

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 علي عبد الرحمن
المهندسة سهى صبري سالم المهندس فوزي حسين شوزي

1445 هـ - 2023 م

الطبعة الرابعة

المقدمة

سعت المديرية العامة للتعليم المهني إلى تطوير المناهج العلمية والبرامج التدريبية، من أجل تأهيل الملاكات القادرة على امتلاك الموهلات 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 الميكاترونكس بسميه 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 الأنية والمستقبلية .

واليوم نضع بين يديك هذا الكتاب الذي يتضمن مبادئ التكنولوجيا الصناعية أو يتناول كل ما يجب لفهم أساسيات الخطوط الإنتاجية ، ويوضح المعرفة العلمية على أسس تكنولوجية علمية في جميع المجالات المتعلقة بتكنولوجيا الميكانيك الصناعي كملا لكتاب المرحلة السابقة... لذلك لا بد من أن نتفحص في كتابنا هذا عالم الخطوط الصناعية الذي وصل إلى أحدث الابتكارات متناولاً القديم منها والحديث لتكتمل الفائدة ولتكون النواة لكل فني ضموح يريد الدخول إلى حقل المعرفة العلمية بصورتها الميسرة والواضحة المدعومة بالصور وبالأنشكال 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.

المؤلفون

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 - الدايبودات
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

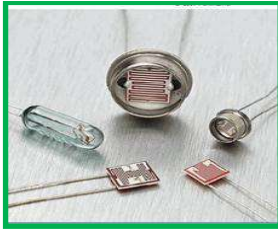
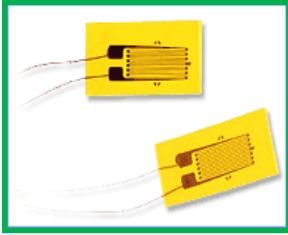
متحسس الضغط/ أساسيات طرائق الكشف والقياس لمتحسس الضغط /
متحسس مقياس الانفعال (Strain gauge) ومبدأ عمله/ إضافة الإشارة
الكهربائية إلى متحسس مقياس الانفعال/ عناصر التحسس للضغط.

المتحسسات الضوئية/ نظرية عمل المتحسس/ المقاومة الضوئية LDR /
الدايبودات 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 بتكثيف
إشارات المتحسسات



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 أهى 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

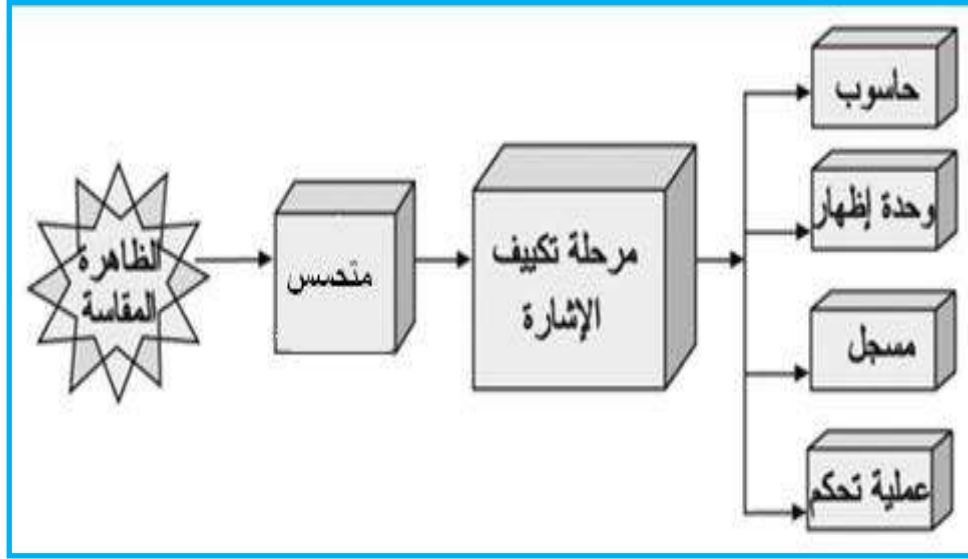
محول الطاقة: transducer

مصطلح يدل عادة على جهاز يحول الإشارة من شكل فيزيائي إلى شكل فيزيائي آخر. وبالتالي فإن المتحسس غالباً ما يكون محول طاقة، ولكن هناك أجهزة أخرى يمكن عدها 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. وتتم 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 لـ PLC 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.

Temperature Sensors

تُعد 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 الدايبود، فعند تعرضه لحرارة تبدأ بعض الالكترونات بالتححرر من مداراتها ويزداد مرور التيار (علاقة طردية بين التيار والحرارة).

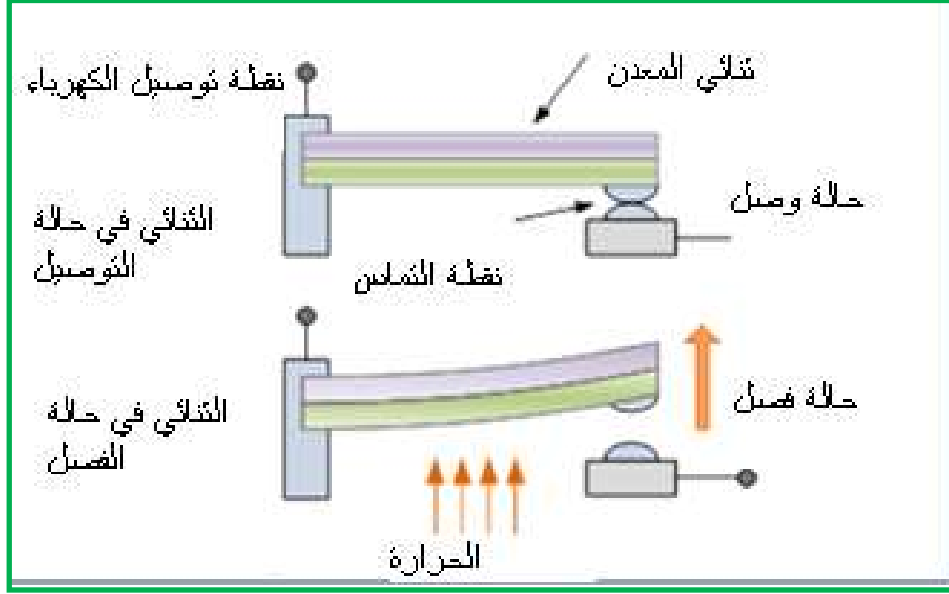
➤ استعمال الدايبود كمتحسس حراري

عند انحياز الدايبود السليكوني أمامياً في درجة 25° يكون جهد الانحياز الأمامي نحو (0.65 فولت)، وعند زيادة درجة الحرارة فإن ذلك سيؤدي إلى زيادة عدد الالكترونات المتحررة من ذرات المادة نصف الناقلية، وبالتالي ازدياد قيمة التيار المار، وبالتالي انخفاض جهد الانحياز الأمامي (عملياً فإن كل 1° تقابل انخفاض جهد الانحياز الأمامي بمقدار 2 إلى 3 ميلي فولت) ومن مساوئ الدايبود 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 انحناءها 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 (2-1) 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 جداً 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) .

R₀: قيمة المقاومة عند درجة الحرارة المرجعية (تعطى عادة عند الدرجة صفر مئوية).

α: المعامل الحراري للمقاومة temperature coefficient.

t : درجة الحرارة المقاسة، t₀ 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.

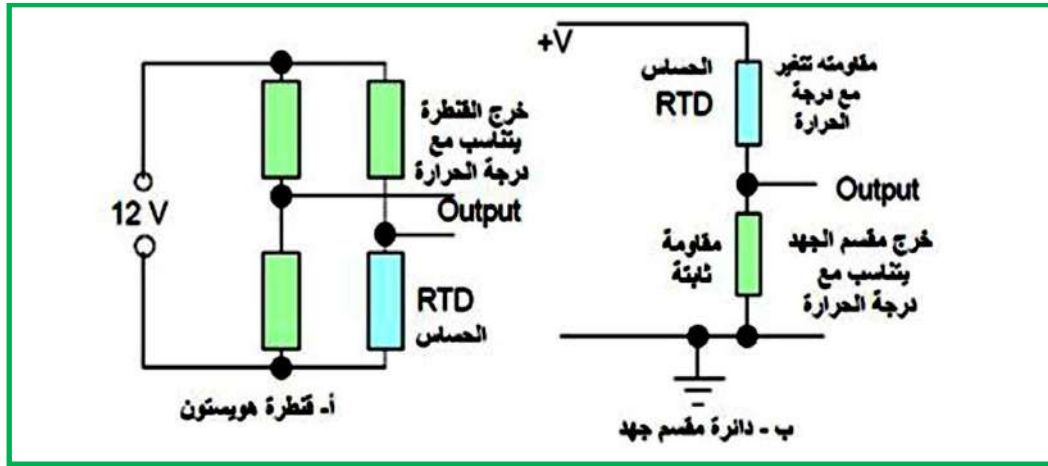
ويمكن استعمالها كأحدى أذرع قنطرة وتستون وخرج القنطرة يؤخذ كقياس لدرجة الحرارة ،
أو كطريقة أخرى يمكن استعمال دائرة مقسم جهد، إذ يسبب التغير في المقاومة الحرارية تغيراً في هبوط
الجهد على مقاومة، كما في الشكل (3-1).

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

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

$$R=2.732(1+0.00379 \times 40)$$

$$R=3.146\Omega$$



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

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

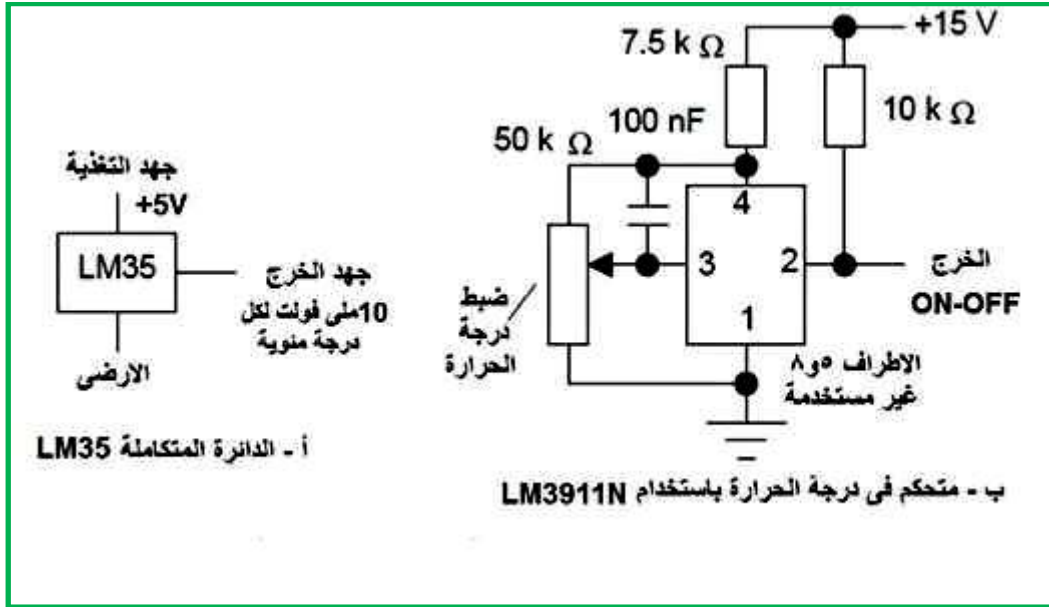
النوع الثالث : الدايودات الحرارية والترانزستورات الحرارية:

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 $10\text{ mV}/C^\circ$ (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 أكبر 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 (1-4 ب) فإن الخرج يتحول كلما وصلت درجة الحرارة إلى نقطة الضبط وتعطى مباشرة متحكم في درجة الحرارة بصورة (On-off).



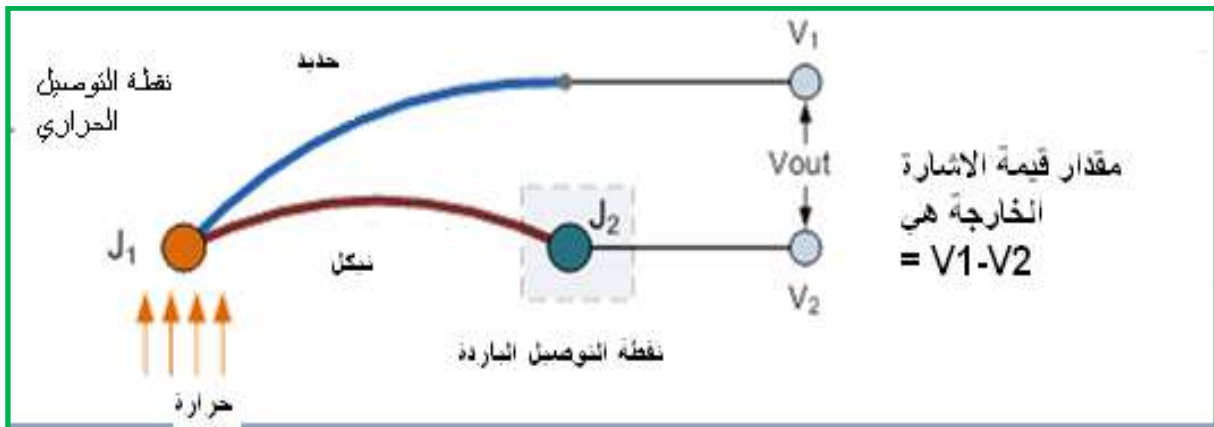
الشكل (4-1) يبين الدوائر المتكاملة كمتحسسات لدرجة الحرارة

النوع الرابع - المزدوج الحراري :

Thermocouple

يتكون الأزواج الحراري أساساً من سلكين غير متماثلين A و B يمثلان وصلة كما في الشكل

(5-1).



الشكل (5-1) 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 الكهربائية 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 التدرج .

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 الرئيسية تكمن في أن المقاومات الحرارية غير خطية بنحو كبير، فإذا كان مجال درجة الحرارة المقاسة صغيراً 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 الرئيسية هي سرعتها في الاستجابة لأية تغييرات في درجات الحرارة .



الشكل (6-1) يبين

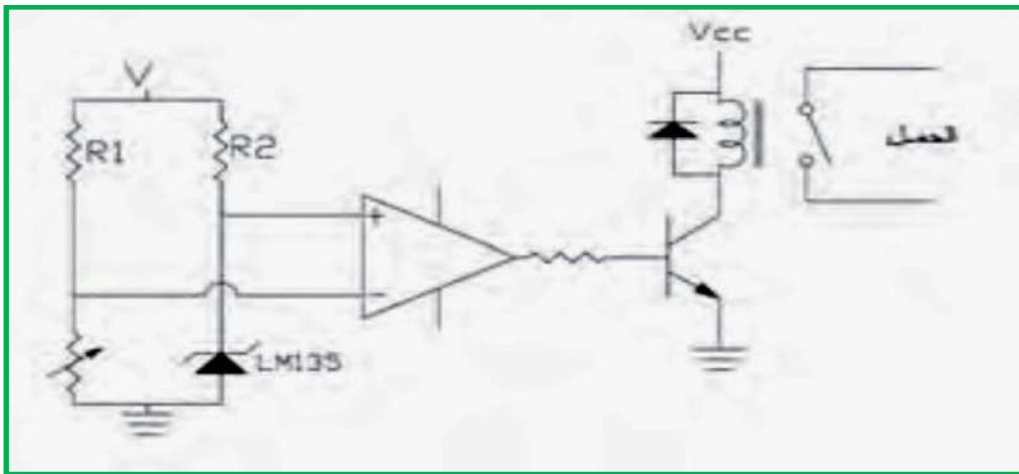
الثرمستور

وتتكون الثرمستورات عموماً من أشباه الموصلات، وتحول إلى أقراص صغيرة كما مبين في الشكل (6-1)، 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 10 كيلو أوم إلى $M\Omega$ أوم. والثرمستورات هي أجهزة مقاوم سلبي وهو ما يعني أننا نحتاج إلى تمرير تيار من خلال تلك المقاومة ودائرتها الكهربائية لتحقيق نتائج قابلة لقياس الجهد.

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

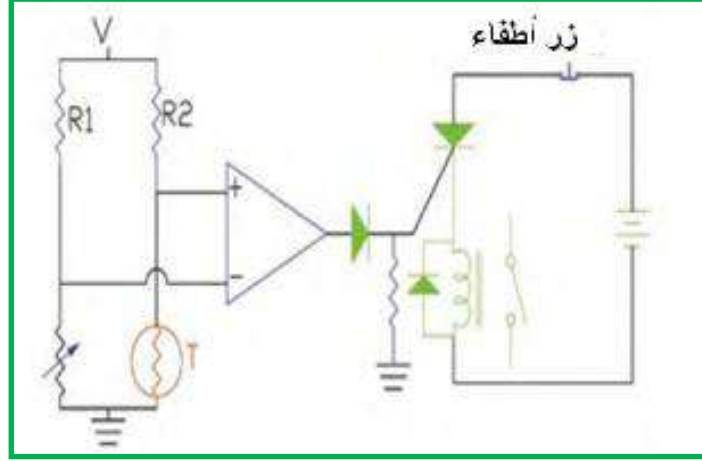
توضح الدائرة (7-1) كيفية التحكم بدرجة حرارة غرفة عن طريق تشغيل مكيف هواء بارد. إذ يمكن ضبط درجة الحرارة عن طريق المقاومة المتغيرة (نقطة المرجعية). عند ارتفاع درجة الحرارة يزداد الجهد على المتحسس الحراري من نوع ($LM135$) حتى يصل إلى درجة الحرارة المطلوبة، وينقل الجهد عن طريق مكبر العمليات إلى حالة التشبع، 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 (7-1) 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 (8-1) الذي يوضح كيفية عمل دائرة إنذار الحريق .

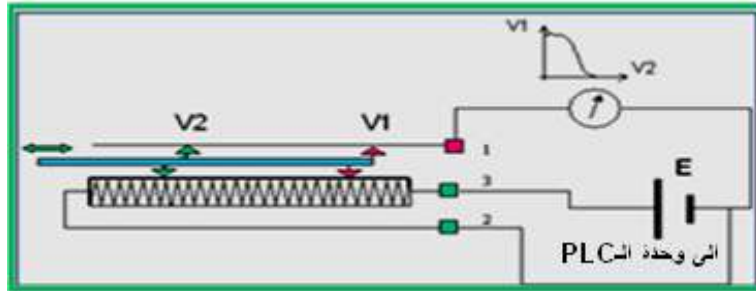


شكل رقم (8-1) عمل دائرة إنذار الحريق

2-1-1 متحسس الإزاحة

Displacement sensor

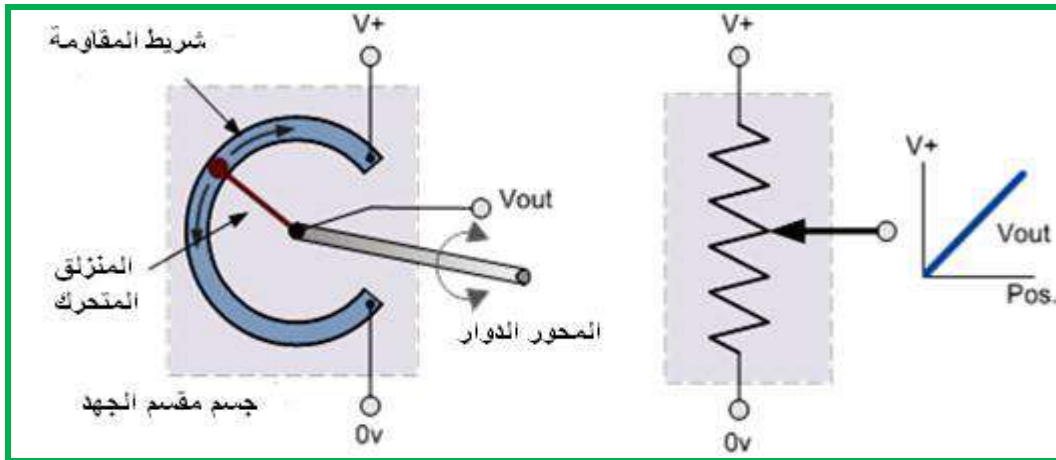
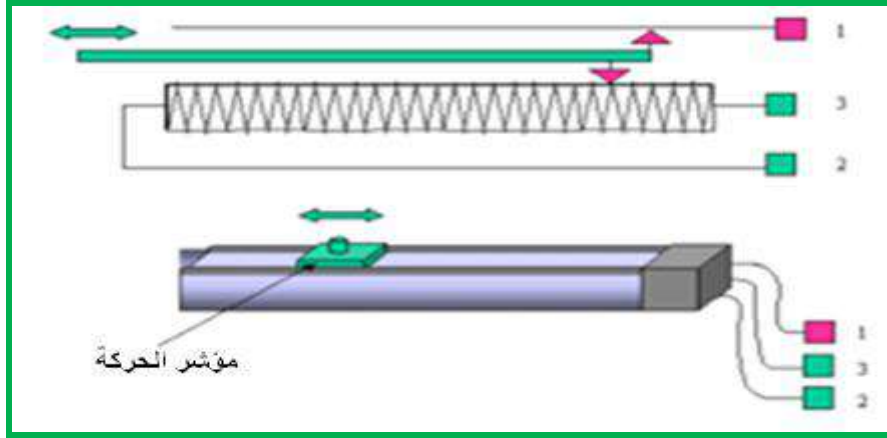
ويسمى في بعض الأحيان بمتحسس الموضع ، ونستعمل اصطلاح **متحسس الموضع** للتحسس الذي يعطي قياساً للمسافة بين نقطة ثابتة (مرجعية) والموضع الحالي للهدف المتحرك . كما مبيّن في **متحسس الإزاحة المبيّن في الشكل (9-1)** إذ يعطى قياس للمسافة بين الموضع الحالي لهدف والموضع المسجل السابق، وهما نوعان



شكل 9-1 متحسس الإزاحة

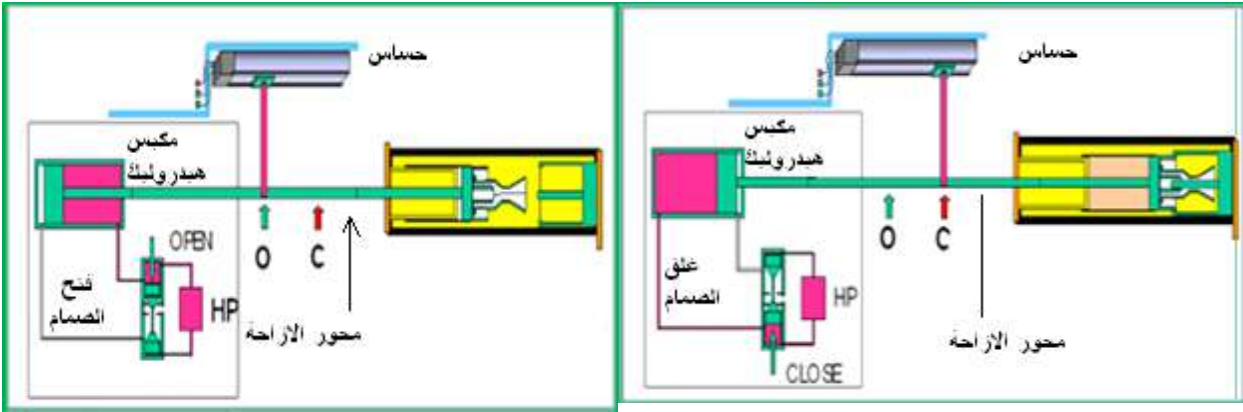
Linear and rotational resistance, Displacement sensor

تُعد متحسسات الإزاحة التي تستعمل المقاومة الخطية والدورانية المبينة في الشكل (10-1) 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 ليبدل على موضع التلامس المنزلق ، كما في الشكل (10-1). ويتكون المتحسس من مقاومة متغيرة ، والنقطة المنزلاقة 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.

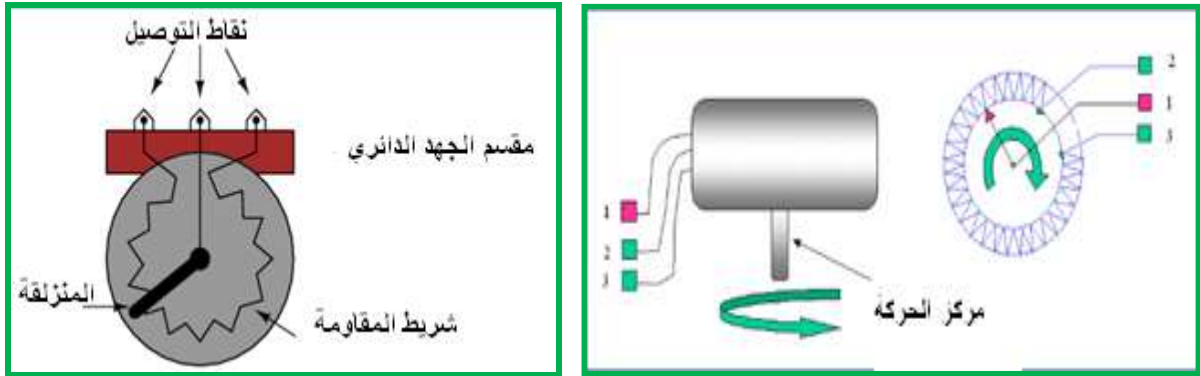


الشكل (10-1) يمثل المقاومة الخطية والدورانية

ويمكن الاستفادة 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 (11-1) الذي يبين موقع متحسس الإزاحة في كل من النقطتين (النقطة 0 والنقطة C) ، وقراءة الإزاحة بين النقطتين إذ يعمل المتحسس على فتح صمام الهيدروليك وغلظه بحدود الإزاحة بين النقطتين . وقد تكون الحركة دائرية، وعندئذ يستعمل متحسس إزاحة من نوع مقسم الجهد الدائري، كما هو واضح بالشكل (12-1).

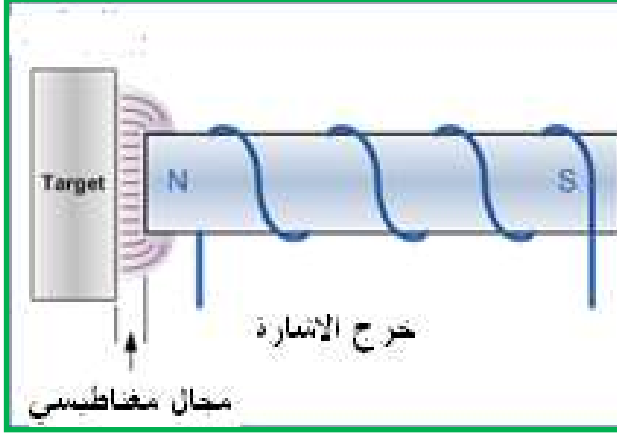


الشكل (11-1) يبين موقع متحسس الإزاحة لصمام هيدروليك



الشكل (12-1) متحسس المقاومة الدورانية

LVDT Sensor Linear Variable Differential Transformer



شكل 13-1 متحسس الإزاحة الخطي الفرقي

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-

13). وعندما يوصل تيار متردد إلى الملف

الابتدائي يتولد بالحث الجهدان (V_1) و (V_2)

في الملفين الثانويين.

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.

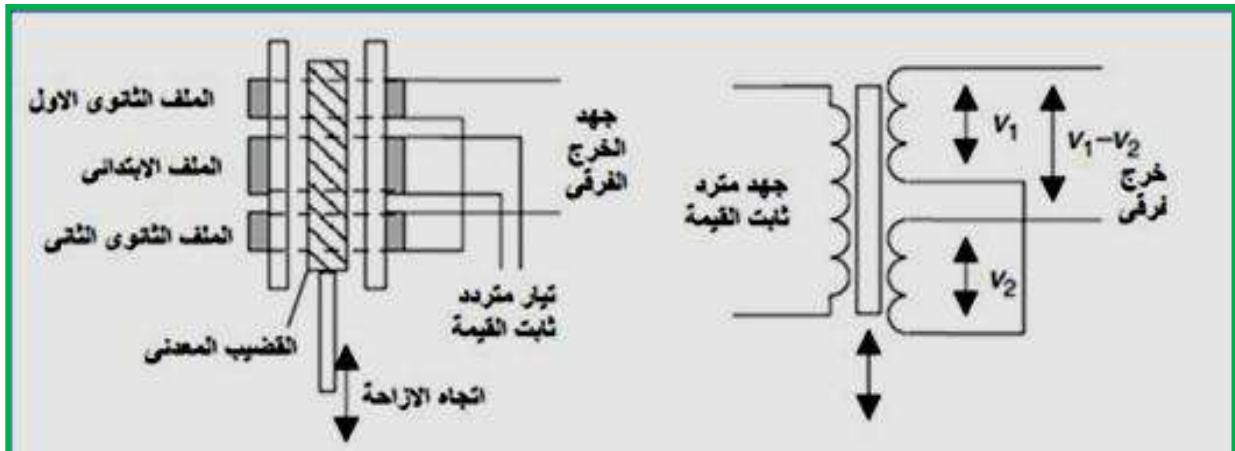
وعندما تتم إزاحة القلب الحديدي عن موضعه الأوسط يكون قريباً من أحد الملفين الثانويين من

الأخر. ونتيجة لذلك يكون الجهد المتردد المتولد في أحدهما أكبر 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.

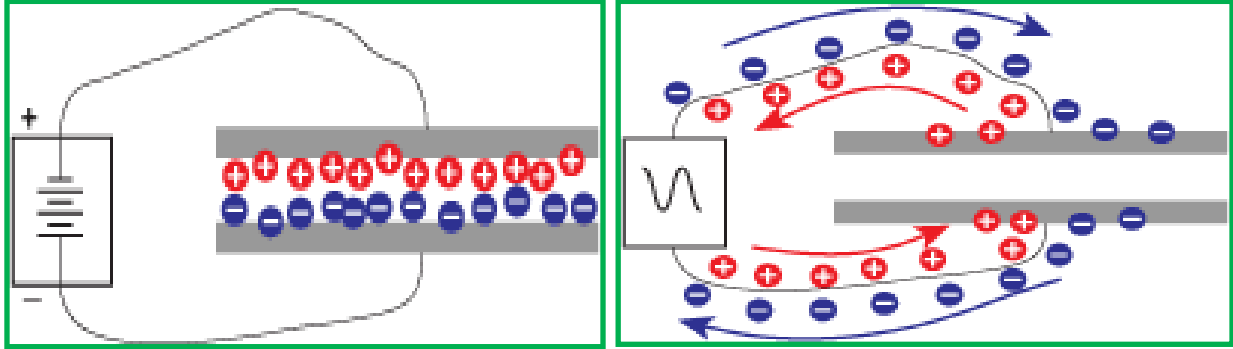


الشكل (1-14) يبين طريقة عمل المتحسس الخطي الفرقي (الحتي) ومكوناته

2-1-1 النوع الثالث : متحسس الإزاحة السعوي

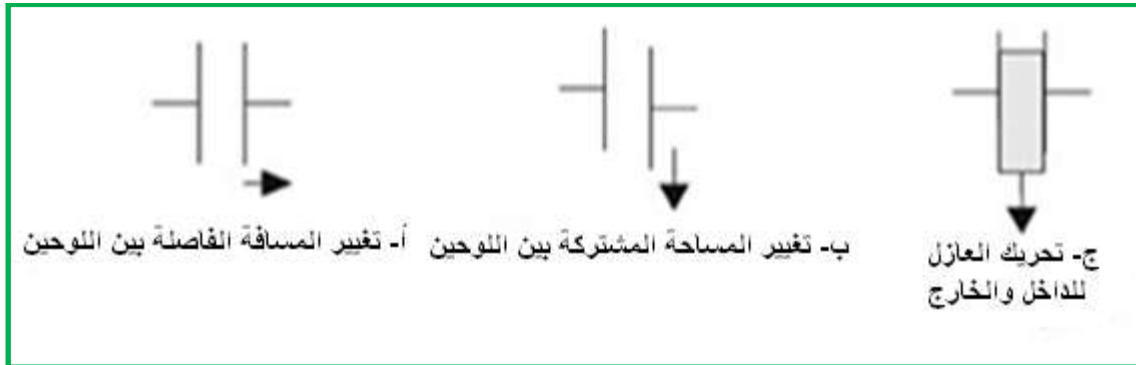
Capacitance displacement sensor

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 (15-1) .



شكل 15-1 شكل متسعة (متحسس سعوي)

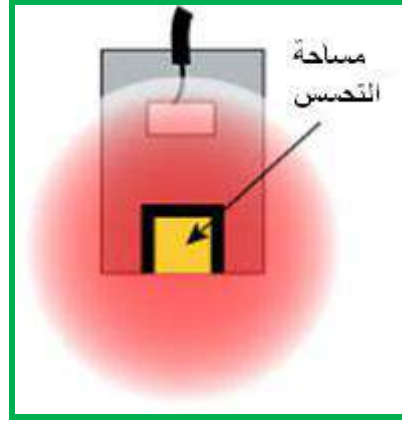
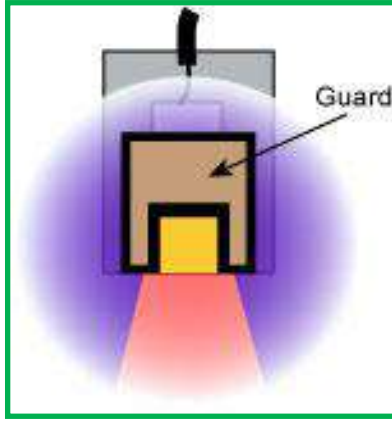
أي بمعنى أن سعة هذا المتسعة تتغير إذا تغيرت المسافة التي تفصل بين اللوحين أو تغيرت المساحة بين اللوحين أو تحركت شريحة العازل الكهربائي إلى الداخل أو إلى الخارج كما في الشكل (1-16) .



الشكل (16-1) 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.

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

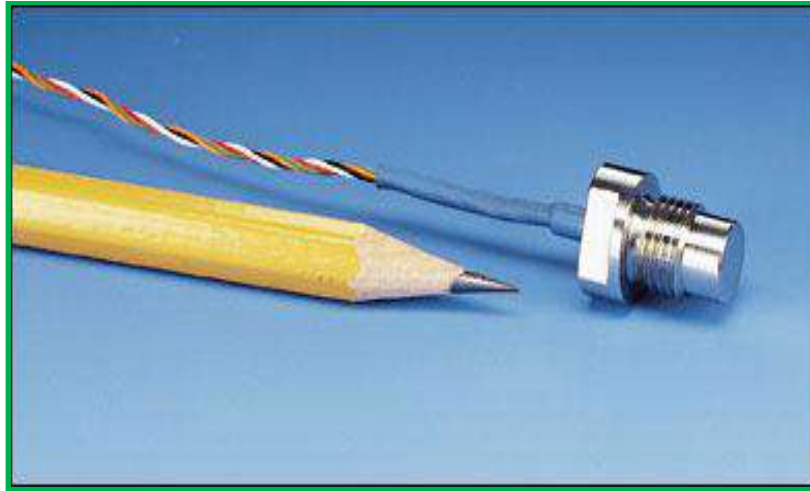


الشكل (17-1) يمثل تغير المساحة المشتركة بين الصفيحتين نتيجة دخول جسم إلى حيز المتحسس

3-1-1: 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 محددًا 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 (18-1).



الشكل 18-1 يبين متحسس الضغط

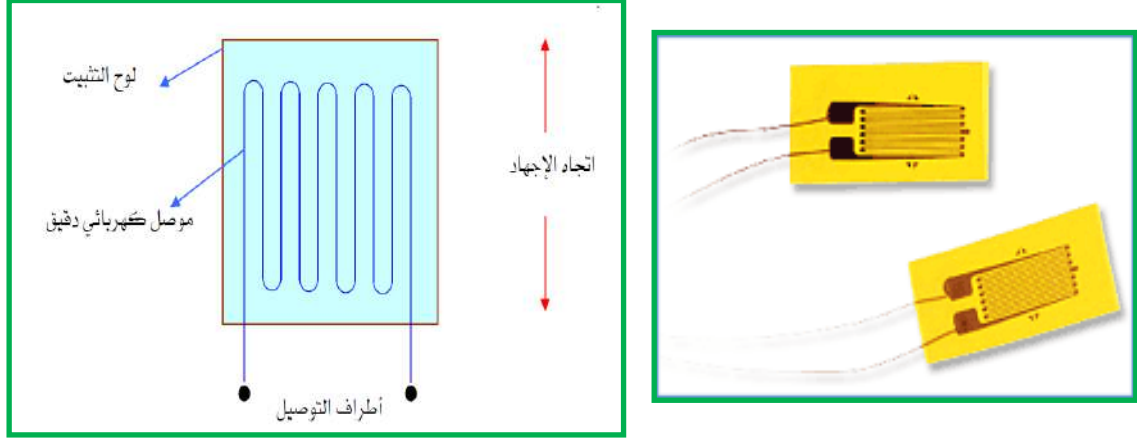
1-3-1-1 متحسس مقياس الانفعال (Strain gauge) ومبدأ عمله

مقياس الانفعال (Strain gauge) واحد من أهم الأدوات لتقنية القياس الكهربية 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 **Strain gauge** كما موضح بالشكل رقم (19-1).



الشكل 19-1 يبين متحسس قياس الانفعال

ويعتمد متحسس مقياس الانفعال في تشغيله على نظرية تغير المقاومة الكهربية في الموصلات الكهربية 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 الكهربية، 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 (20-1) التوضيحي متحسس قياس الانفعال



شكل 20-1 (متحسس مقياس الانفعال) Strain gauge

ويعتمد تركيب متحسس مقياس الانفعال كما هو مبين في الشكل (20-1) 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 المصنوع منها الموصل.

(L) طول الموصل.

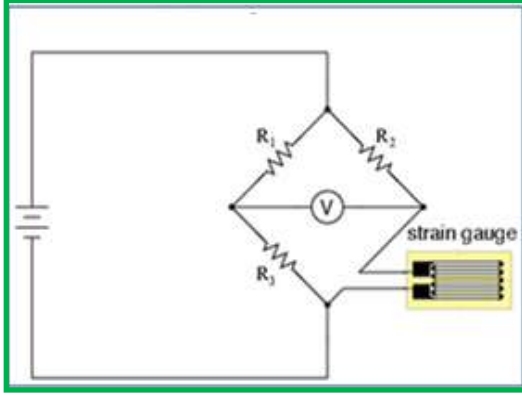
(a) مساحة مقطع الموصل .

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 التغييرات الحاصلة في المقاومة الكهربائية للأسلاك، التي تختلف خطياً مع المتحسس. إذ يجب أن يكون هناك عازل كهربائي بين الشبكة و سطح الجسم .

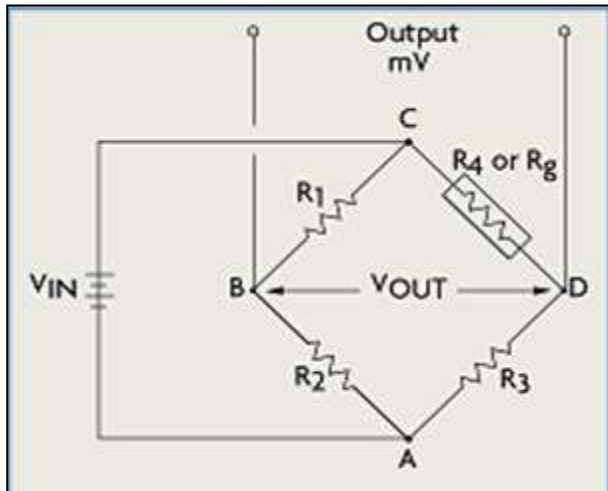


الشكل 21-1 قنطرة ويتستون مع مقياس الانفعال

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

2-3-1-1 إضافة الإشارة الكهربائية إلى متحمس 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 (22-1) .



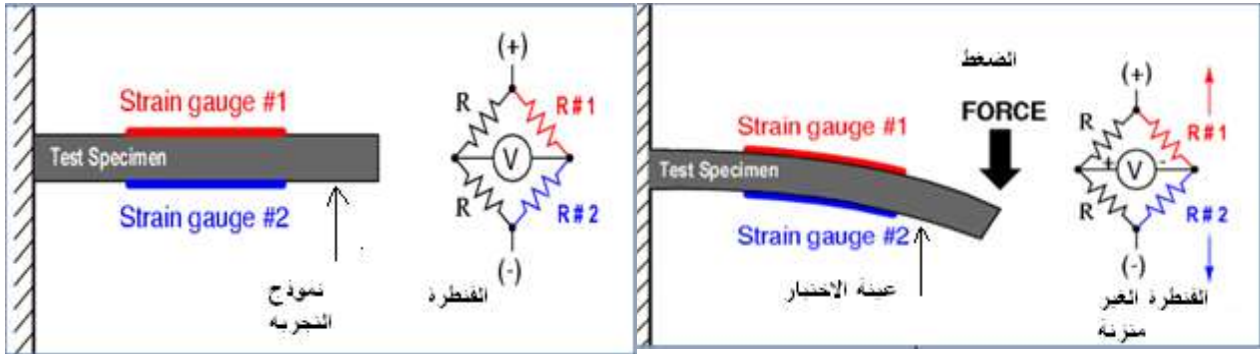
الشكل 22-1 دائرة قنطرة ويتستون

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

ومع وجود الضغط على قطعة الـ **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 اللاصقة في الأعضاء الهيكلية لعينة الاختبار لغرض قياس الانفعال، كما مبين في الشكل (23-1).



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

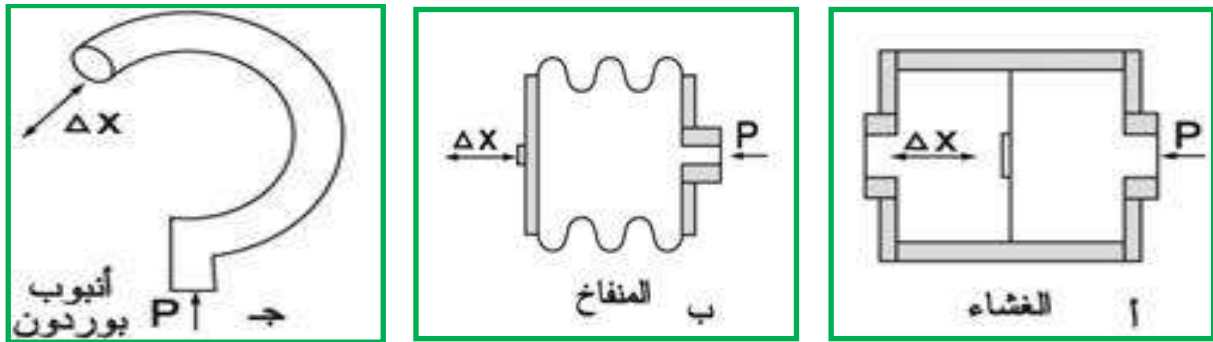
3-3-1-1 عناصر التحسس للضغط:

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 أجل القياس والآخر يُستعمل كمرجع)، وجزء مرّن من أجل تحويل فرق الضغط إلى تشوه في عنصر التحسس. وهناك 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 المعرض للضغط الجوي يؤدي تسليط الضغط (P) إلى انحراف الغشاء الذي يسبب انحرافاً للمؤشر بمقدار ΔX يتناسب مع قيمة الضغط المقاس (الشكل 1-24-أ) ويمكن تحويل الإزاحة إلى إشارة ميكانيكية أو كهربائية بالاعتماد على المتحسس المستعمل.

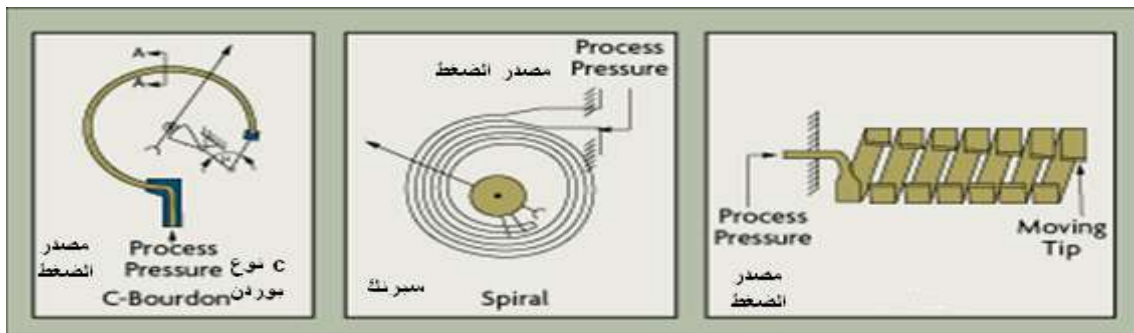
2- المنفاخ bellows: أسطوانة جدرانها عبارة عن شريحة رقيقة تمثل قشرة عميقة من التعرجات (الشكل 1-24-ب)، ويتراوح عدد التعرجات ما بين 5-20 تعرجاً بحسب مجال الضغط (P) المسلط، محكمة من إحدى النهايات، إذ تتحرك هذه النهاية المحكمة محورياً عندما يسقط الضغط على النهاية الأخرى بقيمة ΔX ، ويمكن تحويل الإزاحة إلى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



الشكل 1-24 يبين أنواعاً من متحسس قياس الإجهاد

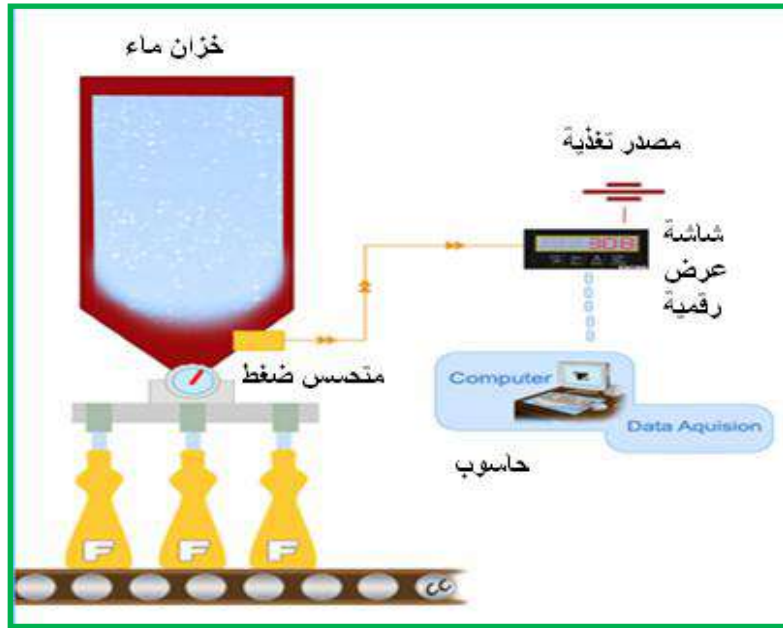
ولزيادة حساسية مقاييس الانفعال يمكن تكوين أنبوب بوردن من اللوالب أو لفائف حلزونية، كما واضح في (الشكل 1-25). إذ يزيد طولها الزاوي من فعاليتها، وبالتالي يزيد من الحركة في طرفها الآخر، التي بدورها تزيد من قوة الإشارة الداخلة لمحول الطاقة ومنه إلى المعالج.



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 26-1 متحسس الضغط في مسار الخط الإنتاجي

4-1-1: 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 الاستفادة منها في قياس عدة مقادير تشمل الكثافة الضوئية، والإزاحة، والسرعة، وغيرها. وتدخل ضمن هذه المجموعة العناصر الكهروضوئية، وعناصر الليزر، والأشعة الحرارية، تستعمل في الكاميرات، أو في محركات **CD و DVD - ROM** والمساحات الضوئية وأجهزة الفاكس، وآلات النسخ، أو أجهزة تحديد الموقع في الخطوط الإنتاجية.

نظرية عمل المتحسس

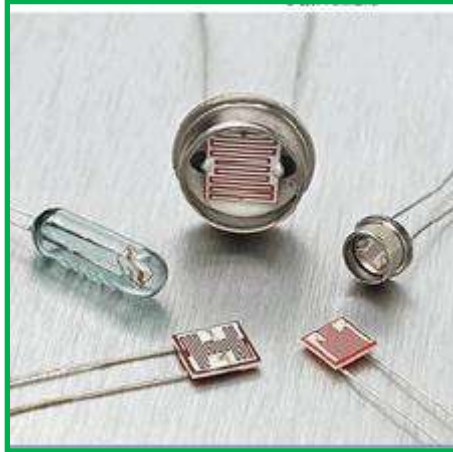
في الماضي وقبل ظهور هذه المتحسسات كان يستعمل ما يسمى بالخلية الضوئية، واليوم أصبح لدينا نوع جديد ومتطور من المتحسسات البصرية. إذ تكون المتحسسات البصرية فعالة لتحسس الضوء والظلام، ويشير المتحسس عند تحسسه للضوء أو للظلام إلى الحالة الاعتيادية للمتحسس، فيما لو كان خرجة في حال التشغيل أو الإطفاء في حالته 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 (27-1) ومنها:



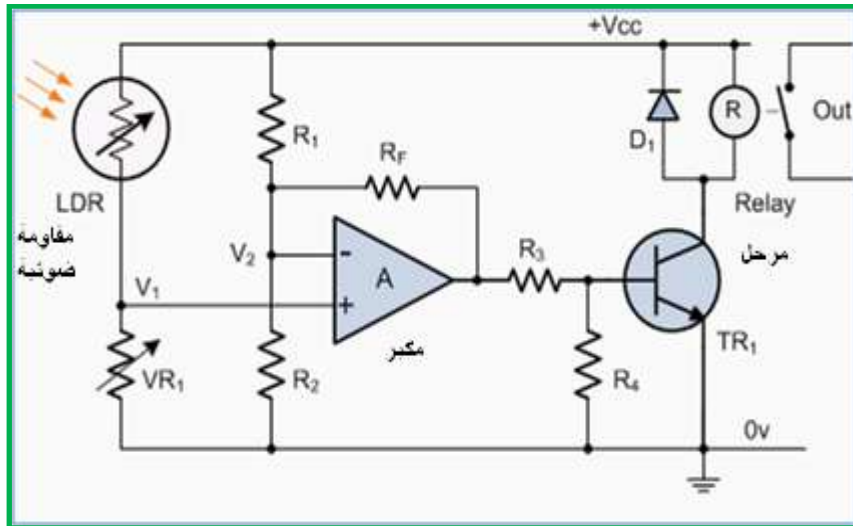
الشكل (27-1) يبين أنواع المتحسسات الضوئية

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 الاستفادة من الخلايا الناقلة للضوء في عدة مجالات.

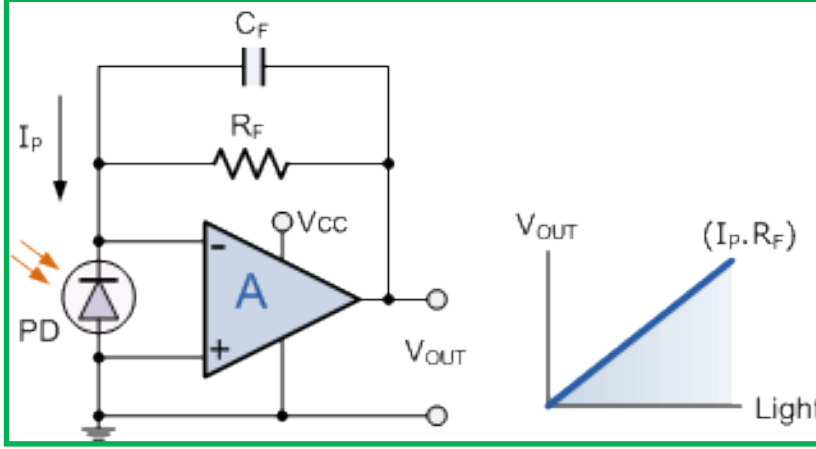
يتم تصنيع المقاومة الضوئية (LDR) من قطعة من مواد شبه موصلة مثل كبريتيد الكاديوم، وتتكون مقاومتها الكهربائية من عدة آلاف الأوم في الظلام، وتتغير قيمتها بضع مئات من الأوم عندما يسقط الضوء عليها. ومن مميزاتا يتطلب استجابتها لتغير قيمتها ثواني كثيرة للرد على التغير في كثافة الضوء.

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 الكاديوم. وقد صنعت من أشباه الموصلات مواد تتأثر بالضوء مثل الثنائي الضوئي أو الترانزستور الضوئي التي تستعمل للسيطرة على تدفق الإلكترونات والثقوب عبر تقاطع PN وتكون إشارة الخرج متغيرة مع تغير كمية الضوء الساقط على هذه المواد. ويمكن الاستفادة من متغيرات التيار في المتحسسات الضوئية عن طريق ربطها في الدوائر الإلكترونية للسيطرة على تشغيل الأجهزة والتحكم بها. كما هو واضح بالشكل (28-1) الذي يمثل الدائرة الإلكترونية للسيطرة للسيطرة على الحاكم.



الشكل 28-1 يبين ربط متحسس ضوئي في دائرة الكترونية

Photodiodes



الشكل 29-1 يوضح عمل الدايمود الضوئي

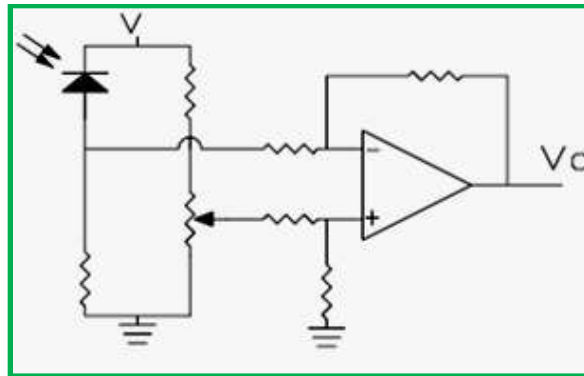
يدخل ضمن هذه المجموعة عناصر أشباه الموصلات الحساسة للضوء كالدايمودات الضوئية، فعند تسليط الضوء عليها تعمل الفوتونات على توليد تيار كهربائي في الوصلة PN ومنها ترسل إلى مضخم العمليات لتكبيره كما هو واضح بالشكل (29-1).

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

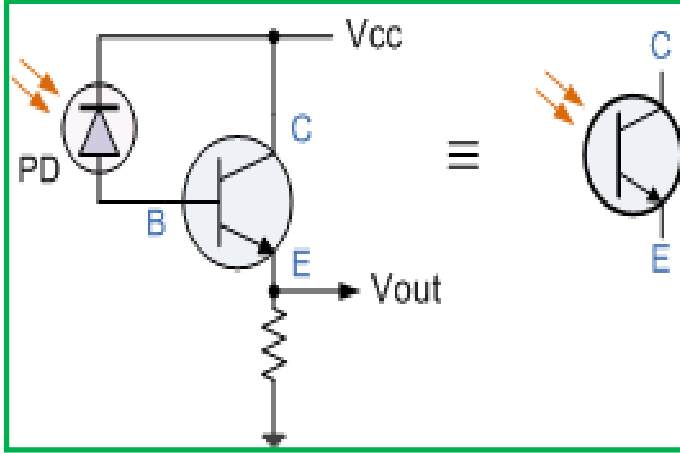
وذلك باستعمال قنطرة وتستون كما في الشكل (30-1) ، إذ يمكن تحويل شدة الضوء إلى فرق بالجهد ، ومن ثم إدخالها على دائرة تكبير مناسبة ، إذا كان الموقع مظلماً (من دون إضاءة) يكون التيار العكسي أقل ما يمكن ، فيعمل على تغيير قيمة المقاومة المتغيرة حتى نحصل على جهد خرج يساوي صفر فولت .

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 30-1 دائرة تحويل شدة الضوء إلى فرق جهد

Phototransistors



الشكل 31-1 يمثل عمل الترانزستور الضوئي

بديل الثنائي الضوئي هو الترانزستور الضوئي المبين في الشكل (31-1) 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 الأنواع 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.

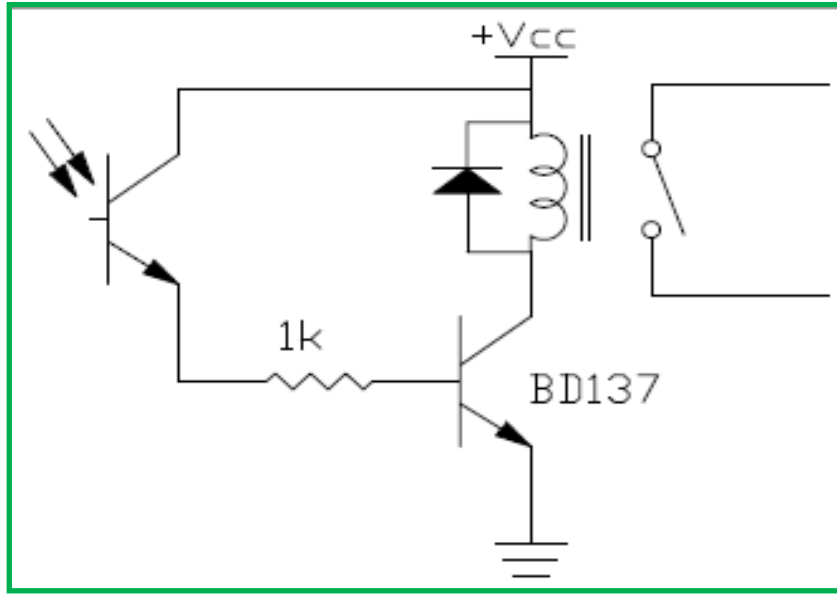
متحسسات نوع NPN:

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 أ- (PLC).

ومن تطبيقات متحسس الترانزستور الضوئي

دائرة الإنذار

يمكن استعمال ترانزستور ضوئي ذي طرفين للتوصيل مع ترانزستور من نوع دارلنكتون كما في الشكل (32-1) ، 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 (32-1) دائرة الإنذار

4-1-1 النوع الرابع : الثايرستور الضوئي

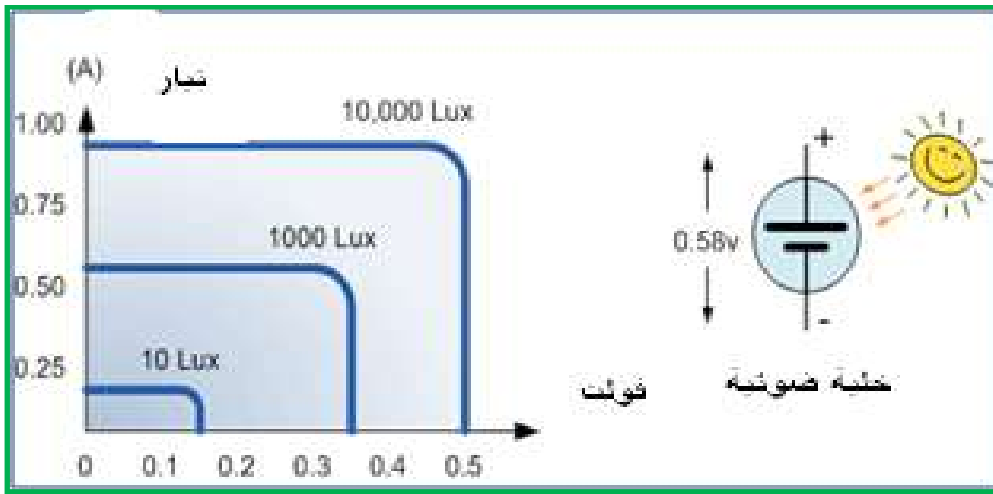
Photo thyristors SCR

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.

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 أكبر 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 تضرب 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 سيلينيوم ، كلوريد الكاديوم. وهذه المواد تتأثر بأطياف مختلفة من الضوء، وهكذا يمكن أن يكون "ضبطها" لإنتاج التيار الكهربائي على موجات مختلفة من أطياف الضوء.

Dual photo sensor

وهي أحد أنواع المتحسسات الرقمية، إذ تستعمل المتحسسات البصرية الضوء لتحسس 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 خطأ 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 تنقطع 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).

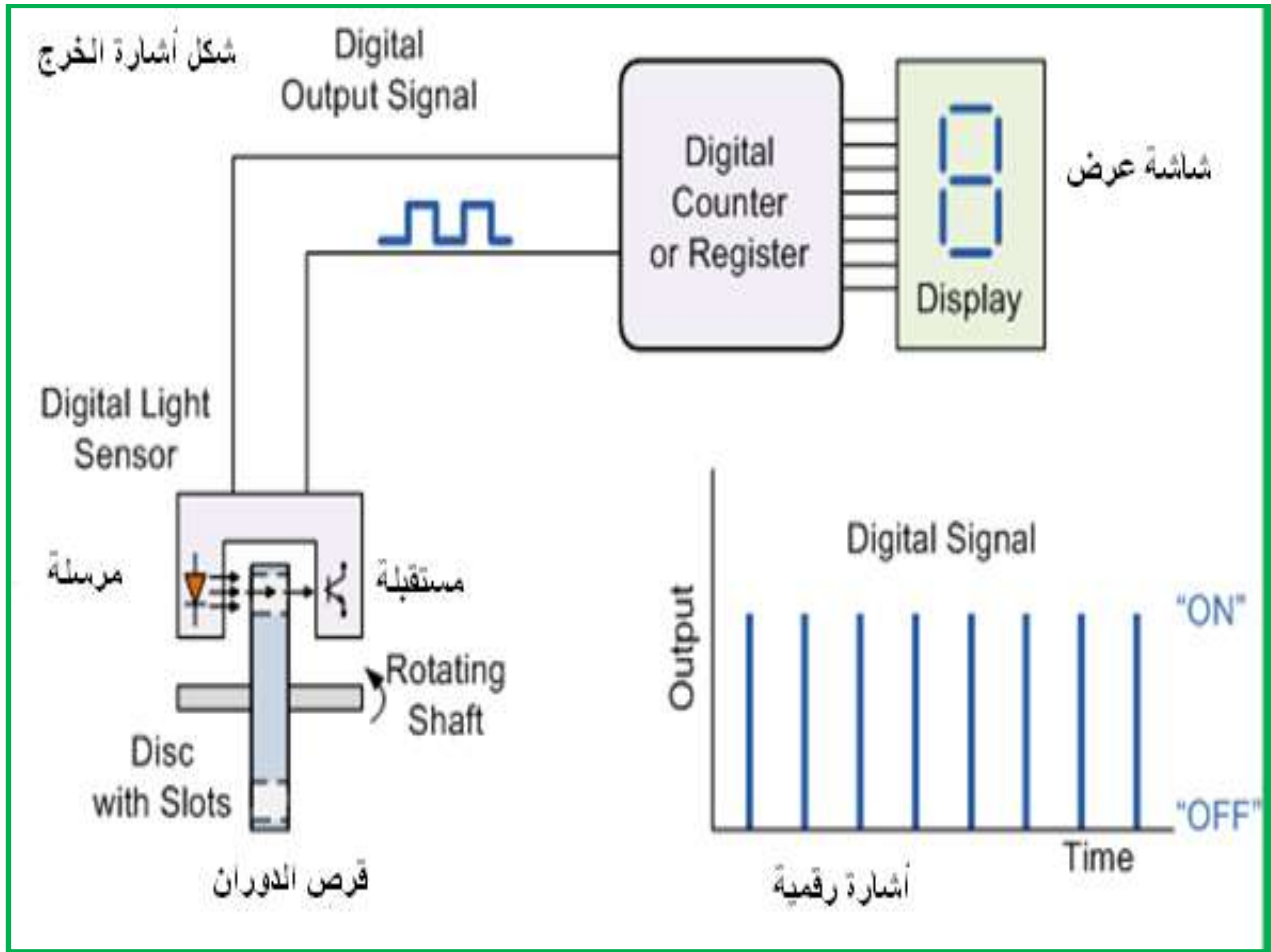
وتستعمل المزدوجات بسبب صغر حجمها وقوتها العالية وكفاءتها، كما يمكن إشعالها وإطفائها بسرعة عالية، وتعمل بطول موجة ضيق وبوثوقية جيدة عن طريق إرسالها لذبذبات (إشعال وإطفاء بسرعة) ويكون زمن الإشعال صغيراً جداً بالمقارنة مع زمن الإطفاء، وبالتالي تنذبذبه لهذين السببين ، وعندها لن يتأثر المتحسس بالضوء المحيط،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

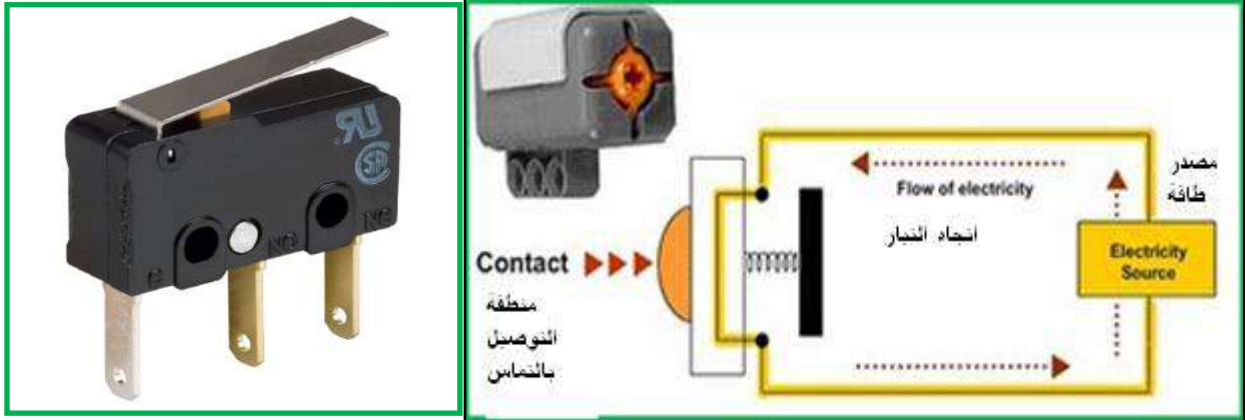


الشكل 1-34 يبين عمل المتحسسات الضوئية كمرسلة ومستقبلة

5-1-1: متحسس اللمس

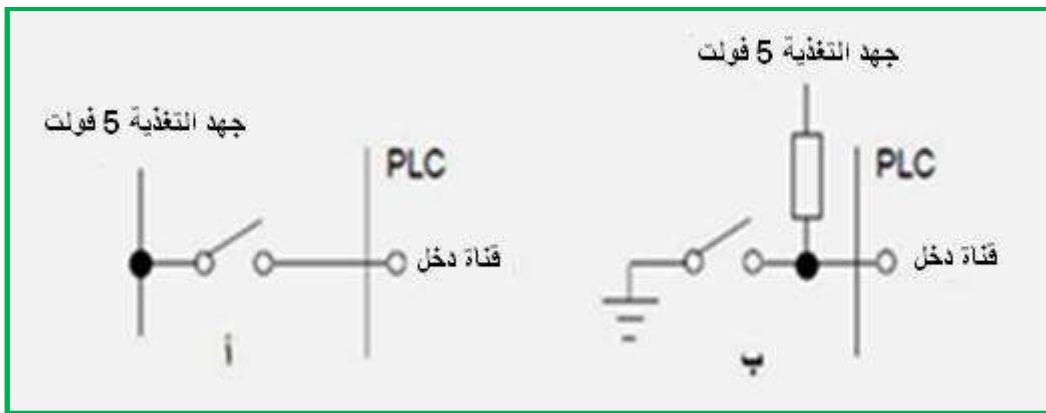
Touch sensors

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 والداخلية إلى قناة الدخل **PLC** مستويات مختلفة، يطلق على مستويات الإشارة بالمنطق، كما هو واضح بالشكل، وكما يأتي:



الشكل 1-36 متحسس مفتاح اللمس

الشكل 1-35 يبين متحسس اللمس



الشكل (1-37) يوضح عمل المفتاح

في الشكل (1-37 أ)

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

وعندما تكون القطعة غير موجودة على منضدة العمل يكون مفتاح التلامس بوضع (مفتوح)، ويكون دخل ألد PLC 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 صفرأ 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 الـ PLC .
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

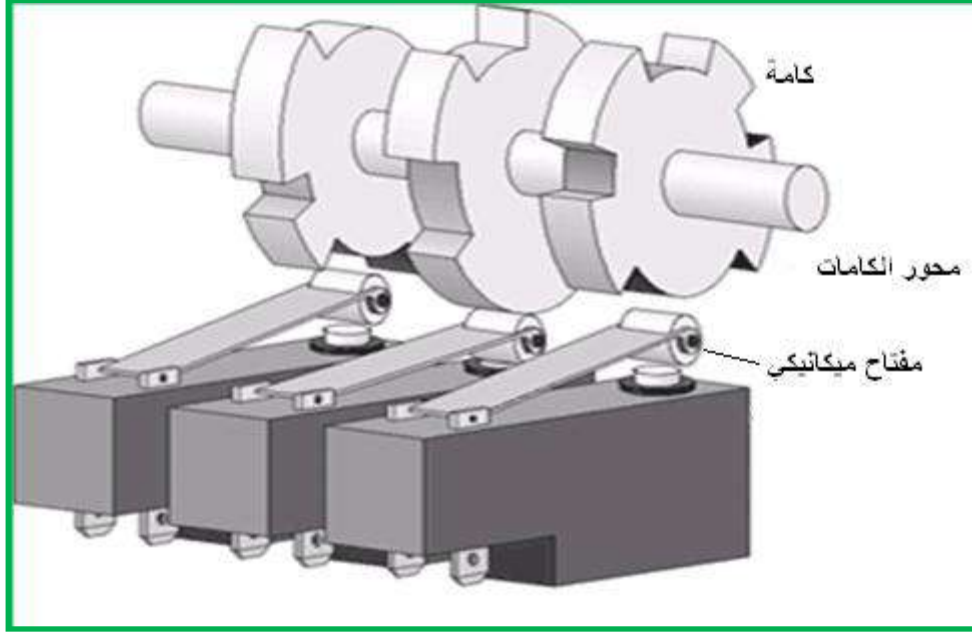
- 1- المفاتيح إما إن تكون مفتوحة وإما غير موصلة في وضعها الطبيعي أو الاعتيادي وتعرف بالتلامس الـ **Normally Open (NO)**.
- 2- أو تكون مغلقة أو موصلة في وضعها الطبيعي أو الاعتيادي وتعرف بالتلامس الـ **Normally Closed (NC)**.
- 3- تلامسات المفتاح NO تكون تلامساته **مفتوحة** عند غياب الدخل أو الفعل الميكانيكي.
- 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:

1-1-5 النوع الأول: مفتاح نهاية المشوار

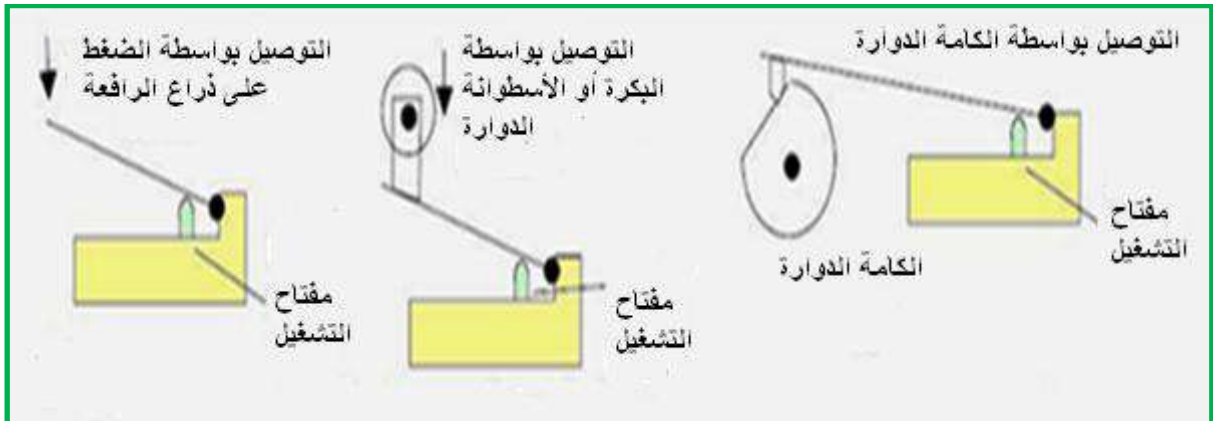
Limit switch

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 38-1 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 الكام أو الذراع 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 .
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 39-1 التالي بعض الأمثلة على ذلك.



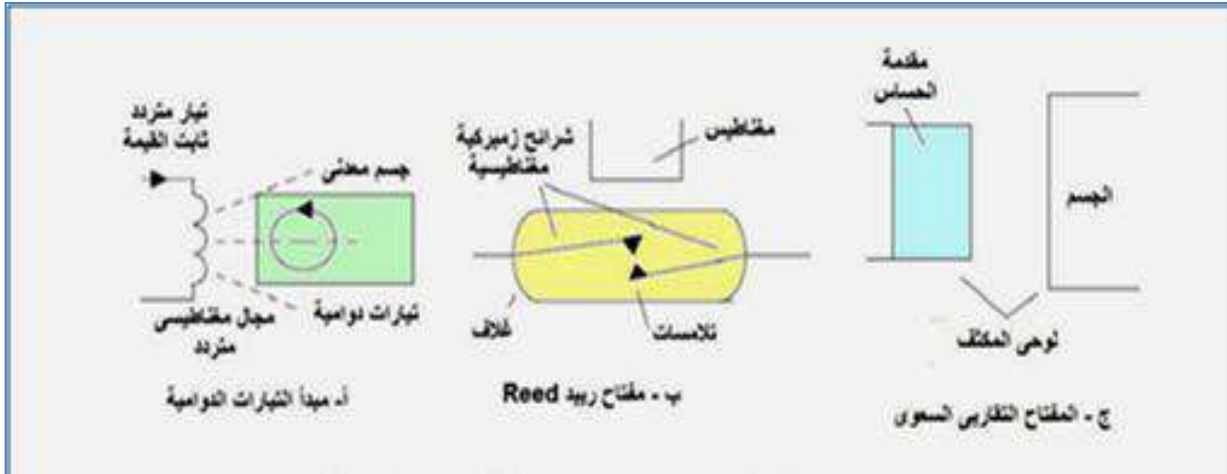
الشكل (39-1) يبين عمل المفاتيح

PROXIMITY SWITCHES:

هو جهاز متطور يقوم بوظيفة ال-LIMIT SWITCH ، وهو عبارة عن جزء إلكتروني 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 التقريبية في اكتشاف وجود الأجسام من دون أن تلامسها. ويوجد منها العديد من الأنواع، وبعضها مناسب فقط للأجسام المعدنية .

أ- المفتاح التقريبي 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 إلكتروني مثل الترانزستور، إذ يتغير خرجة من منخفض إلى مرتفع نتيجة لتغير الجهد، ويعطى عمل on-off. ويكون مدى الكشف للأجسام نحو (0.5 - 20 mm)، ويمثل الشكل (40-1) في (أ) أدناه المفاتيح التقريبية.



الشكل (40-1) يبين عمل المفاتيح التقريبية

ب- مفاتيح رييد (reed switch)



وهو مكون من شريحتين أو لسان، ومنه اشتق الاسم (reed) من مادة زمبركية حديدية مغناطيسية فوق بعضها وغير متلامسين وفي 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 تتمغظ الشريحتان وتتجاذبان بعضهما إلى بعض، ويحدث توصيل بين تلامساته.

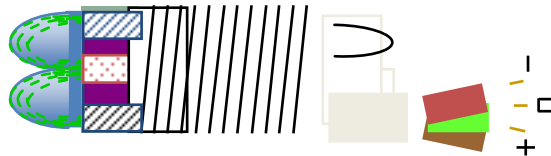
الشكل 1-41 مفتاح رييد

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 لوحى المتسعة. وكلما قلت المسافة كلما زادت السعة.

إن مفتاح المتحسس التقاربي السعوي هو مجرد احد لوحى 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 المحاثّة 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 (15 mm - 2). الشكل (43-1)



شكل 43-1 يمثل المتحسس الحثي

5-1-1 النوع الثالث: متحسس الطفو:

FLOAT SWITCH



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 (44-1).

الشكل (44-1) يبين متحسس الطفو

1-5 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 طبقة 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

1-6 : 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).

(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)

$$\text{Speed (RPM)} = \text{frequency} / (120 * \text{number of teeth})$$

وحققت أجهزة الاستشعار الحديثة من هذا النوع الإفادة من مبدأ تحويل المجال المغناطيسي في قياس السرعة الدورانية اعتماداً 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 للسرعة الدنيا والمتوسطة.

إن الإشارة الكهربائية 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.

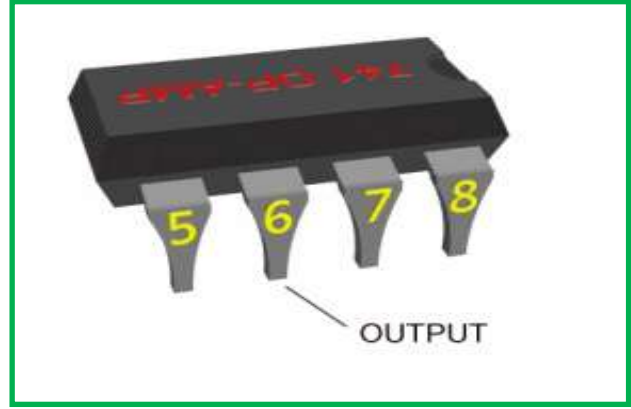
وعندما يمر السائل خلال الأنبوب يدور التوربين ويقاطع خطوط القوى المغناطيسية للمتحمس مولداً نبضات متناسبة مع سرعة دوران التوربين التي بدورها متناسبة مع مقدار تدفق السائل.

2-1 مضخم العمليات

Operation Amplifier

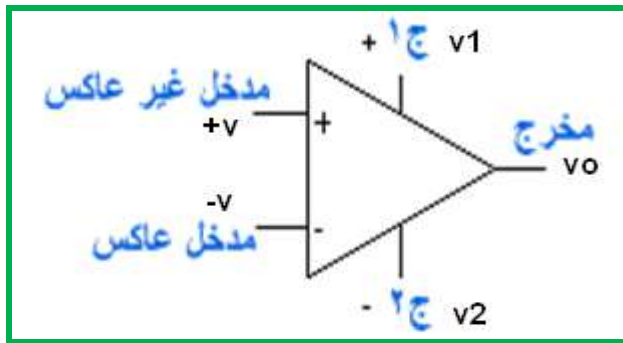
مقدمة

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 47-1 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 بمصدرتي تغذية متعاكسي القطبية بجهد يتراوح ما بين ($5 \pm$ Volts) و ($15 \pm$ Volts)، ويوضح الشكل رقم (47-1) وظائف أرجل الدائرة المتكاملة .



الشكل 48-1 مكبر العمليات

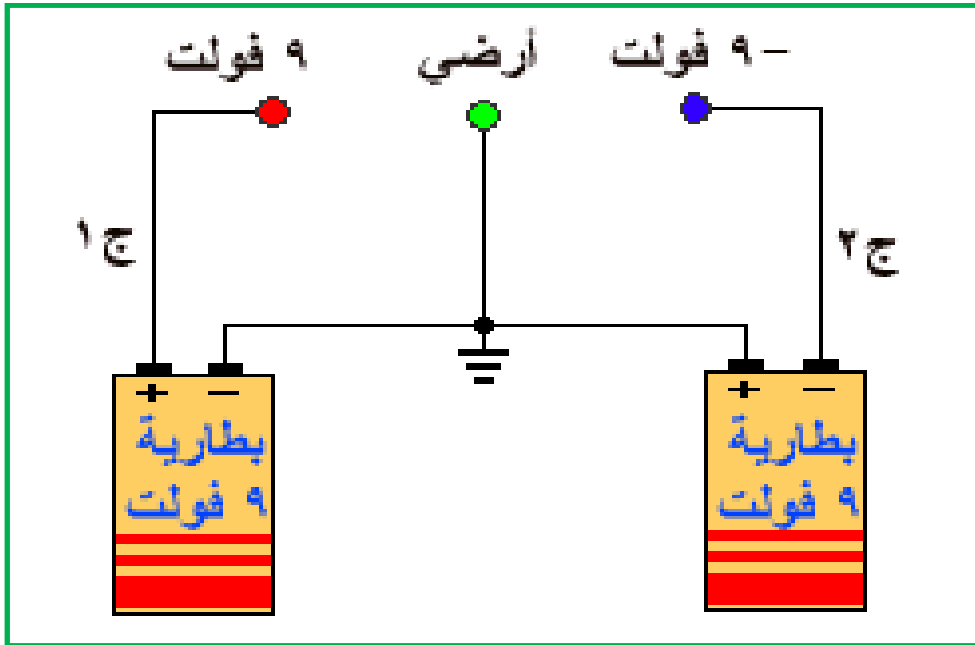
يلحظ وجود تجويف نصف دائري على أحد جانبي الدائرة المتكاملة ، لكي يمكن معرفة أرقام أرجل الدائرة المتكاملة تمسك الدائرة المتكاملة باليد بحيث يكون التجويف في اليسار فتكون الرجل اليسرى هي الرجل رقم 1 ويكون العد في عكس اتجاه عقارب الساعة لترقيم بقية الأرجل .

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 ج 1 و ج 2. 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.

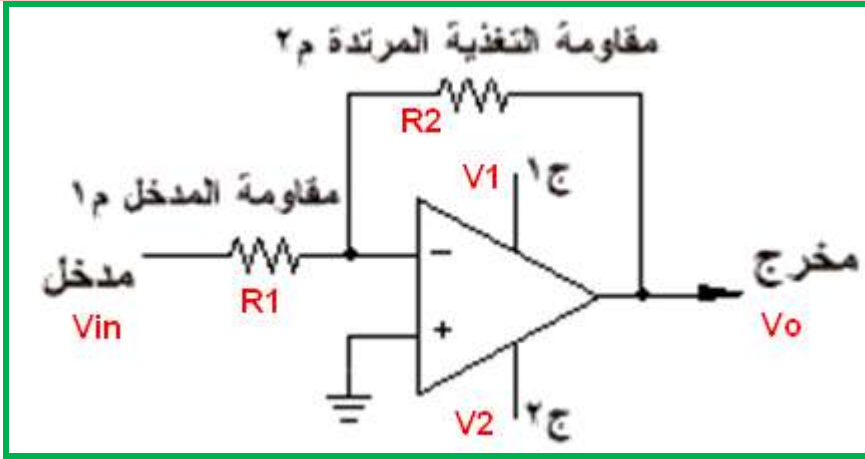
1-2-1 المضخم نوع : 741



شكل 1-50 مكبر العمليات

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).

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 مدخلها. ويمكننا تلخيص ذلك بالمعادلة التالية المبينة:

الجهد عند المخرج = درجة التضخيم (الجهد عند المدخل غير العاكس - الجهد عند المدخل العاكس)
و**درجة التضخيم** هذه (Gain) تحددتها 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:

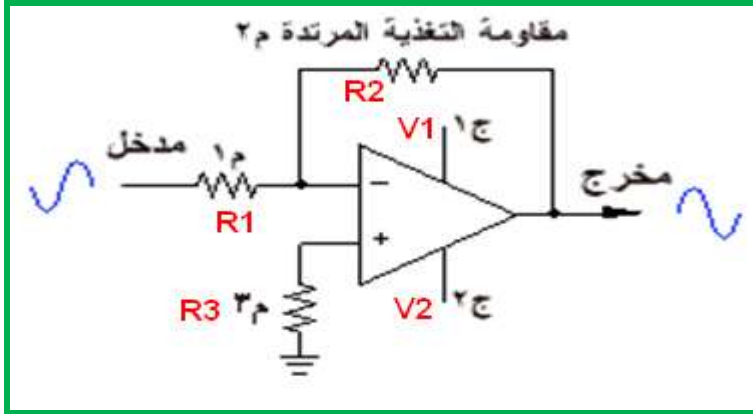
درجة التضخيم = قيمة مقاومة التغذية المرتدة (م2) (R₂) / قيمة مقاومة المدخل (م1) (R₁)
لاحظ أن درجة التضخيم لا علاقة لها بمقدار الجهد الآتي من مصدر التغذية.

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 (52-1) .



شكل 52-1 مكبر عاكس

درجة التضخيم = - (2م\1م)

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

لحساب قيمة المقاومة م3 (R3)
نطبق القانون الآتي:

$$3م = (2م * 1م) \setminus (2م + 1م)$$

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

لاحظ أن الإشارة الخارجة عكس
الإشارة الداخلة.

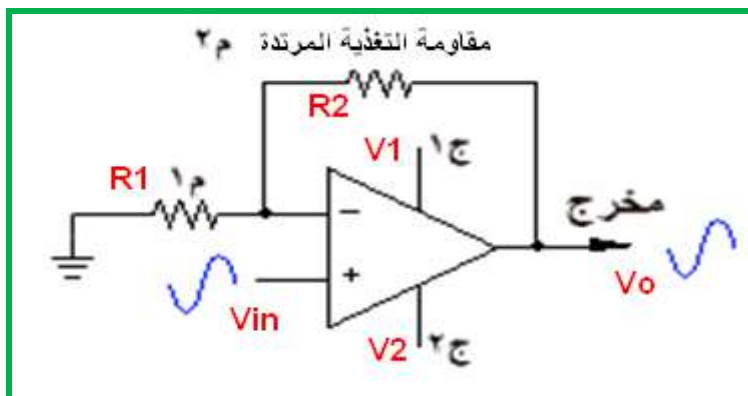
مثال : إذا كانت المقاومة $R_1 = 1000\Omega$ والمقاومة $R_2 = 10000\Omega$ فما درجة التضخيم؟

$$\text{درجة التضخيم} = - \frac{R_2}{R_1}$$

$$10 = - (1000 \setminus 10000) = -$$

2-2-2-1 مضخم غير عاكس:

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



شكل 53-1 مكبر غير عاكس

درجة التضخيم = + 1 (2م\1م)

$$\text{Gain} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

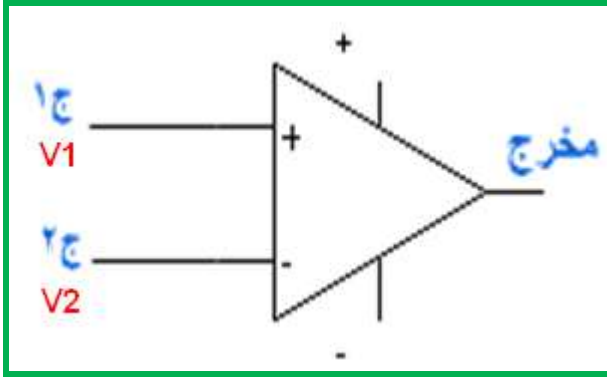
مثال : إذا كانت المقاومة $R_1 = 1000\Omega$ والمقاومة $R_2 = 10000\Omega$ فما درجة التضخيم؟

$$\frac{R_2}{R_1} + 1 = \text{درجة التضخيم}$$

$$11 = (1000 \setminus 10000) + 1 =$$

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) .



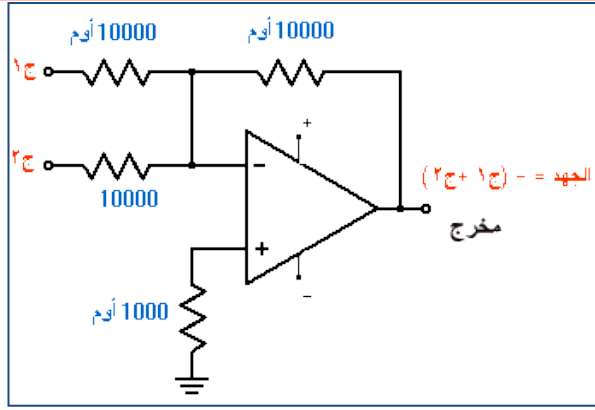
إذا كان الجهد V_1 أصغر من الجهد V_2 فستكون الإشارة الخارجة من المضخم موجبة.

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

شكل 1-54 مكبر مقارن

لاحظ أن مقاومة التغذية المرتدة لا تستعمل في هذه الدائرة

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



شكل 1-55 المضخم الجمعي

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

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.

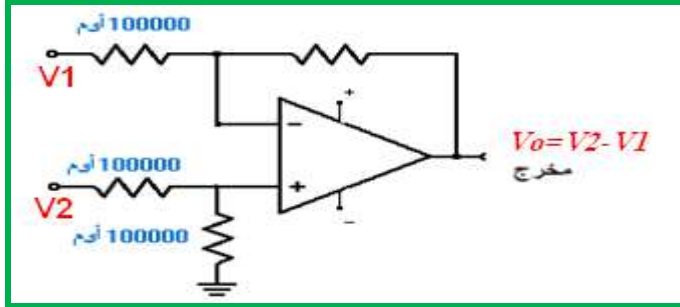
مثال : إذا كانت $V_1 = 4$ فولت والجهد $V_2=0.8$ فولت فما الجهد عند المخرج؟

الجهد عند المخرج = (V_1+V_2)

$$= (0.8 + 4) = 4.8 \text{ فولت}$$

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

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



يقوم المضخم الفرقى بطرح الجهود الموجودة عند المدخل ، كما مبين في الشكل (56-1) بحسب القانون الآتي:
لاحظ هنا أن جميع المقاومات متساوية بالقيمة.

الجهد عند المخرج = $(V_2 - V_1)$

شكل 56-1 المضخم الفرقى

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

الجهد عند المخرج = $V_2 - V_1$

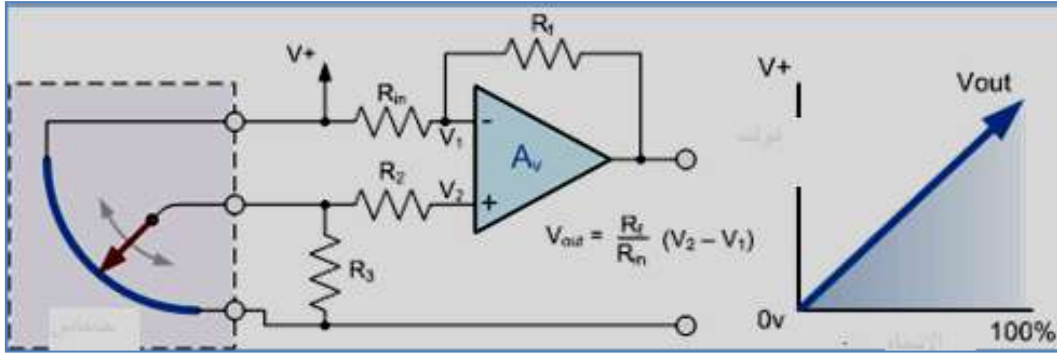
$$= 0.5 - 6 = 5.5 \text{ فولت}$$

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

1-2-3: تطبيقات المضخم العمليتي بتكليف إشارات المتحسسات

تكليف الإشارة:

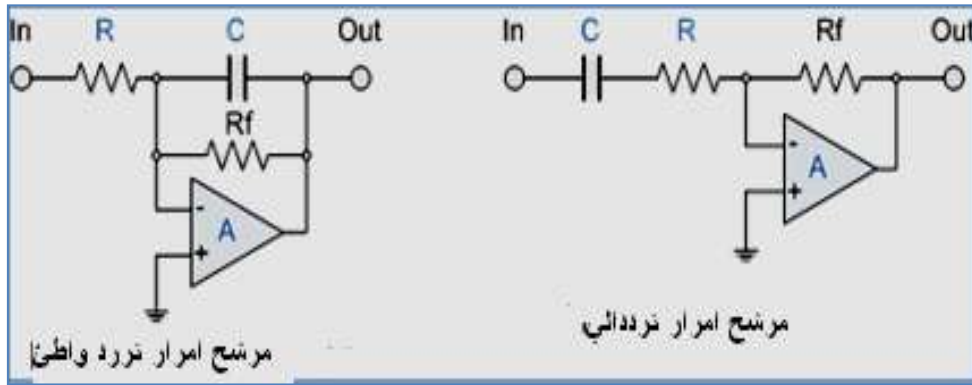
إن الإشارة الخارجة التماثلية المنتجة من المتحسسات عادة ما تكون صغيرة القيمة بمقدار ملي فولت، وهي تحتاج إلى التضخيم إلى عدة مرات لتكون مناسبة إلى مداخل المعالجات، فمثلاً قد يكون الجهد الخارج بمقدار 5mv، ولكي يتم تحويله إلى 5v نحتاج إلى مضخم كسب بمقدار 1000 مرة، وهناك مضخمات كسب في الوقت الحالي بمقدار 1000000 مرة يمكن استعمالها لتكون مدخلات إشارة إلى المعالج التماثلي أو الرقمي . ويستعمل مضخم العمليات في هذه المهمة وكما هو واضح بالشكل (57-1)، إذ نلاحظ 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 .



الشكل 57-1 يوضح ربط مكبر العمليات مع المتحسس لتكبير 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 بنحو صحيح، وتسمى هذه الإشارات غير المرغوب فيها بالضوضاء، يمكن أن نتخلص إلى حد كبير من تأثيرات الضوضاء أو تقليل تأثيره عن طريق التكيف 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 (58-1).

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



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

الأسئلة والتطبيقات

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: عدد أنواع عناصر متحسس الضغط ؟

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

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

س9: بين آلية عمل متحسس اللمس ؟

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

س11: ما أهم خواص المضخمات ؟

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

س13: اشرح عمل المكبر العاكس مع الرسم.

س14: اشرح عمل المكبر الجامع مع الرسم.

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

(الجواب: 3.25Ω)

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

(الجواب: 20000Ω)

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 البيئي، وأسلوب التعامل مع الأجهزة المرتبطة بالمتحكمات الصغيرة.

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على:

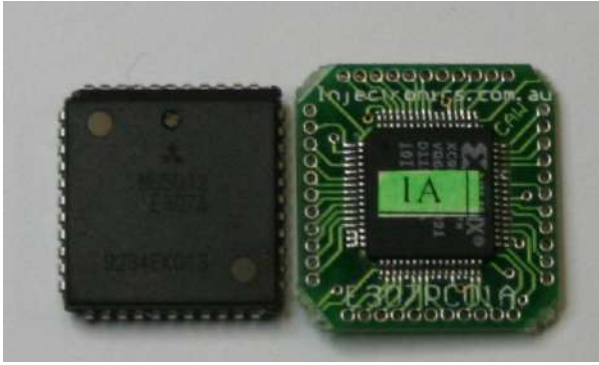
1. التعرف على المتحكمات الصغيرة.
2. التعرف على مكونات المتحكمات الصغيرة.
3. برمجة المتحكمات الصغيرة.
4. التعرف على الربط البيئي.
5. التعامل مع الأجهزة الخارجية المرتبطة بالمتحكمات الصغيرة.
6. استعمال منافذ المتحكمات الصغيرة بالنحو المناسب.
7. وضع الخوارزميات الخاصة بالبرنامج المصمم.
8. رسم المخطط الانسيابي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

2

الفصل

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 .

Microcontrollers

، (VLSI) من النوع Integrated Circuit المتحكم الصغير هو عبارة عن دائرة متكاملة (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 نلاحظ 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 (وغيرها من التطبيقات. كما تستعمل المتحكمات analog transducers كمبدلات طاقة تشابهية) الصغيرة في أفران المايكروويف، وفي أجهزة التلفاز وأجهزة عرض الأشرطة، وفي الأجهزة المحيطة بالحواسيب كالتابعات الليزرية وسواقات الأقراص، كما تستعمل أيضاً في أنظمة التحكم بالسيارات وفي أي جهاز يتطلب تحكماً برمجياً.

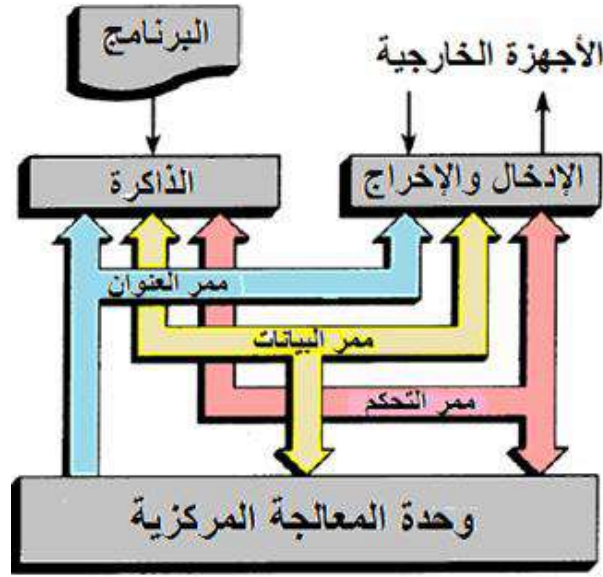
1-1-2 المكونات الداخلية للمتحكم الصغير

Internal components of the microcontroller

يتكون المتحكم الصغير من المكونات الرئيسية الآتية :

- 1- وحدة المعالجة المركزية (CPU، Central Processing Unit) التي تتألف بدورها من وحدات ثانوية (وحدة السجلات Registers Unit، وحدة الحساب والمنطق Arithmetic and Logic Unit، وحدة السيطرة Control Unit) تنجز المهام الأساسية نفسها التي ينجزها المعالج الدقيق (Microprocessor) لجهاز الحاسوب كالعلاقات 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 (1-2) يبين المكونات المهمة للمتحكم الصغير



الشكل (1-2) المكونات المهمة للتحكم الصغير.

1-1-1-2 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 فإن دور وحدة المعالجة المركزية هو نفسه في (Data Lines)، وخطوط بيانات (Address Lines) المعالج الدقيق في الحواسيب، إذ إن لها خطوط عنوانية (Control Lines)، وخطوط تحكم (RAM). وتنفيذها، وتحتفظ بالبيانات المؤقتة وبالبرامج في ذاكرة وصول عشوائي Instructions). ويبين الشكل (2-2) مخططاً تفصيلياً موضعاً فيه المكونات الداخلية للمعالج الدقيق.



الشكل (2-2) المكونات الداخلية للمعالج الدقيق

(، أما في نظم words (معالج يعمل بكلمات 8-bits تتكون وحدة المعالجة المركزية من معالج 16-bits، 32-bits، 64-bits . المعالجات الأكثر تعقيداً فإن المعالج يعمل بكلمات ذات طول أكبر: 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 (يقوم program counter أعمالها المحددة. ويوجد في وحدة المعالجة المركزية عداد برنامج (بملاحقة الموقع الحالي في برنامج التنفيذ.

Arithmetic Logic Unit (ALU)

وحدة الحساب والمنطق

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

(flags) التي تسمى الأعلام (binary indicators) وهناك مجموعة من المبيئات الثنائية (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، ALU بحالات الوحدة أم لا تساوي صفراً، أم اكبر من محتويات المراكم، أم أصغر وهكذا.

Control unit

وحدة السيطرة

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

تعد وحدة السجلات من وحدات الخزن المؤقت، إذ يكون أسلوب الخزن فيها مشابهاً لأسلوب ، فعند رفع التغذية الكهربائية عنها تتلاشى المعلومات المخزونة بها. RAM الخزن في الذاكرة نوع وتوجد السجلات بنحوٍ أساسي داخل وحدة المعالجة المركزية، وتختلف أعدادها ووظائفها من معالج إلى (وهو أهم أنواع السجلات accumulator معالج آخر، فهناك على سبيل المثال سجل المراكم) 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، وهناك سجلات (تستعمل داخل المعالج بواسطة المبرمج كخزن general purpose registers الأغراض العامة) مؤقت في أثناء البرمجة. وهناك سجل آخر لا تقل أهميته في بعض الأحيان عن أهمية المراكم، ويرتبط (flags register عمله كثيراً بالمراكم وهو سجل الإعلام)

2-1-1-2 الذاكرة

Memory

الذاكرة هي أيضاً عبارة عن دائرة متكاملة لها القابلية على خزن المعلومات. تستعمل ، ROM المتحكمات الصغيرة مثلها مثل الحواسيب ثلاثة أنواع من الذاكرة وهي: ذاكرة القراءة فقط ، فضلاً عن ذاكرة ضخمة تستعمل تقريباً للحواسيب فقط كالأقراص RAM وذاكرة الوصول العشوائي 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 user وتستعمل للخزن المؤقت في أثناء تنفيذ البرنامج، وتسمى في بعض الأحيان بذاكرة المستعمل (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، وذاكرة ROM الذاكرة وغيرها. وعند الرغبة في تنفيذ البرنامج المخزون في FLASHRAM وEEPROM مختلفة منها fetch-decode-execute تقوم وحدة المعالجة المركزية بواجبها: - سحب، وتفسير، وتنفيذ (ROM من أجل التواصل السريع مع المعالج، إذ إن سرعة RAM) والتي تحتاج بذلك إلى الذاكرة execute هي ذاكرة قراءة ROM. إذاً 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 أجل 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 أكبر 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 بنحو خاص لتخزين الكميات الضخمة من معطيات الحواسيب، والمعطيات الصوتية، أو معطيات الصور.

2-1-1-3 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 التي I_{drain} أو تيارات تصريف I_{source} كأن تكون تيارات مصدر) هو أن يكون اتجاه التيار من I_{source} تتحملها هذه المنافذ أكبر من تيارات المصدر. ويقصد بتيار المصدر من الخارج إلى داخل المتحكم الصغير. I_{drain} داخل المتحكم الصغير إلى 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 A منفذ يدعى بالمنفذ

Series input/ output ports

وتختلف هذه المنافذ عن المنافذ المتوازية بأنها مؤلفة من خط واحد يتم نقل المعلومات عن ولهذا الأسلوب مميزات وعيوبه في الوقت نفسه مقارنة مع المنافذ المتوازية، bit بعد bit يطبقها تبعاً إذ من مميزات 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 تبعاً كما في التسلسلي.

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

Timers

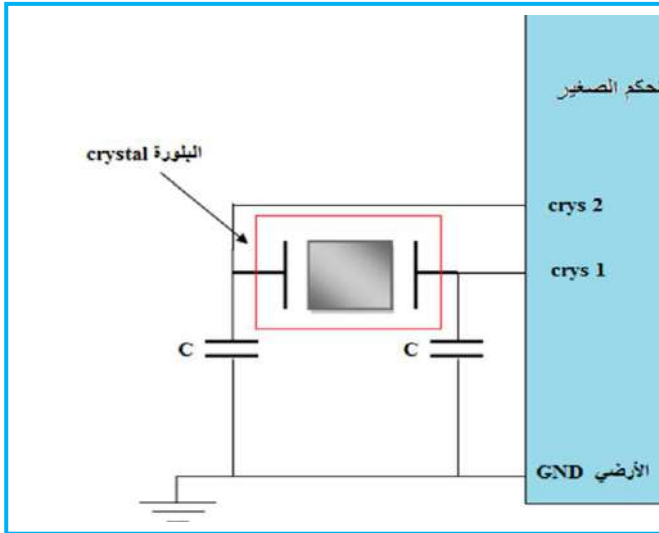
(داخلية يتم استعمالها بنحوٍ واسع في توليد Timers يحتوي المتحكم الصغير على مؤقتات) إشارات خرج بترددات مختلفة على شتى منافذ الخرج، وكذلك تستعمل للتحكم بسرعة نقل البيانات)، والتحكم بسرعة المحركات الكهربائية (Serial Ports) في المخارج التسلسلية (Baud Rate) بشتى أنواعها وغيرها كثير.

وهناك أكثر من مؤقت واحد في المتحكم الصغير، وكذلك قابلية المؤقت (أكبر 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 (التي سوف يعمل بها المؤقت، إذ هنالك أكثر من صيغة عمل يعمل بها المؤقت Module الصيغة) داخل المتحكم الصغير، وكذلك يتم تحميل السجل الخاص بالمؤقت بالبيانات المطلوبة لتحديد الزمن المناسب للوظيفة المطلوب من المتحكم أدائها عن طريق المؤقت. بعد ذلك يتم إعاز المؤقت بالبداية بالعمل إلى أن ينهي المهمة المكلف بها، وهكذا.

(خارجية لتشغيله وغالباً ما تكون هذه الإشارات clocks ويحتاج المؤقت إلى إشارات نبضية)

(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 (3-2).



الشكل (3-2) بلورة المتحكم الصغير

(كما مبينتان بالشكل (3-2) دورهما تحسين شكل النبضة pF وتوجد متسعتان (بقيم صغيرة) مع المتحكم الصغير لتوليد هذه crys2، crys1 المتولدة بواسطة البلورة. وللبلورة الخارجية مدخلان (النبضات.

2-1-2 آلية عمل المتحكمات الصغيرة

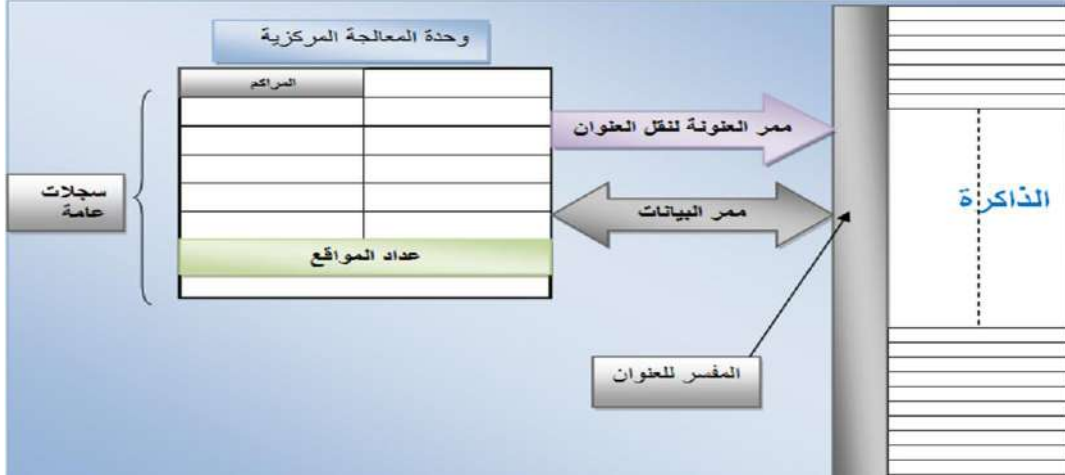
Way of microcontroller operation

بعد التعرف على المكونات الرئيسية للمتحكم الصغير صار من الممكن الآن شرح آلية عمل هذه المتحكمات الصغيرة. فبعد كتابة المبرمج البرنامج وخرنه في ذاكرة المتحكم الصغير التي تكون احد المعروفة، يكون المتحكم الصغير جاهزاً لتنفيذ هذا البرنامج وإنجاز ما موجود به ROM أنواع 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 العنوان (address bus) إلى وحدة الذاكرة الرئيسية 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 (4-2) الخطوة الأولى لوحدة المعالجة المركزية وهي من الخطوات المهمة التي يجب الانتباه لها من أجل فهم كيفية تصرف وحدة المعالجة مع الأطراف المحيطة بها



الشكل (4-2) 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 الرئيسية، 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 بجدارته.

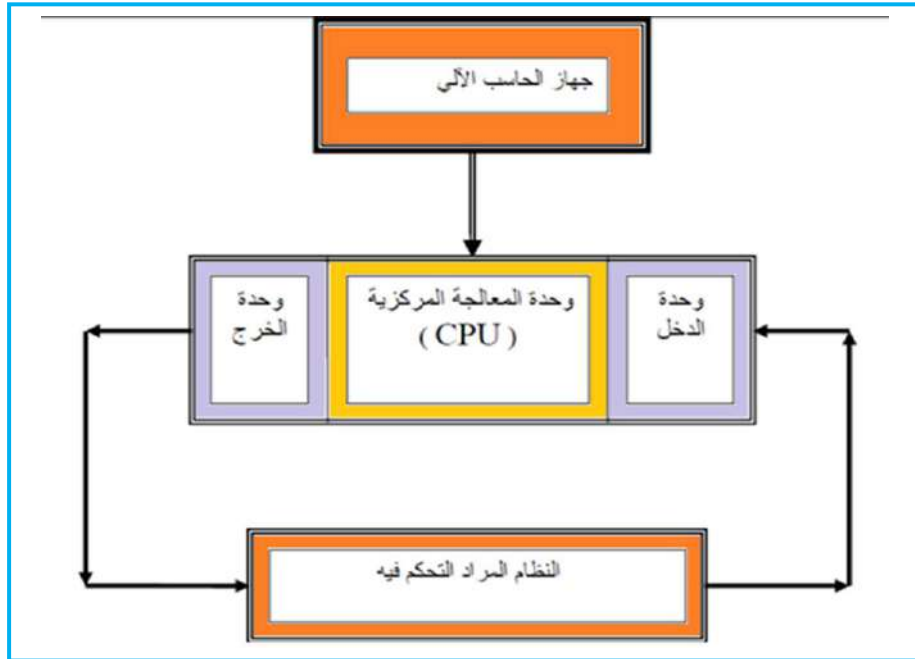
وهكذا يقوم المعالج بالعودة مرة أخرى إلى الإيعاز التالي وإعادة الخطوات الثلاث السابقة (سحب، وتفسير، وتنفيذ) إلى نهاية البرنامج، وبذا يتم إنجاز المهمة التي برمج بها المتحكم الصغير بواسطة المبرمج.

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

وهناك 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 (5-2) مخططاً لإيضاح آلية in-circuit programming سابقاً، وهذه العملية تسمى) البرمجة هذه.



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

ويختلف أسلوب البرمجة من وظيفة إلى وظيفة أخرى، فهناك البرنامج الميسر الذي لا يتعدى إدخال (واعتماداً على هذه الإشارة يتم إخراج أمر لإطفاء OFF أم ON إشارة خارجية تمثل حالة مفتاح (أهي مصباح أو محرك كهربائي أو غيرها أو تشغيلها، وهناك 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 مكملية للبرنامج الرئيس، نحتاج في بعض الأحيان إلى إيقاف البرنامج الرئيس في مكان معين والذهاب إلى تنفيذ برنامج فرعي، ومن ثم العودة إلى البرنامج الرئيس delay وإكمال المهمة. ومن أمثلة البرامج الفرعية هو برنامج التأخير الفرعي المتعمد () للتحكم بسرعة عمل محرك كهربائي أو توليد إشارات بذبذبات معينة أو عمل توقيت subroutine معين وغيرها من الأمور الكثيرة.

المقاطعة:

مثال ما، شيء حدث بسبب المعالج الدقيق الصغير أو المتحكم عمل توقف التي الإشارة وهي 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 مثلاً 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



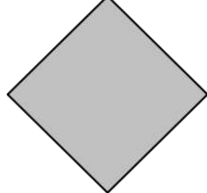
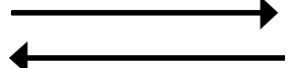

1-3-1-2 المخططات الانسيابية للبرنامج

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 بنحو 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

الغرض	الشكل الهندسي
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	

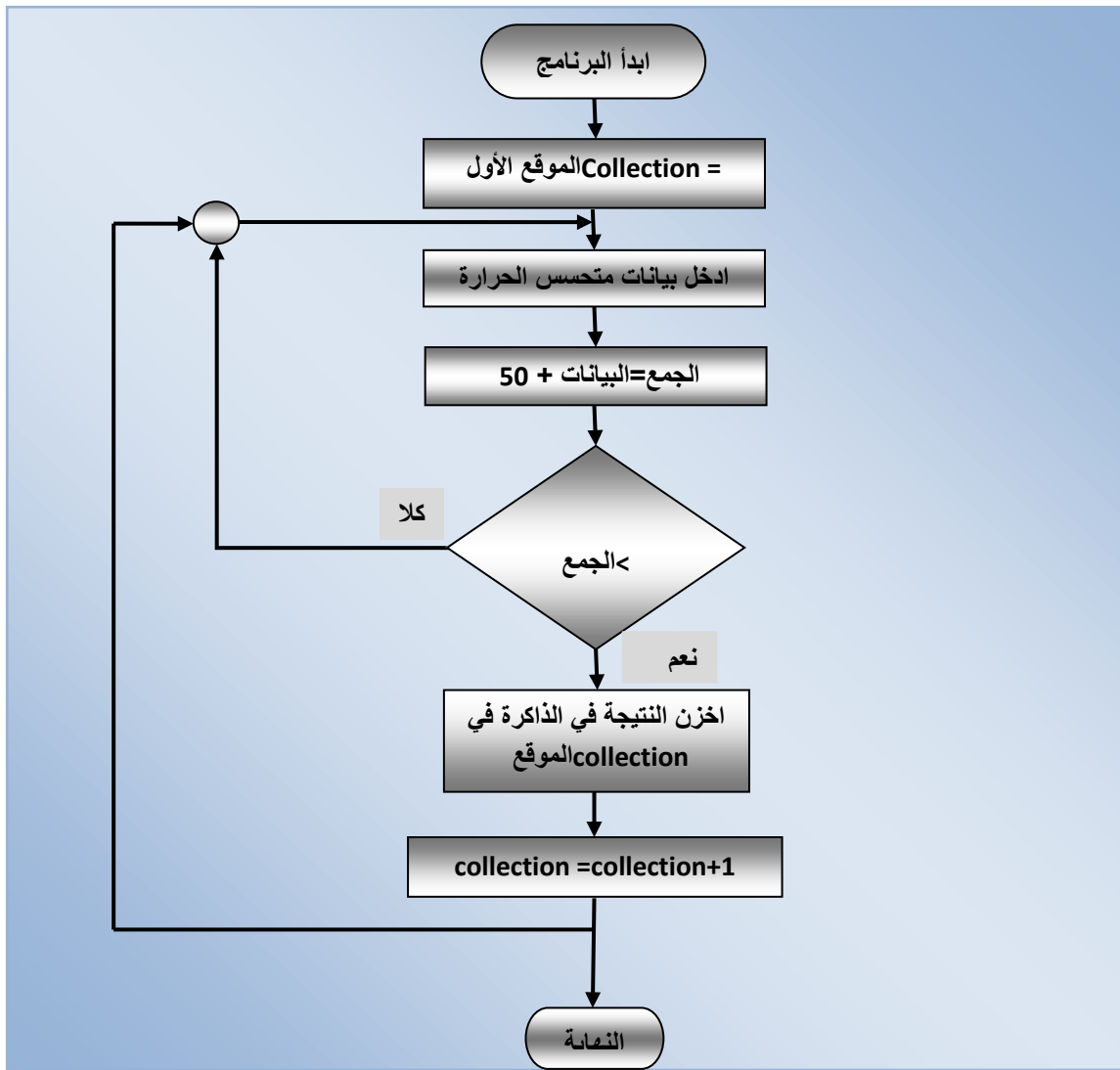
مثال:

اكتب خوارزمية مع رسم المخطط الانسيابي لبرنامج يقوم بإدخال بيانات تمثل درجات حرارة من (، ثم يقوم المعالج لهذا PORT A) متحسس 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. collect إلى 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. أنه البرنامج.

المخطط الإنسيابي



Microcontroller programming language

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

(التي هي لغة machine language وتمثل لغات المستوى الواطئ بنحوٍ أساسي من لغة الماكينة) (التي هي عبارة عن مجموعة من assembly language (0)، واللغة المركبة أو لغة التجميع (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 إيعازاتها؛ لأنها قريبة من لغة C، C++، الإنسان لكنها لا تتعامل مباشرة مع المكونات الداخلية للمتحكمات الصغيرة ، ومن أمثلتها (و غيرها) Pic-Basic.

ومن الجدير بالانتباه أن لغات المستوى الواطئ بعد تحويلها إلى لغة الماكينة بواسطة برنامج (، فان حجمها الذي سيخزن في الذاكرة يكون أقل من الحجم الذي يتحول assembler خاص يسمى إليه البرنامج المكتوب بلغة المستوى العالي نفسه بواسطة برنامج التحويل الخاص والمسمى (، أي أن حجم البرنامج المكتوب بلغة المستوى العالي يستغل حجم ذاكرة أكبر من الحجم compiler) الذي يستغله برنامج المستوى الواطئ، وهذا يعني أيضاً أن الزمن المطلوب لتنفيذه أكبر، 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 ، وهذا الإيعاز هو إيعاز عام ومرن ، ويعدّ الأساس في وضع صيغ العنونة MOV النقل أو التحرك (يخبر المعالج الدقيق بنقل محتويات المصدر (MOV AX، BX). فالإيعاز addressing modes) (

، 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 لنأت 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 Groups وتقسّم الإيعازات في اللغة المركبة بنحوٍ عام بصورة مجاميع)
وهذه المجاميع كالاتي:

1. **مجموعة النقل (Transfer group):** هذه المجموعة من الإيعازات تقوم بنقل البيانات من السجلات إلى الذاكرة وبالعكس، وكذلك نقل البيانات بين السجلات وأنها 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 وإلى 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

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 أجل التواصل المستمر مع المنظومات المراد التحكم بها، يتطلب منا فهم وإدراك للمكونات الإلكترونية المطلوبة لبناء هذه الدوائر الوسيطة. 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 أجل conditioning لإصلاح الإشارة المتأثرة بضوضاء خارجية أو أنها إشارة ضعيفة تحتاج إلى تكبير circuits (وقد تكون هذه الإشارة متأثرة بضوضاء خارجية أو أنها إشارة ضعيفة تحتاج إلى 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) DC تجهيزها، وابتسط أنواع هذه السواقات هي الترانزستور ، فمثلاً نستعمله لقيادة محرك كهربائي نوع ، وهكذا.

(أولاً Hardware والشيء المهم الذي يجدر بنا الانتباه إليه انه يتم تصميم الجزء الفيزيائي) 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.

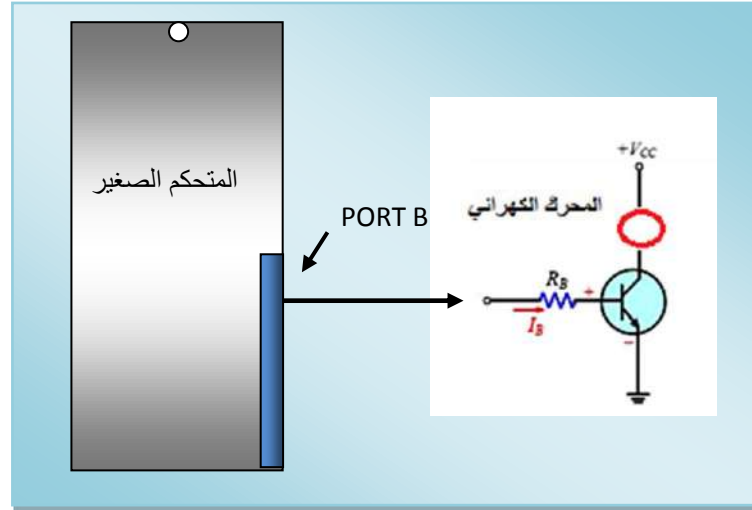
مثال:-

(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 إلكترونية 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. وابتسط 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 (6-2).HW الآن أصبح من السهولة تصميم الجزء الفيزيائي)



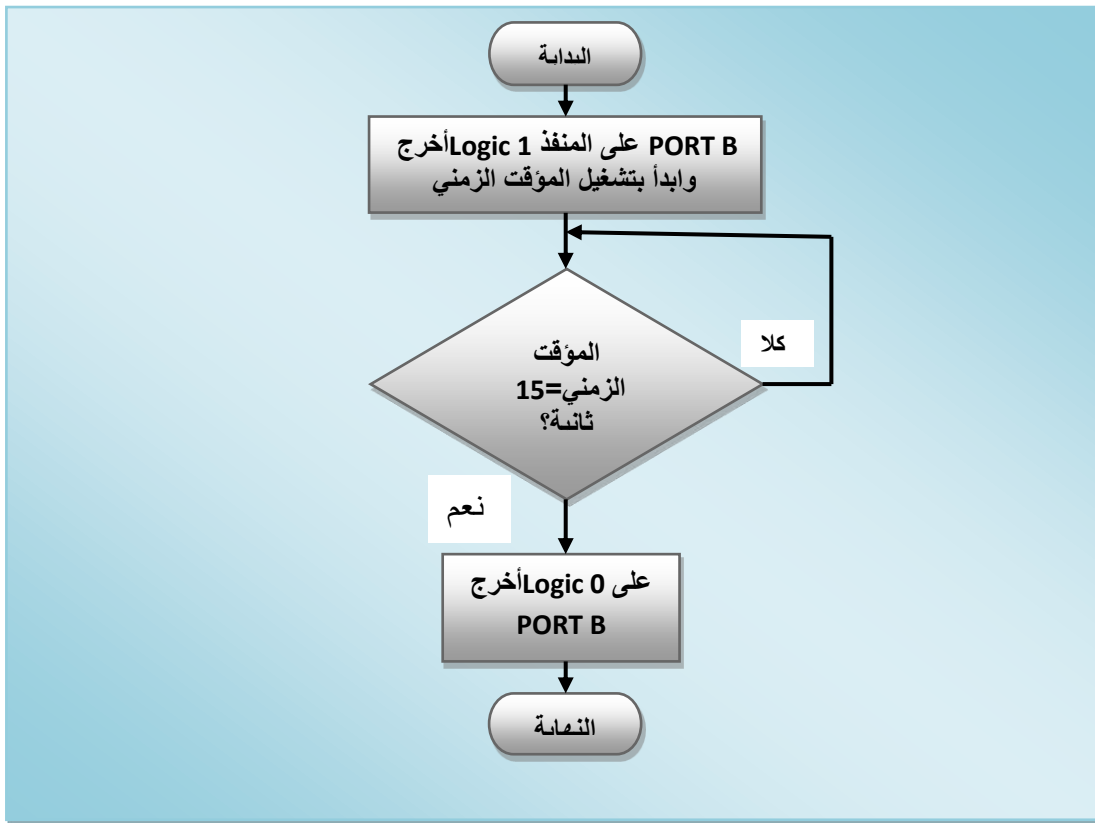
الشكل (6-2) الجزء الفيزيائي (HW) لربط المحرك الكهربائي DC إلى المتحكم الصغير

ملاحظة: هنالك نقص في دائرة السواعة حاول اكتشافه.

والآن نكتب البرنامج المطلوب لإدارة المنظومة الفيزيائية ، ونبتدى كما أسلفنا بالخوارزمية ، وكالاتي:

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. أنه البرنامج.

والمخطط الانسيابي يكون كما مبيّن بالشكل (7-2)



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

الأسئلة والتطبيقات

- س1- ما المتحكم الصغير؟
- س2- ممّ 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 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 لإلكترونيات القدرة من حيث المكونات المادية الأساسية لها ، ودورها ، وأهميتها في القيادة والتحكم بالمكائن الكهربائية ذات المواصفات والأنواع المختلفة ، والتعرف على تطبيقات دوائر إلكترونيات القدرة .

الأهداف الخاصة:

تعريف الطالب بالمواضيع التالية

1 - ثنائي شوكلبي

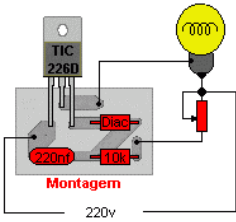
2- الثايرستور

3 -الدايك

4- الترايك

5 – تطبيقات إلكترونيات القدرة

إلكترونيات القدرة



- ثنائي شوكلي / آلية عمله واستعمالاته
- الثايرستور / آلية عمل الثايرستور / موحد السيطرة السليكوني / توصيل الثايرستور/حساب فولتية القذح/ 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



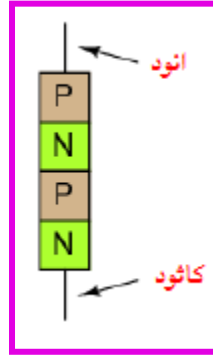
تمهيد: تستعمل إلكترونيات القدرة في الدوائر الإلكترونية ، وهي على أنواع كثيرة ، منها ثنائي شوكلي ، والثايرستور ، والداياك ، والترياك ، ولهذه العناصر فوائد في الدوائر الإلكترونية إذ من الممكن أن

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

1-3 ثنائي شوكلي :

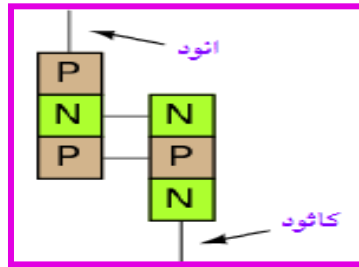
Shockley Diode

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 (الذي سمي بعد ذلك بثنائي شوكلي نسبة إلى العالم الذي اخترعه وهو وليم (PNPN Diode) طبقات شوكلي ، إذاً فثنائي شوكلي يتكون من أربع طبقات من المواد شبه الموصلة ، ويبين الشكل (1-3) ثنائي شوكلي.



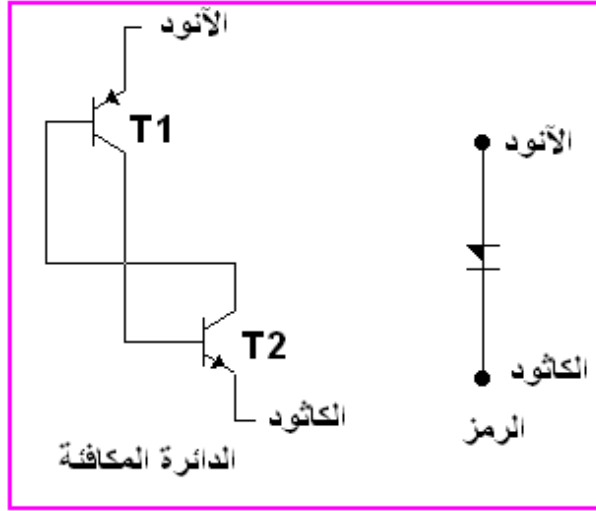
الشكل (1-3) ثنائي شوكلي

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



الشكل (2-3) تركيب ثنائي شوكلي

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

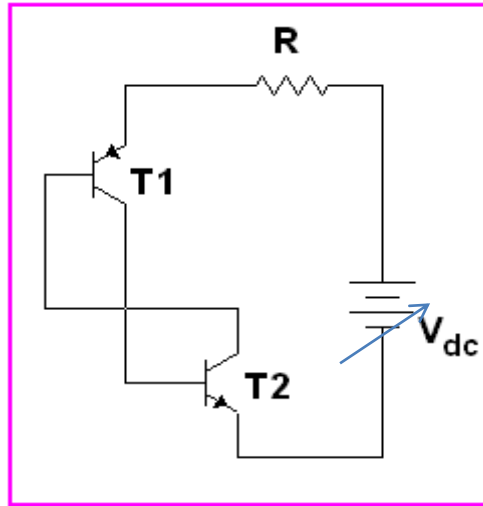


شكل(3-3) الدائرة المكافئة لثنائي شوكلي

1-1-3 آلية 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 لاحظ من الشكل نفسه أن تيار

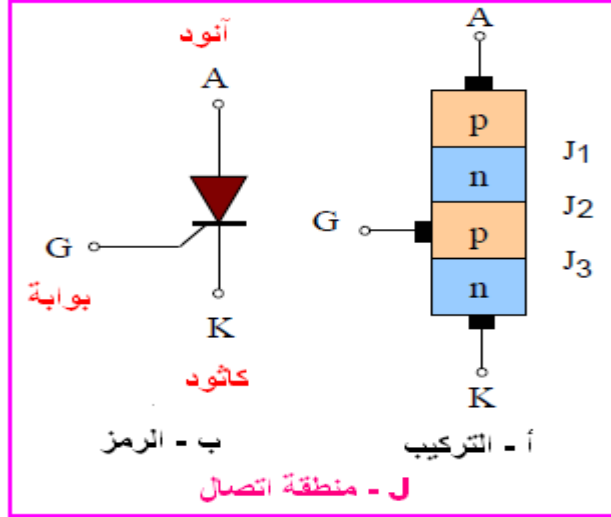
القاعدة للترانزستور الأسفل مسيطر عليه بواسطة الترانزستور العلوي ، وان تيار القاعدة للترانزستور العلوي أيضاً مسيطر عليه بواسطة الترانزستور السفلي ، وللتوضيح أكثر لكي يعمل أي من الترانزستورين يجب أن يعمل الترانزستور الآخر ، إذاً كيف يقوم ثنائي شوكلي بتوصيل التيار وان (، إن الترانزستور المثالي لا يوصل تيار الجامع ما لم يكن هناك تيار Off الترانزستورين في حالة قطع) 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 الأنود 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 الأنود والكاثود.

(مرة أخرى؟ طبعاً حتى لو قللنا Off 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 (عندئذ يتوقف تيار القاعدة Off 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 صُنِع 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، ويسمى القطب المرتبط بالطبقة الطرفية الموجبة بالأنود.



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- أدائه 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.

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

أولاً: حالة الانحياز الأمامي:

تحصل هذه الحالة عندما يكون جهد الأنود موجباً نسبة إلى جهد الكاثود، فعند تسليط فولتية (في حالة الانحياز الأمامي، J_2 ، J_1 خارجية صغيرة عبر طرفي الثايرستور ستكون كل من الوصلتين) ففتحاز عكسياً، ويبيدي الثايرستور إعاقة أمامية عالية جداً لمرور التيار، سوى أن J_2 أما الوصلة (تسمح بمرور تيار صغير جداً خلال الثايرستور، ويكون اتجاهه من الأنود إلى الكاثود، J_2 الوصلة) تحمله عندها ستتهار J_2 ويعرف بتيار التسرب، وإذا ازدادت الفولتية إلى حد يصعب على الوصلة (هذه الوصلة ويرتفع التيار الأمامي بنحو حاد ومفاجئ إلى قيمة عالية تحدد في مقاومة خارجية ويتحول الثايرستور من حالة الإطفاء إلى حالة التوصيل بتأثير فولتية الانهيار الأمامي.

ثانياً: حالة الانحياز العكسي

تحصل هذه الحالة عندما يكون جهد الأنود سالباً نسبة إلى جهد الكاثود، وبالتالي تكون الوصلة في حالة انحياز عكسي، ولذلك لا J_3 ، J_1) في حالة انحياز أمامي، في حين تكون الوصلتين J_2) تسمح الوصلتان السابقتان سوى بمرور تيار صغير جداً من الأنود إلى الكاثود، ويسمى هذا التيار 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

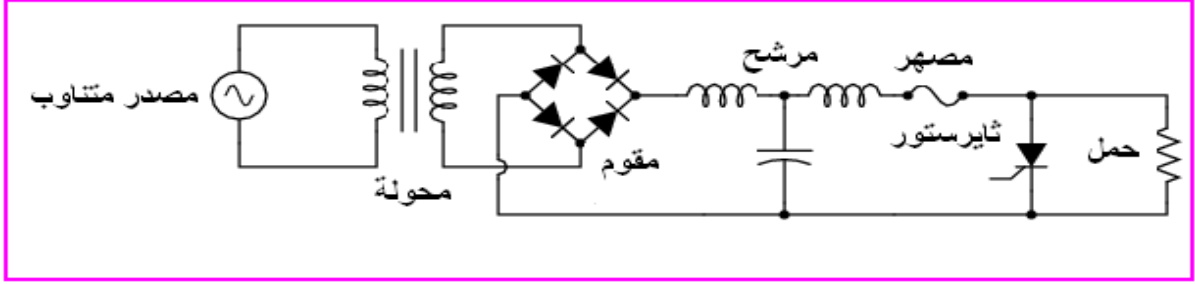
وتتلخص هذه الخواص بما يأتي :

- 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_n | الإمساك،
- 3- يتحول الثايرستور إلى التوصيل (الغلق) ويصبح ذا ممانعة واطئة حالما يصبح تيار الأنود اكبر أو (I_n) | مساوي تيار الإمساك

نشاط 1 : 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 جهاز القدرة المستمرة كما في الشكل (6-3)، إذ يقوم الثايرستور بعمل دائرة قصر في حالة زيادة الجهد عن مستواه الطبيعي فيمنعه من (6-3) في الدائرة لحماية الثايرستور ودائرة التغذية fuse الوصول للحمل وإيقاع الضرر به، ويوضع مصهر (في حالة القصر.



استعمال الثايرستور كحماية 3-6 الشكل

2-2-3 موحّد السيطرة السليكوني:

Silicon Controlled Rectifier

القريبة من الكاثود فان المكون الجديد يسمى موحّد P) عند إضافة طرف ثالث إلى الطبقة (Gate)، ويعرف القطب الثالث بالبوابة (SCR السيطرة السليكوني، ويختصر بالحروف (تقتصر وظيفتها على التحويل من القطع إلى التوصيل من دون الحاجة إلى تسليط فولتية بمقدار فولتية في J2 الاجتياز الأمامية، وتسهم البوابة في إعطاء كمية مناسبة من التيار إلى الثايرستور لجعل الوصلة 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 تنتفي الحاجة إلى البوابة كما أنها تفقد سيطرتها SCR البوابة تولد إلكترونياً، وحالما يبدأ التوصيل بال على سريان التيار (مثل بادئ التشغيل في مصباح الفلورسنت)، ولإعادة الثايرستور إلى حالة القطع يجب أن يقلل تيار الأنود إلى قيمة اقل من تيار الإمساك (أو تسليط فولتية عكسية بين الأنود والكاثود. Ih)

Thyristor's Conduction

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

- 1- قذح البوابة
 - 2- اجتياز الفولتية الأمامية
 - 3- التغير الآني لفولتية المصدر
 - 4- ارتفاع درجة الحرارة والضوء
- في ما يلي وصف موجز لهذه التقنيات:

1- قذح البوابة: يُعدّ قذح البوابة من أهم الطرائق المألوفة في توصيل الثايرستور . إذ يهدف القذح إلى أمامياً بفولتية اقل من قيمة فولتية J_2 إدخال 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 للأنود (عند غياب إشارة البوابة) تسبب ارتفاعاً للمجال الكهربائي على (فإذا كانت فولتية الأنود مساوية إلى الفولتية الأمامية فان هذه الوصلة ستتهار J_2 طرفي الوصلة) ويجبر الثايرستور على التوصيل . غير أن هذه التقنية من التوصيل لا تتبع مع الثايرستور في التطبيقات الاعتيادية وتقتصر في الاختبارات .

$3dv/ dt$ - التغير الآني للفولتية

قد تحدث ظاهرة ارتفاع فولتية الأنود 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 مكونة من مقاومة 10-20 v/s) بحيث تكون ضمن المدى (dv/dt)
 (Snabber.) على التوازي مع الثايرستور تعرف بشبكة سنابر (C) وامتسعة (R)
 4- ارتفاع درجة الحرارة:

(ويتضاعف هذا ل2 ليزداد تيار النضوج للثايرستور عند ارتفاع درجة الحرارة في الوصلة)
 التيار لكل ست درجات سيليزية ، ولتقليل تأثير الحرارة تثبت الثايرستورات على مشتتات حرارية
 (لتوسيع المساحة السطحية المعرضة للهواء . Heat Sinks)

4-2-3 حساب فولتية القذح :

Calculating Of Triggering Voltage

هذه الفقرة مهمة جداً لحساب مقدار فولتية قذح بوابة الثايرستور ، لأنه عادة يشير المصنع إلى
 (ويجب تجنب حقن البوابة بتيار أو فولتية VG_{min}) و (IG_{min} اقل قيمة لتيار وفولتية البوابة)
 (، وهنا V_{trig} تتجاوز مقننات البوابة ، وبخلافه يتلف الثايرستور ويرمز لفولتية قذح 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 للقذح
 (تعتمد على خصائص البوابة (التيار والفولتية) وتحسب من العلاقة الآتية: V_{trig})

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

إذ إن:

= اقل تيار يحقن في البوابة للتوصيل IG_{min}

= اقل فولتية تسلط على البوابة VG_{min}

= المقاومة المقاسة بين البوابة والكاثود RG

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

مثال (1-3)

(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:

$$RS = RG = 30 \Omega \text{ افرض ان}$$

$$0.05A \quad 5m A =$$

$$V_{trig} = [I_{Gmin} + V_{Gmin} / R_G] R_S + V_{Gmin}$$

$$= (0.05 + 2/30) \cdot 30 + 2$$

$$= 4.13 \text{ volt}$$

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.

5-2-3 دوائر توصيل الثايرستور :

Thyristor's Conduction Circuits

بعد دراسة التقنيات التي تحول الثايرستور إلى التوصيل ودراسة حساب فولتية قرح 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

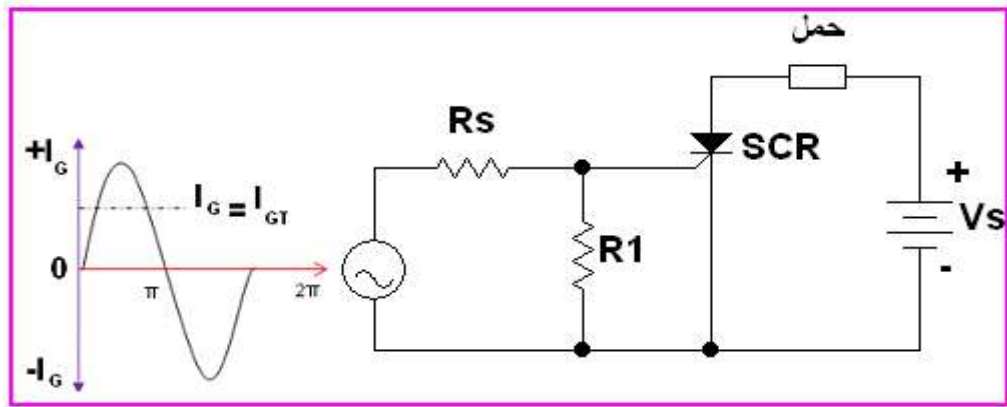
2- دوائر التيار المستمر

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 :

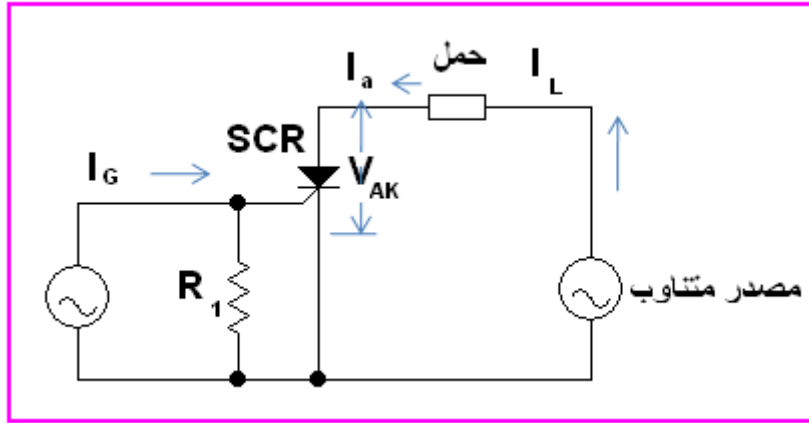
يمكن استغلال النصف الموجب من الإشارة المتناوبة في تغذية البوابة لغرض التوصيل (لان (أن دائرة 8). ويتبين لنا من الشكل الآخر (7-3 البوابة تحقن بإشارة موجبة) كما في الشكل (3- البوابة تجهز من مصدر للتيار المتناوب في أثناء ارتفاع الجزء الموجب من إشارة المصدر ، وعندما (عندها سوف يدخل الثايرستور في I_G تصبح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



الشكل (3-7) توصيل البوابة بالتيار المتناوب

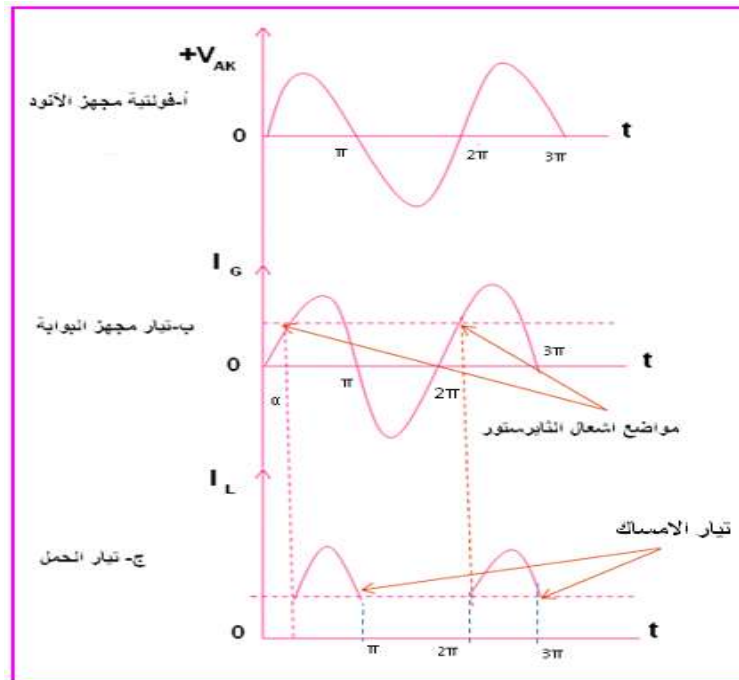
ومن المناسب إيضاح علاقة تيار البوابة بتيار الحمل عند تجهيز دائرتي الحمل والبوابة بمصدر للتيار المتناوب، ويوضح الشكل (3-8) تجهيز الدائرة بالتيار المتناوب على فرض أن المصدرين من (والبوابة متطابقة . V_{AK} منبع واحد. لذلك تكون العلاقة الطورية بين الإشارة عبرة طرفي الثايرستور)

هي الفولتية بين الانود والكاثود . V_{AK} والمقصود بالفولتية



الشكل (3 - 8) تجهيز الحمل والبوابة بمصدر متناوب

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



الشكل (3 - 9) الأشكال الموجية للأنود والحمل

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

ويمكن التحكم في موضع قذح الثايرستور باعتناء بدقة عن طريق شبكة متكونة من مقاومة ومنتسعة 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 المنتسعة (RC التيار من خاصية دائرة إلـ (3-10- ب) يوضح ذلك لان : () ، والمخطط الطوري للشكل R)

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

$$V_C = V_{trig}$$

= الفولتية على طرفي المقاومة والمنتسعة مقاسة بالفولت V_{XY} إذ إنّ

$$= \text{فولتية المقاومة } V_R$$

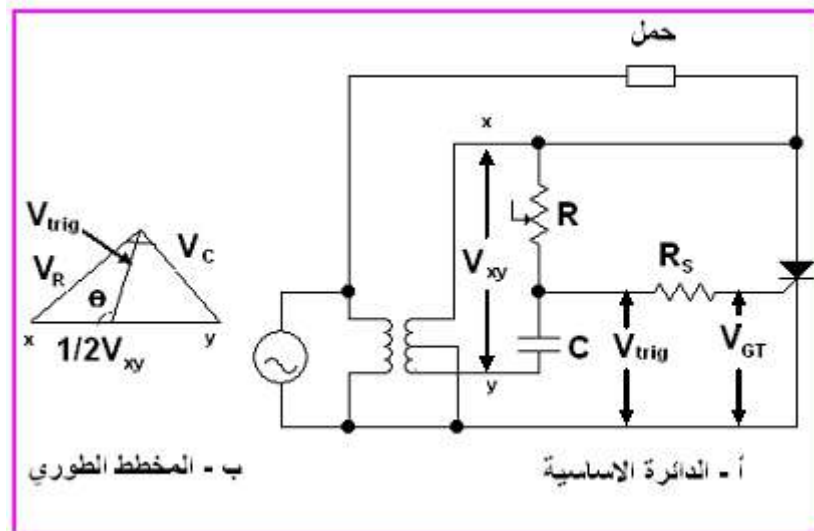
$$= \text{فولتية المنتسعة } V_C$$

$$= \text{فولتية قذح البوابة } V_{trig}$$

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

$$\tan^{-1} + - 90^\circ = \theta \quad \text{..... (3- 3)} \quad (X_C / R)$$

(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 θ وعند تغير زاوية الطور (الدائرة يمكن التحكم في توصيل البوابة ، وبالتالي التحكم بقدرة الحمل.

مثال (2-3)

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

الحل:

بداية نكتب قانون حساب زاوية الزحف الطوري (θ)

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

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

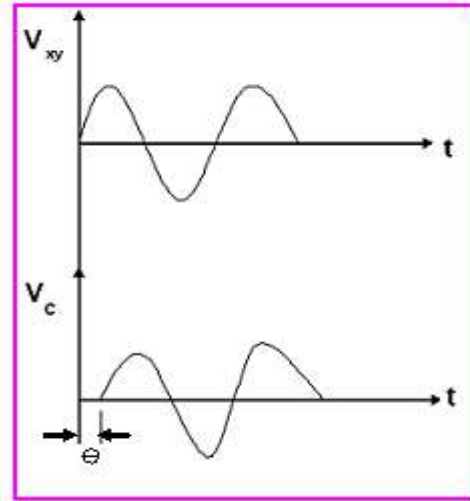
$$= -90^\circ + \tan^{-1} (1)$$

$$\theta^{-1}$$

$$\theta = -90^\circ + 45^\circ$$

$$\theta = -45^\circ$$

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

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

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

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

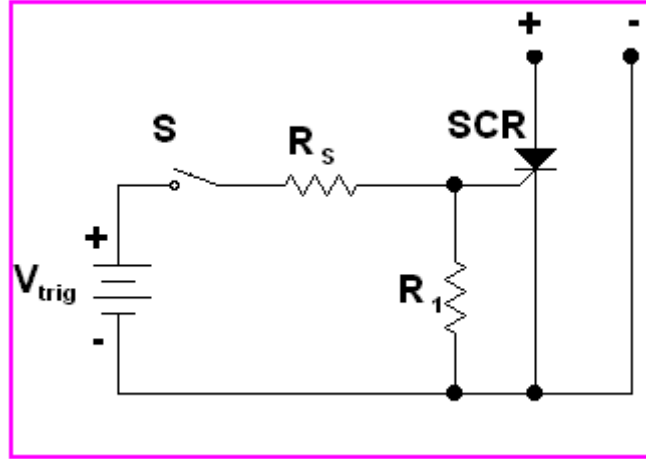
$$-90 + 30$$

=

$$\theta = -60^\circ$$

2- دوائر التيار المستمر :

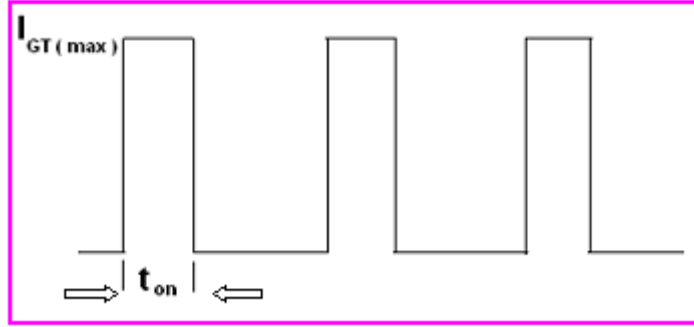
يوضح الشكل (3- 12) أنموذجاً لحالة قرح الثايرستور عن طريق تغذية البوابة من مصدر (، وهي اقل I_{Gmin} يرتفع تيار البوابة إلى القيمة (S) مستقل للتيار المستمر . وعند غلق المفتاح (قدرة على دفع هذا V_{trig} قيمة للتيار تحقق بها البوابة لغرض التوصيل ، إذا كانت فولتية القرح (التيار .



الشكل (3- 12) توصيل البوابة بالتيار المستمر

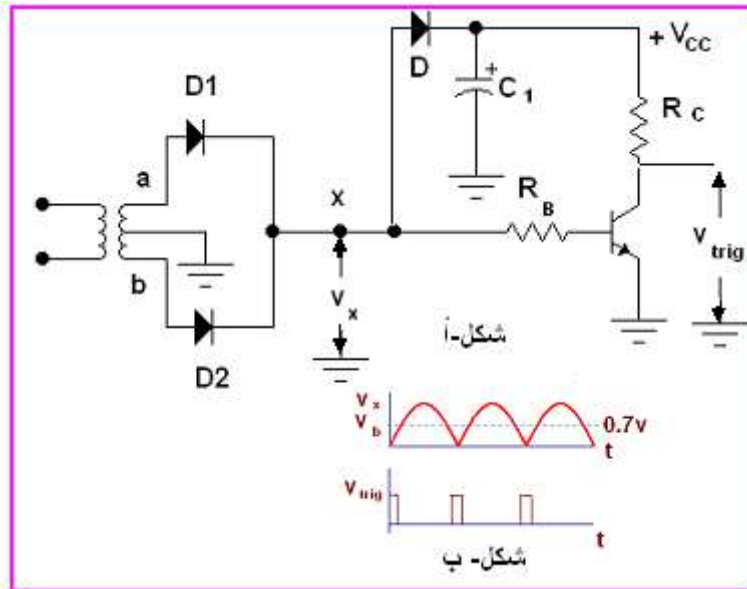
3- توصيل البوابة بالتيار النبضي

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 قرح 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 عندئذٍ تقليل عرض النبضة لتفادي الحرارة الزائدة بين البوابة والكاثود مع عدم تجاوز القيمة العظمى لتيار البوابة (I_{Gmax}) ، إما إذا احتوت دائرة الحمل على محاثّة، فإنها تؤثر في زمن ارتفاع أو نمو تيار الأنود ، 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، وبين الشكل (3- 14- أ) دائرة مبسطة لإنتاج مثل هذه النبضات.



الشكل (3- 14) دائرة توليد نبضات القذح 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 () أكبر من (0.7) فولت ، كما V_b تحويل 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 ($C1$) وامتسعة الترشيح ($D1$) عن طريق الثنائي (V_{CC} + الترانزستور)

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

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

6-2-3 حماية الثايرستور :

Thyristor's Protection

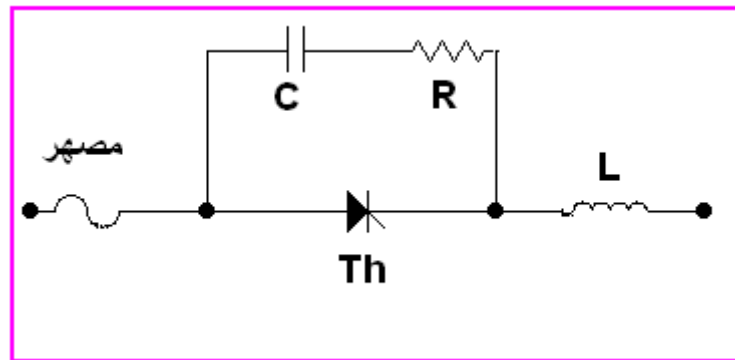
إن ارتفاع التيار والفولتية في دائرة الثايرستور ممكن أن تعرضه للتلف ، وهذه الزيادات ناتجة من عدة عوامل ، منها الفصل والقطع المتكرر لمصادر الجهد الكهربائي ، ولربما يكون من العوامل الخارجية مثل الرياح والصواعق ، إذاً يجب توفير وسائل حماية للثايرستور تحميه من التلف

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

3-2-7 إخماد (إطفاء) الثايرستور :

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

وتخدم الثايرستورات بالطرائق الآتية:

1-Natural Commutation-الإخماد الطبيعي:

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

2-Forced Commutation-الإخماد الجبري:

من المؤلف 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-Gate Turn- Off-الإخماد بالبوابة

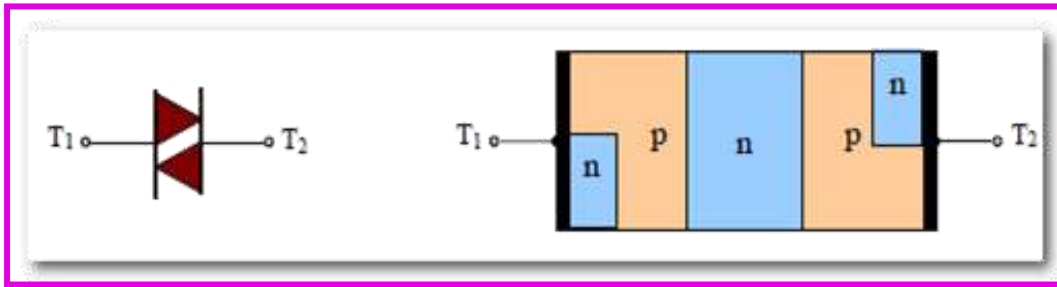
(، GTO Thyristor هناك نوع من الثايرستورات يدعى بالثايرستورات المخمدة بالبوابة) إذ تسلط على البوابة إشارة سالبة نسبة إلى الكاثود ، وتؤدي وظيفة الإخماد ولا يختلف توصيله عن الذي يبين لنا بعض الفروقات بين الثايرستور A الثايرستور الاعتيادي ملاحظة : في ما يلي جدول (والترانزستور:

(يبين الفرق بين الثايرستور والترانزستور Aجدول)

الترانزستور	الشايرستور	أوجه الاختلاف
ثلاث طبقات بـ(2) وصلة ربط سريعة	أربع طبقات بـ(2) أو أكثر وصلة ربط سريعة جدًا	تركيب العنصر الاستجابة
عالية	عالية جدًا	الكفاءة
قليلة	قليلة جدًا	هبوط الفولتية
طويل	طويل جدًا	العمر
من قليلة إلى وسط	من قليلة إلى عالية جدًا	معدل القدرة
قليل	قليل جدًا	استهلاك القدرة
قدرة قليلة	قدرة عالية	القدرة على السيطرة
قليل	قليل جدًا	وقت التوصيل والفصل
يحتاج إلى تيار مستمر ل يبقى في حالة التوصيل	يحتاج إلى نبضة قليلة للقذح ، وبعد ذلك يبقى في حالة التوصيل	حالة التوصيل

بغض (Triggering)الدايك عنصر يتكون من طرفين ، وهو ثنائي الاتجاه يمكنه أن يقدر (Diode)النظر عن اتجاه القطبية للإشارة الداخلة للتيار المتناوب ، ويستمد الدايك عمله من الثنائي (3 - 17) الدايك الذي يعمل على التيار المتناوب ، ويبين الشكل)

ومن تطبيقاته انه يقوم بدائياً بقدر الترياك لأجل تنظيم السيطرة على الأطوار الثلاثة للتيار مربوطة على التوازي ، ولكن (p - n - p - n)المتناوب . يتكون الدايك من زوج من المقاطع بالاتجاه المعاكس أو طبقتين من أربعة دايودات موصلة بالتوازي ، وأيضا تكون بالاتجاه المعاكس . وان الدائرة المكافئة للدايك موضحة أيضاً بالشكل (3 - 16) إذ إن الدايك يوصل بالاتجاهين ، وصممت بدلاً من الأنود والكاثود ، وهكذا فالتركيب المتماثل للدايك يؤدي إلى (T1، T2الأطراف الرئيسة فيه) الحصول على أداء متشابه سواء كانت قطبية الفولتية موجبة أم سالبة وتكون فولتيات العمل بحيث لا تتجاوز 50 فولتاً ، ويستعمل الدايك مع مكونات غير فعالة (مقاومات ومتسعات) لتوليد نبضات قدح (وهو موحد السيطرة السليكوني. SCR تصلح للترياك والـ)



الشكل (3 - 16) الدايك

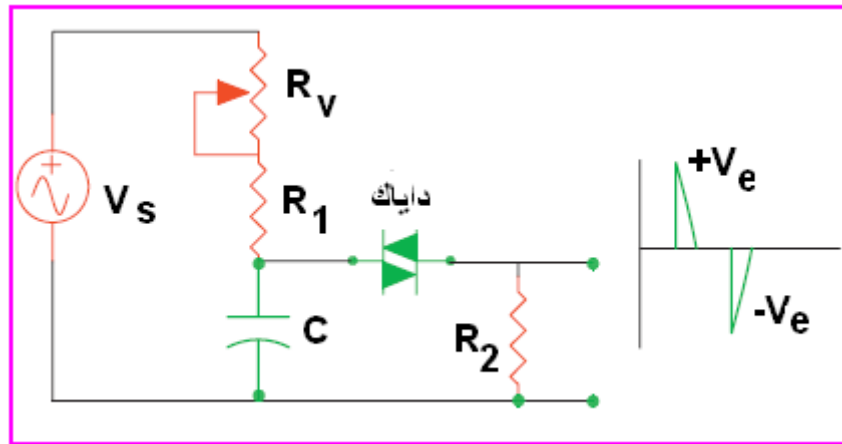
(break over voltage) في الداياك عندما تصل فولتية التحول (conduction) تظهر عملية التوصيل (في كل من القطبيتين عبر طرفي الداياك . over voltage

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

، وإذا تجاوزت الفولتية المسلطة فولتية (T1) موجبة نسبة إلى (T2) الحالة الثانية : عندما يكون للداياك عندها سوف يكون الداياود الآخر في حالة توصيل ، وعندما تقل الفولتية عن فولتية التحول (leakage current) التحول سوف تمر كمية قليلة من التيار خلال الداياك تسمى بتيار التسرب

مثال تطبيقي على الداياك: استعماله كمذبذب

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



(يبين الداياك كمذبذب 3-17 الشكل)

(ولكن بقطبية معاكسة ، إذ يصل فرق C بصورة نبضة موجبة ، وفي النصف السالب يشحن المكثف)
(R_2 الجهد عليه إلى جهد الانهيار الامامي السالب للدايك ، فيفرغ شحنته خلال الدايك والمقاومة)
بصورة نبضة سالبة ، وتستعمل النبضة السالبة والموجبة لفتح الترياك.

2-3-3 استعمالات الدايك

Diac's Usage

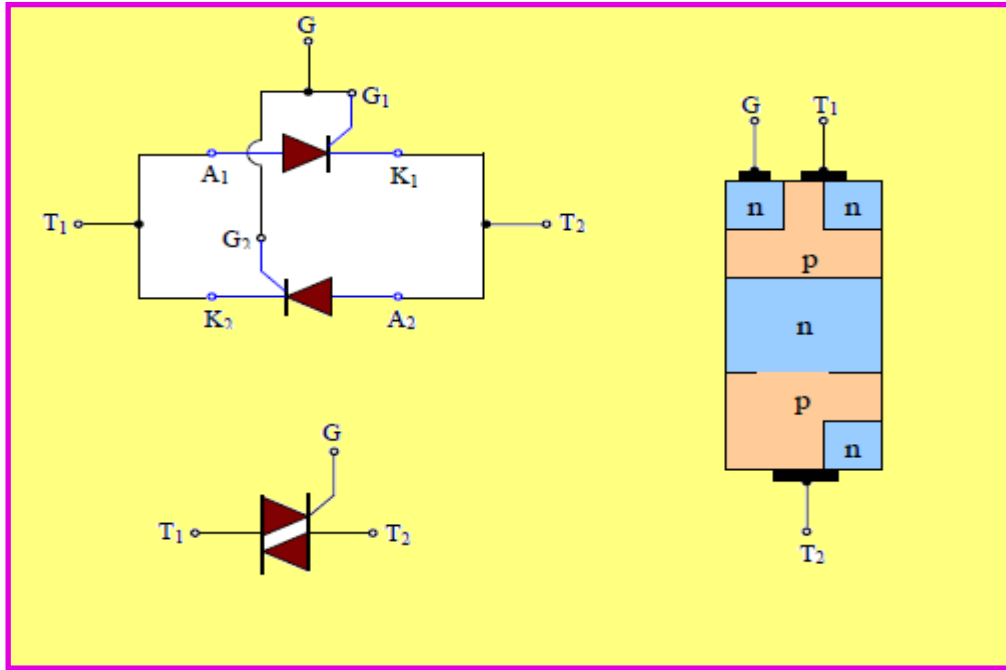
- 1-يستعمل الدايك في دوائر خفض الإضاءة.
- 2-يستعمل في التحكم في الحرارة.
- 3- له إمكانية الفتح الأسرع عندما يوصل على التوالي مع بوابة الترياك

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 الرئيسية هي ، ويكافئ في تركيبه ثايرستورين موصلين على التوازي بنحو عكسي أي إن أنود (G)البوابة الثايرستور الأول موصل إلى كاثود الثايرستور الثاني وكاثود الثايرستور الأول موصل إلى أنود 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 T1- من الطرف (T2. والطرف (G البوابة)

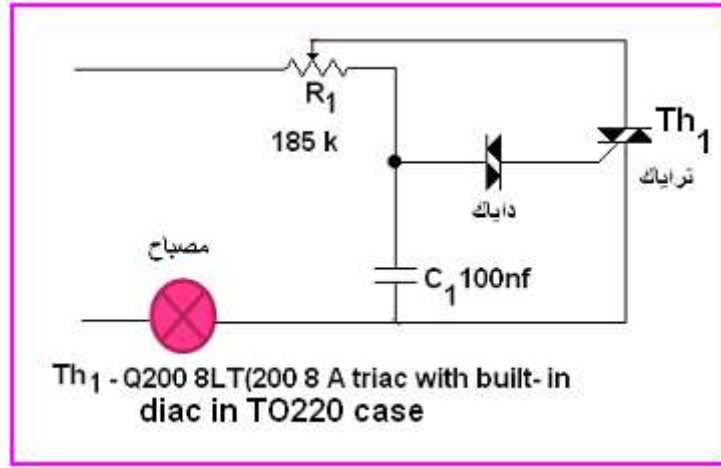


الشكل (3 - 18) تركيب الترياك ورمزه

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

مثال تطبيقي يحتوي على الداياك والترياك:

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

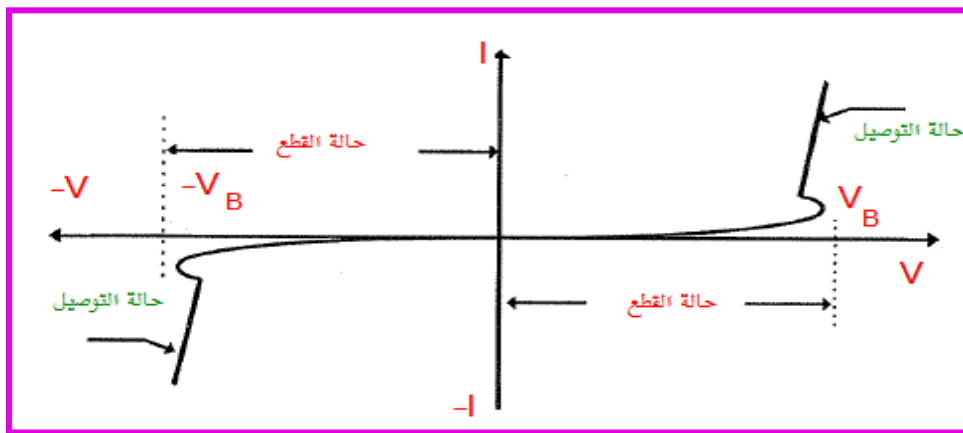


دائرة الكترونية تحتوي على الداياك والتراياك (الشكل 3- 19)

1-4-3 آلية عمل التراياك

Triac's Operation

إن التراياك 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) منحنى - ، ويبين الشكل التالي (T1)3 (T2) مع الطرف (T2) الخواص للتراياك .



الشكل (3- 20) خواص التراياك

هي نقطة مرجع لقياس الفولتية ، فان الربع الأول في منحنى 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 منحنى الخواص ولكل من القطبيتين وذلك بافتراض أن الترياك في حالة منع قبل أن يسقط 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.

2-4-3 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.

5-3 تطبيقات دوائر الكترونيايات القدرة:

Applications Of Power Electronic Circuits

إن من ضمن تطبيقات دوائر الكترونيايات 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.

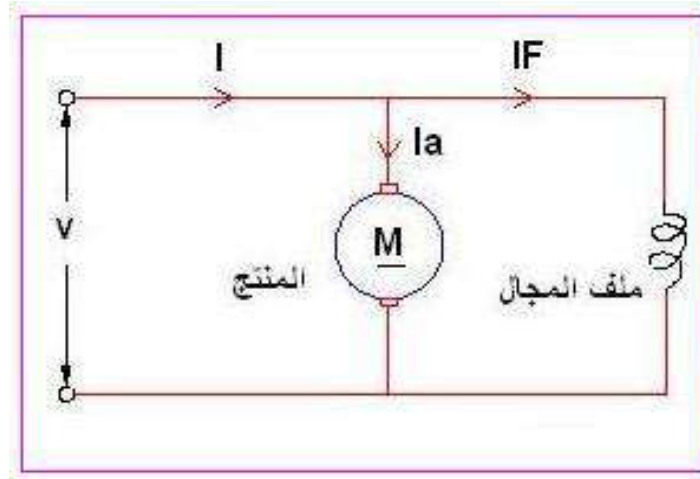
3- يمكن المحافظة على تيار المنتج بواسطة الموحدات.

4- الموحدات تعكس تيار المنتج.

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

$$E = V - I_a R_a \quad \text{..... (3- 4)}$$

، 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 العكسية E إذ إن

= فولتية المصدر V

= تيار المنتج I_a

= مقاومة المنتج R_a

(armature ملاحظة: 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 و أرخص 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 Thyristors يتكون 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.

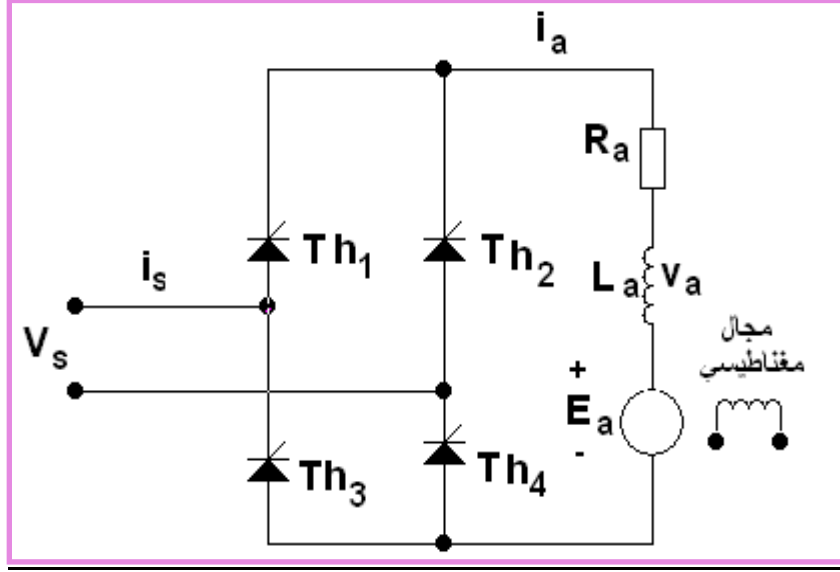
(وذلك بعد أن تغذى V_a تقوم هذه الدائرة بتغذية محرك التيار المستمر بالفولتية المستمرة)
بالتيار المتناوب ، وبنحوٍ مختصر هناك موضوع مهم هو قدح الثايرستور لكي يقوم بعملية التوصيل فانه يقدح بزواوية يطلق عليها زاوية القدح (ألفا) ، ويرمز لها (α) وبحسب ما نعرف بان موجة التيار المتناوب لها نصفان موجب وسالب :

أولاً: خلال النصف الموجب

(بزواوية قدح (α) Th2.) والثايرستور الثاني (Th1) يقدح الثايرستور الأول)

ثانياً : خلال النصف السالب.

(بزواوية قدح ($\pi + \alpha$) Th4.) والثايرستور الرابع (Th3) يقدح الثايرستور الثالث)



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

إذاً بواسطة موحديات السيطرة المحكمة يمكننا التحكم بسرعة محرك التيار المستمر وذلك بالتحكم (وكما قلنا اعتمادا على زاوية قرح الثايرستور .armature voltage بفولتية المنتج)
 (على أطراف المنتج (الأرميجر) سوف تكون هناك زاوية إطفاء V_a وبعد أن تكون هناك فولتية)
 (وزاوية قرح ألفا (α) وتحسب من القانون الآتي: β)

$$(3- 5) \quad \dots\dots\dots\pi + \alpha = \beta$$

$$\pi = 180^\circ \quad \text{إذ إن}$$

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

$$(3- 6) \quad \dots\dots\dots V_a = 2\sqrt{2}/\pi \cdot V_s \cos (\alpha)$$

$$= \text{جنا الزاوية وهي نسبة مثلثية} \cos = \text{فولتية المصدر} \quad \text{إذ إن } V_s$$

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

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

1- إذا كانت زاوية القرح اقل من (90 °) يكون معدل الجهد $V_a(\alpha)$ موجباً.

2- إذا كانت زاوية القدح اكبر من (90°) يكون معدل الجهد $V_a(\alpha)$ سالباً، وهنا يدور المحرك بالعكس.

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

مثال (3-4)

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

الحل:

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

$$V_a = 2\sqrt{2}/\pi \cdot V_s \cos(\alpha)$$

$$V_a = 2\sqrt{2}/\pi \cdot 220 \cdot \cos(45^\circ) \quad \cos(45^\circ) = 1/\sqrt{2}$$

$$V_a = 2\sqrt{2}/\pi \cdot 220 \cdot 1/\sqrt{2}$$

$$V_a = 140.12 \text{ v}$$

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

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

(، وهو عنصر الكتروني chopper يمكننا أيضاً التحكم بالتيار المستمر بواسطة مقطع التيار) 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

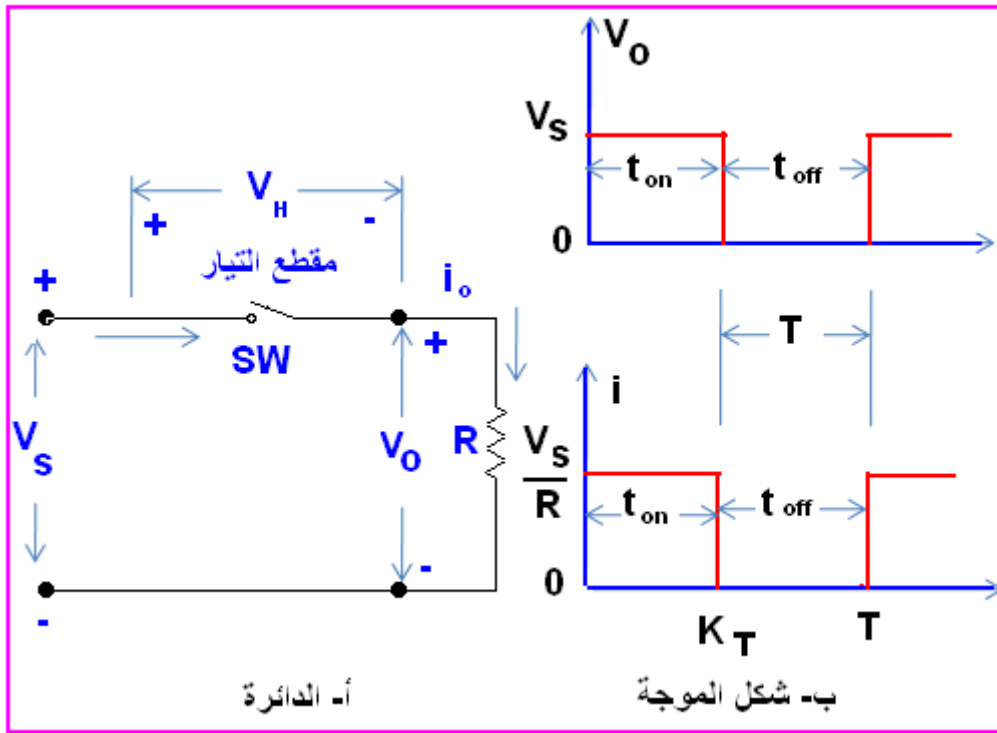
- 1- سيطرة على السرعة.
- 2- يستعمل في المواقف.
- 3- كفاءة عالية.
- 4- استجابة سريعة.

(هي **chopper**: وان 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) ON. على وضع ()

آلية عمل مقطع التيار

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



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

(Chopper ولكي تتم عملية السيطرة على سرعة محرك التيار المستمر بواسطة مقطع التيار)
 (عندئذ Load تكون عملية الربط بحسب المخطط الكتلي الموضح بالشكل (3-26)، ويمثل الحمل)
 بمحرك للتيار المستمر ذي التغذية المنفصلة.



(chopper الشكل (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 7 به هذه البوابة يساوي) (أوماً، علماً بان 25) فولت، وعند قياس قيمة المقاومة بين البوابة والكاثود، فكانت تساوي (1.8) (فولتات.4 فولتية القذح تساوي

الجواب:

RS=

15.5 Ω

- س9: كيف تتم حماية الثايرستور من التلف؟
- س10: ارسم دائرة حماية الثايرستور من التلف.
- س11: عدد ظرائق إخماد (إطفاء) الثايرستور، وشرح واحدة منها.
- س12: ما الفرق في حالة التوصيل بين الثايرستور والترانزستور؟
- س13: ماذا نستعمل بدلاً من الأنود والكاثود في الداياك؟
- س14: (T1) موجباً نسبة إلى (T2)س14: ماذا يحصل في الداياك عندما يكون)
- س15: ماذا يكافئ الترياك في تركيبه؟
- س16: ارسم منحنى خواص الترياك.

(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

$$I_a=25A$$

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:

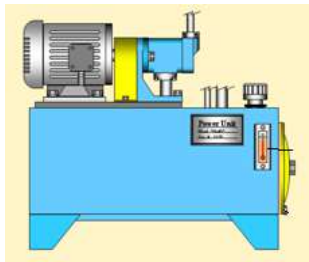
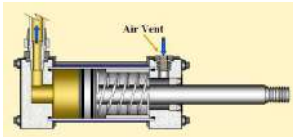
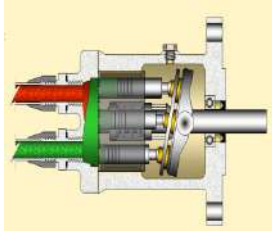
تعريف الطالب بالموضوعات الآتية :

- 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.



تعلم الموضوعات

الأنظمة الهيدروليكية



- 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 نابض 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 مكبس من جانب واحد ومزدوجة الفعل/ أسطوانة ذات ذراع مكبس عند كل جانب مزدوجة الفعل/ أسطوانة ذات نابض إرجاع/ الأسطوانة الدافعة/ الاسطوانة التلسكوبية.
- المحركات الهيدروليكية.

- المراكم الهيدروليكية/ المراكم ذات الكيس الغشائي/ مرمم ذو مكبس/ مرمم ذو نابض أرجاع/ مرمم 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 نعلم النظر في تفاصيل 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 أو 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.

1-2 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

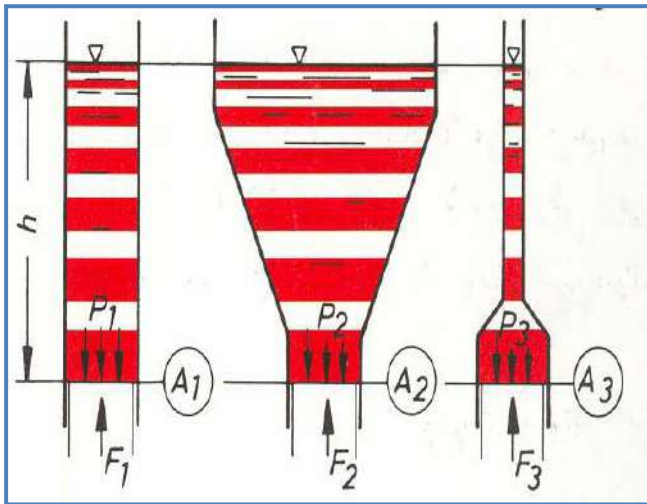
الضغط الهيدروستاتيكي (الناتج من قوة الجاذبية الأرضية):

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:

$$p = h \cdot \rho \cdot g \quad (1-1)$$



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

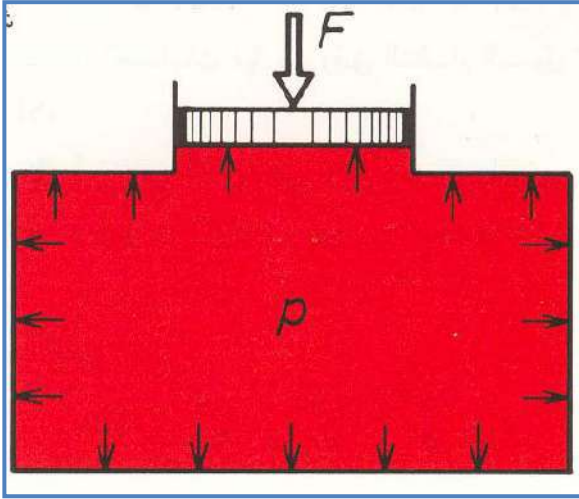
$$F_1=F_2=F_3$$

الضغط الناتج عن قوى خارجية (قانون باسكال):

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

$$p = \frac{F}{A}$$

(1-2)

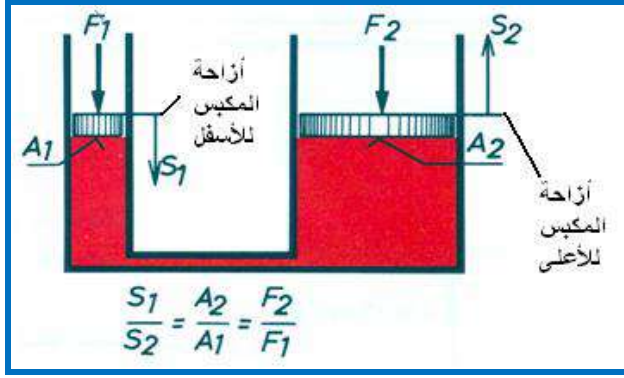


ويؤثر هذا الضغط أنياً، بالمقدار نفسه على جميع الجوانب . أي إن الضغط المؤثر في كل الأسطح يكون متساوياً. ويشترط لصحة ذلك إهمال تأثير قوة الجاذبية الأرضية. أما في حالة عدم إهمالها، فيجب أن نأخذ في الحسبان أثر ارتفاع سطح السائل عن السطح الذي يحسب عنده الضغط.

وفي الدوائر الهيدروليكية يمكن إهمال الضغط الناتج عن قوة الجاذبية الأرضية، وبالتالي الضغط الناتج عن ارتفاع السائل عن الأسطح، نظراً لأن هذه الضغوط تكون مهملة القيمة بالنسبة إلى ضغوط التشغيل. وعلى سبيل المثال، فإن الضغط الناتج 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 (3-1) فكرة الإفادة من الضغوط الناشئة عن قوى خارجية في تشغيل المعدات.



شكل (3-1) يبين انتقال القوى الهيدروليكية

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) .

$$F_2 = P \cdot A_2 \quad (1-3)$$

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

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 (الفوائد

نتيجة الاحتكاك غير مأخوذة في الحسبان) .

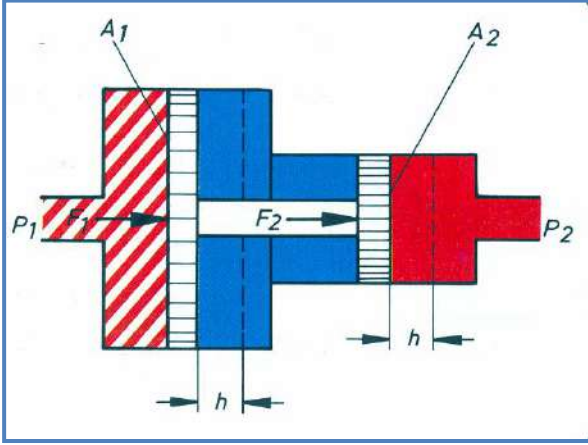
$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{A_2}{A_1} \quad \text{من ناحية أخرى، تتناسب إزاحة الكباسين تناسباً عكسياً مع مساحتهما، أي إن}$$

أما الشغل المبذول بأي من الكباسين فيكون بالتالي متساوياً، إذ

$$W_1 = F_1 \times S_1 \quad (1-4)$$

$$W_2 = F_2 \times S_2 \quad (1-5)$$

مبدأ انتقال الضغط:



شكل (4-1) يوضح مبدأ انتقال الضغط

يوضح الشكل (4-1) 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 :

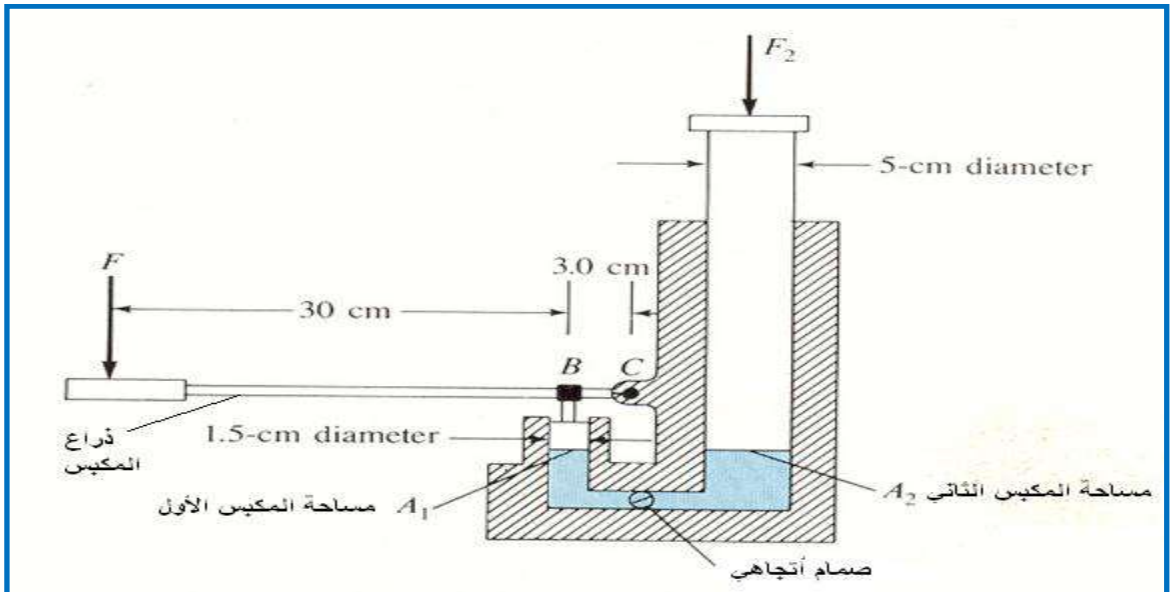
$$F_1 = F_2 = F \quad \rightarrow \quad P_1 \cdot A_1 = F_1 \quad \& \quad P_2 \cdot A_2 = F_2 \quad \rightarrow \quad P_1 \cdot A_1 = P_2 \cdot A_2 \quad \rightarrow$$

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

ويتضح من المعادلة : أن الضغوط تتناسب عكسياً مع المساحات

مثال (1-1)

رافعة هيدروليكية المبينة في الشكل (5-1) 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 (5-1) 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 صفرًا 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 :

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

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

$$F_1 = P_1 A_1 = 1100N$$

$$P_1 = 1100/A_1$$

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

$$P_1 = P_2$$

$$F_2 = P_1 A_2$$

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

مثال (2-1)

في الشكل المبين (4-1) 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 :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{A_2}{A_1}$$
$$\frac{5 \times 10^5}{p_2} = \frac{\frac{\pi}{4} \times (5 \times 10^{-2})^2}{\frac{\pi}{4} \times (10 \times 10^{-2})^2}$$

$$\frac{P_2}{5 \times 10^5} = \frac{0.0025}{0.01}$$

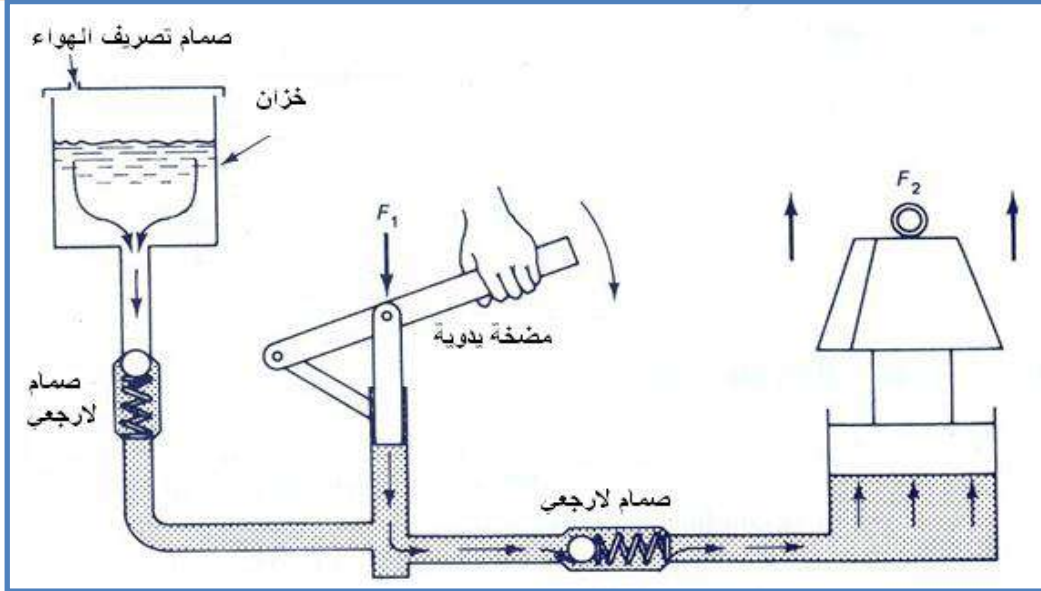
$$P_2 = 1.25bar \quad P_2 = 125000 \text{ n/m}^2$$

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 (6-1) يوضح فكرة عمل الدورة الهيدروليكية البسيطة

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

نوثر 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 ورفع . إذا ظل الحمل الخارجي ثابتاً، ظل الضغط أيضاً 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 (6-1)، 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

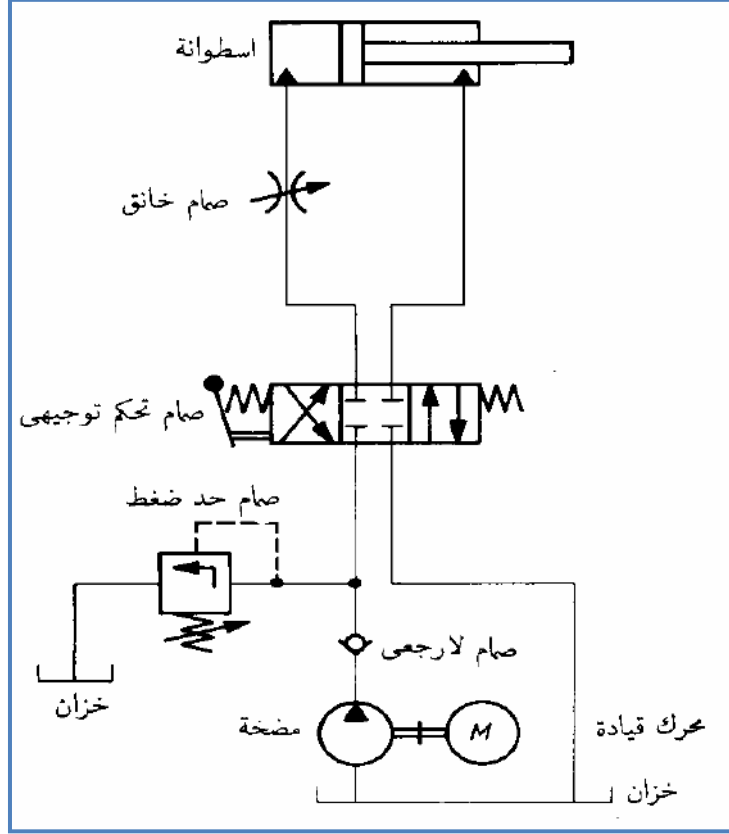
في:

➤ 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 تفاصيل دائرة هيدروليكية بسيطة كما في الشكل (7-1).



شكل (7-1) 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 زمنياً طويلاً.
2. يحتفظ بسيولته عند درجات الحرارة المنخفضة.
3. لا يكون 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، كأنبيب 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

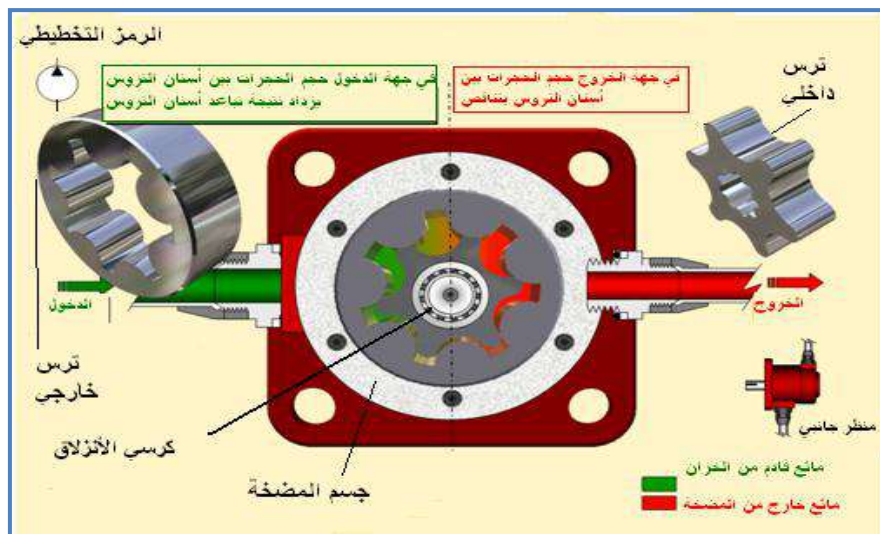
الحجم من (3.5 cc/rev) إلى (100)

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) بالخران، في حين تتصل ناحية الضغط (احمر) بالدوائر الهيدروليكية . كما مبين في الشكل (8-1).

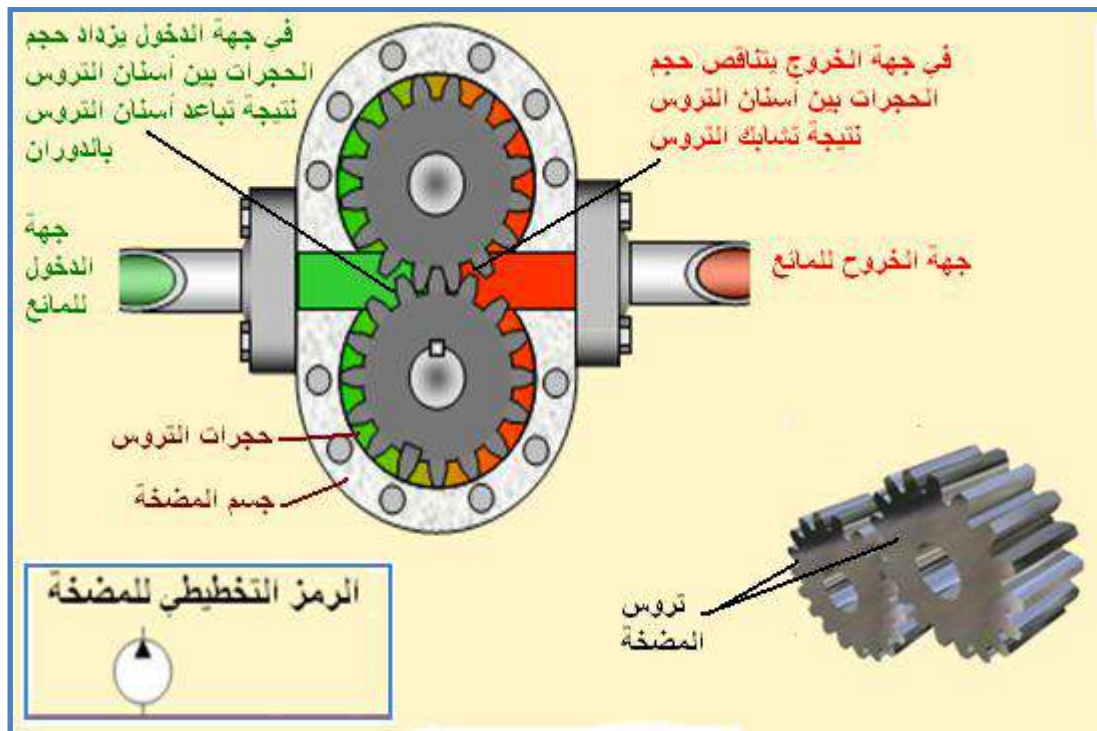


الشكل (8-1) يبين المضخة الترسية ذات التروس الداخلية

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)) . فيملاً 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

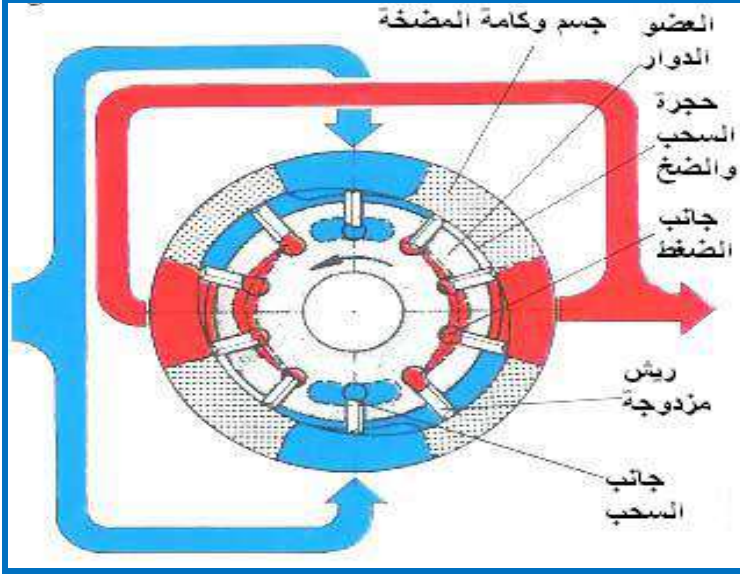
في هذه الحالة تحتوي المضخة على ترسين خارجيين، كما هو موضح في شكل (9-1). يدار الترس الأول في اتجاه معين، مما يؤدي إلى دوران الترس الآخر في الاتجاه المضاد . تتطابق عملية سحب السائل إلى المضخة، في هذه الحالة مع تلك السابق شرحها للمضخة ذات التروس الداخلية. ينتقل السائل في غرف التروس دائرياً، ثم إلى خارج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



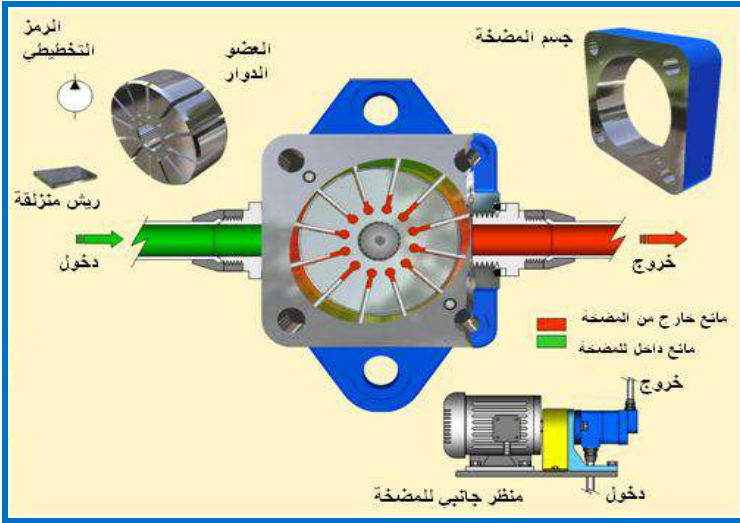
الشكل (9-1) يبين المضخة الترسية ذات التروس الخارجية

Van pump

أ- المضخة الريشية ثابتة الحجم الهندسي



أ



ب

يبين الشكل التوضيحي في (10-1) 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 متتاليين 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- يوضح المدخلين والمخرجين لهيدروليك المضخة

ب- يوضح جمع المداخل والمخارج لهيدروليك المضخة مع

مكونات المضخة

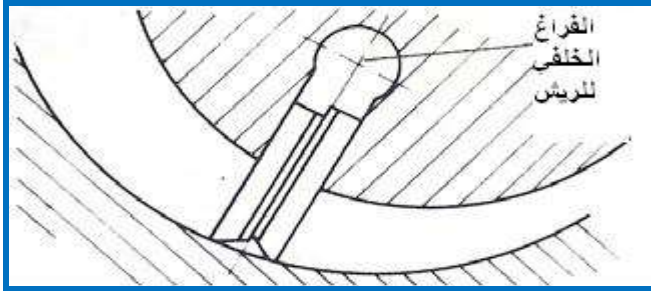
الشكل (10-1) يبين المضخة الريشية ثابتة الحجم الهندسي

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 متتاليين 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 (10-1) أ، ولكن يجمع المدخلان للسائل بمدخل واحد للمضخة، وكذلك الحال بالنسبة إلى المخرجين، كما مبين في الشكل (10-1) 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 الخارج، وبذلك يتحقق إحكام أفضل للتسريب، فضلاً عن الإحكام المزدوج الناشئ عند طرفي الريش.



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

الشكل (11-1) يبين الريش ونهايتها

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

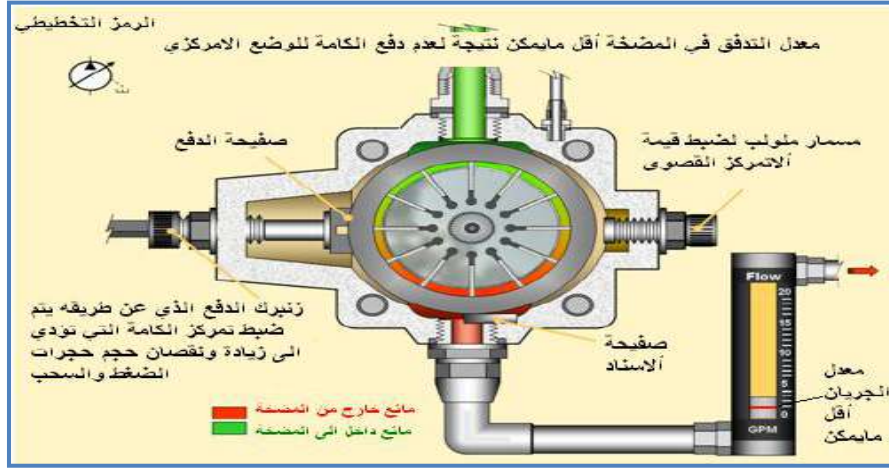
المواصفات الفنية:

الحجم الهندسي من (10 cc/rev) إلى 100
ضغط التشغيل حتى (175 bar)

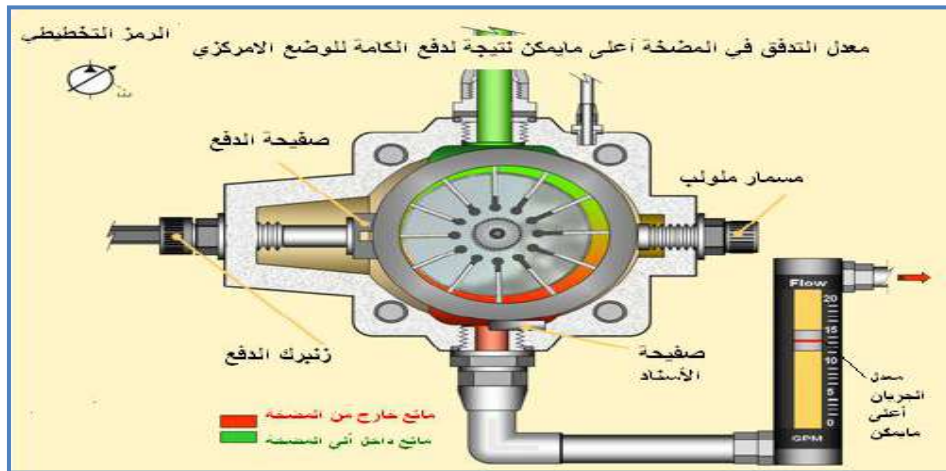
ب- المضخة الريشية متغيرة الحجم الهندسي

في هذا النوع من المضخات يمكن تغيير الحجم الهندسي عند أقصى ضغط تشغيل يتم تحديده. وتتماثل هذه المضخة المبينة في الشكل (12-1) 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 اللاتمرکز القصوى، وبالتالي أقصى حجم هندسي عن طريق مسمار ملولب للضبط .



(أ)



(ب)

أ- عدم دفع الكامة للوضع المركزي ب- دفع الكامة للوضع المركزي
الشكل (12-1) مضخة ريشية متغيرة الحجم الهندسي عند أقل وأعلى معدل جريان

المواصفات الفنية:

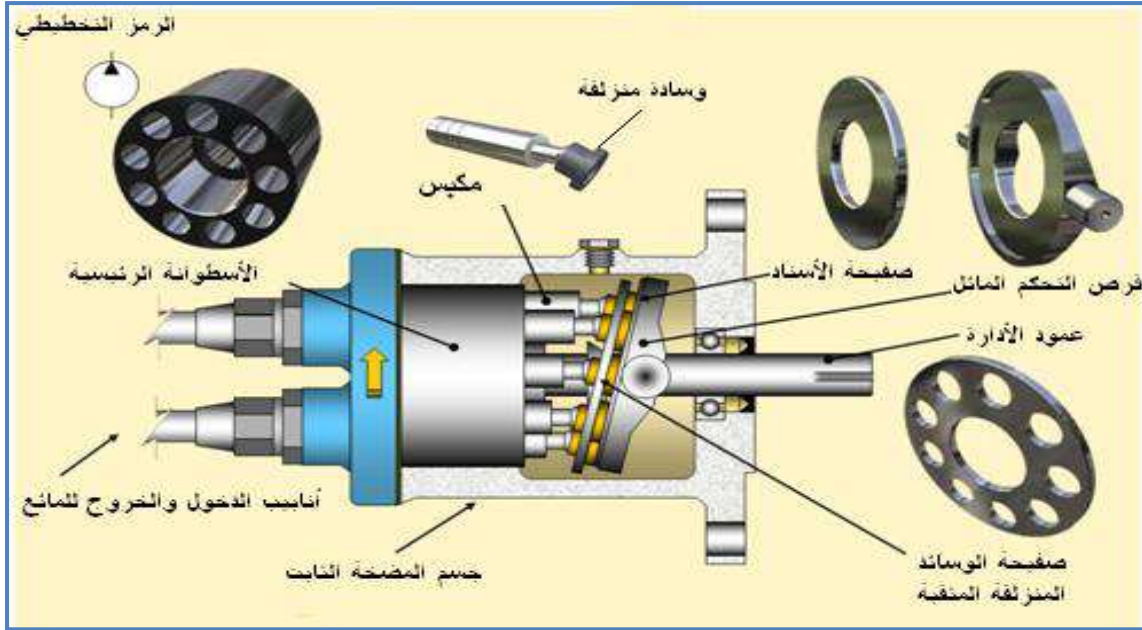
الحجم الهندسي حتى (47 cc/rev)

ضغط التشغيل حتى (100 bar)

3-1-7-1 المضخة المكبسية المحورية:

Axial piston pump

➤ المضخة المكبسية المحورية ثابتة الحجم الهندسي



الشكل (13-1) 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 (13-1). 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

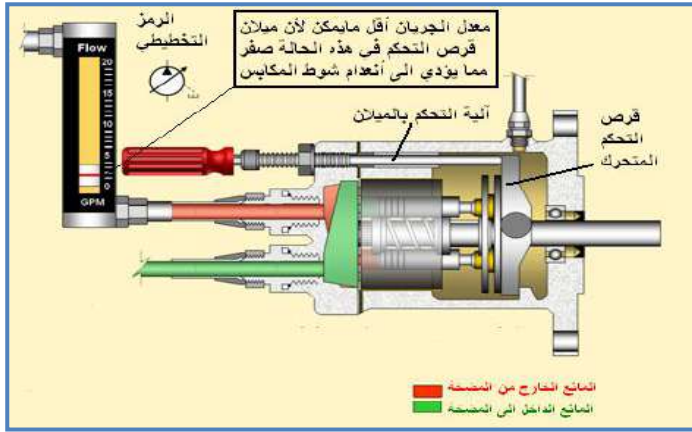
واحتجاز، كما مبين في الشكل (13-1) .

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.

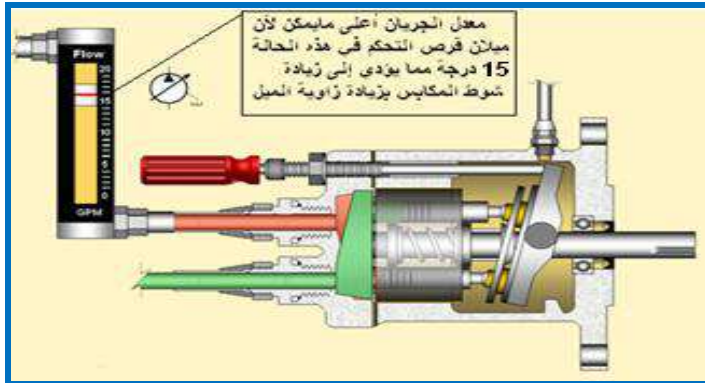
ويتم التحكم في دخول السائل وخروجه من المضخة عن طريق فتحتين، كل منهما بصورة كلية، موجودتين في قرص التحكم، المثبت في الجسم. وتتصل حجرات المكابس في أثناء خروجها من الأسطوانة بناحية السحب، كما مبين في الشكل (1-13)، عن طريق فتحة التحكم، فيتم سحب السائل إلى داخل المضخة. في هذه الأثناء، تتصل غرف المكابس المتحركة 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 للترزيب 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، ويتم 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 صفرًا. وبتغير زاوية ميل القرص من موجبة إلى سالبة أو بالعكس، في

أثناء ثبات اتجاه سرعة دوران المضخة ومقدارها، يتبدل اتجاهها السحب والطرء.

(أ) ميلان قرص التحكم في هذه الحالة صفر

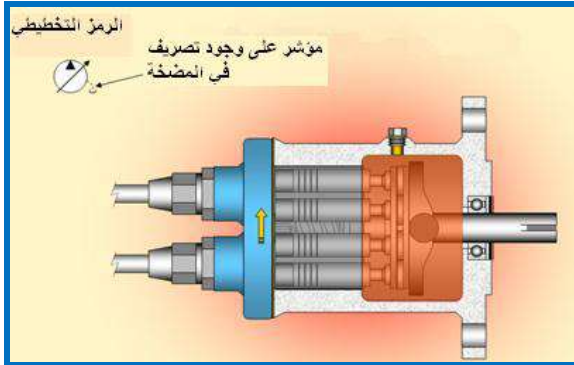
(ب) ميلان قرص التحكم 15 درجة

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

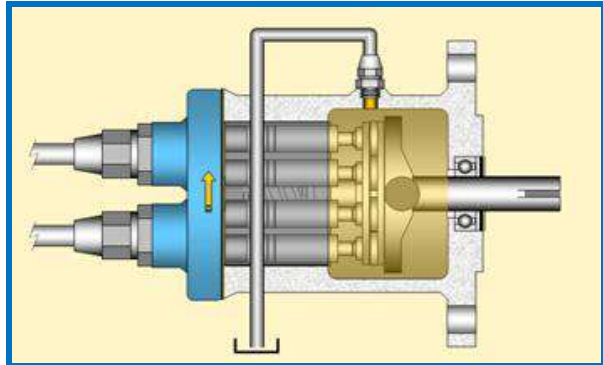
تصريف خزان المضخة المكبسية

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 ينتقل 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 (15-1).



درجة حرارة المضخة أعلى من الحد الطبيعي



درجة حرارة المضخة طبيعية

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

2-7-1 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

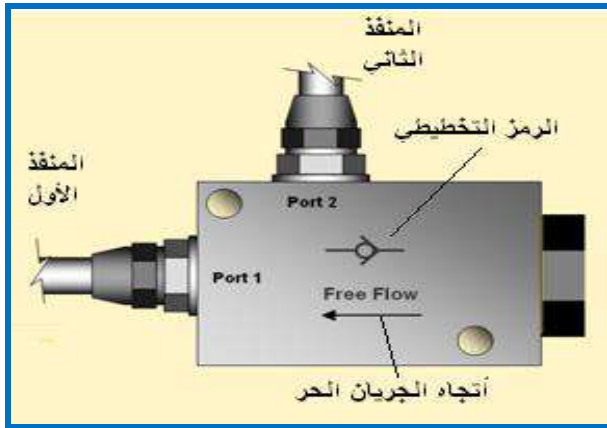
هناك توجد أنواع مختلفة من الصمامات، تختلف أشكالها باختلاف وظيفة كل منها . وفي ما يلي عرض لأنواع الصمامات المختلفة، كل منها على حدة.

1-2-7-1 الصمامات اللارجية:

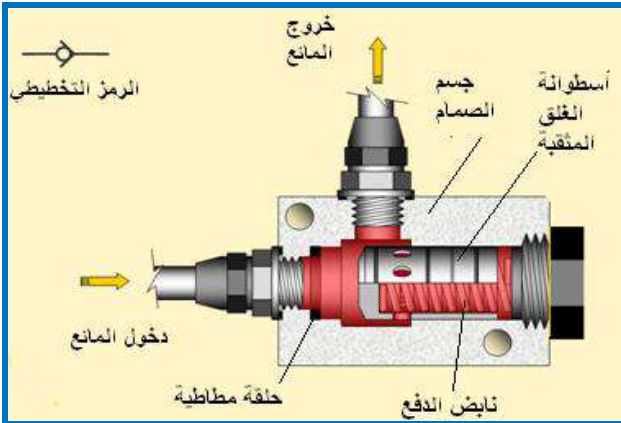
Check Valves

أ- الصمامات اللارجية البسيطة:

Simple check valves

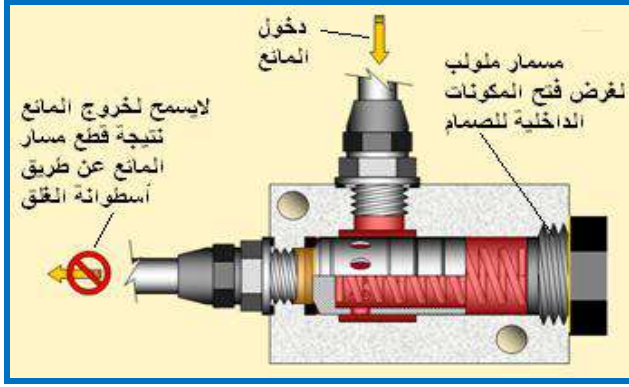


أ- شكل يوضح الصمام اللارجي من دون فتح الغطاء الخارجي مع توضيح المسار الحر للهيدروليك على الغلاف



ب- شكل يوضح جريان المانع في المسار الحر

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 اللارجية. وتوضح مجموعة الأشكال (16-1) رسماً تخطيطياً لمقطع في صمام لارجي 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



ج- شكل يوضح عدم إمكانية جريان المائع في الاتجاه المعاكس

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

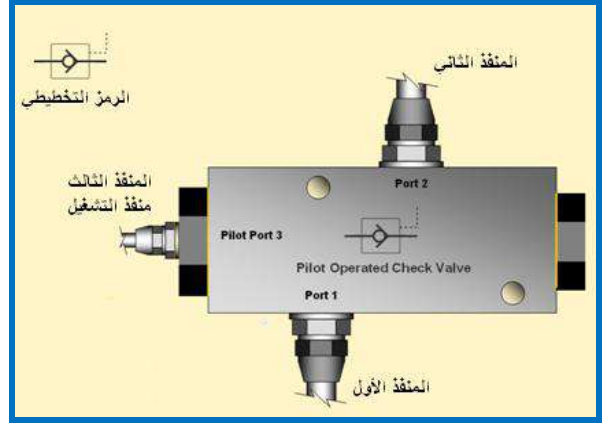
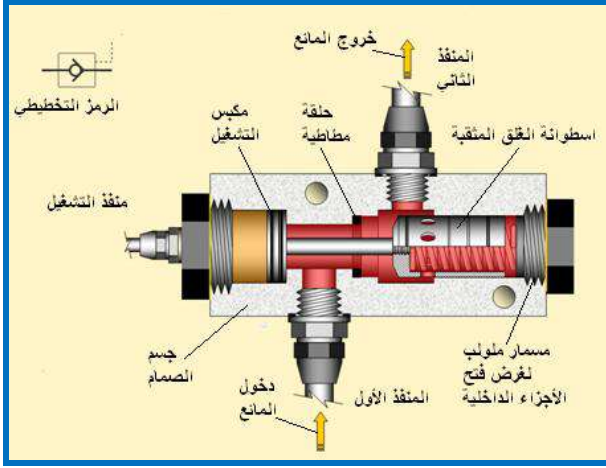
للأسطوانة عن الحلقة المطاطية تحت تأثير ضغط السائل. ويبتعد الرأس المحدب عن المقعد تحت تأثير ضغط السائل مما يسمح للسائل بالسريان من دون عوائق. أما في الاتجاه المعاكس فيقوم كل من النابض وضغط السائل بدفع الرأس المحدب إلى المقعد مما يؤدي إلى غلق الصمام ومنع السريان .

ب- الصمامات اللارجعية مرشدة التشغيل:

Pilot Operated Check Valve

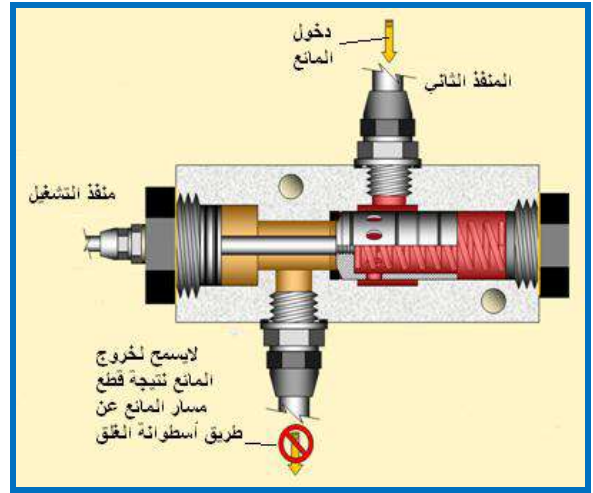
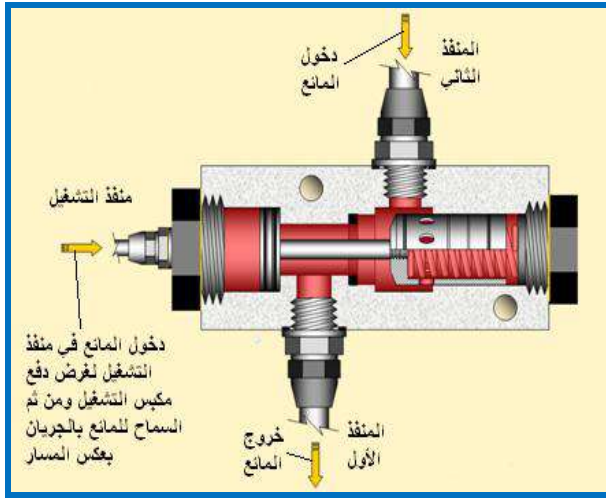
بخلاف الصمامات اللارجعية البسيطة، يمكن فتح الصمامات اللارجعية مرشدة التشغيل، للسماح بمرور السائل في اتجاه الغلق، وذلك تحت تأثير ضغط خارجي يسمى ضغط الإرشاد . وتستعمل هذه الصمامات في الدوائر بهدف :

- إحكام غلق الخطوط المحتوية على سائل ساكن تحت ضغط.
 - منع سقوط الأحمال المرفوعة في حالة كسر المواسير أو قطع الخرطوم.
 - 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).



ب- شكل يوضح جريان المائع في المسار الحر

أ- شكل يوضح الصمام بدون فتح الغطاء الخارجي



د- شكل يوضح إمكان جريان المائع في الاتجاه

ج- شكل يوضح بعدم إمكانية جريان المائع في

المعاكس

الاتجاه المعاكس

الشكل (17-1) يوضح مكونات وآلية عمل الصمامات الالارجعية 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 (17-1).

2-2-7-1 صمامات التحكم في التدفق:

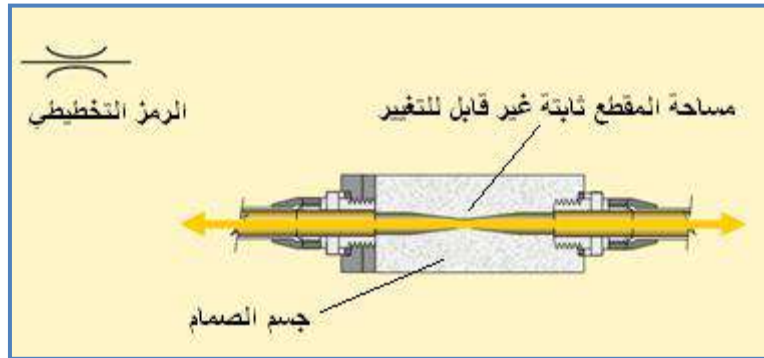
Flow Control Valves

تعمل صمامات التحكم في التدفق على تنظيم سرعة عناصر الآلة المتحركة هيدروليكيًا، 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 التغيير الحاصل في المساحة الذي عن طريقه يتم تغيير التدفق ثابت، أي أن تغيير معدل التدفق ثابت والمائع قابل للجريان من الجهتين، كما مبين في الشكل (18-1)

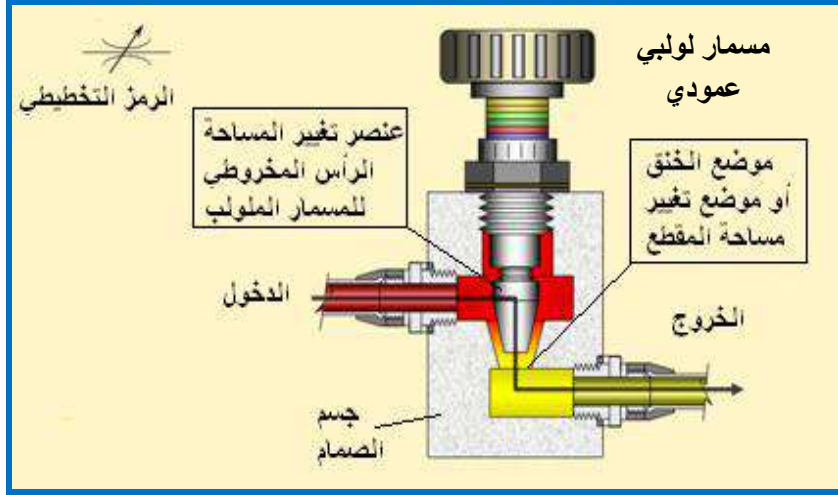


الشكل (18-1) يبين صمام التحكم في التدفق ذا المساحة الثابتة

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 التغيير الحاصل في المساحة الذي عن طريقه يتم تغيير التدفق متغير وقابل للتحكم فيه عن طريق حركة الرأس المخروطي العمودية المبين في الشكل (19-1)، أي أن تغيير معدل التدفق للمائع المار في الصمام قابل للتحكم فيه.

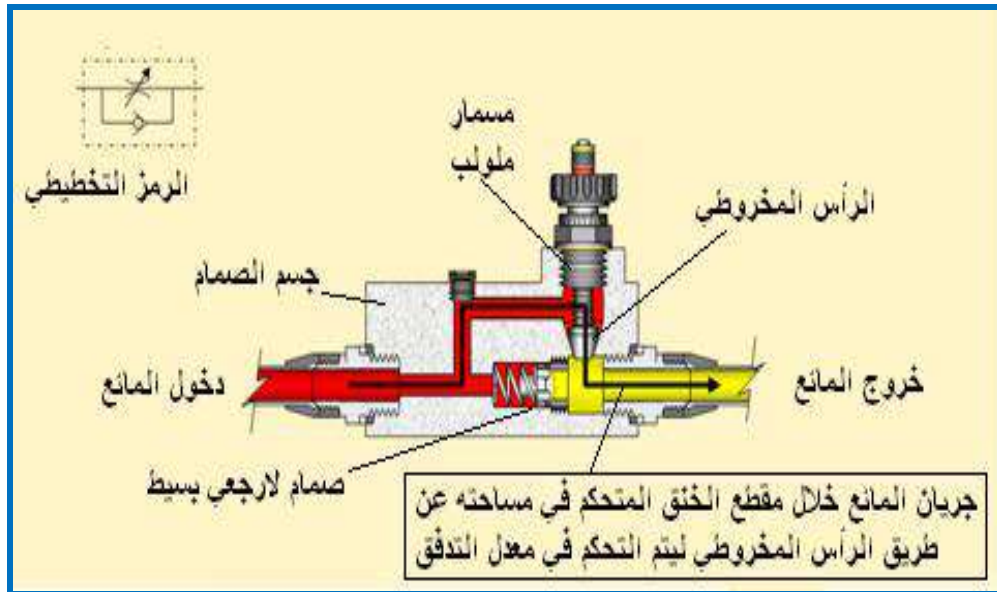


شكل يوضح جريان المائع خلال مساحة المقطع المتغيرة
الشكل (19-1) يبين صمام التحكم في التدفق ذا مساحة المقطع المتغيرة

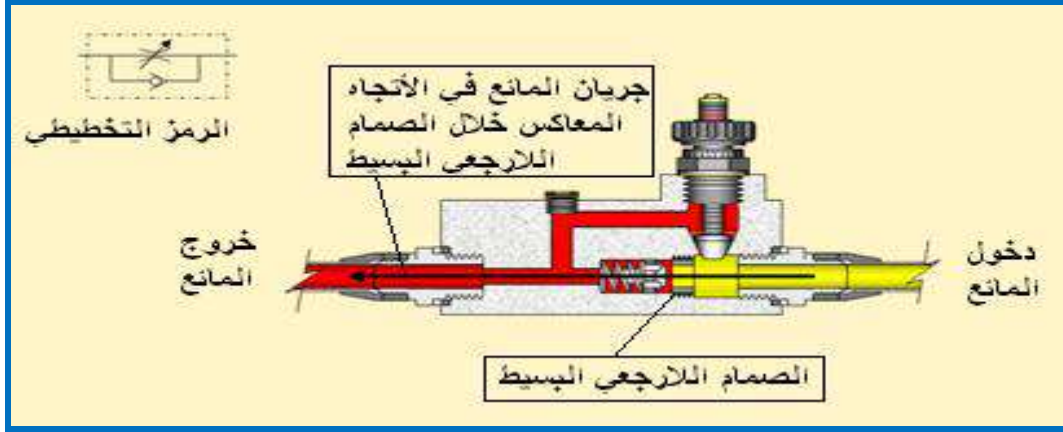
ج- الصمام الخانق / اللارجعي

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 (20-1)، 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 (20-1)، فسوف يمر خلال الصمام اللارجعي بصورة حرة.



شكل يوضح جريان المائع خلال الجزء الذي يتحكم في معدل التدفق



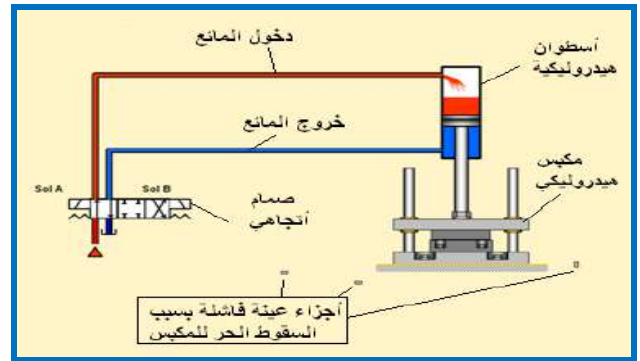
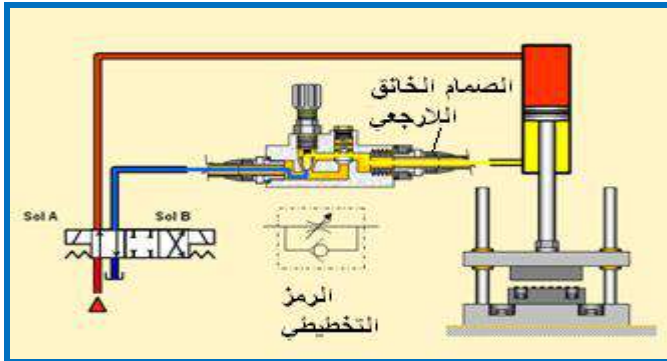
شكل يوضح جريان المائع بصورة حرة ومعاكسة خلال الصمام الالرجعي

الشكل (20-1) يبين الصمام الخائق / الالرجعي

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 (21-1)، 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 الالرجعي.



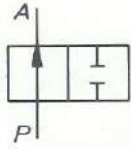
شكل يوضح السقوط المسيطر عليه عن طريق الصمام

شكل يوضح السقوط الحر للمكبس الهيدروليكي

الشكل (21-1) يمثل أحد تطبيقات الصمام الخائق / الالرجعي

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 ووضعتي التوصيل يسمى صمام 2 / 2 .



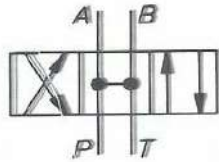
الرمز

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

(P) = فتحة خط الضغط (فتحة المضخة)

(T) = فتحة الخزان

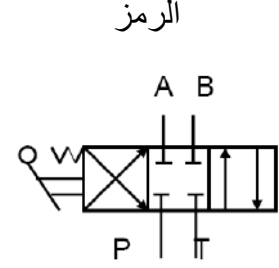
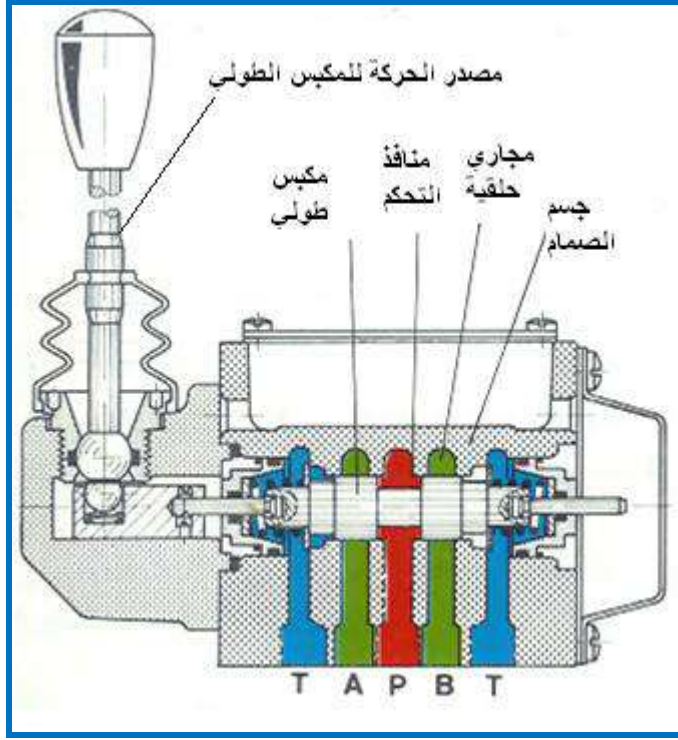
(A&B) = فتحتا المستعمل



الرمز

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

ويبين الشكل (1-22) مثلاً لصمام اتجاهاً كما مبين.



الشكل (1-22) يبين مثالا لصمام تحكم اتجاهي

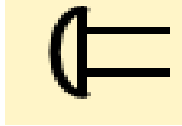

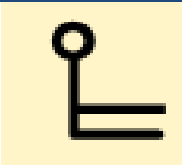

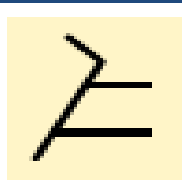
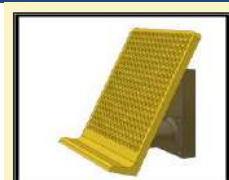
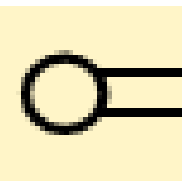

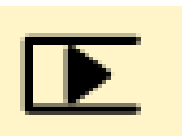
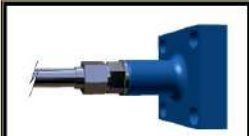

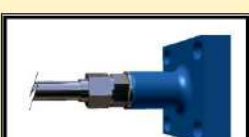
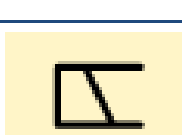



إذ يتم تشكيل مجارٍ حلقيّة (عادة في أثناء السباكة حول تجويف طولي بالجسم، وعند تقاطع سطح التجويف الطولي مع سطح المجاري الحلقيّة تتكون منافذ التحكم بالجسم، ويوضع بداخل التجويف الطولي مكبس طولي انزلاقي قابل للحركة عن طريق مصدر حركة (مصدر الحركة في الشكل عبارة عن مصدر ميكانيكي وهي عتلة ميكانيكية) إذ يتم تحريك 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 الحلقيّة 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

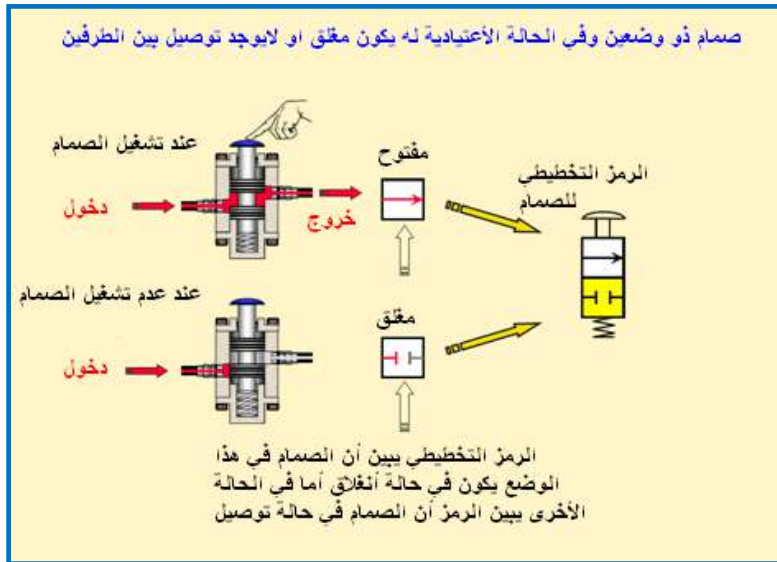
ملاحظات إضافية	نوع مصدر الحركة		الرمز	الشكل
مصادر حركة يدوية عامة	ضغط مباشر	Push button		
	العتلة	lever		
	القدم	foot		
	ميكانيكية	Mechanical		
	هيدروليكية	HYD. PILOT		
	هوائية	PNEU.PILOT		
	كهربائية	SOLENOID		
	نابض	spring		

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 أقسام وهي

1- وضعان للتوصيل

يملك 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 .

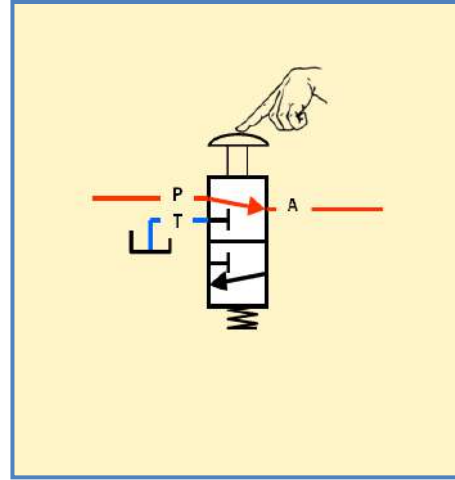
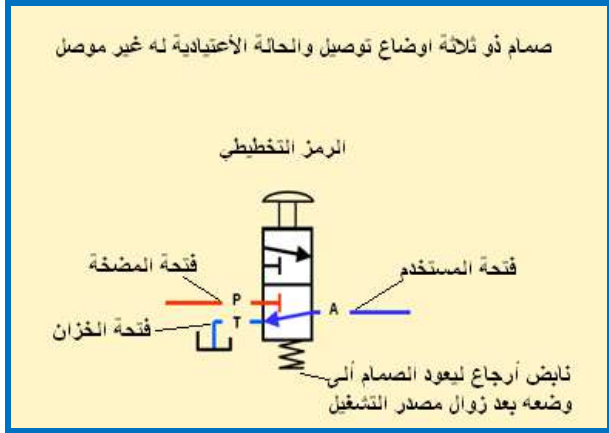


الشكل (1-23) يبين الصمام الذي يمتلك وضعين لتوصيل المائع

2- ثلاثة أوضاع للتوصيل

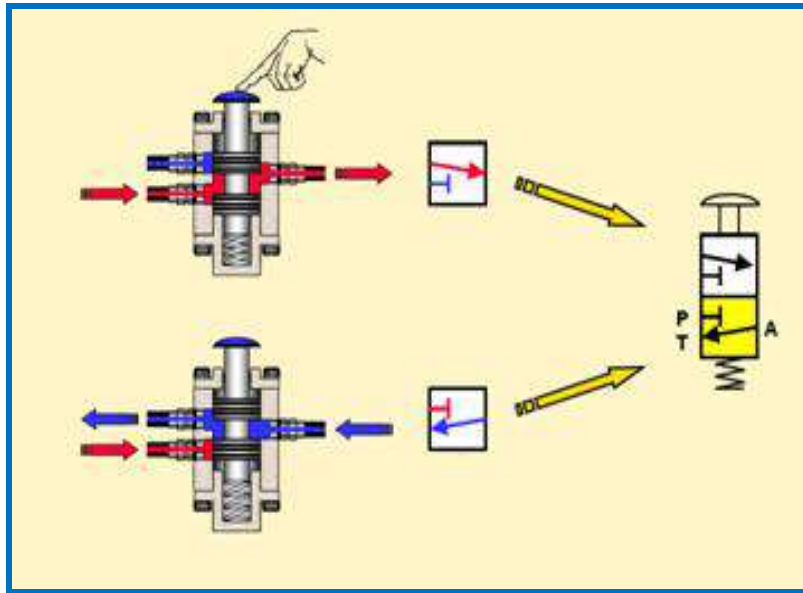
في هذا النوع من الصمام المبين في الشكل (1-24) يتكون من ثلاثة منافذ، وهي فتحة المضخة، وفتحة الخزان، وفتحة المستخدم ففي حالة عدم التشغيل (أي الحالة الاعتيادية له) سوف يتم توصيل فتحة المستخدم مع فتحة الخزان، وبذلك سوف يعود الهيدروليك إلى الخزان، وفتحة المضخة سوف تكون مفصولة، أما في حالة الضغط على الصمام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

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



(ب)

(أ)



(ج)

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

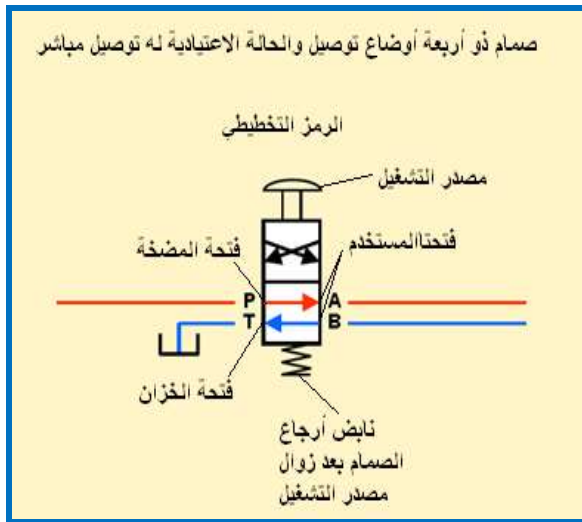
الشكل (24-1) يبين صماماً ذا ثلاثة أوضاع للتوصيل

3- أربعة أوضاع للتوصيل

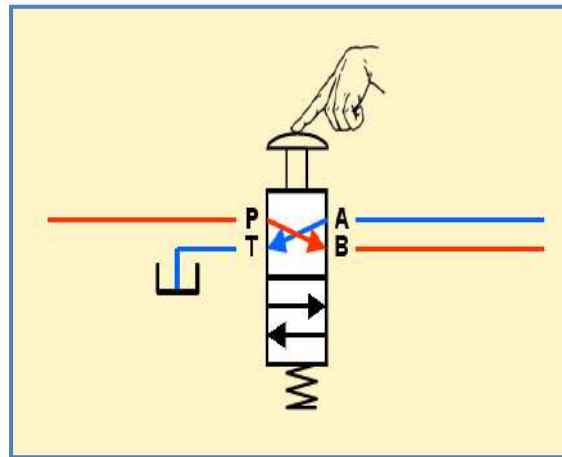
في هذا النوع من الصمامات المبين في الشكل (25-1) يتكون من أربعة منافذ، منها اثنان تابعان للمستخدم، وواحد للمضخة، وواحد لفتحة الخزان، ففي الحالة الاعتيادية إذا كان الصمام في حالة التوصيل المباشر أي قبل التشغيل، فسوف يتم إيصال فتحة المضخة (P) مع فتحة المستخدم (A) ومن

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 متعكسة، 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.

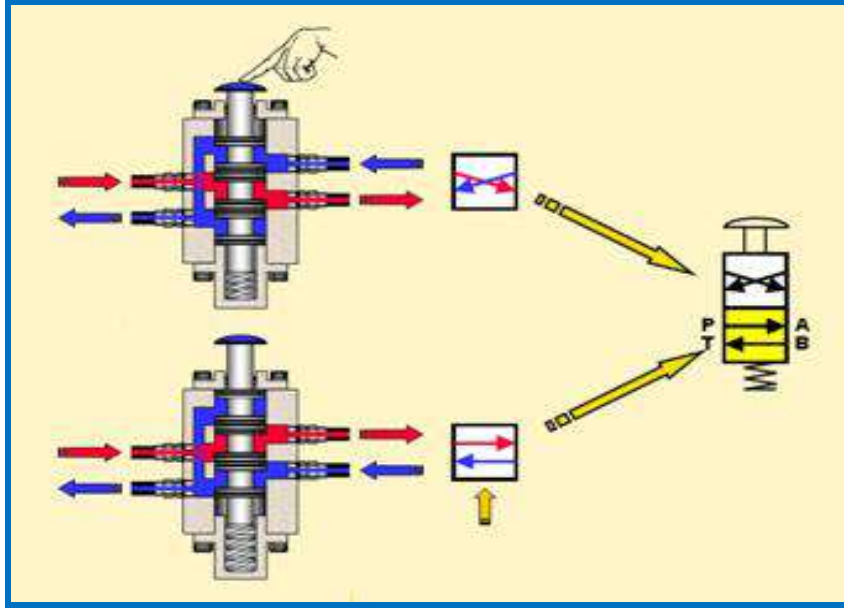
ويمكن عكس العملية كلها، أي في حالة عدم التشغيل يكون بصورة متعكسة، ومن ثم بعد التشغيل يكون بصورة متوازية. وفي هذا النوع من الصمام يمكن أن تكون حركة المكبس الانزلاقي الطولي بصورتين أما (بموقعين للحركة أو ثلاثة مواقع للحركة) التي تم شرحها في الشكل (1-25) هو حركة المكبس بموقعين، أما لثلاثة مواقع فسوف يتم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



(ب)



(أ)



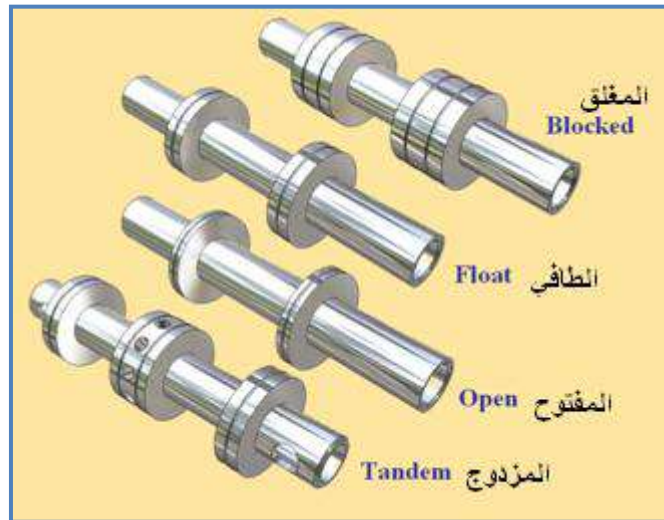
(ج)

أ- بعد التشغيل ب- قبل التشغيل ج- عند جمع الحالتين في رمز واحد
الشكل (25-1) يبين صماماً ذا ثلاثة أوضاع توصيل

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

Valve spools kind & its operation

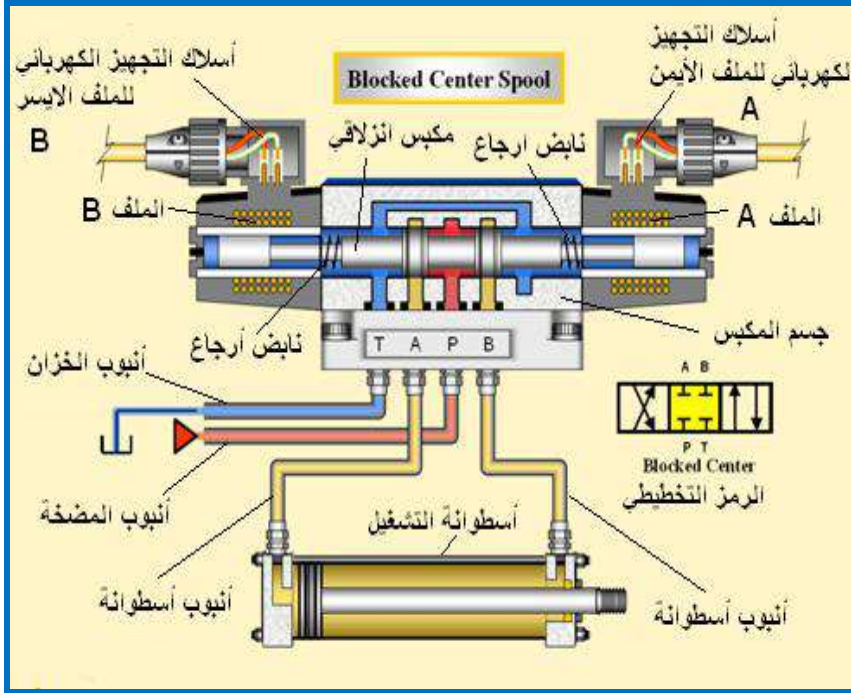
للمكبس الانزلاقي أربعة أنواع، كما مبين في الشكل (26-1) وهي (open، tandem ، float & blocked) مصنفة على أساس وضع التوصيل المركزي، أما بالنسبة إلى آلية عمل كل واحدة فهي كما يأتي:



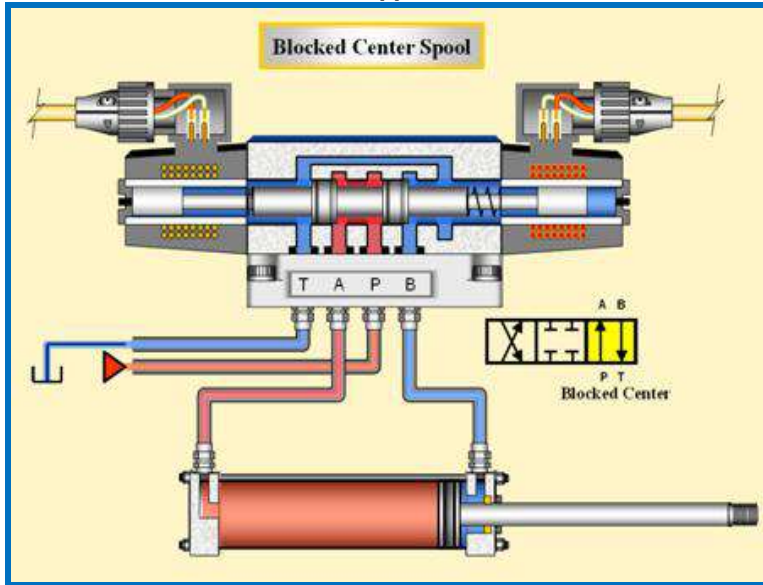
الشكل (26-1) انواع المكبس الانزلاقي

1- مكبس مغلق للتوصيل المركزي

Blocked center spool



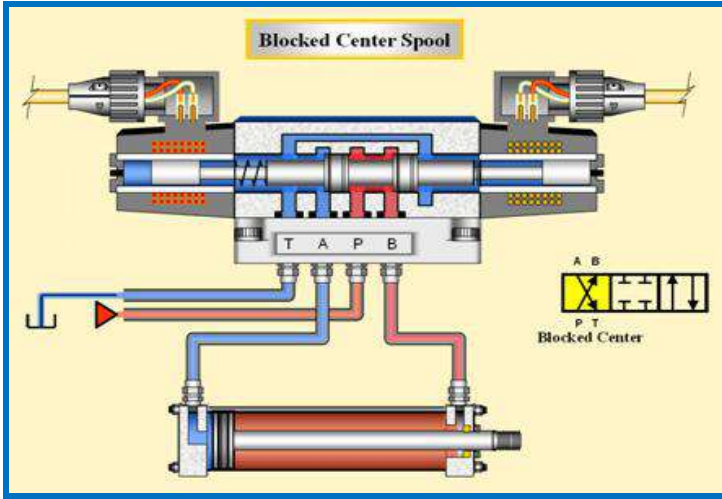
(أ)



(ب)

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 (27-1)، 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



(ج)

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

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

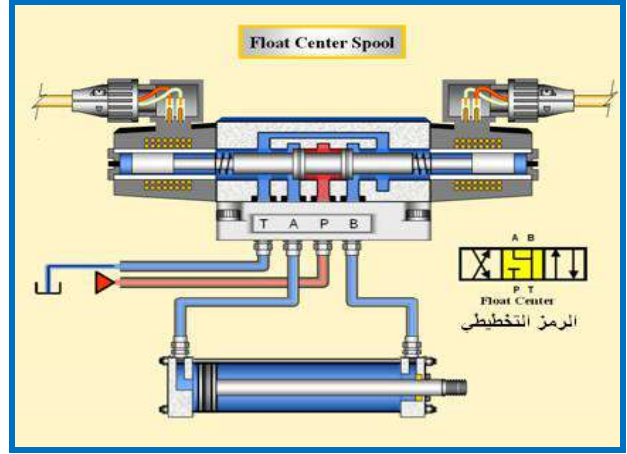
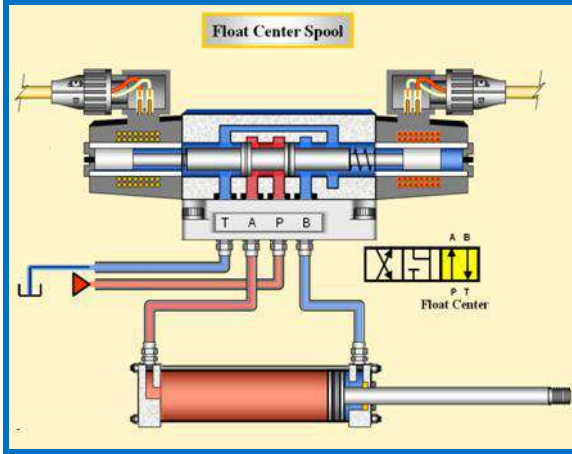
(Blocked center spool)

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 بنحو متعاكس، ومن ثم سوف تتحرك الاسطوانة الهيدروليكية بالعكس.

2- المكبس الطافي للتوصيل المركزي

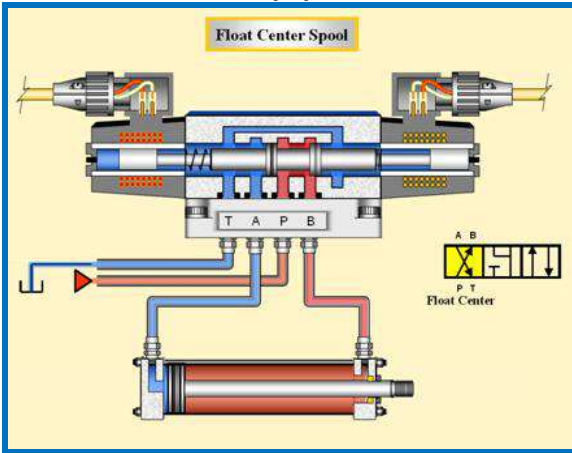
Float center spool

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 منفذ الاسطوانة الهيدروليكية ولكن في حالة الموضع الأيمن والأيسر لن يختلف مع الصمام السابق من ناحية آلية العمل.



(ب)

(أ)



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)

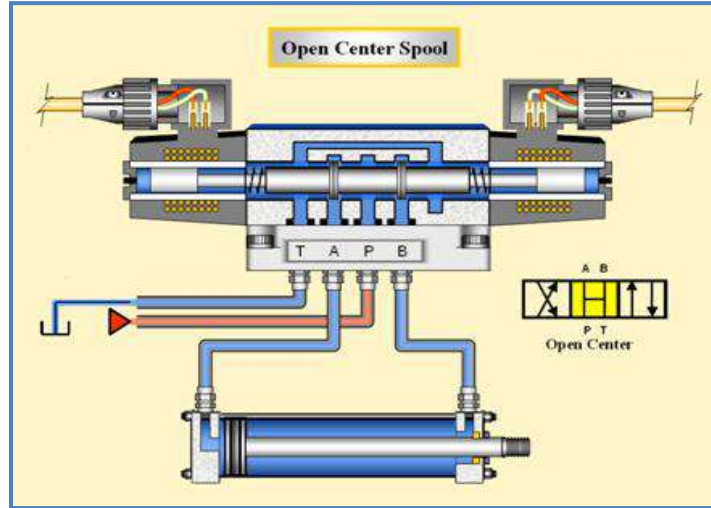
(ج)

الشكل (28-1) 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 (29-1).

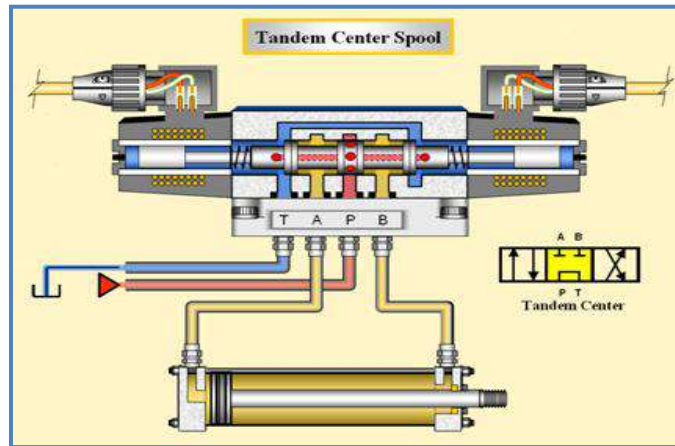


الشكل (29-1) يوضح الصمام الاتجاهي الذي يحتوي على مكبس من نوع
(open center spool)

4- المكبس المزدوج للتوصيل المركزي

Tandem center spool

الصمام الذي يحتوي على هذا المكبس لا يختلف من ناحية العمل مع بقية الأنواع 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 (30-1).



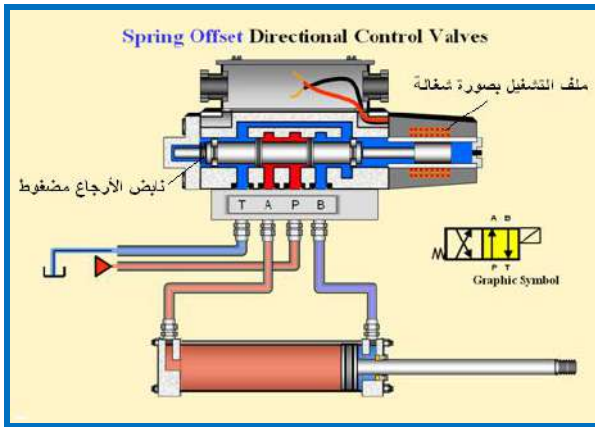
الشكل (30-1) يوضح الصمام الاتجاهي الذي يحتوي على مكبس من نوع
Tandem center spool

Valve springs & its operation

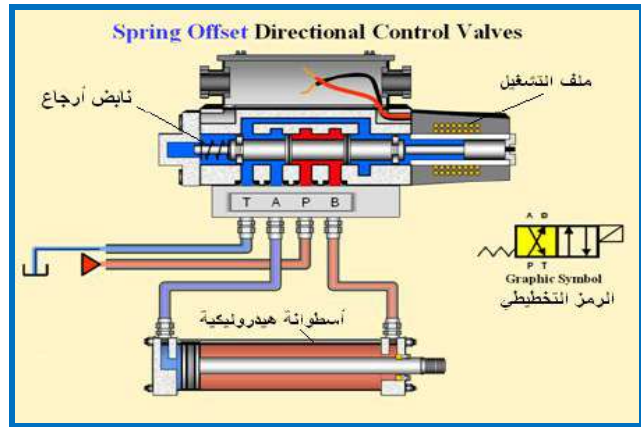
نوابض الإرجاع موجودة في الصمامات الاتجاهية على جانبي المكبس الانزلاقي لغرض دفع المكبس ليعود إلى وضعه الأصلي بعد زوال مصدر الدفع للمكبس ، ويوجد النابض في الصمامات على ثلاث أنواع وهي:

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 بنحو عكسي، وبعد تشغيل الملف سوف يتحرك المكبس الانزلاقي إلى جهة اليسار، وبالتالي سوف ينضغط نابض الإرجاع، وسوف تربط المنافذ بنحو متوازٍ . وعند إطفاء الملف سوف تزول قوة الدفع على المكبس، وبالتالي سوف تدفع القوة الكامنة الموجودة في النابض المكبس ليعود إلى موقعه الأصلي.



ب- بعد تشغيل الملف



أ- قبل تشغيل الملف

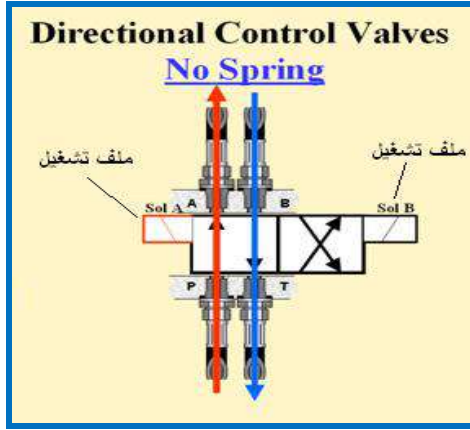
الشكل (1-31) يوضح موضع صمام الإرجاع على الجانب الأيسر من الصمام

ب- نابض إرجاع على جانبي المكبس

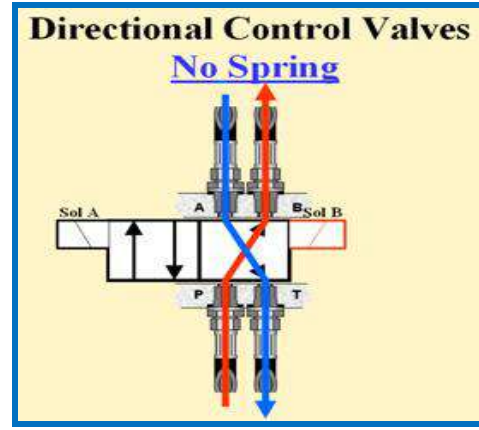
في هذا النوع من الصمامات سوف يكون موقع نابض الإرجاع على جانبي المكبس، وغالباً ما تكون الصمامات التي تمتلك نابض إرجاع على جانبي المكبس ذات ثلاثة مواضع، كما وضحت سابقاً، إذ سوف يكون عمل النابضين هو عودة المكبس إلى الحالة الوسطية بعد زوال دفع ملف التشغيل الموجودين على الجانبين.

ج- عدم وجود نابضى 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.



ب- الملف الأيسر في حالة عمل



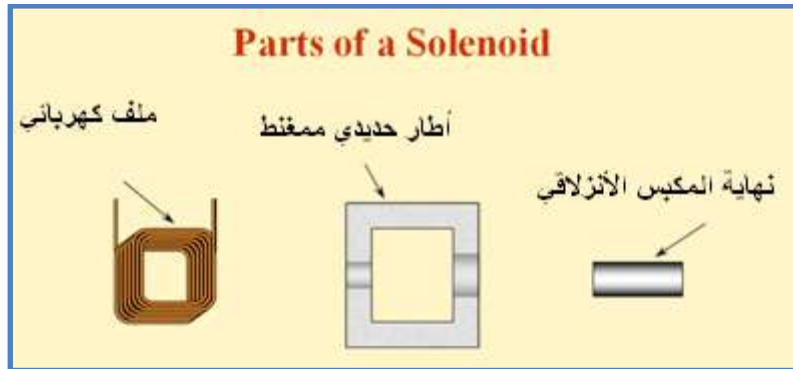
أ- الملف الأيمن في حالة عمل

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

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

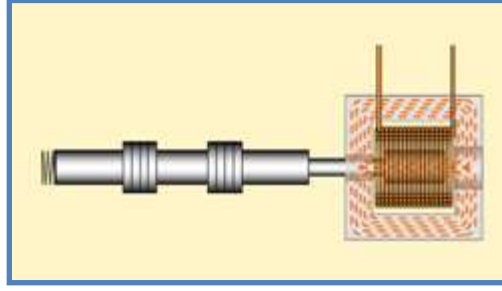
Parts of a solenoid & its operation

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.

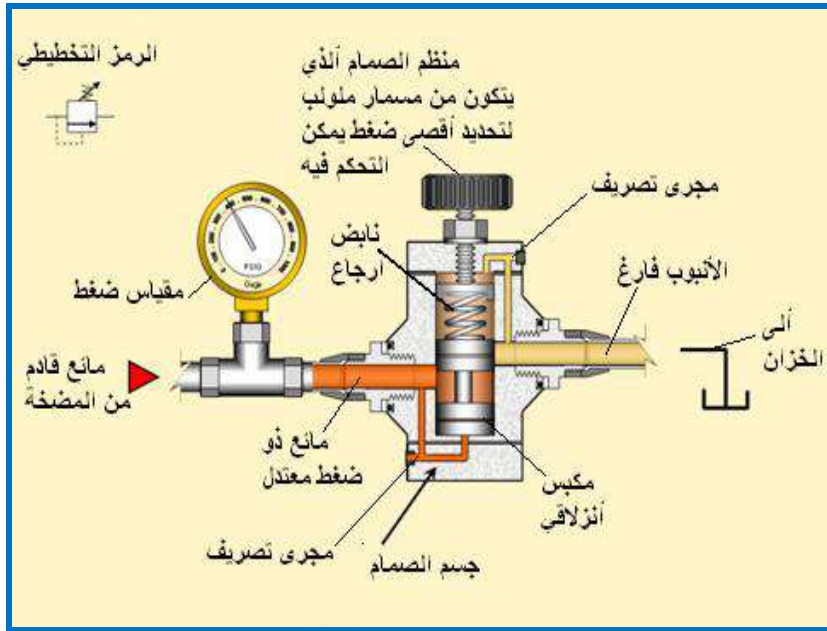


الشكل (34-1) آلية عمل ملف التشغيل

4-2-7-1 صمامات التحكم بالضغط:

Pressure Control Valves

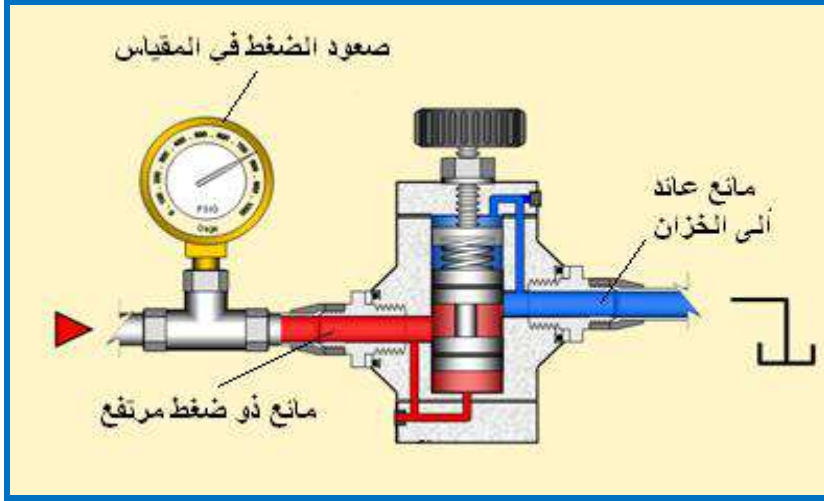
تعمل صمامات الضغط على التحكم في ضغط الزيت داخل المجموعة الهيدروليكية. أو تعمل على تثبيت الضغط داخل المجموعة الهيدروليكية وكصمام أمان، إذ عند زيادة ضغط الزيت عن قيمة معينة، ينساب جزء منه عائداً إلى الخزان ليظل ضغط التشغيل ثابتاً.



ويبين الشكل (35-1)

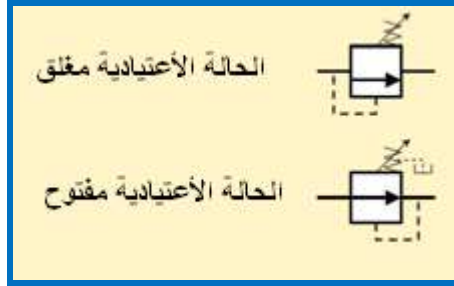
مكونات الصمام وآلية عمله، إذ عند صعود الضغط في المنظومة الهيدروليكية نتيجة عدم استهلاك المستخدم للسائل الهيدروليكي المندفَع من المضخة بسبب توقفه مثلاً يؤدي ذلك إلى دفع المكبس الانزلاقي الموجود في الصمام الذي بدوره سوف يدفع نابض الإرجاع الذي

أ- قبل صعود الضغط



ب- بعد صعود الضغط

الشكل (35-1) يبين صمام التحكم بالضغط



الشكل (36-1) يبين الأوضاع الاعتيادية للصمام

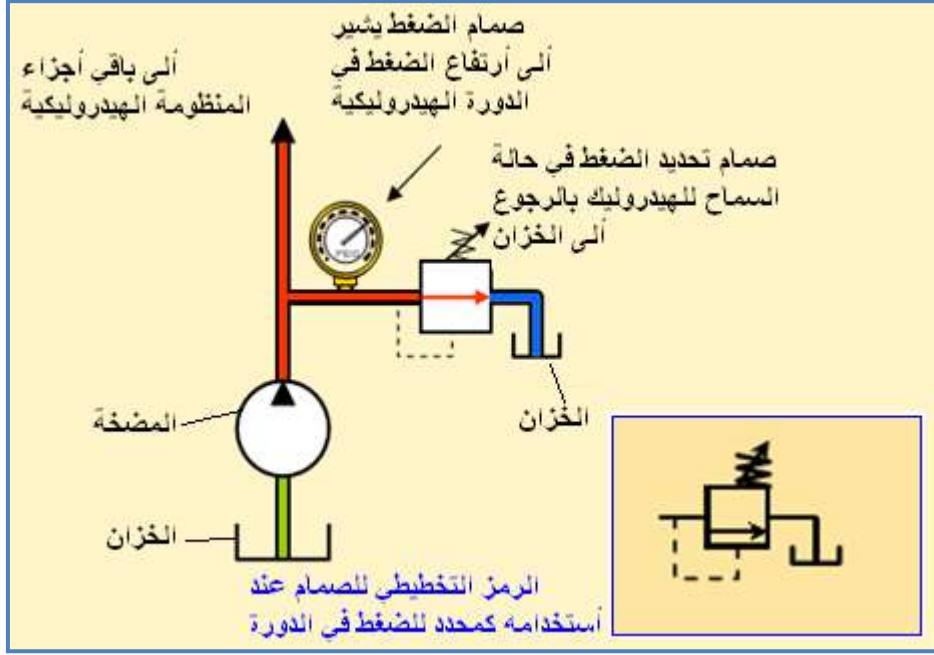
ستكون قوته مصممة على أساس أقصى قيمة للضغط مسموح فيه بالدورة الهيدروليكية، عند ذلك سوف يبدأ تدفق السائل خلال الصمام عائداً إلى الخزان إلى حين يعود الضغط في المنظومة الهيدروليكية إلى قيمته الاعتيادية، وقد يكون الصمام في الحالة الاعتيادية مغلقاً، وعند صعود الضغط يفتح إلى المجرى أو بالعكس، مثلما يوضح الشكل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

وللصمام تطبيقات عديدة، ومنها :

1- تحديد الضغط في الدورة 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.

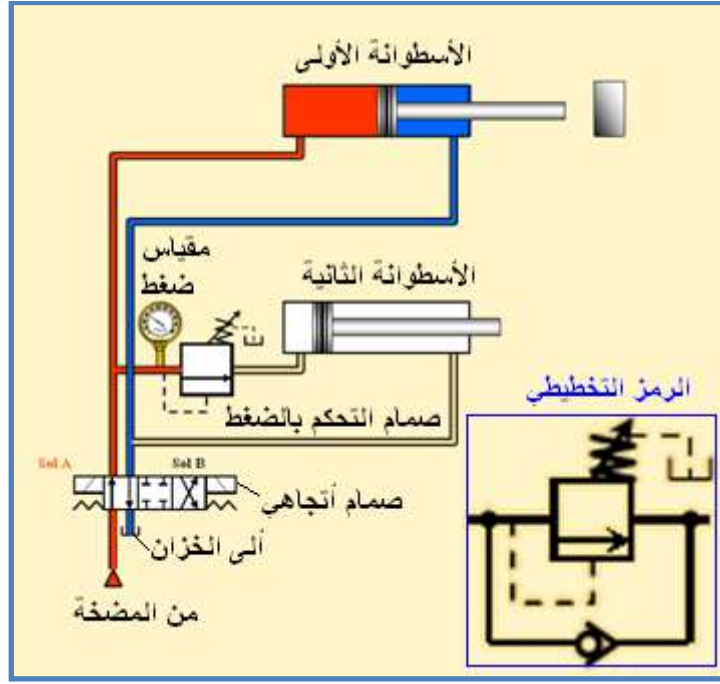


الشكل (1-37) يبين كيفية تحديد الضغط في الدورة الهيدروليكية

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 بنحو 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

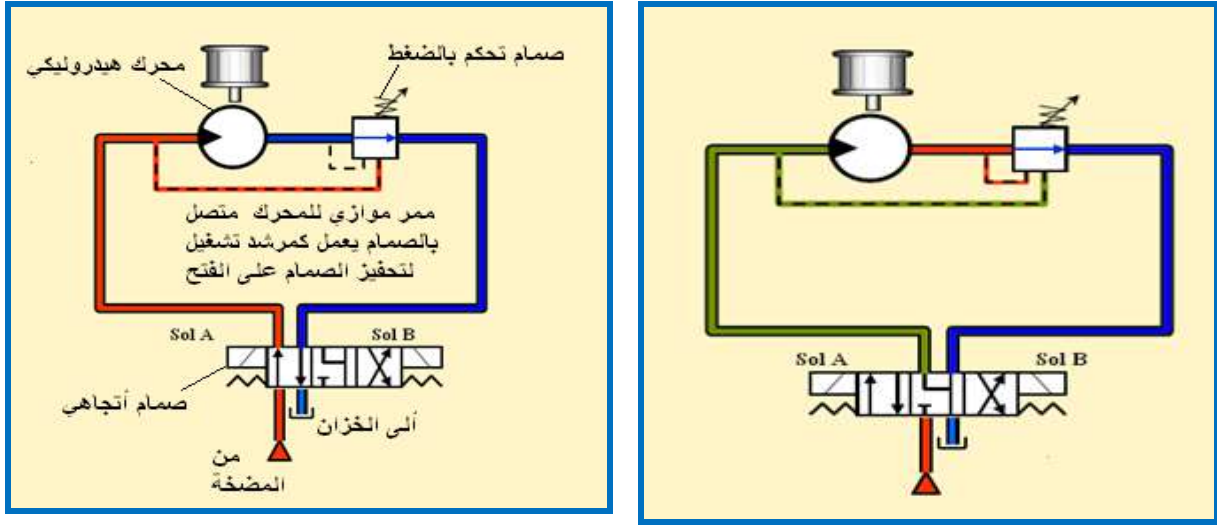
وهو استعمال مشابه للدائرة الموجودة في الشكل (1-21)، إذ تم استعمال الصمام اللارجعي سابقاً، ولكن هنا سوف يتم استعمال الصمام الخائق / اللارجعي، إذ سوف لن يسمح بنزول المكبس الهيدروليكي بسرعة مما يؤدي إلى فشل العينة وتقطيعها نتيجة الكبس السريع، وسوف يعمل الصمام على تجزئة عمل المكبس مما يؤدي إلى نزوله بنحو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

4- صمام إيقاف

Break valve

في هذه الدائرة الهيدروليكية يعمل الصمام ككباح 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 تشغيل المحرك

عند إيقاف المحرك

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

3-7-1 أسطوانات التشغيل

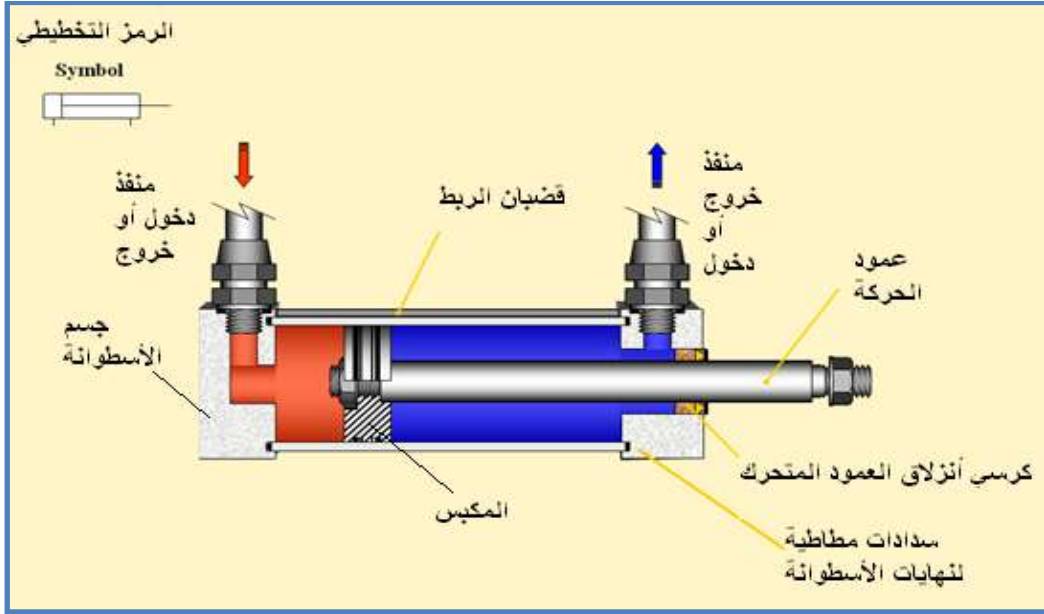
Operation cylinders

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 (40-1) مكونات الأسطوانة الهيدروليكية

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

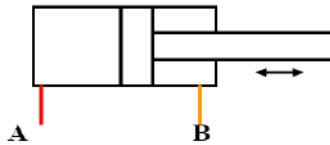
1- أسطوانة ذات ذراع كباس من جانب واحد ومزدوجة الفعل

Single rod double acting

يمكن للأسطوانات مزدوجة الفعل، المبينة في الشكل (40-1)، 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 للمكبس

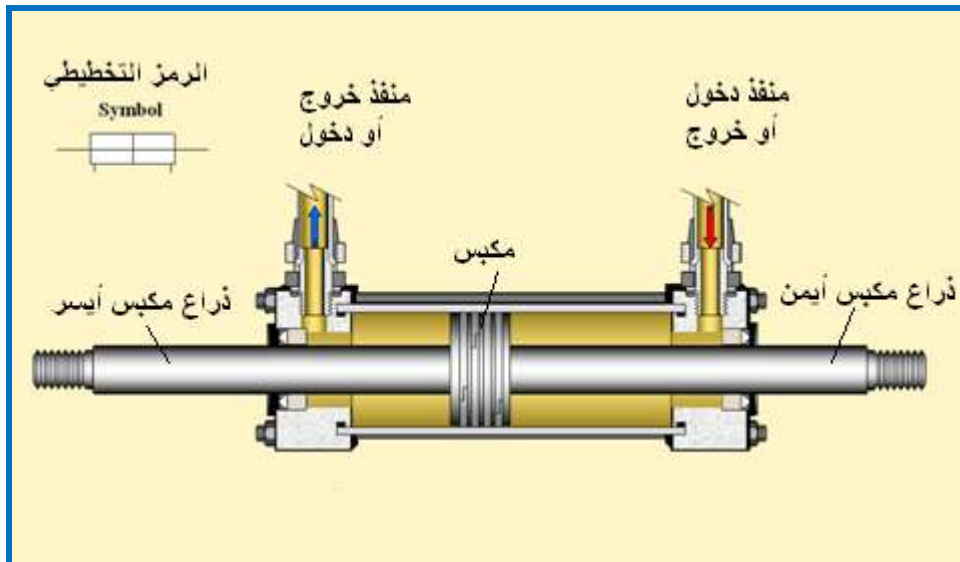
وهذا يعني أن القوى المتاحة عند الحركة للخارج تكون أكبر من القوى المتاحة عند الحركة للداخل. وفي ما يتعلق بالأحجام . فإن الطول الذي يجب ملؤه بالزيت في أثناء الشوطين يكون واحداً. ونظراً لاختلاف مساحة المقطع الفعالة في أثناء شوط الخروج عنه في أثناء شوط الرجوع يختلف حجم الزيت الذي يملأ الأسطوانة في أثناء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

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 .

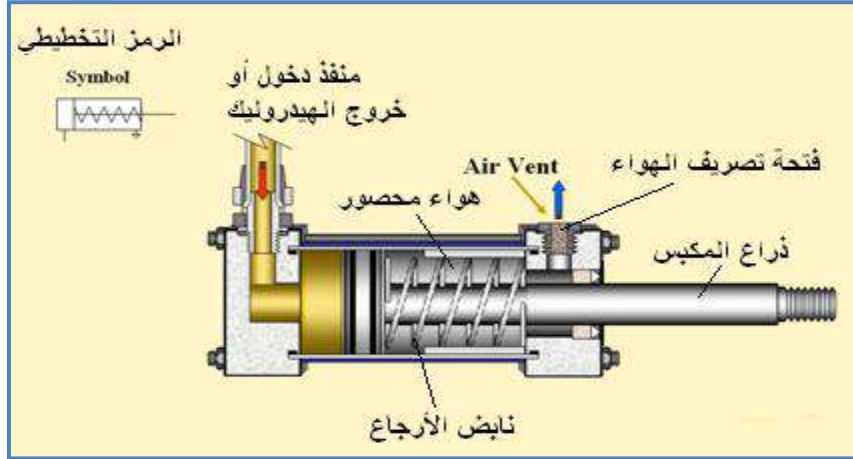


الشكل (1-41) يبين أسطوانة ذات ذراع مكبس عند كل جانب مزدوجة الفعل

3- أسطوانة ذات نابض إرجاع مفردة الفعل:

Single Acting Spring Return:

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

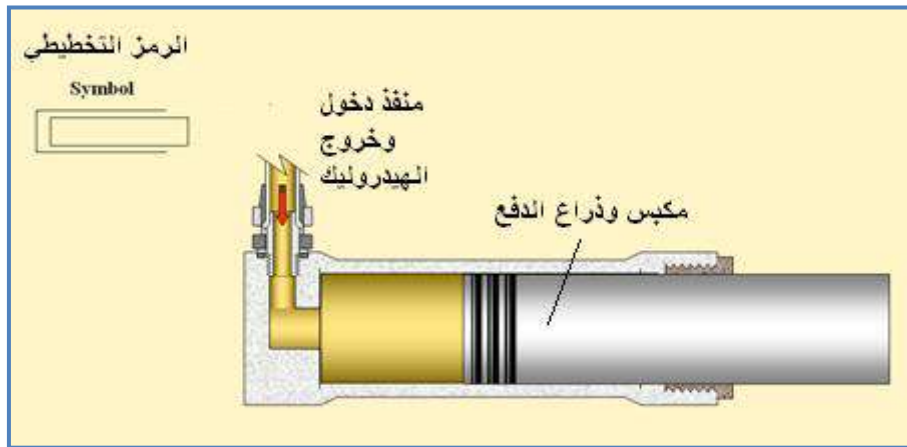


شكل (42-1) يبين أسطوانة ذات نابض إرجاع

4- الأسطوانة الدافعة ومفردة الفعل:

Single Acting Ram cylinder

تتميز هذه الأسطوانة، المبينة في شكل (43-1)، 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.



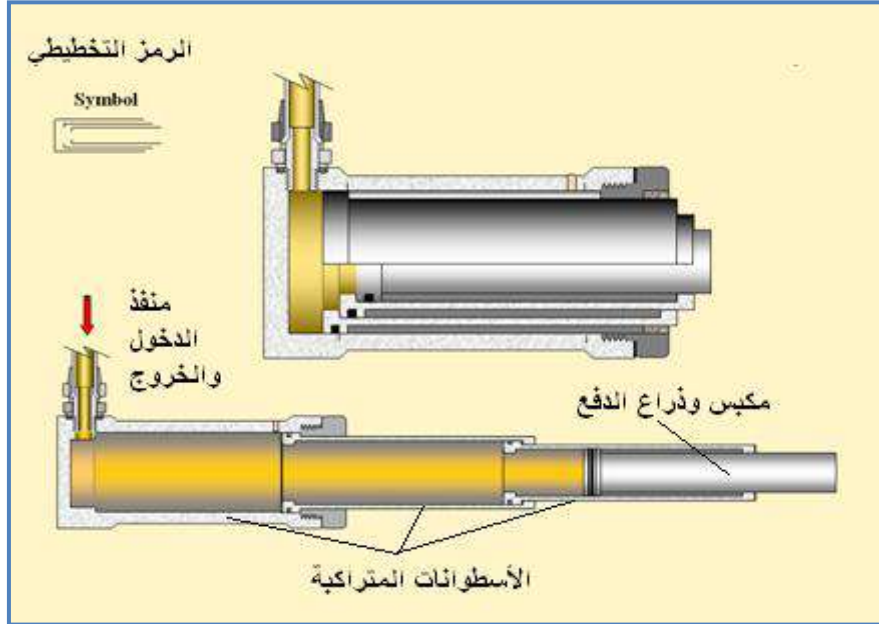
شكل (43-1) يبين الأسطوانة الدافعة

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 أنواعها 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 أنواعها الخاصة بهندسة السفن.

Graphic Symbol



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 بوظائف متعددة في الدوائر الهيدروليكية .
- يمكن استعمال المراكم كـ **مخزن 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 المرمك 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 المرمك، الذي يدفع سائلاً الى الدائرة . وبذلك يساعد المرمك على تجنب استعمال مضخة كبيرة ومحرك قيادة كبير لمواءمة المتطلبات في المدد القصيرة ، كما يسهم في توفير في الطاقة المستهلكة .
 - ويمكن استعمال المرمك كـ **وحدة طوارئ** تعمل على إنهاء عملية قد بدأت بالفعل عند تعطل المضخة أو المحرك .
 - وقد يستعمل **لتعويض التسريب** من الدائرة ، وبذلك يتم الاحتفاظ بالضغط المرتفع لمدد طويلة .
 - ويستعمل أحياناً **لموازنة التغيرات في الحجم** الناجمة عن تغير درجة الحرارة، ولا سيما في الدوائر المغلقة .

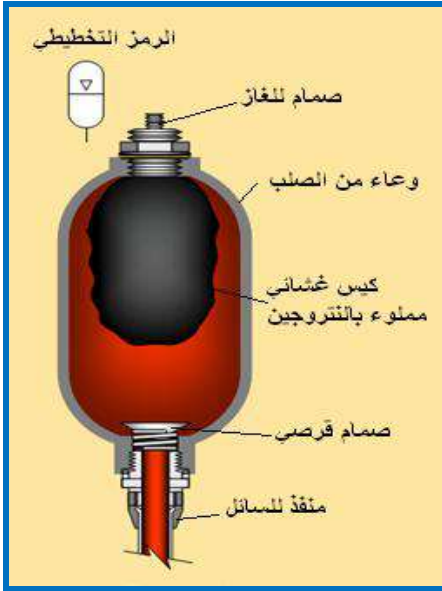
- كما يستعمل لتقليل الزيادات المفاجئة في الضغط عند بدء سريان السائل فجأة أو أيقافه.
- ويستعمل لتخميد الذبذبات في الضغط عند مخرج المضخات .
- ويمكن عن طريقه الاستفادة من الطاقة المتاحة في الدائرة، عند توقف الأجزاء المتحركة .

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 .



ويتكون المرمك ، 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، فيملاً الكيس الوعاء الصلب تماماً، ويقوم بغلق الصمام القرصي . يمنع الصمام خروج الكيس من الوعاء الى عنق المرمك، ويحميه بالتالي من التلف . وعندما يزيد ضغط السائل في الدائرة عن ضغط شحن الغاز، يسري السائل الى المرمك عن طريق الصمام، ويضغط على النيتروجين في الكيس الغشائي .

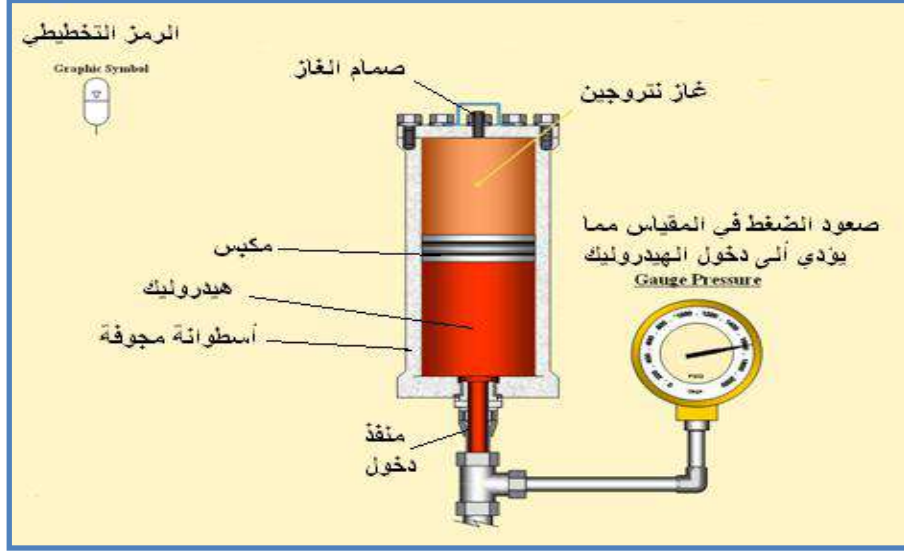
الشكل (1-45) المرمك ذو الكيس الغشائي

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

2- مرمك ذو مكبس

Piston Accumulator

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

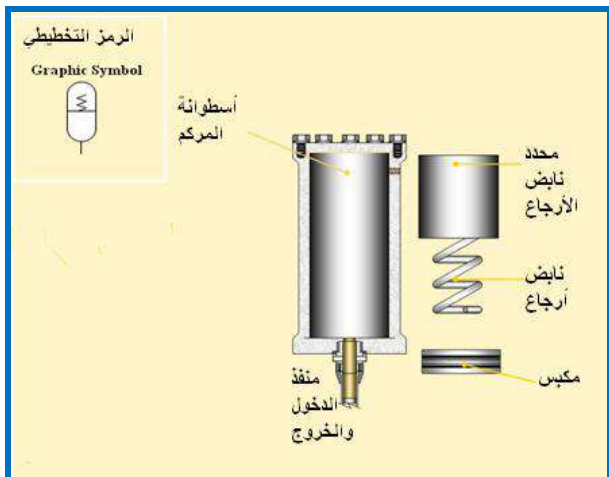


الشكل (1-46) يبين المرآم ذا المكبس

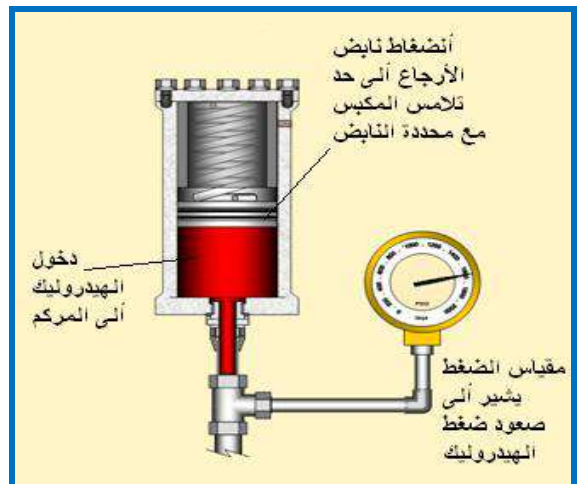
3- مرآم ذو نابض إرجاع

Spring loaded accumulator

يتشابه المرآم من ناحية مبدأ العمل مع الأنواع الأخرى، ولكن في هذا النوع المبين في الشكل (1-47) عند دخول الهيدروليك إلى المرآم 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



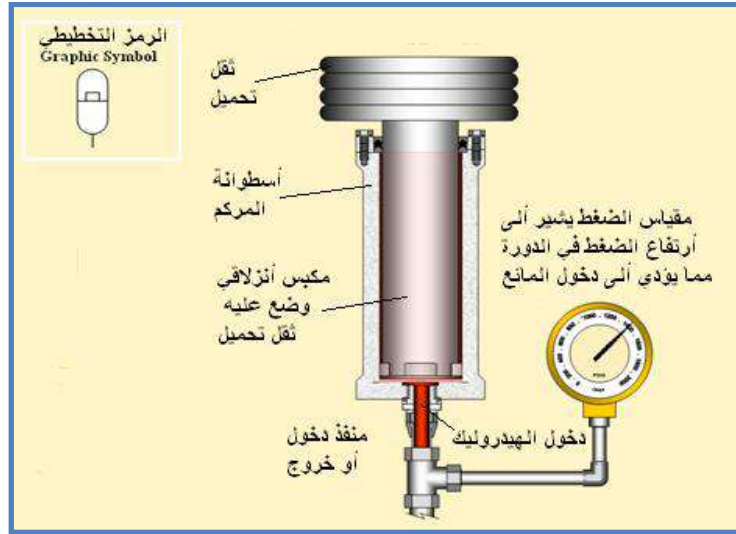
بعد دخول الهيدروليك

الشكل (1-47) يبين مرآماً ذا نابض إرجاع

4- مرآم ذو ثقل آآمبل

Weight Loaded Accumulator

بببن الشكل (48-1) آركب مرآم ثقل الآمبل ، وهو بآكون من مكبس انزلاقي مآمد إلى الأعلى ، إذ تم وضع ثقل لآصآ وزن الثقل مع المكبس ضد قوة دفع الهآدرولآك، فعند صعود الضآط في الدورة ٱدخل الهآدرولآكآ ، وبآآآلآ المكبس والآقل ، وعند الآفرآغ سوف ٱدفع الوزن الهآدرولآك لآعبده إلى الدورة .



الشكل (48-1) بببن مرآم ثقل آآمبآ

6-7-1 المرشآآ

Filters

ٱآوق الآعول على أءآ المءءآ الهآدرولآكآ لوظآئفآ على نظآفة الدورة ، آآ على الآرشآآ. وآسآعمل المرشآآ لآقلآ كمآة الشوآب في الدورة وآآمآ لءرآة مقبولة ، وبهآآ آعمل المرشآآ على آمآآة الآآآآ المختلفة من الآآل المآزآء ، وآؤءآ العوآمل الآآآآة ءورآ مآمآ في آآآآآ المرشآ وآكفآة الآرشآآ:

1- نوع الآسآمآ (آآم وآآآة).

2- عءء الآسآمآ.

3- سرآة السآل في آآآ مروره في العنآصر المختلفة.

4- ضآط الدورة وآلفقء في الضآط.

5- الآلوصآ وآظروف الآركب.

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

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



الشكل (49-1) 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 $10\mu\text{m}$ ، فضلاً عن أنبوب التقوية الثابت والمقاوم للضغط، والثنيات نجمية الشكل، ويضمن عنصر المرشح الورقي الثبات الدائم والجيد للخواص. ويُلاحظ 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 الاليف المعدنية كعناصر ترشيح. وتمتاز تلك العناصر بالمميزات الآتية:

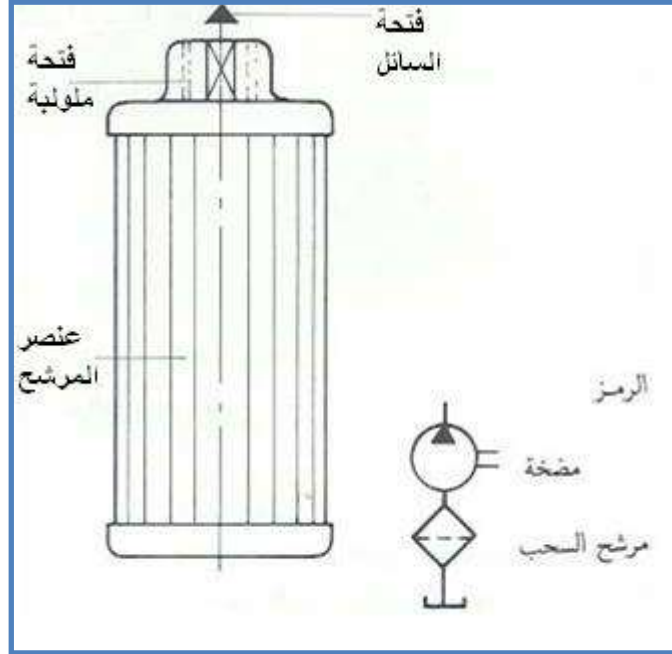
- قدرة اكبر على التقاط الشوائب لمساحة الترشيح نفسها.
- عمر تشغيل افتراضي كبير نتيجة للترشيح العميق.
- لا تتأثر بدرجات الحرارة المرتفعة.
- تسمح بفرق ضغط كبير.
- ثبات داخلي للخواص.

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

1- مرشح السحب

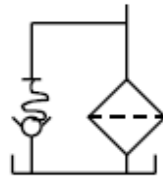
Suction Filters

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 صيانتة 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 $100\mu\text{m}$ 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 2 bar .



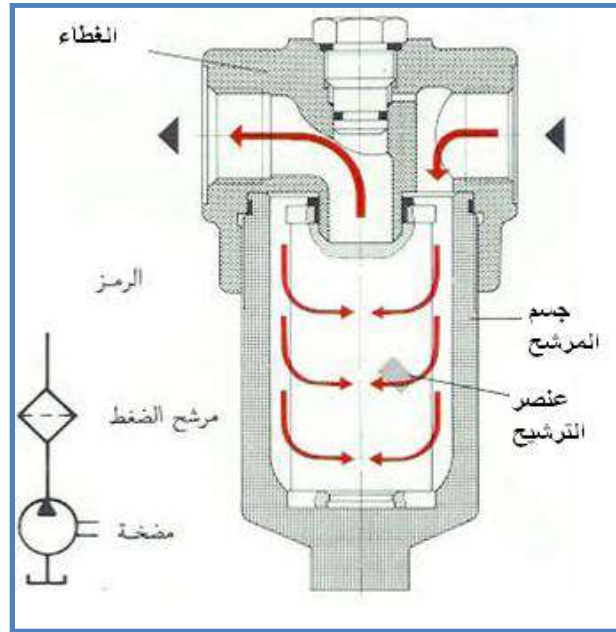
رمز مرشح سحب به صمام تحويل

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. ويناسب مرشح الضغط الموضح في الشكل (51-1) 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 (51-1) مرشح الضغط

بيانات فنية مهمة

ضغط الترشيح حتى 420 bar

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

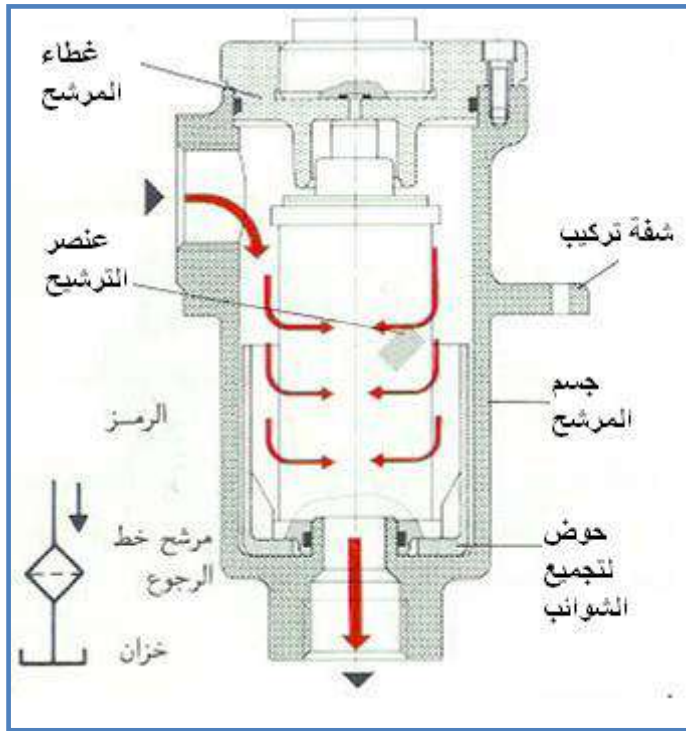
الترشيح 10،5،1 μm

3- مرشحات خط الرجوع

Return Line Filters

تعدّ المرشحات التي تركيب 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 الماكينة 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)

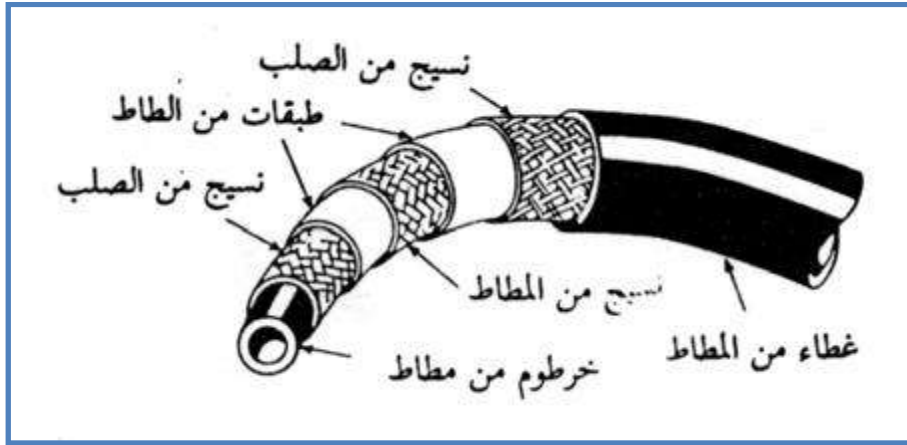
حتى 3900 l/min (عند تركيب المرشح في)

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 يناسبها تيار الزيت المضغوط ، كما مبين في الشكل (53-1).



الشكل (53-1) أنابيب التوصيل المرنة

وتعتبر الوصلات المقلوطة ، والصامولات وحلقات الاحكام الخارجية والداخية ، أجزاء أساسية بأنابيب التوصيل . ولا تستعمل 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)

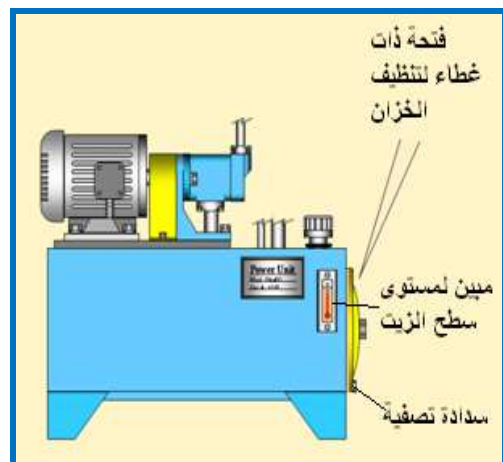
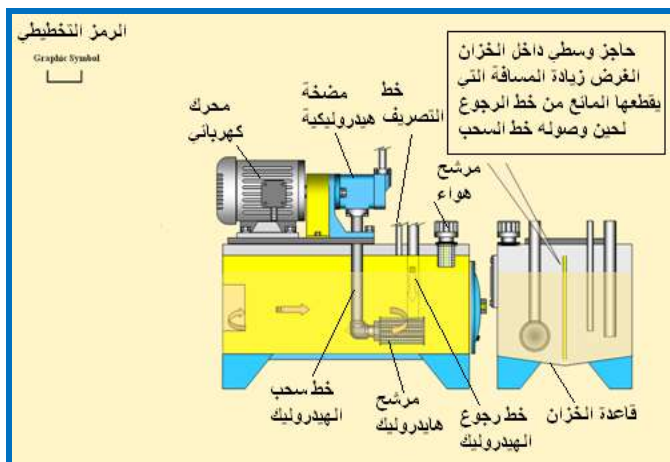
في أثناء عمليات تحويل الطاقة أو نقلها يُفقد دائماً جزء منها، ويتحول في الدوائر الهيدروليكية الى حرارة ترفع درجة حرارة السائل . ويحدد مقدار الطاقة المفقودة، كفاءة الدورة . ويحدث الفقد في الطاقة الهيدروليكية في خطوط الأنابيب، والمضخات والمحركات، والصمامات (نتيجة التسريب الداخلي) ، والخوانق، الى جانب الطاقة 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 للتغيرات 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 من 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) مثلاً لخزان هيدروليكي.



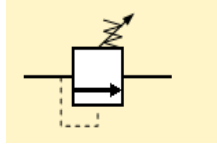
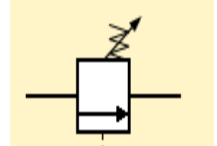
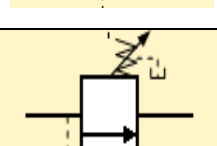
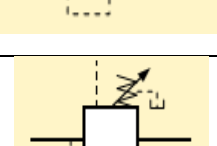
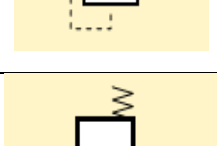
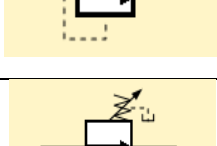
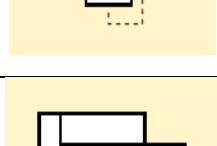
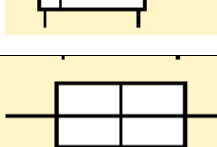
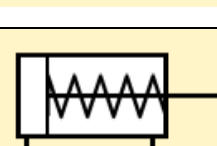
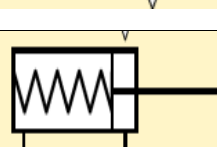
الشكل (1-54) يبين خزاناً هيدروليكيّاً

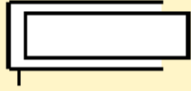







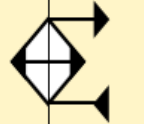
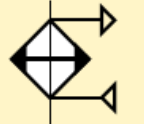
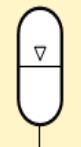
Hydraulic Symbols


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 :

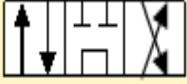
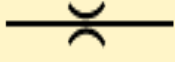
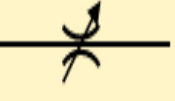
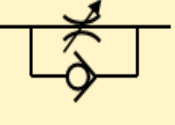
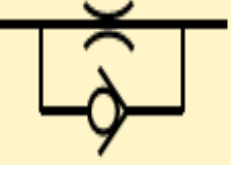
جدول (2-1) يبين الرموز الهيدروليكية

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

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

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 هيدروليكي ذو مبادل حراري مائي		26
مبرد هيدروليكي ذو مبادل حراري هوائي		27
مركم هوائي هيدروليكي		28

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

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

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- للخرزان عدد من الوظائف المختلفة أهمها :مصدر ل----- الدورة با-----

س2: عدد وظائف الخزانات الهيدروليكية في الدوائر الهيدروليكية وأشرحها.

س3: صحح الخطأ إن وجد :

- 1- تزداد درجة حرارة الزيت نتيجة مروره بالخرزان .
- 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 للخرزان.
- 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 بنحو مختصر:

الباب الثاني

الفصل الثاني

الأنظمة الهوائية

Pneumatic Systems

الأهداف:

الهدف العام :

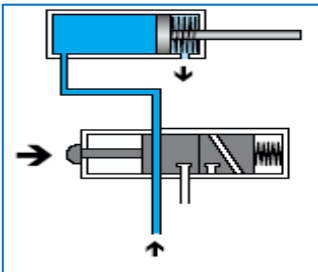
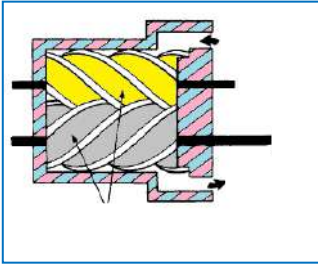
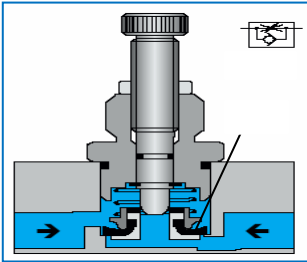
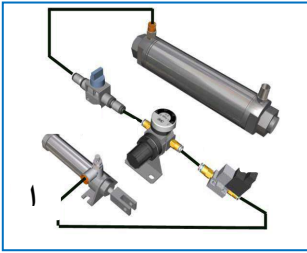
في هذا الفصل يتعرف الطالب على المنظومة النيوماتيكية، وأجزائها، وأنواع الضاغطات، وأنواع الصمامات، وخزانات الهواء، والأنابيب المستعملة، ورموز الأجزاء النيوماتيكية .

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 .

تعلم المواضيع



- مميزات الهواء المضغوط
- أسباب استعمال الأنظمة الهوائية
- عيوب استعمال الهواء المضغوط
- الفرق بين النظام الهيدروليكي والنيوماتيكي
- مصافي الهواء ومرشحاته
- الدائرة النيوماتية وأجزاؤها
- 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

Pneumatic System

الهواء :

هو خليط غازي من النيتروجين والأكسجين وثنائي 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 ضغطاً. ويستعمل الهواء المضغوط بنحوٍ واسع في كثير من العمليات الصناعية و الأوتوماتيكية

النيوماتيك :

هو علم يهتم بدراسة الهواء المضغوط وتدفعه باستعمال صمامات تحكم بدقة متناهية . إذ يستعمل في المصانع الحديثة والصناعات الغذائية والكيميائية وتشغيل الآلات في الورش وأعمال التعدين وإنشاء الطرق وإصلاحها.... الخ .

2-2 مميزات الهواء المضغوط

- 1- متوافر في أي مكان بكميات غير محدودة.
- 2- قابل للخرن بواسطة خزانات، لذلك ليس ضرورياً أن يبقى الضاغط يعمل بنحو متواصل.
- 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 أو الحريق.
- 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 الهيدروليكي .
- 5- يختلط الزيت بالهواء وعند خروجه يسبب تلوث الجو .

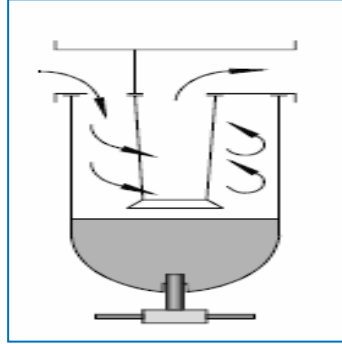
5-2 الفرق بين النظام الهيدروليكي والنيوماتيكي

- 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 الهواء ومرشحاته

Air Filters

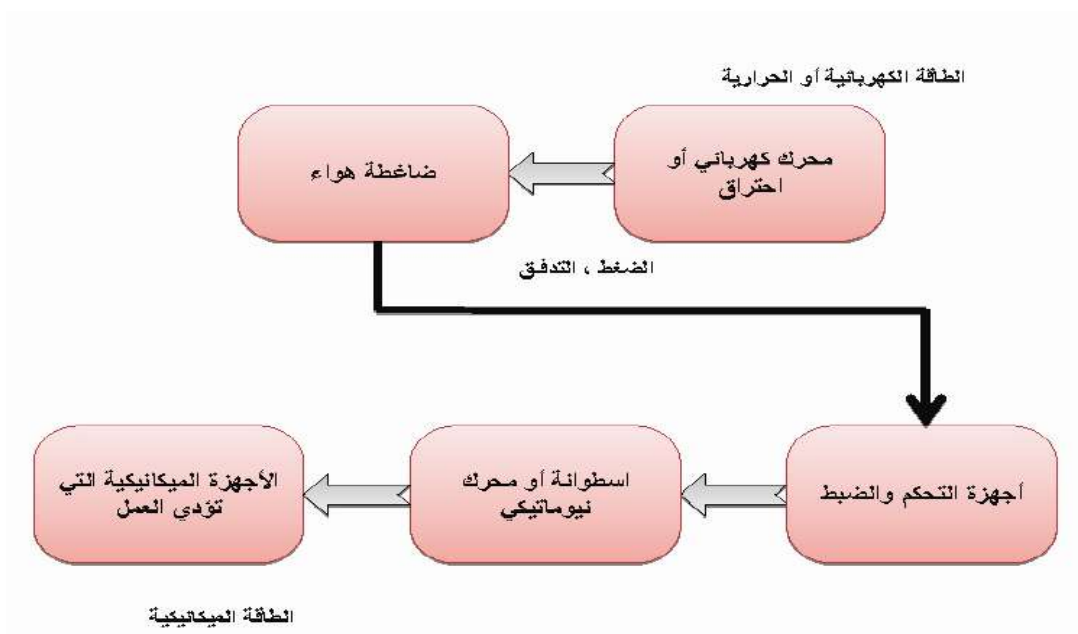
تقوم بوظيفة تنقية الهواء من الشوائب، فضلاً عن التخلص من الرطوبة الموجودة في الهواء، لأن وجودها يسبب أضراراً في أجزاء المنظومة الهوائية، ويمثل الشكل (1-2) إحدى المرشحات ويبين اتجاه حركة الهواء داخل المرشح.



الشكل (1-2) المرشح

7-2 الدائرة النيوماتيكية

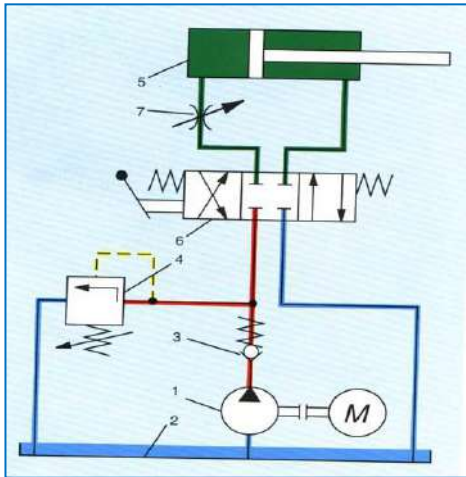
هي مجموعة من المشغلات وأجهزة التحكم التي تستعمل الهواء المضغوط لنقل الطاقة وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية، وينتقل الهواء المضغوط، كما مبين في الشكل (2-2)، في أجزاء المنظومة.



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 الدائرة النيوماتيكية

8-2 أجزاء المنظومة النيوماتيكية :

تتكون المنظومة النيوماتيكية من الأجزاء الأساسية الآتية :

- 1- ضاغطة الهواء: وظيفتها سحب الهواء من الجو بعد مروره بالمرشحة وضغطه.
- 2- الخزان: يقوم بتخزين الهواء المضغوط .
- 3- المحرك: ويكون إما محركاً كهربائياً وإما 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 أجزاء المنظومة.

9-2 تحضير الهواء المضغوط

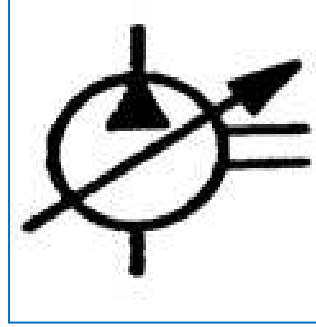
يحضر الهواء باستعمال الضاغطات، ويجب التخلص من جميع الشوائب الموجودة في الهواء قبل دخوله الضاغطة، والتخلص من الزيت المستعمل في تزييت الضاغطة، والتخلص من الرطوبة العالقة بالهواء لكي لا تسبب صدأ لأجزاء الضاغطة وأجزاء المنظومة من أنابيب وصمامات .

10-2 ضواغط 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 .



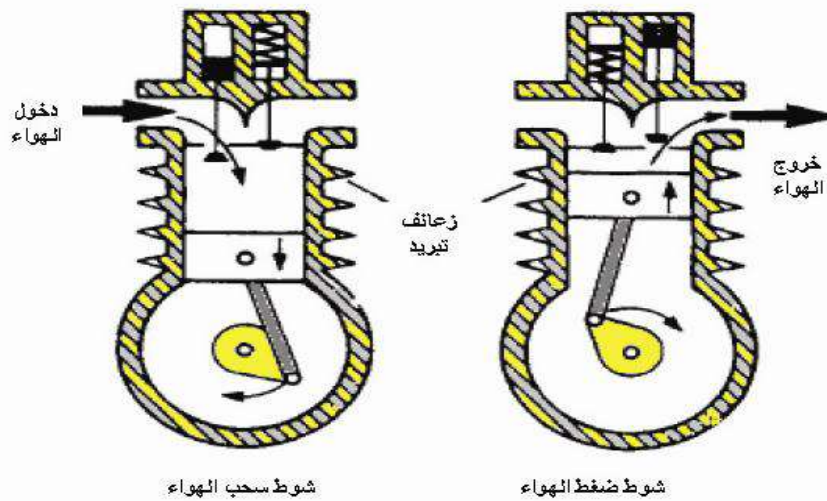
رمز ضاغط الهواء

1-10-2 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 من محرك كهربائي أو محرك احتراق داخلي . كما في الشكل (4-2) .

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



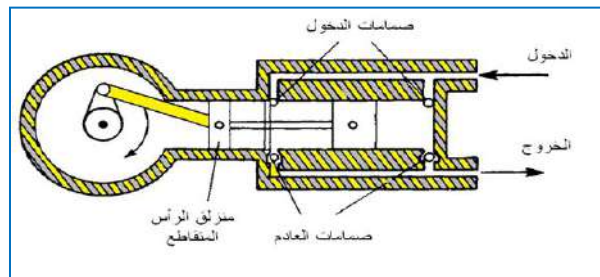
الشكل (2 - 4) ضاغطة ذات مكبس منفرد

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

2-10-2 الضاغطة ذات المرحلتين مزدوجة التأثير

Two stage piston compressor double acting

ويستخدم في المنظومات النيوماتيكية ضاغطات ذات مكبس مزدوج التأثير، وذلك عندما يكون ضغط الهواء المطلوب من (10 – 15) بار . ويبين الشكل (5-2) احد أنواع هذه الضاغطات .
في هذا النوع من الضاغطات يسحب الهواء فيأثناء حركة المكبس إلى الأسفل ويضغطه في نفس الوقت.

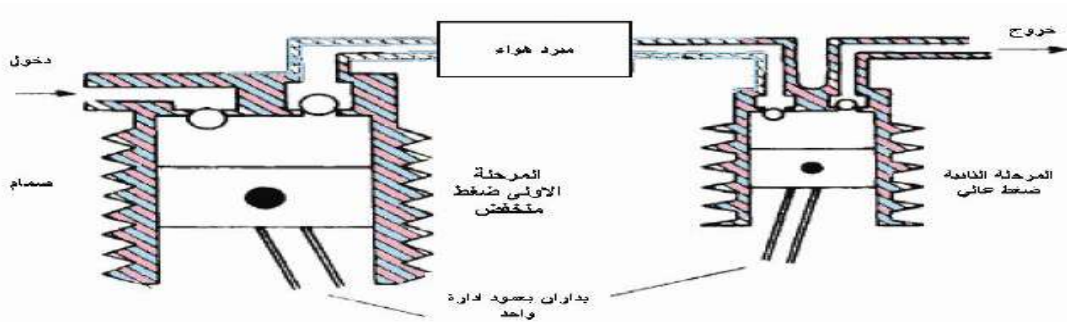


الشكل (5 - 2) الضاغطة ثنائي الفعل

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 الأولى إلى اليسار يمر بالمبرد وذلك لامتصاص الحرارة الزائدة قبل أن يضغط مرة أخرى في الأسطوانة اليمنى للحصول على ضغط أعلى . ويوضح الشكل (6-2) ضاغطة ذات مكبس بمرحلتين .

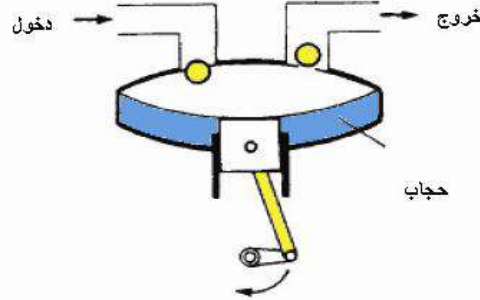


الشكل (6 - 2) الضاغطة ذات المكبس بمرحلتين

4-10-2 الضاغطة ذات الحجاب

Diaphragm Compressor

في الشكل (7-2) نلاحظ 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

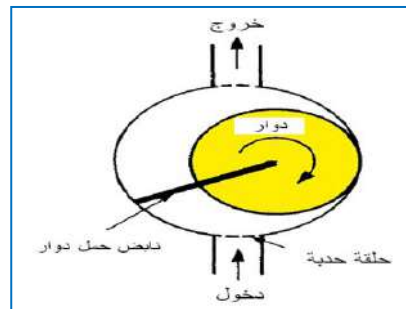
5-10-2 الضاغطة الدوارة

Rotary Compressor

هناك نوعان من الضواغط الدوارة، فهي إما أن 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 منزلق، وأسطوانة من الصلب تدور بداخلها الحلقة، ويبين الشكل (2-8) ضاغطة دورانية ذات ريشة منزلق واحدة، إذ إن في الحركة اللامركزية تحدث عمليتا سحب الهواء وضغطه نتيجة دوران الحلقة اللامركزية داخل الأسطوانة . وكلما تحركت هذه الحلقة فأنها تمس جدار الأسطوانة في نقطة محددة. من جهة وتمس الريشة المنزلق 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 المنزلق المتعددة

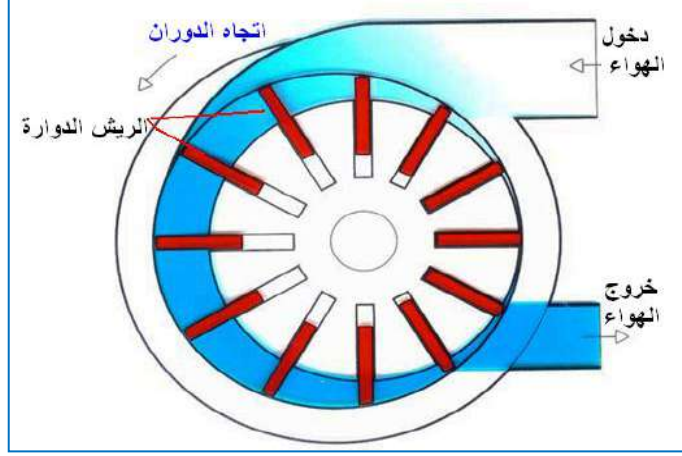
Rotary compressor with single vane

تحتوي 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 أكبر 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 أصغر ما يمكن، ويكون ضغط الهواء عالياً فيندفع الهواء خارج المضخة .

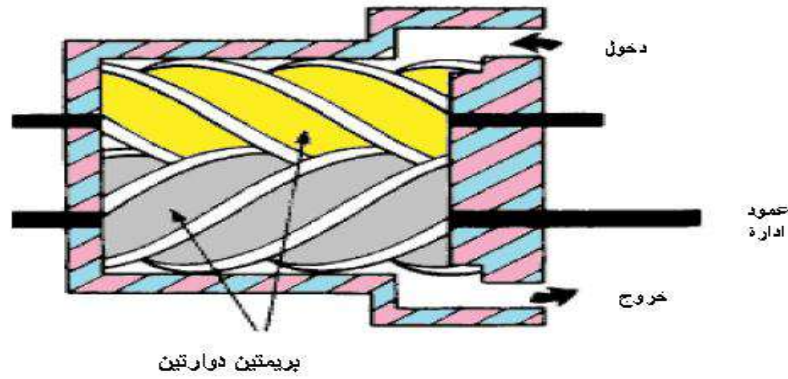


الشكل (2 - 9) الضاغطة الدورانية ذات الريش المتعددة

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 دائماً إلى 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 ضاغطة الهواء، وتكون المحركات الكهربائية في الغالب ثلاثية الأطوار، وتنقل الحركة من المحرك إلى الضاغطة بواسطة البكرات والأحزمة الناقلة وهو الأكثر شيوعاً. أو تستعمل القارنات .

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

12-2 القارنات

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 استعمالاتها باختلاف الوظيفة المطلوبة .. وهناك نوعان أساسيان:

1- القارنات الثابتة Rigid coupling

2- القارنات المتحركة Movable coupling

القارنات الثابتة

Rigid coupling

تسمى أيضاً بالقارنات 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

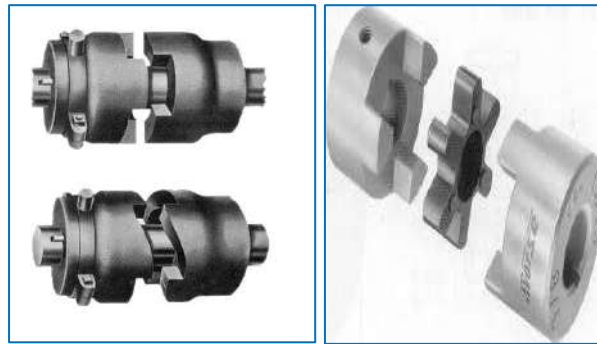
Movable coupling

تستعمل في وصل عمودين لنقل عزم الدوران مع توفير حيز كافٍ للتغيرات 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 سلسلة وامتصاص الاهتزازات والصدمات الناتجة من الأحمال المفاجئة.

أنواع القارنات المتحركة

Types of Movable coupling

من أنواع القارنات المتحركة القارنة المرنة Flexible Coupling التي 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 مخيلية



قارنة مشفحة

القارنة المشقوقة

قارنة الجلبة الاسطوانية

الشكل (11-2) 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 الخطأ 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 spool أو مزلاق، وهي غير محكمة الإغلاق بسبب وجود الخلوص المطلوب لحركة المزلاق .

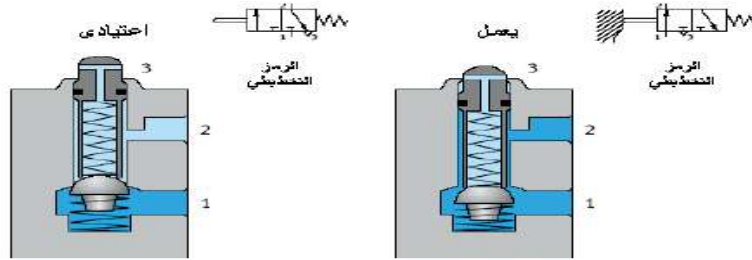
الصمام التوجيهي 3/2

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 تشغيل. ويحوي الصمام فتحة تصريف .



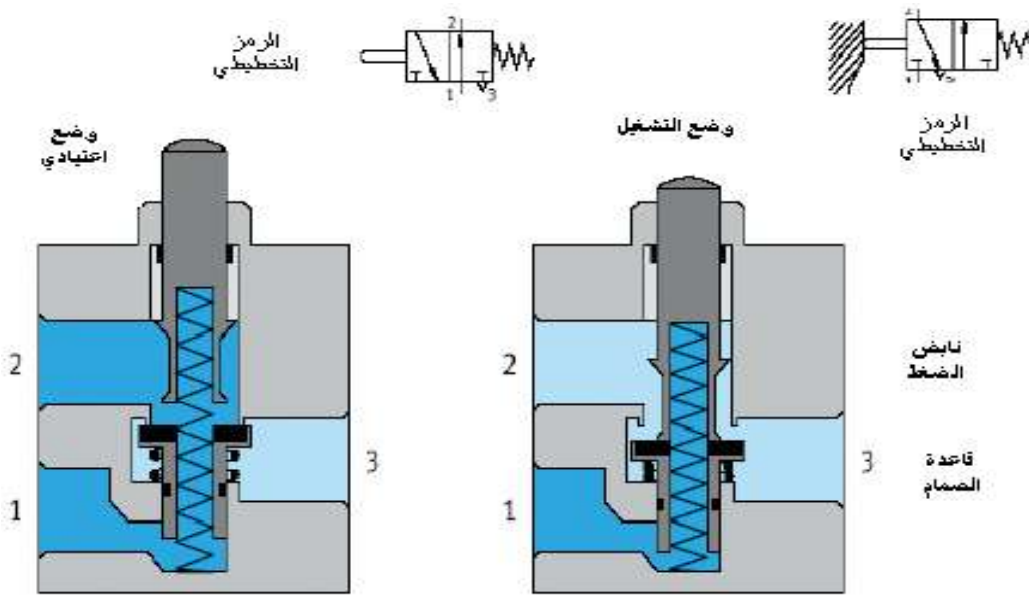
الشكل (2 - 12) صمام توجيهي 3/2

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، فيمرر الهواء المضغوط من التوصيلة 1 إلى خط التشغيل 2 . ويشغل الصمام يدوياً أو ميكانيكياً ويستعمل للتحكم في أسطوانة أحادية التأثير .

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 للأسفل 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 نابض فتغلق الفتحة 3 ويمر الهواء من الفتحة 1 إلى الفتحة 2. وبين الشكل (13-2) الصمام ألتجاهي

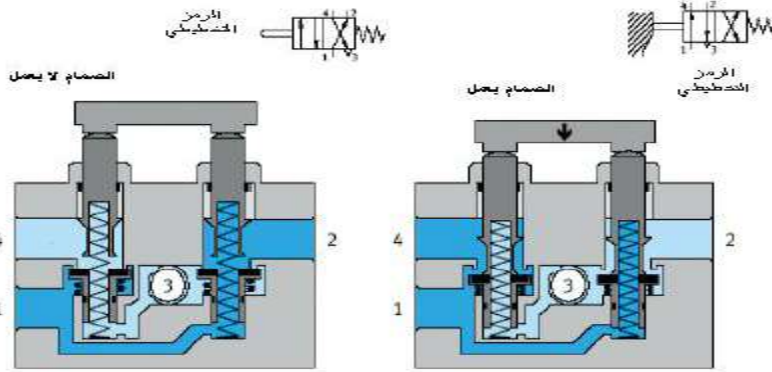
3/2



الشكل (2 - 13) الصمام ألتجاهي 3/2 قرصي القاعدة

4/2-Way Directional Valve

يبين الشكل (14-2) 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 والفتحة 3 متصلة بالفتحة 4 وعند التشغيل توصل الفتحة 1 بالفتحة 4 والفتحة 2 توصل بالفتحة 3. ويمكن تشغيل الصمام يدوياً أو نيوماتيكياً أو بواسطة رافعة .

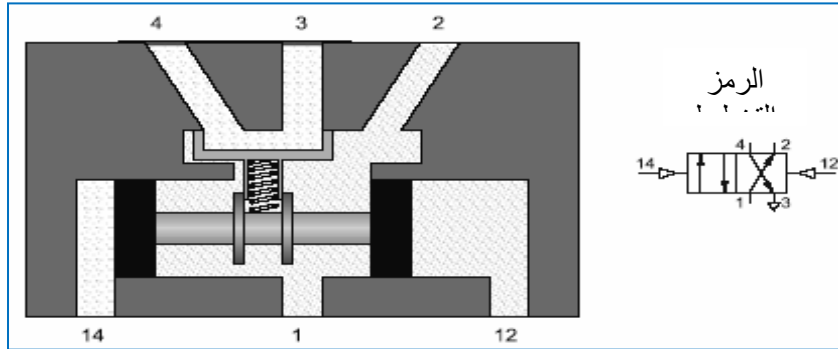


الشكل (2 - 14) صمام التحكم التوجيهي 4/2 سابق التحكم

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 ذو المزلاق المسطح

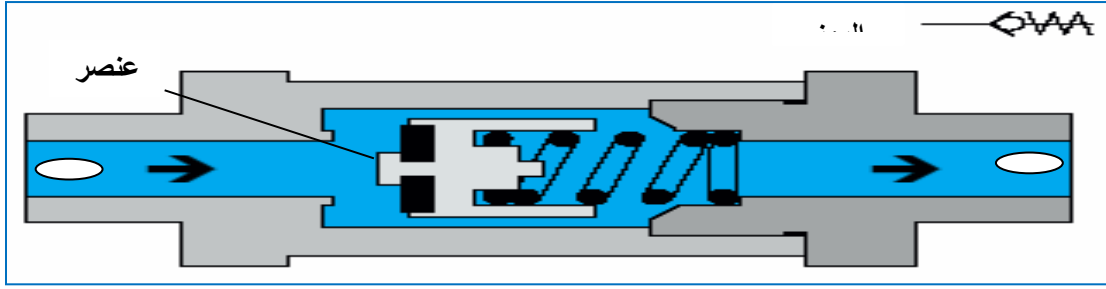


الشكل (2 - 15) الصمام التوجيهي 4/2 ذو المزلاق المسطح

14-2 الصمامات اللارجعية

Non-return Valve

يبين الشكل (2-16) التركيب الداخلي للصمام اللارجعي، إذ يسمح 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 فإن النابض يغلق الصمام ويمنع مرور الهواء .

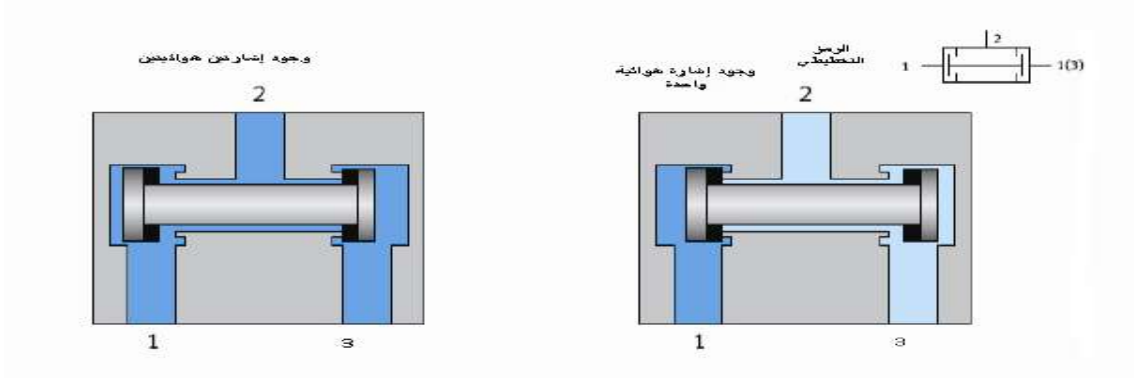


الشكل (2 - 16) صمام لا رجعي

15-2 صمام الجمع

Dual-Pressure Valve

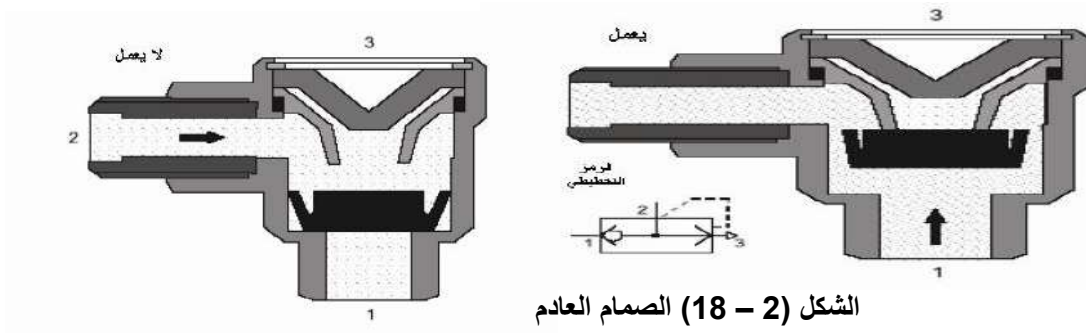
يحتوي الصمام على ثلاث فتحات، منها مدخلان 1، 3 ومخرج . وعند وجود إشارتين هوائيتين عند المدخلين 1، 3 يتدفق الهواء عبر الفتحة 3. أما إذا كانت هناك إشارة واحدة في 1 أو 3 فإن مكبس الصمام سوف يتحرك في الاتجاه المعاكس، فلا يمر الهواء إلى الفتحة 2. ويبين الشكل (2-17) صمام الجمع في حالة العمل وعدم العمل.



الشكل (2-17) صمام الجمع

16-2 صمام العادم السريع

Quick exhaust valve

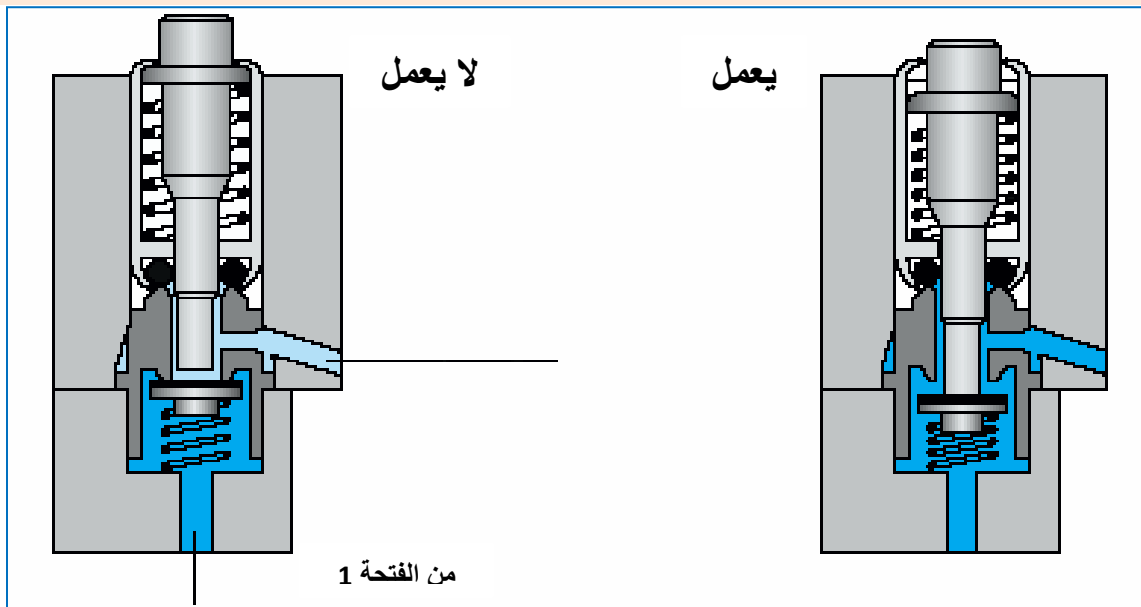


الشكل (2 - 18) الصمام العادم

يبين الشكل (2-18) احد أنواع صمامات العادم في حالتها العدم والعمل، إذ يستعمل الصمام العادم السريع لتفريغ الهواء من الاسطوانات وأنباب 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 إلى 3.

2-17 التشغيل باستعمال صمام التحكم السابق

Pilot control valve



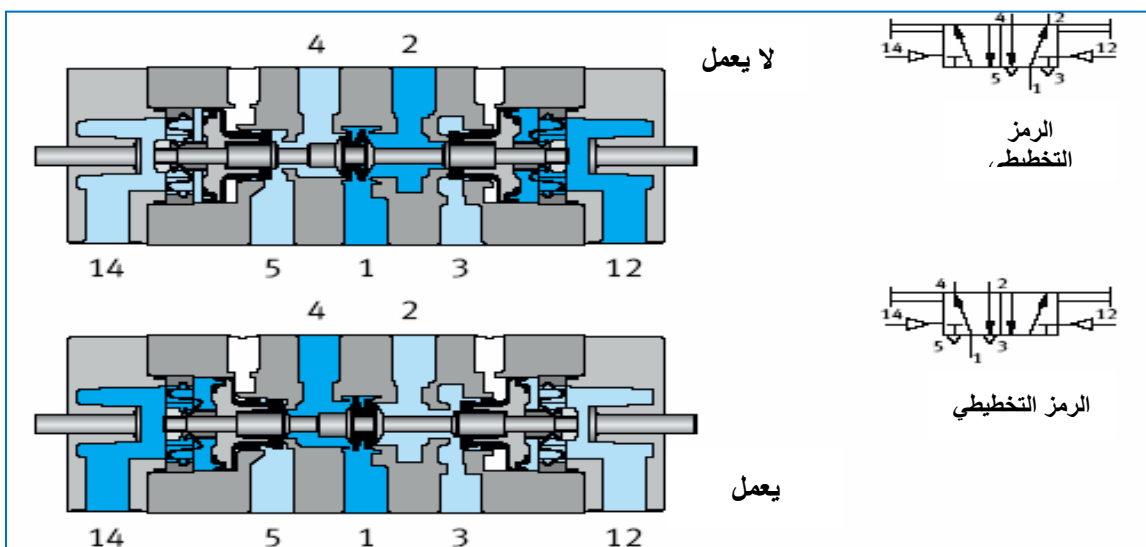
الشكل (2 - 19) التحكم السابق pilot control

ويستعمل الهواء المضغوط لتشغيل الصمامات التوجيهية الرئيسية، إذ يقوم صمام التحكم السابق بتوجيه الهواء المضغوط عبر منفذ صغير القطر إلى 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 .

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

5/2-Way Double Pilot Valve suspended disk seat

يبين الشكل (20-2) 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 ووضع، تشغيل ويحتاج لإشارتين 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 .

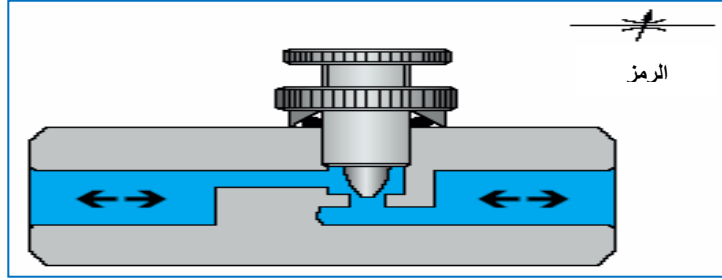


الشكل (20 - 2) صمام توجيهي 5/2 يعمل بإشارتي هواء وقرص معلق

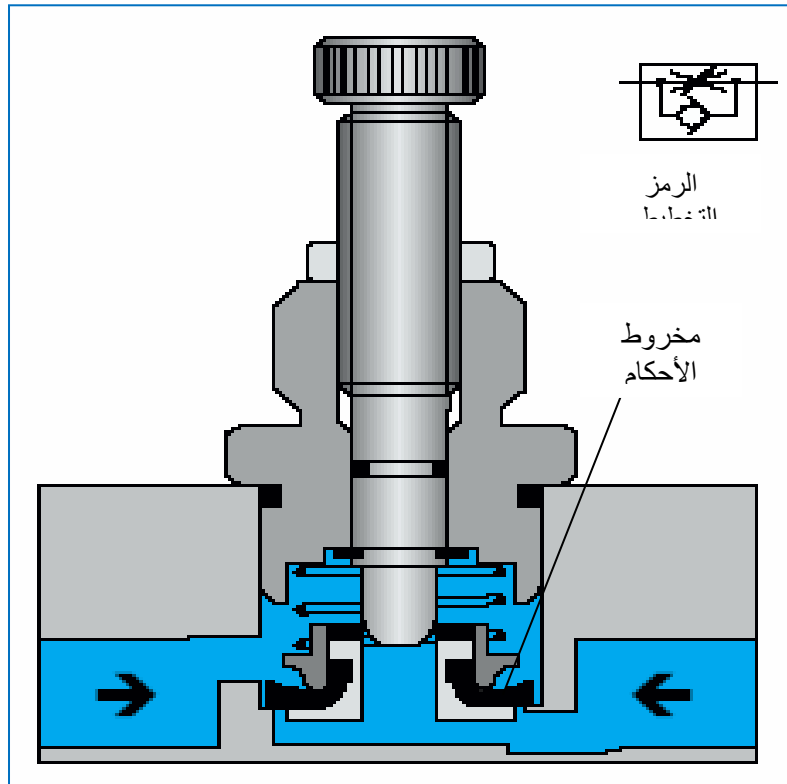
2-19 الصمام الخانق

Flow Control Valves

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



الشكل (2 - 21) صمام خانق قابل للمعايرة

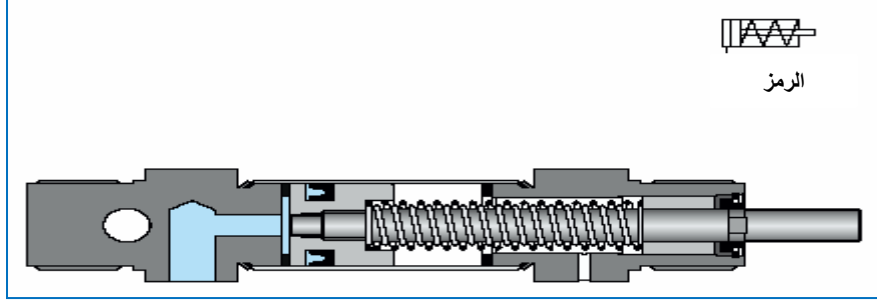


الشكل (2 - 22) صمام لا رجعي خانق قابل للمعايرة

التحكم المباشر في أسطوانة أحادية التأثير

Direct control of a single-acting cylinder

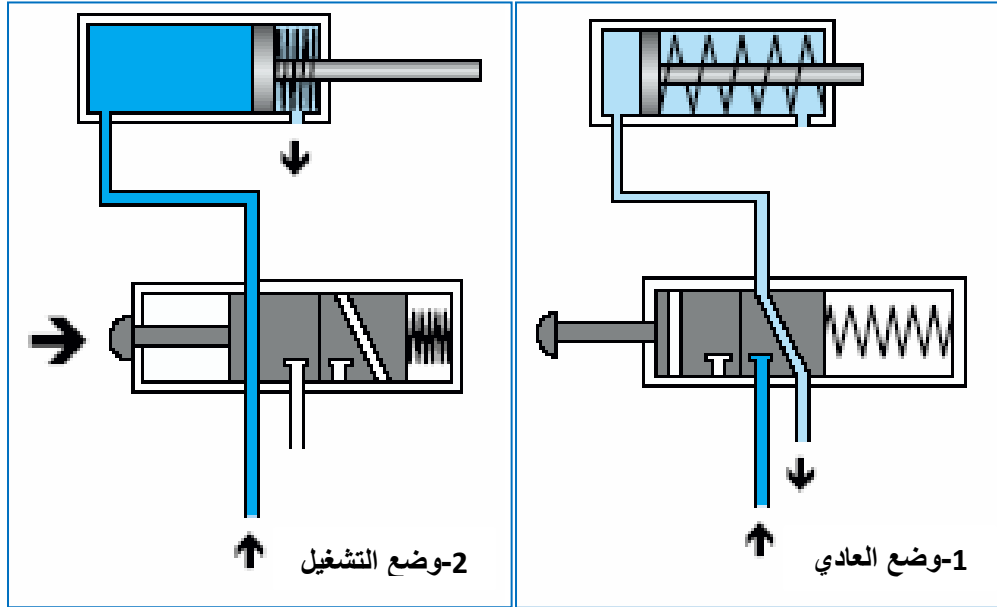
يبين الشكل (2-23) التركيب الداخلي لأسطوانة أحادية التأثير، وهي أبسط أنواع الأسطوانات، وتتكون من مكبس يتحرك داخل أسطوانة ويتصل به ذراع. وعند دخول الهواء المضغوط إلى الأسطوانة يدفع المكبس ومعه الذراع إلى جهة اليمين، وبذلك نحصل على شوط العمل، وعند غلق فتحة دخول الهواء إلى الأسطوانة، فإن المكبس يعود إلى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



الشكل (23-2) أسطوانة أحادية 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 .

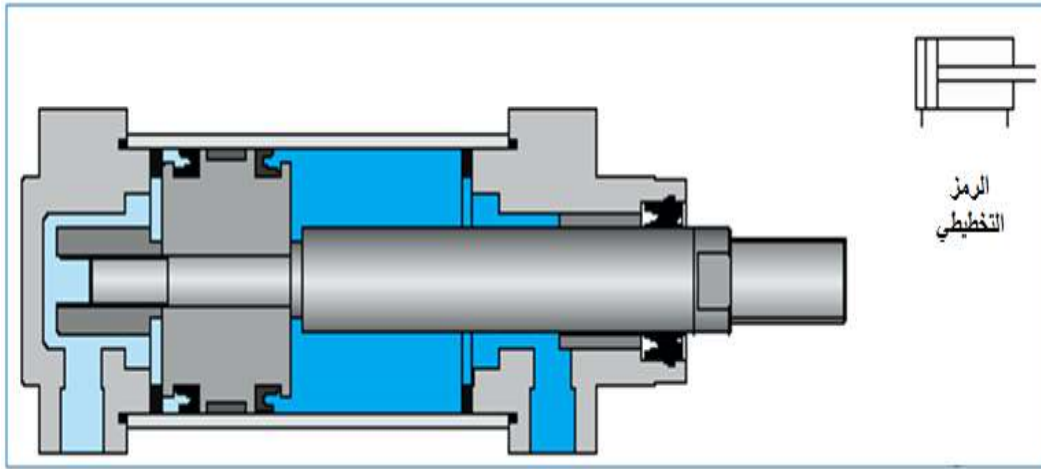
ويبين الشكل (24-2) طريقة التحكم المباشر في الاسطوانات أحادية التأثير.



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

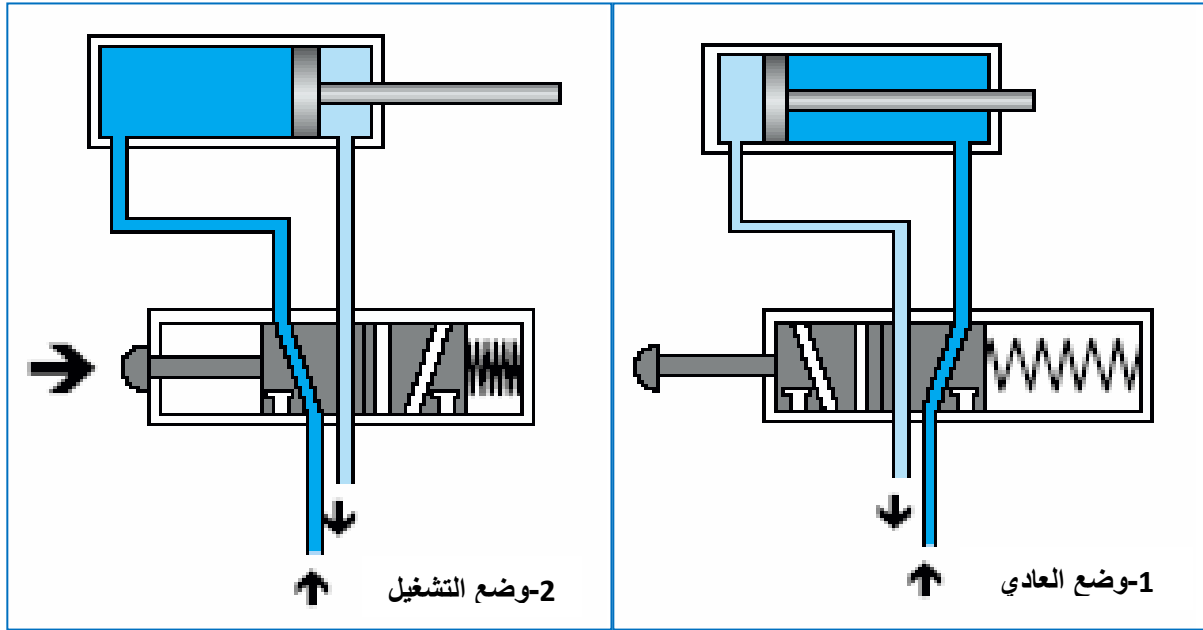
Direct control of double-acting cylinder

يبين الشكل (25-2) 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 أكبر من القوة الناتجة في شوط الرجوع، ويعود السبب في ذلك إلى 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 ناقصاً مساحة مقطع الذراع، فتكون القوة في شوط الرجوع أقل .



الشكل (25-2) أسطوانة ثنائية التأثير

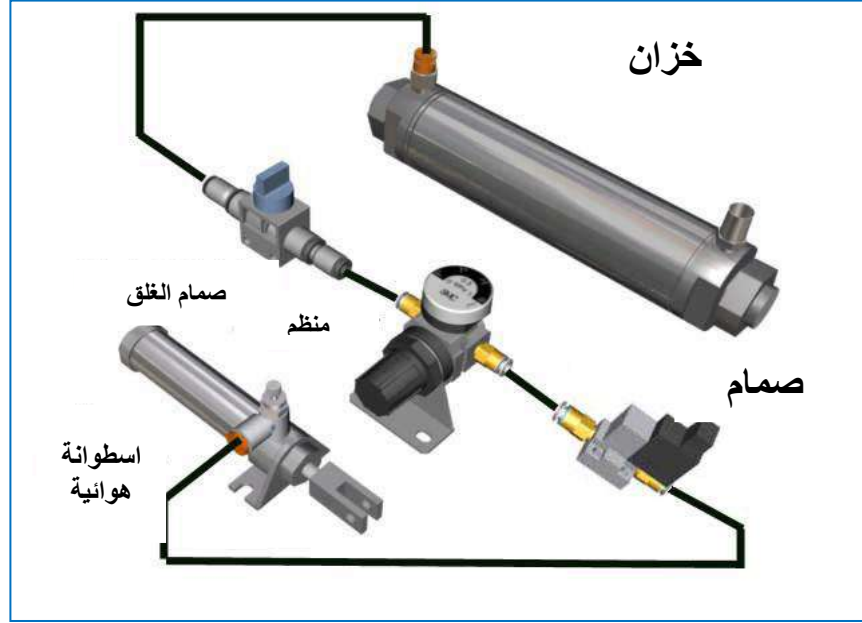
تشتغل هذه الأسطوانة بصمام توجيهي 4/2، أو صمام توجيهي 5/2، أو صمام توجيهي 5/3. ويستعمل الصمام التوجيهي 5/2 للتحكم في أسطوانة ثنائية التأثير. وعند توصيل الصمام بالأسطوانة وقبل التشغيل يكون الضغط عالياً في جهة ذراع الأسطوانة، إذ يكون المكبس في شوط الرجوع. وعند تشغيل الصمام يمر الهواء المضغوط من جهة المكبس (اليسار) فيدفع المكبس باتجاه اليمين، وهذا يمثل شوط العمل. ويوضح الشكل (26-2) 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 بتحريك الأسطوانة الهوائية. ويبين الشكل (2-28) أنواعاً مختلفة من الاسطوانات .

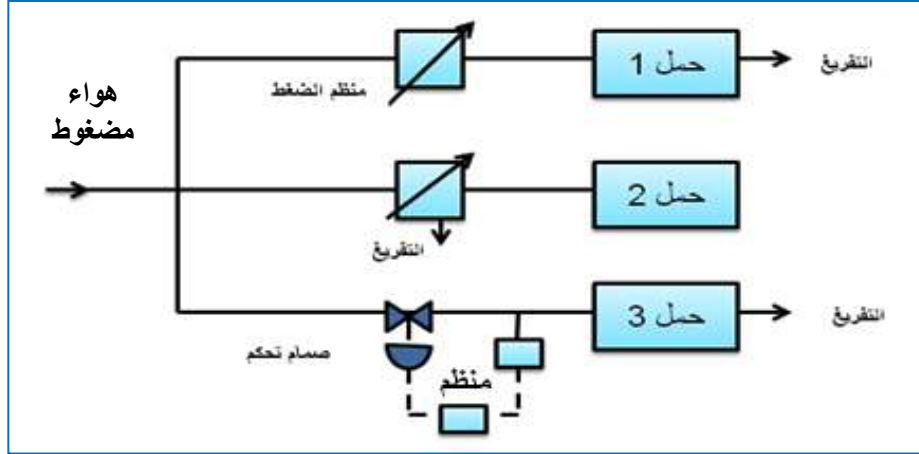
أنواع مختلفة من الأسطوانات الهوائية



الشكل (2 - 28)

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 (29-2) ثلاثة أنواع لمنظم الضغط مع الحمل .

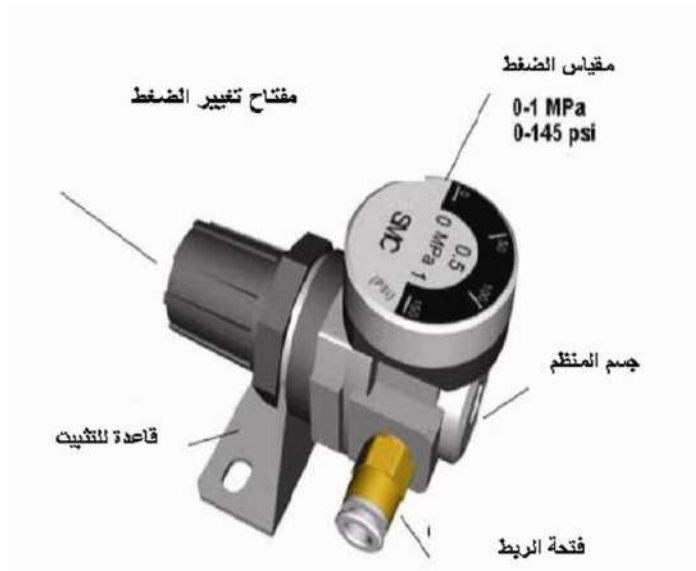


الشكل (2 - 29) ثلاثة أنواع لمنظم الضغط

الحمل 1 يفرغ الهواء إلى الجو، ويتم السيطرة على الضغط في المنظومة بواسطة منظم الضغط الذي يسيطر على كمية الهواء المتدفق إلى الحمل. ويحتاج هذا النوع من الصمامات إلى أن يمر به هواء تحت أقل 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 فإن المنظم يفرغ الهواء إلى الجو، وذلك لمنع ارتفاع الضغط في الخط وهذا النوع من المنظمات يسمى منظمًا ذا الثلاث فتحات (منافذ). وتوجد وحدة تحكم إلكترونية للتحكم بالضغط .

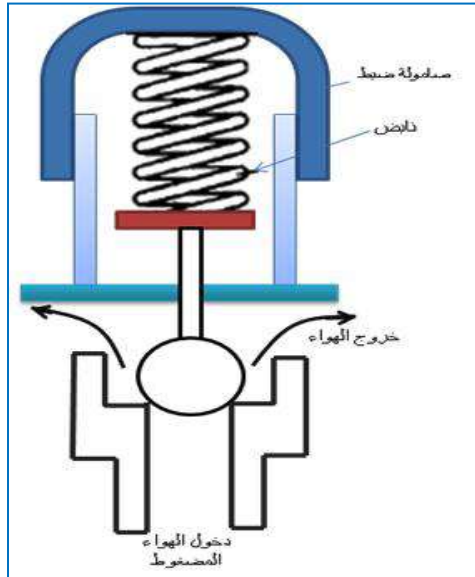


الشكل (2 - 30) صمام الأمان

21-2 صمام الأمان

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 فإن 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 فإن الصمام يعمل كصمام أمان.

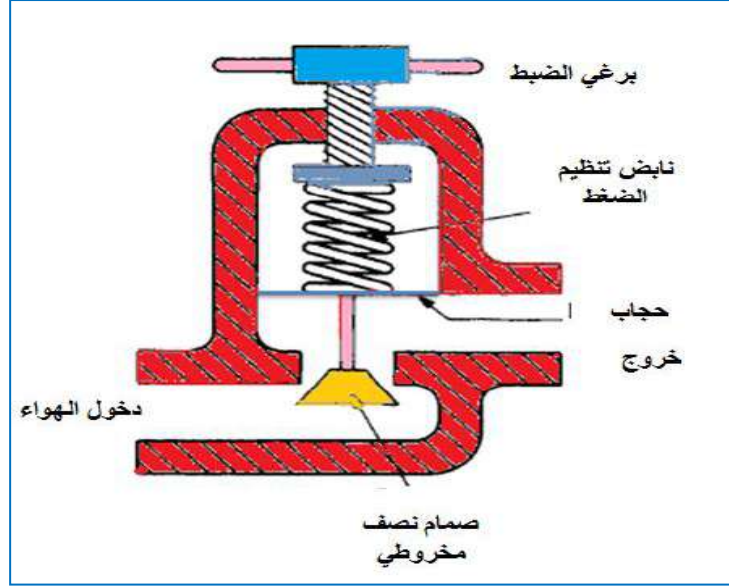
22-2 منظم الضغط

Pressure Regulator

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

ويتكون منظم الضغط من :

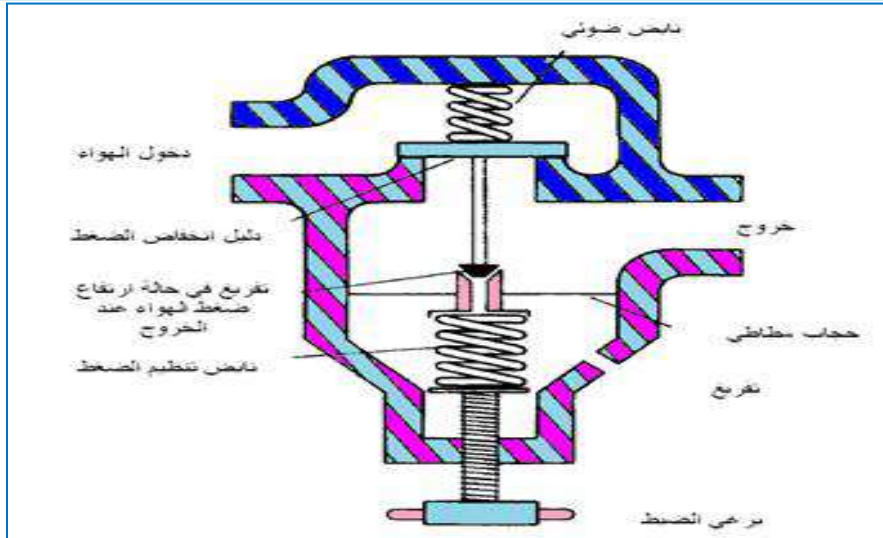
- 1- رأس الصمام نصف المخروطي.
- 2- حجاب مطاطي.
- 3- نابض حلزوني يمكن التحكم بالقوة التي يسلطها.
- 4- برغي ضبط.
- 5- جسم الصمام.



الشكل (2 - 32) منظم ضغط

ويبين الشكل (32-2) 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

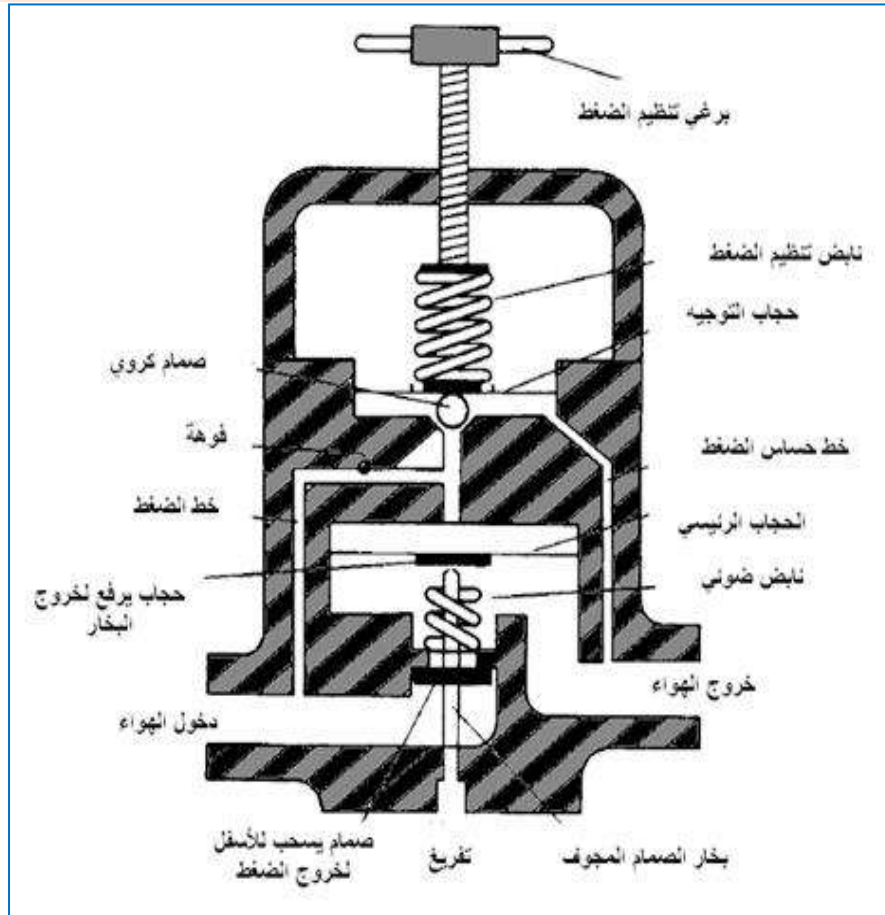


الشكل (2 - 33) منظم الضغط التصريفي

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.

23-2 الصمام الموجه

Pilot – operated regulator



الشكل (2 – 34) منظم الصمام الموجه

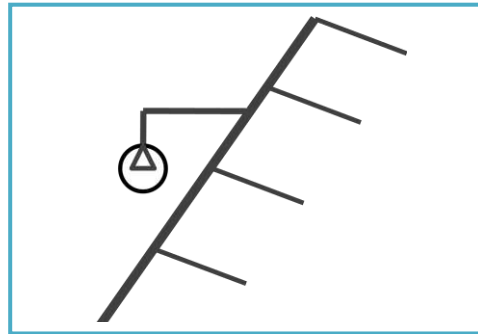
يؤثر ضغط الهواء في المنظومة في الحجاب المطاطي الموجه، فإذا كان ضغط الهواء في المنظومة منخفضاً،
 فإن الحجاب المطاطي سوف ينخفض للأسفل، وإذا كان الضغط عالياً، فإن الحجاب المطاطي سوف يرتفع.
 ويؤثر ضغط الهواء الداخل إلى المنظم في الحجاب المطاطي الرئيس في الأعلى يفتح، ويغلق فتحة الخروج
 بواسطة صمام كروي.

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 الحجاب الرئيس فينخفض ضغط الهواء الخارج من المنظم.

24-2 الانابيب

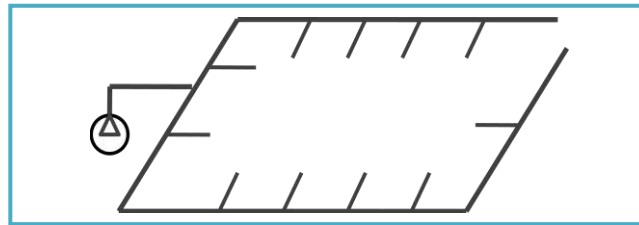
Pipes

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، تنفيذ من هذا النظام في عزل أي جزء لإجراء الصيانة من دون الحاجة إلى توقف المنظومة عن العمل.

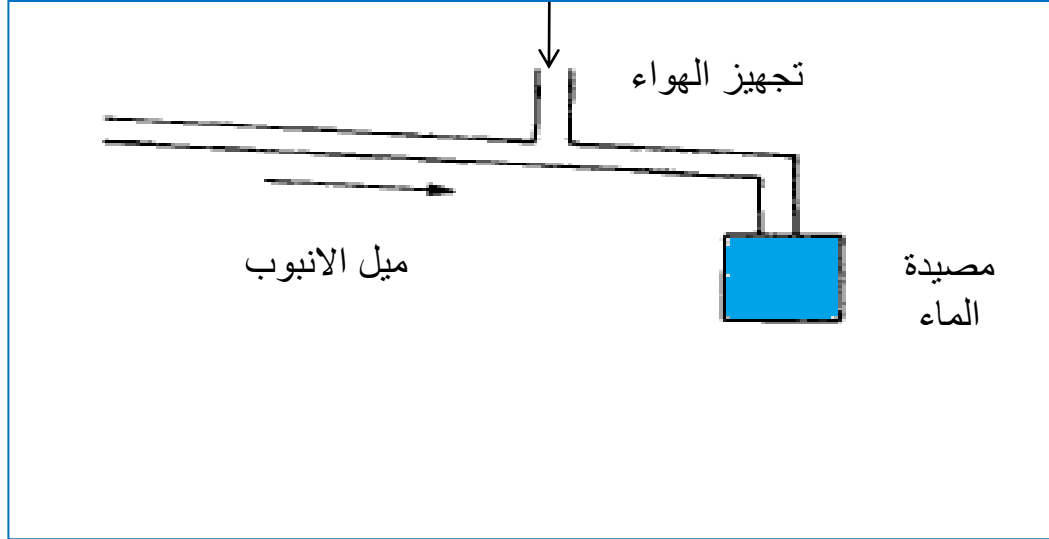


شكل (2 - 36) b

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 أوطاً 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 أقطار الأنابيب المستعملة في الأنظمة النيوماتيكية بحيث تحافظ على ضغط الهواء ثابتاً في جميع أجزاء المنظومة. ويعتمد هبوط الضغط في المنظومة على :

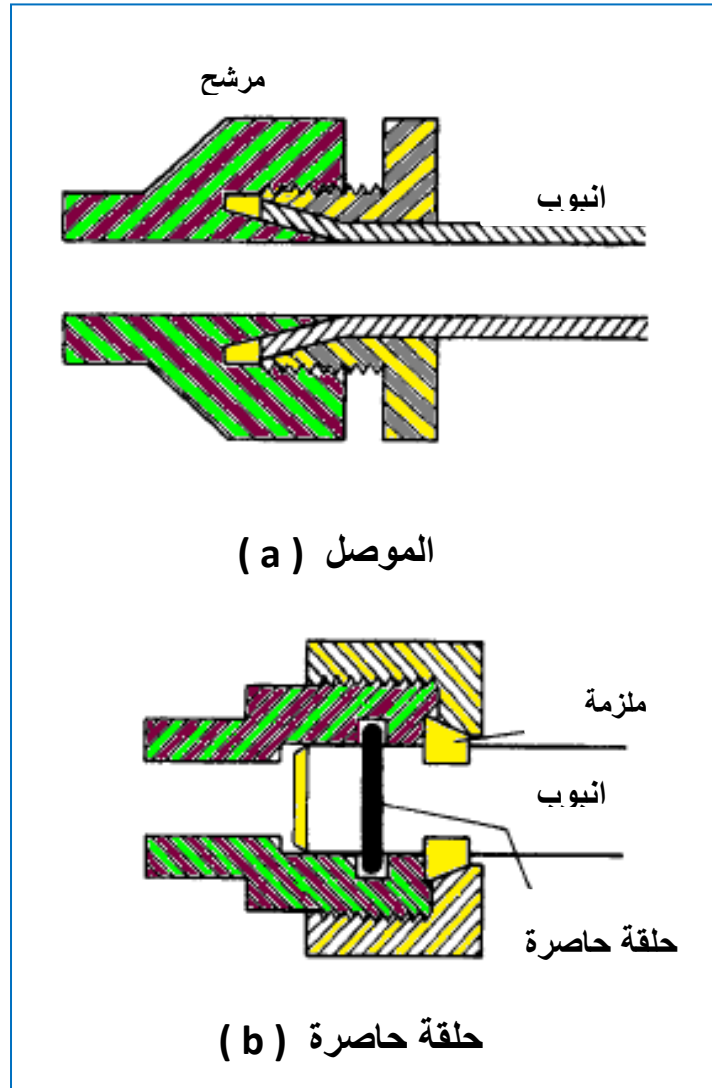
- 1- أقصى تدفق للهواء .
- 2- ضغط الهواء المستعمل عند العمل .
- 3- أطوال الأنابيب.
- 4- التوصيلات المستعملة في المنظومة (عكوس، وتوصيلات T، والصمامات)
والهدف هو انسياب الهواء بنحو غير مضطرب.
وتستعمل أيضاً أنابيب النحاس الأصفر والألمنيوم لنقل الهواء .

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 المطاطية :

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 لإعطاء الأنبوب متانة ضد الحك .

25-2 خزانات الهواء

Air Receivers

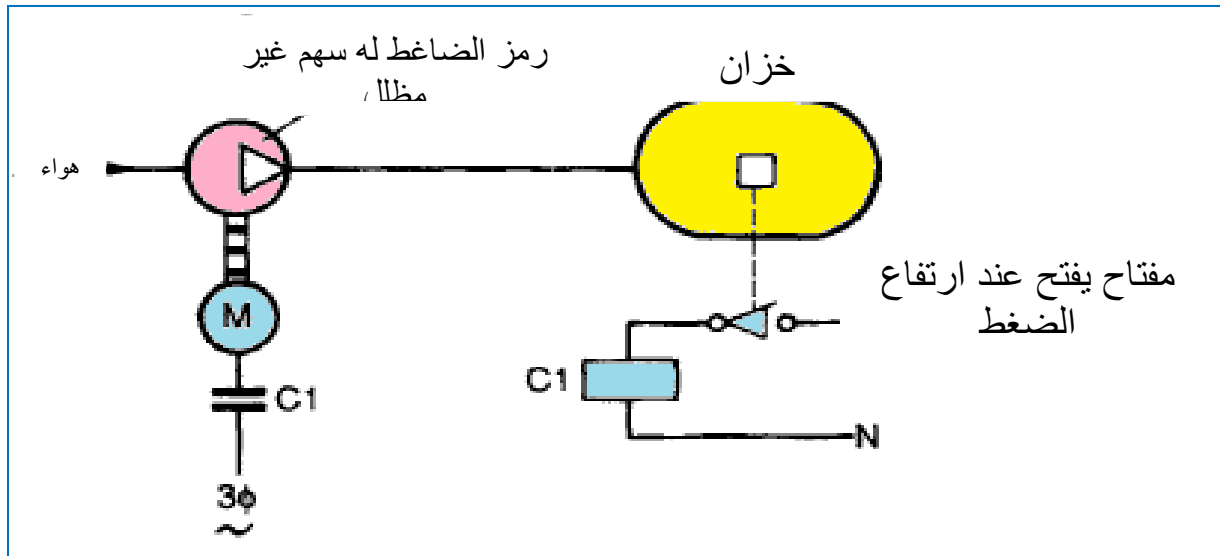
خزان الهواء: هو وعاء مغلق يحفظ (يخزن) فيه الهواء المضغوط المتجه من المضخة.وتكون الخزانات عمودية أو أفقية. توضع الخزانات خارج الورشة وفي مكان لا يتعرض لأشعة الشمس . ويمثل اختلاف الضغط داخل الخزان أو خارجه عاملاً خطراً قد يسبب بحوادث . وعند تصميم خزانات الهواء المضغوط يجب الأخذ بالحسبان أمرين:أحدهما ،أقصى ضغط للهواء يمكن العمل به بنحو آمن ،والآخر درجة الحرارة . يكون شكل خزان الهواء كروياً أو مخروطياً، أو اسطوانياً، وشائع الاستعمال هو الخزان الأسطواني وذلك لسهولة تصنيعه،أما الخزان الكروي فهو أكثر أمناً إلا أن كلفة تصنيعه عالية . اغلب خزانات الهواء تصنع من الصلب بالدرفلة على شكل اسطواني، ثم تلحم الأغشية 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 :

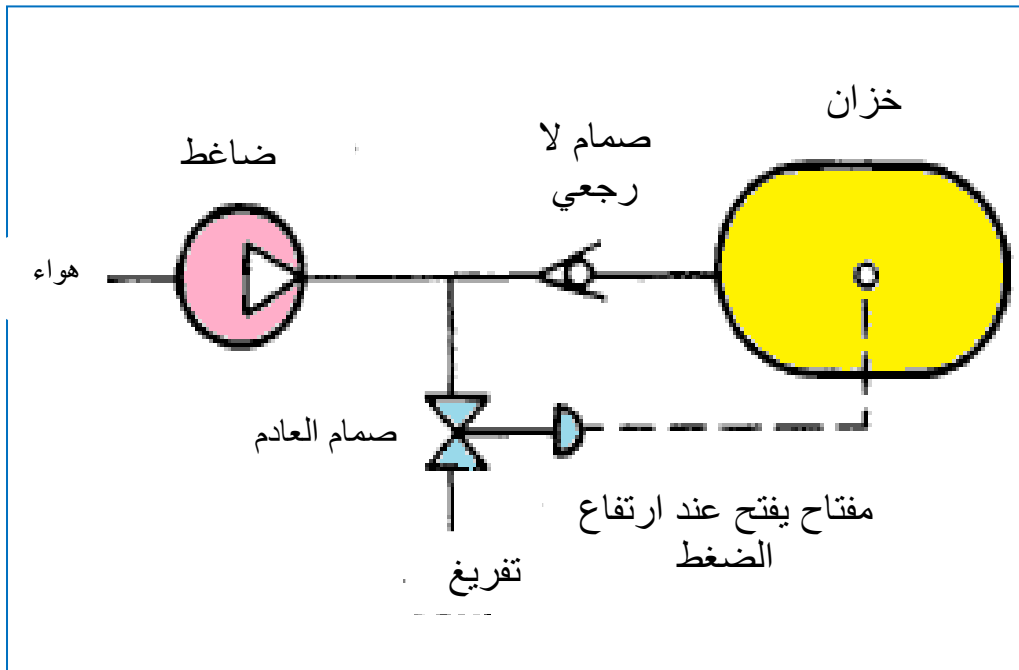
- 1- صمام أمان يقوم بتسريب الهواء إلى الجو عند ارتفاع ضغط الهواء داخل الخزان عن الحد المقرر .
- 2- صمام فصل يركب عند فتحة دخول الهواء إلى الخزان .
- 3- صمام فصل يركب عند فتحة خروج الهواء من الخزان .
- 4- صمام أمان يقوم بتسريب الهواء إلى الجو عند ارتفاع ضغط الهواء داخل الخزان عن الحد المقرر .
يسبب عدم عمل الصمام السيطرة على الضغط لأي سبب من الأسباب.
- 5- فتحة ذات غطاء محكم ، يمكن فتحه عند الحاجة لإجراء أعمال الصيانة.
- 6- مقياس لدرجة الحرارة ومقياس للضغط موصلان إلى لوحة السيطرة الكهربائية.
- 7- حقيبة تفريغ تتركب أسفل الخزان .

ويجب السيطرة على عمل ضاغطة الهواء من اجل الحفاظ على ضغط الهواء في الخزان مستقرًا وثابتًا 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.



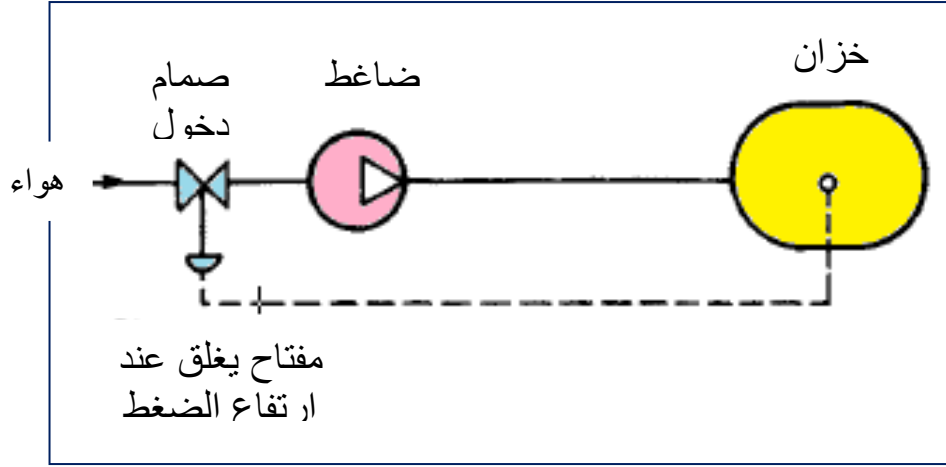
شكل (2 - 38) يمثل الدائرة النيوماتيكية

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 .

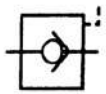
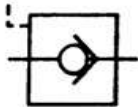
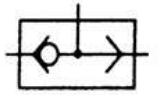
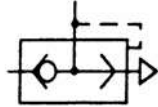
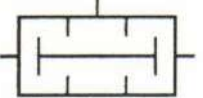
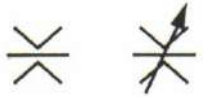
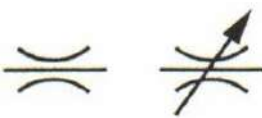





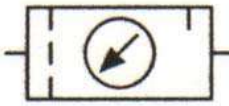


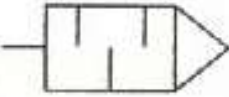
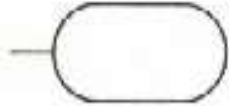
الشكل (2 - 40)

26-2 رموز الأنظمة النيوماتيكية

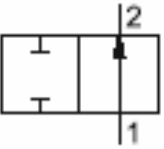
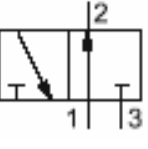
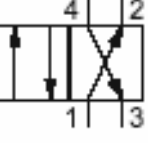
جدول (1-2) يبين الرموز الأنظمة النيوماتيكية

الرمز	اسم الرمز	الصف	ت
	محرك نيوماتيكي، ذو اتجاه واحد للدوران	رموز المشغلات (المحركات)	1
	محرك نيوماتيكي، ذو اتجاهين للدوران		
	تشغيل بالهواء	أجهزة تشغيل نيوماتيكية	2
	مرشد تشغيل نيوماتيكي		
	صمام لا رجعي		

	صمام لارجعي مرشد التشغيل	رموز الصمامات اللا رجعية	3
	صمام لا رجعي مرشد التشغيل		
	صمام ترددي		
	صمام عادم سريع		
	صمام مزدوج		
	صمام خانق التدفق الأول متغير، والثاني ثابت	رموز صمامات التحكم في التدفق	4
	صمام خانق: الأول متغير، والثاني ثابت		
	صمام خانق لا رجعي		
	مصدر طاقة نيوماتيكية		
	مرشح		

	وحدة خدمة	رموز الملحقات	6
	جهاز قياس الضغط		
	وصلات أنابيب		
	خافض للصوت		
	خزان هواء		

جدول (2-2) يبين رموز الصمامات التوجيهية وتسميتها

الرمز	التسمية	ت
	صمام توجيهي 2/2 مفتوح في الوضع الاعتيادي	1
	صمام توجيهي 2/3 مغلق في الوضع الاعتيادي	2
	صمام توجيهي 2/3 مفتوح في الوضع الاعتيادي	3
	صمام توجيهي 2/4	4
	صمام توجيهي 2/5	5
	صمام توجيهي 3/5 الوضع الأوسط مغلق	6

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 / لضغطات 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 / تركيب 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 التأثير وثنائية 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 بنحو مفصل، فضلاً عن برمجتها بلغة المخطط السلمي بواسطة الحاسوب الشخصي. كما يتناول أيضاً تطبيقات هذه الأنظمة في المجالات العملية.

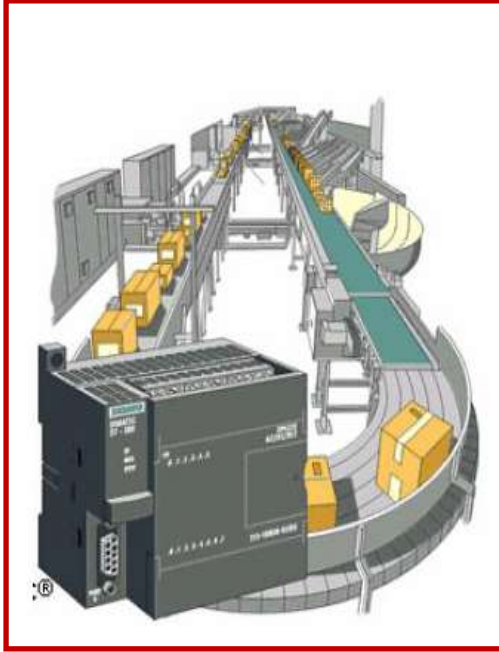
الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

1. يتعرف على الهيكل الأساسي للتحكم 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 المتحكم المنطقي المبرمج.
7. يتعرف على برمجة المتحكم بواسطة الحاسوب الشخصي.
8. يدرك تطبيقات المتحكم .

تعلم المواضيع

أنظمة التحكم المبرمجة



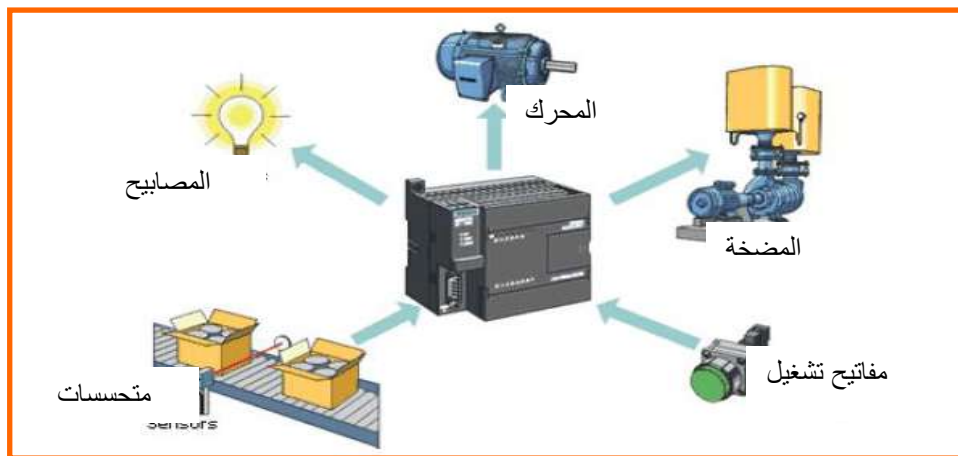
- أنظمة التحكم المنطقية المبرمجة
- الهيكل الأساسي لـ PLC
- مميزات المتحكم المنطقي المبرمج
- الرموز العددية
- أنواع الذاكرة
- طرائق عنوان الذاكرة
- دورة عمل المتحكم المنطقي المبرمج
- برمجة الـ PLC بواسطة الحاسوب الشخصي
- التعرف على استعمال برنامج (step 7)
- طرائق برمجة (plc)
- الأوامر البرمجة
- تطبيقات الـ PLC واستعمالات

نظام التحكم المنطقي هو معالج عمليات صغير يستعمل في التطبيقات الصناعية، يمكن عن طريقه التحكم في المكنائن والورش والمعامل وربط إشارات الرقمية بسهولة وتخزينها في ذاكرة الكترونية وعرضها، ويسمى بالمسيطر المنطقي القابل للبرمجة Programmable Logic Controller، واختصاره PLC ويمتاز عن غيره من المتحكمات بأنه يتعامل بطريقة منطقية Logic، وهذا يسهل البرمجة.

1-3 أنظمة التحكم المنطقية المبرمجة

Programmable Logic Controllers (PLCs)

تحتوي المكنائن المتقدمة على متحكمات وهذه المتحكمات، تختلف في أنواعها اعتماداً على مستوى التكنولوجيا في الماكينة، فقد تسيطر المتحكمات على وحدة هيدروليكية hydraulic، أو وحدة هوائية pneumatic أو كهربائية أو إلكترونية التي تكثر في المكنائن. 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، لأن البرنامج يعتمد على مبادئ منطقية، ويكون الناتج لها إما (1) و إما (0)، ويوضح الشكل (1-3) الأجهزة التي يتحكم بها المتحكم المنطقي المبرمج.



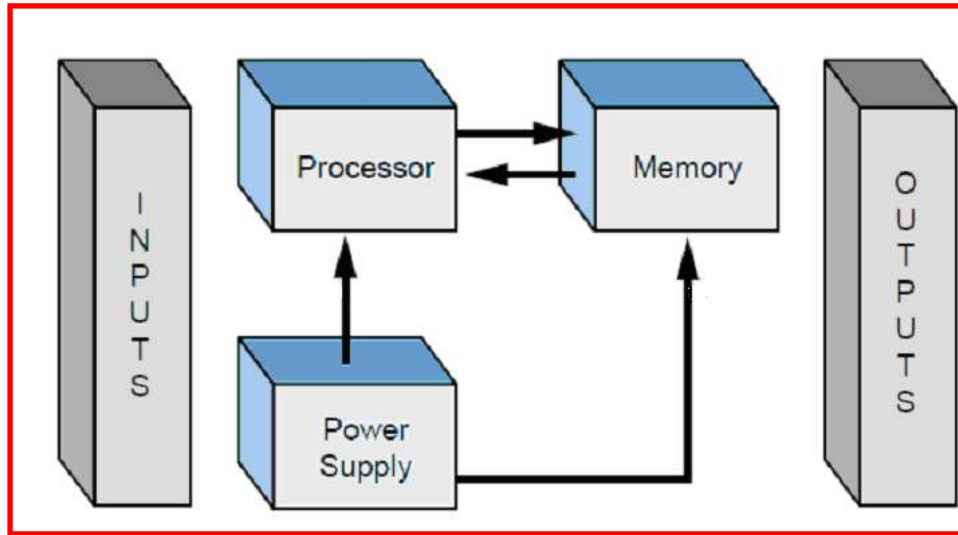
الشكل (1-3) الأجهزة التي يتصل بها المتحكم المنطقي المبرمج

Main structure for plc

المتحكم المنطقي المبرمج هو معالج دقيق مع دوائر متكاملة من جهاز القدرة، ودوائر إدخال، ودوائر إخراج مدمجة في بنية صغيرة واحدة تلائم الظروف الصناعية.

ويتكون المتحكم المنطقي المبرمج من الأجزاء الأساسية الآتية:-

1. وحدات الإدخال Input Modules.
 2. وحدات الإخراج Output Modules.
 3. وحدة المعالجة المركزية Center Processing Unit.
 4. الذاكرة Memory.
 5. وحدة التجهيز الكهربائي Power Supply Unit.
- ويوضح الشكل (2-3) المكونات الأساسية للمتحكم المنطقي المبرمج.



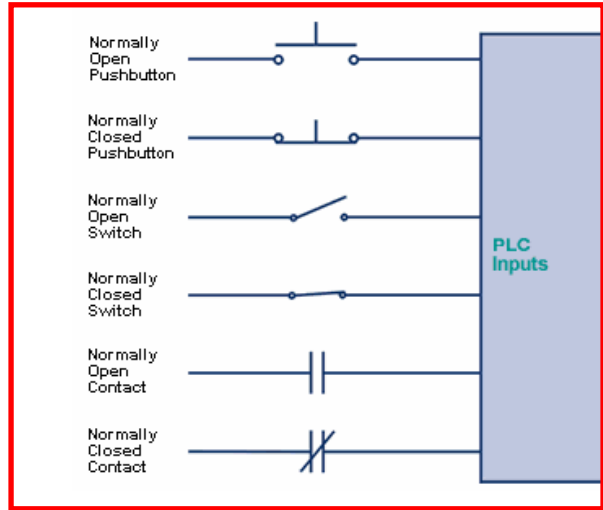
الشكل (2-3) مكونات الأساسية للمتحكم المنطقي المبرمج

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، وترتبط بها شتى أنواع 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، وترتبط بها شتى أنواع الحساسات.

2. وحدات الإخراج Output Modules

وهي وحدات تقوم بإخراج الإشارة من المتحكم، وهي أيضاً على نوعين:-

إخراج رقمي Digital Output: تكون على حالتين منطقيتين، إما (1) في حالة On، وإما (0) في حالة Off، وترتبط بها شتى أنواع المشغلات Actuators، ويوضح الشكل (4-3) الإخراج مع المشغل.

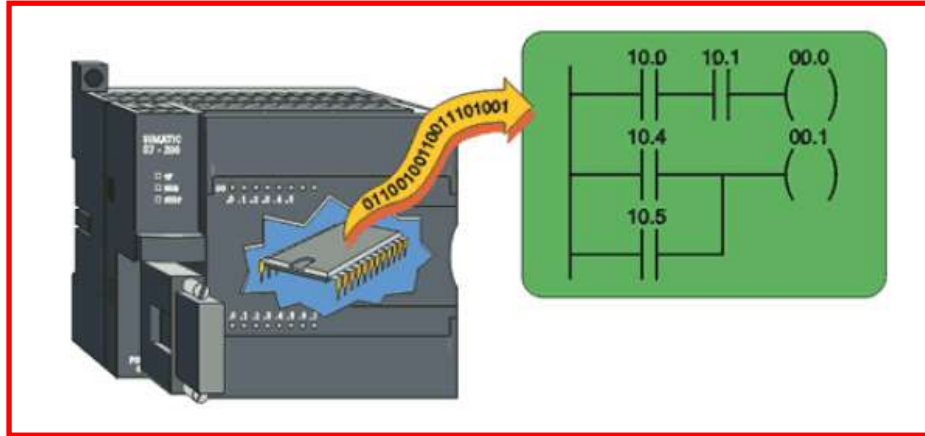


الشكل (3-4) الإخراج مع المشغل

إخراج تماثلي Analog Output: تتغير فيها قيم الإخراج، وتنقل من ذاكرة الإخراج التماثلية، وترتبط بها شتى أنواع العدادات والمشغلات المتغيرة.

3. وحدة المعالجة المركزية CPU Center Processing Unit

وهي نوع من المعالج الدقيق، وأهم جزء في المتحكم، يقوم بقراءة البرنامج وتنفيذه ومراقبة الإدخال والإخراج، ويوضح الشكل (3-5) وحدة المعالجة المركزية.



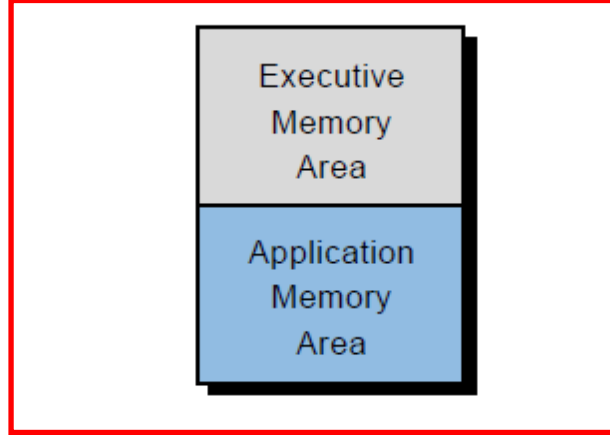
الشكل (3-5) وحدة المعالجة المركزية

4. وحدات الذاكرة Memory Modules

الذاكرة في المتحكمات تتكون من قسمين مختلفين وهما:-

- ذاكرة الإجراءات Executive Memory
- ذاكرة التطبيقات Application Memory

ويوضح الشكل (6-3) وحدات الذاكرة.



الشكل (6-3) 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 أنواع مختلفة بحسب التطبيق والوظيفة.

3-3 مميزات المتحكم المنطقي المبرمج

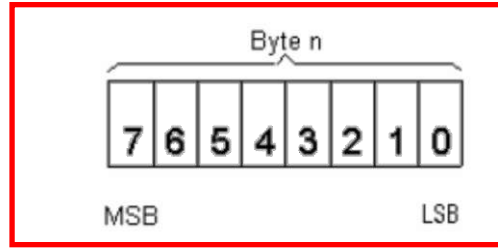
PLC's specifications and advantages

- يمتاز المتحكم المنطقي المبرمج بالآتي :-
- 1- صغر الحجم مع إمكانية توسيع وحداته.
- 2- سهل البرمجة وتحديث العمل بواسطة الحاسوب الشخصي.
- 3- يمتاز بكشف الأخطاء البرمجة وتنفيذ.
- 4- يتحمل الإجهاد لظروف التشغيل الصناعية.

4-3 الرموز العددية

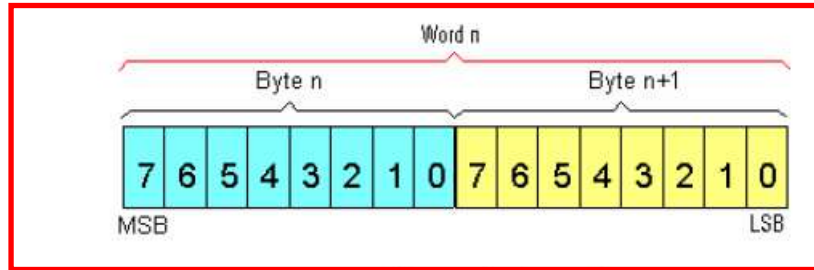
الرموز العددية التي تستعمل في المتحكم المنطقي هي:-

Byte هو موقع يحوي ثمانية bits، ويرمز له بحرف B، و **Bit** وهو قيمة ثنائية (1 أو 0)، كما في الشكل (7-3) الذي يوضح Byte.



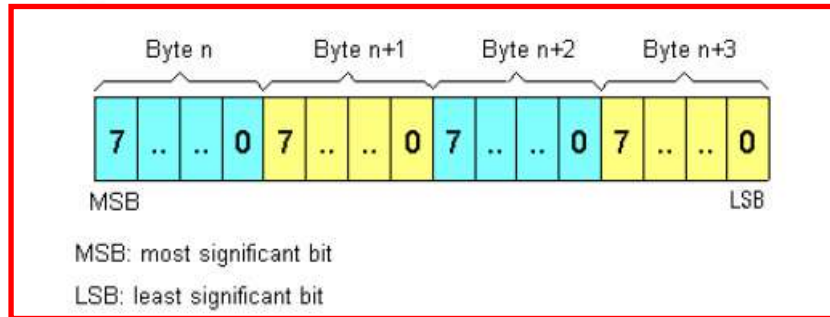
الشكل (7-3) Byte

Word يعادل اثنين من Bytes، ويرمز له بحرف W، كما في الشكل (8-3).



الشكل (8-3) Word

Double Word ويعاد لأربعة Bytes، يرمز له بحرف D، كما في الشكل (9-3).



الشكل (9-3) Double Word

ويمكن كتابة الأعداد بصورة Byte أو word أو Double Word، ويمكن تحديد صيغة الأعداد الثابتة إذا ما كانت ثنائية binary أو عشرية decimal أو 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.

مثال 1:- بين طريقة الكتابة في الأنظمة المبرمجة بصيغة النظام الثنائي للعدد الآتيين.

العدد طريقة الكتابة بصيغة النظام الثنائي

1101 2#1101

11011111 2#1101_1111

مثال 2:- بين طريقة الكتابة في الأنظمة المبرمجة بصيغة النظام السادس عشر للعدد الآتيين.

العدد طريقة الكتابة بصيغة النظام السادس عشر

3FB216#3FB2

مثال 3:- بين طريقة الكتابة في الأنظمة المبرمجة لكلمة Mechatronics.

كتابة 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 بالرمز I0.2.

مثال: I0.2 يرمز الى ال-bit الثالث من Byte الأول في ذاكرة الإدخال.

2. ذاكرة الإخراج الرقمي Process Image Output Register

يخزن بها حالة منفذ الإخراج الرقمية ويرمز لها بالرمز Q0.

مثال: Q0 يرمز إلى Byte الأول 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، وكل مسجل أربعة Byte). .

4. الذاكرة الخاصة Special Memory

توافر هذه الذاكرة معلومات الارتباطات (Communication) بين وحدة المعالج والبرنامج، ويرمز لها بالرمز SM.

مثال: **SMBO**، 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 بالرمز V. مثال VB100 هو متغير بحجم Byte في الموقع 100 من ذاكرة المتغيرات.

6. الذاكرة المحلية Local Memory

تستعمل أيضاً في تعريف متغيرات، ويرمز لها بالرمز L، وتختلف عن ذاكرة المتغيرات السابقة في أن ذاكرة L صغيرة تحوي 64 Byte فقط، وتعرف بالـ Scratch Pad.

7. ذاكرة M Bit Memory

تستعمل لخرن معلومات وبيانات وثوابت، ويرمز لها بالرمز M.

مثال: M0.1 ثابت بموقع الـ bit الثاني من Byte الأول في الذاكرة الداخلية، ويمكن خزن معلومات الذاكرة M بنحو دائم بحيث يمكن استرجاعها عند توقف المتحكم.

8. ذاكرة المؤقت Timer Memory

يخزن بها معلومات المؤقت مثل وقت التكرار Resolution، ويرمز لها بالرمز T.

9. ذاكرة العداد Counter Memory

يخزن بها معلومات العداد ويرمز لها بالرمز C.

10. ذاكرة العداد عالي السرعة High-Speed Counter

يخزن بها معلومات العداد السريع ويرمز لها بالرمز HC.

11. ذاكرة الإدخال التماثلي Analog Input

يخزن بها ناتج التحويل العدد التماثلي إلى رقمي، وهو موقع ذاكرة بطول 16 bit، ويرمز لها بالرمز AI0 أو AI2 أو AI4.

12. ذاكرة الإخراج التماثلي Analog Output

يخزن بها القيمة الرقمية قبل تحويلها إلى تماثلية، وهو موقع ذاكرة بطول 16 bit، ويرمز لها بالرمز AQ0 أو AQ2 أو AQ4.

3-6 طرائق عنونة الذاكرة

يمكن تحديد نوع العنونة المستعملة في البرنامج بطريقة مطلقة Absolutely، أو بطريقة الرموز Symbolic، وهي كما يأتي:-

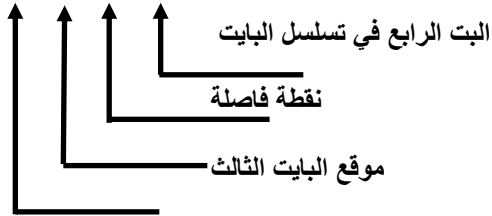
1- العنونة المطلقة Absolute Addressing

يشار بها مباشرة إلى الذاكرة سواء بالموقع bit إلى Byte في الذاكرة على اختلاف أسمائها المستعملة في برنامج S7.

وللوصول إلى موقع bit في الذاكرة صيغة العنونة هي اسم الذاكرة ثم موقع الذاكرة، ثم نقطة يتبعها تسلسل bit، وتعرف ("byte.bit" addressing)

مثال 4:- وضح طريقة العنوان للصيغة I3.4

I3.4

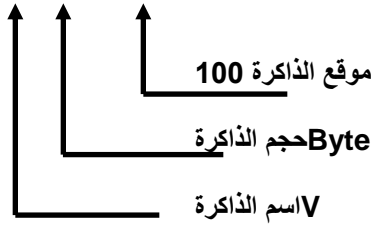


Input(ذاكرة الإدخال)

الوصول إلى موقع Byte في الذاكرة، تكون صيغة العنوان اسم الذاكرة ثم B ثم الموقع.

مثال 5:- وضح طريقة العنوان للصيغة VB100

VB100



MSB

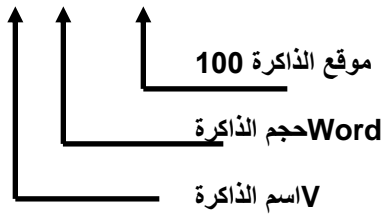
LSB

VB100	7	6	5	4	3	2	1	0
-------	---	---	---	---	---	---	---	---

الوصول إلى موقع Word(W) في الذاكرة. تكون صيغة العنوان اسم الذاكرة، ثم W، ثم الموقع.

مثال 6:- وضح طريقة العنوان للصيغة VW100

VW100



MSB

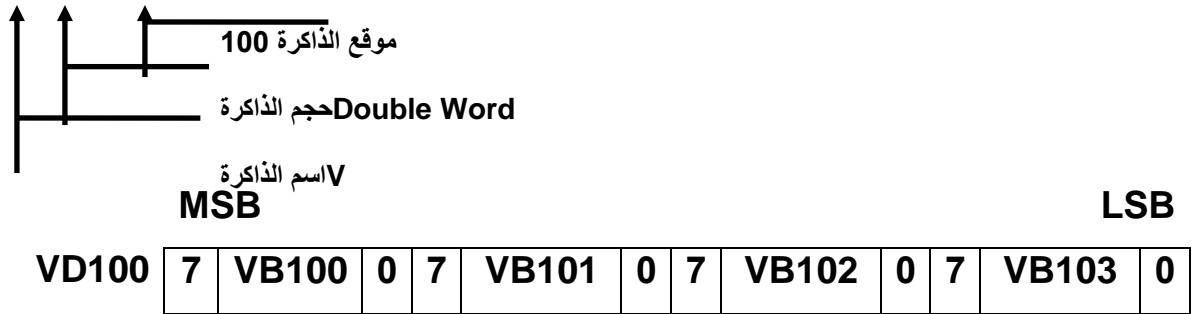
LSB

VW100	7	VB100	0	7	VB101	0
-------	---	-------	---	---	-------	---

الوصول إلى موقع Double Word في الذاكرة، تكون صيغة العنوان اسم الذاكرة، ثم D، ثم الموقع.

مثال 7:- وضح طريقة العنوان للصيغة VD100

VD100



يمكن الوصول إلى أنواع الذاكرة الأخرى (I , Q , M , L , and SM)، واستعمال الصيغ السابقة معها (or double words، words، bytes).

IB0 يشير إلى البايث الأول في الإدخال Input

LW20 يشير إلى Word في الموقع 20 من الذاكرة نوع Local Memory

2- العنوان 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 الاسم **Switch3**

يعطى الإخراج Q1 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 ال-PLC من اجل تنفيذ البرنامج بدورة عمل Scan Cycle متكررة، وتتكون من عدة مراحل ، وهي:-

1. قراءة الإدخال Read Inputs

نسخ حالة الإدخال من منفذ الإدخال إلى المسجل الصوري للإدخال Process image Input Register.

2. فحص البرنامج Execute Program

فحص معلومات البرنامج المخزون في الذاكرة، وخزن قيم المتغيرات .

3. العمليات والارتباطات Processes and Communication

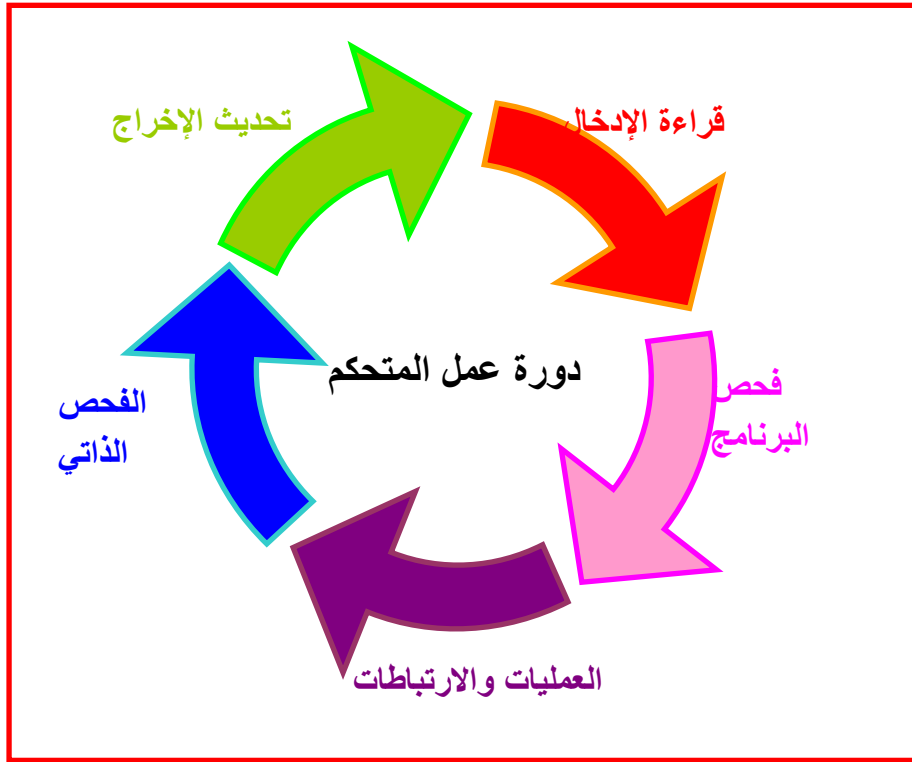
انجاز مهام العمليات وتنفيذ الارتباطات (اتصالات) التي تحتاج اليها.

4. الفحص الذاتي Self Diagnostic

فحص وحدة المعالجة المركزية واختبارها وإجراء تشخيص لها.

5. تحديث الإخراج Update Output

نقل المعلومات من المسجل الصوري للإخراج Process Image output Register إلى منفذ الإخراج. ويوضح الشكل (3-10) دورة عمل ال-PLC.



الشكل (3-10) دورة عمل ال-PLC

المتحكم المنطقي المبرمج يبرمج بواسطة الحاسوب الشخصي ، ويتم ذلك عن طريق برنامج step 7 بعد تنصيبه في الحاسوب وتوصيل القابلو (الكيبول) من نوع 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

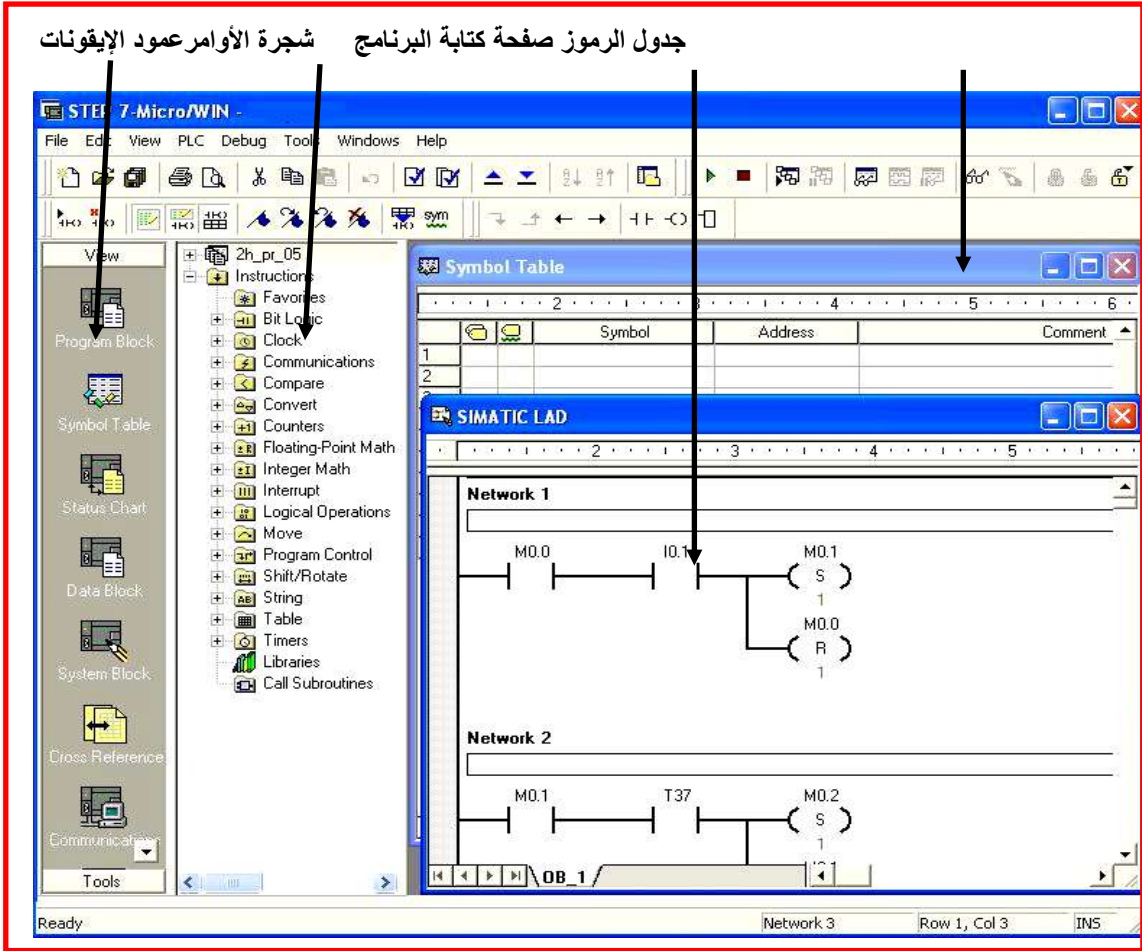
ويملك المتحكم وضعين من العمل، هما:

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.

(Step 7-3 التعرف على استعمال برنامج)

تتألف واجهة برنامج Step 7 من مجموعة من القوائم والأيقونات الرئيسية ، منها هي :
عمود الأيقونات Navigation Bar: يتكون من مجموعة من الأيقونات 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 لإضافة الأوامر إلى واجهة كتابة البرنامج.
صفحة كتابة البرنامج Program Edit: وهي صفحة فارغة يتم إضافة الأوامر إليها 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 الطرائق هي:-

1. المخطط السلمي ladder logic diagram
2. المخطط الصندوقي الوظيفي function block diagram
3. قائمة الإجراءات statement list

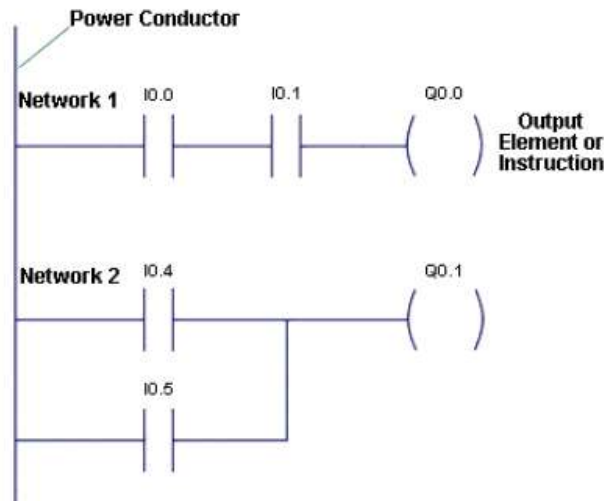
(ladder logic diagram)

يكتب البرنامج بهذه الطريقة بصورة تمثيل صوري يشابه خطوط تسليك الكهرباء، ويقسم البرنامج إلى شبكات Networks، وينفذ البرنامج بفحص شبكة واحدة في الوقتنفسهم اتجاه اليسار إلى اليمين ، ومن الأعلى للأسفل. ومن الرموز الصورية هي :

Contact يمثل الإدخال مثل المفاتيح.

Coils يمثل الإخراج مثل المحرك.

تعد من الطرائق البسيطة وسريعة التعلم، ويوضح الشكل (12-3) شكل المخطط السُلَمي .

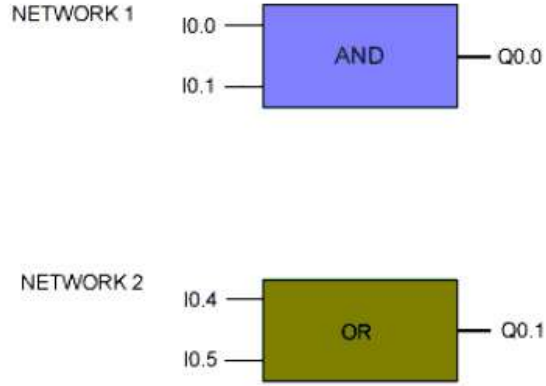


الشكل (12-3) المخطط السُلَمي

2-10-3 المخطط الصندوقي الوظيفي

Function block diagram

يكتب البرنامج بهذه الطريقة بصورة تمثيل صوري يشابه مخططات البوابات المنطقية، ويعمل 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 لقراءة الإدخال ، وإجراء عملية AND، وإخراج الناتج

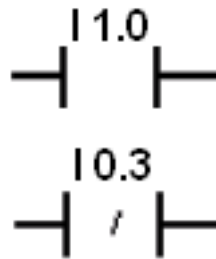
قراءة الإدخال I0.1 ، LD I0.1
تطبيق عملية And ، A I0.2
إخراج النتيجة على Q0.0 ، = Q0.0

(Instruction of 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 7 تأخذ 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 عموديين متوازيين يكتب اسم ال-bit الخاص بالمفتاح فوقه، ويتحول إلى الوضع المغلق عندما يكون ال-bit المتحكم به بقيمة منطقية (1)، ورمز مفتاح التلامس مغلق في الوضع الاعتيادي Normally Close (NC) يأخذ شكل خطين عموديين متوازيين بينهما خط مائل، ويتحول إلى الوضع المفتوح عندما يكون ال-bit المتحكم به بقيمة منطقية (1) ويوضح الشكل (3-14) رموز مفتاح التلامس .



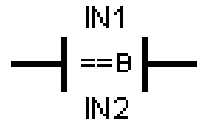
الشكل (3-14) رموز مفتاح التلامس

رموز أوامر المقارنة Compare Instructions Symbol

توافر المقارنة بين عددين، وتأخذ رموزاً مختلفة، وهي :-

مقارن تساوي Equal Byte

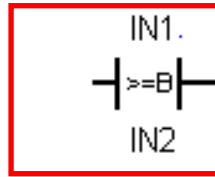
عندما يكون ByteIN1 يساوي بالقيمة ByteIN2 يكون الطرف الأيمن للمقارن يساوي 1 وإذا لم يتساويا يكون 0، ويوضح الشكل(3-15) رمز مقارن التساوي.



الشكل(3-15) رمز مقارن التساوي

مقارن اكبر أو يساوي Greater Than or Equal Byte

عندما يكون ByteIN1 لايساوي بالقيمة ByteIN2 يكون الطرف اليمين 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

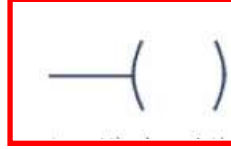
ومن المقارنات الأخرى الآتية :-

-<>B -	<u>Not Equal Byte</u>	لايساوي Byte
->=B -	<u>Greater Than or Equal Byte</u>	اكبر من أو يساوي Byte
-<=B -	<u>Less Than or Equal Byte</u>	اصغر من أو يساوي Byte
->B -	<u>Greater Than Byte</u>	اكبر من Byte
-<B -	<u>Less Than Byte</u>	اصغر من Byte
- =I -	<u>Equal Integer</u>	يساوي عدداً صحيحاً
-<>I -	<u>Not Equal Integer</u>	لا يساوي عدداً صحيحاً
->=I -	<u>Greater Than or Equal Integer</u>	اكبر من أو يساوي عدداً صحيحاً
-<=I -	<u>Less Than or Equal Integer</u>	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

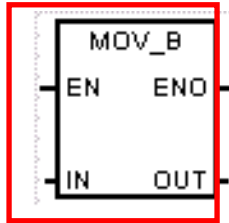
تمثل الصناديق أوامر مختلفة، مثل صندوق التدوير، وصندوق التحريك.

صندوق النقل MOV_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 لا يعمل)

ENO: تستعمل لتفعيل الأوامر التي تليها عند التنفيذ، ويتوقف تفعيل الخروج إذا لم ينفذ، ويوضح

الشكل (3-18) رمز صندوق النقل.

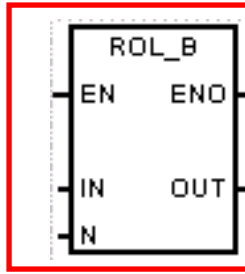


الشكل (3-18) رمز صندوق النقل

صندوق التدوير ROL_B يقوم بتدوير Byte الداخل IN إلى جهة اليسار L ونقل الناتج إلى OUT،

ويوضح الشكل (3-19) رمز صندوق التدوير.

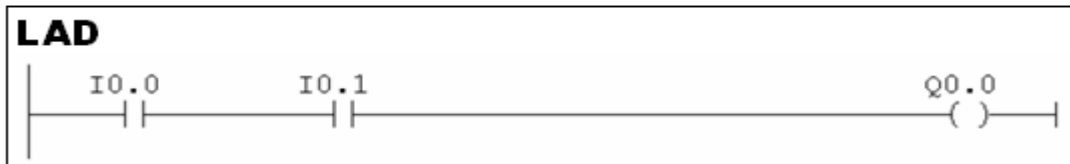
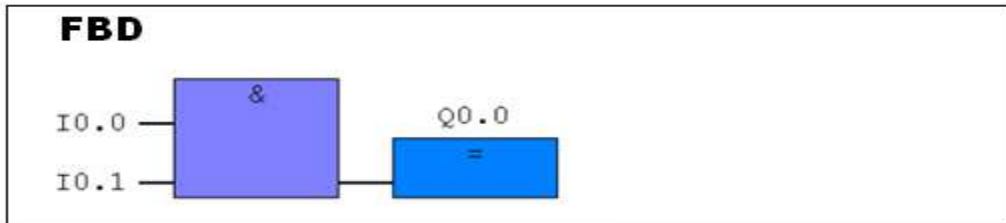
N: عدد الدورات إلى Bits



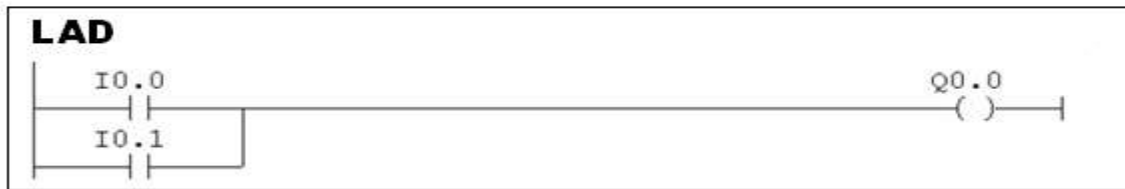
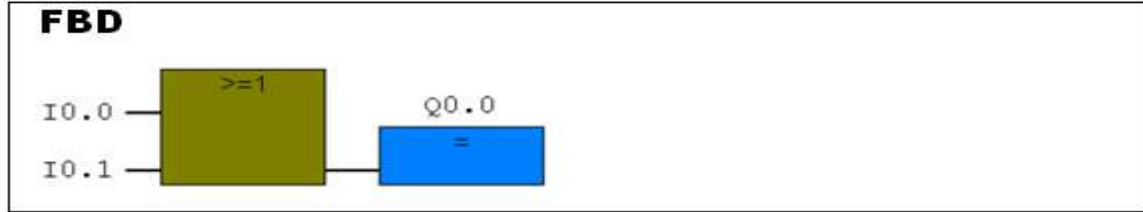
الشكل (19-3) رمز صندوق التدوير

بناء البوابات المنطقية

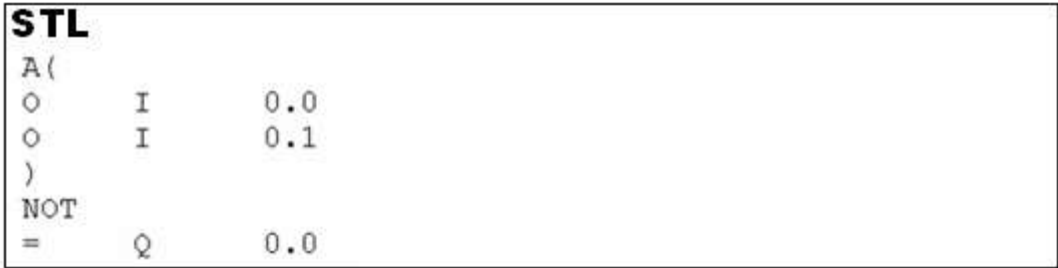
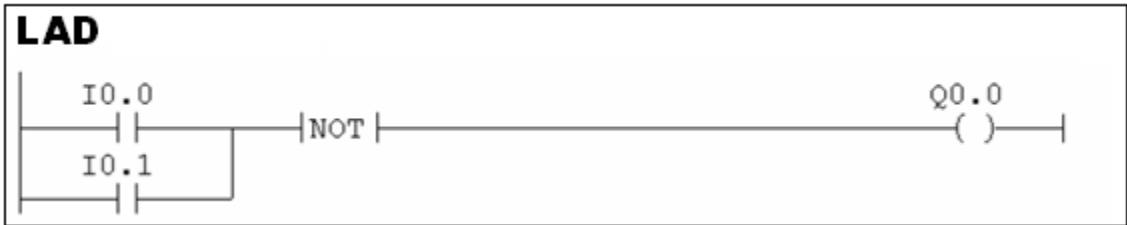
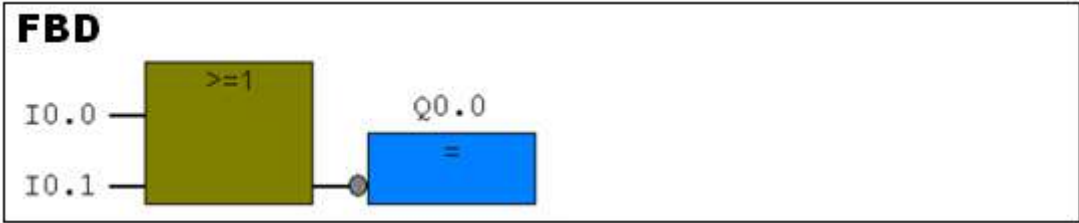
1- بوابة And



OR بوابة -2



3- بوابة NOR



5- بوابة NOT



LAD



STL

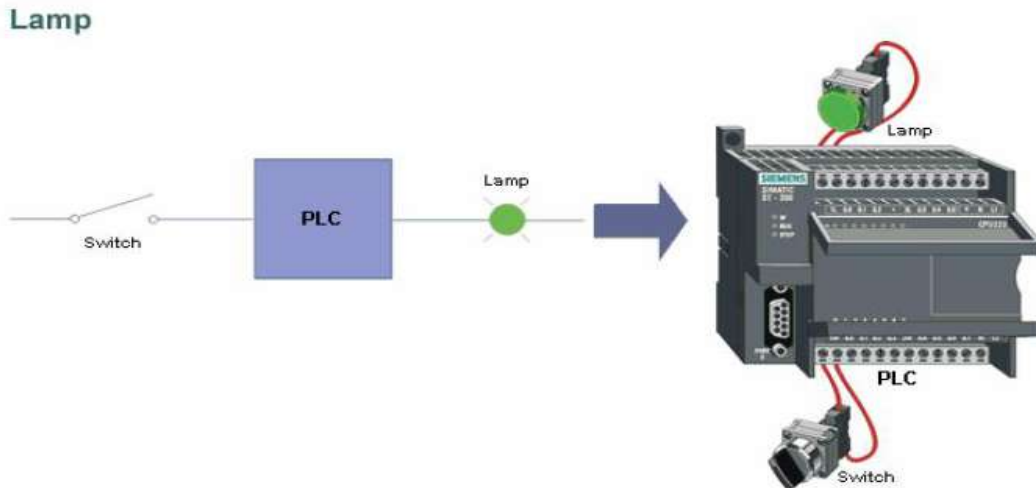
```
AN    I    0.0  
=     Q    0.0
```

واستعمالاته 12-3PLC تطبيقات الـ

Applications and employs for plc

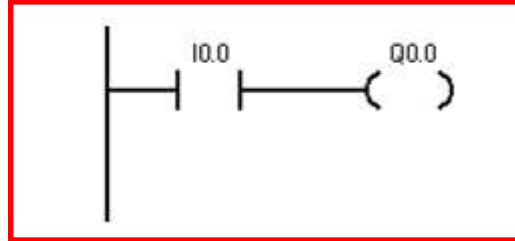
1- تشغيل مصباح بواسطة الـ PLC

عند تشغيل مصباح بواسطة الـ PLC نحتاج إلى مفتاح تشغيل Switch يربط الى الإدخال I0.0، والمصباح يربط إلى الإخراج Q0.0، كما موضح في الشكل (20-3).



الشكل (20-3) تشغيل مصباح بواسطة الـ PLC

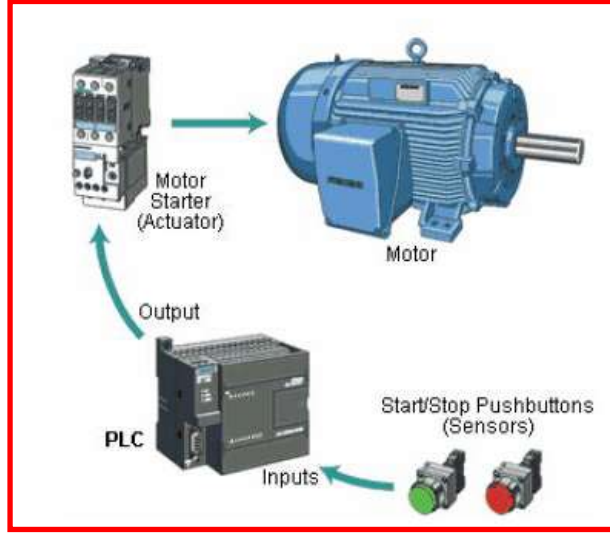
لكتابة برنامج بطريقة السلمية Ladder تكون بالشكل (21-3)



الشكل (21-3) برنامج تشغيل مصباح

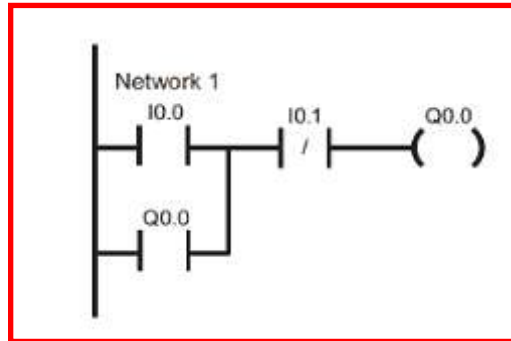
2- تشغيل محرك بواسطة الـ PLC

نحتاج لتشغيل محرك إلى مفتاح تشغيل (normally-open) يربط إلى الإدخال I0.0 وأخر للإطفاء (normally close) يربط إلى I0.1 ومشغل المحرك Actuator يربط إلى Q0.0 كما موضح في الشكل (22-3).



الشكل (22-3) تشغيل محرك بواسطة أPLC

لكتابة برنامج بطريقة السلمية Ladder تكون بالشكل (23-3):



الشكل (23-3) برنامج تشغيل محرك

أسئلة الفصل الثالث

- س1 اذكر مهام المتحكم المنطقي المبرمج.
- س2 عدد وحدات المتحكم المنطقي المبرمج.
- س3 اذكر الأجهزة التي يتصل بها المتحكم المنطقي المبرمج.
- س4 ما فائدة كل من:-
- أ- وحدات الإدخال.
- ب- وحدات الإخراج.
- ت- وحدة المعالجة المركزية .
- ث- الذاكرة.
- س5 عدد مميزات المتحكم المنطقي.
- س6 اذكر الرموز العددية.
- س7 ما أنواع الذاكرات المستعملة في المتحكم المنطقي المبرمج؟
- س8 اشرح العنونة المطلقة.
- س9 ما استعمال العنونة الرمزية؟
- س10 اشرح دورة عمل المتحكم.
- س11 ارسم المخطط السلمي لتشغيل مصباح لمدة 30 ثانية وإطفائه لمدة 30 ثانية بواسطة المتحكم المبرمج.
- س12 ارسم المخطط السلمي لتشغيل محرك وإطفائه باستعمال مفتاح تشغيل واحد