توجيهي 4/2 حيث يحتوي على أربع فتحات منها اثنتان لدخول الهواء المضغوط، واثنتان لخروجه، وموضعا تشغيل وعندما يكون الصمام في وضع التوقف تكون الفتحة 1 متصلة بالفتحة 2 والفتحة3 متصلة بالفتحة 4 وعند التشغيل توصل الفتحة 1 بالفتحة 4 والفتحة 2 توصل بالفتحة 3. ويمكن تشغيل الصمام يدوياً أو نيوماتيكياً أو بواسطة رافعة .

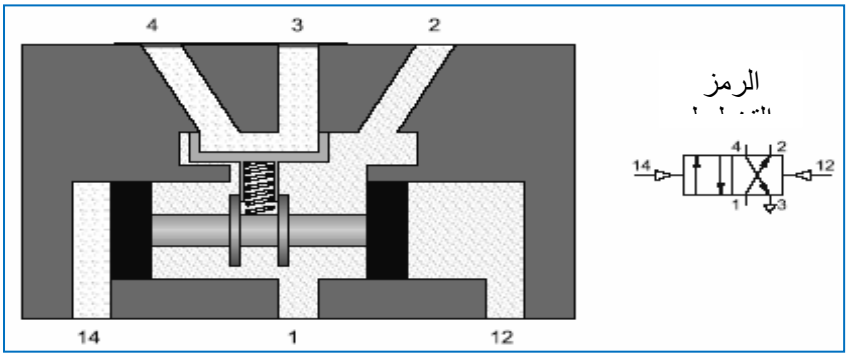


الشكل (2 – 14) صمام التحكم التوجيهي 4/2 سابق التحكم

الصمام التوجيهي 4/2 ذو المزلاق المسطح

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

يعمل بالهواء المضغوط وبإشارة هوائية مباشرة من إحدى الفتحتين 12، 14، فيحرك بالاتجاه الآخر،وبذلك يغير اتجاه مرور الهواء ويوضح الشكل (2-15) التركيب الداخلي للصمام التوجيهي 4/2 ذا المزلاق المسطح

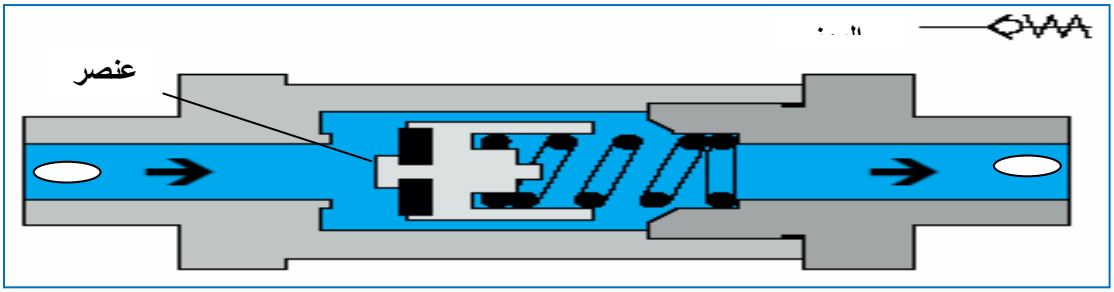


الشكل (2 – 15) الصمام التوجيهي 4/2 ذو المزلاق المسطح

14-2الصمامات اللارجعية

Non-return Valve

يبين الشكل (2-16) التركيب الداخلي للصمام اللارجعي، إذيسمح الصمام اللارجعي بمرور الهواء في اتجاه ويمنع مروره بالاتجاه الآخر، فعندما يكون ضغط الهواء الداخل من الفتحة 1 أعلى من ضغط النابض يفتح الصمام ويمر الهواء من 1 إلى 2،وعندما يقل ضغط الهواء في الفتحة 1 فأن النابض يغلق الصمام ويمنع مرور الهواء .

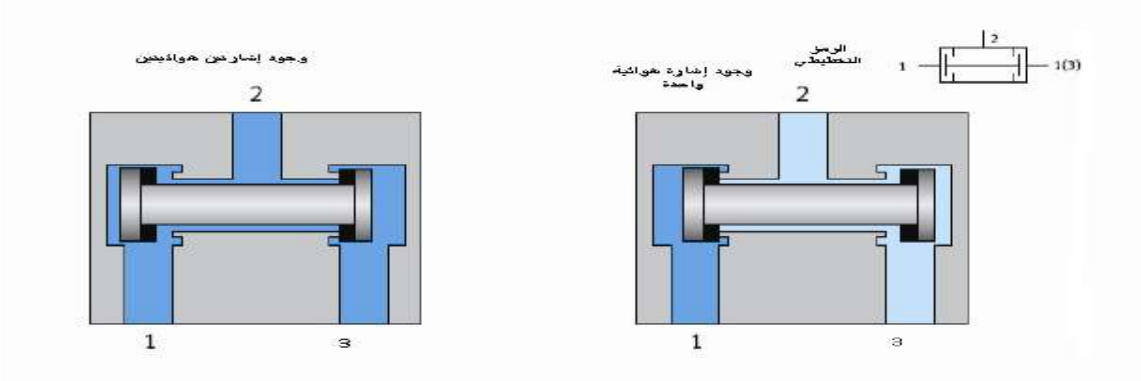


الشكل (2 - 16) صمام لا رجعي

15-2صمام الجمع

Dual-Pressure Valve

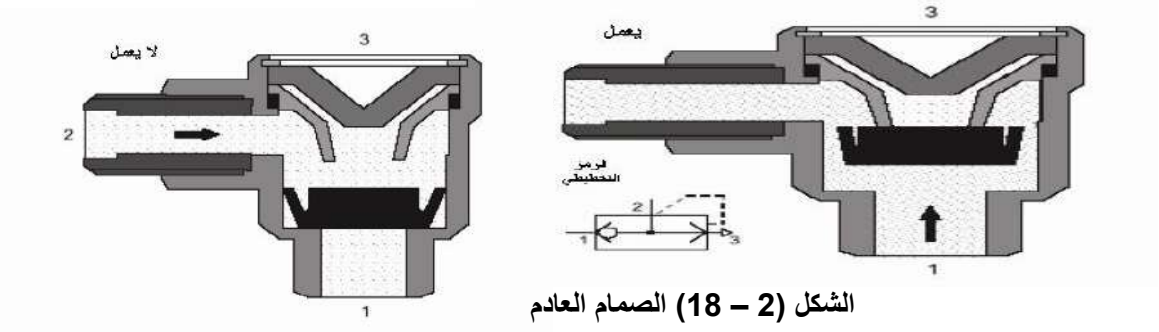
يحتوي الصمام على ثلاث فتحات، منها مدخلان1، 3 ومخرج . وعند وجود إشارتين هوائيتين عند المدخلين 1، 3 يتدفق الهواء عبر الفتحة 3.أما إذا كانت هناك إشارة واحدة في 1 أو 3 فأن مكبس الصمام سوف يتحرك في الاتجاه المعاكس، فلا يمر الهواء إلى الفتحة 2.ويبين الشكل (2-17) صمام الجمع في حالة العمل وعدم العمل.



الشكل (2– 17) صمام الجمع

16-2صمام العادم السريع

Quick exhaust valve



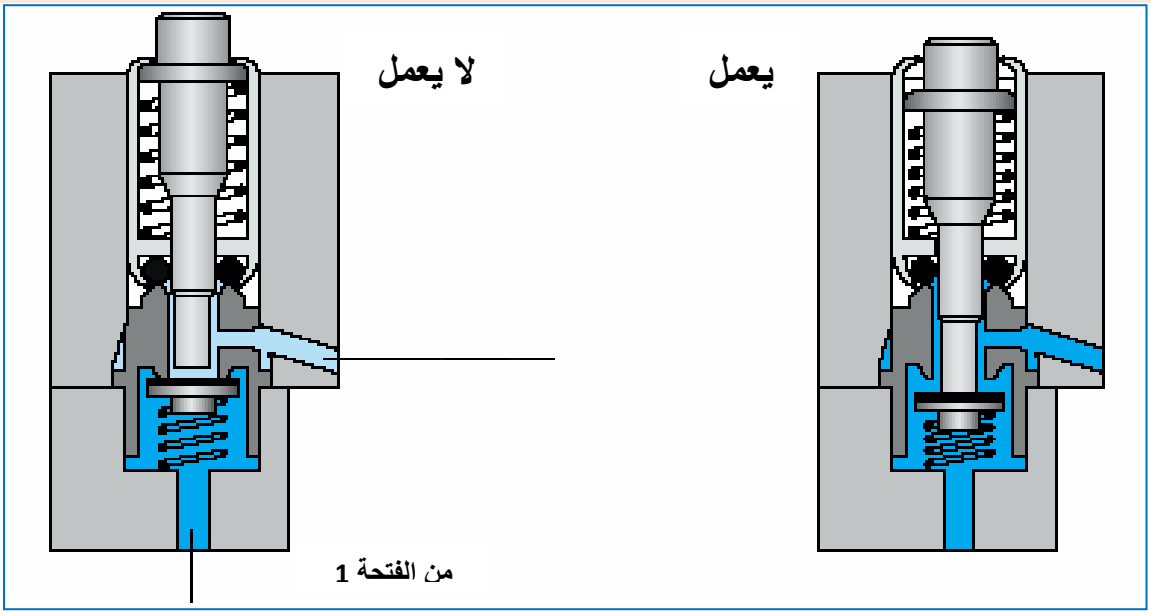
الشكل (2 – 18) الصمام العادم

يبين الشكل (2-18) احد أنواع صمامات العادم في حالتي العمل وعدم العمل، إذ يستعمل الصمام العادم السريع لتفريغ الهواء من الاسطوانات وأنابيب التوصيل.. ويتدفق الهواء المضغوط من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 ،وتكون الفتحة 3 مغلقة بواسطة الحلقة بتأثير ضغط الهواء .

وعند الرغبة في تفريغ الهواء كما مبين في الجزء الثاني من شكل (2-18) يضغط الهواء الخارج حلقة الإحكام فوق الفتحة 1، فتغلقها فيندفع الهواء من 2 إلى3.

2-17التشغيل باستعمال صمام التحكم السابق

Pilot control valve



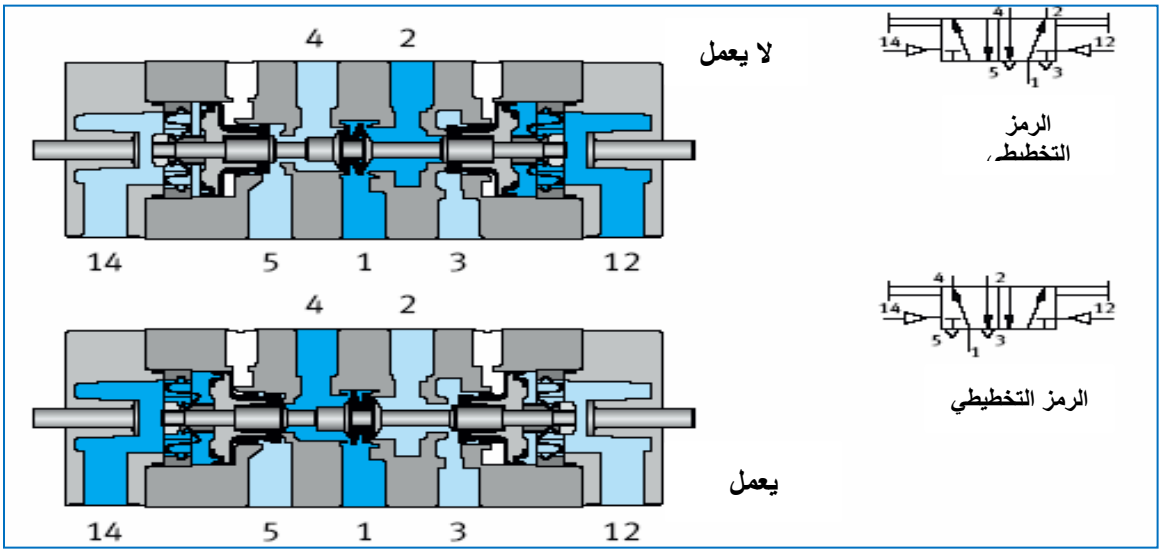
الشكل (2 – 19) التحكم السابق pilot control

ويستعمل الهواء المضغوط لتشغيل الصمامات التوجيهية الرئيسة، إذ يقوم صمام التحكم السابق بتوجيه الهواء المضغوط عبر منفذ صغير القطرإلى نقطة تشغيل الصمام التوجيهي. فعند تسليط قوة على عمود الصمام سابق التحكم يتدفق الهواء المضغوط إلى الصمام الرئيس فيشغله . ويوضح الشكل (2-19) طريقة عمل هذا الصمام .

18-2الصمام التوجيهي 5/2يعمل بإشارتي هواء وقرص معلق

5/2-Way Double Pilot Valve suspended disk seat

يبين الشكل (2-20) يبين التركيب الداخلي لصمام توجيهي 5/2 يعمل بإشارتي هواء وقرص معلق،ويستعمل الصمام التوجيهي 5/2 في التحكم في الأسطوانة ثنائية التأثير، ويحتوي على خمس فتحات ووضعي، تشغيل ويحتاج إلىإشارتين هوائيتين لكي يعمل ويحتوي على مزلاق طولي، وضغط الهواء الذي يشغله قليل،لأنه لا يحتوي على نابض، وليس فيه هواء مضغوط . ويمكن تشغيله يدوياً أو ميكانيكياً أو كهربائياً . وقد يحتوي على قرص معلق وذلك لمنع التسرب . ويعمل القرص المعلق على توصيل الفتحة 1 إلى الفتحتين 2، 4 . ويتغير وضع الصمام مع تغير الإشارة الهوائية بين الفتحتين 12 و 14 .ويمنع مانع التسرب الثنائي تصريف الهواء من أية فتحة غير مطلوب مرور الهواء منها .

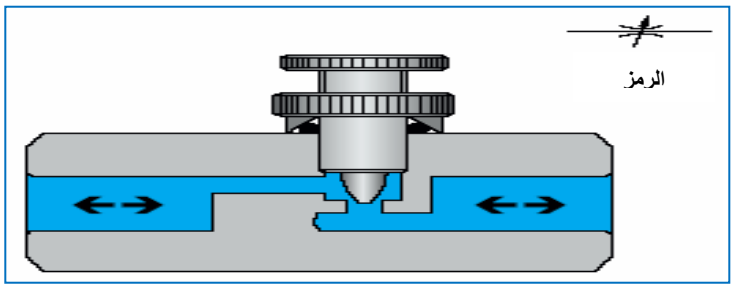


الشكل (2 – 20) صمام توجيهي 5/2يعمل بإشارتي هواء وقرص معلق

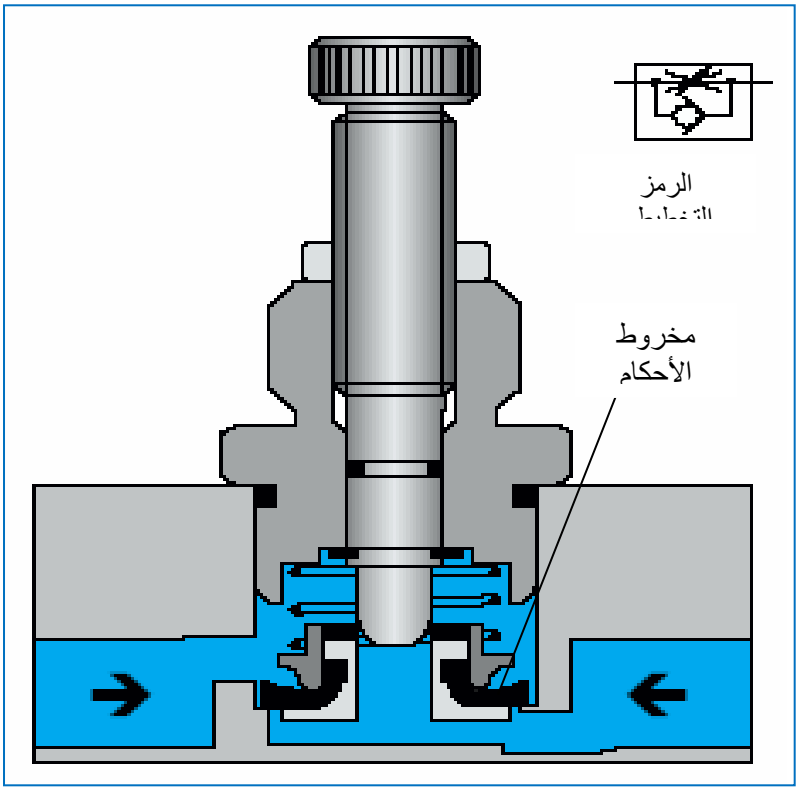
19-2الصمام الخانق

Flow Control Valves

هو صمام يعمل على ضبط نسبة تدفق الهواء المضغوط مع الزمن عن طريق تغير مساحة مقطع الصمام عن طريق إدارة لولب.ويبين الشكل (2-21) صماماً خانقاً قابلاً للمعايرة، ويبين الشكل(2-22) نوعاً آخر من الصمامات الخانقة (صمام لا رجعي خانق قابل للمعايرة).



الشكل (2 – 21) صمام خانق قابل للمعايرة

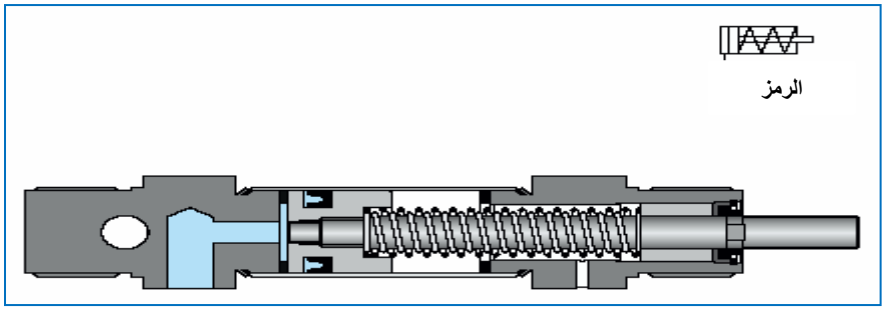


الشكل (2 – 22) صمام لا رجعي خانق قابل للمعايرة

التحكم المباشر في أسطوانةأحادية التأثير

Direct control of a single-acting cylinder

يبين الشكل (2-23) التركيب الداخلي لأسطوانة أحادية التأثير،وهي ابسط أنواع الأسطوانات، وتتكون من مكبس يتحرك داخل أسطوانة ويتصل به ذراع .وعند دخول الهواء المضغوط إلى الأسطوانة يدفع المكبس ومعه الذراع إلى جهة اليمين،وبذلك نحصل على شوط العمل،وعند غلق فتحة دخول الهواء إلىالأسطوانة،فأن المكبس يعود إلى وضعه الأول ساحباً معه الذراع بتأثير قوة ضغط النابض.

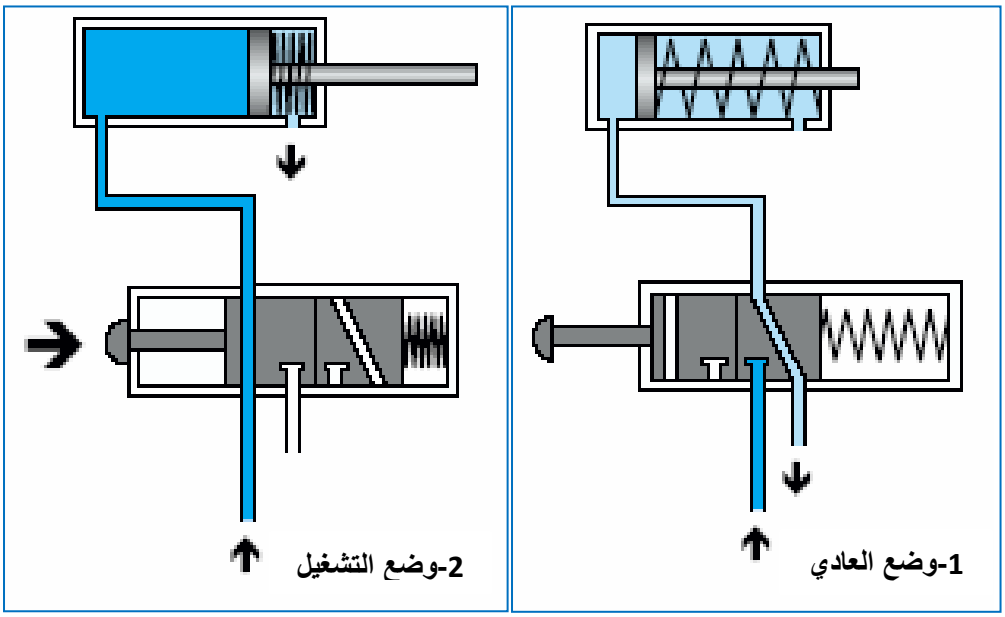


الشكل (2-23) أسطوانةأحادية التأثير Single acting cylinder

وتستعمل هذه الأسطوانة في عمليات الضغط والدفع والقذف، وتشتغل بواسطة صمام توجيهي 3/2 .ويُستعمل صمام توجيه تدفق الهواء،ويعمل الصمام يدوياً في التحكم بالأسطوانة أحادية التأثير في الوضع الاعتيادي يكون مسار الهواء المضغوط مقفلاً والأسطوانة متصلة بالجو. وعند تشغيل الصمام في وضع التشغيل بالضغط على عمود الصمام تتصل الفتحات ويمر الهواء المضغوط إلى الأسطوانة، فيدفع مكبسها إلى اليمين،ويتم تصريف الهواء من فتحة التصريف في أثناء التشغيل .

وعند رفع الضغط عن عمود الصمام يعود الصمام التوجيهي إلى وضعه الأول، فيغلق مجرى الهواء المضغوط ويعود المكبس بتأثير النابض .

ويبين الشكل (2-24) طريقة التحكم المباشر في الاسطوانات أحادية التأثير.

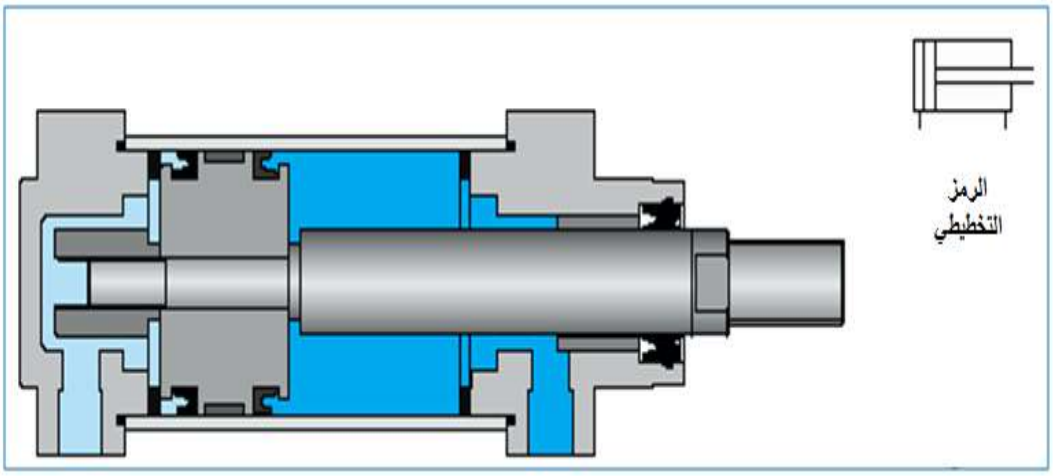


الشكل (2 – 24) التحكم المباشر في أسطوانة أحادية التأثير

التحكم المباشر في أسطوانة ثنائية التأثير

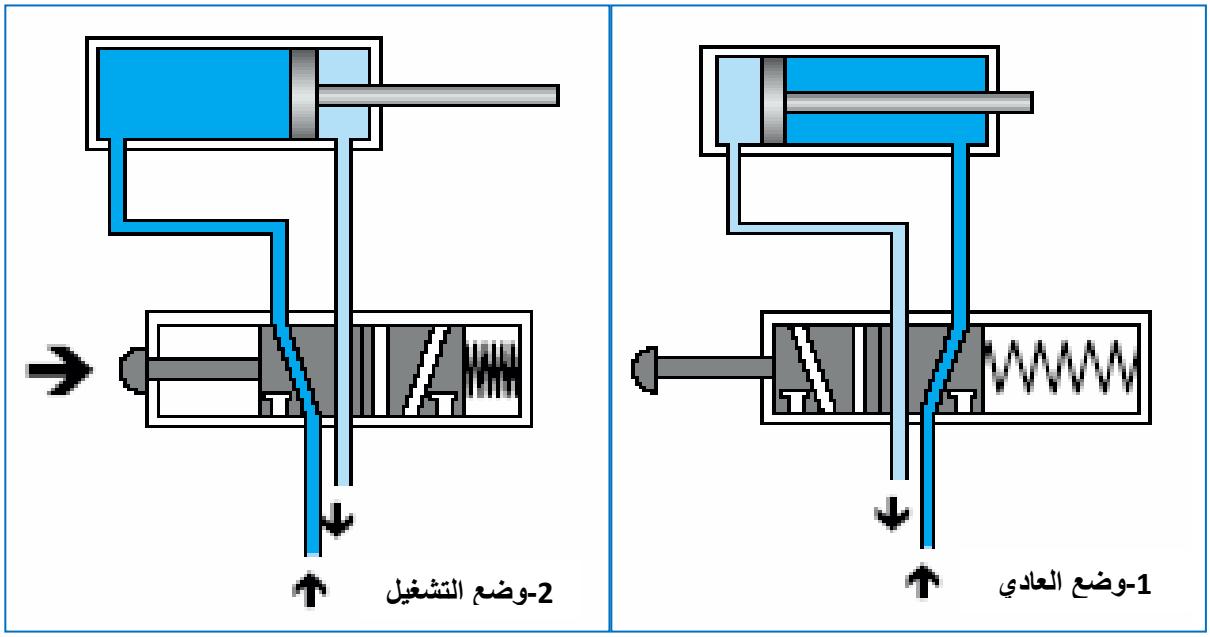
Direct control of double-acting cylinder

يبين الشكل (2-25) التركيب الداخلي للأسطوانة ثنائية التأثير، وهي أسطوانة يمكن الحصول منها على شغل في شوطين.إذ يدخل الهواء إلى الأسطوانة من كلا جانبي المكبس، وبذلك يمكن الحصول منها على شغل في شوطي التقدم والرجوع. وتكون القوة الناتجة في شوط التقدم اكبر من القوة الناتجة في شوط الرجوع، ويعود السبب في ذلك الى أن المساحة التي يؤثر فيها الهواء المضغوط في شوط التقدم هي مساحة سطح المكبس، أما في شوط الرجوع فيؤثر الهواء المضغوط في مساحة سطح المكبس ناقصا مساحة مقطع الذراع، فتكون القوة في شوط الرجوع اقل .



الشكل (2-25) أسطوانة ثنائية التأثير

تشتغل هذه الأسطوانة بصمام توجيهي 4/2،أو صمام توجيهي 5/2،أو صمام توجيهي 5/3.ويستعمل الصمام التوجيهي 5/2 للتحكم في أسطوانة ثنائية التأثير. وعند توصيل الصمام بالأسطوانة وقبل التشغيل يكون الضغط عالياً في جهة ذراع الأسطوانة، إذ يكون المكبس في شوط الرجوع .وعند تشغيل الصمام يمر الهواء المضغوط من جهة المكبس (اليسار) فيدفع المكبس باتجاه اليمين، وهذا يمثل شوط العمل. ويوضحالشكل (2-26) طريقة التحكم المباشر في الأسطوانة ثنائية التأثير .



الشكل (2 – 26) التحكم المباشر في أسطوانة ثنائية التأثير

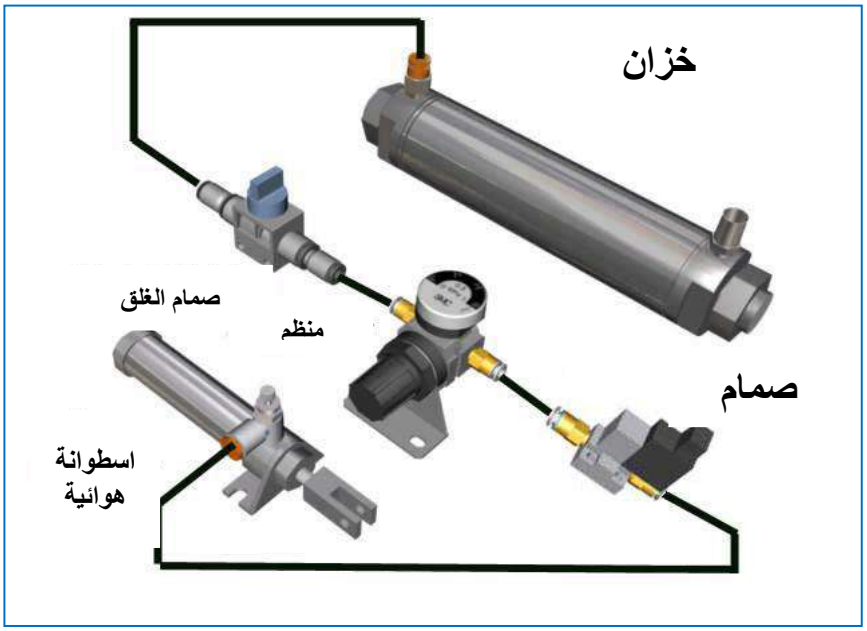
وهناك عدة أنواع من الأسطوانات ثنائية التأثير :

1- أسطوانة بمكبس Piston cylinder.

2- أسطوانة ثنائية التأثير بمخمد Double-acting cylinder with cushioning.

3- أسطوانة ثنائية التأثير بذراعي دفع Cylinder with through piston rod.

4- أسطوانة ثنائية التأثير بالترادف Tandem double-acting cylinder.



شكل (2 – 27) إحدى الدوائر النيوماتيكية

ويبين الشكل (2 – 27) أعلاه إحدى الدوائر النيوماتيكية التي تتكون من خزان لتسلم الهواء المضغوط، وصمام يدوي لفتح مجرى الهواء وغلقه، وصمام تحكم في اتجاه الهواء بتحرك الأسطوانة الهوائية. ويبين الشكل (2-28) أنواعاً مختلفة من الاسطوانات .

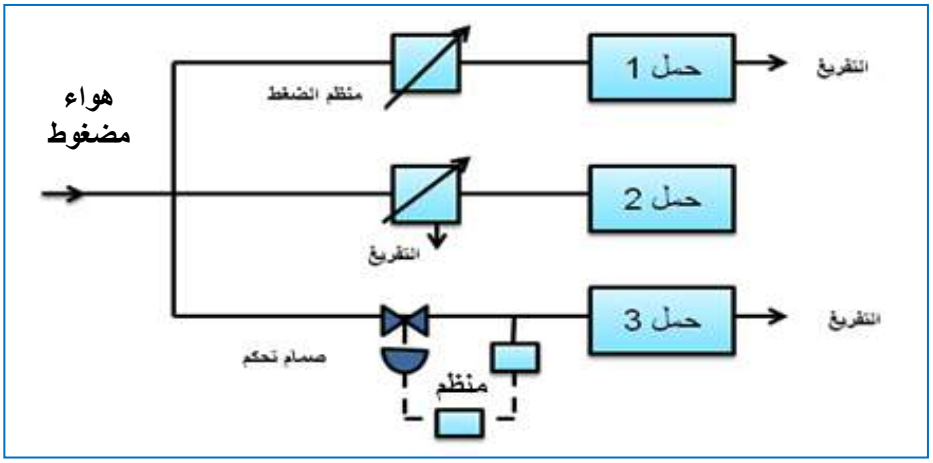
أنواع مختلفة من الأسطوانات الهوائية

الشكل (2 – 28)

20-2منظمات الضغط

Pressure regulation

تعتمد سرعة تدفق الهواء في المنظومة الهوائية على مقدار فرق الضغط بين الخزان والحمل، لذلك يجب أن يكون ضغط الهواء في الخزان أعلى من الضغط المطلوب للعمل، ويجب الحفاظ على مقدار هذا الفرق في الضغط ثابت، وبالتالي سرعة تدفق الهواء، وهناك عدة طرائق للسيطرة على ضغط ثابت للهواء في المنظومة الهوائية.ويبين الشكل (2-29) ثلاثة أنواع لمنظم الضغط مع الحمل .

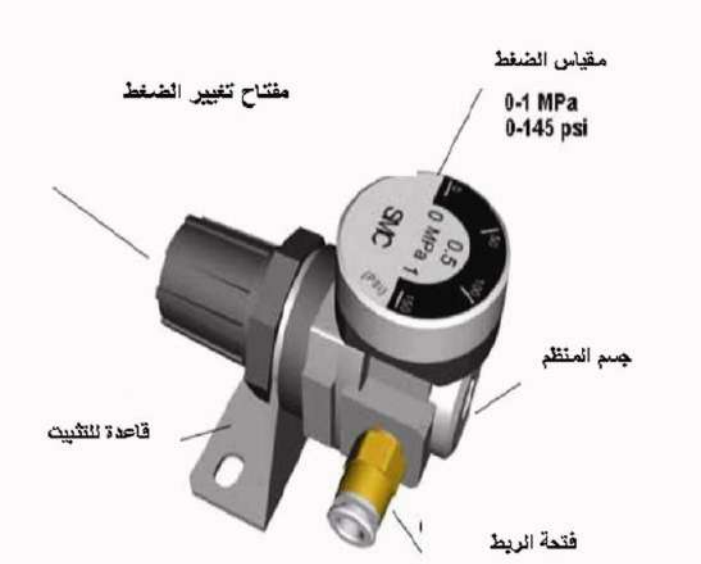


الشكل (2 – 29) ثلاثة أنواع لمنظم الضغط

الحمل 1 يفرغ الهواء إلى الجو، وتتم السيطرة على الضغط في المنظومة بواسطة منظم الضغط الذي يسيطر على كمية الهواء المتدفق إلى الحمل. ويحتاج هذا النوع من الصمامات إالى ان يمر به هواء تحت اقل ضغط ممكن للعمل.

وإذا كان العمل متوقفاً فإن المنظم يصرف الهواء المضغوط إلى خارج المنظومة، وذلك لمنع ارتفاع الضغط داخلها .

الحمل 2 متوقف عن العمل، لذا فان المنظم يفرغ الهواء إلى الجو، وذلك لمنع ارتفاع الضغط في الخط وهذا النوع من المنظمات يسمى منظماً ذا الثلاث فتحات (منافذ). وتوجد وحدة تحكم الكترونية للتحكم بالضغط .

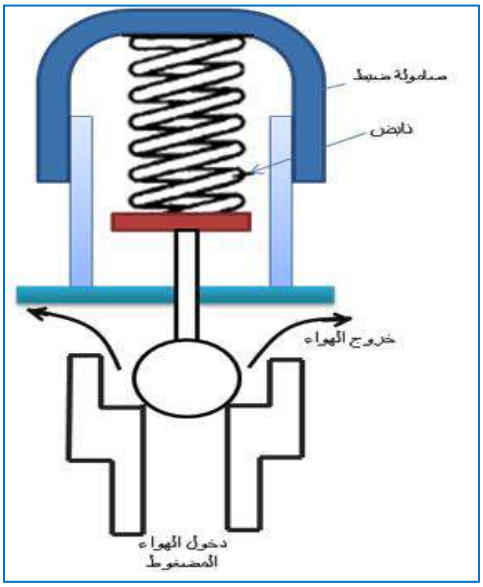


الشكل (2 – 30) صمام الأمان

21-2صمام الأمـان

Safety Valve

لا يعد صمام الأمان صماماً لتنظيم الضغط فحسب، ولكنه وسيلة إضافية للسيطرة على الضغط وضمان عدم ارتفاعه،إذ يقوم بتصريف الهواء عند ارتفاع الضغط عن الحد المطلوب فضلاً عن أنه منظم للضغط، كما في الشكل (2 – 31).



الشكل (2 - 31) صمام تصريف

يتكون الصمام من :

1- رأس الصمام كروي الشكل.

2- مقعد الصمام في مجرى الهواء المضغوط.

3- نابض حلزوني يضغط على رأس الصمام.

4- صامولة ضغط بقوة ضغط الصمام.

5- فتحة خروج الهواء إلى الجو.

آلية عمل الصمام :

عندما يكون ضغط الهواء في المنظومة عالياً فأن الضغط المسلط على رأس الصمام الكروي يكون أعلى من القوة التي يسلطها النابض، فيبتعد رأس الصمام عن مقعده، ويكشف فتحة التفريغ ويتسرب الهواء إلى الجو حتى ينخفض الضغط في المنظومة، فيعيد النابض رأس الصمام إلى مقعده وتغلق فتحة التفريغ . ويمكن التحكم بالقوة التي يسلطها النابض بواسطة لولب، لذا فأن الصمام يعمل كصمام أمان.

22-2 منظم الضغط

Pressure Regulator

وظيفة منظم الضغط هو المحافظة على ضغط ثابت للهواء في المنظومة، ويمكن عن طريقه التحكم بمقدار هذا الضغط.

ويتكون منظم الضغط من :

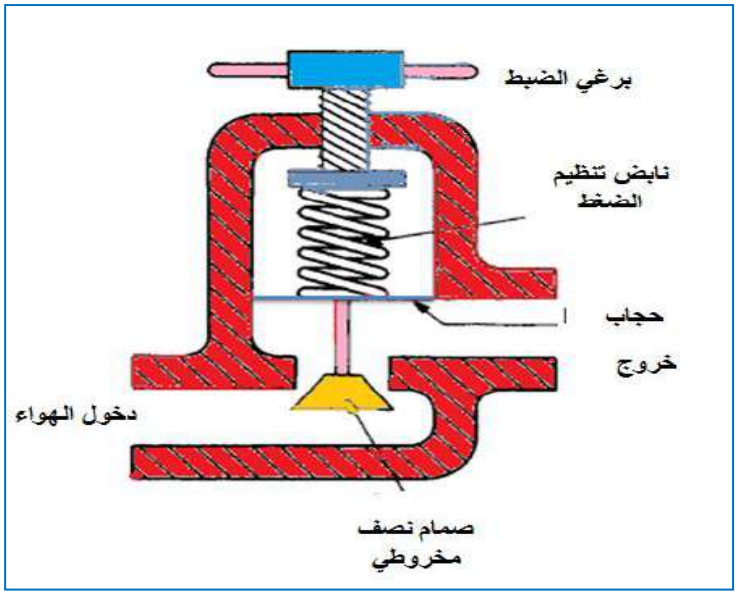
1- رأس الصمام نصف المخروطي.

2- حجاب مطاطي.

3- نابض حلزوني يمكن التحكم بالقوة التي يسلطها.

4- برغي ضبط.

5- جسم الصمام.

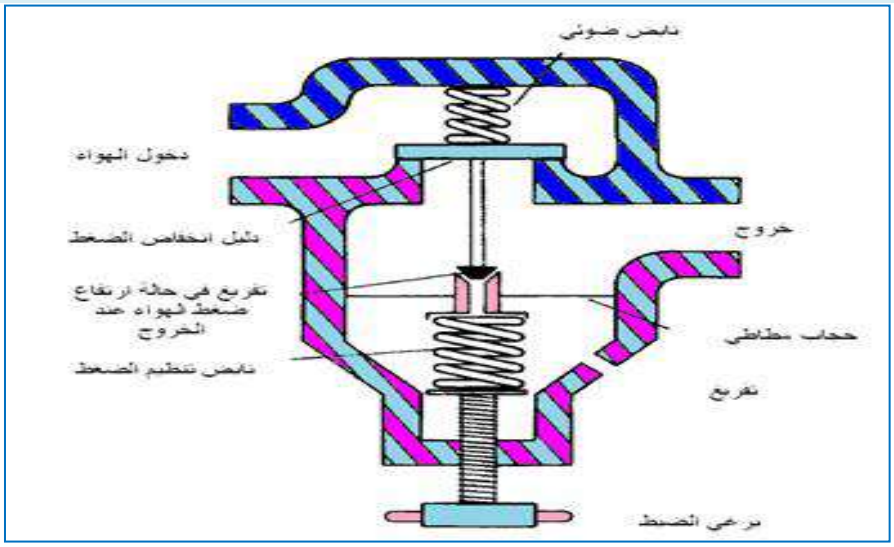


الشكل (2 – 32) منظم ضغط

ويبين الشكل (2-32) منظم الضغط . ويحوي فتحتين إحداهما: لدخول الهواء،وأخرى: لخروجه. وإذا كان ضغط الهواء في المنظومة قليلاً، فإن القوة التي يسلطها على الحجاب الحاجز اقل من قوة النابض،فيدفع الصمام ويدخل الهواء إلى المنظومة فيرتفع الضغط.

وإذا كان الضغط عالياً تغلق فتحة دخول الهواء، ويمكن التحكم بقوة ضغط النابض عن طريق لولب.

منظم الضغط التصريفي



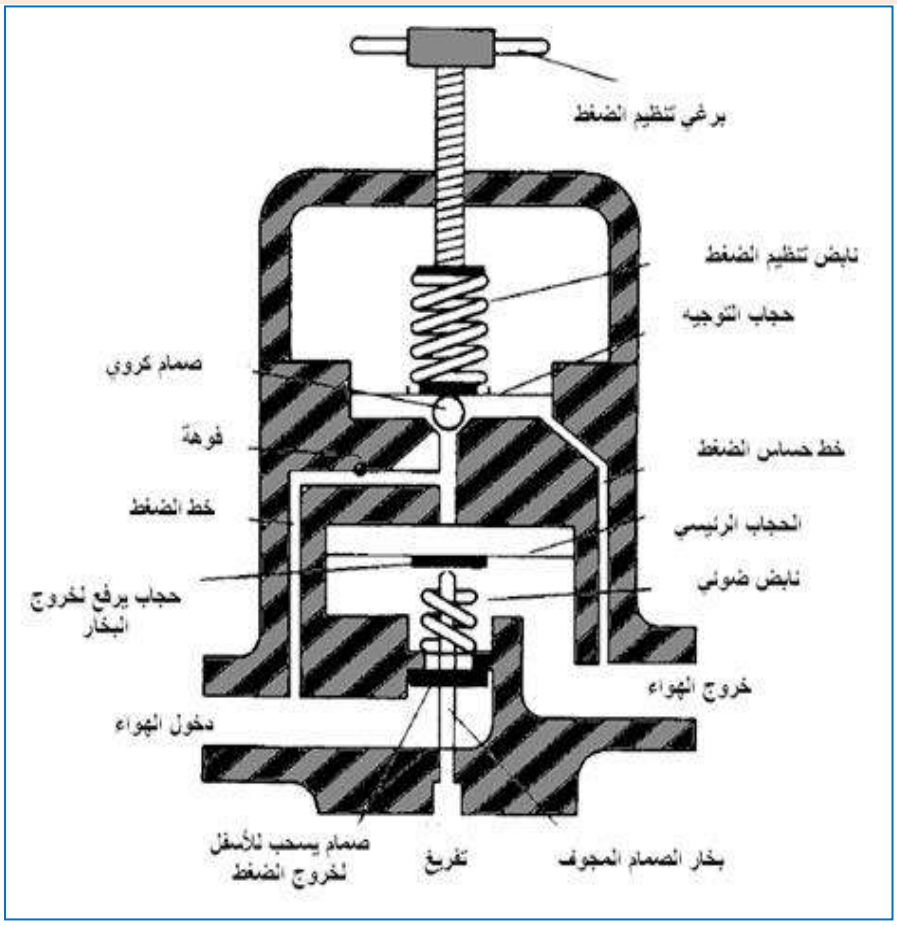
الشكل (2 – 33) منظم الضغط التصريفي

يبين الشكل (2-33) منظم الضغط التصريفي وطريقة عمله .

عند انخفاض الضغط في المنظومة تغلق فتحة التفريغ بارتفاع الحجاب المطاطي، وتفتح فتحة دخول الهواء، وعن طريق لولب يمكن التحكم بمقدار الضغط.

2-23الصمام الموجه

Pilot – operated regulator



الشكل (2 – 34) منظم الصمام الموجه

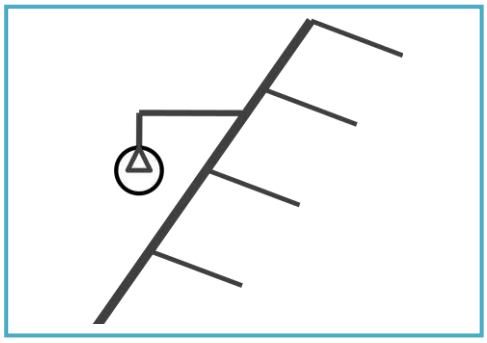
يؤثر ضغط الهواء في المنظومة في الحجاب المطاطي الموجه،فإذا كان ضغط الهواء في المنظومة منخفضاً، فإن الحجاب المطاطي سوف ينخفض إلىالأسفل،وإذا كان الضغط عالياً، فإن الحجاب المطاطي سوف يرتفع. ويؤثر ضغط الهواء الداخل إلى المنظم في الحجاب المطاطي الرئيس في الأعلى يفتح، ويغلق فتحة الخروج بواسطة صمام كروي.

وإذا كان ضغط الهواء الخارج من المنظم منخفضاً، فإن الحجاب الموجه يغلق الصمام الكروي، وهذا يسبب تحرك الحجاب المطاطي الرئيس باتجاه الأسفل، ويسبب مرور الهواء المضغوط إلى خارج المنظم (الحمل).
وإذا كان ضغط الهواء الخارج من المنظم عالياً، فإن الحجاب الموجه يفتح الصمام الكروي، فيرتفع الحاجب الرئيس فينخفض ضغط الهواء الخارج من المنظم.

24-2 الانابيب

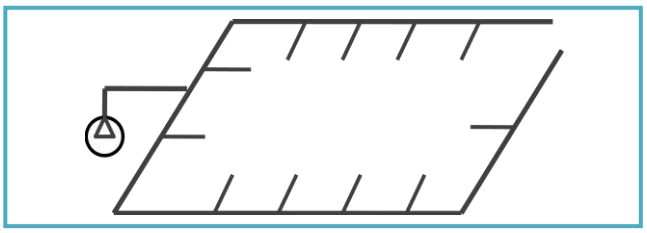
Pipes

تستعمل الأنابيب المعدنية والمطاطية في منظومة النيوماتيك بدفع الهواء المضغوط الى انبوب رئيس تؤخذ منه تفرعات بحسب الحاجة.كما في الشكل (2-35) a.



الشكل (2 – 35) a

ويمكن استعمال نظام الحلقة، كما في الشكل (2-35)b، نفيد من هذا النظام في عزل أي جزء لإجراء الصيانة من دون الحاجة إلى توقف المنظومة عن العمل.

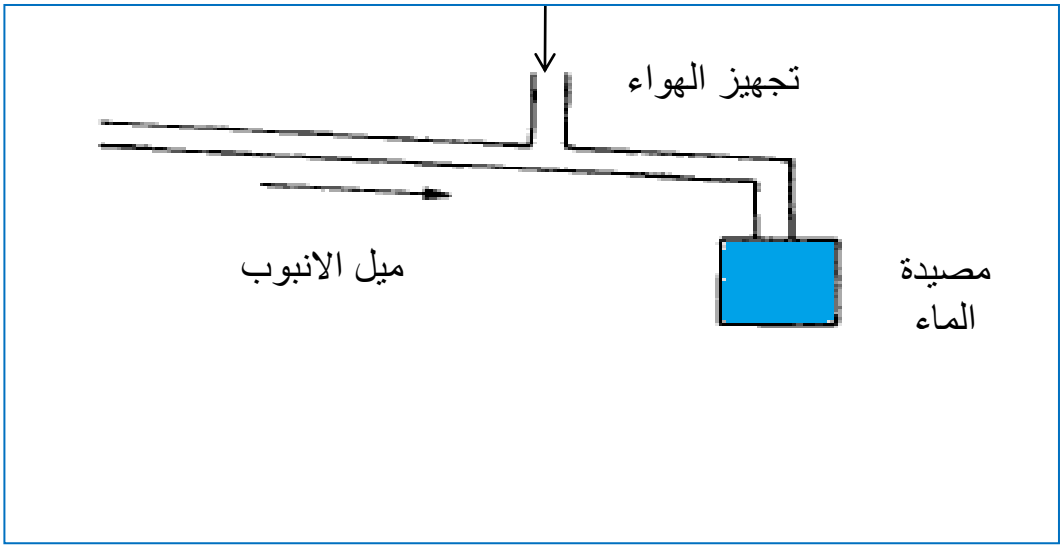


شكل (2– 36) b

شكل (2 – 35) a

الشكل (2 – 35) b

ويجب أن تمد أنابيب نقل الهواء بميل 1 % كما موضح في الشكل (2-36) وتوضع مصيدة الرطوبة (الماء) في أوطأ نقطة، وذلك للتخلص من الرطوبة التي قد تكون عالقة في الماء ويسحب الهواء المضغوط من الأنبوب المجهز من الأعلى .



الشكل (2 – 36)

أقطار الأنابيب المستعملة :

يجب أن تختار أقطارالأنابيب المستعملة في الأنظمة النيوماتيكية بحيث تحافظ على ضغط الهواء ثابتاً في جميعأجزاء المنظومة. ويعتمد هبوط الضغط في المنظومة على :

1- أقصى تدفق للهواء .

2- ضغط الهواء المستعمل عند العمل .

3- أطوالالأنابيب.

4- التوصيلات المستعملة في المنظومة (عكوس، وتوصيلات T، والصمامات)

والهدف هو انسياب الهواء بنحوٍ غير مضطرب.

وتستعمل أيضاً أنابيب النحاس الأصفروالألمنيوم لنقل الهواء .

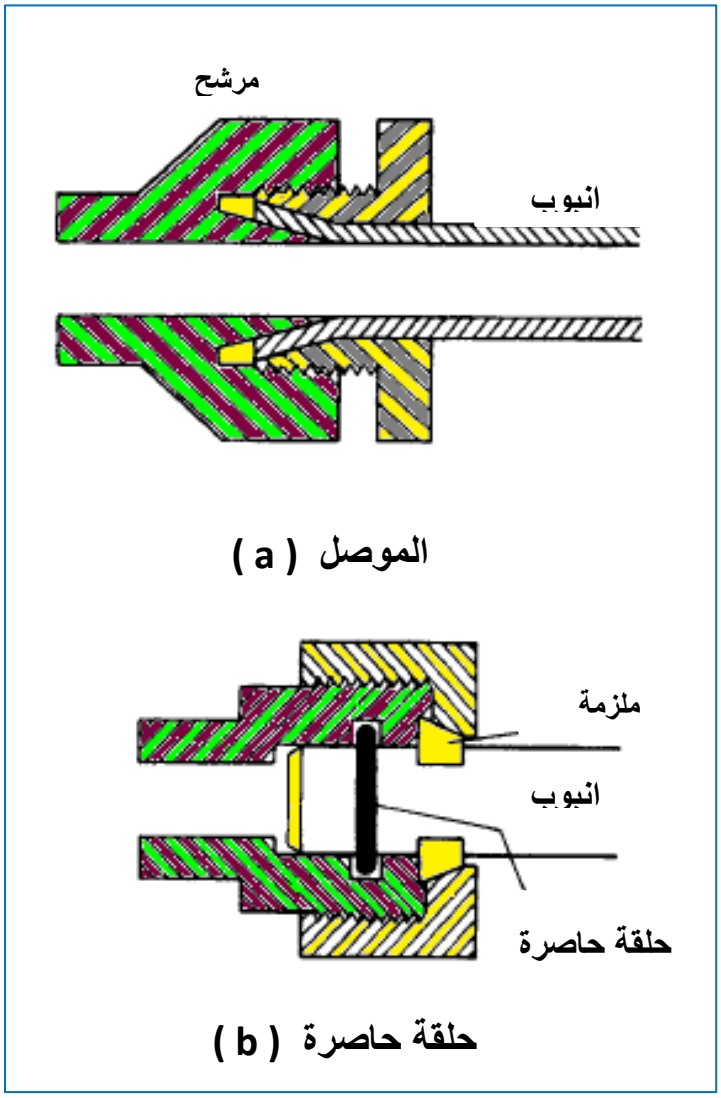
توصيلات الأنابيب:

يتم توصيل أنابيب الأنظمة الهوائية باللحام، وتوصيلات السن،والفلنجات،وتوصيلات الأنابيب المضغوطة.والتوصيل باللحام هو الخيار الأول لتوصيل الأنبوب الرئيس الموزع واللحام متين ولا يحدث فيه تسريب للهواء المضغوط.

ويسبب اللحام خبثاً ينسحب داخل الأنبوب عند اللحام، لذا يجب إزالته وتنظيف الأنبوب قبل الاستعمال عند الربط بالتسنين،ويجب عمل سن خارجي للأنبوب واستعمال التوصيلات، ولأن السن مخروطي يسبب ذلك حدوث فجوة. لذا يجب استعمال مواد مساعدة مثل شريط بلاستيك (دفلون)، وذلك لإحكام الربط ومنع التسرب .

باستعمال تسنين متوازٍ تستعمل حلقة دائرية لمنع حدوث فجوة،وبالتالي منع التسرب، وتكون كلفته قليلة.

ويوضح الشكل (2-37) طريقتي الربط بالتسنين.



الشكل (2 - 37) التركيبات بالضغط

تتعرض أنابيب الهواء إلى صدمات بسبب التغير في الضغط داخل الأنبوب وأخرى خارجية،لذا يجب أن تثبت الأنابيب جيداً بحيث تتحمل هذه الصدمات من دون حدوث ضرر.

وعند تركيب أجزاء المنظومة الأخرى مثل الصمامات والمضخات يجب أن تثبت بصورة مستقلة ، ولا يكتفى بربطها بالأنابيب .

ويجب فحص الأنابيب واختبارها بجهاز قذف الشظايا بسرعة عالية قبل استعمالها في المنظومة للتأكد من قدرتها على التحمل.

الأنابيب المطاطيــة :

تستعمل عندما يكون ضغط الهواء 6 بار، وتستعمل التوصيلات البلاستيكية، ويكون السطح الخارجي للتوصيلة في منطقة الربط مدرجاً وذلك لاحكام الربط .وتتكون الأنابيب المطاطية المستعملة في الأنظمة الهوائية من ثلاث طبقات :

الطبقة الداخلية من المطاط الصناعي، وتليها طبقة مقواة بالأسلاك ، ثم الطبقة الخارجية المطاطية وتكون الأخيرة سميكة وذلك لإعطاءالأنبوب متانة ضد الحك .

25-2 خزانات الهواء

Air Receivers

خزان الهواء: هو وعاء مغلق يحفظ (يخزن) فيه الهواء المضغوط المتجه من المضخة.وتكون الخزانات عمودية أو أفقية. توضع الخزانات خارج الورشة وفي مكان لا يتعرض لأشعة الشمس . ويمثل اختلاف الضغط داخل الخزان أو خارجه عاملاً خطراً قد يسبب بحوادث .

وعند تصميم خزانات الهواء المضغوط يجب الأخذ بالحسبان أمرين:أحدهما ،أقصى ضغط للهواء يمكن العمل به بنحوٍ آمن ،والآخر درجة الحرارة .

يكون شكل خزان الهواء كروياً أو مخروطياً، أواسطوانياً، وشائع الاستعمال هو الخزان الأسطواني وذلك لسهولة تصنيعه،أما الخزان الكروي فهو أكثرأمناً إلاأن كلفة تصنيعه عالية .

اغلب خزانات الهواء تصنع من الصلب بالدرفلة على شكل اسطواني، ثم تلحم الأغطية للنهايتين. ويجب أن يكون الصلب المستعمل ذا مقاومة عالية للصدمات ولاسيما عند استعمال الخزان في درجات الحرارة منخفضة. وبما أن الصب قابل للتآكل، لذا يجب الاهتمام بطلاء الخزان.

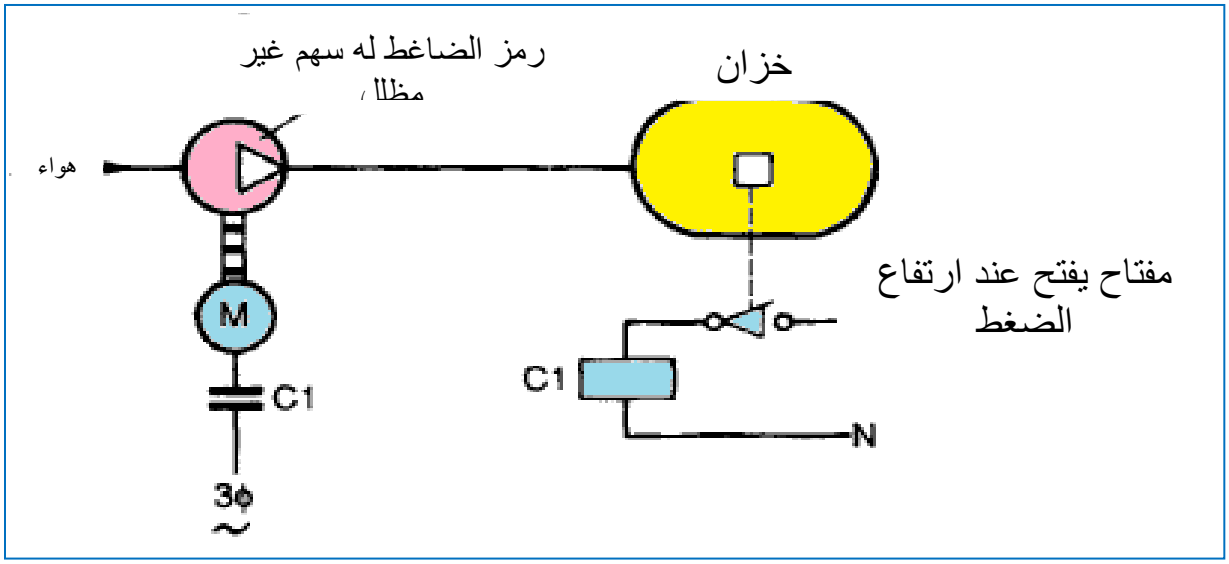
إن الهواء المضغوط المتجه من الضاغطة إلى الخزان تكون درجة حرارته ، مرتفعة وعليه يجب ان يرد قبل دخوله الخزان .

إن وجود الرطوبة بصورة بخار في الهواء سوف تتكثف في الخزان وتستقر في قعره ، لذا يسحب الهواء المضغوط من الخزان من الأعلى لمنع سحب الماء معه .

ملحقات خزان الهواء :

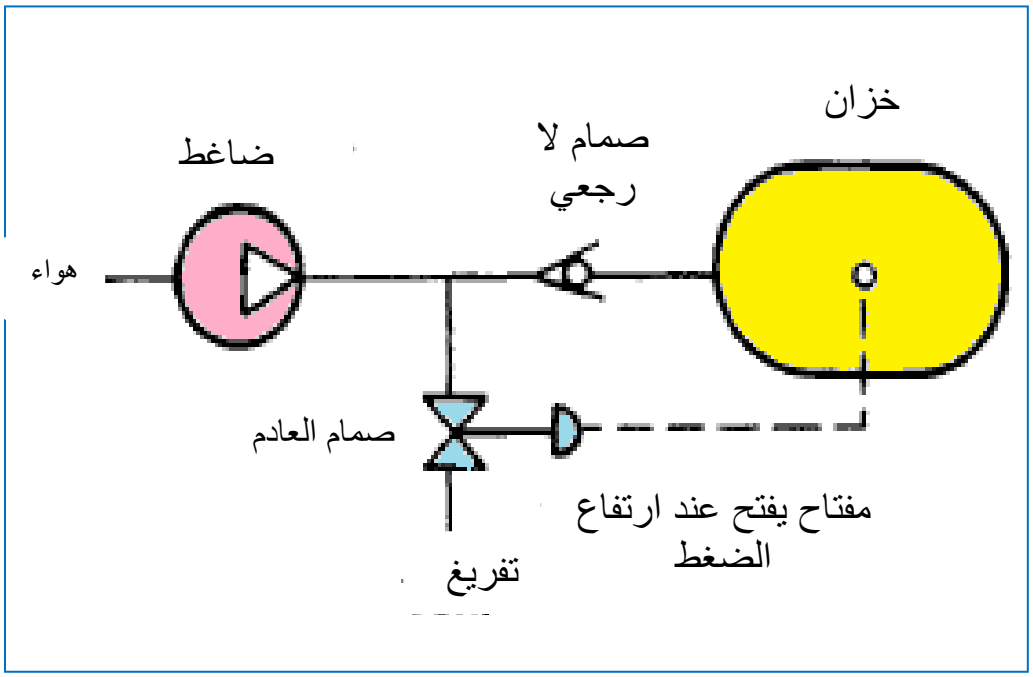
1- صمام أمان يقوم بتسريب الهواء إلى الجو عند ارتفاع ضغط الهواء داخل الخزان عن الحد المقرر .
2- صمام فصل يركب عند فتحة دخول الهواء إلى الخزان .
3- صمام فصل يركب عند فتحة خروج الهواء من الخزان .
4- صمام أمان يقوم بتسريب الهواء إلى الجو عند ارتفاع ضغط الهواء داخل الخزان عن الحد المقرر يسبب عدم عمل الصمام السيطرة على الضغط لأي سبب من الأسباب.
5- فتحة ذات غطاء محكم ، يمكن فتحه عند الحاجة لإجراءأعمال الصيانة.
6- مقياس لدرجة الحرارة ومقياس للضغط موصلان إلى لوحة السيطرة الكهربائية.
7- حقيبة تفريغ تركب أسفل الخزان .

ويجب السيطرة على عمل ضاغطة الهواء من اجل الحفاظ على ضغط الهواء في الخزان مستقراًوثابتاً إذ يتم تشغيل الضاغطة عندما ينخفض ضغط الهواء في الخزان وإيقافها عن العمل عندما يرتفع ضغط الهواء في الخزان إلى حد معين وتستعمل لذلك دائرة سيطرة تحتوي على مفتاح تشغيل كهربائي يعمل بضغط الهواء.



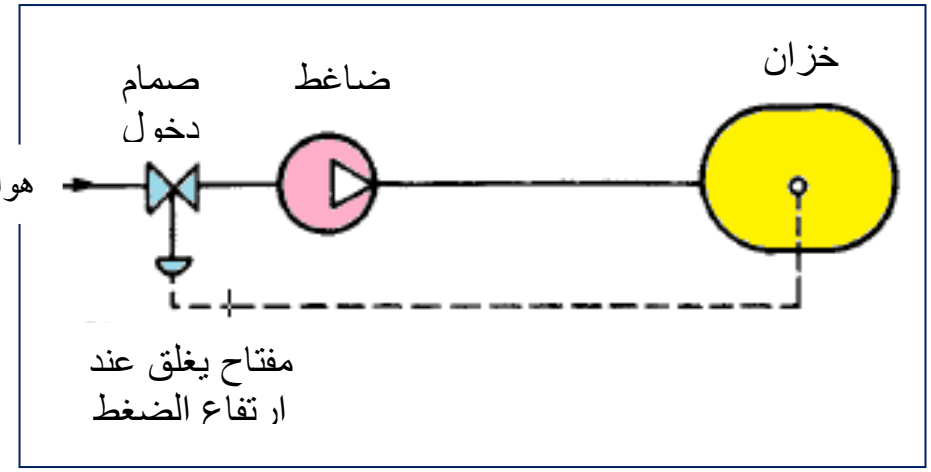
شكل (2 - 38) يمثل الدائرة النيوماتيكية

في الشكل (2 - 38) يقوم ضغط الهواء بفصل التيار الكهربائي عن المحرك عندما يرتفع الضغط في الخزان إلى حد معين ، ويعيد التيار الكهربائي للمحرك عندما ينخفض الضغط داخل الخزان إلى حد معين، وهناك طريقة أخرى هي تركيب صمام تنفيس على خط دفع الضاغطة ، وهو صمام لا رجعي يفتح عندما يصل ضغط الهواء في الخزان إلى الحد المطلوب ، فيتسرب الهواء إلى الخارج .ويبين الشكل (2-39) هذه الطريقة .



الشكل (2 – 39)

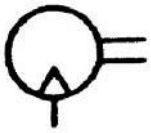
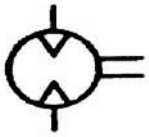
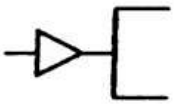
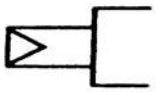
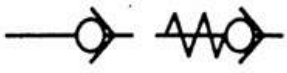
وهناك طريقة أخرى للسيطرة على عمل الضاغطة إذ يركب صمام دخول عند مدخل الضاغطة يكون مفتوحاً فتعمل الضاغطة،ويغلق عندما يصل الضغط في الخزان إلى حد مقرر.ويبين الشكل (2-40) هذه الطريقة .

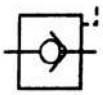
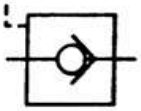
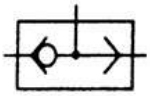
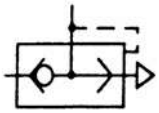
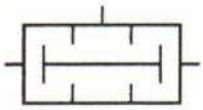
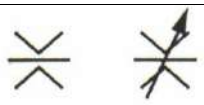
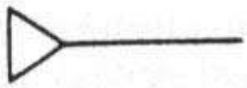


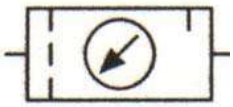
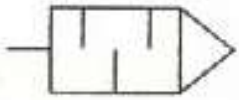
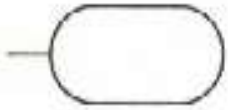
الشكل (2 - 40)

26-2 رموز الأنظمة النيوماتيكية

جدول (2-1) يبين الرموز الأنظمة النيوماتيكية

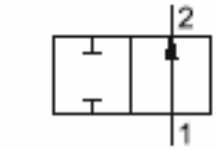
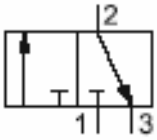
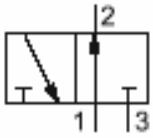
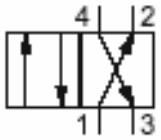
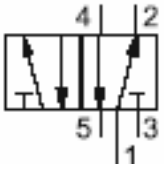
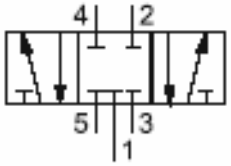
ت	الصنف	اسم الرمز	الرســـم
1	رموز المشغلات (المحركات)	محرك نيوماتيكي، ذو اتجاه واحد للدوران	
		محرك نيوماتيكي، ذو اتجاهين للدوران	
2	أجهزة تشغيل نيوماتيكية	تشغيل بالهواء	
		مرشد تشغيل نيوماتيكي	
		صمام لا رجعي	

3	رموز الصمامات اللا رجعية	صمام لارجعي مرشد التشغيل	
		صمام لا رجعي مرشد التشغيل	
		صمام ترددي	
		صمام عادم سريع	
		صمام مزدوج	
4	رموز صمامات التحكم في التدفق	صمام خانق التدفق الأول متغير، والثاني ثابت	
		صمام خانق: الأول متغير، والثاني ثابت	
		صمام خانق لا رجعي	
5	رموز مصدر الطاقة	مصدر طاقة نيوماتيكية	
		مرشح	

6	رموز الملحقات	وحدة خدمة	
		جهاز قياس الضغط	
		وصلات أنابيب	
		خافض للصوت	
		خزان هواء	

27-2 رموز الصمامات التوجيهية وتسميتها

جدول (2-2) يبين رموز الصمامات التوجيهيةوتسميتها

ت	التسميـة	الرمــز
1	صمام توجيهي 2/2 مفتوح في الوضع الاعتيادي	
2	صمام توجيهي 2/3 مغلق في الوضع الاعتيادي	
3	صمام توجيهي 2/3 مفتوح في الوضع الاعتيادي	
4	صمام توجيهي 2/4	
5	صمام توجيهي 2/5	
6	صمام توجيهي 3/5 الوضع الأوسط مغلق	

اسئلة الفصل

س1 / عندما تسمع كلمة نيوماتيك، ماذا تعني لك هذه الكلمة ؟

س2 / للهواء المضغوط عدة مميزات، هل بإمكانك أن تعدها ؟

س3 / هناك عدة أسباب تدعونا لاستعمال الأنظمة الهوائية، ما هذه الأسباب ؟

س4 / بين النظام الهيدروليكي والنظام النيوماتيكي فرق، ما هذا الفرق وما عيوب استعمال الهواء المضغوط ؟

س5 / ما الغاية من استعمال مصافي الهواء ومرشحاته في الأنظمة الهوائية ؟

س6 / الدائرة النيوماتية هي .....

س7 / أجزاء المنظومة النيوماتية هي: 1------- 2 ------- 3 ------ 4 ----- 5 ---- 6 ----.

س8 / لضاغطات الهواء وظيفة محددة، ما هذه الوظيفة ؟

س9 / يجب تبريد الهواء الخارج من الضاغطة، لماذا ؟ وكيف يتم ذلك ؟

س10 / هناك نوعان من الضاغطات الدوارة، وضح كلاً منهما مع الرسم .

س11 / وضح فكرة عمل الضاغطة الحلزونية .

س12 / تركب ضاغطة الهواء على المحرك بعدة طرائق، ما هذه الطرائق؟ وضح كلاً منها.

س13 / ما وظيفة الصمامات ؟ وما أنواعها ؟

س14 / عدد أنواع الصمامات التوجيهية .

س15 / وضح طريقة عمل الصمامات اللا رجعية .

س16 / صمام العادم السريع، ما استعمالاته ؟

س17 / وضح بالرسم طريقة التحكم بالأسطوانة أحادية التأثيروثنائية التأثير.

س18 / لمنظم الهواء أهمية كبيرة، وضح عملها باستعمال ثلاثة أحمال مع الرسم.

س19 / ما صمام الأمان ؟ وكيف يعمل ؟

س20 / وضح طريقة عمل منظم الضغط التصريفي، مع الرسم .

س21 / هناك عدة طرائق لتوصيل الأنابيب في المنظومة الهوائية، وضح هذه الطرائق.

س22 / يعتمد هبوط الضغط في المنظومة الهوائية على عدة عوامل عددها .

س23 / ما خزان الهواء ؟ وما أهم ملحقاته ؟

الباب الثاني

الفصل الثالث

Programmable Logic controller

الأهداف

يهدف هذا الفصل إلى التعرف والتعامل مع أنظمة التحكم الرقمية وآلية عملها بنحوٍ مفصل،فضلاً عن برمجتها بلغة المخطط السلمي بواسطة الحاسوب الشخصي. كما يتناول أيضاً تطبيقات هذه الأنظمة في المجالات العملية.

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

1. يتعرف على الهيكل الأساسي للمتحكم المنطقي المبرمج.

2.يدرك مميزات المتحكم المنطقي المبرمج.

3. يتعامل مع الرموز العددية .

4. يدرك أنواع الذاكرة.

5.يدرك طرائق عنونة الذاكرة.

6. يفهم دورة عمل ألمتحكم المنطقي المبرمج.

7.يتعرف على برمجة المتحكم بواسطة الحاسوب الشخصي.

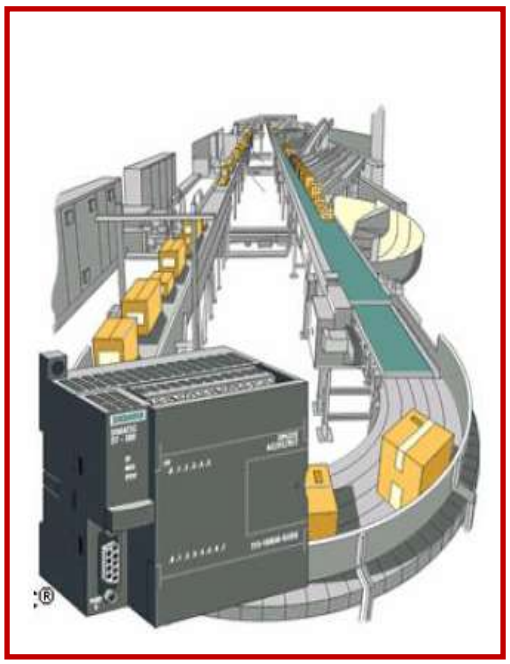
8. يدرك تطبيقات المتحكم .

محتويات

الفصل 3

تعلم المواضيع

أنظمة التحكم المبرمجة



- أنظمة التحكم المنطقية المبرمجة
- الهيكل الأساسي لـPLC
- مميزات المتحكم المنطقي المبرمج
- الرموز العددية
- أنواع الذاكرة
- طرائق عنونة الذاكرة
- دورة عمل المتحكم المنطقي المبرمج
- برمجة الـPLC بواسطة الحاسوب الشخصي
- التعرف على استعمال برنامج (step 7)
- طرائق برمجة (plc)
- الأوامر البرمجة
- تطبيقات الـPLCواستعمالات

3-مقدمة

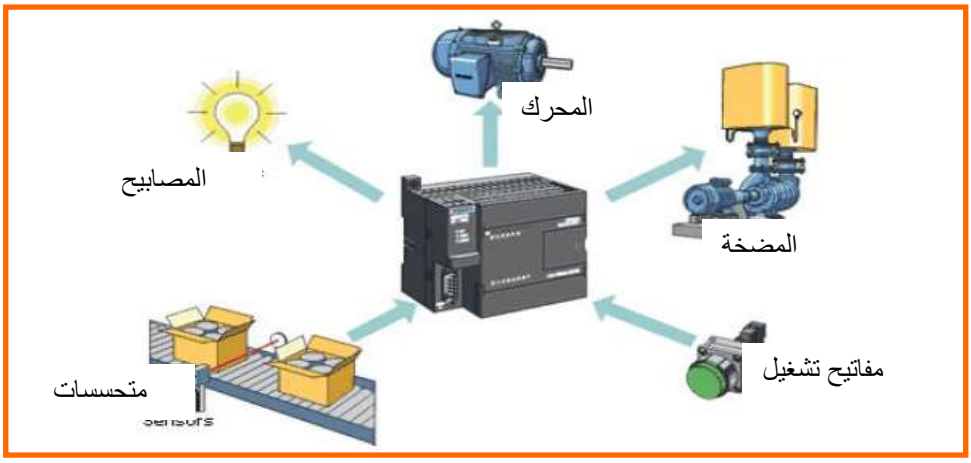
نظام التحكم المنطقي هو معالج عمليات صغير يستعمل في التطبيقات الصناعية، يمكن عن طريقه التحكم في المكائن والورش والمعامل وربط إشاراتها الرقمية بسهولة وخزنها في ذاكرة الكترونية وعرضها، ويسمى بالمسيطر المنطقي القابل للبرمجة Programmable Logic Controller، واختصاره PLC ويمتاز عن غيره من المتحكماتبأنه يتعامل بطريقة منطقية Logic، وهذا يسهل البرمجة.

3-1أنظمة التحكم المنطقية المبرمجة

Programmable Logic Controllers (PLCs)

تحوي المكائن المتقدمة على متحكمات وهذه المتحكمات، تختلف في أنواعها اعتماداً على مستوى التكنولوجيا في الماكنة، فقد تسيطر المتحكمات على وحدة هيدروليك hydraulic،أو وحدة هوائية pneumaticأوكهربائيةأو إلكترونية التي تكثر في المكائن.

ومن مهام المتحكم المنطقي المبرمج تسلم الإدخال وربطه بالبرنامج المنطقي، ومن ثم إذا كان ناتج العملية المنطقية صحيحاً(True) يغير حالة الإخراج المرتبط بالعملية المنطقية، ويسمى المتحكم بالمنطقي، لان البرنامج يعتمد على مبادئ منطقية،ويكون الناتج لها إما (1) و إما (0)، ويوضح الشكل (3-1) الأجهزة التي يتحكم بها المتحكم المنطقي المبرمج.



الشكل (3-1) الأجهزة التي يتصل بها المتحكم المنطقي المبرمج

2-3PLC الهيكل الأساسي لـ

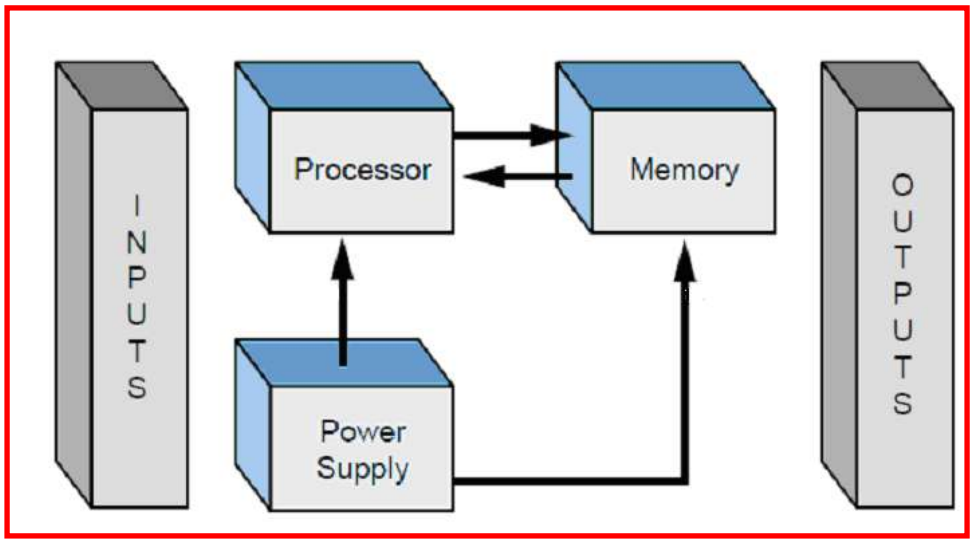
Main structure for plc

المتحكم المنطقي المبرمج هو معالج دقيق مع دوائر متكاملة من مجهز القدرة، ودوائر إدخال، ودوائر إخراج مدمجة في بنية صغيرة واحدة تلائم الظروف الصناعية.

ويتكون المتحكم المنطقي المبرمج من الأجزاءالأساسية آلاتية:-

1. وحدات الإدخالInput Modules.
2. وحدات الإخراج Output Modules.
3. وحدة المعالجة المركزيةCenter Processing Unit.
4. الذاكرة Memory.
5. وحدة التجهيز الكهربائيPower Supply Unit.

ويوضح الشكل (2-3) المكوناتالأساسية المتحكم المنطقي المبرمج.



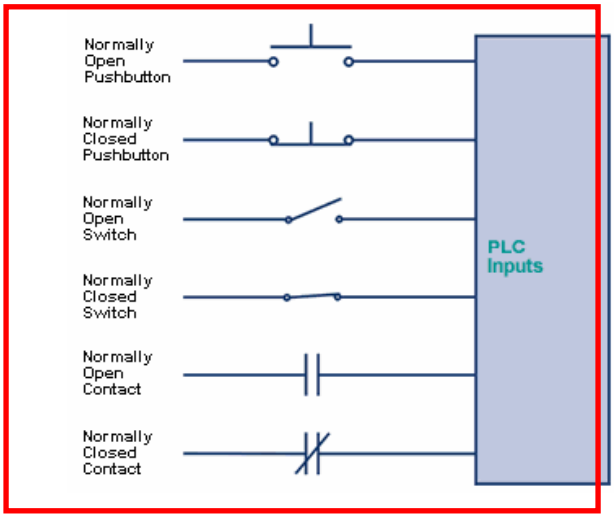
الشكل (2-3) مكونات الأساسية المتحكم المنطقي المبرمج

1.وحدات الإدخال Input Modules

هي وحدات تنقل الإشارة الداخلة إلى ذاكرة الإدخال ليتم التعامل معها داخل المتحكم. تكون وحدات الإدخال على نوعين:

وحدة إدخال رقمية Digital Input: تكون على حالتين منطقيتين،إما (1=24 فولت) في حالة On، وإما (0=0 فولت)في حالة Off، وتربط بها شتى أنواع من المفاتيح.

ويوضح الشكل (3-3) أنواعاً من الإدخال الرقمي.



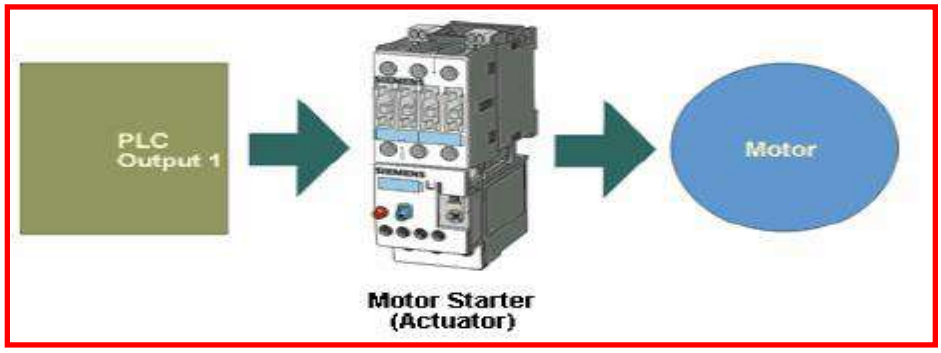
الشكل (3-3) أنواع من الإدخال الرقمي

وحدة إدخال تماثلية Analog Input: تتغير فيها قيم الإدخال، وتنقل إلى ذاكرة الإدخال التماثلية، وتربط بها شتى أنواع الحساسات.

2. وحدات الإخراج Output Modules

وهي وحدات تقوم بإخراجالإشارة من المتحكم، وهي أيضاً على نوعين:-

إخراج رقمي Digital Output: تكون على حالتين منطقيتين،إما (1) في حالة On،وإما(0)في حالة Off، وتربط بها شتى أنواع من المشغلات Actuators، ويوضح الشكل (3-4)الإخراج مع المشغل.

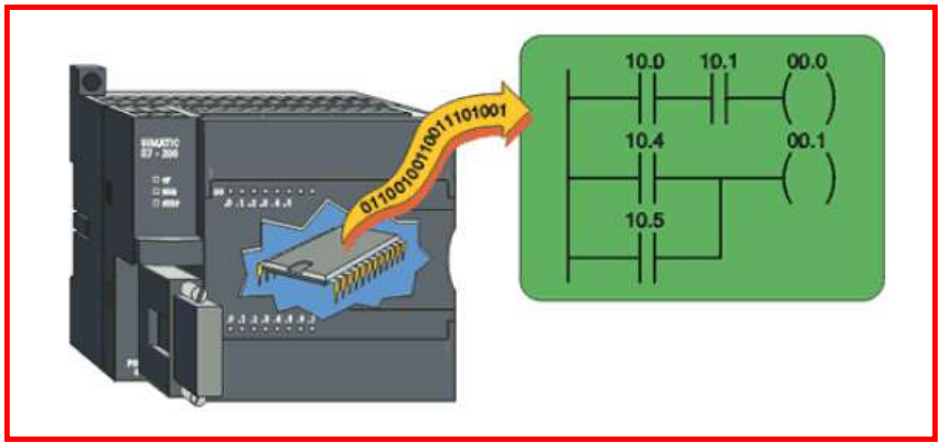


الشكل (3-4) الإخراج مع المشغل

إخراج تماثلي Analog Output: تتغير فيها قيم الإخراج، وتنقل من ذاكرة الإخراج التماثلية، وترتبط بها شتى أنواع العدادات والمشغلات المتغيرة.

3. وحدة المعالجة المركزية Center Processing Unit CPU

وهي نوع من المعالج الدقيق، واهم جزء في المتحكم،يقوم بقراءة البرنامج وتنفيذه ومراقبة الإدخال والإخراج، ويوضح الشكل (3-5) وحدة المعالجة المركزية.



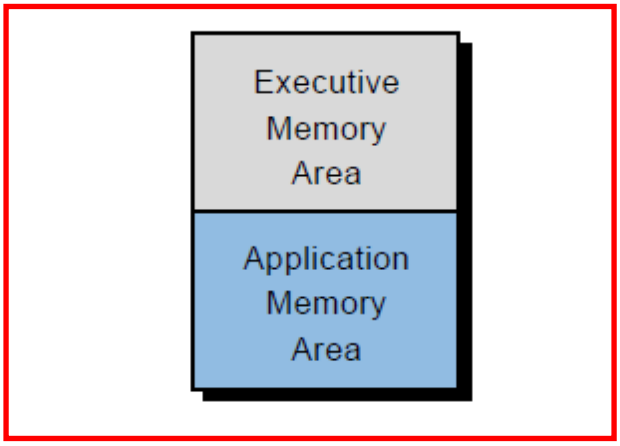
الشكل (3-5) وحدة المعالجة المركزية

4. وحدات الذاكرة Memory Modules

الذاكرة في المتحكمات تتكون من قسمين مختلفين وهما:-

- ذاكرة الإجراءاتExecutive Memory
- ذاكرة التطبيقات Application Memory

ويوضح الشكل (3-6) وحدات الذاكرة.



الشكل (3-6) يوضح وحدات الذاكرة

ذاكرة الإجراءات : وهي ذاكرة متعلقة بالمعالج نفسه،تخزن بها مجموعة من الأوامر والعمليات التي يقوم بها المتحكم، ويستطيع المبرمج استعمالها، ولا يستطيع تغييرها.

ذاكرة التطبيقات : توافر هذه الذاكرة المساحة لبناء البرنامج، إذ يخزن بها برنامج والثوابت متغيرات البرمجة التي يستطيع المبرمج الوصول إليها وتغييرها، وتقسم هذه الذاكرة على انواع مختلفة بحسب التطبيق والوظيفة.

3-3 مميزات المتحكم المنطقي المبرمج

PLC's specifications and advantages

يمتاز المتحكم المنطقي المبرمج بالآتي :-

1-صغر الحجم مع إمكانية توسيع وحداته.

2-سهل البرمجة وتحديث العمل بواسطة الحاسوب الشخصي.

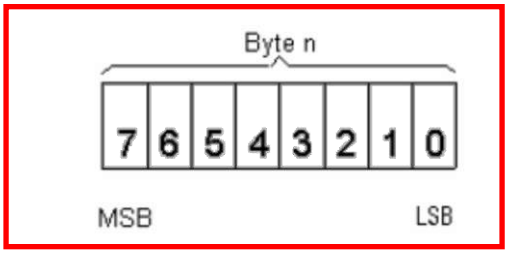
3-يمتاز بكشف الأخطاءالبرمجة وتنفيذ.

4-يتحمل الإجهاد لظروف التشغيل الصناعية.

3-4الرموز العددية

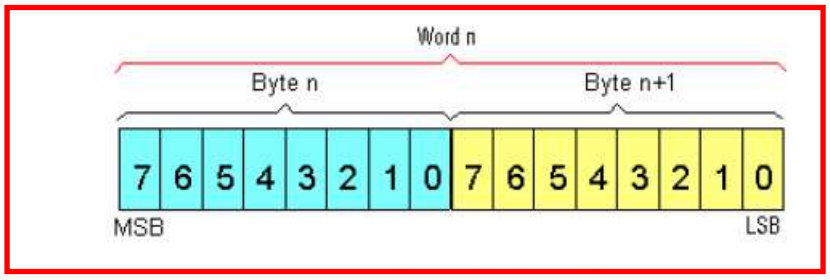
الرموز العددية التي تستعمل في المتحكم المنطقي هي:-

Byteهو موقع يحوي ثمانيةbits،ويرمز لهبحرف B،و **Bit** وهو قيمة ثنائية (1 أو 0)، كما في الشكل(3-7)الذي يوضح Byte.



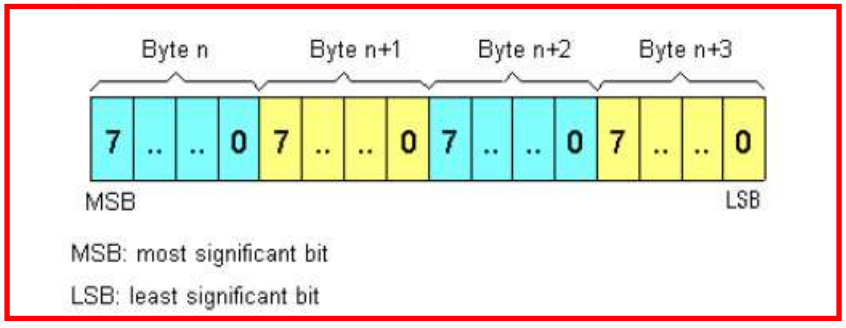
الشكل(3-7) Byte

Word يعادل اثنين من Bytes، ويرمز له بحرف W،كما في الشكل (3-8).



الشكل(3-8) Word

Double Wordويعاد لأربعة Bytes، يرمز له بحرف D،كما في الشكل (3-9).



الشكل(3-9) Double Word

ويمكن كتابة الأعداد بصورةByteأوwordأو Double Word، ويمكن تحديد صيغة الأعداد الثابتة إذا ما كانت ثنائية binaryأو عشرية decimalأو من نظام السادس عشر hexadecimal.

الإعداد المستعملة في البرنامج تكون من النوع العشري ما لم تسبقها الرموز الآتية :-

الأعداد التي تسبق بالرمز #2 تكون ثنائية.

الأعداد التي تسبق بالرمز #16 تكون من النظام السادس عشر.

ولكتابة كلمة (String) توضع بين فاصلتين مزدوجتين.

مثال1:- بيّن طريقة الكتابة في الأنظمة المبرمجة بصيغة النظام الثنائي للعددين الآتيين.

العدد	طريقة الكتابة بصيغة النظام الثنائي
1101	2#1101
11011111	2#1101_1111

مثال 2:- بيّن طريقة الكتابة في الأنظمة المبرمجة بصيغة النظام السادس عشرللعددالآتي.

العدد	طريقة الكتابة بصيغة النظام السادس عشر
3FB216#3FB2	

مثال 3:- بيّن طريقة الكتابة في الأنظمة المبرمجةلكلمة Mechatronics.

لكتابة كلمة Mechatronics تتم بهذه الصورة"Mechatronics"

5-3 أنواع الذاكرة

Memory kinds

المعلومات في المتحكم تخزن في مواقع مختلفة من الذاكرة ، ولهذه المواقع عناوين محددة ، لذلك تقسم الذاكرة على أنواع تختلف بحسب الغرض الذي أنشئت لأجله ، وهي :

1. **ذاكرة الإدخال الرقمي Process Image Input Register**

يخزن بها حالة منفذ الإدخال الرقمية ويرمز لها بالرمزI.

مثال:I0.2 يرمز الى الـ bit الثالث من Byte الأول في ذاكرة الإدخال.

2. **ذاكرة الإخراج الرقمي Process Image Output Register**

يخزن بها حالة منفذ الإخراج الرقمية ويرمز لها بالرمزQI.

مثال:QB0 يرمز إلىByteالأول في ذاكرة الإخراج.

3. ذاكرة التجميع Accumulator Memory

الذاكرة التي تستعمل في العمليات الرياضية (جمع أو طرح أو ضرب أو قسمة) ،وتتكون من أربعة مسجلات يرمز لها بالرمز (AC0، AC1، AC2، AC3 ولكل مسجل أربعةByte).

4. الذاكرة الخاصة Special Memory

توافر هذه الذاكرة معلومات الارتباطات (Communication) بين وحدة المعالج والبرنامج، ويرمز لها بالرمزSM.

مثال: SMB0،وهو Byte حالة المتحكم

SM0.0: دائما تكون قيمته (1)

SM0.1: يكون (1) في دورة العمل الأولى.

SM0.2: يكون (1) عند فقدان معلومات تحت التشغيل.

SM0.3: يكون (1) في عند بدء تشغيل المتحكم.

SM0.4: يكون (0) لمدة 30 ثانية ويتحول (1) لمدة 30 ثانية التي تليها.

SM0.5: يكون (0) لمدة نصف ثانية ويتحول (1) لمدة نصف ثانية التي تليها.

SM0.6: يكون (0) عند توقف دورة العمل ويكون (1) عند عمل الدورة.

SM0.7: يكون (1) عند تشغيل مفتاح العمل.

5. ذاكرة المتغيرات Variable Memory

تستعمل في تعريف المتغيرات التي تدخل ضمن البرنامج ، ويرمز لها بالرمزV.

مثالVB100 هومتغير بحجم Byte في الموقع 100 من ذاكرة المتغيرات.

6. الذاكرة المحلية Local Memory

تستعمل أيضاً في تعريف متغيرات،ويرمز لها بالرمزL، وتختلف عن ذاكرة المتغيرات السابقة في أن ذاكرة L صغيرة تحوي 64 Byteفقط،وتعرف بالـScratch Pad.

7. ذاكرة M Bit Memory

تستعمل لخزن معلومات وبيانات وثوابت، ويرمز لها بالرمزM.

مثال: M0.1 ثابت بموقع ألـ bit الثاني من Byteالأول في الذاكرة الداخلية، ويمكن خزن معلومات الذاكرة Mبنحوٍ دائم بحيث يمكن استرجاعها عند توقف المتحكم.

8. **ذاكرة المؤقت Timer Memory**

يخزن بها معلومات المؤقت مثل وقت التكرار Resolution، ويرمز لها بالرمزT.

9. **ذاكرة العداد Counter Memory**

يخزن بها معلومات العداد ويرمز لها بالرمزC.

10. **ذاكرة العداد عالي السرعة High- Speed Counter**

يخزن بها معلومات العداد السريع ويرمز لها بالرمزHC.

11. **ذاكرة الإدخال التماثلي Analog Input**

يخزن بها ناتج التحويل العدد التماثلي إلى رقمي ،وهو موقع ذاكرة بطول 16 bit، ويرمز لها بالرمز AI0أو AI2أو AI4.

12. **ذاكرة الإخراج التماثلي Analog Output**

يخزن بها القيمة الرقمية قبل تحويلها إلى تماثلية ، وهو موقع ذاكرة بطول 16 bit، ويرمز لها بالرمز AQ0أو AQ2أو AQ4.

3-6طرائق عنونة الذاكرة

يمكن تحديد نوع العنونة المستعملة في البرنامج بطريقة مطلقة Absolutely، أو بطريقة الرموز Symbolic، وهي كما يأتي:-

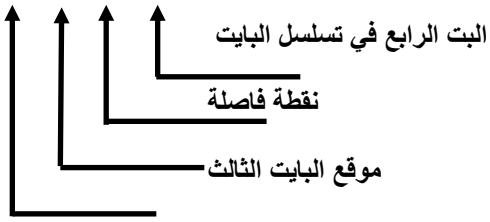
1- العنونة المطلقةAbsolute Addressing

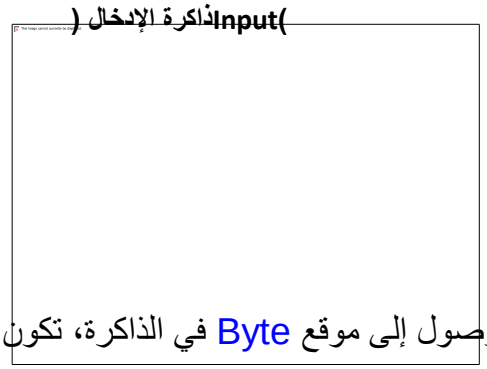
يشار بها مباشرة إلى الذاكرة سواء إلىموقع bitأمإلىByte في الذاكرة على اختلاف أسمائها المستعملة في برنامج S7.

وللوصول إلى موقع bit في الذاكرة صيغة العنونةهي اسم **الذاكرة** **ثم** **موقع الذاكرة**، **ثم نقطة** **يتبعها تسلسل** **bit**، وتعرف **("byte.bit" addressing)**

مثال 4:- وضح طريقة العنونة للصيغة I3.4

I3.4

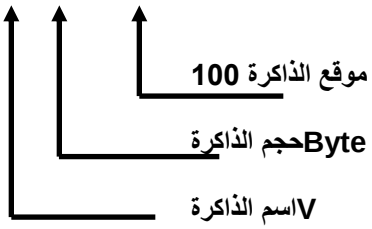




الوصول إلى موقع Byte في الذاكرة، تكون صيغة العنونة**اسم الذاكرة ثم B ثم الموقع**.

مثال 5:- وضح طريقة العنونة للصيغة VB100

VB100

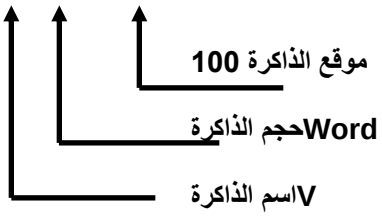


	MSB							LSB
VB100	7	6	5	4	3	2	1	0

الوصول إلى موقع Word(W) في الذاكرة. تكون **صيغة العنونة**اسم الذاكرة، ثم W، ثم الموقع.

مثال 6:- وضح طريقة العنونة للصيغة VW100

VW100

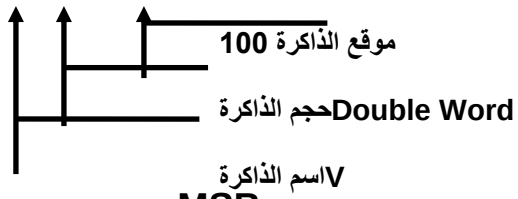


	MSB					LSB
VW100	7	VB100	0	7	VB101	0

الوصول إلى موقع Double Word في الذاكرة، تكون صيغةالعنونة**اسم الذاكرة، ثم D، ثم الموقع**.

مثال 7:- وضح طريقة العنونة للصيغة VD100

VD100



	MSB											LSB
VD100	7	VB100	0	7	VB101	0	7	VB102	0	7	VB103	0

يمكن الوصول إلى أنواع الذاكرة الأخرى(I , Q , M , L , and SM)، واستعمال الصيغ السابقة معها (bytes، words، or double words).

IB0يشير إلى البايت الأول في الإدخالInput

LW20يشير إلى Word في الموقع 20 من الذاكرة نوع Local Memory

2- العنونة الرمزية Symbolic Addressing

تعني إعطاء أسماء للإدخال والإخراج ومواقع الذاكرة ، وتستعمل في القراءة والكتابة.

تكون البرمجة باستعمال الرموز ابسط، ويوضح ذلك الآتي:-

يعطى الإدخال I3 الاسمSwitch3

يعطىالإخراجQ1 باسم Motor1 نسبة إلى المحرك المرتبط بالمخرج Q1.

يتم تعريف الرموز في جدول الرموز Symbol Table وحفظها ليتسنى للمبرمج التعامل معها.

7-3 دورة عمل المتحكم المنطقي المبرمج

PLC Scan cycle

يقوم الـPLCمن اجل تنفيذ البرنامج بدورة عملScan Cycleمتكررة، وتتكون من عدة مراحل ، وهي:-

1. قراءة الإدخالRead Inputs

نسخ حالة الإدخال من منفذ الإدخالإلى المسجل الصوري للإدخال Process image Input Register.

2. **فحص البرنامج Execute Program**

فحص معلومات البرنامج المخزون في الذاكرة، وخزن قيم المتغيرات .

3. **العمليات والارتباطات Processesand Communication**

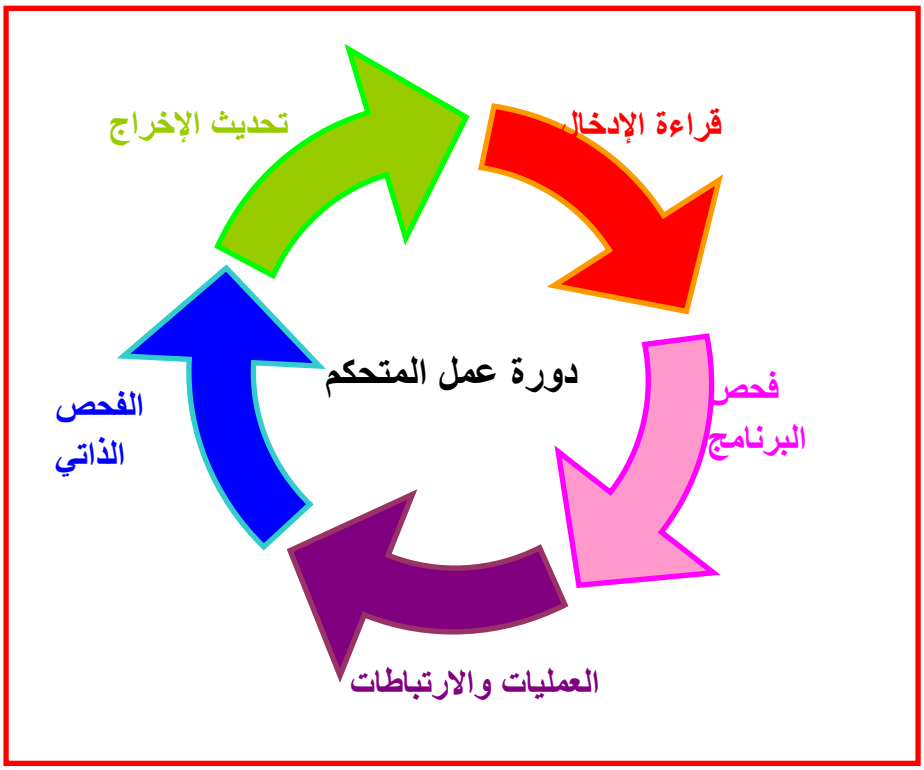
انجاز مهام العمليات وتنفيذ الارتباطات (اتصالات) التي تحتاج اليها.

4. **الفحص الذاتي Self Diagnostic**

فحص وحدة المعالجة المركزية واختبارها وإجراء تشخيص لها.

5. **تحديث الإخراج Update Output**

نقل المعلومات من المسجل الصوري للإخراجProcess Image output Registerإلى منفذ الإخراج.ويوضح الشكل(3-10) دورة عمل الـ PLC.



الشكل(3-10) دورة عمل الـ PLC

8-3 برمجة الـ PLC بواسطة الحاسوب الشخصي

Programming PLC with PC

المتحكم المنطقي المبرمج يبرمج بواسطة الحاسوب الشخصي ، ويتم ذلك عن طريق برنامج step 7 بعد تنصيبه في الحاسوب وتوصيل القابلو (الكيبل) من نوع PPI point to point interface بين الحاسوب والمتحكم.

خطوات برمجة المتحكم:

1. **كتابة الأوامر في برنامج Step 7**
2. **تحويل المتحكم إلى حالة التوقف Stop Mode**
3. **تنزيل برنامج (الأوامر) إلى المتحكم**
4. **تحويل المتحكم إلى حالة التشغيل Run Mode**

ويملك المتحكم وضعين من العمل، هما:

وضع التشغيل Run Mode يقوم المتحكم بتنفيذ إجراءات البرنامج ، ولا يمكن عندها تحميل البرامج أو تنزيله إلى المتحكم.

وضع التوقف Stop Mode يقوم المتحكم بالتوقف عن تنفيذ الإجراءات، ويمكن عندها تحميل البرامج إلى المتحكم أو تنزيلها.

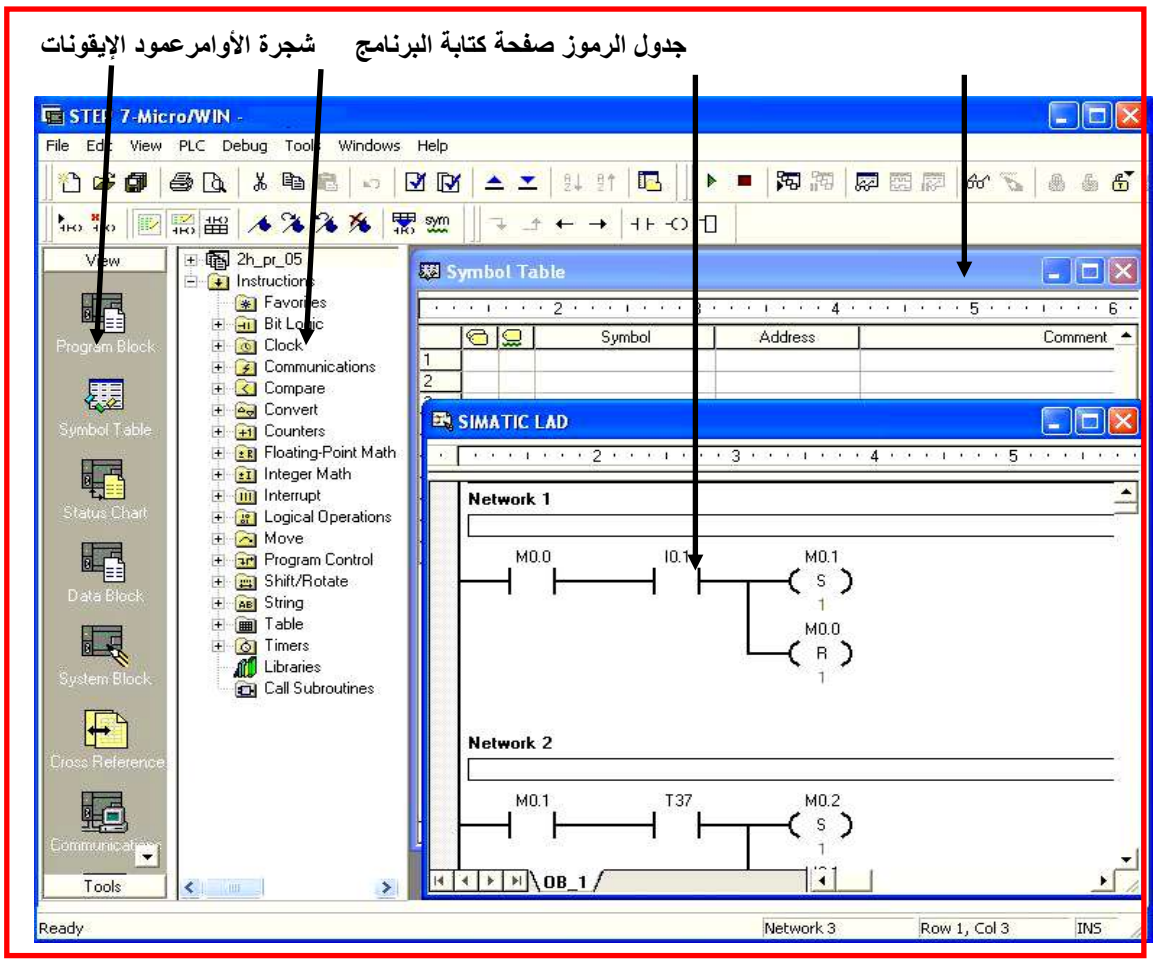
9-3 التعرف على استعمال برنامج step 7)

تتألف واجهة برنامج Step 7 من مجموعة من القوائم والأيقونات الرئيسة ، منها هي :

عمود الأيقونات Navigation Bar: يتكون من مجموعة من الإيقونات تمكن المستعمل من الدخول إلى واجهات مختلفة الصفات، مثل واجهة البرمجة ، وواجهة الرموز.

شجرة الأوامر Instruction Tree: تحتوي على كل الأوامر التي تستعمل لغرض إنشاء برنامج جديد ، إذ تستعمل طريقة السحب والإسقاط لإضافةالأوامرإلى واجهة كتابة البرنامج.

صفحة كتابة البرنامج Program Edit: وهي صفحة فارغة يتم إضافة الأوامرإليها وبحسب البرنامج،ويوضح الشكل (3-11) واجهة برنامج Step 7.



الشكل (3-11) واجهة برنامج Step 7

10-3plc(طرائق برمجة)

Programming methods for (plc)

توجد ثلاث طرائق لكتابة البرنامج ، ويمكن برمجة المتحكم باستعمال أي منها ، وهذه الطرائقهي:-

1. **المخطط السُّلمي** ladder logic diagram
2. **المخطط الصندوقي الوظيفي**function block diagram
3. **قائمة الإجراءات** statement list

1-10-3 المخطط السُلَّمي

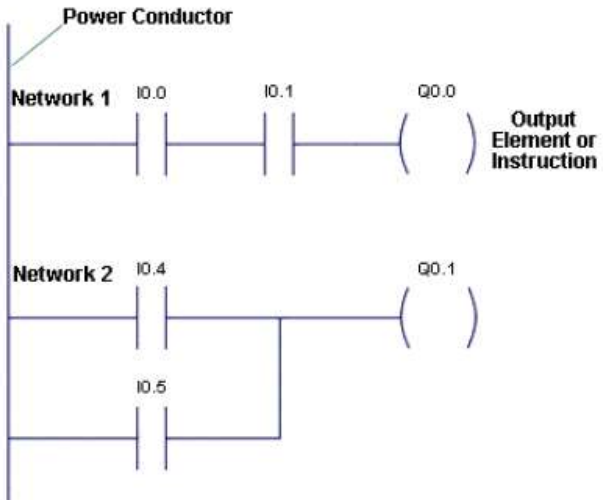
(ladder logic diagram)

يكتب البرنامج بهذه الطريقة بصورة تمثيل صوري يشابه خطوط تسليك الكهرباء، ويقسم البرنامج إلى شبكات Networks، وينفذ البرنامج بفحص شبكة واحدة في الوقتنفسهمن اتجاه اليسار إلى اليمين ، ومن الأعلىإلىالأسفل. ومن الرموز الصورية هي :

Contact يمثل الإدخال مثل المفاتيح.

Coils يمثل الإخراج مثل المحرك.

تعد من الطرائق البسيطة وسريعة التعلم، ويوضح الشكل (3-12) شكل المخطط السُلَّمي .

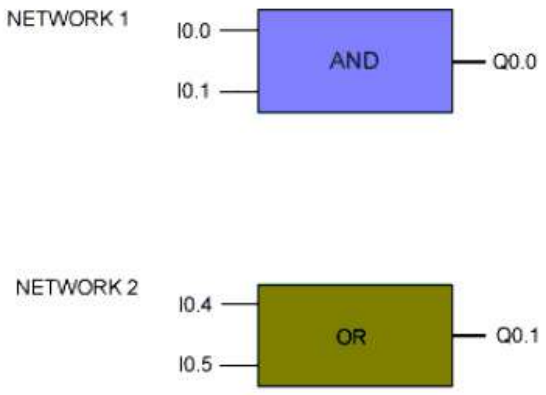


الشكل (3-12) المخطط السُلمي

3-10-2 المخطط الصندوقي الوظيفي

Function block diagram

يكتب البرنامج بهذه الطريقة بصورة تمثيل صوري يشابه مخططات البوابات المنطقية، وبعمل التوصيلات بين البوابات المنطقية تحديد اتجاه تنفيذ البرنامج، ويوضح الشكل (3-13) المخطط الصندوقي الوظيفي .



الشكل (3-13) المخطط الصندوقي الوظيفي

3-10-3 قائمة الإجراءات

Statement list

يكتب البرنامج بهذه الطريقة بصورة كتابة نصية ،وتحتاج هذه الطريقة إلى الخبرة في البرمجة ، ويمكن عن طريقها حل مشكلات يصعب تنفيذها بالطرائق السابقة.

مثال : برنامج قائمة الإجراءات لقراءةالإدخال ،وإجراء عملية AND، وإخراج الناتج

قراءة الإدخال I0.1 ، **LD I0.1**

تطبق عملية And ، **A I0.2**

إخراج النتيجة على Q0.0 ، **= Q0.0**

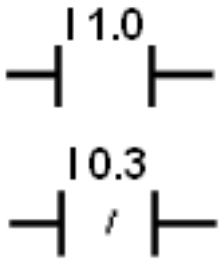
11-3أوامر البرمجة

(Instructionof programming)

أوامر البرمجة لبرنامج Step 7 تعتمد بنحوٍ أساسي على مفاهيم المنطق الرقمي Digital Logic والتي تستعمل البوابات المنطقية Logic Gate،لكنها في برنامج Step 7تأخذ رموزاً أخرى وتمثل عناصر التحكم، والرموز شائعة الاستعمال لكتابة البرنامج بطريقة السلمية LAD هي :-

رموز مفتاح التلامس Contact Symbol

تمثيل الإدخال برمز مفتاح تلامس مفتوح في الوضع الاعتيادي Normally Open Contact (NO)يأخذ شكل خطين عمودين متوازيين يكتب اسم الـbit الخاص بالمفتاح فوقه، ويتحول إلى الوضع المغلق عندما يكون ألـbit المتحكم به بقيمة منطقية (1)، ورمز مفتاح التلامس مغلق في الوضع الاعتيادي(NC) Normally Closeيأخذ شكل خطين عمودين متوازيين بينهما خط مائل ، ويتحول إلى الوضع المفتوح عندما يكون الـ bit المتحكم به بقيمة منطقية (1) ويوضح الشكل (3-14) رموز مفتاح التلامس .



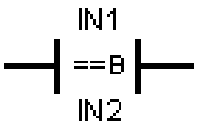
الشكل (3-14) رموز مفتاح التلامس

رموز أوامر المقارنة Compare Instructions Symbol

توافر المقارنة بين عددين، وتأخذ رموزاً مختلفة، وهي :-

مقارن تساوي Equal Byte

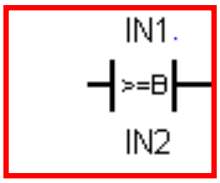
عندما يكون ByteIN1 يساوي بالقيمة ByteIN2 يكون الطرف الأيمن للمقارن يساوي 1 وإذا لم يتساويا يكون 0، ويوضح الشكل(3-15) رمز مقارن التساوي.



الشكل(3-15) رمز مقارن التساوي

مقارن اكبر أو يساوي Greater Than or Equal Byte

عندما يكون ByteIN1 لايساوي بالقيمة ByteIN2 يكون الطرف اليمن للمقارن يساوي 1 وإذا لم يتساويا يكون 0، ويوضح الشكل(3-16) رمز مقارن اكبر أو يساوي.



الشكل(3-16) رمز مقارن اكبر أو يساوي

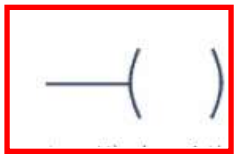
ومن المقارنات الأخرىالآتية :-

-|<>B|-	Not Equal Byte	لايساوي Byte
-|>=B|-	Greater Than or Equal Byte	اكبر من أو يساوي Byte
-|<=B|-	Less Than or Equal Byte	اصغر من أو يساوي Byte
-|>B|-	Greater Than Byte	اكبر من Byte
-|<B|-	Less Than Byte	اصغر من Byte
-|==I|-	Equal Integer	يساوي عدداً صحيحاً
-|<>I|-	Not Equal Integer	لا يساوي عدداً صحيحاً
-|>=I|-	Greater Than or Equal Integer	اكبر من أو يساوي عدداً صحيحاً
-|<=I|-	Less Than or Equal Integer	اصغر من أو يساوي عدد صحيح

اكبر من عدد صحيح
اصغر من عدد صحيح

الملفات Coils

تمثيل الإخراج برمز الملفات Coils،وتأخذ شكل قوسين،ويوضح الشكل(3-17) رمز الملف.



الشكل(3-17) رمز الملف

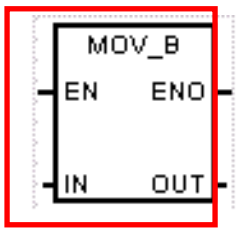
الصناديق Boxes

تمثل الصناديق أوامر مختلفة، مثل صندوق التدوير، وصندوق التحريك.

صندوق النقلMOV_B يقوم بنقل Byte من الدخول IN، وتحويله إلى الخروج OUT

EN: إدخال يستعمل لتفعيل الصندوق(إذا كان 1 يعمل صندوق وظيفته وإذا كان 0 لايعمل)

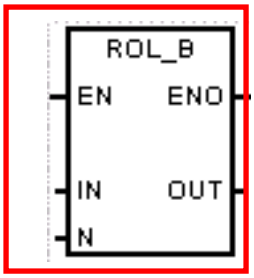
ENO: تستعمل لتفعيل الأوامر التي تليها عند التنفيذ، ويتوقف تفعيل الخروج إذا لم ينفذ،ويوضح الشكل (3-18) رمز صندوق النقل.



الشكل(3-18) رمز صندوق النقل

صندوق التدوير ROL_Bيقوم بتدوير Byte الداخل INإلى جهة اليسار L ونقل الناتج إلىOUT، ويوضح الشكل(3-19) رمز صندوق التدوير.

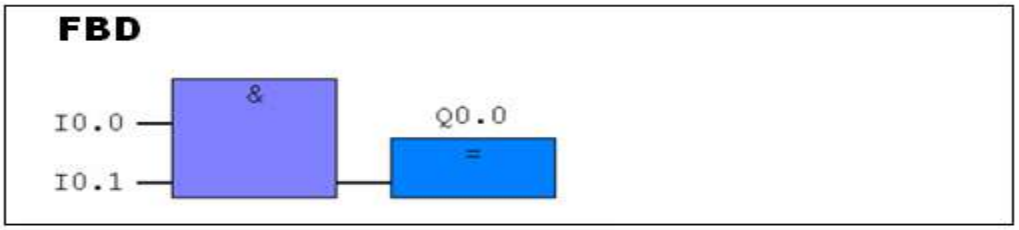
N: عدد الدورات إلىBits

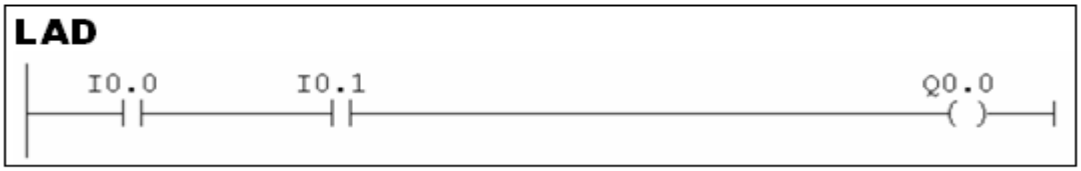


الشكل(3-19) رمز صندوق التدوير

بناء البوابات المنطقية

1- بوابة And

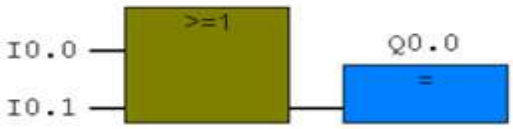





```
STL
 A       I       0.0
 A       I       0.1
 =       Q       0.0
```

2- بوابة OR

FBD

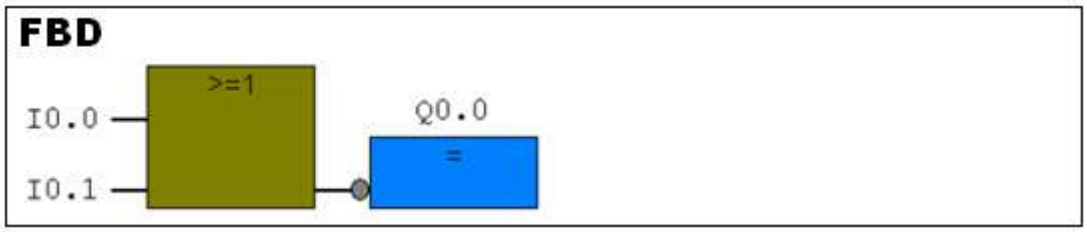


LAD

STL

```
O       I       0.0
O       I       0.1
=       Q       0.0
```

3- بوابة NOR



```
STL
A(
O       I       0.0
O       I       0.1
)
NOT
=       Q       0.0
```

5- بوابة NOT

LAD

STL

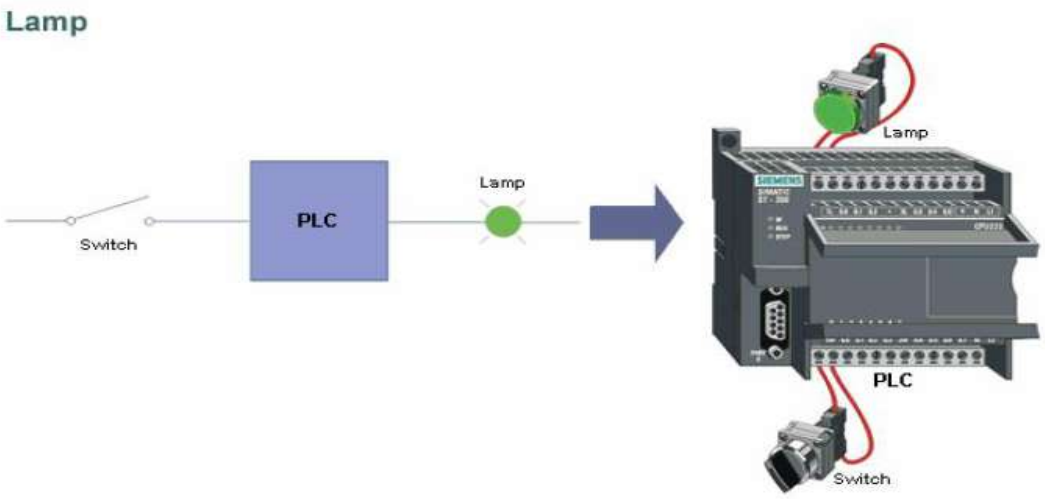
```
AN    I     0.0
=     Q     0.0
```

12-3PLCواستعمالاته تطبيقات الـ

Applications and employs for plc

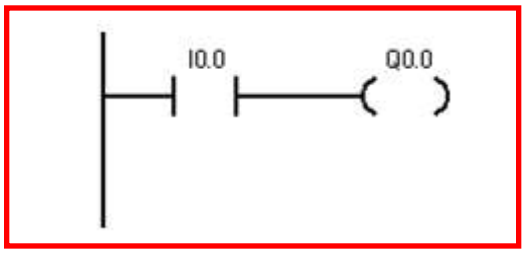
1- تشغيل مصباح بواسطة ألـ PLC

عند تشغيل مصباح بواسطة الـPLC نحتاج إلى مفتاح تشغيل Switch يربط الى الإدخال0.I، والمصباح يربط إلى الإخراج0.Q، كما موضح في الشكل (3-20).



الشكل (3-20) تشغيل مصباح بواسطة ألـPL

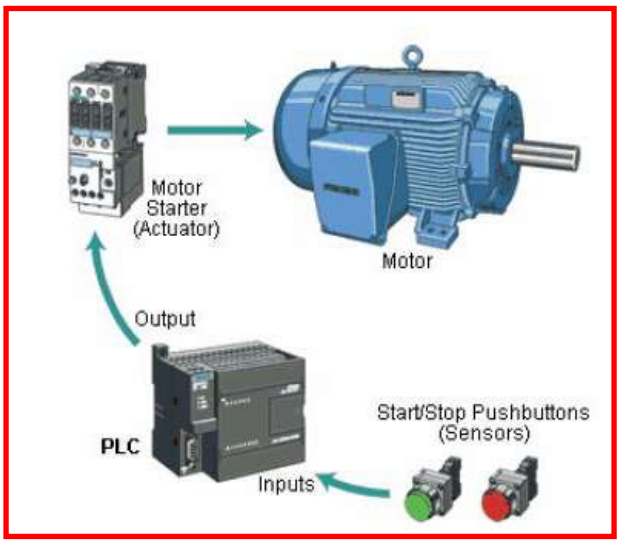
لكتابة برنامج بطريقة السلمية Ladder تكون بالشكل (3-21)



الشكل (3-21) برنامج تشغيل مصباح

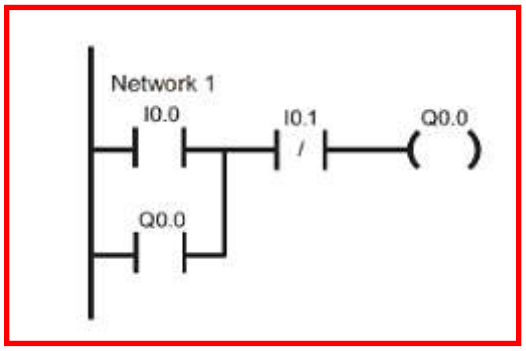
2- تشغيل محرك بواسطة الـPLC

نحتاج لتشغيل محرك إلى مفتاح تشغيل (normally-open) يربط إلى الإدخال I0.0وأخرللإطفاء(normally close) يربط إلىI0.1ومشغل المحرك Actuatorيربط إلىQ0.0 كما موضح في الشكل (3-22).



الشكل (3-22) تشغيل محرك بواسطة ألـPLC

لكتابة برنامج بطريقة السلمية Ladder تكون بالشكل (3-23):



الشكل (3-23) برنامج تشغيل محرك

أسئلة الفصل الثالث

س1 اذكرمهام المتحكم المنطقي المبرمج.

س2 عددوحدات المتحكم المنطقي المبرمج.

س3 اذكرالأجهزة التي يتصل بها المتحكم المنطقي المبرمج.

س4 ما فائدة كل من:-

أ- وحدات الإدخال.

ب-وحدات الإخراج.

ت-وحدة المعالجة المركزية .

ث-الذاكرة.

س5 عددمميزات المتحكم المنطقي.

س6 اذكر الرموز العددية.

س7 ما أنواع الذاكرات المستعملة في المتحكم المنطقي المبرمج؟

س8 اشرح العنونة المطلقة.

س9 ما استعمالاتالعنونة الرمزية؟

س10اشرح دورة عمل المتحكم.

س11ارسم المخطط السلمي لتشغيل محرك وإطفائه باستعمال مفتاح تشغيل واحد.