جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي/ ميكاترونكس- تكنولوجيا صناعية

الثالث

تأليف

أ.د. نبيل كاظم عبد الصاحب المهندس زاهر فاضل المهندس يعرب عمر ناجي

المهندس رعد كاظم محمد المهندس محمود اياد المهندس هشام حسن جاسم

المهندس احمد رحمان جاسم المهندس مصطفى هاشم حريب

الطبعة الرابعة 1445هـ - 2023 م

المقدمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على اشرف الخلق والمرسلين سيدنا محمد وعلى اله وصحبه أجمعين.

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

فقد خطت المديرية العامة للتعليم المهني خطوات ايجابية تتفق مع الدول المتقدمة في بناء البرامج وفق أساليب حديثة، وبكافة الاختصاصات وقد تمثلت هذه الخطوة في تحديث الكتب التربوية والعلمية وفتح الكثير من الاختصاصات المستحدثة ومنها على وجه الخصوص افتتاح فرع الميكاترونيكس بقسميه ميكاترونيكس- سيارات، وميكاترونيكس- تكنولوجيا صناعية (خطوط الإنتاج والتوزيع) ، وتمثل هذه الخطوة إحدى الركائز الأساسية التي تساعد في بناء الوطن وفق الرؤيا العلمية التي تتوافق مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل الآنية والمستقبلية. واليوم نضع بين يديك عزيزي الطالب هذا الكتاب والذي يشتمل على المفاهيم الأساسية لأنظمة الميكاترونيكس الحديثة المتوفرة في معظم المنشآت والمعامل الحديثة وطرق التعامل معها من اجل تكوين الفهم الشامل، والمتكامل للفني المهتم بصيانة تلك الأنظمة الحديثة بكل ما تحتويه من عقول إلكترونية وأنظمة المتحسسات والمشغلات التابعة لها... لذلك فلابد لنا من أن نتفحص في كتابنا هذا وحدات الميكاترونيكس الصناعية والأساليب الحديثة المتبعة في استخدامها وصيانتها وإدامتها لإكساب الفني المختص المعلومات والمهارات العلمية اللازمة لهذا التخصص.

ونرجو من الله عز وجل أن نكون قد أسهمنا وبشكل متواضع في نشر المعرفة بين أبنائنا الأعزاء من طلبة التعليم المهني وفي خدمة هذا الوطن العزيز.

ونسال الله التوفيق لكل العاملين على فتح هذا التخصص و الإعداد له ... إنه سميع مجيب.

المؤلفون

المحتويات

الفصل	الصفحة
الفصل الأول الأنظمة الكهروهيدروليكية Electrohydraullic Systems	7
1. المقدمة	9
2-1 مكونات النظام الكهروهيدروليكي	9
1-2-1 المفاتيح الكهربائية	9
2-2-1 المرحلات الكهربائية	22
3-2-1 المشغلات	24
4-2-1 الحساسات	24
3-1 الدائرة الكهربائية المستخدمة للنظام الكهروهيدروليكي	25
4-1 تشغيل وتطبيق المكونات الكهروهيدروليكية	28
أسئلة الفصل الأول	31
الفصل الثاني المشغلات Actuators	
1-2 السيطرة الكهروهيدروليكية	34
2-2 وحدة الاحتواء الذاتي	34
3-2 الصمامات الكهروهيدروليكية	35
4-2 صمام الضبط	39
5-2 المشغل الخطي الهيدروليكي	41
6-2 عمل الصمامات الكهروهيدروليكية	43
7-2 صمامات السيطرة	44
1-7-2 الصمام البوابي	45
2-7-2 الصمام المستدير	46
3-7-2 الصمام الكروي	47
4-7-2 الصمام ذو السدادة	48
5-7-2 الصمام الفراشة	49
8-2 المحركات الكهربائية	50
1-8-2 محركات التيار المستمر	56
2-8-2 محركات التيار المتردد (المتناوب)	70
9-2 المحركات الكهروهيدروليكية	80
1-9-2 المحرك الكهرهيدروليكي الخطوي	80
2-9-2 المحرك الكهرهيدروليكي المؤازر	82
1-2-9-2 المحركات الدورانية	82
2-2-9-2 المحركات الخطية	84
10-2 أجهزة الإنذار	87
1-10-2 المصابيح	87
2-10-2 أجهزة إصدار الطنين	88
3-10-2 الأجراس	90
أسئلة الفصل الثاني	91

الفصل الثالث التحكم المنطقي المبرمج الاوامر المتقدمة للبرمجة	Programmable Logic controller Programming Advance Instructions	92
1-3 المقدمة		94
2-3 أوامر النقل		94
3-3 أوامر التحكم في البرمجة		95
4-3 أوامر التزحيف والتدوير		98
5-3 أوامر الإبدال		100
6-3 المؤقتات		101
7-3 أنواع المؤقتات		102
1-7-3 عمل وبرمجة المؤقتات		104
8-3 العدادات		106
9-3 أنواع العدادات		108
أسئلة الفصل الثالث		114
الفصل الرابع ماكينات CNC	CNC (Computerize Numerical Control) Machines	115
4- المقدمة		116
1-4 المكونات الرئيسة لماكينة CNC		118
1-1-4 جهاز الإدخال		119
2-1-4 وحدة التحكم بالماكينة		120
3-1-4 أداة الماكينة		120
4-1-4 نظام القيادة		121
5-1-4 جهاز التغذية العكسية		121
6-1-4 وحدة العرض		121
2-4 أنظمة البرمجة لنظام CNC		122
1-2-4 أنظمة الأبعاد		123
2-2-4 تعريف البرمجة		124
3-2-4 هيكل البرنامج		124
1-3-2-4 رقم التسلسل		126
2-3-2-4 دالة التحضير		126
3-3-2-4 كلمة الاحداثيات		126
4-3-2-4 بارمترات لاستكمال دائري		127
5-3-2-4 دالة العمود		129
6-3-2-4 دالة التغذية		129
7-3-2-4 دالة الأداة		130
8-3-2-4 الدالة المتنوعة		130
3-4 نظام الدوال التحضيرية		131

4-3-1 اختيار الأبعاد المطلقة أو التزايدية	131
4-3-2 الوضع السريع	131
4-3-3 الاستكمال الخطي	132
4-3-4 الاستكمال الدائري	132
4-3-5 تعويض أداة القطع	134
أسئلة الفصل الرابع	141

الفصل الأول

الأنظمة الكهروهيدروليكية

Electrohydraullic Systems

الأهداف

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل إلى تعريف الطالب بأنظمة الكهرهيدروليك والتعرف على مكوناتها وإلى مبدأ عملها.

الأهداف الخاصة:

تعريف الطالب بالمواضيع الآتية:

1. المنظومات الكهروهيدروليكية
2. مكونات النظام الكهرو هيدروليكي
3. المفاتيح الكهربائية وانواعها
4. المرحلات وانواعها
5. الحساسات والمشغلات
6. الدوائر الكهربائية في النظام الكهروهيدروليكي

محتويات

الفصل 1

التعرف على

- المنظومة الكهروهيدروليكية – مكونات النظام الكهروهيدروليكي – المفاتيح الكهربائية – المفتاح اليدوي الانضغاطي – المفتاح الحدي – مفتاح الضغط – المفتاح الحراري – المجسات الاقترابية – المرحلات الكهربائية – الحساسات – المشغلات – الدائرة الكهربائية المستخدمة للنظام الكهروهيدرولي – تشغيل وتطبيق المكونات الكهروهيدرو ليكية

المنظومة الكهروهيدروليكية

المنظومة الكهروهيدروليكية

1. مقدمة

يطلق مصطلح الكهروهيدروليك على منظومات القدرة الهيدروليكية التي يتم تشغيلها والتحكم بها من خلال أنظمة تشغيل وتحكم كهربائية وذلك من اجل الاستغناء عن التحكم اليدوي وجعل تلك الأنظمة الهيدروليكية أنظمة ذكية (Intelligent Systems) وهذا هو مفهوم نظام الميكاترونيكس كما تم تعريفه في المراحل الدراسية السابقة (نظام ميكانيكي يتضمن عقلاً إلكترونياً للتحكم في تصرفه للحصول على استقلالية واستجابة مثلى)

وهنالك عدة أسباب أدت إلى شيوع استخدامات الأنظمة الكهروهيدروليكية بدلاً من سابقتها الهيدروليكية ومنها:

- إمكانية التحكم بالأنظمة الكبيرة والمعقدة.
- تفوق السيطرة الكهربائية من حيث الدقة عن السيطرة اليدوية.
- سهولة تغيير أسلوب وآلية التحكم من خلال مرونة البرمجة للعقل الإلكتروني.
- بالإمكان بناء دائرة ربط بيني بسهولة بين الحاسب الشخصي والمنظومة الكهروهيدروليكية تسهل من التعامل معها والتحكم بها.
- بالإمكان إدارة المنظومة الكهروهيدروليكية عن بعد (Wireless Control) إذا تطلب الأمر ذلك لخطورة ما أو بعد المسافات وغيرها.
- إمكانية تحديث النظام الكهروهيدروليكي بأستخدام البرامجيات (software) لمواكبة التطورات المستحدثة دون الحاجة إلى تغييرات كبيرة في النظام الفيزيائي (Hardware).

2-1 مكونات النظام الكهروهيدروليكي

يتكون النظام الكهروهيدروليكي من الأجزاء الرئيسة الآتية:

1-2-1 المفاتيح الكهربائية Electrical switches

تعتبر المفاتيح الكهربائية في النظام الكهروهيدروليكي من أهم مكونات الدائرة الكهربائية اللازمة لتشغيل ذلك النظام فهي تستخدم بشكل رئيس في تشغيل وإيقاف تشغيل الدائرة الكهربائية أو أجزاء منها حسب نظام التحكم المقترح أو المصمم لذلك. تصنف المفاتيح الكهربائية كالآتي:

نوع المفتاح	غرض الاستخدام	طريقة التوصيل
مفتاح هوائي	مفتاح وقاية	تشغيل باليد
مفتاح زيتي	مفتاح فصل	تشغيل آلي
مفتاح بغاز مضغوط	مفتاح مساعد	تشغيل عن بعد
مفتاح تفريغ	مفتاح وقاية وفصل	تشغيل باليد أو آلي

توجد أربعة أنواع أساسية من المفاتيح الكهربائية المستخدمة في المنظومات الكهروهيدروليكية وهي:

1. المفتاح اليدوي الإنضغاطي Push button switch
2. المفتاح الحدي Limit switch
3. مفتاح الضغط Pressure switch
4. مفتاح حراري Temperature switch

أولاً : المفتاح اليدوي ألانضغاطي Push Button Switch توجد اربعة انواع من هذا النوع :

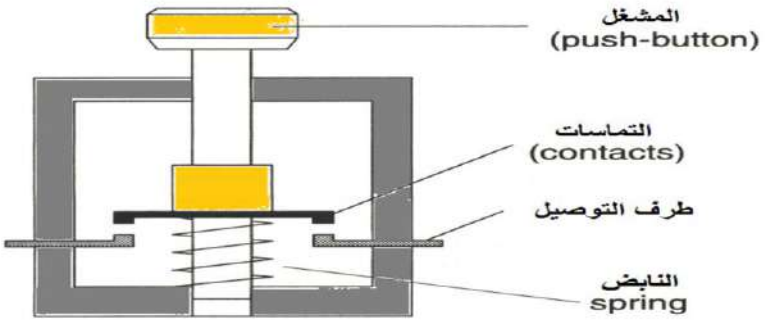
- **مفتاح إنظغاطي أحادي القطب وأحادي الحدفة بملامس واحد**

Push button switch – single pole single throw (SPST) ومنه نوعان:

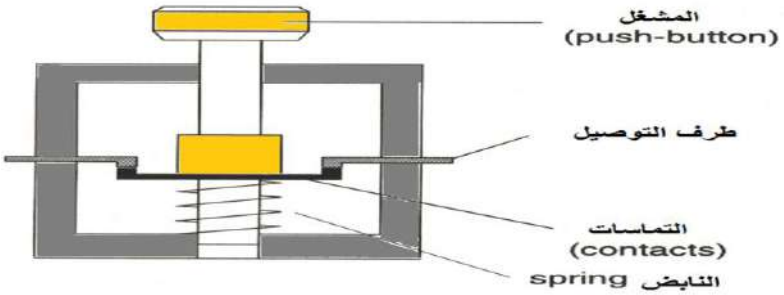
SPST – Normally Open (NO) مفتوح في الوضع العادي (عند عدم تشغيل)

SPST – Normally Close (NC) مغلق في الوضع العادي (عند عدم تشغيل)

يوضح الشكل (1-1) نوعي المفتاح اليدوي ألانضغاطي SPST – Normally Open (NO) و SPST – Normally Close (NC).



(SPST – Normally Open (NO



SPST – Normally Close (NC)

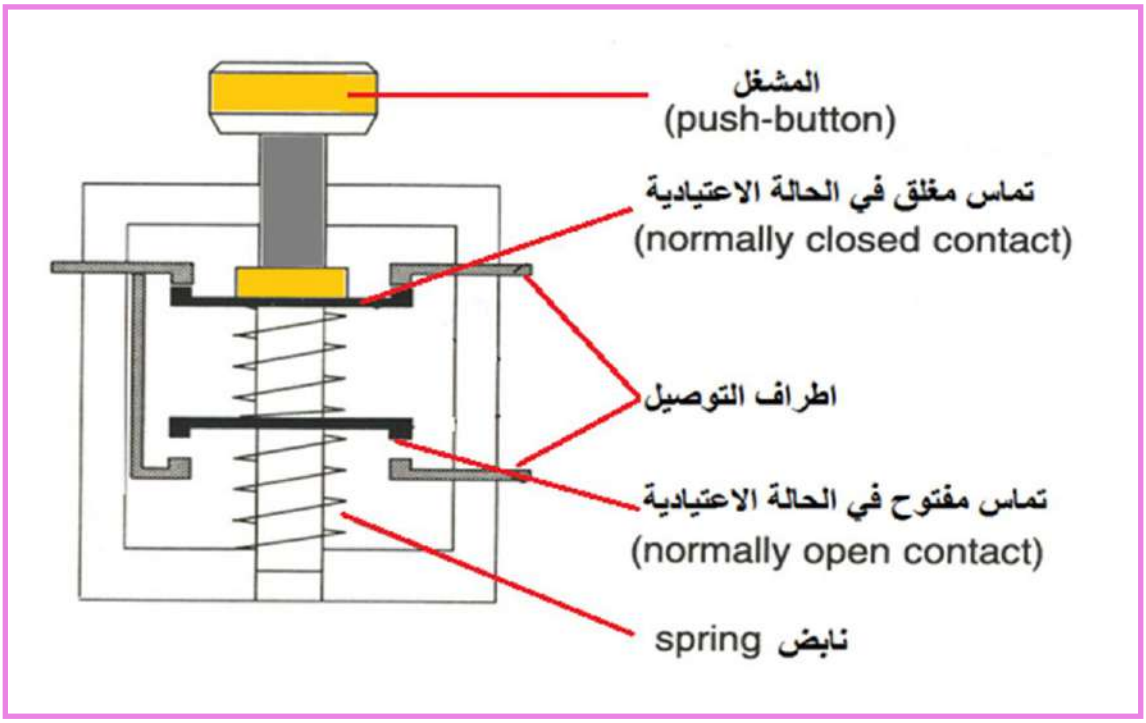
الشكل (1-1) نوعي المفتاح اليدوي ألانضغاطي

SPST – Normally Close (NC) و SPST – Normally Open (NO)

- **مفتاح انضغاطي ثنائي القطب وأحادي الحدفة وملامسان**

Push button switch – double poles single throw (DPST)

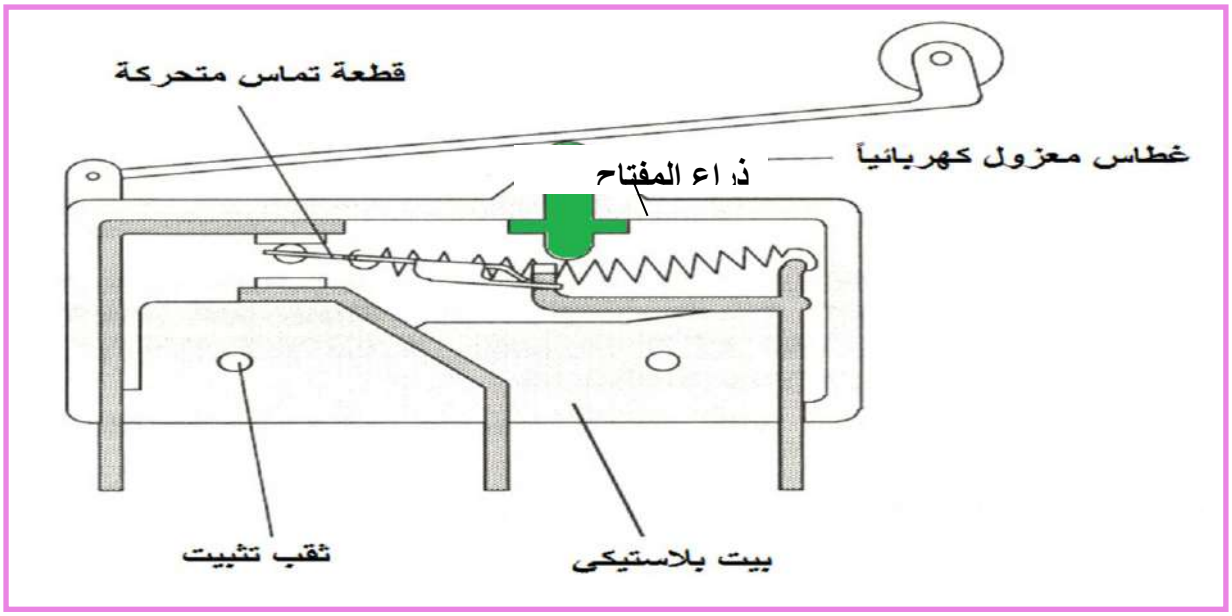
بعض المفاتيح لها تماسان (two contacts) احدهما مفتوح والثاني مغلق في الوضع العادي كما مبين في الشكل (1-2) وهذا يعني انه عند الضغط على المفتاح ألانضغاطي سوف يتغير وضع التماسان، التماس المغلق يفتح والتماس المفتوح يغلق.



الشكل (1-2) مفتاح انضغاطي ثنائي القطب وأحادي الحدفة وملامسان (DPST)

ثانياً : المفتاح الحدي Limit Switch

أن مبدأ عمله مشابه إلى مبدأ عمل المفتاح ألانضغاطي اليدوي ولكن الفرق الوحيد أن الضغط يتم فيه ميكانيكياً وليس يدوياً. فعندما يقترب طرف أو جزء ميكانيكي معين من المفتاح الحدي ويمس ذراعه فسيقوم الذراع بدفع غطاس معزول كهربائياً ليفصل قطعة التماس الكهربائي المتحركة فيقوم بقطع التوصيل الكهربائي.هنالك استخدامات مختلفة لهذا النوع من المفاتيح الكهربائية فعلى سبيل المثال يتم تشغيله من خلال الكامات (cams)، الأذرع (arms)، البكرات (pulleys). والشكل (1-3) يبين شكل المفتاح الحدي الميكانيكي.

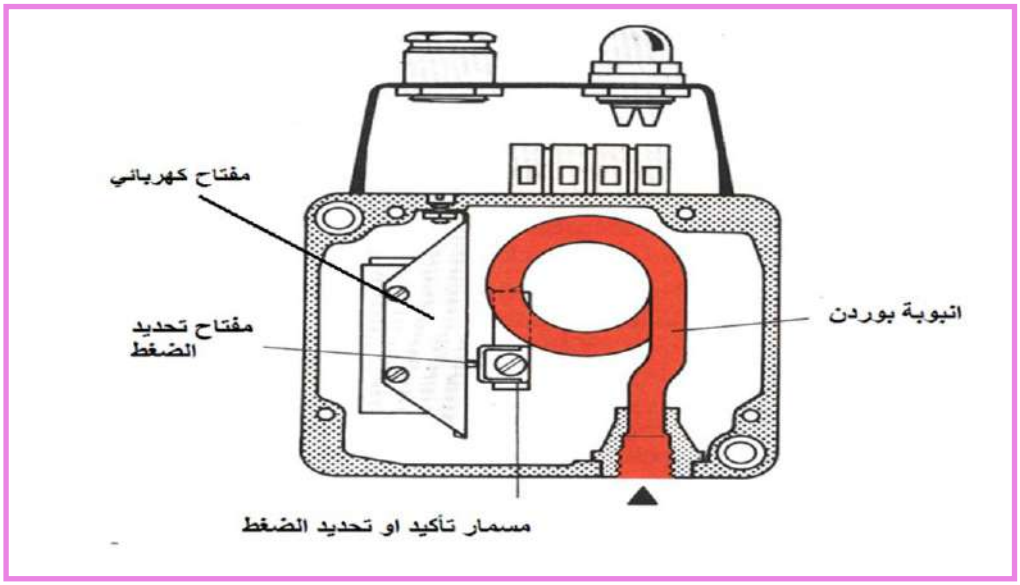


الشكل (1-3) مفتاح حدي ميكانيكي

ثالثاً : مفتاح الضغط Pressure Switch

مفاتيح الضغط تفتح وتغلق تماساتها اعتماداً على نظام الضغط الموجودة في الدائرة. ودائماً لها وضعان; وضع للضغط العالي ووضع للضغط المنخفض، ومن الضروري لكي تعمل المضخة أو لكي تقف فإنه يجب المحافظة على الضغوط المعطاة، فستجد أن الضغط المنخفض يبدأ عنده عمل المضخة ووضع الضغط العالي تقف عنده المضخة.

الشكل (1-4) يبين مفتاح الضغط ذو الوضعين، الوضع الأول وهو مغلق دائماً والوضع الثاني مفتوح دائماً وهذا يوضع على أطراف المسمار. ويوجد مقياس أمامي (غير مبين في الشكل) تجد إنه يستخدم للتأكد من وضع الضغط الذي بواسطته يغلق المفتاح غلقاً ذاتياً. كما يبين الشكل أيضا مفتاح ضغط واسع الانتشار عبارة عن أنبوبة بوردن تتمدد عندما يؤثر الضغط بداخلها محدثاً تلامس الأطراف الكهربائية أو فصلها حسب تأثير الضغط.

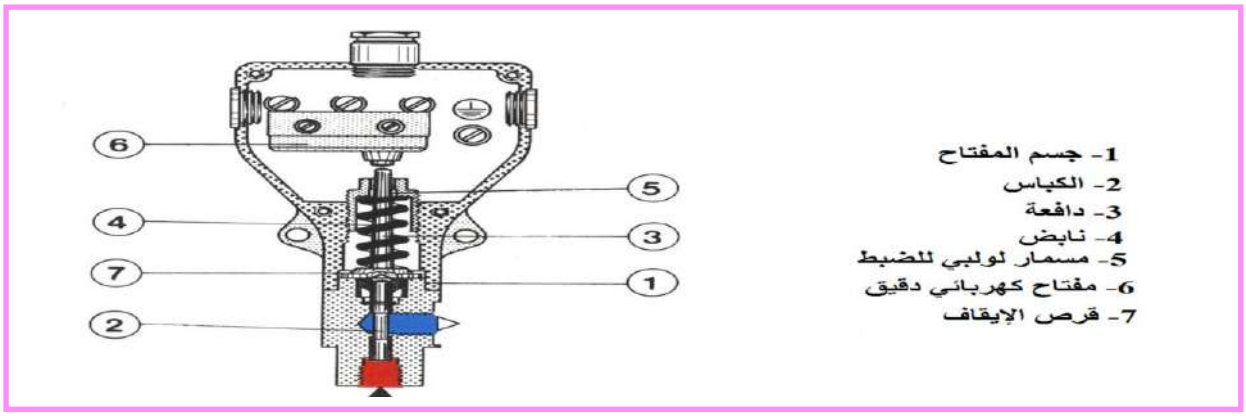


الشكل (1-4) مفتاح الضغط ذو الوضعين

وهناك أنواع مختلفة لمفاتيح الضغط نذكر منها أللآتي:

- **مفاتيح الضغط الكباسية Piston Pressure Switches**

يبين الشكل (1-5) مخططاً لمفاتيح ضغط كباسي طراز HED1

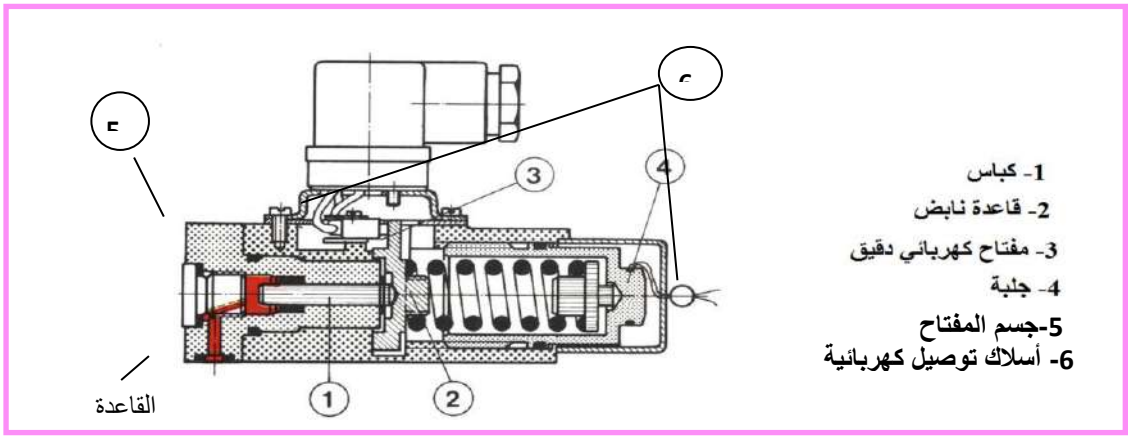


الشكل (1-5) مخطط لمفاتيح ضغط كباسي طراز HED1

أن مبدأ عمل مفتاح الضغط الكباسي المبين في الشكل (1-5) هو كما يأتي:

يؤثر الضغط المراد مراقبته على الكباس 2 الذي يدفع بدوره النابض 4 عن طريق الدافعة 3، ويمكن ضبط قوة النابض عن طريق مسمار الضبط اللولبي 5، فعندما تزيد قوة الضغط عن قوة النابض يتحرك الكباس ضد قوة النابض، تنقل الدافعة 3 هذه الحركة للمفتاح الكهربائي الدقيق 6، ولحماية المفتاح الكهربائي من التلف يتم تحديد مقدار حركة الدافعة ميكانيكياً بواسطة قرص الإيقاف 7.

يوجد أيضا مفتاح ضغط كباسي اخر طراز HED4 كما مبين في الشكل (1-6)



الشكل (1-6) مفتاح ضغط كباسي طراز HED4

يؤثر الكباس 1 على قاعدة النابض 2 التي تتصل بعمود يؤثر على المفتاح الكهربائي الدقيق، ويضبط ضغط التشغيل الذي تبدأ عنده حركة الكباس، عن طريق الجلبة، ويمتاز هذا النوع بإمكانية توصيل السائل له من خلال القاعدة.

في مفاتيح الضغط الكباسية يرتبط فرق الضغط اللازم للتشغيل بضغط الدائرة الكهربائية، ويمكن استخدام هذا النوع لفتح او غلق الدائرة ويلزم وجود مفتاحين في حالة الاحتياج الى نقطتين للتشغيل.

أقل ضغط تشغيل لمفتاح ضغط طراز HED1 = 500 bar

طراز HED4 = 350 bar

رابعاً : المفتاح الحراري Temperature Switch

هو عبارة عن أداة تتحسس التغيرات في درجات الحرارة وتفتح وتغلق مفتاحاً كهربائياً عندما تصل إلى درجة الحرارة المتوقعة، بإمكان هذا المفتاح أن يتصل سلكياً ويوجد في آخر المفتاح مسمار ضبط لتغيير نقطة الضبط أو التشغيل (actuation point).

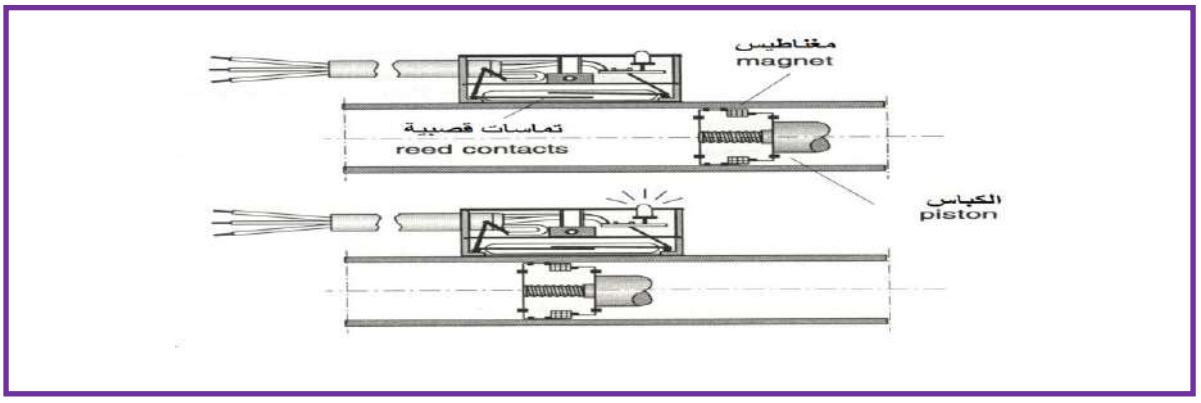
أن فائدة مفتاح الحرارة تكمن في إمكانيته على حماية النظام الهيدروليكي (Power System) من تحطيم متنوع، فعندما تبدأ مثلاً المضخة في العمل وتزداد درجة حرارة الزيت، فإن المفتاح الحراري يعمل على قفل النظام الداخلي وهذا يسمح بتفادي الخلل.

هنالك مفاتيح أخرى على شكل مجسات (sensors) مثل المجسات الاقترابية (Proximity sensor) وهنالك أربعة أنواع مختلفة من هذه المجسات:

1. مجس اقترابي مغناطيسي.
2. مجس اقترابي حثي.
3. مجس اقترابي سعوي.
4. مجس اقترابي ضوئي.

1- المجس الإقترابي المغناطيسي: Magnetically activated proximity sensor

يتكون المفتاح من قصبتين تماسيتين موضوعتين داخل غلاف زجاجي معبأ بغاز خامل، عند دخول المفتاح في مجال مغناطيسي تتلامس القصبتان وتغلق الدائرة الكهربائية. لاحظ الشكل (1-7).



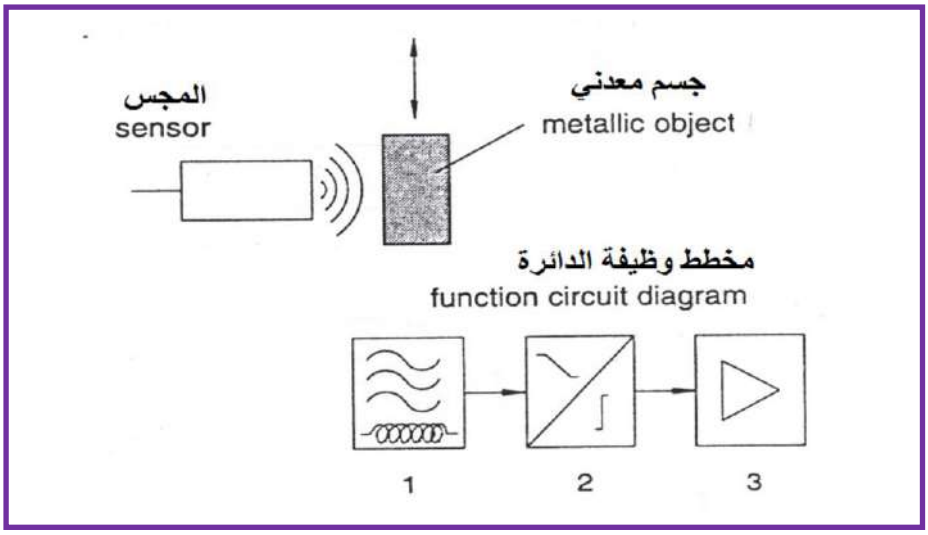
الشكل (1-7) المفتاح الإقترابي المغناطيسي

وهذا النوع من المجسات له المميزات الآتية:

- ❖ طول العمر.
- ❖ لا تحتاج إلى صيانة.
- ❖ زمن التشغيل صغير.
- ❖ حساسية محدودة.
- ❖ لا تصلح للمواقع التي بها مجالات مغناطيسية كبيرة.

2- المجس الإقترابي الحثي: Inductive proximity sensor

يبين الشكل (1-8) مخططاً لمجس اقترابي حثي. ويتركب من دائرة اهتزاز 1 ومتابع 2 ومكبر 3. فعند تسليط فرق جهد على أطراف دائرة الاهتزاز تتولد إشارة كهربائية محتثة بتردد عالي القيمة، فإذا وضع جسم معدني (موصل) في هذا المجال فسوف يقوم بتخميد الاهتزاز ويتأثر متابع الاهتزاز فيغير الإشارة ويرسلها إلى المكبر.



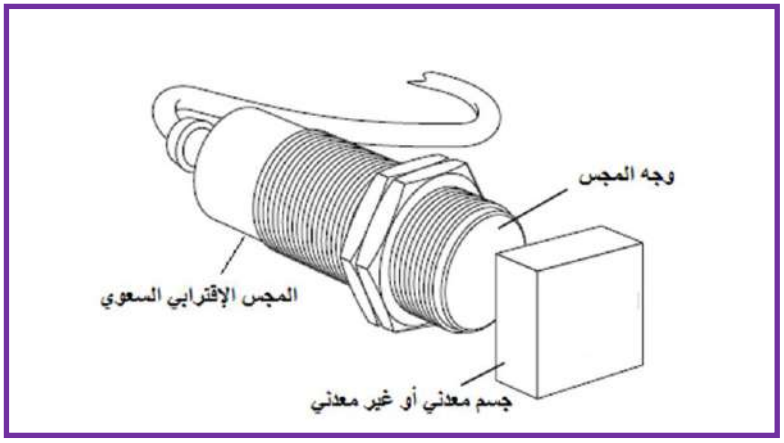
الشكل (1-8) مخطط لمجس اقترابي حثي

وهذا النوع من المجسات له المميزات الآتية:

- ❖ كل المواد ذات التوصيلية الكهربائية العالية ممكن أن تستخدم.
- ❖ يمكن التقاط الأجسام المتحركة أو الثابتة.
- ❖ الأجسام ذات الأسطح الكبيرة مفضلة على الصغيرة بالنسبة لمساحة المجس.
- ❖ تستخدم كمجسات رقمية.

3- المجس الإقترابي السعوي: Capacitive proximity sensor

يتم قياس شحنة المتسعة التي تزداد مع اقتراب الجسم (معدني أو غير معدني). وفي هذا النوع أي جسم من أي مادة يشغل المجس أمثال: المعادن، البلاستيك، الزجاج، السيراميك، السوائل، الخشب. لاحظ الشكل (1-9).



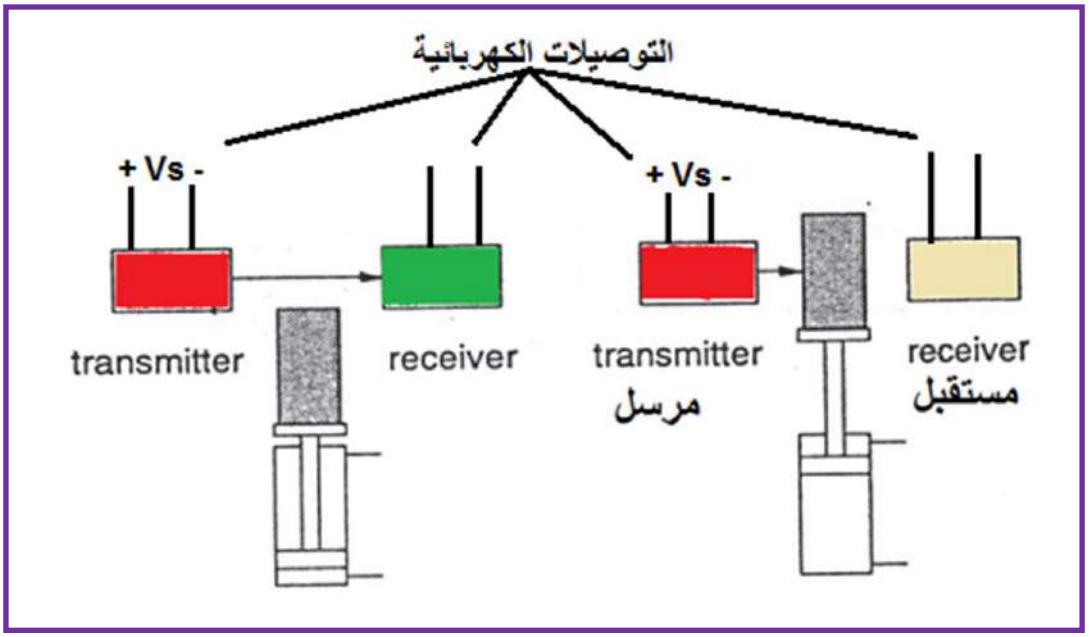
الشكل (1-9) المجس الإقترابي السعوي

4- المجس الإقترابي الضوئي: Optical proximity sensor

هنا توجد ثلاثة انواع مختلفة من المجسات الضوئية:

- **مجس الشعاع النافذ Through beam sensor**

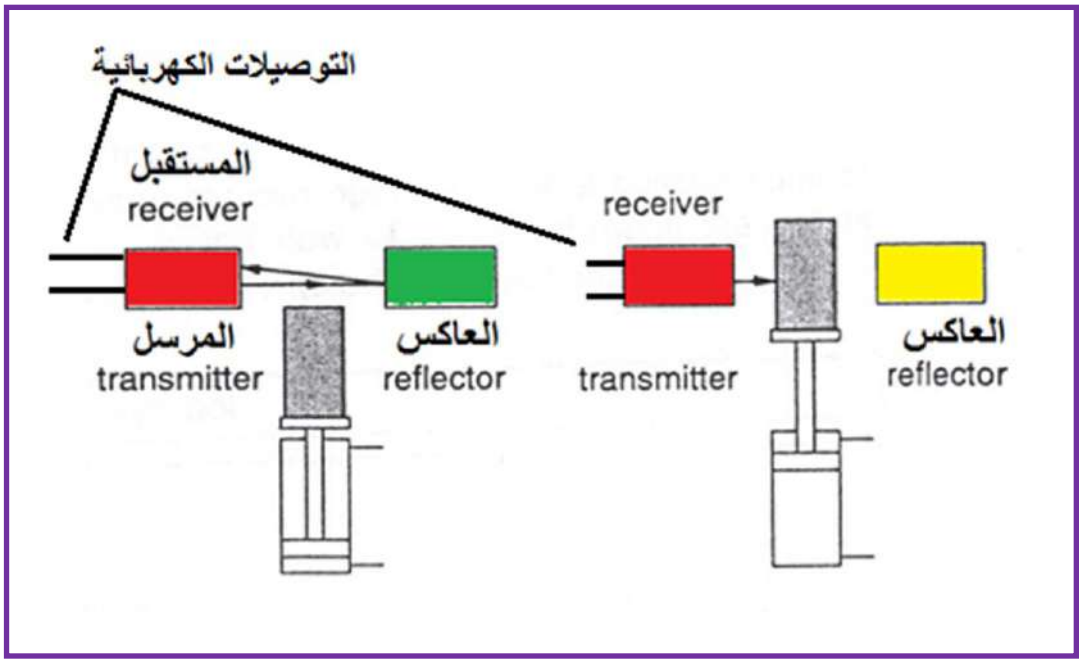
هنا يوجد مرسل (Transmitter) ومستقبل (Receiver) للأشعة. ففي حالة وصول الشعاع الضوئي من المرسل إلى المستقبل يكون الستقبل في حالة غلق وإن احتجاب الشعاع المرسل يغير وضعية المفتاح من الغلق إلى الفتح. لاحظ الشكل (1-10).



الشكل (1-10) مجس الشعاع الضوئي النافذ

- **مجس الشعاع المنعكس Reflective sensor**

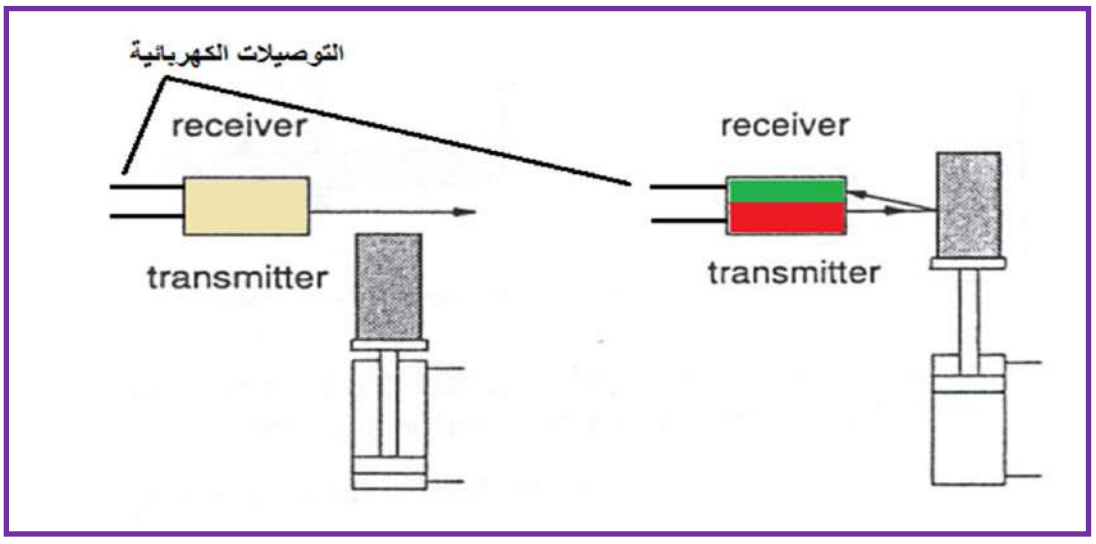
المرسل والمستقبل في هذا النوع على جانب واحد ويوضع في الجانب الآخر عاكس للأشعة فإن اعترض جسم الشعاع وحال دون وصول الأشعة من العاكس إلى المستقبل عندئذ يغير المفتاح وضعيته من الغلق إلى الفتح. لاحظ الشكل (1-11).



الشكل (1-11) مجس الشعاع المنعكس

- **مجس الأشعة المشتتة Diffuse sensor**

في هذه الحالة يكون المرسل والمستقبل في جانب واحد ويعمل المفتاح عند وجود جسم تنعكس منه الاشعة فيستقبلها المستقبل ويغير وضعية المفتاح من الغلق إلى الفتح. لاحظ الشكل (1-12).



الشكل (1-12) مجس الأشعة المشتتة

2-2-1 المرحلات الكهربائية Relays

المرحلات عبارة عن عناصر وصل وفصل ذات قدرات تلامس صغيرة ومشغلة كهرومغناطيسياً وتستخدم المرحلات في عمليات التحكم. وتنتمي المرحلات أيضاً إلى نوعية مفاتيح الوصل والفصل عن بعد مثل مفاتيح نبض التيار. والمرحلات عبارة عن مفاتيح يتم تشغيلها كهرومغناطيسياً وتستعمل للتحكم في الغسالات ومعدات المصاعد ومعدات الإنذار والتلفزيون وتجهيزات الإشارات وغيرها.

إن العنصر الأساسي في المرحلات هو الملف الكهربائي، ومبدأ عمله معروف جيداً لدى الطالب من خلال دراسته لمادة الإلكترونيك والكهرباء في المراحل السابقة.

تنقسم الملفات الكهربائية الموجودة في المرحلات من حيث التيار المار بها إلى:

1- ملفات تيار مستمر (DC windings).

2- ملفات تيار متناوب (AC windings).

طبعاً يقل استخدام ملفات التيار المتناوب ذات 230 فولت لأسباب الأمان. عند قطع التيار عن الملف يحدث انهيار للمجال المغناطيسي فيسبب ذلك ارتفاعاً مفاجئاً لفرق الجهد في الاتجاه العكسي محدثاً شرارة لذا لابد من استخدام دائرة إخماد للشرارة.

كما تنقسم الملفات من حيث الوسط إلى:

ملفات التيار المستمر وتنتج بتصميمين:

- ملفات جافة.
- ملفات مبللة (مغمورة في الزيت).

أما ملفات التيار المتناوب (المتردد) فتكون دائماً جافة فقط.

مزايا ملفات التيار المستمر:

1- سهولة التشغيل.

2- قدرة تشغيل صغيرة.

3- قدرة مسك (لقط) قليلة.

4- طول العمر الافتراضي.

5- لا يحدث ضوضاء.

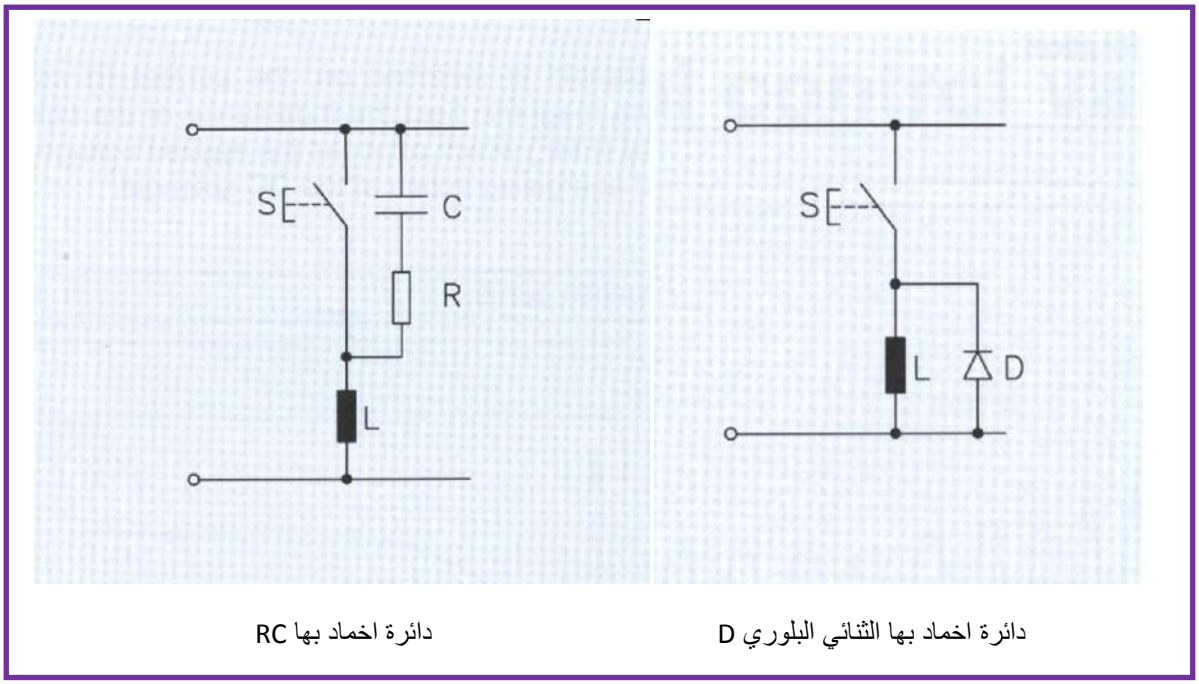
أما عيوب ملفات التيار المستمر:

1. ارتفاع في الجهد عند قطع التيار.
2. تحتاج إلى إخماد للقوس الكهربائي.
3. تآكل عالٍ عند أطراف التوصيل.
4. تحتاج إلى موحد أذا كان مصدر التيار متردداً.
5. طول فترة التشغيل.

يبين الشكل (1-13) ملف تيار مستمر للمرحل.

الشكل (1-13) ملف تيار مستمر للمرحل

كما وتستخدم دوائر الإخماد المبينة في الشكل (1-14) للتخلص من الشرارة المتولدة عند قطع التيار عن الملف. إذ عند قطع التيار الكهربائي بفتح المفتاح **S** سيقوم الملف **L** بتفريغ الشحنة الكهربائية الخطرة على شكل شرارة بجهد عالي في أقرب مقاومة كهربائية تؤدي إلى تلف بعض أجزاء الدائرة الكهربائية، ولكن يقوم الثنائي **D** في دوائر التيار المستمر أو دائرة المقاومة **R** مع المتسعة **C** في دوائر التيار المتناوب بتخميد هذه الشرارة والتخلص من خطورتها.



دائرة اخماد بها RC

دائرة اخماد بها الثنائي البلوري D

الشكل (1-14) دوائر إخماد الشرارة المتولدة في المرحلات

مزايا ملفات التيار المتناوب:

1- قصر زمن التشغيل.
2- كبر قوة السحب.
3- لا تحدث شرارة.
4- لا تحتاج إلى موحد تيار.

عيوب ملفات التيار المتناوب:

1- ارتفاع في درجة الحرارة.
2- قصر العمر الافتراضي.
3- محدودية مرات التشغيل.
4- تحدث ضوضاء.
5- حساسة للحمل الزائد.

3-2-1 المشغلات Actuators

المشغلات الآتية هي الأجهزة التي يتم توصيلها بأطراف الخرج للوحدات المنطقية المبرمجة التي تستخدم في الأنظمة الكهروهيدروليكية الحديثة:

1- المحركات الكهربائية: منها محركات التيار المستمر والمحركات التدرجية، ومحركات التيار المتناوب ألتزامني . ومحركات احادية الطور وثلاثية الطور.

2- الاسطوانات الهيدروليكية (من خلال ملفات صمامات التوجيه): وتشمل الاسطوانات مفردة الفعل والاسطوانات مزدوجة الفعل والمحركات الهيدروليكية.

3- المحركات الكهروهيدروليكية: وتشمل المحركات التدرجية ومحركات المؤازرة (Servo motor).

4- أجهزة الانذار: التي تشمل على المصابيح واجهزة إصدار الطنين والأجراس.

4-2-1 الحساسات Sensors

تعتبر الحساسات مولدات إشارات يتم عن طريقها معرفة استجابات الأنظمة الهيدروليكية (من ماكينات ومعدات) المرتبطة بمنظومة التحكم الالكترونية. وتنقسم إلى حساسات رقمية وأخرى تناظرية:

A - الحساسات الرقمية : عبارة عن حساسات تكون اشارة خرجها رقمية تعمل بالمنطق (0 ، 1)

1- المفاتيح الضاغطة الحدية: منها المفاتيح المفتوحة في الوضع العادي، والمفاتيح المغلقة في الوضع العادي، ومفاتيح التحويل.

2- مفاتيح تقاربية : مفاتيح تعطي إشارة عندما يقترب منها شيء ما. منها مفاتيح حثية التي تستجيب للمواد المعدنية فقط ومنها مفاتيح سعوية التي تستجيب لمواد معدنية وغير معدنية ومنها مفاتيح ضوئية.

3- مفاتيح ضوئية : وهي المفاتيح التي تستجيب عند قطع دائرة بصرية.

4- حساسات حرارية : منها مفاتيح ذات تماسات وأخرى عديمة التماسات تعطي إشارة عندما تصل درجة الحرارة إلى قيمة معينة.

5- مشفر (Encoder): يعتبر جهاز لقياس الموقع الزاوي (مقدار الزاوية).

B- الحساسات التناظرية: وهي حساسات تكون اشارة خرجها تماثلية كما هي دون تغيير.

1- المقاومة المتغيرة Potentiometer: جهاز لقياس الموضع.

2- المحول الفرقي Differential transformer: يعتبر جهازاً لقياس الإزاحة.

3- قياس الانفعال Strain gauge: حساس لقياس القوة.

4- حساس الحرارة Temperature sensor: لقياس درجة الحرارة.

5- حساس الضغط Pressure sensor: لقياس الضغط.

6- قياس مستوى السائل Level sensor: لقياس مستوى السائل في الخزان.

7- قياس التدفق Flow sensor: لقياس نسبة التدفق للسائل.

3-1 الدائرة الكهربائية المستخدمة للنظام الكهروهيدروليكي

تتكون الدوائر الكهربائية المستخدمة للتحكم بالانظمة الكهروهيدروليكية من المكونات الرئيسة الاتية:

1- المفاتيح الكهربائية.

2- المرحلات الكهربائية.

3- الملفات الكهربائية.

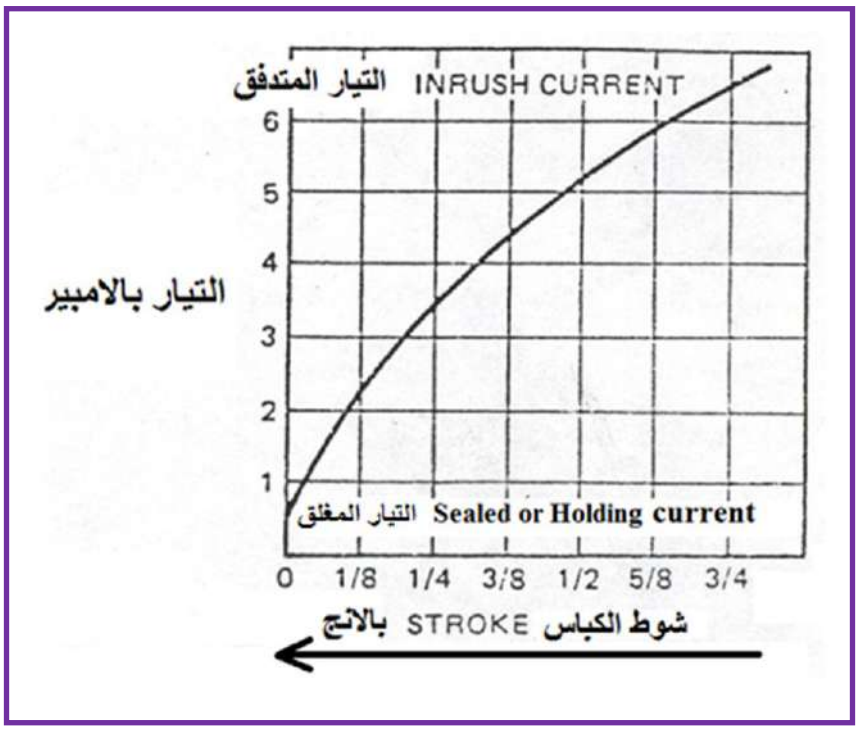
4- المؤقتات الكهربائية.

5- المجسات.

6- المشغلات.

هنالك عنصر كهربائي مهم في دوائر التحكم بالمنظومات الكهروهيدروليكية وهو الملف اللولبي (Solenoid) حيث يوجد في المرحلات والقواطع التلقائية. يقوم هذا العنصر بتحويل الطاقة الكهربائية إلى مغناطيسية ومن ثم إلى ميكانيكية على شكل حركة. فعلى سبيل المثال يقوم الكباس بالحركة (اي يؤدي شوط حركته Stroke) عندما يتم تحفيز الملف.

إذاً هنالك علاقة مهمة بين التيار المار في الملف وشوط الكباس وكما مبين في الشكل (1-15)



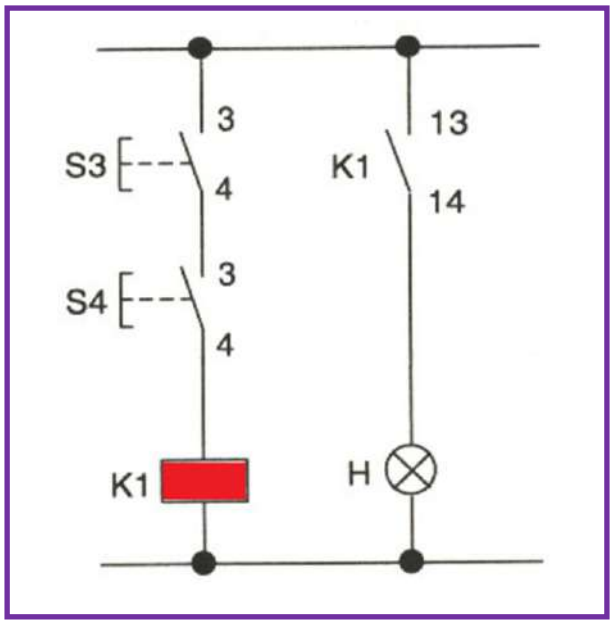
الشكل (1-15) العلاقة بين التيار المار في الملف وشوط الكباس

إن التيار المار في الملف سيكون عالياً وإن زيادته عن الحد الطبيعي ستحدث تلفاً في الملف. كما وأنّ نسبة التيار المتدفق (Inrush current) إلى التيار المغلق (Sealed current) تختلف حسب حجم الملف المستخدم فاذا كان الملف كبيراً تكون النسبة تساوي 1/5 واذا كان الملف صغيراً فتكون النسبة 1/15.

والان نأتي إلى الدوائر الرئيسة المهمة في المنظومات الكهروهيدروليكية :

1- دائرة (و) AND:

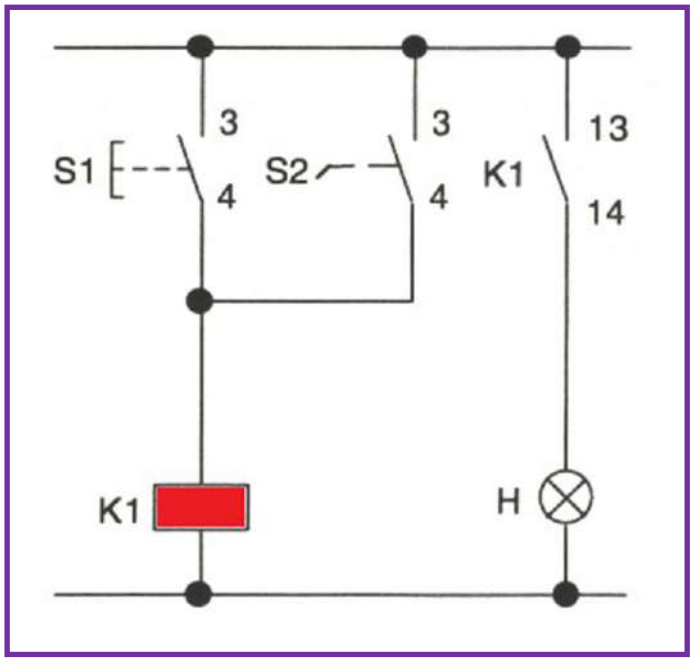
في هذه الدائرة يتم ربط مفتاحين على التوالي كما مبين في الشكل (1-16) حيث لابد من الضغط على المفتاحين S_3, S_4 ليمر التيار في الملف للمرحل K_1 فيمر بذلك التيار في الممر الثاني فيضيء المصباح H.



الشكل (1-16) دائرة (و) AND

2- دائرة (أو) OR:

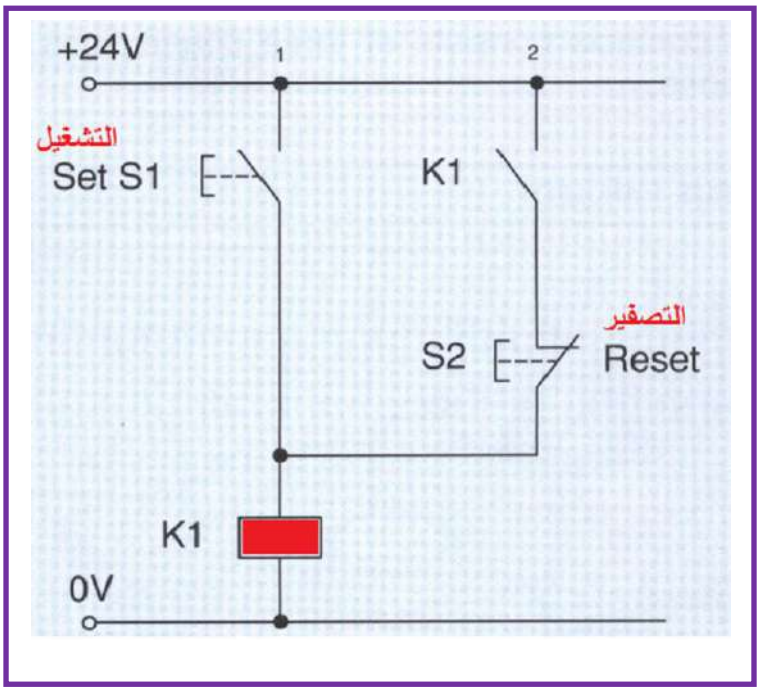
في هذه الدائرة يتم إضاءة المصباح H في حال تشغيل ملف المرحل K_1 من خلال الضغط اما على المفتاح S_1 أو المفتاح S_2 أو كليهما فيمر التيار الكهربائي إلى ملف المرحل وبالتالي إضاءة المصباح. لاحظ الشكل (1-17).



الشكل (1-17) دائرة (أو)OR

3- دائرة مسك Latching:

المقصود بدائرة المسك Latching هو خلق مسار ثانٍ ملامس للمرحل K_1 كما مبين في الشكل (1-18) فعند الضغط على المفتاح S_1 يمر التيار في المسار الاول فيفعل ملف المرحل ويغلق الملامسK_1 ويستمر التيار في المرور من خلال المسار الثاني حتى بعد تحرير المفتاح ألانضغاطي S_1. وللتخلص من الاشارة المخزنة يتم الضغط على المفتاح S_2 المغلق في الوضع العادي.

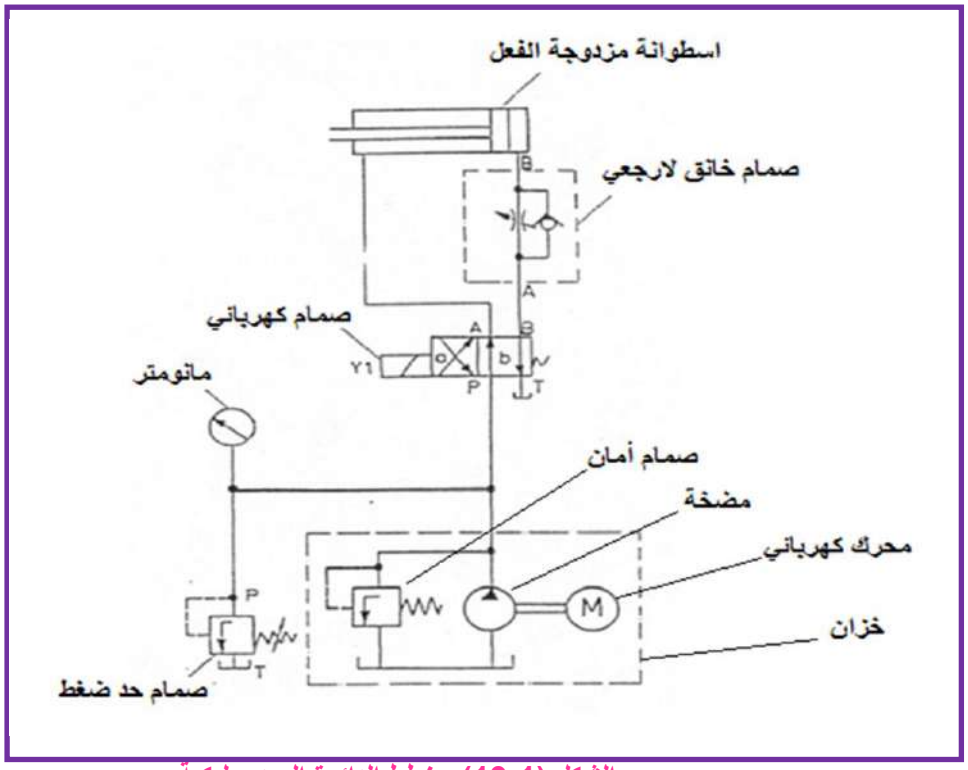


الشكل(1-18) دائرة مسك Latching

4-1تطبيقات المكونات الكهروهيدروليكية

التطبيق الاول - والان لناخذ بعض التطبيقات للمكونات الكهروهيدروليكية، فمثلاً اذا كانت لدينا اسطوانة مزدوجة الفعل تخرج عند الضغط على زر مفتاح انضغاطي، وتعود الاسطوانة الى الانكماش عندما يتم تحرير الزر الانضغاطي. كما انه يمكن التحكم قي سرعة خروج الاسطوانة.

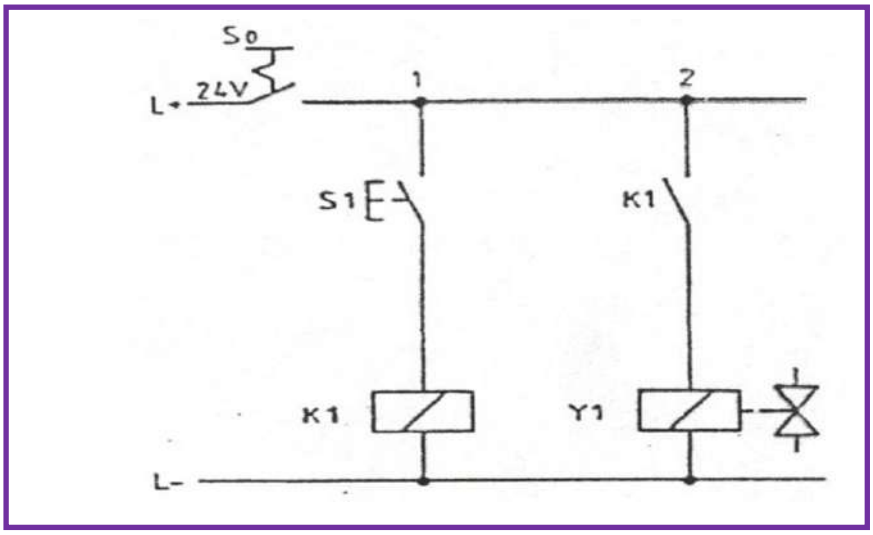
ولاجل تنفيذ التطبيق لابد لنا اولاً من رسم مخطط الدائرة الهيدروليكية وكما مبين في الشكل (1-19).



الشكل (1-19) مخطط الدائرة الهيدروليكية

يبين الشكل (1-19) الدائرة الهيدروليكية وهي مكونة من اسطوانة مزدوجة الفعل وصمام خانق لا رجعي وصمام اتجاهي 2/4 تشغيل كهربائي يعود بنابض ووحدة القدرة وهي مكونة من مضخة ومحرك وصمام أمان للمضخة وصمام حد ضغط ومانومتر لقياس ضغط المنظومة.

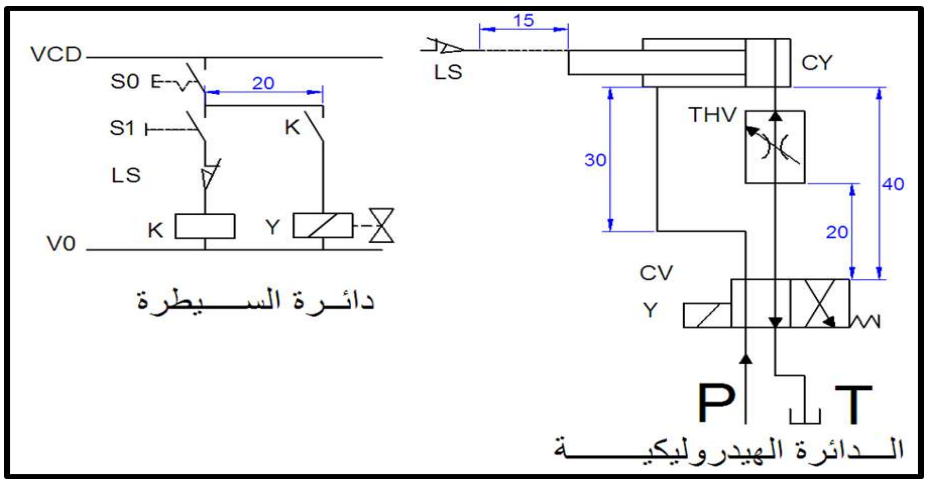
أما الدائرة الكهربائية التي تشغل الصمام ألاتجاهي (وهو حلقة الوصل بين الدائرة الهيدروليكية والدائرة الكهربائية) والتي تتكون كما مبين في الشكل (1-20) من مفتاح كهربائي يحتفظ بالوضع S_0 ومفتاح زر انضغاطي كهربائي S_1 ومرحل K_1 ولفيفه الصمام الكهربائي ألاتجاهي Y_1.



الشكل (1-20) مخطط الدائرة الكهربائية

عند الضغط على المفتاح الكهربائي S_1 وبعد تشغيل المفتاح S_0 يمر تيار في المسار الأول ويحفز الملف للمرحل K_1 وبذلك يغلق التماس K_1 فيمر التيار في ملف الصمام الكهربائي فيتحفز وتتحرك بكرة الصمام إلى الوضع a (لاحظ الشكل (1-19)) فيمر الزيت إلى الطرف الأخر للأسطوانة ويخرج عمود المكبس حيث يمكن التحكم في سرعة خروج ذراع المكبس (سرعة خروج الاسطوانة) عن طريق الصمام الخانق اللارجعي وعند تحرير المفتاح الكهربائي S_1 ينقطع التيار عن الملف K_1 حيث يفقد مغناطيسيته وتفتح التماس K_1 فينقطع التيار عن الملف Y_1 عندئذ يعود الصمام إلى الوضع b (الشكل (1-19)) بتأثير النابض فيمر الزيت ليعيد الاسطوانة إلى الداخل.

التطبيق الثاني - تشغيل أسطوانة ثنائية الفعل وتحديد شوط التقدم بأستخدام مفتاح حدي كما في الشكل (1-21)



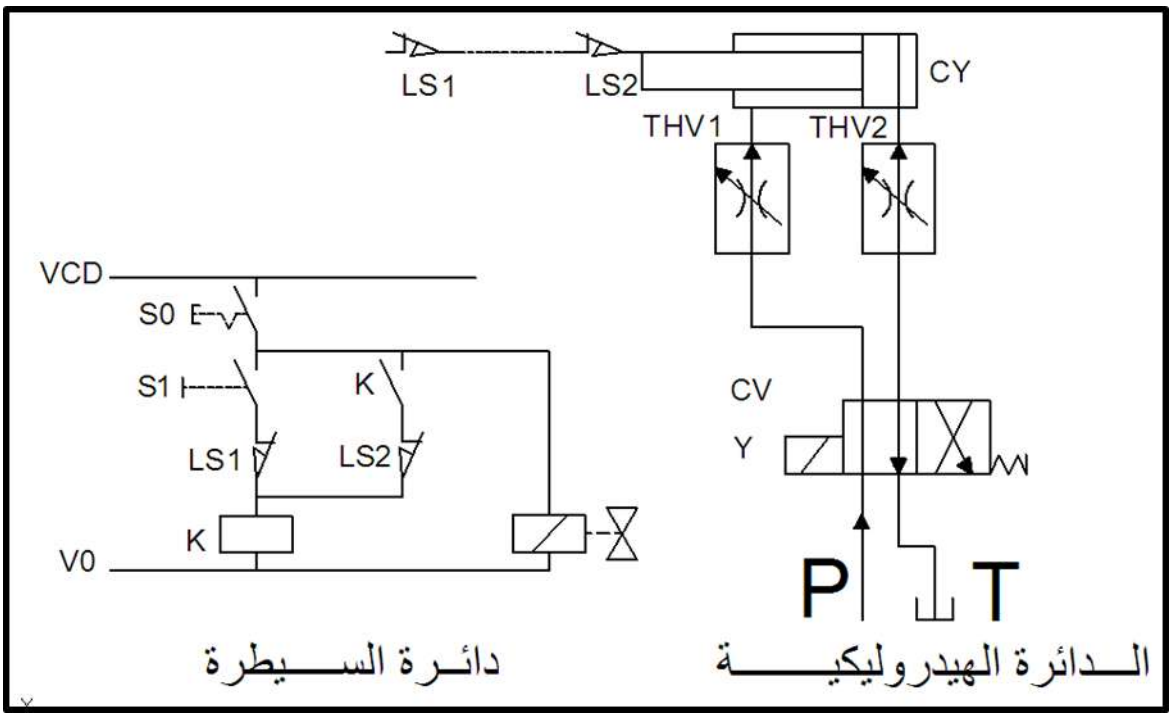
الشكل (1-21)

CY = أسطوانة الهيدروليكية ثنائية الفعل THV = صمام الخانق CV = الصمام التوجيهي2/4

Y = ملف الصمام التوجيهي LS =المفتاح الحدي S0 =المفتاح الرئيسي S1 = مفتاح التشغيلON

S2 = مفتاح الاطفاء OFF K = المرحل Y = ماف الصمام الكهروميكانيكي

التطبيق الثالث - المخطط الكهروهيدروليكي لأنتاج حركة ترددية بطول شوط محدد مسبقاً بأستخدام أسطوانة ثنائية الفعل وصمام توجيهي كهربائي 2/4 ومفاتيح حدية كما في الشكل (1-23)



الشكل (1-23)

CY = أسطوانة الهيدروليكية ثنائية الفعل THV = صمام الخانق CV = الصمام التوجيهي2/4

Y = ملف الصمام التوجيهي LS1 =المفتاح الحدي الاول LS2 =المفتاح الحدي الثاني

P= يمثل وحدة توليد القدرة الهيدروليكية T = الخزان

S0 =المفتاح الرئيسي S1 = مفتاح التشغيلON S2 = مفتاح الاطفاء OFF K = ملف المرحل

اسئلة الفصل الأول

س1:- ما النظام الكهروهيدروليكي؟ وما اسباب شيوع استخدامه بدلاً من النظام الهيدروليكي؟

س2:- ما الأنواع الأساسية من المفاتيح الكهربائية المستخدمة في المنظومات الكهروهيدروليكية؟

س3:- عدد المجسات التي تستخدم كمفاتيح في المنظومة الكهروهيدروليكية واشرح باختصار كل منها.

س4:- ما هي مزايا وعيوب كل من ملفات التيار المستمر وملفات التيار المتناوب المستخدمة في المرحلات؟

س5:- كيف تعمل دائرة اخماد الشرارة الكهربائية المتولدة في المرحلات؟

س6:- ما هي المشغلات والحساسات المستخدمة في النظام الكهروهيدروليكي؟

س7:- مم تتكون الدائرة الكهربائية المستخدمة في النظام الكهروهيدروليكي؟

س8:- اذكر الدوائر الكهربائية الرئيسة المهمة في المنظومات الكهروهيدروليكية مع الرسم.

س9:- بين كيفية عمل التطبيق الثاني الكهروهيدروليكي

س10:- بين كيفية عمل التطبيق الثالث الكهروهيدروليكي

الفصل الثاني

المشغلات
Actuators

الأهداف

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل الى تعريف الطالب على أنواع المشغلات الكهروهيدروليكية وآلية عمل كل منها والتعرف على المصطلحات الأساسية.

الأهداف الخاصة:

تعريف الطالب بالمواضيع الآتية:

1. **المشغلات وانواعها.**
2. **الصمامات الكهروهيدروليكية.**
3. **المحركات الكهربائية.**
4. **المحركات الكهروهيدروليكية.**
5. **اجهزة الانذار.**

محتويات

الفصل 2

تعلم المواضيع

المشغلات Actuators

- وحدة الاحتواء الذاتي الصغيرة Small Self – Contained Unit
- مشغلات الخرج الخطي Linear o/p Actuators
- الصمامات الكهروهيدروليكية Electro Hydraulic Valves

المشغلات

2 – 1 السيطرة الكهرو هيدروليكية : Electro – Hydraulic Control

ان انظمة السيطرة الكهرو هيدروليكية هي انظمة تشغيل وتحكم تستخدم للسيطرة على المنظومات الهيدروليكية وتشغيلها بدل السيطرة اليدوية .

اسباب استخدام المنظومات الكهرو هيدروليكية :

1- بأستخدام المنظومة الكهروهيدوليكية يمكن السيطرة والتحكم بالانظمة الهيدروليكية الضخمة والتي يصعب التحكم بها يدويا او ميكانيكيا .
2- تمتاز السيطرة الكهربائية بالدقة وسهولة التحكم والسيطرة .
3- بالامكان استخدام الحاسوب في التشغيل ونقل الاشارات .
4- امكانية استخدام وتصميم منظومات هيدروليكية معقدة يصعب السيطرة عليها يدويا او ميكانيكيا .

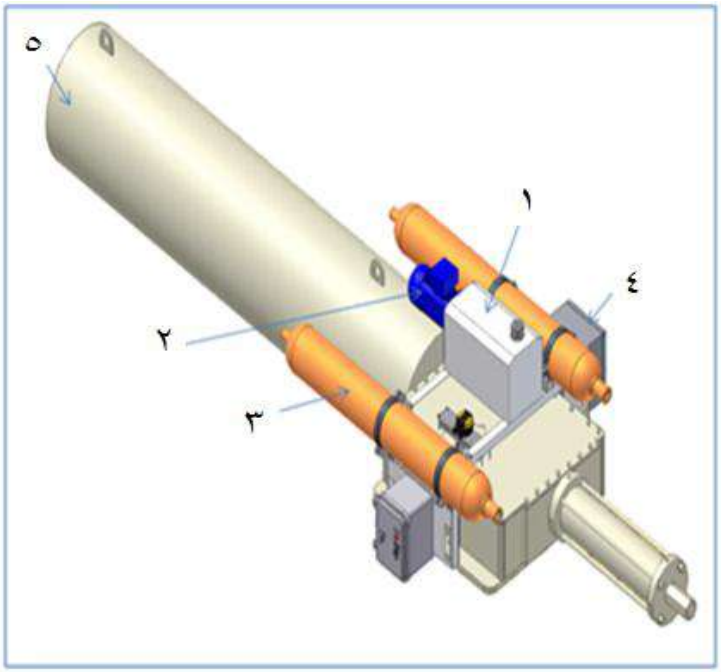
2 – 2 وحدة الاحتواء الذاتي

Self-Contained Electro-Hydraulic Control System

هي وحدة متكاملة هيدروليكية كهربائية تعمل اوتوماتيكياً في التشغيل والسيطرة على المنظومة الهيدروليكية و تعمل كوحدة واحدة

الشكل رقم (2-1) يبين هذه المنظومة التي تتكون من الاجزاء الآتية :

1- خزان الهيدروليك الراجع Non-Pressurized Hydraulic Reservoir
2- محرك كهربائي Electric Pump
3- مركم الهيدروليك Hydraulic Accumulator
4- منظومة السيطرة الكهرو هيدروليكية Electro – Hydraulic Control System
5- صمام الهيدروليك المشغل Hydraulic Valve Actuator



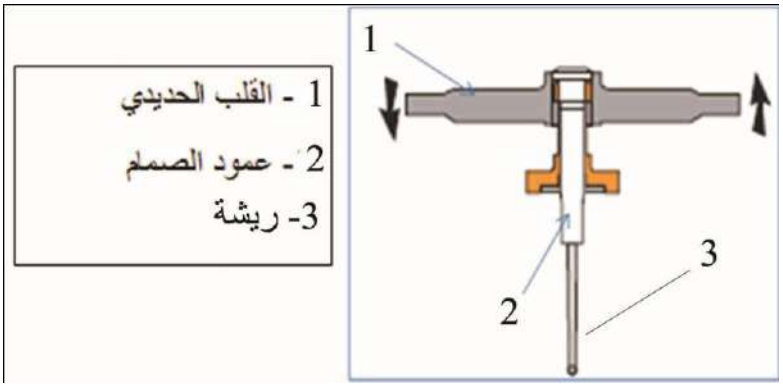
١- خزان الهيدروليك
٢- محرك كهربائي
٣- مجمع الهيدروليك
٤- منظومة السيطرة
٥- صمام الهيدروليك المشغل (مشغل ذو نابض رجوع)

الشكل رقم (2-1) يبين منظومة الاحتواء الذاتي

2 – 3 الصمامات الهيدروليكية الكهربائية : Electro-Hydraulic Valves

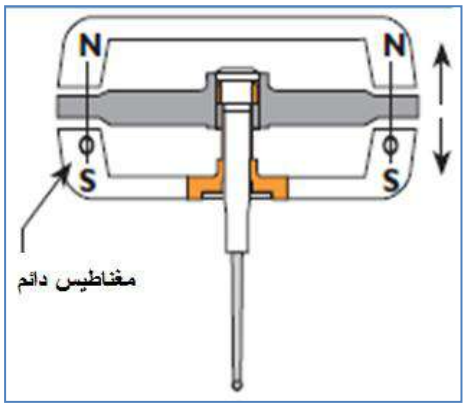
هي وسيلة للسيطرة على تدفق الهيدروليك (المائع) في المنظومة الهيدروليكية وبالتالي يمكن بواسطتها السيطرة على السرعة والعزم والقوة التي تولدها الاسطوانة او المحرك والناتجة عن الضغط الذي يسلطه الهيدروليك . وهذه الصمامات على أنواع وأحجام مختلفة حسب العمل المصممة للقيام به .

ان القلب الحديدي يتأثر عند وضعه بين قطبي مغناطيس كما في الشكل (2-2- ج) حيث تؤثر القوة المغناطيسية على القلب الحديدي فيتحرك محرك معه عمود الصمام والريشة . الشكل رقم (2-2- أ) يوضح حركة القلب والعمود بتأثير قوى مغناطيسية متولدة نتيجة لمرور تيار كهربائي في الملف .



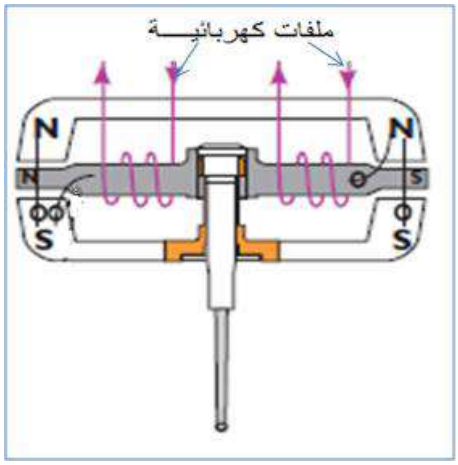
1 - القلب الحديدي
2 - عمود الصمام
3- ريشة

الشكل رقم (2-2- أ) يبين القلب الحديدي للملف وقد ثبت به عمود الصمام المرن تثبيتاً جيداً بحيث يصبحان جزءاً واحداً.



الشكل رقم (2-2- ب) يبين القلب الحديدي والعمود وقد وضع القلب الحديدي بين طرفي مغناطيس دائم

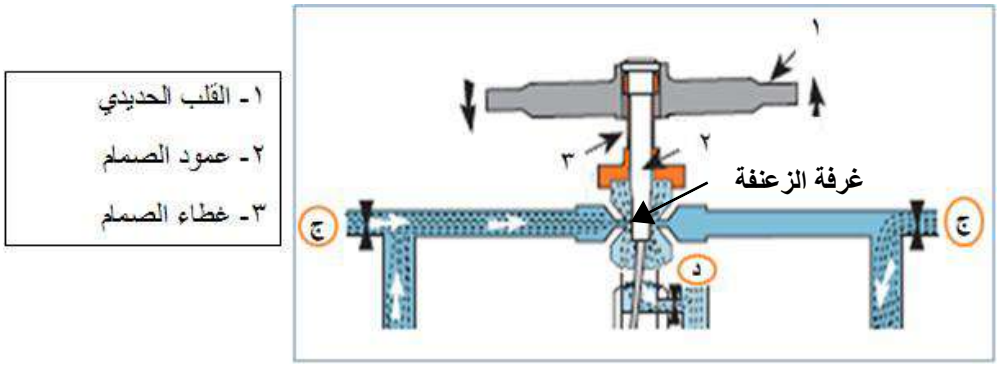
ويكون القلب الحديدي معلقاً بينهما وهناك مسافة بين قطبي المغناطيس يمكن للقلب الحديدي التحرك فيها بحرية نتيجة للقوى المغناطيسية .



الشكل رقم (2-2- ج) يبين القلب الحديدي والعمود والمغناطيس الدائم وقد وضع حول القلب الحديدي ملف كهربائي يولد مجالاً مغناطيسياً عند مرور تيار كهربائي فيه.

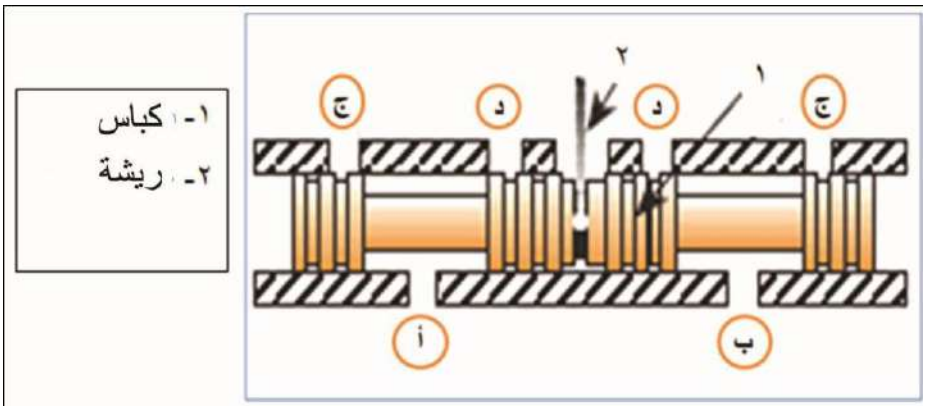
ويوجد في الجهة الاخرى ملف كهربائي اخر وبالسيطرة على مقدار التيار المار في الملفين يمكن التحكم باتجاه حركة القلب الحديدي وبالتالي عمود الصمام .

عند مرور تيار كهربائي في الملف الايسر فأن ذلك يولد مجالاً مغناطيسياً يسبب انحراف القلب الحديدي وعمود الصمام المرن وهذا يسبب ازاحة بكرة الصمام ، ويبين الشكل رقم (2-3) ان الهيدروليك يمر من فتحتي الدخول (ج) إلى غرفة الريشة ومنها إلى المستودع (د).

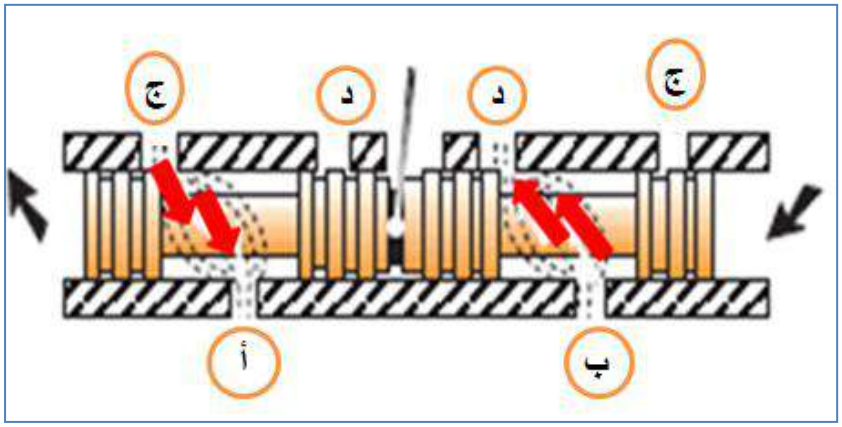


الشكل (2-3) يوضح ان الهيدروليك يمر من فتحتي الدخول (ج) إلى غرفة الريشة ومنها إلى المستودع (د)

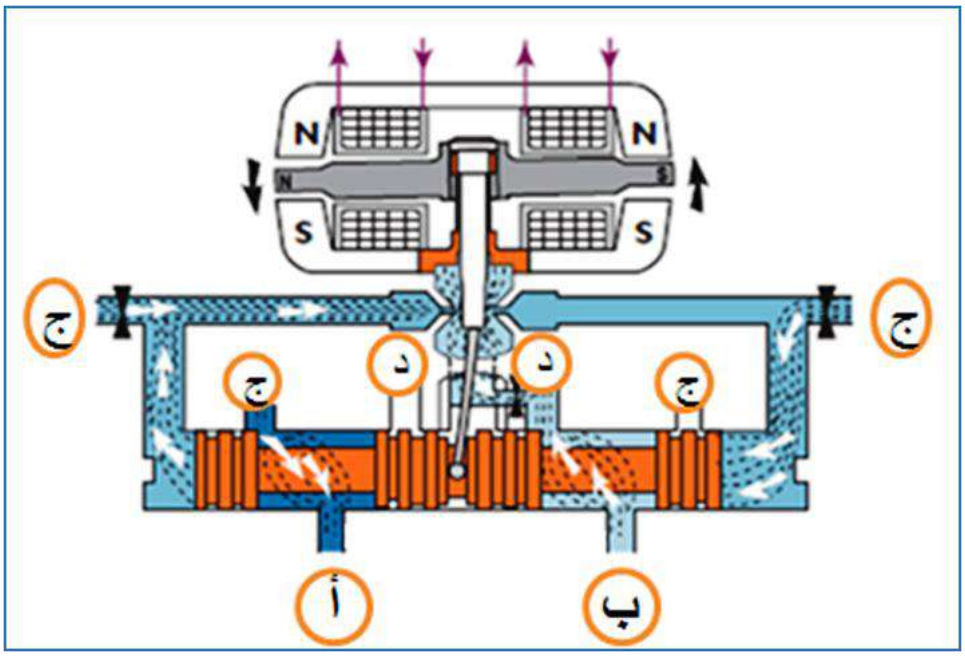
كما يمكن ملاحظة غلق وتحرك كباس الصمام بفعل القوة المغناطيسية من خلال الاشكال (2-4-أ) و (2-4-ب) على التوالي.



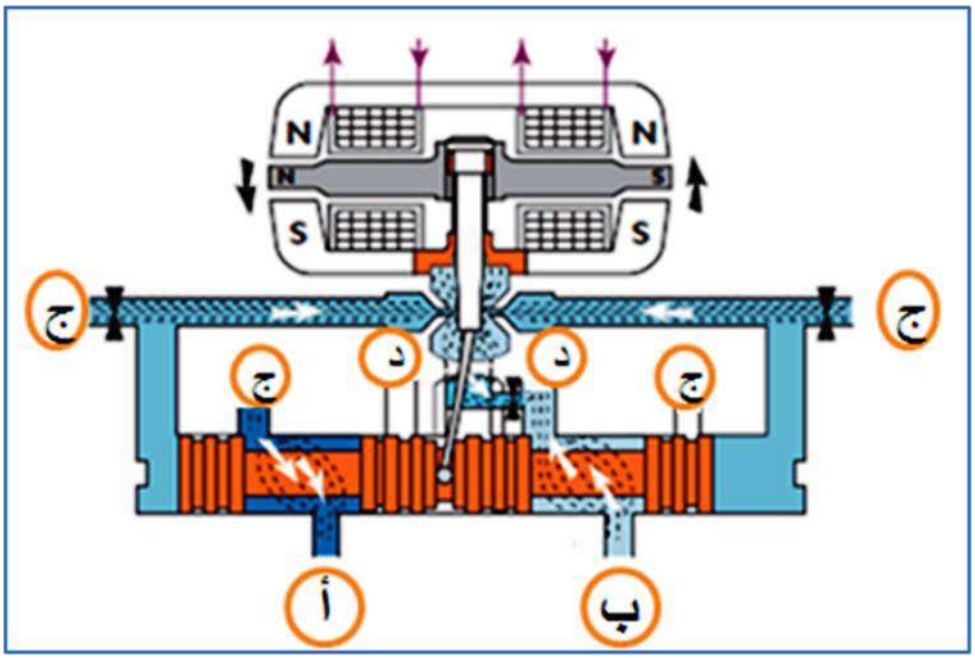
الشكل (2-4- أ) يبين كباس الصمام وقد اغلقت فتحات دخول الهيدروليك حيث الصمام في حالة توقف عن العمل .



الشكل (2-4- ب) يبين كباس الصمام وقد تحركت نحو اليسار نتيجة لانحراف عمود الصمام المرن تحت تاثير القوة المغناطيسية المتولدة عن مرور التيار الكهربائي في ملف القلب الحديدي ويمكن ملاحظة اتجاه مرور الهيدروليك .



الشكل رقم (2-5- أ) الصمام يستجيب للأشارة الكهربائية الداخلة



الشكل رقم (2-5- ب) تغيير اتجاه تدفق الهيدروليك

لاحظ في الشكل رقم (5 – أ) عند مرور التيار في الملف فأن الريشة تغلق احدى الفتحتين وتتحرك بكرة الصمام فتنكشف فتحة مرور الهيدروليك إلى المستودع د.

الشكل رقم (5 – ب) يبين موقع توقف بكرة الصمام عندما يكون العزم الذي يسلطه المغناطيس مساويا للعزم الناشئ عن مرور التيار في الملف.

2 – 4 صمام الضبـط : Checktronic Pump Control Valve

يتكون الصمام من محرك كهربائي يسيطر على سرعة فتح وغلق الصمام لتقليل ضغط موجات الهيدروليك .

ان صمام سيطرة الضخ الكهربائي يستخدم بشكل واسع في منظومات الموائع مثل منظومات (الماء ، الهواء ، والهيدروليك) والشكل رقم (2-6) يبين هذا الصمام .

شكل رقم (2-6) يبين نوعين من صمامات سيطرة الضخ الكهربائي

ان موجات الضغط (Presure Surges) تحدث في الهيدروليك (المائع) عند تغير سرعة تدفقه . هذا التغير المفاجئ في سرعة الهيدروليك عند بدء تشغيل مضخة الضخ او عند ايقاف المضخة يسبب موجات ضغط تنتشر في المنظومة فتولد ارتفاعاً وانخفاضاً في ضغط الهيدروليك وهذا التغيير في الضغط يؤدي الى اضرار في الصمامات والانابيب لذلك يركب صمام سيطرة الضخ في فتحة الدفع للمضخة ويستخدم صمام الفراشة والصمام الكروي والبوابي والزاوي كصمامات للسيطرة على الضخ عند تشغيل او ايقاف المضخة ومنع حدوث موجات الضغط .

و الصمام يعمل بالتوافق مع محرك المضخة من خلال منظومة سيطرة كهربائية هيدروليكية .

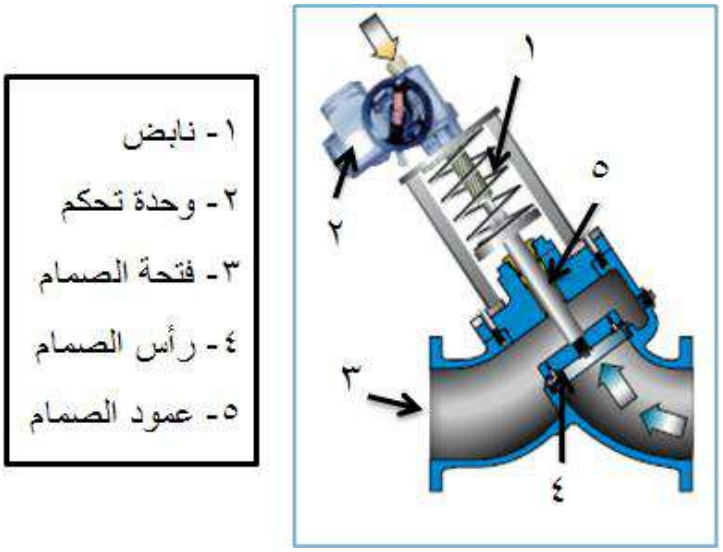
طريقة عمل صمام المضخة

بدء تشغيل المضخة Pump start

عند بدء تشغيل مضخة الهيدروليك فأن محرك المضخة يدور في حين ان المشغل الكهربائي للصمام يبقى الصمام مقفلاً كما في الشكل رقم (2-7) الذي يبين الصمام في حالة قفل ، وذلك بالضغط عليه

بقوة كافية لجعله مغلقا . وعند ازدياد سرعة دوران مضخة الضغط وارتفاع ضغط الهيدروليك فأن المحرك الكهربائي للمشغل يبدأ ببطء بفتح الصمام .

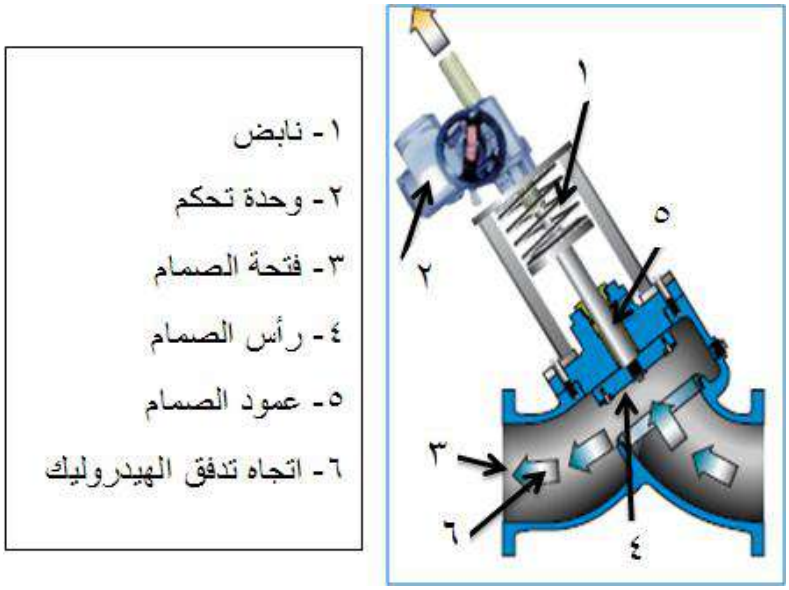
ان السرعة البطيئة في فتح الصمام تسيطر على سرعة تدفق الهيدروليك وبالتالي منع حدوث موجات الضغط .



شكل رقم (2-7) الصمام مقفل

تشغيل المضخة – الصمام مفتوح

عندما تكون مضخة الهيدروليك تعمل فأن صمام السيطرة يكون مفتوحاً ويستمر تدفق الهيدروليك خلال الصمام بدون اضطراب وذلك لان مجرى الهيدروليك في الصمام انسيابي . كما في الشكل رقم (2-8) الذي يبين اتجاه مرور تدفق الهيدروليك.



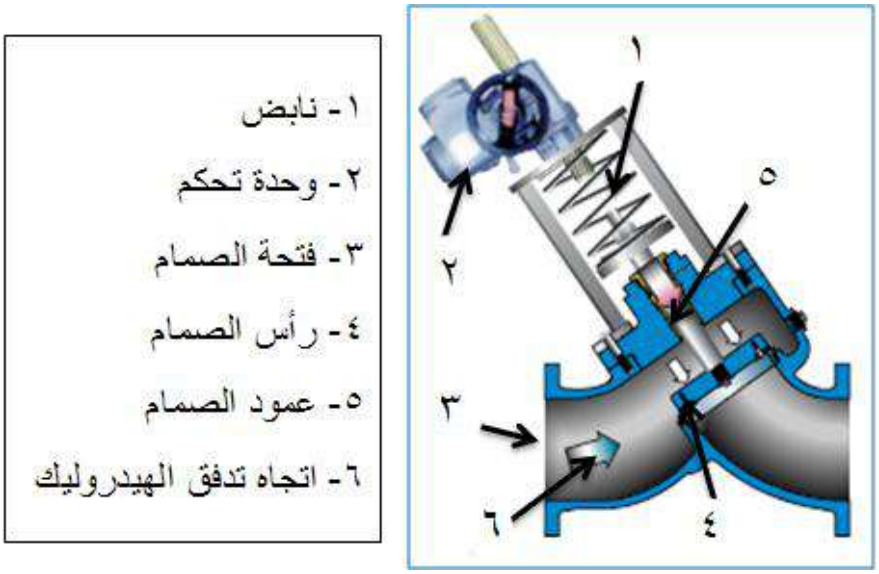
شكل رقم (2-8) يبين الصمام مفتوحاً واتجاه تدفق الهيدروليك

ايقاف عمل المضخة

عند ايقاف عمل المضخة بشكل طبيعي (اعتيادي) فأن المشغل الكهربائي يبدأ بغلق الصمام في حين تستمر مضخة الهيدروليك بالعمل ، يغلق الصمام ببطء وذلك لمنع حدوث موجات من الضغط . تتوقف المضخة بعد ان يكون الصمام قد اغلق بشكل كامل والهيدروليك قد استقر تماما . كما هو الحال في الشكل رقم (2-7) .

توقف المضخة المفاجئ

عندما يكون الصمام مفتوحاً وتقف المضخة بشكل مفاجئ لاي سبب كان مثل انقطاع الطاقة الكهربائية عن المضخة او فقدان في الطاقة فأن النابض يتحرر عن المشغل الكهربائي ويغلق الصمام بسرعة وذلك لمنع التدفق بالأتجاه المعاكس من خلال المضخة . الشكل رقم (2-9) يبين الصمام عند التوقف المفاجئ لمضخة الهيدروليك



الشكل رقم (2-9) يبين الصمام عند التوقف المفاجئ لمضخة الهيدروليك

2 – 5 المشغل الخطي الهيدروليكي Linear Hydraulic Actuator

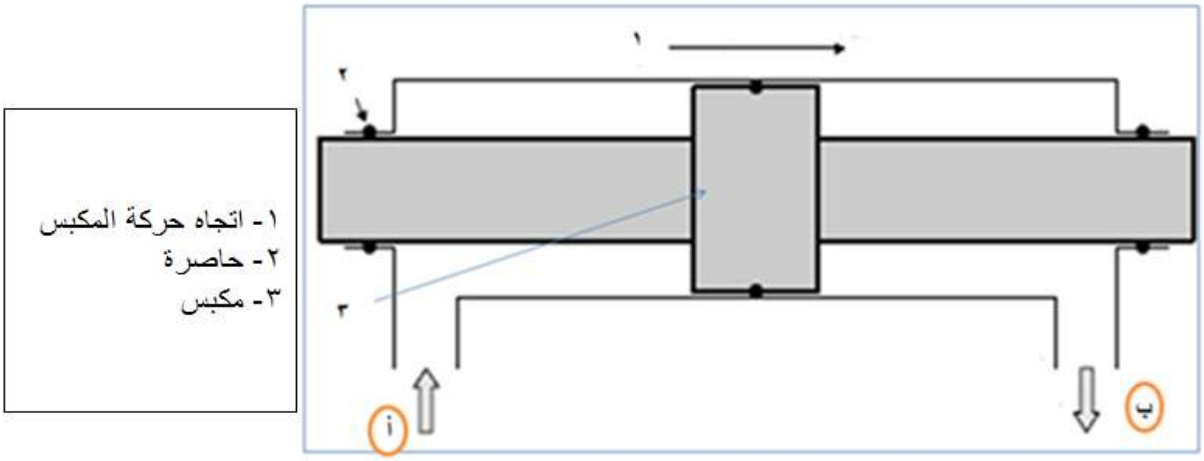
هو وسيلة لتحويل طاقة الهيدروليك إلى قوة ميكانيكية او حركية يسمى ايضا (الذراع او الاسطوانة الرافعة) . وتصنف المشغلات الخطية إلى :

1- مشغل يعمل بتسليط ضغط هيدروليك إلى جهة واحدة من مكبس اسطوانة (اسطوانة احادية التأثير) فتكون الحركة التي نحصل عليها بأتجاه واحد فقط .

2- مشغل يعمل بتسليط ضغط هيدروليك إلى وجهي مكبس في اسطوانة مزدوجة التأثير وبذلك نحصل على حركة بأتجاهين .

ان المشغل الاحادي الذراع يستفاد منه عندما تكون مساحة تركيبه ضيقة ، ويمتاز المشغل المزدوج بكونه يولد قوة و سرعة متساوية في كلا الجانبين .

لتوضيح كيفية الحصول على الحركة الخطية للمشغل المزدوج نستعين بالشكل رقم (2-10) الذي يمثل مقطع في المشغل المزدوج يبين فيه المكبس والذراع في كل وجه منه . وفي الطرفين حشوة لمنع تسرب الهيدروليك من الجانبين وحشوة تثبت في المكبس لتقليل الاحتكاك بين المكبس و جدران الاسطوانة .



شكل رقم (2-10) مقطع في المشغل المزدوج يبين فيه المكبس والذراع في كل وجه منه

ان مكان (موقع) المكبس في الاسطوانة يعتمد على مقدار ضغط الهيدروليك في الاسطوانة وعلى جانبي المكبس .

الهيدروليك يدخل من الفتحة (أ) ويخرج من الفتحة (ب) وهذا بسبب زيادة ضغط الهيدروليك في الجانب الايسر من الاسطوانة وانخفاض ضغط الهيدروليك في الجانب الايمن منها ، وهذا الاختلاف من الضغط على جانبي المكبس يولد قوة على سطح المكبس الايسر اكبر من القوة المسلطة على الجانب الايمن من المكبس وهذا يسبب حركة المكبس إلى جهة اليمين .

واذا عكس اتجاه دخول الهيدروليك وخروجه من الاسطوانة ، اي اذا كان دخول الهيدروليك من الفتحة (ب) ويخرج من الفتحة (أ) فأن الضغط على وجه المكبس الايمن يكون اكبر منه على الجهة اليسرى لذا فأن اتجاه الحركة سيكون على الجهة اليسرى .

ومما تقدم يتضح انه يمكننا التحكم بأتجاه حركة المشغل بالسيطرة على اتجاه تدفق الهيدروليك والتحكم بسرعة المشغل بالتحكم بكمية الهيدروليك المتدفق وتقاس كمية التدفق بـ(اللتر / الثانية) .

نقل الحركة : Displacement Transduce

يركب المشغل على ذراع المكبس مباشرة وذلك لتقليل الفقدان بالطاقة الحركية فالمشغل يتحرك بحركة المكبس وذراعه مباشرة ومنه يمكن الحصول على الحركة .

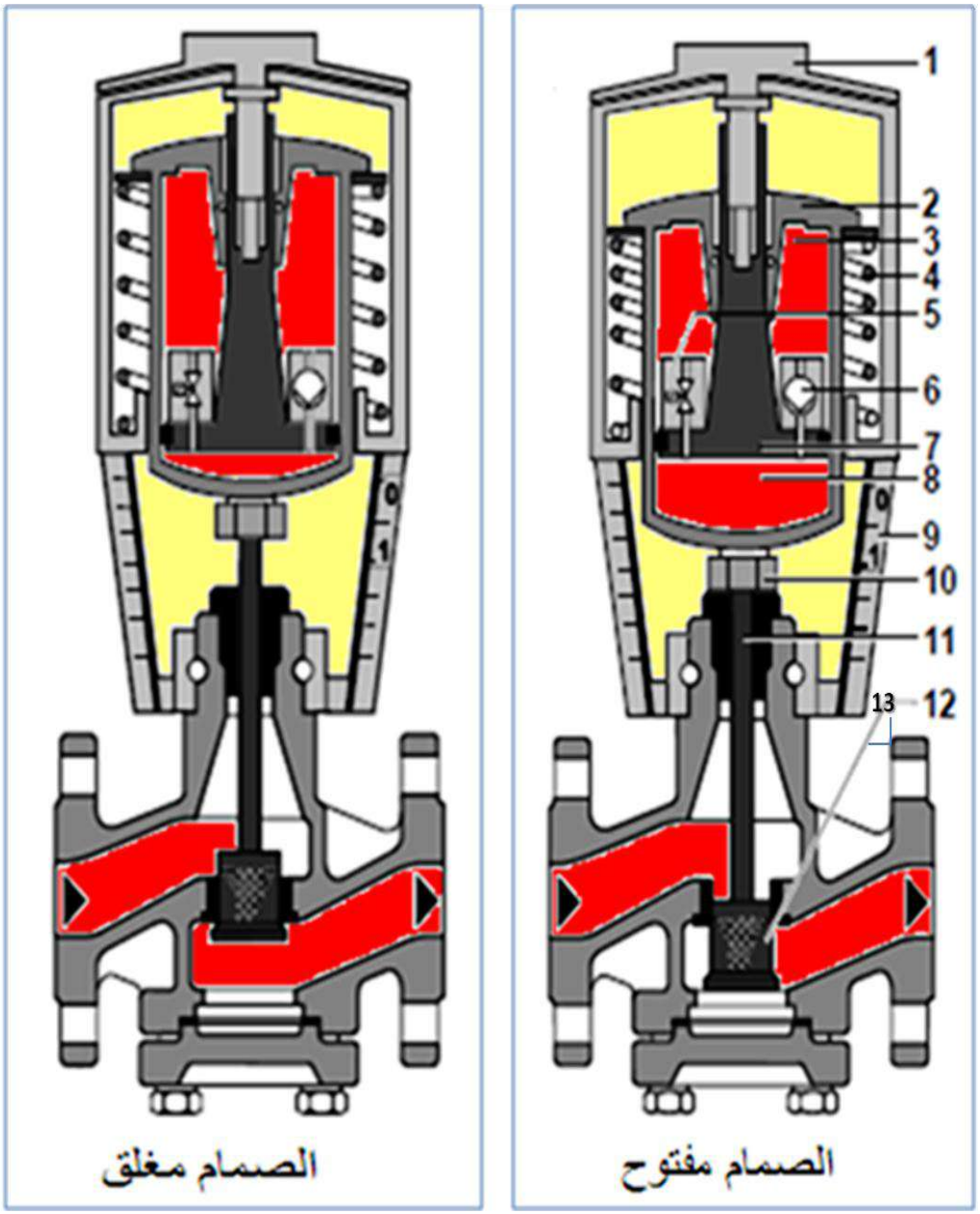
الطاقة الهيدروليكية: Hydraulic Power

جميع انظمة الهيدروليك تتطلب هيدروليك يتدفق تحت ضغط عالٍ وان اختيار مقدار ضغط الهيدروليك يعتمد على عدة عوامل ، واذا كانت المنظومة الهيدروليكية تعمل تحت ضغط هيدروليك عالٍ فأن هذا الضغط يزيد من احتمال حدوث نضوح في توصيلات المنظومة ولكن اداؤها يكون عالياً ويصل الضغط إلى (3,000 psi) تقريبا (210 bar) ومن الامثلة على استخدام ضغط هيدروليك عالٍ هو ما يستخدم في كسارات الاحجار ومعدات فتح الطرق في المناطق الجبلية .

و الضغط الواطئ للهيدروليك في المنظومة يستفاد منه في تقليل امكانية النضوح من وصلات في المنظومة . ومن عيوبه الحاجة الكبيرة إلى معدات اكثر للأستفادة من القوة المتولدة . ومن الامثلة على ضغط الهيدروليك الواطئ في المنظومة هي منظومة تغيير اتجاه السيارات باستخدام الهيدروليك المضغوط (قوة ضغط الهيدروليك) .

2 – 6 عمل الصمامات الكهروهيدروليكية

لتوضيح عمل الصمام الهيدروليكي يمكن الاستعانة بالشكل رقم (2-11) حيث ان الهيدروليك المضغوط في المستودع رقم (3) للصمام يمر من الفتحة (6) إلى المستودع رقم (8) ان زيادة ضغط الهيدروليك في المستودع رقم (8) يجعل اسطوانة الضغط رقم (2) تنزل إلى الاسفل فيندفع عمود الصمام إلى الاسفل ويفتح الصمام فيمر الهيدروليك من خلاله ويكون نابض الرجوع (4) في هذه الحالة مضغوطاً . ويمكننا ملاحظة ذلك في الشكل رقم (2-11- أ) حيث الصمام مفتوح ، اما في الشكل رقم (2-11- ب) فأن الصمام مغلق .



الشكل رقم (2-11- أ) الصمام مفتوح الشكل رقم (2-11- ب) الصمام مغلق

الشكل رقم (2-11) يبين صماماً هيدروليكياً في حالتي الفتح والغلق

عند تفعيل ملف الصمام الكهربائي (5) فأن الهيدروليك المضغوط يمر من مستودع الضغط (8) إلى المستودع (3) فيقل الضغط في المستودع 8 ويزداد في المستودع رقم (8) ويتمدد النابض (4) ويعود عمود الصمام إلى وضعه الاول فيغلق الصمام .

عند ادارة المنظم (1) مع عقرب الساعة فانه يحرك اسطوانة الضغط نحو الاسفل فيفتح الصمام ويضغط النابض . وعند ادارة المنظم عكس اتجاه عقرب الساعة فأن الصمام يغلق ويتمدد النابض .

ويتم تنظيم عمل الصمام اوتوماتيكيا بضبط المنظم اليدوي والمشغل الكهربائي فيكون العمل اوتوماتيكياً .

2 – 7 صمامات السيطرة

ان وظيفة الصمامات في المنظومة الهيدروليكية هي السيطرة على تدفق الهيدروليك المضغوط ان لصمامات السيطرة مغلاقاً بأشكال مختلفة فمنها الكروي و القرصي و البوابي وغيرها وتتم السيطرة بتغيير مقدار فتحة الصمام وبالتالي كمية الهيدروليك المتدفق وهذا يتم بالتحكم بالقوة التي يسلطها مشغل الصمام ومن خلال تحديد مقدار التيار الكهربائي المار في ملف المشغل .

الشروط الواجب توفرها في الصمام

1- ان يمر فيها الهيدروليك (المائع) بدون تسريب إلى الخارج .
2- من الممكن فتحها وتركيبها لغرض التصليح عند الحاجة .
3- مقاومة للتآكل ولا تتأثر بدرجة الحرارة الناتجة عن العمل .
4- يجب ان تكون قابلة للربط بمشغل انابيب تدفق الوقود وبشكل ثابت .

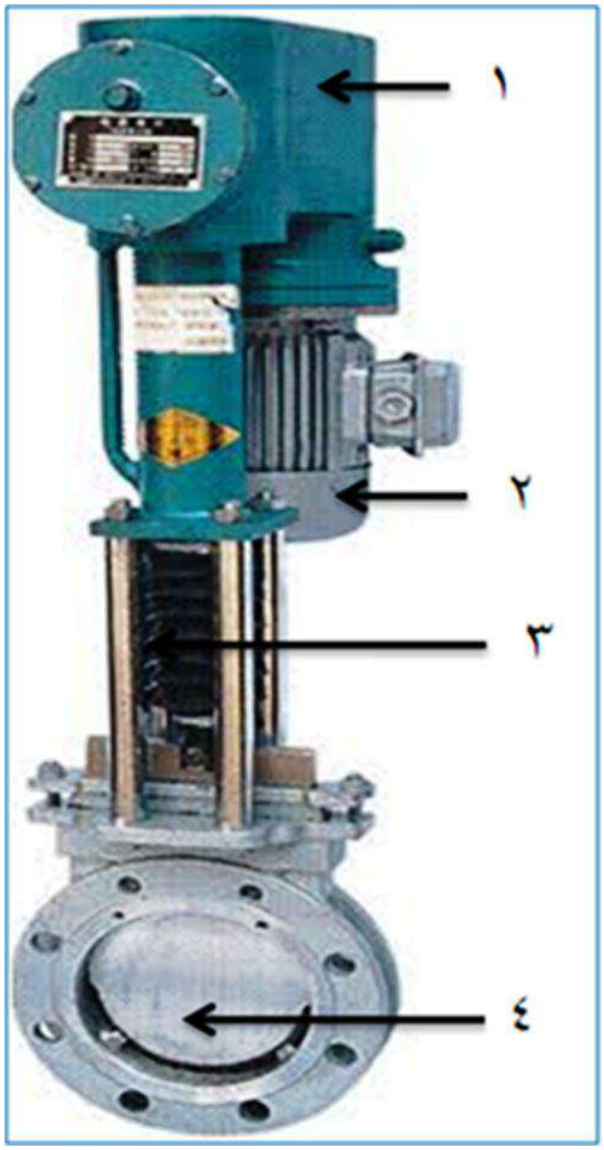
أنواع الصمامات : Types of Valves

بالنظر لآختلاف ظروف عمل الموائع وبغية السيطرة على تدفق المائع تم تصنيع أنواع مختلفة من الصمامات تختلف في العمل الذي تستخدم لأجله .وادناه اهم أنواع الصمامات :

2-7-1 الصمام البوابي : Gate Valve

الصمام البوابي يستخدم لبدء وايقاف تدفق الهيدروليك وهو ليس منظم تدفق .
الشكل رقم (2-12) يبين التركيب الداخلي للصمام البوابي .
ان قرص الصمام عندما يكون مفتوحاً يزال تماما عن خط تدفق الهيدروليك لذا لن تكون هناك أية مقاومة لتدفق الهيدروليك وبذلك يكون فقدان الضغط خلال الصمام قليلا .
وعندما يكون الصمام مغلقا كليا فان القرص ينطبق تماما على مقعده الدائري وبـ(360) درجة ويصبح تدفق الهيدروليك من خلاله معدوما.
حين يكون الصمام مفتوح يعتمد تدفق الهيدروليك على مقدار فتحة الصمام ويتم التحكم بمقدار الفتحة عن طريق محرك حيث تحدد عدد دورات المحرك الاشارة الداخلة وبذلك تتحدد مقدار فتحة الصمام وتوجد صمامات يدوية من هذا النوع.

ان القرص يهتز بسبب تدفق الهيدروليك كما ان السرعة العالية للهيدروليك تسبب تآكل القرص ومقعده ولهذين السببين لا يستعمل هذا الصمام للسيطرة على التدفق .



١- وحدة تحكم

٢- محرك كهربائي

٣- نابـــض

٤- قرص الصمام

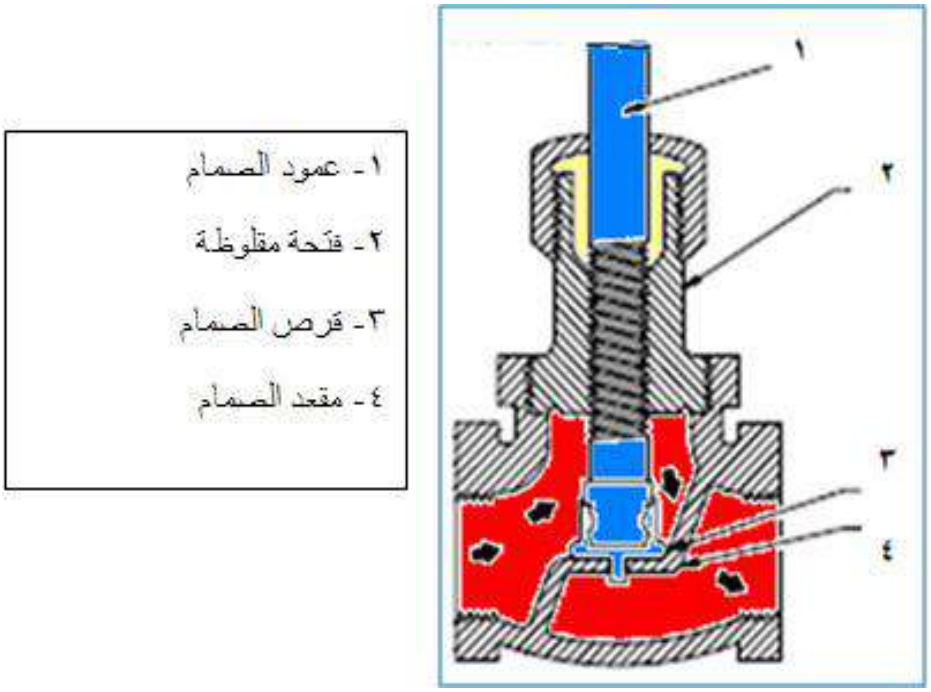
الشكل رقم (2-12) يبين التركيب الداخلي للصمام البوابي

2-7-2 الصمام المستدير Globe Valve

يستخدم هذا الصمام لبدء وايقاف تدفق الهيدروليك الشكل رقم (2-13) يبين مقطع من هذا الصمام .يمكن ملاحظة ان قرص الصمام يمكن ان يزال تماما عن خط تدفق الهيدروليك وذلك عندما يكون الصمام مفتوحا ويمكن ان يغلق الصمام غلق تام .

ان ابتعاد القرص عن المقعد قليلا يجعل فراغا بين المقعد والقرص لغلقه تدريجيا وهذه الخاصية تعطي الصمام خاصية الخنق لذا يمكن استخدامه كمنظم للتدفق .ان تسرب الهيدروليك خلال الصمام قليل جدا ، ويمكن ان يكون اتجاه غلق الصمام بأتجاه تدفق الهيدروليك او بعكس اتجاهه .

اذا كان غلق الصمام بأتجاه معاكس لاتجاه تدفق الهيدروليك فان الطاقة الحركية للهيدروليك تعيق غلق الصمام واذا كان الغلق باتجاه التدفق فان هذه تساعد على غلق الصمام ولكن تعيق عملية فتحه . لذا لا يستخدم هذا الصمام عندما يكون المطلوب غلق الصمام بصورة سريعة جداً .



الشكل رقم (2-13) يبين مقطع من الصمام المستدير

من عيوب هذا الصمام فقدان الطاقة بسبب تغير اتجاه التدفق داخل الصمام ويتم التحكم بمقدار فتحة الصمام بواسطة مشغل كهربائي إذ ان مقدار التيار المار في ملف المحرك يحدد فتحة الصمام .

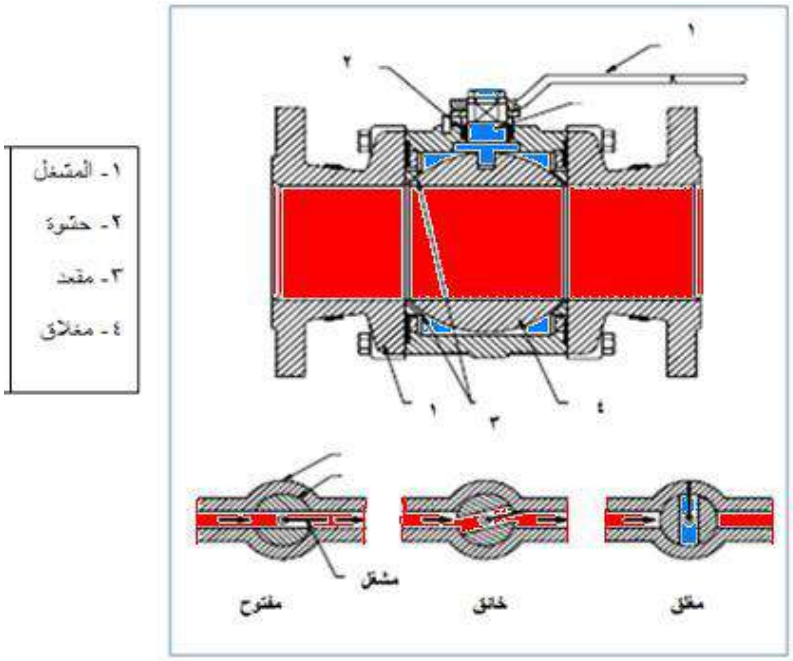
3-7-2 الصمام الكروي: Ball Valve

هو صمام دوراني ، يستخدم هذا الصمام رأس كروي لفتح وغلق مجرى تدفق الهيدروليك .

الشكل رقم (2-14) يبين مقطعا من الصمام الكروي .

عند دوران عمود الصمام لغرض فتح الصمام يدور معه الرأس الكروي وعندما يصبح الثقب الموجود في الرأس الكروي مع خط مجرى الهيدروليك يكون عندها الصمام مفتوحا وعندما يراد

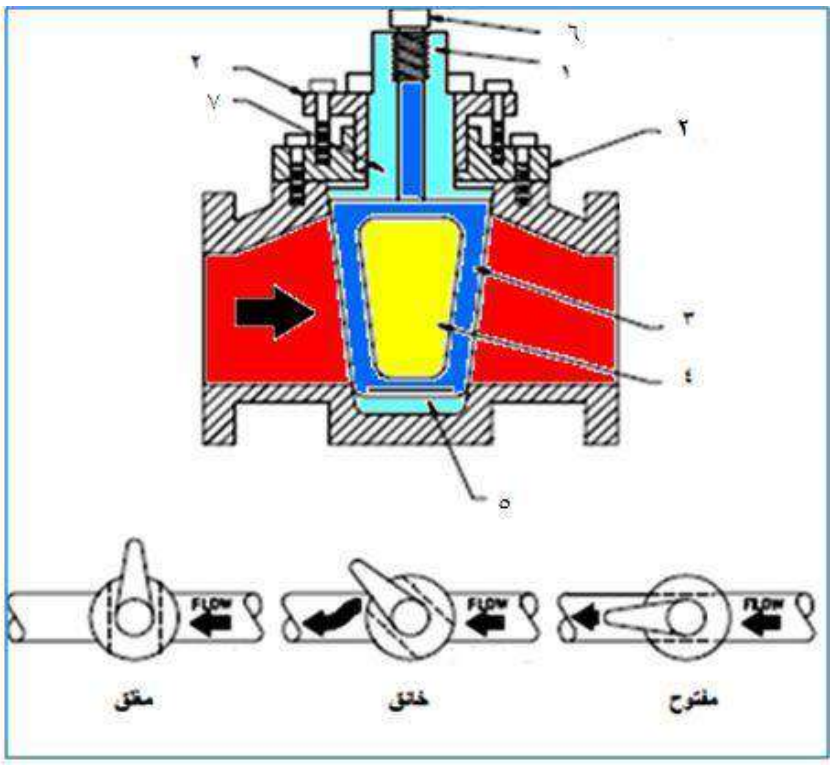
غلق الصمام يدور الرأس الكروي حتى يكون الثقب في الرأس الكروي عموديا مع خط التدفق .
ويستخدم محرك خطي (Linear Actuator) لفتح وغلق الصمام.
ويمتاز هذا الصمام بقلة كلفة الصيانة ويحتاج عزم واطئ للعمل . ولا يمكن استخدامه كمنظم تدفق .



الشكل رقم (2-14) يبين مقطع من الصمام الكروي

4-7-2 الصمام ذو السدادة: Plug Valve

هو من الصمامات الدورانية ويستخدم لفتح وغلق مجرى التدفق ويستخدم كمنظم للتدفق.
الشكل رقم (2-15) يبين مقطع من الصمام ذي السدادة وشكل السدادة واسطوانة الصمام مسلوبة وبنفس الزاوية .
توجد في السدادة فتحة يكون الصمام مفتوحا عندما تكون فتحة السدادة بأتجاه التدفق ، وعندما تدور السدادة (90) درجة فأن الصمام يكون مغلقا. ويكون الصمام اما من نوع القابل للتزييت او غير قابل للتزييت .



الشكل رقم (2-15) يبين مقطعا من الصمام ذي السدادة

2-7-5 الصمام الفراشة Butterfly

هو من الصمامات الدوارة ويستخدم لفتح وغلق مجرى التدفق للهيدروليك ومنظم يدور الصمام بزاوية (90) درجة لغلق الصمام وفتحه . وهو يستخدم بشكل واسع جدا ولا يحتاج إلى صيانة كثيرة ويشتغل بواسطة مشغل خطي كهربائي ويمكن التحكم بمقدار فتحة الصمام . لا يستخدم هذا الصمام كمنظم تدفق . والشكل رقم (2-16) يبين مقطعا من صمام الفراشة .

شكل رقم (2-16) يبين مقطعا من الصمام الفراشة

8-2 المحركات الكهربائية

نبذة تاريخية عن المحركات الكهربائية

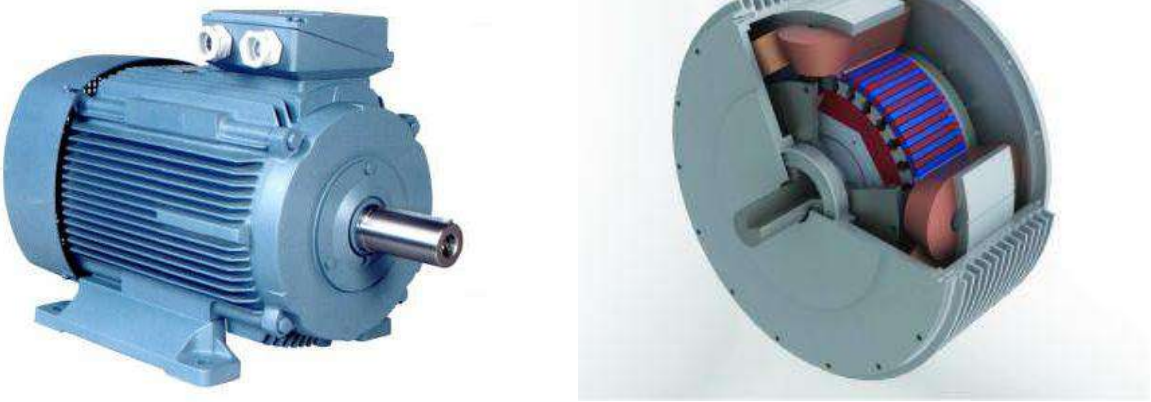
بدأ تطوير المحركات الكهربائية في بداية القرن التاسع عشر باكتشاف المغانط الكهربائية. ففي عام 1820م، اكتشف الفيزيائي الدنماركي هانز كريستيان أورستد أن السلك الذي يمر فيه تيار كهربائي يولد حوله مجالا مغناطيسيًا. وفي العشرينيات من القرن التاسع عشر وجد عدد آخر من العلماء طرقاً لعمل مغانط كهربائية أقوى، وجعلها عملية بشكل أفضل. ففي عام 1825م، قام كهربائي إنجليزي يدعى وليم ستيرجون بلف موصل حول قضيب حديدي لينتج مغناطيسًا كهربائيًا أقوى. وفي أواخر العشرينيات من القرن التاسع عشر، أوضح الفيزيائي الأمريكي جوزيف هنري أنه يمكن ابتكار مغناطيس كهربائي أكثر قوة بلف عدة طبقات من الأسلاك المعزولة حول قطعة من الحديد.

وفي عام 1831م، قام الكيميائي الفيزيائي الإنجليزي مايكل فارادي بالعديد من التجارب التي تضمنت مغناطيسات وتيارات كهربائية. وفي إحدى التجارب، قام بتدوير قرص نحاسي بين قطبين مغناطيسيين على هيئة حدوة حصان. وعملت هذه المعدات مولدًا بسيطًا، حيث ولدت جهداً كهربائياً بين المركز وحافة القرص النحاسي. ثم عرَّض فارادي مركز القرص وحافته لجهد كهربائي بينهما عندما كان القرص في حالة السكون، فبدأ القرص في الدَّوران. وكانت هذه الآلة البسيطة أول محرك كهربائي،

ولكنها لم تكن ذات قوة كافية لتقوم بعمل مفيد، وكانت غير مجدية على الإطلاق. ولكن رغم ذلك كان فارادي قد أسس بها مبدأ المحرك الكهربائي - وهو أن الحركة المستمرة يمكن إنتاجها بإمرار تيار كهربائي خلال موصل في وجود مجال مغناطيسي قوي.

وفي عام 1873م، ظهر أول محرك تيار مستمر ناجح تجاريا ، وفي عام 1888م، تم اختراع محرك التيار المتردد في الولايات المتحدة الامريكية. وفي بداية القرن العشرين الميلادي، تم تطوير كثير من المحركات الكهربائية المتقدمة، كما في الشكل رقم (2-17).

وفي العقد الأول من القرن العشرين، أجرى العديد من المهندسين والمخترعين تجارب مع المحركات الكهربائية الخطية. فبدلا من الدوران تنتج مثل هذه المحركات موجة كهرومغناطيسية تستطيع مباشرة تسيير عربة. وأصبح استخدام المحرك الخطي أكثر شيوعاً في خمسينيات وستينيات القرن العشرين.



شكل رقم (2-17) المحرك الكهربائي

تعريف

المحرك الكهربائي آلة تحول الطاقة الكهربائية إلى قدرة ميكانيكية لإنجاز عمل. تُستَخدم المحركات الكهربائية لتشْغيل عدة آلات ومعدات ميكانيكية مثل غسالات الملابس وأجهزة التكييف والمكانس الكهربائية ومجفِّفات الشعر وآلات الخياطة والمثاقب الكهربائية والمناشير وغيرها الكثير. وتشغل أنواعٍ شتى من المحركات الأدوات الميكانيكية، والروبوتات، وأيضاً المعدات التي تسهل العمل داخل المصانع .ويتنوع حجم وسعة المحركات الكهربائية تنوعًا كبيرًا . فقد يكون جهازاً صغيراً يقوم بوظائفه داخل ساعة يد أو محرِّكاً ضخماً يمد قاطرة ثقيلة بالقدرة . ففي الوقت الذي تحتاج فيه الخلاطات ومعظم أدوات المطبخ الأخرى لمحركات كهربائية صغيرة لأنها تحتاج فقط لقدرة بسيطة، تتطلب القطارات استخدام محركات أكبر وأكثر تعقيدا، ذلك لأن المحرك في هذه الحالة عليه أن يبذل جهدًا كبيرًا في وقت قصير.

نظرية عمل المحرك الكهربائي

اذا مر تيار كهربائي في سلك متقاطع مع مجال مغناطيسي فان السلك يتأثر بقوة تعمل على تحريكه في اتجاه عمودي على كل من اتجاه المجال واتجاه التيار ، وكذلك اذا مر تيار في ملف على شكل مستطيل متقاطع مع مجال مغناطيسي فان الملف يتأثر بعزم مزدوج يعمل على دوارنه حول محوره .

وبناءا على نوع الكهرباء المستخدم هناك نوعان رئيسان للمحركات :

أ- محركات تعمل بالتيار المستمر .

ب- محركات تعمل بالتيار المتردد (المتناوب).

يعكس التيار المتردد اتجاه سريانه خمسين او ستين مرة في الثانية (اعتماداً على التردد المستخدم). وهو التيار المستعمل في المنازل . وتستعمل محركات التيار المستمر أيضاً بشكل شائع في الأدوات المنزلية. ويسير التيار المستمر في اتجاه واحد فقط (لان تردده صفر)، ومصدره الرئيس هو البطارية. وتستخدم محركات التيار المستمر استخداماً شائعا لتشغيل المعدات الميكانيكية في المصانع. كما أنه يستخدم بادئ تشغيل في المحركات التي تعمل بالبنزين. وتعتمد المحركات الكهربائية على مغانط كهربائية لتنتج القوة اللازمة لإدارة الآلات أو المعدات الميكانيكية. وتسمى الآلات أو المعدات التي تدار بالمحرك الكهربائي الحمْل. ويُوصَّل عمود إدارة المحرك بالحمل.

وبالامكان زيادة قدرة المحرك بزيادة عدد لفات الملف ولفها حول قلب من الحديد المطاوع المقسم الى شرائح بينها مادة عازلة وكذلك تقسم الاسطوانة المعدنية الى عدد من القطع بينها مادة عازلة (لزيادة عدد الاقطاب)، كما تؤدي زيادة التيار المار في الملف الى زيادة قدرة المحرك .

مبادئ أساسية

يعتمد تشغيل المحرك الكهربائي على ثلاثة مبادئ رئيسة :

1- يولِّد التيار الكهربائي مجالاً مغناطيسيا.

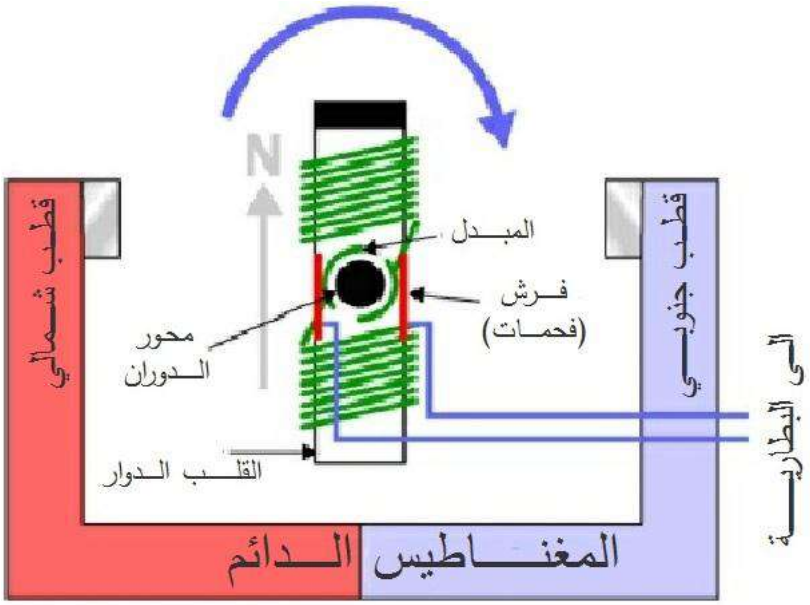
2- يحدد اتجاه التيار في المغناطيس الكهربائي موقع الأقطاب المغناطيسية.

3- تتجاذب الأقطاب المغناطيسية المختلفة وتتنافر الأقطاب المغناطيسية المتشابهة.

فعندما يمر تيارٌ كهربائيٌ خلال سلك يولّد مجالاً مغناطيسيًا حول السلك. وإذا تم لف السلك على هيئة ملف حول قضيب معدني، فإن المجال المغناطيسي يتعاظم حول السلك ويصبح القضيب المعدني ممغنطا. وهذا الترتيب للقضيب وسلك الملف هو مغناطيس كهربائي بسيط، وتعمل نهايتاه كقطبين شمالي وجنوبي ، واحدى الطرق التي توضح العلاقة بين اتجاه التيار والأقطاب الغناطيسية هي قاعدة اليد اليمنى. امسك سلكاً على هيئة ملف في يدك اليمنى، واعتبر هذا الملف مغناطيسًا كهربائيًا. لف أصابعك

حوله بحيث تشير إلى اتجاه التيار، عندها يشير إصبع الإبهام إلى القطب الشمالي المغناطيسي ولا تنطبق هذه الطريقة إلا في حالة سريان التيار من الطرف الموجب إلى الطرف السالب.

والأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر كما هو الحال بالنسبة لقطبين شماليين، والأقطاب المغناطيسية المختلفة تتجاذب مع بعضها. فإذا تم تعليق قضيب مغناطيسي بين طرفي مغناطيس على هيئة حدوة حصان، فإنه سيدور حتى يصبح قطبه الشمالي في مقابل القطب الجنوبي لمغناطيس حدوة الحصان، في حين يكون القطب الجنوبي لمغناطيس القضيب في مقابل القطب الشمالي لمغناطيس حدوة الحصان.



شكل رقم (2-18)

يتكون المحرك الكهربائي أساسا من مغناطيس ثابت وموصل متحرك. وتشكل خطوط القوى بين أقطاب المغناطيس مجالا مغناطيسيا ثابتا . وعندما يمر تيار كهربائي خلال الموصل يصبح الموصل كهرومغناطيسيا وينتج مجالا مغناطيسيا آخر . ويقوي المجالان المغناطيسيان كل منهما الاخر مما يؤدي الى دوران الموصل ، كما في الشكل رقم (2-18) .

أجزاء المحرك الكهربائي

يتكون المحرك الكهربائي أساسا من موصل كهربائي دوار، موضوع بين قطبين شمالي وجنوبي لمغناطيس ثابت. ويعرف الموصل باسم الحافظة (غلاف الأرميجر)، بينما يعرف المغناطيس الثابت باسم بِنْيَة المجال. وهناك أيضًا المبدِّل الذي يعدّ جزءاً ضرورياً في كثير من المحركات الكهربائية وخاصة محركات التيار المستمر، كما في الشكل رقم (2-19) .

أ- بنية المجال

تولد بنية المجال مجالاً مغناطيسياً داخل المحرك، حيث يتكون المجال المغناطيسي من خطوط قوى توجد بين قطبي المغناطيس الثابت. وتتكون بنية المجال في محرك التيار المستمر البسـيط من مغناطيس دائم يسـمى مغناطيس المجال. وفي بعض المحركات الأكبر حجماً والأكثر تعقيدا تتركب بنية المجال من أكثر من مغناطيس كهربائي تتغذى بالكهرباء عن طريق مصدر خارجي. وتسمى مثل هذه المغانط الكهربائية ملفات المجال، كما في الشكل رقم (2-19) .

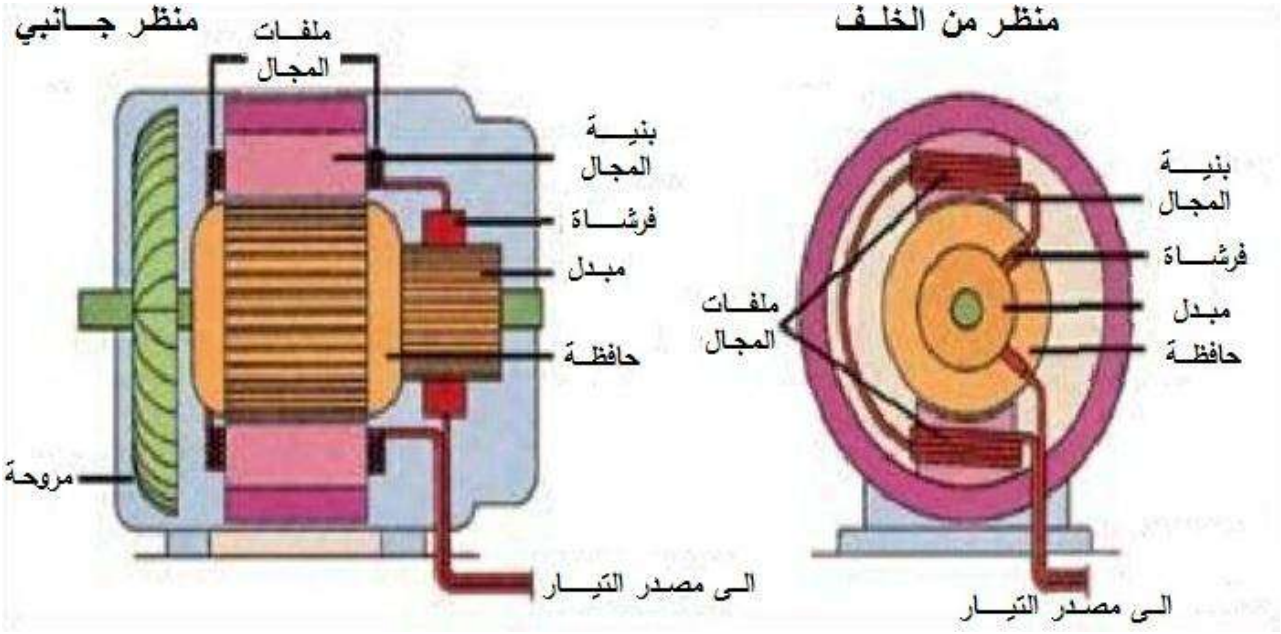
ب- الحافظة (غلاف الارميجر)

تصبح الحافظة ـ التي عادة ما تكون أسطوانية الشكل ـ مغناطيسا كهربائيًا عندما يمر التيار من خلالها. وهي متصلة بعمود إدارة، حتى تتمكن من إدارة الحمل. وتدور الحافظة في محركات التيار المستمر البسيطة الصغيرة بين أقطاب المجال المغناطيسي حتى يصبح قطبها الشمالي مقابلاً للقطب الجنوبي للمغناطيس. ويعكس عندها اتجاه التيار لتغيِّر قطب الحافظة الشمالي ليجعله قطباً جنوبيا، فيتنافر القطبان الجنوبيان، مما يجعل الحافظة تقوم بنصف دورة. وعندما يصبح قطبا الحافظة مقابلَيْن للقطبين المختلفين للمجال المغناطيسي مرة أخرى يتغير اتجاه التيار مرة أخرى بواسطة المبدل .

وفي كل مرة ينعكس فيها اتجاه التيار، تدور الحافظة نصف دورة. وتتوقف الحافظة عن الدوران عندما لا ينعكس اتجاه التيار، كما في الشكل رقم (2-19) .

ج- المبدل

يستخدم المبدِّل بصفة أساسية في محركات التيار المستمر، حيث يعكس اتجاه التيار في الحافظة ويساعد على نقل التيار بين الحافظة ومصدر القدرة. ويتكون المبدل في محرك التيار المستمر من حلقة مقسمة إلى جزأين أو أكثر، ومثبتة في عمود الإدارة مقابل الحافظة. وتتصل نهايات ملفات الحافظة بالأجزاء المختلفة. ، كما في الشكل رقم (2-19) .

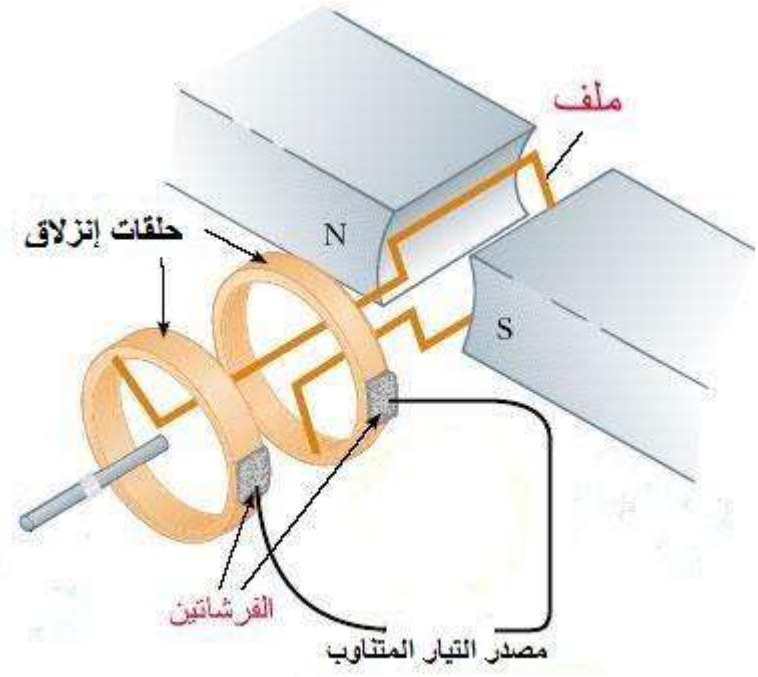


شكل رقم (2-19) أجزاء المحرك الكهربائي

يوصل التيار الكهربائي القادم من مصدر القدرة الخارجي بالمبدل عن طريق قطعة صغيرة تسمى الفرشاة (الفحمة). وهناك أيضاً فرشاة أخرى موضوعة في الجانب الآخر للمبدل تعمل على حمل التيار، وإرجاعه إلى مصدر القدرة. وعندما تتصل إحدى الحلقات مع الفرشاة الأولى، تلتقط التيار الكهربائي من الفرشاة وترسله عبر الحافظة، وعندما تقع الأقطاب المغناطيسية التي تتكون على الحافظة بعد الأقطاب المتشابهة لمغناطيس المجال، تدور الحافظة نصف دورة مارة بإحدى الفجوات التي تفصل الحلقات. ثم تتصل الحلقة الثانية من المبدِّل مع الفرشاة الأولى وتصبح حاملة للتيار إلى الحافظة، وبهذا ينعكس اتجاه التيار كما ينعكس موضع الأقطاب في الحافظة. وعندما تتقابل الأقطاب المتشابهة لمغناطيس المجال والحافظة تستمر الحافظة في الدوران.

ملاحظة

لاتحتوي معظم محركات التيار المتناوب على مبدلات، لأن التيار يعكس نفسه تلقائيا. وفي بعض محركات التيار المتناوب ، يسري التيار القادم من المصدر الخارجي الى الأجزاء المتحركة من المحرك وبالعكس، عبر مجموعة من الفرش تعمل متصلة بحلقات انزلاق بدلا من المبدلات ، كما موضح في شكل رقم (2-20).



شكل رقم (2-20) حلقات إنزلاق

أنواع المحركات الكهربائية :

للمحركات الكهربائية أنواع عديدة ولكنها تنقسم الى قسمين رئيسين اعتمادا على طبيعة التيار الذي تعمل عليه هذه المحركات وهما:

محركات التيار المستمر ، ومحركات التيار المتناوب

2-8-1 محركات التيار المستمر DC motors

المصدر الشائع لقدرة هذا النوع من المحركات هو التيار المستمر من البطارية.

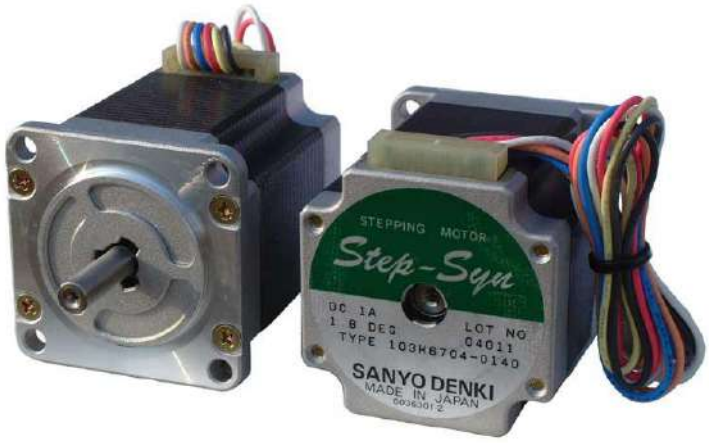
واهم انواع هذه المحركات هي محركات الخطوة ، ومحركات المؤازرة (سيرفو) :

1- محركات الخطوة Stepper Motors

محركات الخطوة على عكس محركات التيار المستمر التي تعمل بطريقة مستمرة. فان محرك الخطوة يتحرك على شكل تزايدات زاوية منفصلة أو خطوات، و بشكل عام يقوم المحرك بأداء خطوة مقابل كل اشارة كهربائية ، ويعتمد قياس الخطوة على تصميم المحرك. ويعتمد عمل محرك الخطوة على ارسال اشارات على خطوط ملفاته وفق تتابع زمني معين، أي يفصل بين اشارة واخرى فترة زمنية. كلما قلت الفترات الزمنية بين اشارة واخرى زادت عدد دورات المحرك اذا تطلب الامر الى تشغيل المحرك

بشكل مستمر، وحتى يعمل المحرك يجب أن يصمم أولاً منطق التتابع الذي يعطي على خرجه التتابع اللازم لتغذية خطوط ملفات محرك الخطوة.

ان محركات الخطوة لاتحتاج الى مبدل من أجل عملها والاهم من ذلك هو ان بنية محرك الخطوة يمكن ربطها مباشرة مع المعالج المايكروي أو الحاسب الشخصي، شكل رقم (2-21) .



شكل رقم (2-21) محرك الخطوة

يستخدم هذا النوع من المحركات في التحكم الموضعي Position Control سواءً كان التحكم بزاوية واحدة صغيرة للحمل أو عدة زوايا ، أو مسافة واحدة صغيرة أو عدة مسافات متكررة ، كما في الات الطباعة للحاسب الآلي التي تحتاج لتحريك الورقة مسافة سطر رأسياً للإنتقال الى السطر التالي لكتابته وهكذا ، كما تحتاج رأس الكتابة لتحريكها افقيا لمسافة حرف واحد أو أكثر، ويستخدم هذا المحرك أيضاً في الانسان الآلي Robot ، وهو من أهم المحركات المستخدمة في تشغيل المنظومات الهيدروليكية التي سيرد ذكرها في الموضوع اللاحق للمحركات الكهروهايدروليكية . حيث يتم تغذية المحرك بإشارة واحدة عبارة عن تيار مستمر لزمن بسيط تؤدي الى دوران العضو الدوار للمحرك زاوية صغيرة. وعندما تتم التغذية بعدد معين من الإشارات فإن الدوران يتم بنفس العدد من الزوايا المتساوية التي يسمى كل منها بزاوية الخطوة Step Angle . مع ملاحظة أن أية إشارة تغذي أحد ملفات العضو الثابت ، والإشارة التالية تغذي ملفاً آخر وهكذا.

مكونات المحرك

تعتمد الفكرة الأساسية لهذا المحرك على إحداث قوة جذب بين سنيّن متقابلين من كل من العضو الثابت والعضو الدوار عند تغذية العضو الثابت بالتيار المستمر ، بينما تقل قوة الجذب بين باقي أسنان العضو الثابت والعضو الدوار. وعند نقل تغذية العضو الثابت إلى ملف آخر ، تحدث قوة الجذب بين سنيّن آخرين مما يؤدي الى دوران العضو الدوار زاوية خطوة واحدة .

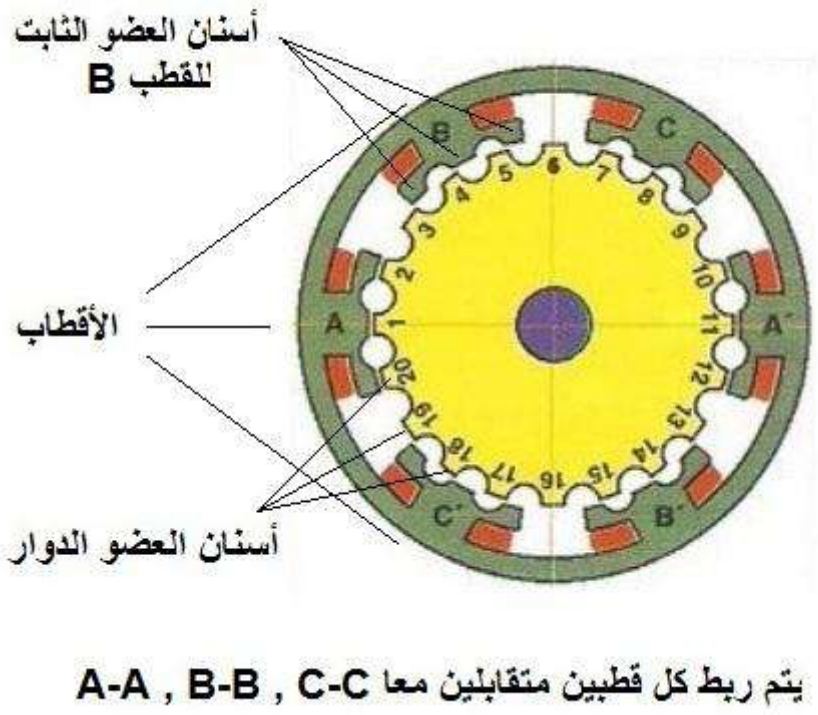
أنواع محركات الخطوة

وتتعدد أنواع وأشكال هذا المحرك تعدداً كبيراً للحصول على زاوية خطوة تختلف من شكل الى آخر ، وكذلك لزيادة عزم المحرك وتبسيط دوائر التحكم في التشغيل. ومن أهم هذه الأنواع :

1- محرك الممانعة المغناطيسية المتغيرة Variable Magnetic Reluctance Motor

ويتكون من عدد محدود من الأقطاب البارزة في العضو الثابت إلا أن حذاء كل قطب Pole Shoe يتكون من عدد من الأسنان بحيث تعطي مجموع أسنان هذه الأقطاب جملة أسنان العضو الثابت التي تختلف في العدد عن مجموع أسنان العضو الدوار الذي يتشكل من الحديد بدون أية ملفات. ويوضع على كل قطب في العضو الثابت ملف يوصل بالتوالي مع ملف القطب المقابل ليشكل كل قطبين متقابلين طوراً واحداً كما في الشكل رقم (2-22).

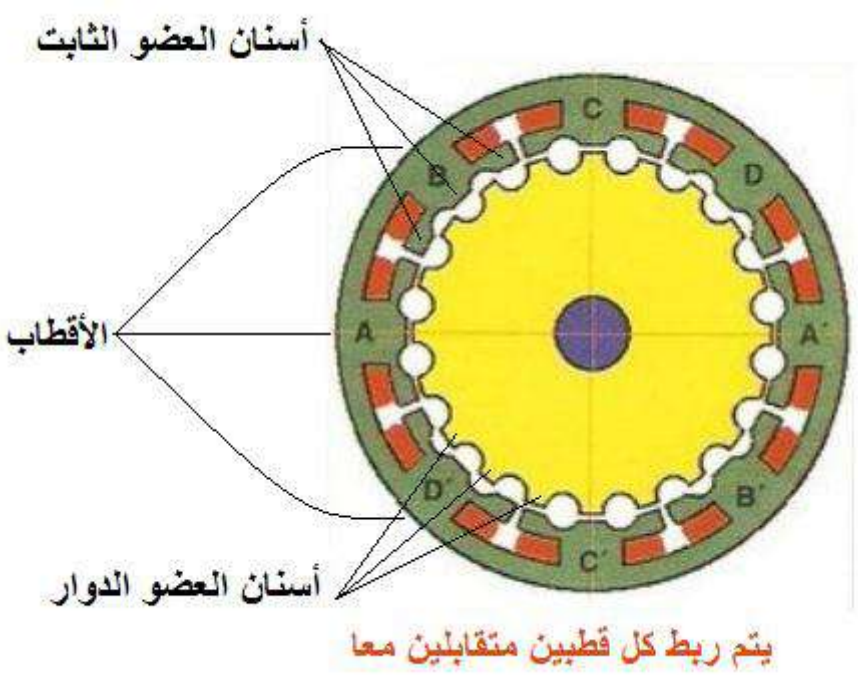
ويتراوح عدد أطوار العضو الثابت بين طورين إلى حوالي خمسة أطوار. وعند تغذية الطور الأول Phase A بالتيار المستمر ، ينشأ مجال مغناطيسي يجذب أسنان العضو الدوار لتصبح مقابلة لأسنان الطور A كما بالشكل ، أما بقية أسنان العضو الدوار فإنها لاتكون مقابلة لأسنان أي من الطورين



يتم ربط كل قطبين متقابلين معا A-A , B-B , C-C

شكل رقم (2-22) محرك خطوة ثلاثة أطوار (20 سن ذو خطوة 6 درجات)

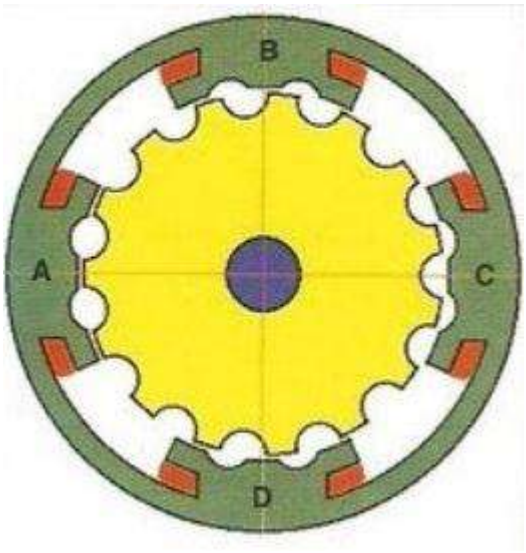
الآخرين B,C . ويلاحظ أن خطوة أسنان القطب تساوي خطوة اسنان العضو الدوار مما يجعل ثلاثة من أسنان القطب تنطبق مع ثلاثة من أسنان العضو الدوار حتى يزداد العزم عن حالة انطباق سن واحد لكل من القطب والعضو الدوار. وعند تبديل التغذية بفصل الطور A وتوصيل الطور B لمصدر التيار المستمر ، يجذب مجال الطور B أقرب أسنان العضو الدوار فيدور في اتجاه عقارب الساعة بزاوية خطوة واحدة ، ويتم بعد ذلك تبديل التوصيل من الطور B إلى الطور C ويدور العضو الدوار زاوية خطوة ثانية . وهكذا تتكرر زاوية الخطوة بتكرار تبديل التوصيل.



شكل رقم (2-23) محرك خطوة أسنانه غير متلائمة ولن يتمكن من الدوران

ويلاحظ أن عدد أسنان العضو الدوار يجب أن يتناسب وعدد أسنان وعدد أطوار العضو الثابت بحيث يعطي زاوية الخطوة التي نحتاجها. فإذا وضعنا نفس العضو الدوار 20 سن في عضو ثابت أربعة أطوار كما بالشكل (2-23) فان العضو الدوار لن يدور في أي اتجاه لأن تغذية الطور A تجعل أسنان العضو الدوار مقابلة تماما لأسنان الطور A كما بالشكل. وبتبديل التوصيل الى الطور B تكون أسنان العضو الدوار مقابلة لمنتصف المسافة بين أسنان الطور B وهذا الوضع لن يسبب أي حركة للعضو الدوار وبالتالي فان المحرك لن يتمكن من الدوران بأي خطوة عند تبديل التوصيل الى أي من الأطوار الأربعة.

ويمكن جعل كل قطب يمثل طوراً كما بالشكل رقم (2-24) المكون من أربعة أقطاب أو أربعة أطوار والعضو الدوار مكون من 15 سن ، وعند تغذية الطور A تنطبق ثلاثة من أسنان العضو الدوار مع



شكل رقم (2-24) محرك خطوة أربعة أطوار (15 سن ذو خطوة 6 درجات)

ثلاثة من أسنان طور العضو الثابت كما بالشكل ولاتنطبق بقية أسنان العضو الدوار مع أسنان أي طور آخر في هذا العضو. وعند تغذية الطور B بدلا من الطور A ، يتحرك العضو الدوار في إتجاه عكس عقارب الساعة بزاوية 6º لتنطبق أقرب أسنان العضو الدوار مع أسنان الطور B. وهكذا يستمر الدوران بزاوية الخطوة في نفس الاتجاه مع التبديل الى بقية الأطوار ، إلا أنه يجب ملاحظة أن عزم هذا المحرك يقل عن عزم المحرك الذي يمثل الطور فيه قطبان متقابلان كما كان في الشكل رقم (2-22).
ولعكس إتجاه دوران المحرك وجعله يدور بإتجاه عقارب الساعة فإننا نقوم بعكس إتجاه تغذية الأطوار، فبعد تغذية الطور A نقوم بتغذية الطور D (وليس الطور B) ، وهكذا .

2- محرك الممانعة المغناطيسية المتغيرة متكرر الأجزاء

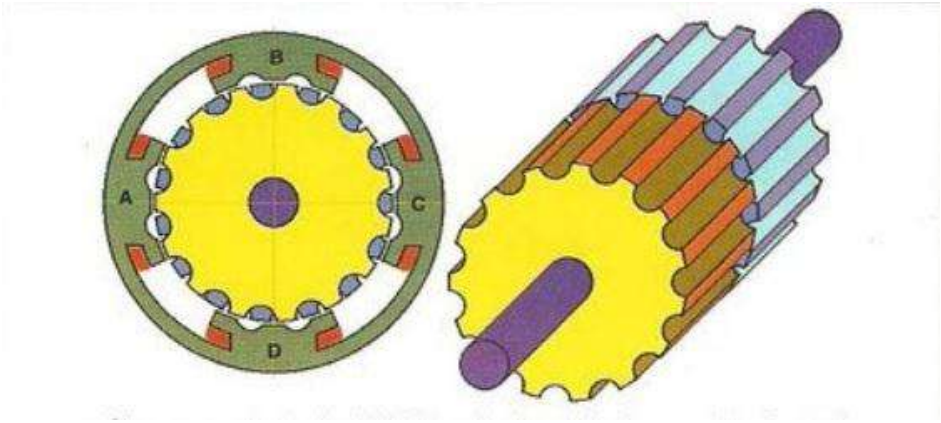
Multi Stack Variable Magnetic Reluctance Motor

هناك أربعة أنواع من هذا المحرك :

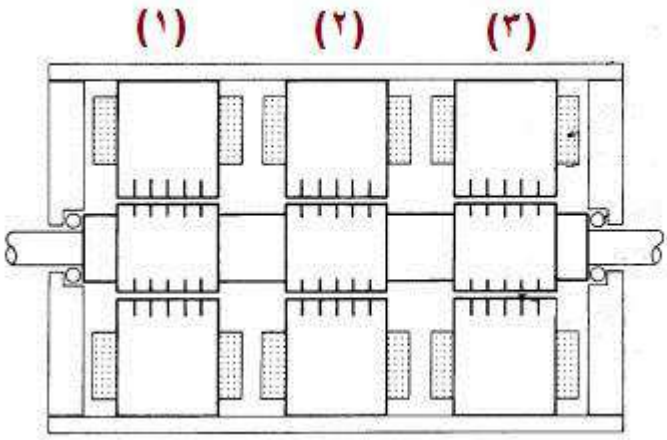
أ- النوع الأول : يستخدم للتغلب على نقص العزم الموجود في النوع الموضح بالشكل رقم (2-8) حيث يتكون المحرك من جزأين متكررين بحيث تكون أقطاب الجزئين على نفس المحور الموازي لمحور عمود الدوران ، بينما ينحرف العضو الدوار للجزء الثاني عن العضو الدوار للجزء الأول بزاوية تساوي

نصف زاوية خطوة السن كما بالشكل رقم (2-25) ، ويتم تغذية الطور A للجزء الاول مع الطور C للجزء الثاني ثم الطور B للجزء الأول مع الطور D للجزء الثاني وهكذا.

ب- النوع الثاني : يستخدم فيه التكرار لإنقاص زاوية الخطوة نظرا لتطلب ذلك في أحوال كثيرة. فإذا أخذنا المحرك الموضح في الشكل رقم (2-22) والذي كانت زاوية خطوته 6° فانه يمكننا الحصول على زاوية خطوة بثلث قيمة هذه الزاوية ، أي بمقدار درجتين فقط إذا تم تكرار أجزاء المحرك لتصبح ثلاثة أجزاء بحيث ينحرف العضو الدوار للجزء الثاني بزاوية درجتين عن العضو الدوار للجزء الأول ، وينحرف العضو الدوار للجزء الثالث بزاوية درجتين عن العضو الدوار للجزء الثاني إلا أن التغذية هنا تتم للطور A في الجزء الأول ثم تستبدل للطور A في الجزء الثاني ثم تستبدل للطور A في الجزء الثالث ، ثم تتكرر في باقي الأطوار مع الأجزاء الثلاثة وفي كل مرة يتحرك العضو الدوار بزاوية درجتين، انظر الاشكال (2-25) و (2-26)

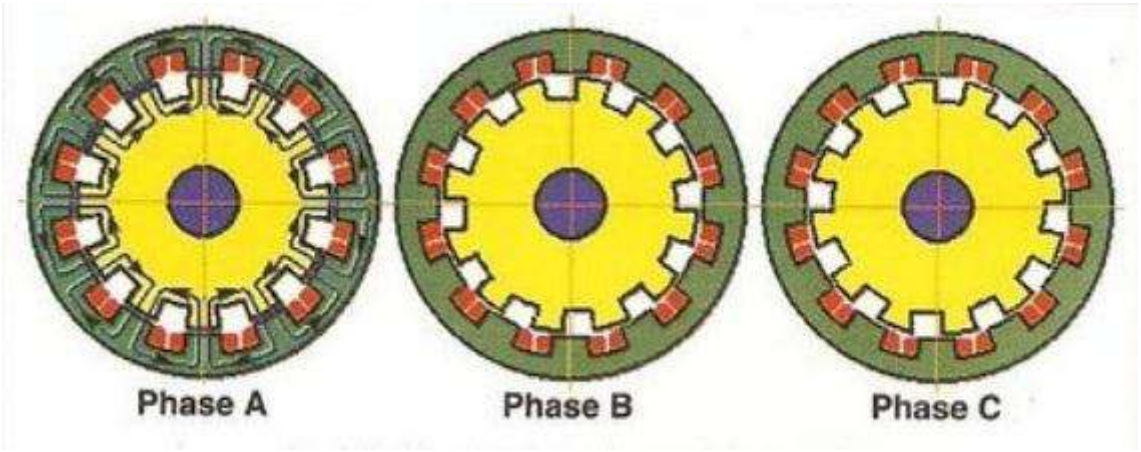


شكل رقم (2-25) محرك خطوة ذو الممانعة المتغيرة مكون من جزأين



شكل رقم (2-26) محرك خطوة ذو الممانعة المتغيرة مكون من ثلاثة أجزاء

ج- النوع الثالث : وهو ذو عزم أكبر بأضعاف مضاعفة من الأنواع السابقة. وفيه يتكون كل جزء من عدد متساو من الأسنان في كل من العضوين الثابت والدوار كما في الشكل رقم (2-27) الذي تكون فيه عدد الأسنان 12 سن لكل من العضو الثابت والعضو الدوار ويوضع ملف حول كل سن من أسنان العضو الثابت وتوصل جميع ملفات العضو الثابت معاً بالتوالي أو التوازي حسب جهد وتيار مصدر التغذية ، وتمثل جميع هذه الملفات طورا واحدا مثل الطور A مع ملاحظة أن كل سن يمثل قطباً يختلف في قطبيته عن السن المجاور ، ويكون عدد خطوط المجال المغناطيسي الناتج من جميع هذه الأقطاب الاثنى عشر متماثلاً لكل قطب مع الآخر. ولايجب هنا عمل الملفات بحيث تكون نصف عدد الأسنان اليمنى مثلا قطباً شمالياً والنصف الأيسر قطبا جنوبياً ، لأنه في هذه الحالة سوف تكون كثافة المجال المغناطيسي في منتصف القطب عالية وتقل في أطراف كل قطب ، الأمر الذي ينقص كثيرا من عزم المحرك.



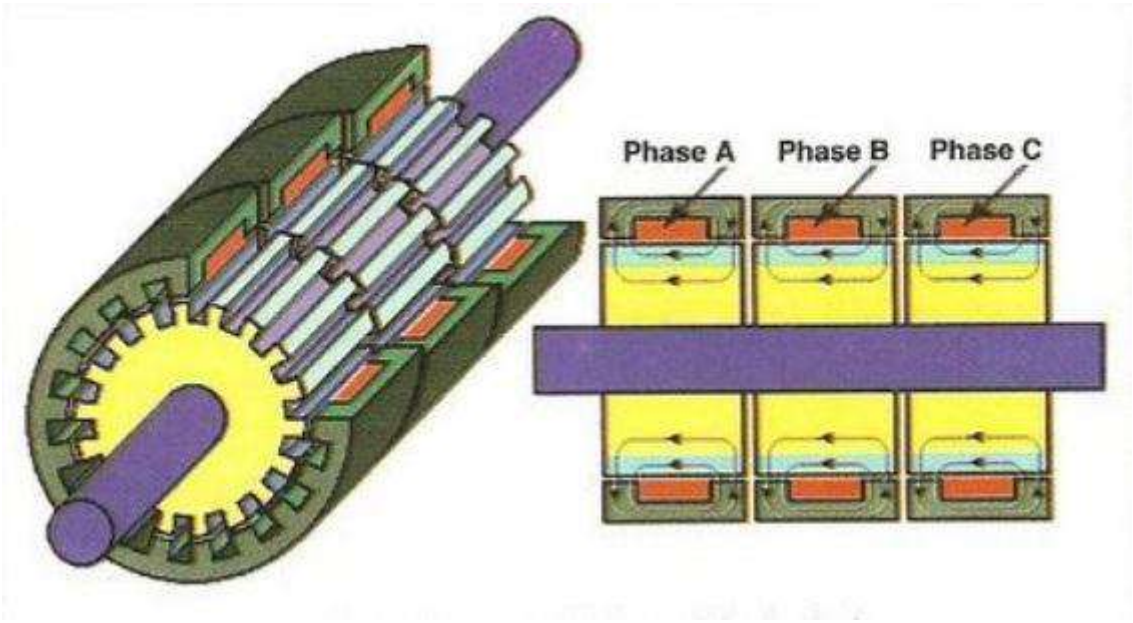
شكل رقم (2-27) محرك خطوة من ثلاثة أجزاء
12 سن لكل من العضوين الثابت والدوار – مجاله قطري

وفي هذا النوع تمت زيادة العزم لأنه عند توصيل الطور A تحدث قوة الجذب بين عدد الأسنان جميعها للطور (12 سن) وليس بين جزء فقط من الأسنان كما كان في الأنواع السابقة. والطوران الثاني B والثالث C هما تكرار للطور الأول A بكل أجزائه ، إلا أن العضو الدوار للطور B ينحرف عن العضو الدوار للطور A . كما ان الطور C ينحرف عن الطور B بزاوية تعادل ثلث زاوية السن عندما يكون عدد الأطوار ثلاثة. ويمكن أن يكون عدد الأطوار أكثر من ثلاثة ، وفي هذه الحالة ينحرف كل عضو دوار عن الآخر بزاوية تساوي زاوية السن مقسومة على عدد الأطوار ، وزاوية الإنحراف هذه تساوي زاوية الخطوة. وكلما زاد عدد الأطوار نقصت زاوية الخطوة .

ويتم دوران العضو الدوار في هذا النوع بتغذية الطور A من مصدر التيار المستمر ثم تبديل التغذية بالطور B ثم بالطور C ثم بالطور A مرة اخرى. وهكذا تتعاقب تغذية جزء ثم الذي يليه ولهذا يسمى هذا المحرك (بالمتعاقب) Cascade ، وتكون خطوط مجاله المغناطيسي في الإتجاه القطري

Radial Flux أي عمودي على محور الدوران ، الشكل رقم (2-27) A يوضح اتجاه الملفات وعدد ها 12 ملف لكل طور.

د- النوع الرابع : يتميز عن الثالث في أنه تم استبدال عدد الملفات الكثيرة لكل طور (12 ملف) بملف واحد يكون محوره في اتجاه محور دوران المحرك ويعطي خطوط مجال مغناطيسي في اتجاه محور الدوران كما بالشكل رقم (2-28) ، ولهذا فإنه يسمى (بالمحرك ذي المجال المغناطيسي المحوري) Axial Flux . ويتم تشغيل هذا النوع بنفس الاسلوب للنوع الثالث .



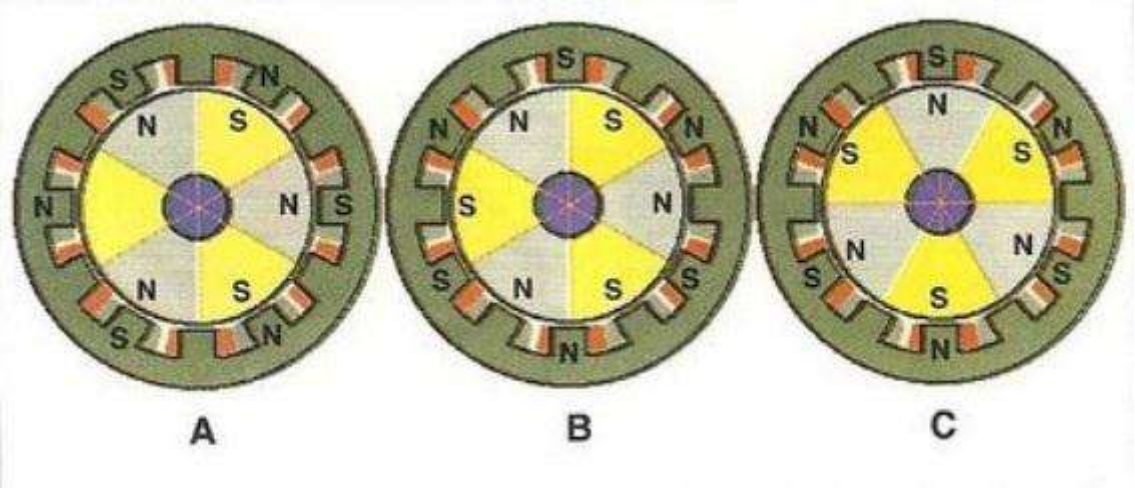
شكل رقم (2-28) محرك خطوة من ثلاثة أجزاء

12 سن لكل من العضوين الثابت والدوار – مجاله محوري

3- المحرك ذو المغناطيس الدائم Permanent Magnet Motor

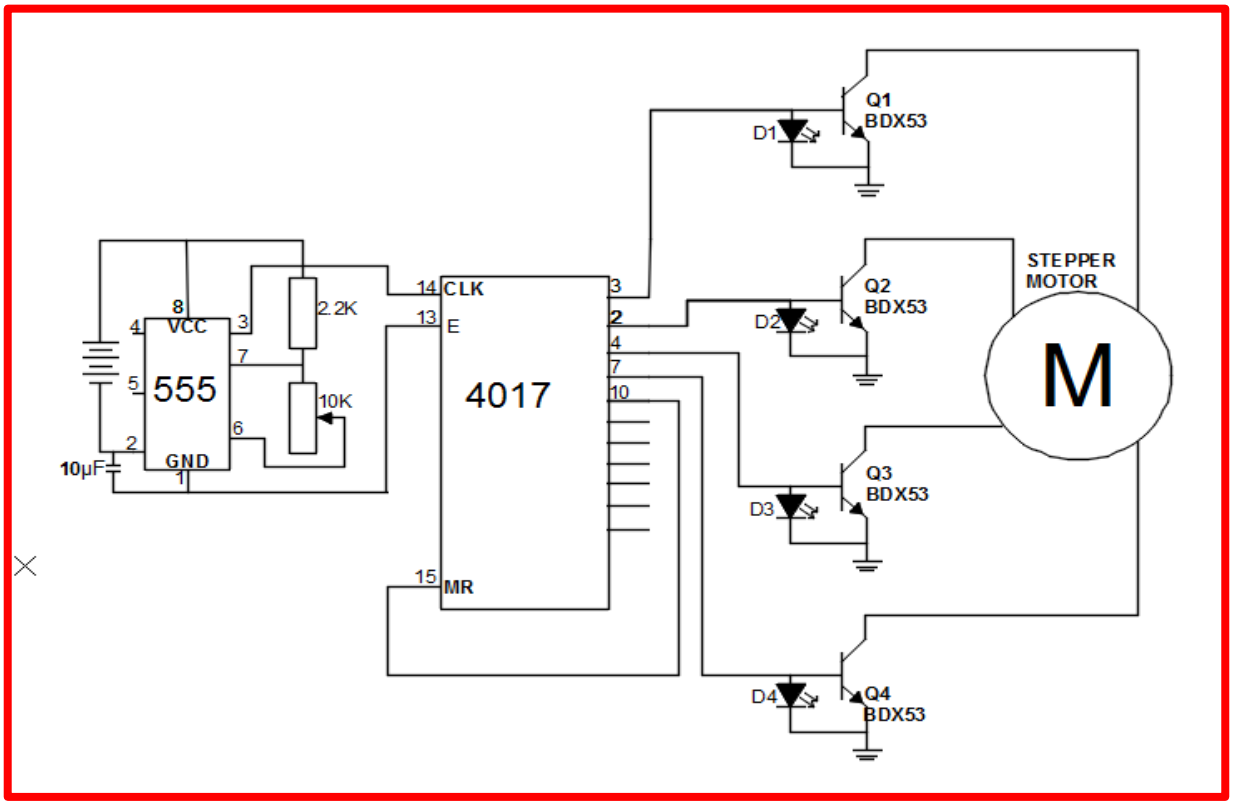
يستخدم المغناطيس الدائم في العضو الدوار لمحرك الخطوة لزيادة عزم المحرك. ولكي يعمل هذا المحرك ، يجب أن يحتوي العضو الثابت على عدد من الأقطاب يساوي ضعف عدد أقطاب العضو الدوار وبحيث ترتب ملفات أقطاب العضو الثابت في مجموعتين تكون كل منها طوراً ، وكل طور يعطي عند تغذيته بالتيار المستمر عدداً من الأقطاب يساوي عدد أقطاب العضو الدوار كما بالشكل رقم (2-29) .وعند تغذية الطور الأول ، يأخذ العضو الدوار الوضع المبين بالجزء A من الشكل رقم (2-29) ، حيث تنشأ أقطاب هذا الطور ، وبتبديل التغذية من الطور الأول الى الثاني تنشأ أقطاب الطور الثاني كما بالجزء B من الشكل رقم (2-29) وتظهر قوى التجاذب والتنافر بين أقطاب العضو الثابت والعضو الدوار في هذا الوضع مما يسبب عزماً يدير العضو الدوار في اتجاه عقارب الساعة حتى يتحرك زاوية خطوة يستقر بعدها في الوضع المبين بالجزء C من الشكل رقم (2-29) ، ثم يتم تبديل

التغذية من الطور الثاني الى الطور الأول مع ملاحظة أن تغذية الطور الأول في هذه المرة يجب أن يتم بحيث يكون التيار في اتجاه عكسي لما كان عليه في المرة السابقة حتى يستمر في الدوران في نفس اتجاه



شكل (2-29) محرك خطوة ذو مغناطيس دائم – من جزء واحد ذي طورين

عقارب الساعة والا عاد العضو الدوار في الاتجاه المضاد الى الوضع السابق . وعلى هذا فان تعاقب توصيل الأطوار يتم من الطور الأول الى الثاني ثم الى الأول فالثاني وهكذا مع عكس اتجاه التيار لكل طور في كل مرة عن المرة السابقة، ويتم عكس إتجاه التيار بواسطة ترانزستور يتم السيطرة عليها بدوائر الكترونية.



شكل رقم (2-30) الدائرة الالكترونية المستخدمة لتشغيل المحرك الخطوي

الدائرة الالكترونية المستخدمة لتشغيل المحرك الخطوي

الشكل رقم (2-30) يوضح الدائرة الكترونية التي تستخدم لتشغيل المحرك الخطوي ، حيث تقوم هذه الدائرة بتغذية ملفات الاطوار تباعا الواحد بعد الاخر، بواسطة مرحلات يتم السيطرة عليها الكترونيا .

2- محركات المؤازرة (السيرفو) DC Servo Motors

محرك المؤازرة هو محرك خاص يدور إلى زاوية معينة حسب الأمر الموجه له، ويظل محافظاً على هذه الزاوية ما دام الأمر موجهاً له ، وهذا النوع من المحركات يستخدم بكثرة فى الصناعات حيث منها عدة انواع :

(أ) : محركات المؤازرة ذات القدرة الصغيرة وهذا النوع يستخدم فى الحاسبات ومعدات التجهيز كمشغل الاقراص ومشغل اشرطة التسجيل والطابعات .

(ب) : المحركات ذات القدرة المتوسطة او الكبيرة فهى تستخدم فى انظمة الروبوتات ذات التحكم الرقمي وماكينات التفريز والكثير الكثير من الاستخدامات.

شكل رقم (2-31) محرك المؤازرة (السيرفو)

يتكون محرك المؤازرة (السيرفو) من :

محرك تيار مستمر DC + مجموعة من المسننات + دائرة تحكم ومقاومة متغيرة .

وكل ذلك مغلف بعلبة خاصة لتعطي الشكل النهائي لمحرك المؤازرة Servo ، كما في الشكل رقم (2-31) .

طريقة عمله

يكون محرك التيار المستمر متصلاً بالمسننات ، والمسننات تكون مربوطة مع مقاومة متغيرة لكي تعطي إشارة عن مقدار الزاوية التي تحركها المحرك ، والمقاومة المتغيرة متصلة بدائرة التحكم التي تعمل على (تشغيل أو إطفاء أو عكس) حركة المحرك كي تحافظ على الزاوية المطلوبة.

وبشكل عام ، يخرج من علبة المحرك ثلاثة أسلاك :

(أحمر) : هو جهد التغذية (والذي يكون عادة بين 4,8 إلى 6 فولت)

(أصفر أو أبيض) : هو جهد التحكم بالمحرك

(أسود) : هو الأرضي صفر فولت ، وكما بالشكل رقم (2-32)

شكل رقم (2-32) اسلاك تغذية محرك السيرفو

يتم التحكم بالمحرك عن طريق إرسال نبضات عبر سلك جهد التحكم. وتتحدد الزاوية التي يدور إليها المحرك بعرض النبضة المرسلة.

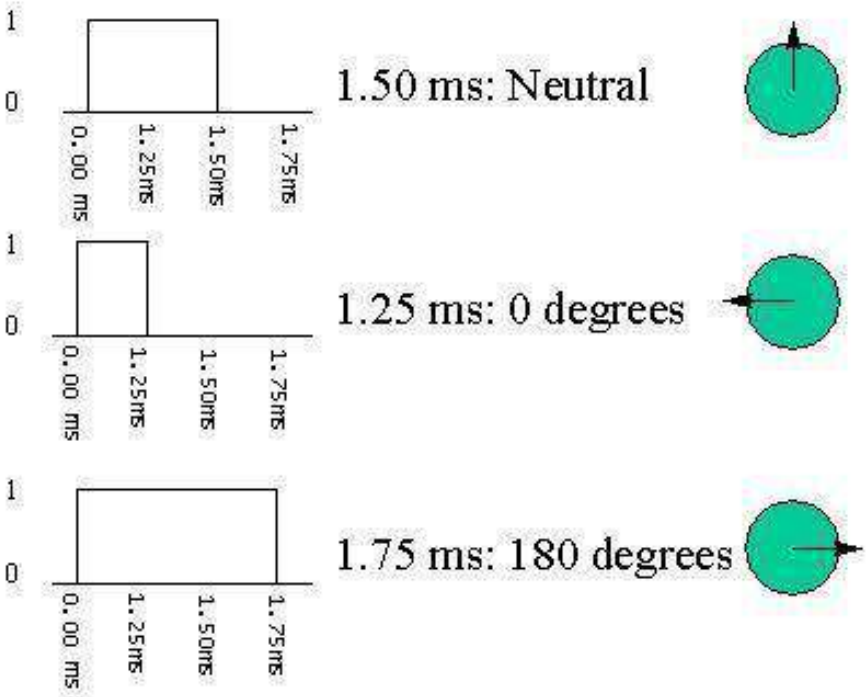
عرض النبضة (م.ث)	الزاوية التي يتحركها المحرك (درجة)
1,5	نقطة الوسط (وهي هنا 90 درجة)
1,25	صفر درجة
1,75	180 درجة

تختلف محركات المؤازرة عن بعضها بالزاوية القصوى التي تتحركها وأيضاً بعرض النبضة الأصغر والأعظم الذي تتقبله، لكنها تتفق فيما بينها بأن النبضة ذات العرض 1,5 ميللي ثانية تجعل المحرك يتحرك نحو نقطة الوسط . فلو كانت النبضة أصغر من ذلك (أصغر من 1,5 م.ث) فإن المحرك سيدور بزاوية سالبة (عكس اتجاه عقارب الساعة) وإن كانت أكبر من ذلك فإن المحرك سيتحرك بزاوية موجبة (باتجاه عقارب الساعة)، وذلك مقارنة بنقطة الوسط، وهذا مثال من أحد المحركات .

انظر للشكل رقم (2-33) وقارن مع الجدول :

هذا مجرد مثال، وبالتالي إذا كان عرض النبضة 1,375 فإن الزاوية ستكون 45 درجة ... وهكذا

لاننسى أن من أحد ميزات محركات المؤازرة المهمة هي اقتصادها في الطاقة إذ أن صرفها للطاقة يتعلق بالمقاومة التي على المحرك التغلب عليها ، كما أن المحرك يستخدم الطاقة أثناء حركته فقط ، وبذلك يوفر الطاقة في ما عدا ذلك .



شكل رقم (2-33) تغير زاوية محرك السيرفو حسب قيمة النبضة

محرك التيار المستمر DC المستخدم في محركات السيرفو

لأن التيار المستمر يسير في اتجاه واحد، فان محركات التيار المستمر المستخدمة هنا تعتمد على مبدلات ذات حلقات مشقوقة لتعكس اتجاه سريان التيار . ويساعد المبدل أيضا على نقل التيار بين مصدر القدرة والحافظة .

وهناك ثلاثة أنواع رئيسة من محركات التيار المستمر وهي :
محركات (توالٍ، وتوازٍ، ومركبة). والاختلاف الرئيس فيما بينها هو في ترتيب الدائرة بين الحافظة وبين بنية المجال.

ففي محركات التوالي يتصل كل من الحافظة ومغناطيس المجال كهربائيا على التوالي. ويسري التيار خلال مغناطيس المجال ثم الحافظة. وعندما يسري التيار خلال البنية بهذا الترتيب يزيد قوة المغانط. وتبدأ محركات التوالي العمل سريعاً، حتى وإن كانت تعمل على حِمْل ثقيل رغم أن هذا الحمل سيقلل من سرعة المحرك.

وفي محركات التوازي يُوصَّل كهربائيا كل من مغناطيس المجال والحافظة على التوازي. ويسري جزء من التيار خلال المغناطيس بينما يسري الجزء الآخر خلال الحافظة. ويلف سلك رفيع حول مغناطيس المجال عدة مرات من أجل زيادة المغناطيسية. ويخلق إنشاء المجال المغناطيسي بهذه الطريقة مقاومة للتيار. وتعتمد قوة التيار ودرجة المغناطيسية تبعاً لذلك، على مقاومة السلك بدلا من حِمْل المحرك.
ويعمل محرك التوازي بسرعة ثابتة بغض النظر عن الحِمْل، ولكن إذا كان الحمل كبيرا جداً تحدث مشاكل للمحرك عند بدء التشغيل.
وللمحرك المُرَكَّب مجالان مغناطيسيان متصلان بالحافظة، أحدهما على التوالي والآخر على التوازي. وللمحركات المركبة مميزات عن كلً من محرك التوالي ومحرك التوازي، إذ يسهل بدء تشغيلها مع حمل كبير وتحافظ على سرعة ثابتة نسبياً حتى ولو زاد الحمل فجأة.

التحكم في سرعة محركات التيار المستمر

برغم وجود مشاكل في عضو التوحيد Commutator وارتفاع ثمن محركات التيار المستمر عن محركات التيار المتردد ، الا أن محركات التيار المستمر مازالت حتى الان تفضل على محركات التيار المتردد عندما يحتاج الحمل لمدى واسع في تغيير السرعة لما تتميز به من رخص ثمن وسيلة التحكم في

السرعة والمحافظة على خواص المحرك بحالتها الجيدة من عزم بدء عالٍ وكفاءة عالية وقيمة صغيرة لمعدل تغير السرعة مع العزم وإمكانية تحميل المحرك بكامل قدرة الحمل الكامل ، وذلك على عكس ما يحدث مع محركات التيار المتردد حيث تكون وسيلة التحكم في السرعة غالية الثمن وتصل الى أضعاف ثمن المحرك ، كما ان عزوم المحرك وكفاءته تنخفض ولا نستطيع تحميل المحرك بحمله الكامل .

للتحكم في سرعة محرك التيار المستمر فاننا نستخدم مقاومة متغيرة نقوم بربطها على التوالي مع المحرك ، فعند زيادة قيمة المقاومة سيؤدي هذا الى انخفاض قيمة فرق الجهد المسلط على المحرك وبالتالي انخفاض سرعته ، وعند تخفيض قيمة المقاومة سيؤدي هذا الى زيادة فرق الجهد المسلط على المحرك وبالتالي زيادة سرعته.

2-8-2 محركات التيار المتردد (المتناوب) AC motors

تستقبل معظم محركات التيار المتردد القدرة من مخارج الكهرباء. ويعكس التيار المتردد اتجاه سريانه تلقائيًا. محركات التيار المتردد سهلة الصنع، ومريحة في الاستعمال ولا تحتاج إلى مبدلات، ويعمل معظمها على مخارج التيار الموجودة في المنازل. ويسمى الجزء المتحرك في محرك التيار المتردد بالعضو الدوار والجزء الثابت بالعضو الساكن. وتنقسم معظم محركات التيار المتردد الشائعة الى محركات حثية ومحركات تزامنية.

1- المحركات الحثية Induction Motors

وهذا النوع من المحركات ممكن أن يكون احادي الطور أو ثلاثي الاطوار . وهو شائع الاستخدام جدا في كل مجالات الحياة الصناعية والمنزلية، أنظر الشكل رقم (2-34) ويستخدم كذلك في تشغيل المنظومات الهيدروليكية وخاصة وحدات توليد القدرة والتي سيرد ذكرها في الموضوع اللاحق للمحركات الكهروهيدروليكية.

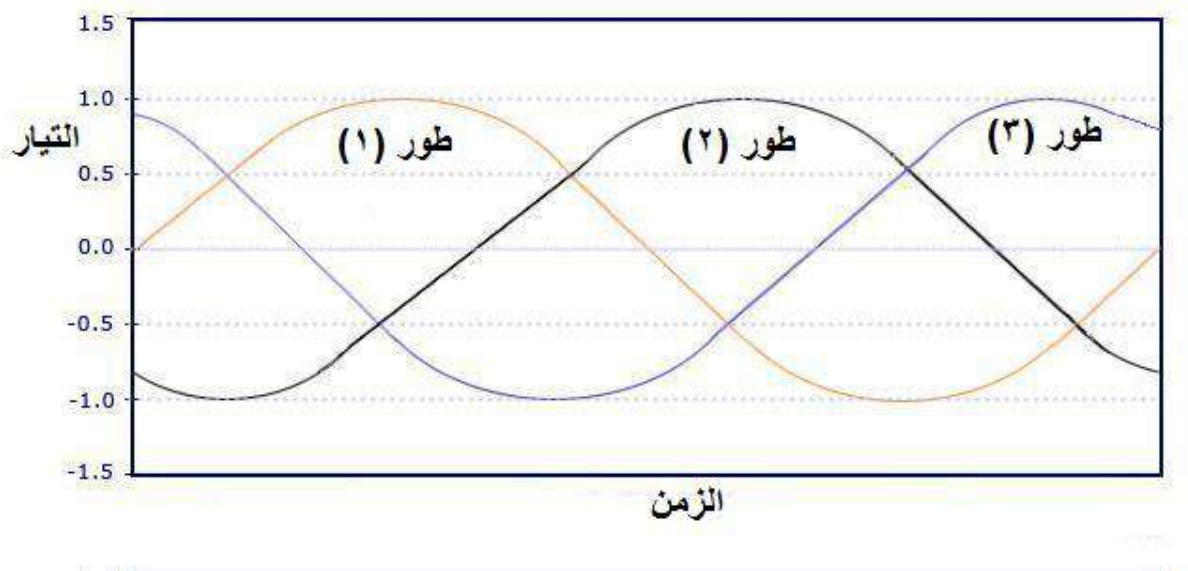
شكل رقم (2-34) المحرك الحثي

مبدأ عمل المحركات الحثية

يتكون المحرك الحثي من العضو الثابت والعضو الدوار وفي هذا النوع يتم توصيل التيار الى العضو الثابت فقط وذلك اما من مصدر احادي الطور أو ثلاثي الاطوار (وحسب نوع المحرك) مما ينتج عنه فيضا مغناطيسيا ، هذا الفيض يخترق الفجوة الهوائية و يقطع ملفات العضو الدوار و ذلك ينشأ عنه توليد قوة دافعة محتثة ينتج عنها مرور تيار في مسارات (ملفات) العضو الدوار وبالتالي يتولد فيض مغناطيسي يعاكس فيض العضو الثابت مما يؤدي إلى دوران المحرك .

المحركات الحثية ثلاثية الاطوار Three Phase Induction Motors

تعتمد هذه المحركات في تغذيتها على مصدر ثلاثي الاطوار وهي شائعة الاستخدام للاغراض الصناعية ،بينما لاتستخدم لاغراض منزلية لعدم توفر مصدر قدرة ثلاثي الاطوار في المنازل عادة. يوضح الشكل (2-34) الاطوار الثلاثة للتيار الكهربائي.

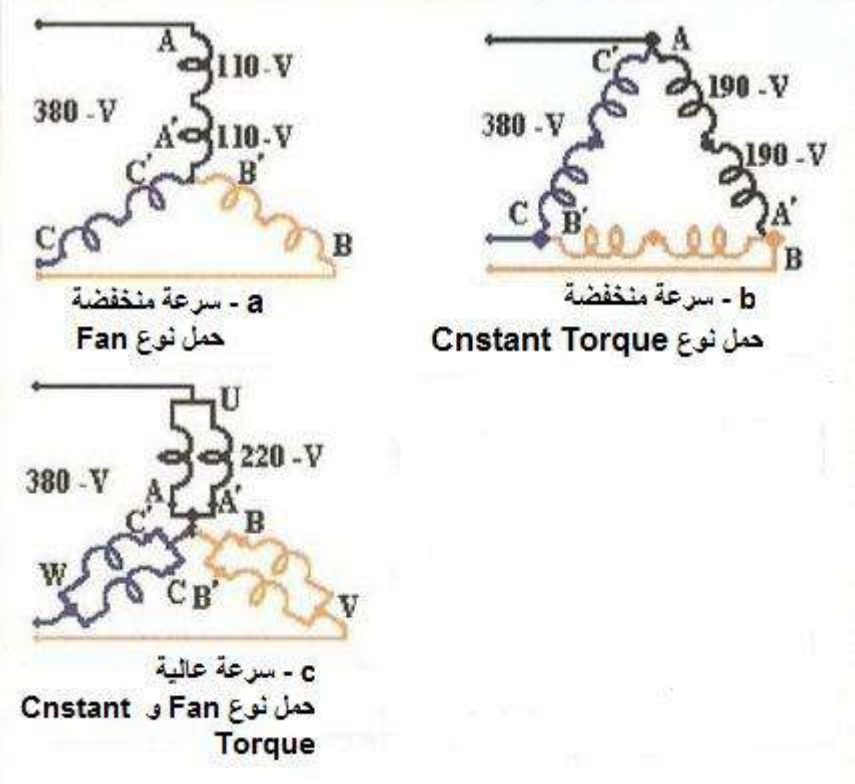


شكل رقم (2-34) مخطط يوضح الأطوار الثلاثة للتيار الكهربائي

ربط الاطوار بطريقتي ستار ودلتا :

توصل بدايات الأطوار A,B,C ونهاياتها A', B', C' جميعها مع بعضها البعض حتى يصبح نصفا كل طور متصلين بالتوازي والأطوار الثلاثة متصلة "نجمة" (star) كما في الشكل رقم (2-35). وهكذا تكون الشروط الثلاثة الأولى قد تحققت ، أما الشرط الرابع لجعل جهد الملفات مناسباً في كل من السرعتين العالية والبطيئة فإنه يتحقق كما في الشكل رقم (2-35) حيث نجد ان الحمل عندما يكون من

نوع Fan فإنه يحتاج لعزم صغير في السرعة المنخفضة ولذلك يفضل خفض الجهد إلى نصف جهد السرعة العالية حيث يكون الجهد 110فولت لنصف ملف الطور في السرعة المنخفضة المبينة في التوصيلة (a) وذلك بتوصيل نصفي كل طور بالتوالي والأطوار موصلة "نجمة" إلى مصدر جهده 380فولت ، بينما في السرعة العالية بالتوصيلة (c) كان جهد نصف الطور 220فولت من نفس المصدر . أما عندما يكون الحمل من نوع



شكل رقم (2-35) تعديل الملفات لضبط الجهد المناسب للسرعة وعزم الحمل

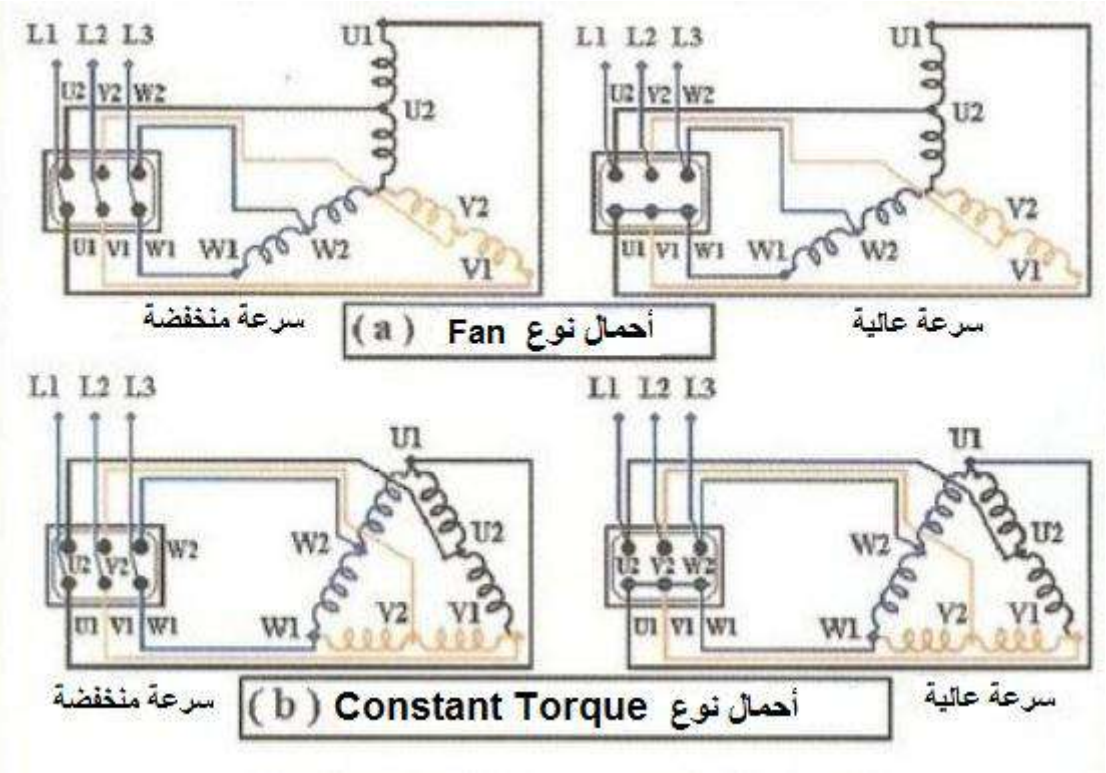
لعزم صغير في السرعة المنخفضة ولذلك يفضل خفض الجهد إلى نصف جهد السرعة العالية حيث يكون الجهد 110فولت لنصف ملف الطور في السرعة المنخفضة المبينة في التوصيلة (a) وذلك بتوصيل نصفي كل طور بالتوالي والأطوار موصلة "نجمة" إلى مصدر جهده 380فولت ، بينما في السرعة العالية بالتوصيلة (c) كان جهد نصف الطور 220فولت من نفس المصدر . أما عندما يكون الحمل من نوع Constant Torque فإنه يحتاج الى نفس العزم العالي عند السرعة المنخفضة ولهذا يكون جهد نصف الطور أكبر من حالة Fan حيث يكون 190فولت ويتم ذلك بتوصيل نصفي الطور بالتوالي وتوصل الأطوار دلتا الى نفس المصدر 380فولت كما في التوصيلة (b) ويوضح الشكل (d) منحنيات عزم المحرك وعزوم الحمل للتوصيلات المختلفة a,b,c ويلاحظ أنه اذا كان الحمل Fan

فإنه يمكن استخدام التوصيلة (b) لتشغيل هذا الحمل عند السرعة المنخفضة ، إلا ان التوصيلة (a) أفضل منها لهذا الحمل لأن مفاقيد المحرك تقل وبالتالي تنخفض حرارته وتتحسن الكفاءة ومعامل القدرة ويتم توفير الطاقة الكهربائية ، أما التوصيلة (a) فإنها لاتصلح لتشغيل المحرك Constant Torque في السرعة المنخفضة لأن عزم المحرك أقل من عزم الحمل ، وتصمم ملفات المحرك بحيث يكون جهد التصميم 220فولت لنصف ملفات الطور عند السرعة العالية.

ولكي يتم تعديل توصيل الملفات بسهولة للحصول على السرعتين فإنه يتم تصنيع هذه المحركات بحيث يستخدم المحرك إما مع حمل Fan أو مع حمل Constant Torque لأن التوصيلات الداخلية من ملفات المحرك الى لوحة التوصيل تختلف لهذين النوعين من الأحمال كما في الشكل رقم (2-36).

وفي حالة حمل نوع Fan توصل ملفات الأطوار داخل المحرك بشكل "نجمة" وتوصل بداية الأطوار U1,V1,W1 الى لوحة التوصيل كما بالشكل ، أما منتصف الأطوار U2,V2,W2 فتوصل الى لوحة التوصيل ايضاً. وفي حالة السرعة المنخفضة يوصل المصدر الى الاطراف U1,V1,W1 ، أما السرعة العالية فتوصل الاطراف U1,V1,W1 ببعضها البعض بواسطة جسور ويوصل المصدر الى الاطراف U2,V2,W2 ، وفي المحرك الخاص بالحمل Constant Torque يوصل المحرك في الداخل بشكل "دلتا" وتوصل أطراف الخطوط U1,V1,W1 الى لوحة التوصيل ، كما توصل أطراف منتصف الأطوار U2,V2,W2 الى لوحة التوصيل. وفي حالة السرعة المنخفضة أو العالية يوصل المصدر الى لوحة التوصيل للمحرك بنفس الاسلوب المتبع مع المحرك الخاص بحمل Fan .

ويحدث لبس لكثير من الفنيين عندما يجدون أن لوحة توصيل المحرك تقليدية ذات ستة أطراف توجد بها جسور لعمل نقطة "نجمة" ، وعندما تحدث مشكلة للمحرك ينزعون الجسور ويقيسون المقاومة بين الأطراف الستة للوحة التوصيل ويجدون أنها تقيس مقاومة بسيطة بين كل الأطراف فيظنون أن المحرك حدث له خطأ قصر Short بين ملفاته ، ولكن الملفات يمكن أن تكون سليمة مع هذه القياسات لأن الملفات موصلة مع بعضها من الداخل بعيدا عن لوحة التوصيل بالشكل رقم (2-36) .



شكل رقم (2-36) توصيل الملفات الى لوحة التوصيل والمصدر

وللتعرف على ما إذا كان المحرك مجهزاً لحمل Fan أو لحمل Constant Torque فإن ذلك يكون أما مكتوباً صراحة على لوحة بيانات المحرك أو يستنتج من قدرة خرج المحرك لكل من السرعتين العالية والمنخفضة حيث تكون النسبة بين قدرة خرج السرعة العالية إلى قدرة خرج السرعة المنخفضة في حدود (1,2) في حالة Constant Torque وفي حدود من (3-4) في حالة Fan ، مع ملاحظة أن أكثر الانواع شيوعا هو الخاص بحمل Constant Torque لأنه يستطيع أيضا أن يشغل حمل Fan ولكن بكفاءة منخفضة.

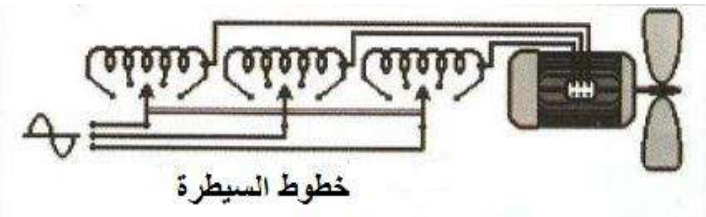
التحكم في سرعة المحرك :

هناك عدة طرق للتحكم بسرعة المحرك وأكثر هذه الطرق انتشارا واستخداما هو :

تغيير الجهد المسلط على المحرك :

لتغيير السرعة عن طريق تغيير الجهد المسلط على المحرك تصبح وسيلة التحكم في السرعة هي التي تقوم بتغيير الجهد ، ويتم ذلك بعدة طرق أهمها :

استخدام ممانعة حثية Inductive Resistance متعددة الاطراف كما في الشكل رقم (2-37) .



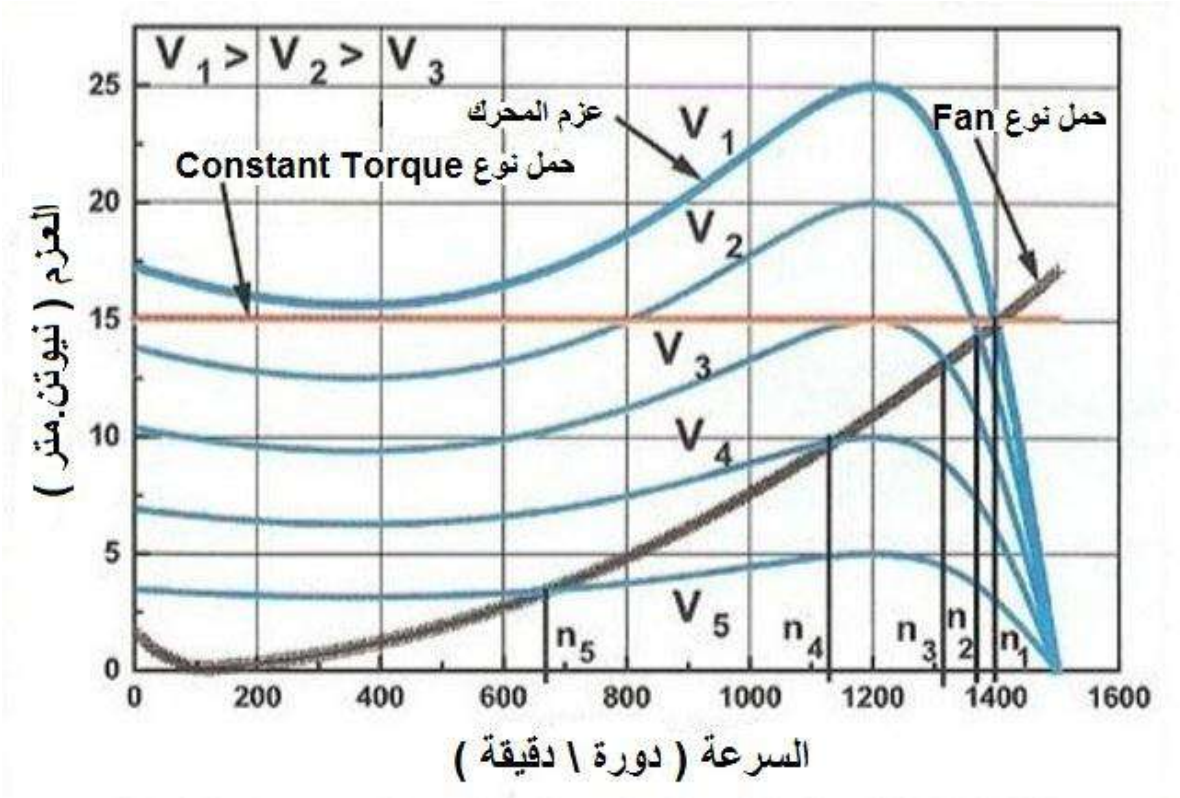
شكل رقم (2-37) تغيير جهد المحرك للتحكم في السرعة

والممانعة الحثية تتكون من ثلاثة ملفات متماثلة كل منها موضوع على قلب يشبه تماماً القلب الحديدي لمحول ثلاثي الأطوار ، أو يوضع كل ملف على قلب حديدي مستقل يشبه القلب الحديدي لمحول ذي طور واحد. وهذه الممانعة أقل تكلفة مما لو استخدم محول لخفض الجهد لنفس الهدف ، وذلك لأن الملف يكون عليه نحو 40% من جهد الطور في حالة الممانعة بينما يكون عليه 100% من جهد الطور في حالة المحول ، وبالتالي تكون عدد لفاته وحجمه ومن ثم حجم النحاس والحديد والتكلفة أعلى في المحول عنها في الممانعة. وإذا استخدمت مقاومات بدلاً من الممانعات فإن القدرة المفقودة في هذه المقاومات تكون كبيرة وتمثل عيباً كبيراً.

ومن الشكل رقم (2-38) تتضح إمكانية خفض الجهد المسلط على المحرك في تغيير السرعة ، حيث يكون عزم المحرك كبيراً عند الجهد المقنن (V1) خلال كل السرعات من الصفر وحتى سرعة التزامن (1500 دورة \ دقيقة) ، بينما تتناقص كل منحنيات العزم كلما انخفض الجهد إلى V2 حتى V5 - حيث يتناسب العزم عند أي سرعة مع مربع الجهد – ونجد أن العزم الأقصى للمحرك Maximum Torque ويبقى عند نفس السرعة (1200 دورة \ دقيقة) عند جميع الجهود لهذا المحرك .

وتتحدد السرعة التي سوف يدور بها الحمل عند أي جهد ، من تقاطع منحنى عزم المحرك ومنحنى عزم الحمل ، فإذا كان الحمل من نوع المراوح أو مضخات الطرد المركزي فإن المنحنى يأخذ شكل Fan Load ، أما اذا كان الحمل ذا عزم ثابت Constant Torque Load (مثل المصاعد والونش والدرفلة) كالمبين بالشكل ، فان هذين النوعين من الأحمال يعملان عند سرعة n1 بقيمة (1400 دورة \ دقيقة) عندما يكون الجهد V1 ، اما اذا انخفض الجهد الى V2 فإن منحنى المحرك يتقاطع مع منحنى Fan عند السرعة n2 ، وباستمرار خفض الجهد حتى V5 تنخفض السرعة حتى n5 كما بالشكل. ويلاحظ أن مدى تغير السرعة مع حمل Fan يكون كبيرا (1400 – 660 دورة \ دقيقة) بينما اذا كان الحمل ثابت العزم فإن السرعة تتغير من 1400 الى أكثر قليلاً من 1200 دورة \ دقيقة عند الجهد V3 ، لأنه اذا انخفض الجهد لأقل من V3 فإن عزم المحرك عند أية سرعة يكون أقل من

عزم الحمل ولايحدث تقاطع بين منحنى الحمل ومنحنى المحرك ، بل إنه مع هذا الحمل الثابت العزم فعند خفض الجهد عن V3 تنخفض سرعة المحرك الى الصفر فوراً ولايستطيع تشغيل الحمل .



شكل رقم (2-38) منحنيات عزوم المحرك بتغير الجهد وعزوم الحمل

ولهذا فإن طريقة خفض الجهد تكون أكثر استخداماً وشيوعاً مع الأحمال من نوع المراوح ومضخات الطرد المركزي ومضخات الأعماق والشفاطات. وهذه النوعية من الأحمال تتغير قدرة الخرج لها بدرجة كبيرة مع أي تغيير بسيط في السرعة ، لأن قدرة الخرج تتناسب مع مكعب السرعة ، لذلك فإن هذا المدى لتغير السرع (رغم أنه صغير) يكون كافياً لإحداث تغير كبير في كمية الهواء أو كمية المياه الخارجة من الماكنة المدارة بواسطة المحرك .

المحركات الحثية أحادية الطور Single Phase Induction Motors

هذه المحركات تتشابه فى المزايا والعيوب مع المحركات الحثية ثلاثية الاطوار ، الا انها أعلى فى شدة التيار وأقل فى معامل القدرة والكفاءة وهى اكثر حاجة للصيانة ، لذلك فهى تستخدم بدلا من المحركات الحثية ثلاثية الاطوار عندما يكون المصدر الوحيد المتاح ذا طور واحد ، اما اذا توفر مصدر ثلاثي الاطوار فالافضل استخدام المحركات الحثية ثلاثية الاطوار.

ولذلك فهذا النوع من المحركات شائع الاستخدام جدا في الاجهزة الكهربائية المنزلية ، ومثال على ذلك المراوح المنزلية ومضخة الماء والمبردة المنزلية .

التحكم بالمحركات الحثية بواسطة جهاز VFD

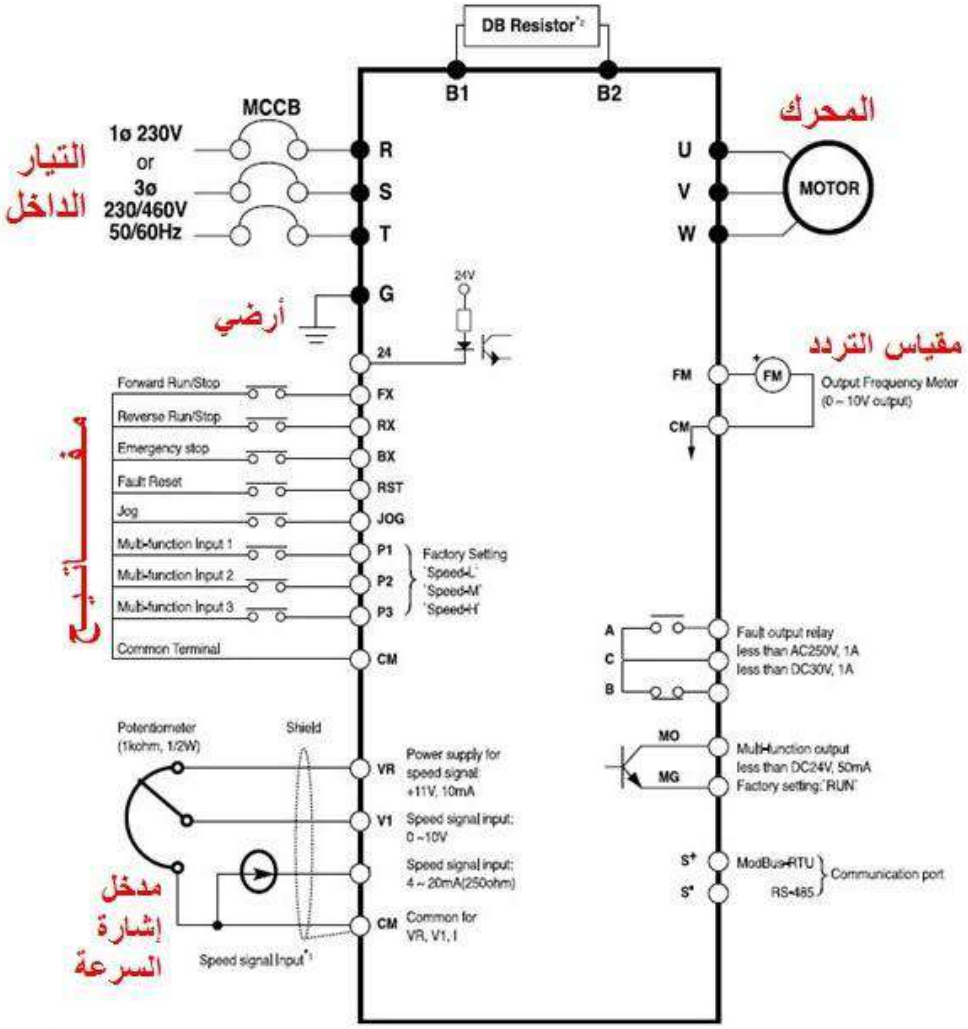
وهو جهاز له القابلية على السيطرة والتحكم بالمحركات الحثية بالتلاعب بقيمة تردد التيار الخارج منه.

ومن مميزاته

1- التحكم بعدد دورات المحرك (السرعة)
2- التحكم بالتعجيل التصاعدي والتعجيل التنازلي أي بدء التشغيل وصولا الى السرع المطلوبة وهبوطاً الى سرعة الواطئة او التوقف
3- له القدرة على أيقاف المحرك والتحكم بالفترة الزمنية للتوقف
4- له القابلية على التعشيق مع المتحكمات الصغرية (Micro vontrol) والمتحكم المنطقي (PLC) الحاسوب الشخصي (PC)
5- بأمكان هذا الجهاز أن يغذي محركا ثلاثي الطور من مصدر ثلاثي أو احادي الطور

يبين الشكل رقم (2-39) الشكل الخارجي لجهاز VFD ، بينما يوضح الشكل رقم (2-40) الدائرة الالكترونية لهذا الجهاز .

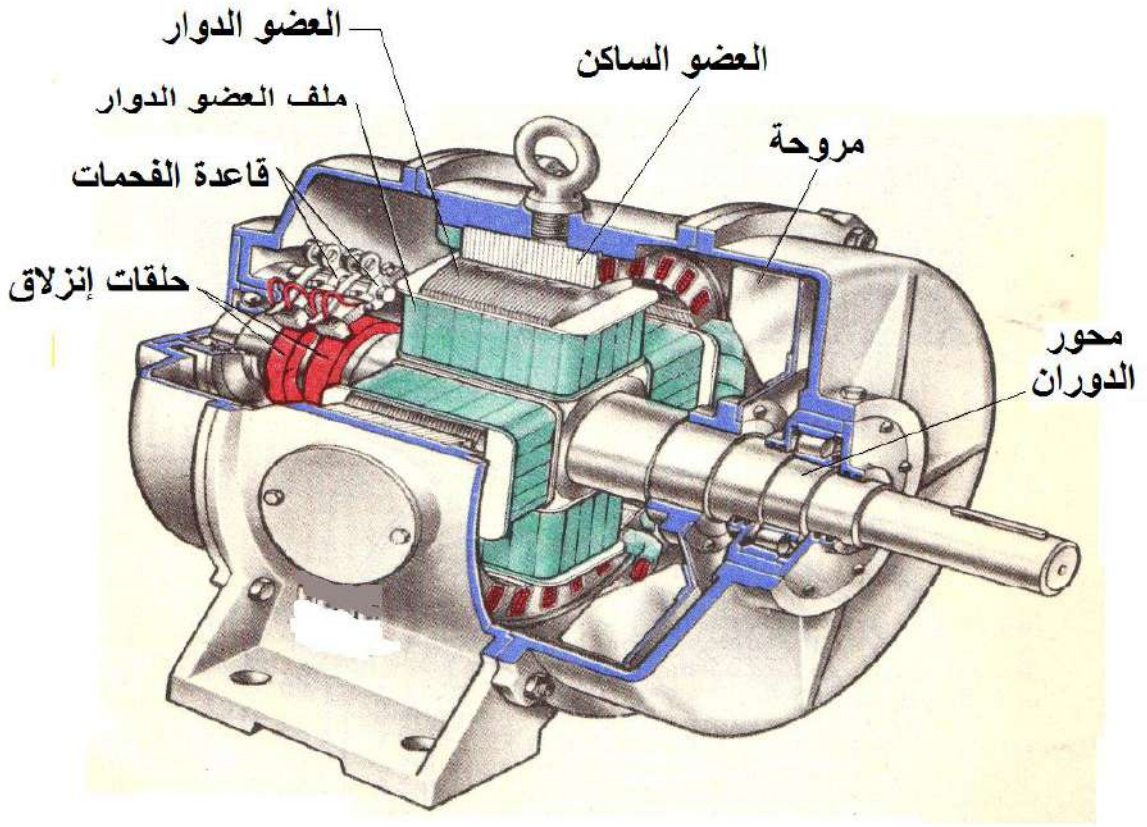
شكل رقم (2-39) الشكل الخارجي لجهاز VFD



شكل رقم (2-40) الدائرة الالكترونية لجهاز VFD

2- المحركات التزامنية Synchronous Motors

يولِّدُ العضو الساكن في المحرك التزامني مجالاً مغنطيسياً دواراً. ولكن العضو الدوار يستقبل التيار مباشرة من مصدر كهربائي خارجي عبر مجموعة من الفرش تعمل متصلة بحلقات انزلاق منفصلة، بدلاً من اعتماده على المجال المغناطيسي الناشئ من العضو الساكن لتوليد تيار كهربائي، ويتحرك العضو الدوار بسرعة ثابتة متزامنة مع المجال الدوار للعضو الساكن. وتتناسب السرعة مع التردد الذي ينعكس به التيار المتناوب الناشئ من العضو الساكن. وحيث إن التردد ثابت دائما فإن المحركات التزامنية، لها سرعة ثابتة حتى في وجود حمل متغير. وتستهلك تلك المحركات أيضاً طاقة أقل، وتعتبر مثالية للساعات والتلسكوبات التي تتطلب توقيتا دقيقاً ودورانًا هادئًا ، أنظر الشكل رقم (2-41).



شكل رقم (2-41) المحرك التزامني

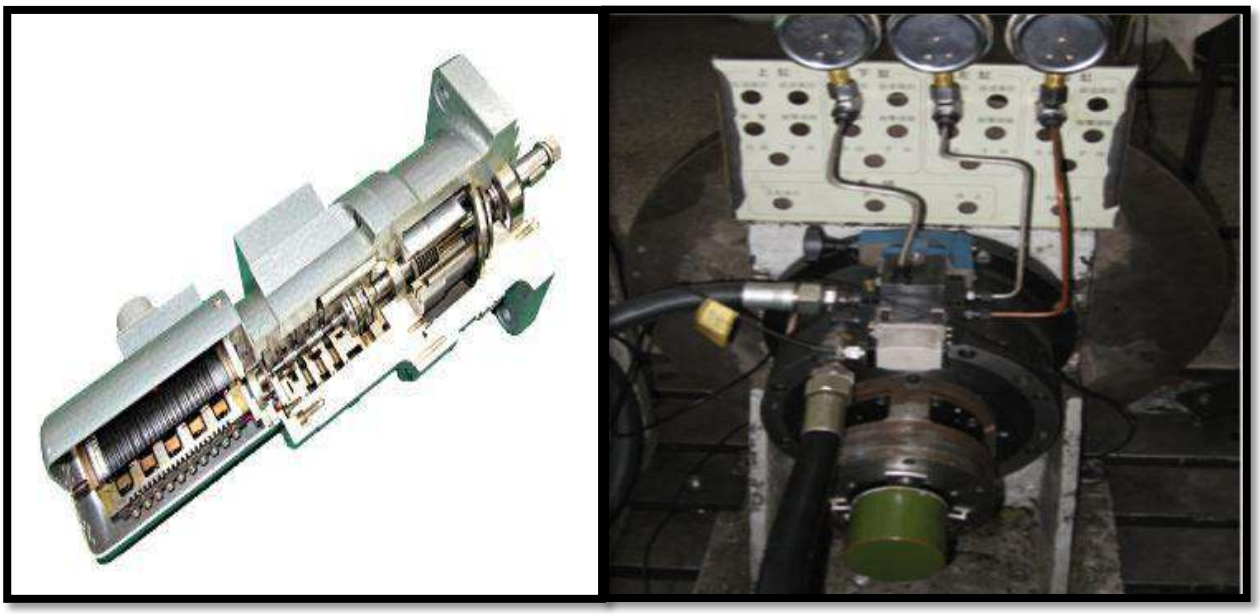
تعتبر المحركات التزامنية من افضل الانواع التى تعطى سرعة ثابتة مهما تغير عزم الحمل، كما انها يمكن ان تعمل بمعامل قدرة يساوى واحدا ويمكن ان تعمل على معامل قدرة متقدم leading ، الا ان عيبها الاساسى هو انها تعطى عزم بدء دوران قليل جدا مقارنة بباقى الانواع والذى لا يزيد على20 % من عزم الحمل الكامل .

ملاحظة : هذا المحرك مشابه جدا لمحرك التيار المستمر الا انه يحتوي على حلقات انزلاق منفصلة ، بينما محرك التيار المستمر يحتوي على مبدلات ذات حلقات مشقوقة .

9-2 المحركات الكهروهيدروليكية Electrohydraulic motor

ان هذه المحركات من اهم الاجزاء الفعالة في المنظومة الكهروهيدروليكية وهو خرج المنظومة حيث تعمل هذه الانوع من المحركات بتحويل وتكبير العزوم والقدرات الداخلة للمنظومة بمعدل خرج ثابت وبدقة عالية وحسب اشارة دخل السيطرة الالكترونية الكهربائية للمنظومة وقد تجدها في الكثير من التطبيقات العملية مثل ادارة وتحكم توجيه المركبات العملاقة وتوجيه السفن والطائرات ومكائن الخراطة والتفريز حيث تتطلب هذه المكائن سرعات ثابته اثناء عمليات التشغيل مهما زادت اوقلت القوى والعزوم المسلطة عليها وللتعرف عليها هنالك نوعان منها :-

- المحركات الكهروهيدروليكية المؤازرة كما في الشكل(2-42)
- المحركات الكهروهيدروليكية الخطوية (التدرجية) كما في الشكل (2-43)



المحرك الكهروهيدروليكي المؤازر
الشكل(2-42)

المحرك الكهروهيدروليكي الخطوي
الشكل (2-43)

1-9-2 المحرك الكهروهيدروليكي الخطوي Elct-Hyd.Stepper Motor

وتعمل هذه المحركات كعمل نظيراتها الكهربائية وتتكون من ثلاث اجزاء رئيسة:

1 - المحرك الكهربائي الخطوي

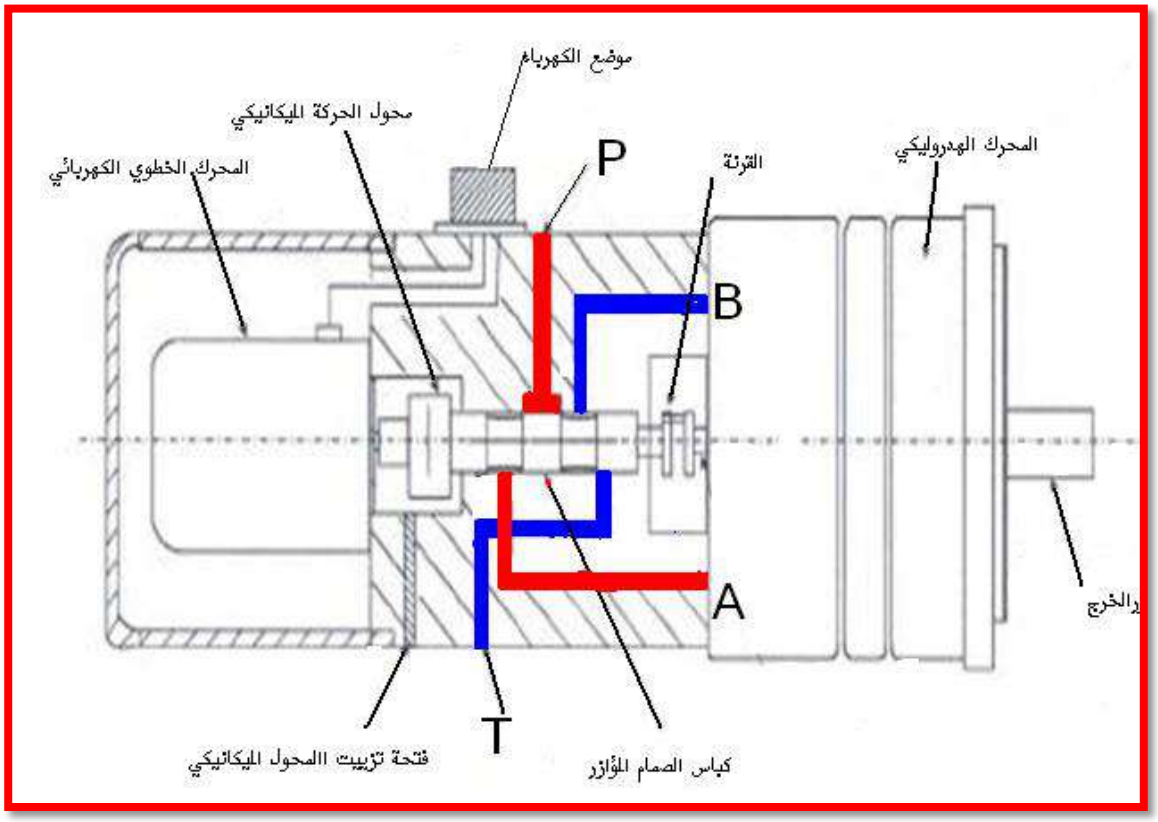
2- الصمام الاتجاهي

3 -محرك هيدروليكي مكبسي محوري

حيث هذه الوحدات تتجمع في مكون واحد وبترتيب محوري واحد بعد الاخر وكما مبين في الشكل (2-44)منتجتا عزم دوران عالٍ وبسرعة زاوية دقيقة العمل مستهلكا القليل من القدرة حيث مبدا عمله كالاتي

اللون الاحمريمثل دخول الزيت

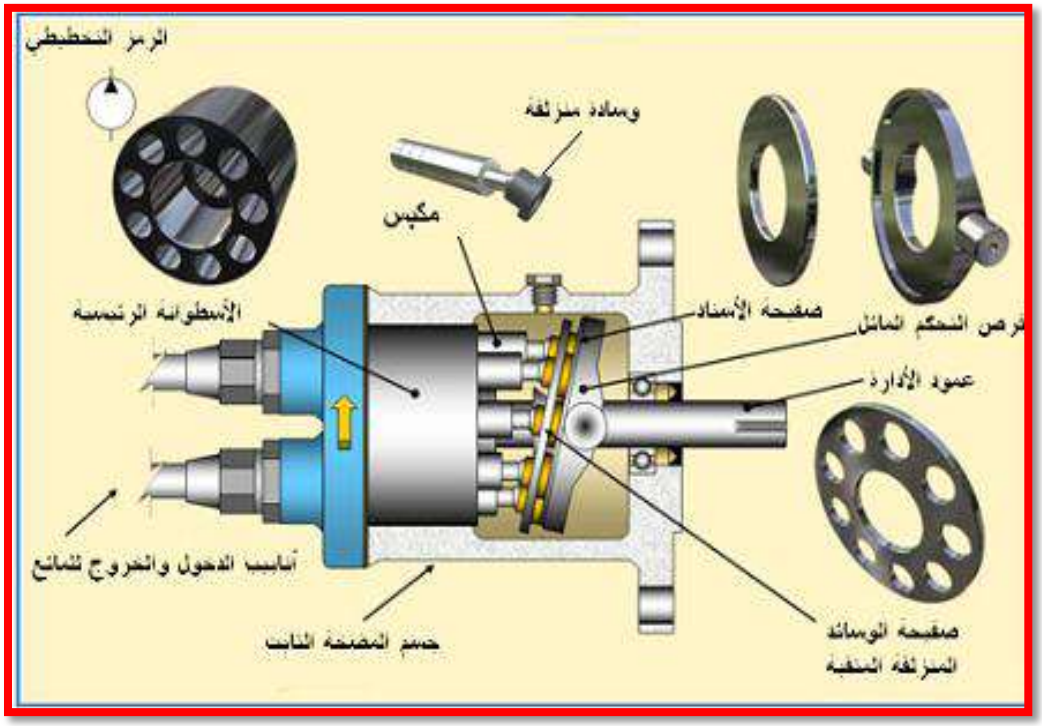
اللون الازرق يمثل خروج الزيت



المحرك الكهروهيدروليكي الخطوية الشكل (2-44)

عند دوران المحرك الكهربائي الخطوي فان كل خطوة (زاوية) يدورها المحرك يحرك كباس صمام المؤازرة من وضع الغلق الى وضع الفتح ثم العودة الى وضع الغلق اي كالتالي (مغلق –مفتوح-مغلق) حيث تتحول الحركة الدورانية الى خطية ترددية بواسطةمحول ميكانيكي ففي نهاية محور المحرك الكهربائي تربط حدبة وجهية نهائية (end-fase cam) وتابعها (gaid) مثبت على كباس الصمام(spool) ولهذا عند دوران محورالمحرك الكهربائي يدفع كباس الصمام الى اليمين ليسمح بمرور السائل من الفتحة p الى المحرك المكبسي عن طريق الفتحة A وفي نفس الوقت يخرج الزيت الراجع من الفتحة B عائدا الى الخزان عن طريق الفتحة T كما في الشكل (2-44) يتم تدويرالمحرك الهيدروليكي عند دخول الزيت المضغوط الى حجرة مكبس المحرك وبدوره يدفع المكبس وفي نهاية

المكبس توجد وسادة تنزلق على القرص المائل وبما ان القرص المائل ثابت لايدور واسطوانة حجرات المكابس تدور وهي مثبتة على محور خرج الدوران فسوف يدور المحرك منتجا طاقة دورانية كما في الشكل (2-45)



المحرك الهيدروليكي المكبسي الشكل (2-45)

2-9-2 المحرك الكهروهيدروليكي Elec-hyd Servo Motors

وهو من اكثر المحركات شيوعا في المجالات الصناعية كمحركات المكائن الانتاجية ومحركات الخطوط الانتاجية ذات الاعمال الثقيلة التي تتطلب سرعات متغيرة وبعزوم وقوى متغيرة وتستخدم ايضا في الحفاظ على معدلات تدفق الطاقة والجريان اما في حياتنا اليومية ففي قيادتنا للمركبات الحديثة فان معظم اجهزة القيادة تعتمد على هذا النوع من المحركات وكذلك اجهزة القيادة للسفن والطائرات العملاقة وتتوفر هذه المحركات بنوعيها الدوراني والخطي

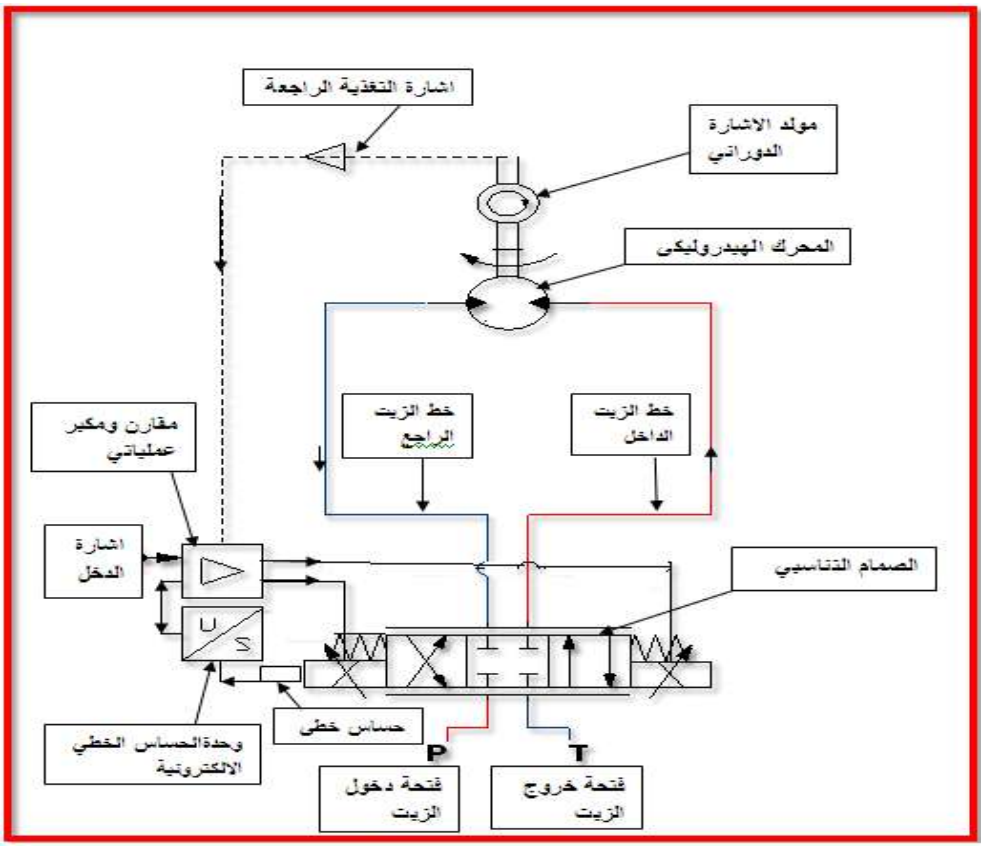
1-2-9-2 المحركات الدورانية

وتجد هذه المحركات تتكون من وحدات منفصلة وهذه الوحدات الرئيسة تشكل مجتمعة منظومة المحركات الكهروهيدروليكية المؤازرة وهي

الصمام التناسبي– المحرك الهيدروليكي – الحساسات ودائرة التحكم الالكترونية

اللون الاحمريمثل دخول الزيت

للون الازرق يمثل خروج الزيت



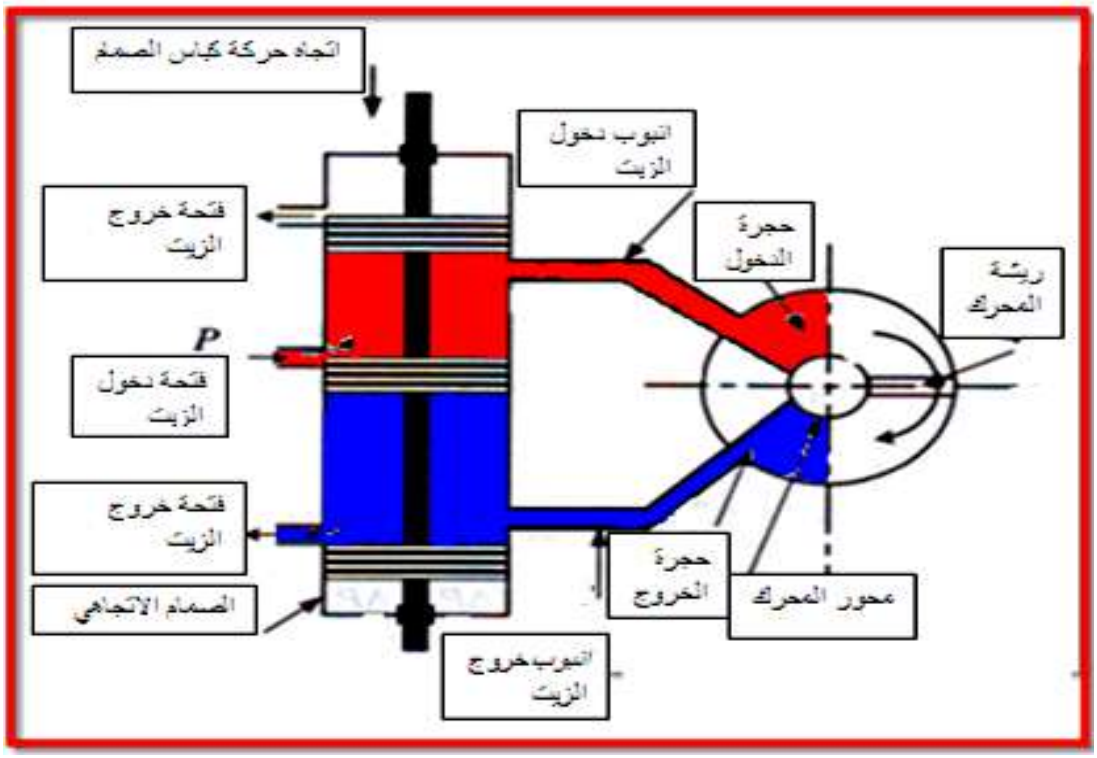
الشكل(2-46) الدائرة الكهروهيدروليكية لمحرك مؤازرة دوراني

عند ادارة المنظومة تدخل اشارة كهربائية الى المقارن و مكبر العمليات وتخرج منه الى الصمام التناسبي لتشغيله وفي نفس الوقت يتحرك الحساس الخطي ويعطي اشارة الى المقارن و مكبر العمليات عبر وحدة الحساس الخطي الالكترونية وعليه تقوم وحدة المقرنة و مكبر العمليات بمقارنة اشارة بدء التشغيل مع اشارة الحساس الخطي لمقارنة الاشارة الكهربائية الداخلة للصمام كما في الشكل(2-46) التي بموجبها يتحرك كباس الصمام كما في الشكل(2-47) .

وبعدها سوف يفتح مجرى الزيت المضغوط الى المحرك الهيدروليكي فيدور وبوجود حساس ومولد الاشارة الدوراني المربوط على المحرك مباشرة يخرج اشارة كهربائية الى المقارن ومكبر العمليات للمقارنة مع اشارة الدخل الكهربائية واشارة الخرج الكهربائية القادمة من مولد الاشارة الدوراني وبهذه العملية يتم الحفاظ على عدد دورات المحرك الهيدروليكي التي تم ضبطها من قبل اشارة الدخل الى المقارن و المكبر العملياتي وعليه مهما تغيرت العزوم والقوى والاحمال ستبقى عدد الدورات الخارجة ثابتة.

اللون الاحمريمثل دخول الزيت

اللون الازرق يمثل خروج الزيت

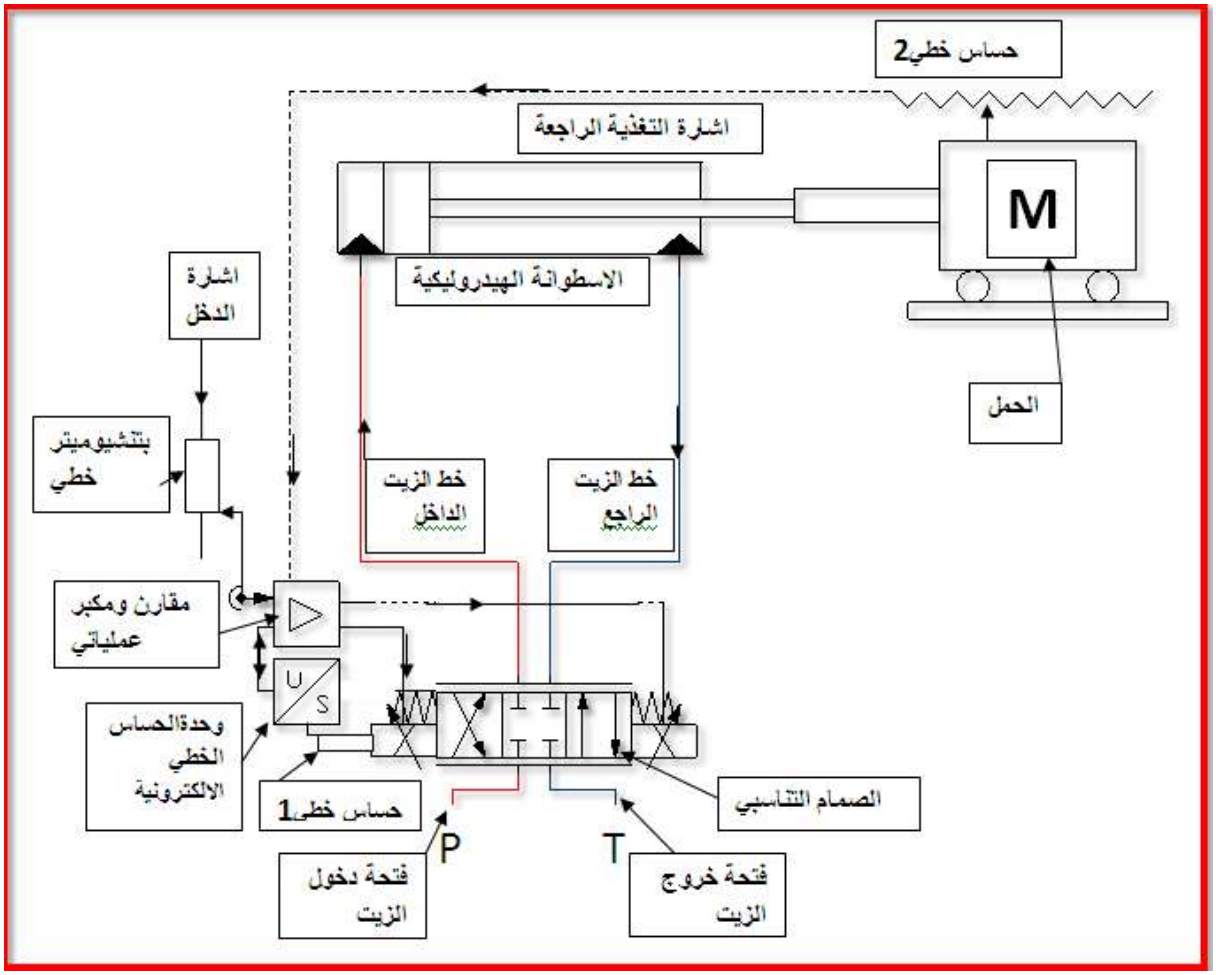


الشكل(2-47) مقطع بسيط للمحرك والصمام

ويبين الشكل (2-47) كيفية دخول الزيت الى المحرك الهيدروليكي عبر الصمام التناسبي وكيفية خروجه من المحرك

2-2-9-2 المحركات الخطية

وتمتاز هذه المحركات بخرجها الخطي ولاتختلف منظومتها عن منظومة المحرك الدوراني الا بوجود اسطوانة هيدروليكية بدل المحرك الهيدروليكي وحساس خطي مثبت على خرج الاسطوانة بدل الاحساس الدوراني كما في الشكل (2-48).



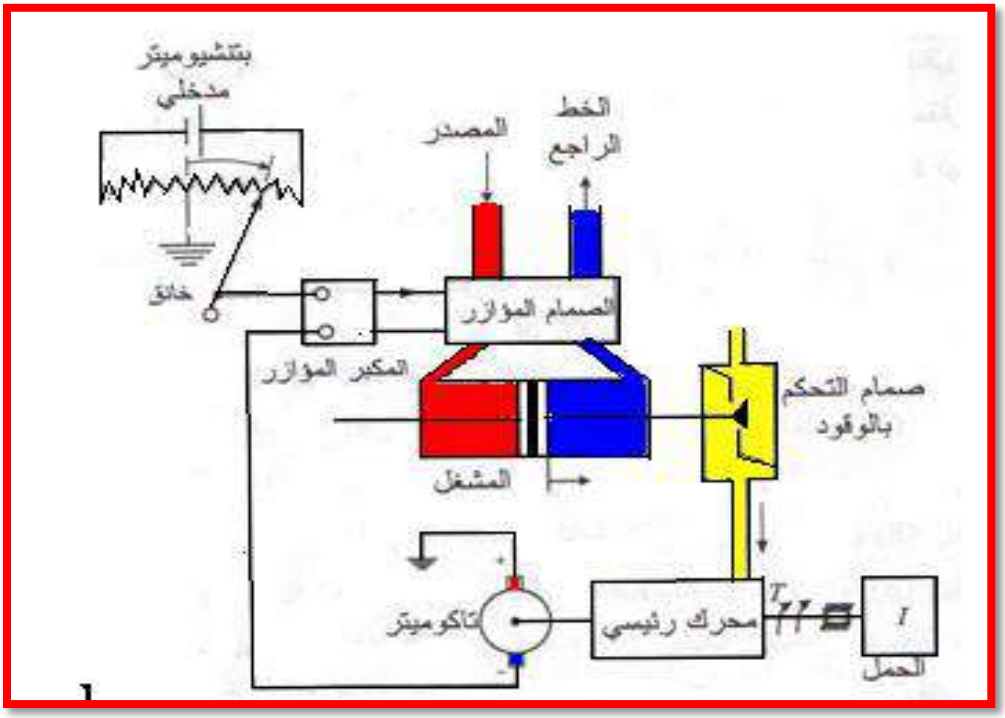
الشكل(2-48) الدائرة الكهروهيدروليكية لمحرك مؤازرة خطي

عند دخول الاشارة الكهربائية من البوتنشيوميتر الى المقارن و مكبر العمليات وتخرج منه الى الصمام التناسبي لتشغيله وفي نفس الوقت يتحرك الحساس الخطي1 ويعطي اشارة الى المقارن و مكبر العمليات عبر وحدة الحساس الخطي الالكترونية تقوم وحدة المقارن و مكبر العمليات بمقارنة اشارة بدء التشغيل مع اشارة الحساس الخطي لمقارنة الاشارة الكهربائية الداخلة للصمام كما في الشكل(2-48) التي بموجبها يتحرك كباس صمام المؤازر عندئذ سيفتح الصمام المؤازر مجرى الزيت للاسطوانة فتتحرك الاسطوانة دافعةً الحمل الى الامام ونظراً لوجود حساس خطي2 للحركة فسوف يخرج اشارة كهربائية الى المقارن ومكبر العمليات لتتم المقارنة بين حركة الحمل الخطية وفتحة الصمام المؤازر لمرور كمية الزيت المطلوبة للحركة كما في الشكل (2-48).

ومن الامثلة على هذا النوع من المحركات منظومة التحكم في عدد دورات محرك ديزل كما موضح في الشكل (2-49).

اللون الاحمريمثل دخول الزيت

اللون الازرق يمثل خروج الزيت

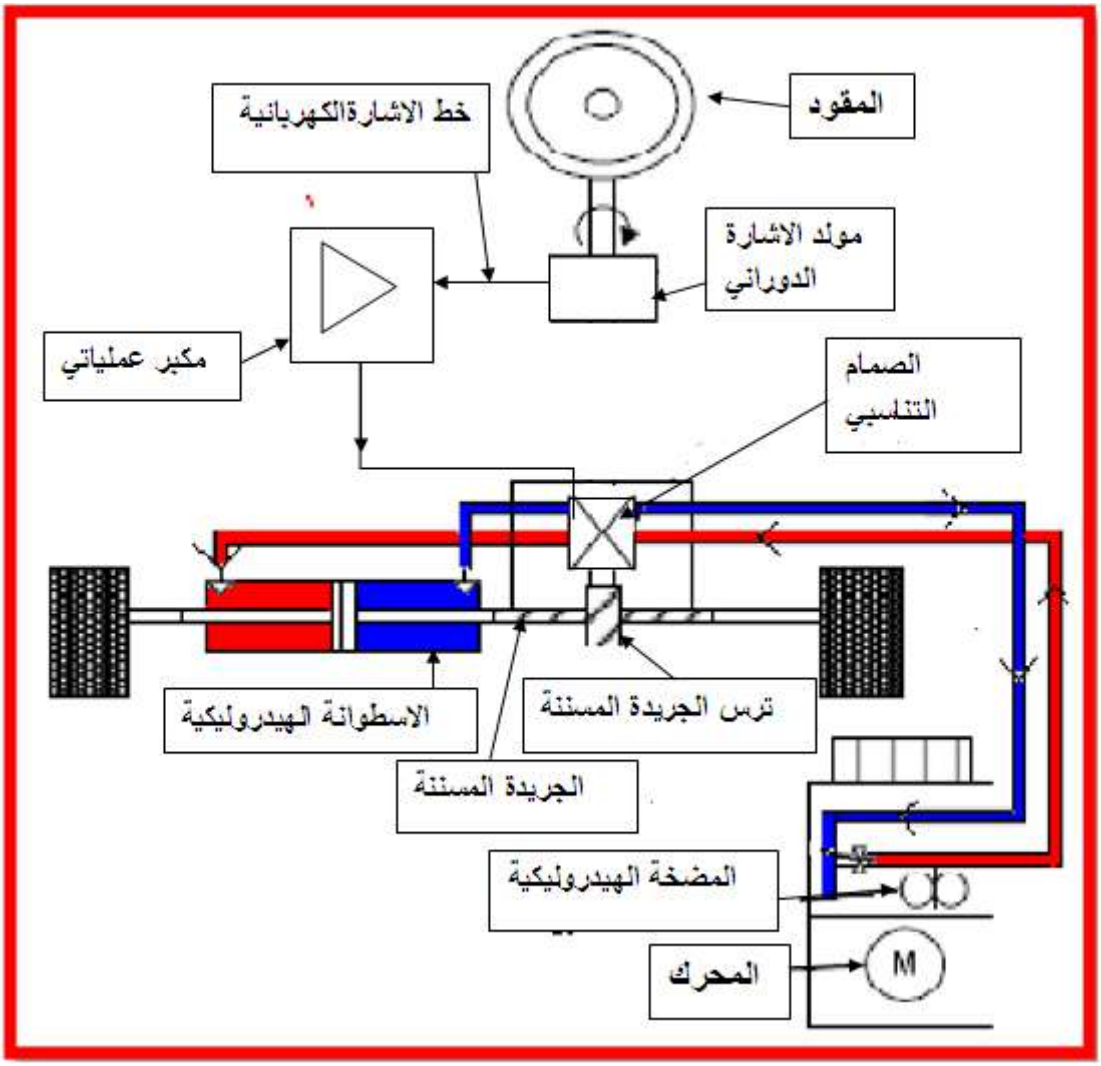


الشكل(2-49) منضومة تحكم كهروهيدروليكية لمحرك ديزل

وهذا مثال اخر لمحرك مؤازر خطي وهو محرك قيادة عجلات المركبات الثقيلة عند ادارة المقود سيولد حساس مولد الاشارة نبضات كهربائيةعبرة خط الاشارةالكهربائية تذهب الى وحدة المقارنة وتكبير العملياتي ومنها الى الصمام التناسبي الدوراني ليفتح مجرى الزيت ومنه الى الاسطوانة الهيدروليكية فتدير العجلات وتتحرك الجريدة المسننة وتديرة معها الترس المتصل مباشرة مع الصمام التناسبي الدوراني ليغلق الصمام ويمنع استمرارية تدفق الزيت مما يؤدي الى استمرارية الدوران ومن ثم تعطل المنظومة كما موضح في الشكل(2-50).

اللون الاحمريمثل دخول الزيت

اللون الازرق يمثل خروج الزيت



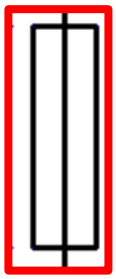
الشكل(2-50) منضومة قيادة المركبات الثقيلة

10-2 اجهزة الحماية

من اهم الامور التي يجب التطرق اليها عند بناء أي لوحة سيطرة كهربائية اومنظومة سيطرة يجب وضع أجهزة للحماية من المخاطر التي قد تنجم عن أنقطاع التيار الكهربائي او أنقطاع احد الاطوار الثلاثية او تغير تسلسل الاطوار الثلاثية او زيادة الحمل المقرر ، ومن أهم هذه الاجهزة هي.

1 القاطع الحراري Fuse

- القاطع الحراري فيوز(Fuse) وهو عنصر حماية يربط في بداية دائرة القدرة قبل المفتاح الرئيس ولها قيم لأمكانية أمرار أكبر للتيار اذا تعدت هذه القيمة يحترق وتفصل التيار الكهربائي عن باقي منظومة القدرة ويرمز له كما في الشكل (2-51)



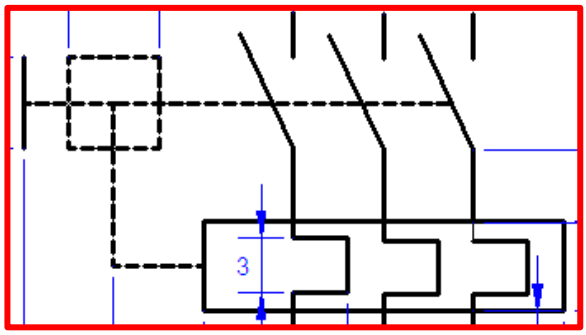
الشكل(2-51)

ويكون كما في الشكل (2-52)

الشكل (2-52)

2 القاطع الميكانيكي الحراري (Over Load)

وهو جهاز يربط بعد المفتاح الرئيسي (Switch circuit breaker) يقوم بفصل التيار الكهربائي عن المشغلات في دوائر القدرة اذا تعدى تيار منظومة القدرة تيار القاطع بسبب أرتفاع درجات الحرارةوهو جهاز يربط بعد المفتاح الرئيسي (Switch circuit breaker) يقوم بفصل التيار الكهربائي عن المشغلات في دوائر القدرة اذا تعدى تيار منظومة القدرة تيار القاطع بسبب أرتفاع درجات الحرارة ويرمز له كما في الشكل (2-53).



الشكل (2-53).

ويكون كما في الشكل (2-54)

الشكل (2-54)

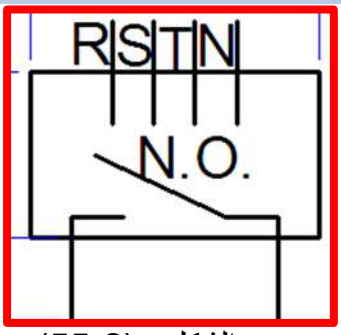
3-10-2 فيز فلر (Phase failure)ا

وهو جهاز يستخدمللتحسس بأرتفاع او أنخفاض

الفولتية او أنقطاع أحد الاطوار الثلاث

يقوم بقطع التيار الكهربائي عن المنظومة

ويرمز له كما في الشكل (2-55).



الشكل (2-55).

ويكون كما في الشكل (2-56).

.

الشكل (2-56).

أسئلة الفصل الثاني

س1/ نستخدم المنظومات الكهروهيدروليكية لعدة اسباب ، ما هي هذه الاسباب ؟

س2/ تتكون المنظومات الهيدروليكية الكهربائية من عدة اجزاء ، ما هي هذه الاجزاء وما هي طريقة عمل المنظم ؟

س3/ وضح طريقة عمل صمام المضخة .

س4/ يصنف المشغل الخطي إلى عدة أنواع ، ما هي هذه الأنواع وماذا يستفاد من المشغل ؟

س5/ اشرح طريقة عمل الصمامات الكهروهيدروليكية وما هي أنواعها ؟

س6/ عرف المحرك الكهربائي وما هي المبادئ الرئيسة التي يعتمد عليها تشغيل المحرك الكهربائي؟

س7/ ما هي اجزاء المحرك الكهربائي؟ وضحها بالرسم.

س8/ عدد أنواع المحركات الكهربائية، واشرح باختصار كل منها.

س9/ ما هي أنواع محرك الممانعة المغناطيسيةالمتغيرة متكرر الاجزاء؟

س10/ وضح بمخطط الدائرة الإلكترونية المستخدمة لتشغيل المحرك الخطوي مبينا تفاصيلها.

س11/ ما فرق محركات التيار المتناوب عن محركات التيار المستمر؟

س12/ عدد أنواع محركات التيار المتناوب واشرحها باختصار.

س13/ كيف يمكن التحكم بسرعات المحركات ذات التيار المستمر وذات التيار المتناوب؟

س14/ ما هو جهاز VFD؟ وضحه بالتفصيل.

س15/ عدد أنواع المحركات الكهروهيدروليكية واشرح باختصار كل منها.

س16/ ارسم مخططا لدائرة كهروهيدروليكية لمحرك مؤازرة خطي واشرح عملها.

س17/ ما هي أجهزة الحماية المستخدمة في لوحة سيطرة كهربائية اومنظومة سيطرة ؟

الفصل الثالث

التحكم المنطقي المبرمج

الاوامر المتقدمة للبرمجة

Programmable Logic controller

Programming Advance Instructions

الأهداف

يهدف هذا الفصل الى استكمال التعرف على انظمة التحكم الرقمية من حيث دوال برمجتها والتطبيقات المتقدمة لها. كما يتناول ايضا طرقا متقدمة للتعامل مع هذه الانظمة في المجالات العملية.

الأهداف الخاصة:

نتوقع أن يكون الطالب قادراً على أن:

1. يتعرف على اوامر العمليات المنطقية
2. يتعامل مع اوامر النقل
3. يفهم دور اوامر التحكم في البرمجة
4. يتعامل مع اوامر التزحيف والتدوير
5. يدرك انواع المؤقتات
6. يفهم عمل و برمجة المؤقتات
7. يتعرف على العدادات و انواعها
8. يفهم عمل وبرمجة العدادات
9.

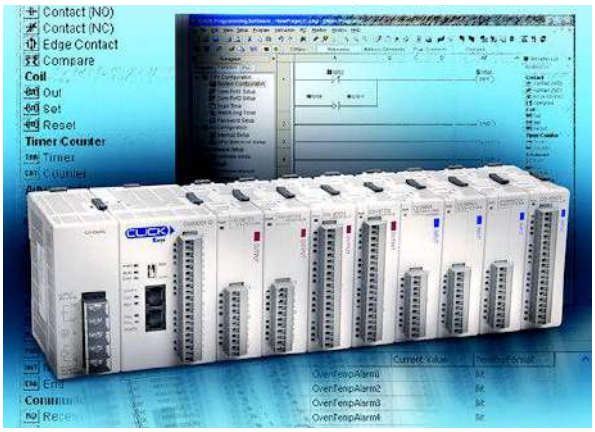
محتويات

الفصل الثالث

تعلم المواضيع

الاوامر المتقدمة لبرمجة المتحكم المنطقي

- اوامر العمليات المنطقية
- اوامر النقل
- اوامر التحكم في البرمجة
- اوامر التزحيف والتدوير
- الموقتات
- أنواع الموقتات
- عمل و برمجة الموقتات
- العدادات
- أنواع العدادات
- عمل وبرمجة العدادات



1.3 مقدمة

الاوامر البرمجية لنظام التحكم المنطقي تأخذ ثلاث صيغ تم التعرف عليها في المرحلة السابقة وهذه الصيغ هي البرمجة بالمخطط السلمي Ladder Diagram LAD والبرمجة بالصندوق الوظيفي Function Block Diagram FBD والبرمجة بقائمة الاجراءات Statement List STL.
تستعمل البرمجة السلمية في اغلب الاحيان لسهولة التعامل معها وتتضمن داخل الاوامر السلمية رموز EN لتفعيل الادخال و ENO لتفعيل الاخراج ويمكن ربط اي نوع من انواع الذاكرة المختلفة بها مثل (I, Q, V, M, SM, T).

2.3 اوامر النقل Move Instructions

اولا: الامر نقل بايت Move Byte

يستعمل لنقل محتويات بايت معين Byte الى بايت اخر وياخذ الرمز MOV_B.

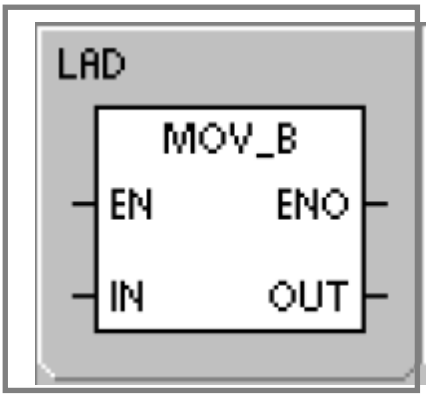
EN : يستعمل لتفعيل امر النقل

ENO : يستعمل لتفعيل الاوامر التي تلي امر النقل وياخذ حالة Logic 1 عند تنفيذ امر النقل وحالة Logic 0 في حالة عدم تنفيذ امر النقل.

IN: يمثل الادخال input ويوصل الى البايت الذي يراد نقل المعلومات منه .

OUT: يمثل الاخراج Output ويوصل الى البايت الذي يراد نقل المعلومات اليه.

والشكل (3-1) يوضح رمز أمر النقل

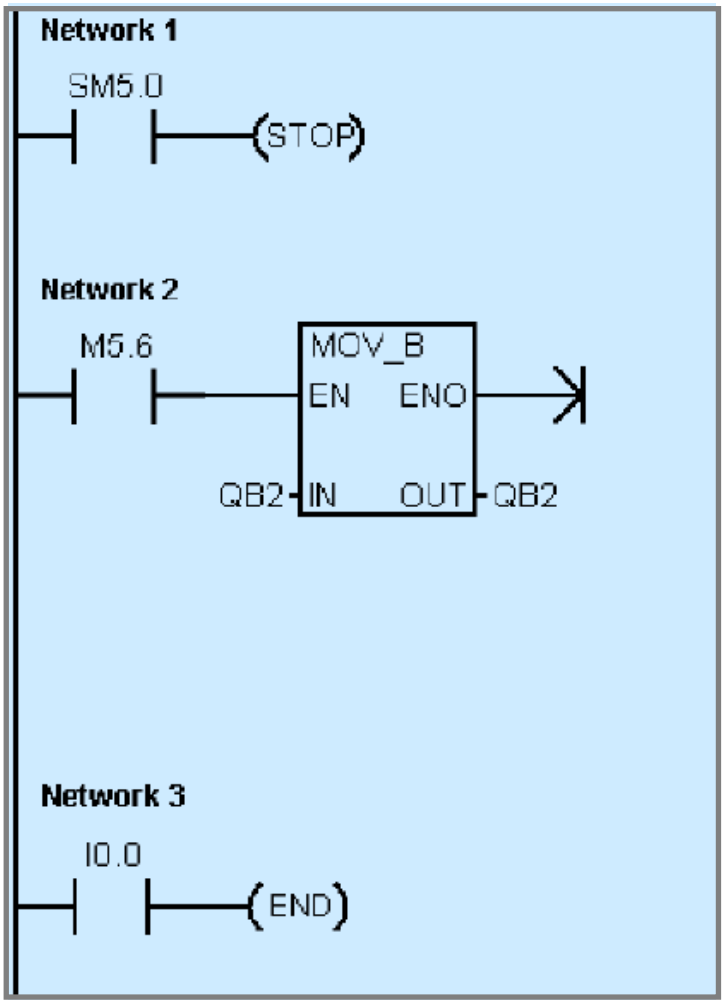


الشكل (3-1) رمز أمر النقل

3.3 اوامر التحكم في البرمجة Program Control Instructions

1. الامر END يستعمل لايقاف البرنامج وانهاء دورة عمل المتحكم Scan Cycle ويمكن استعمالها بشكل شرطي.
2. الامر Stop يستعمل الامر Stop لايقاف تنفيذ البرنامج وهو مشابه لتغيير مفتاح التشغيل والايقاف RUN و STOP الموجود على سطح المتحكم المنطقي المبرمج. يعمل الامر Stop على مقاطعة عمل البرنامج ويلغي دور جميع المقاطعات الاخرى. ان هذا الامر يوقف تنفيذ البرنامج ولا يلغي المهام الاخرى في دورة العمل مثل فحص البرنامج الى ان تكمل دورة العمل الحالية.

والشكل (3-2) برنامج يوضح مثال لامر STOP وأمرEND



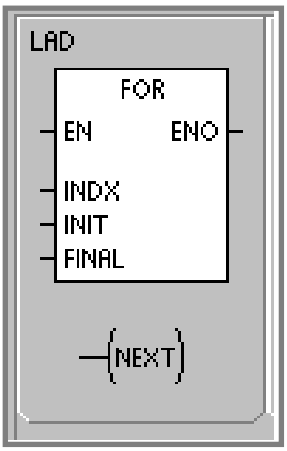
الشكل (3-2) برنامج امر End و Stop

3. امر التكرار For--Next Loop Instructions

يستعمل الأمر For مع Next لتكوين حلقة تكرار لعدد محدد من المرات، تتنفذ الاوامر الموضوعة بين الامر For و Next ،تثبت مع قيمة البدء (INIT) و تثبت قيمة الحد الاعلى للتكرار (INDX) وتحدد قيمة التغير مع كل دورة (INDX) .

عند تفعيل الامر For و Next فانه يستمر في تنفيذ الحلقة التكرارية الى ان ينتهي عدد المحاولات التكرارية، وعند تفعيل هذا الأمر مرة اخرى تعاد قيم البدء والتغير الى حالتها الاولى (Reset) .

والشكل (3-3) يوضح امر التكرار For و Next في المخطط السلمي

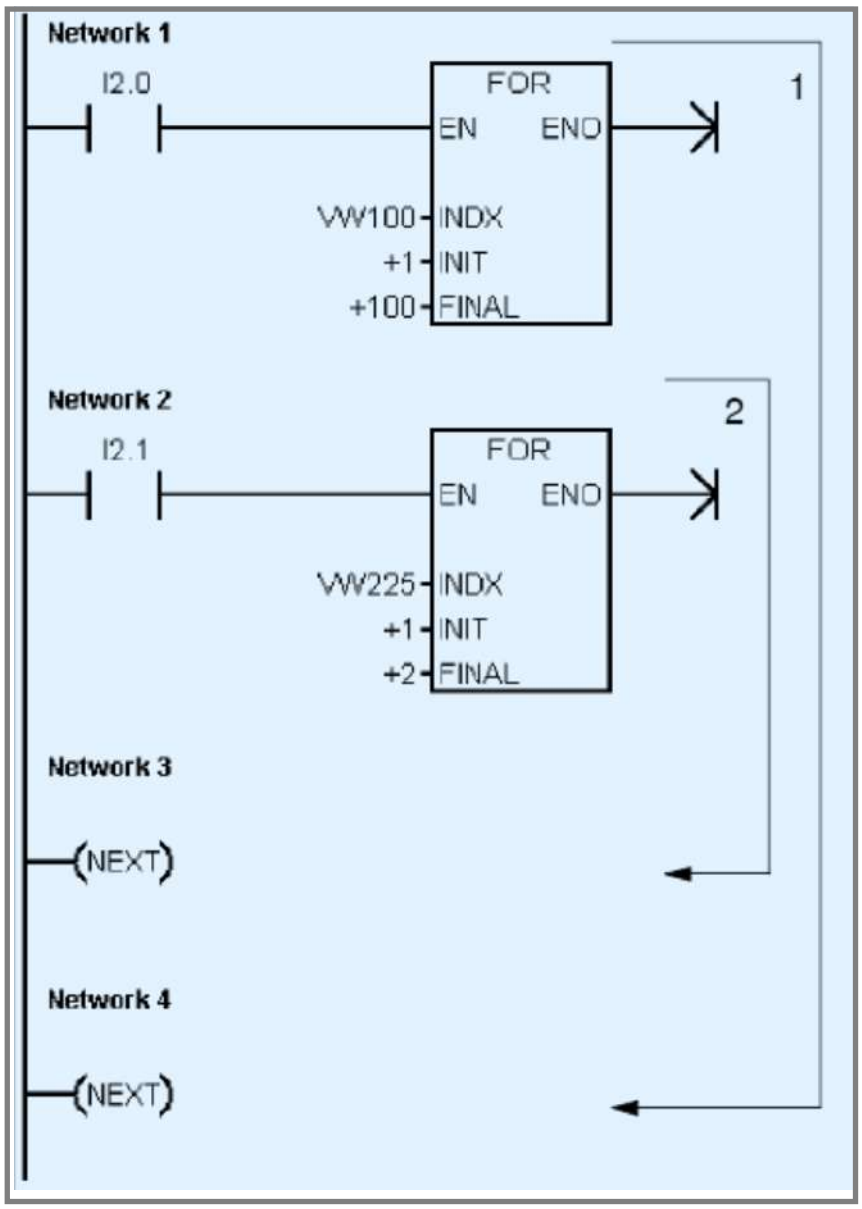


الشكل (3-3) امر التكرار For و Next في المخطط السلمي

مثلا : اذا كانت قيمة INIT = 1 وقيمة FINAL =10 وهنالك اوامر بين For و Next فانها تتنفذ عشر مرات و القيمة هي متغيرة INDX = 1,2,3, ... 10 .

ملاحظة : اذا كانت قيمة البدء INIT اعلى من النهاية FINAL فان الحلقة التكرارية لا تتنفذ

والشكل (3-4) يوضح برنامجا للحلقات التكرارية، في هذا البرنامج عند غلق المفتاح I2.0 تتنفذ الحلقة التركرارية رقم 1 وفيها تتكر الحلقة 100 مرة والاوامر التي في داخل هذة الحلقة وهي شبكة 2 (network2) تتنفذ 100مرة ايضا . في الشبكة 2 توجد حلقة تكرارية رقم 2 تعمل عند غلق مفتاح I2.1 تتكر 2 مرة . في الشبكة 3 امر الاعادة next للحلقة التكرارية رقم 2 وفي الشبكة 4 امر الاعادة للحلقة التكرارية رقم 1 .

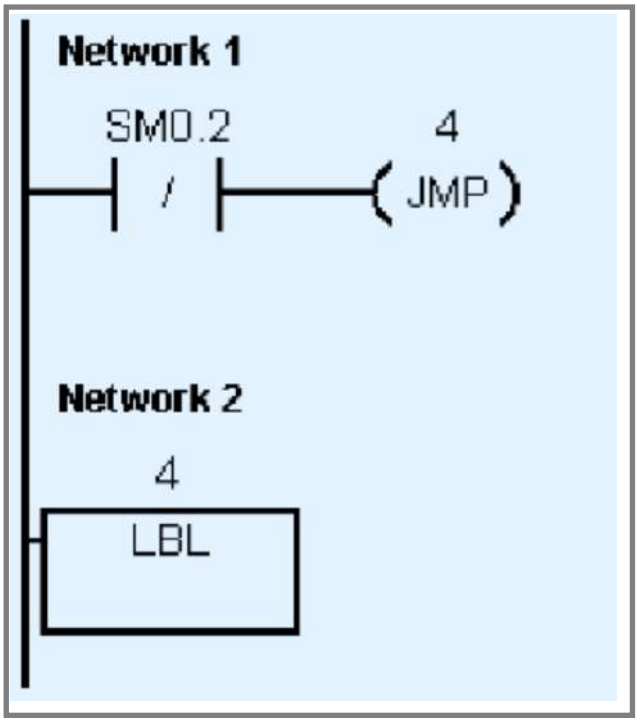


الشكل (3-4) برنامج للحلقات التكرارية

4. أمر القفز Jump Instructions

يستعمل امر القفز JMP للأنتقال الى موقع معين في البرنامج يحمل عنوان Label بصيغة رقم (N) ضمن البرنامج، وعندها فان الامر العنوان LBL سوف يكون موقع الأنتقال (N).

يمكن استعمال الامر JMP ضمن البرنامج الرئيس او البرنامج الفرعي او برنامج المقاطعة. لكن لايمكن الانتقال JMP من البرنامج الرئيس الى عنوان موجود في داخل البرنامج الفرعي. والشكل (3-5) يوضح برنامجا لأمر القفز.



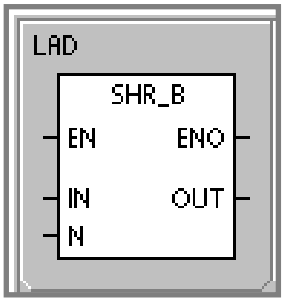
الشكل (3-5) برنامج لامر القفز

4.3 اوامر التزحيف والتدوير Shift and Rotate Instructions

كل من التزحيف والتدوير هوعملية دفع بت إلى اليسار أو إلى اليمين في البايت أو Word لكن يختلف التدوير عن التزحيف في أن الأول يحتل فيه البت المدور أولاً مكان البت المدور أخيراً بينما يستبدل البت المزحف أخيراً بالمنطق 0 في التزحيف.

يستعمل امر التزحيف أوامر التدوير في تطبقات كثيرة لتحريك قيمة رقمية داخل متغير بمقدار معين N الى جهة اليمين أو اليسار ونقل الناتج الى متغير في الاخراج OUT . يمكن تزحيف او تدوير داخل بايت Byte الذي يرمز له B أو Word الذي يرمز له W .

كما في الشكل (3-6) الذي يمثل امر التزحيف لجهة اليمين ® Right لبايت (B) Byte .



الشكل (3-6) أمر تزحيف الى اليمين لبايت

SHR_B: يمثل التزحيف بايت لجهة اليمين.

EN: ادخال يقوم بتفعيل امر تزحيف والتدوير اذا كان الادخال Logic 1 .

IN: يتصل بالادخال B او W الذي يراد تزحيف وتدوير قيمته الرقمية.

N: مقدار التزحيف (كم Bit يزحف الى اليمين).

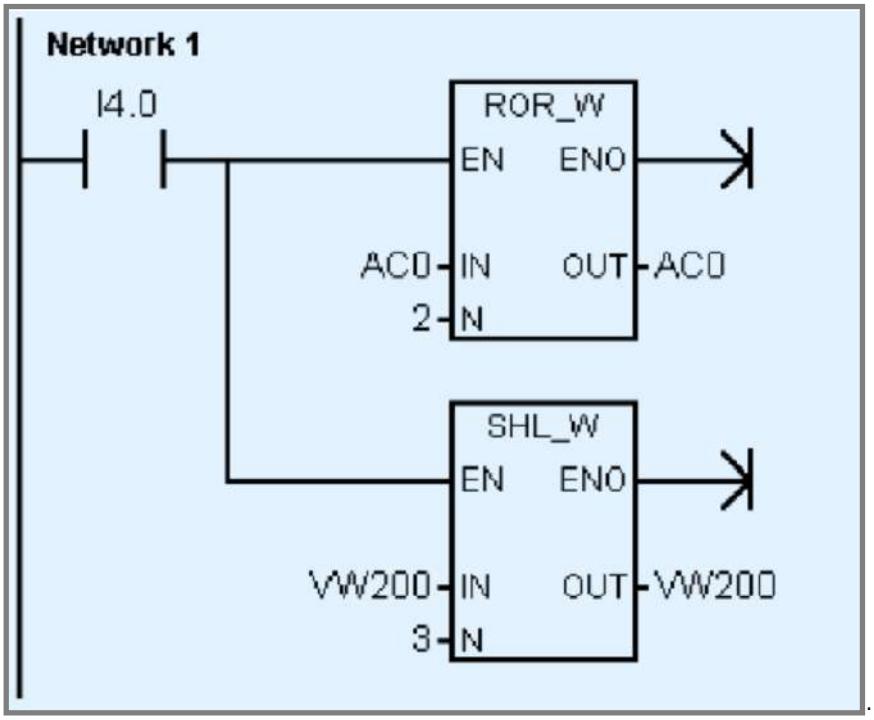
ENO: أخراج يستعمل لتفعيل امر اخر اذا ما تم تنفيد امر التزحيف والتدوير بنجاح.

OUT: يتصل بالاخراج B او W الذي يراد خزن ناتج العملية فيه.

ملاحظة:

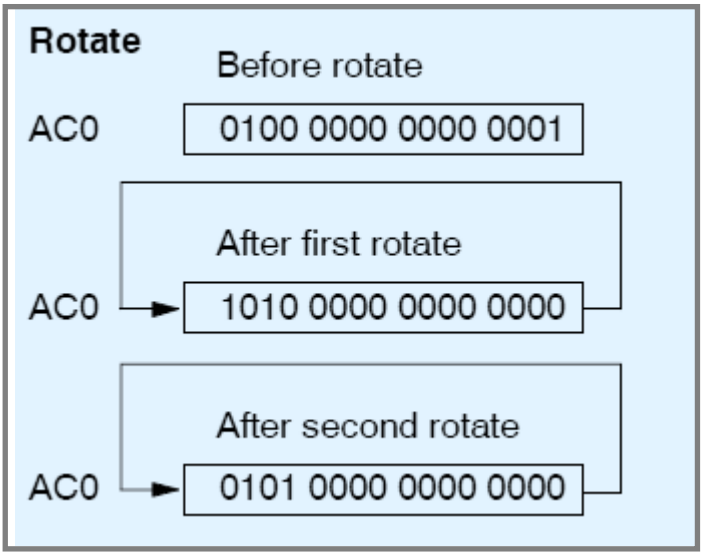
عند تنفيذ امر التزحيف يضع هذا الامر مكان الـ Bit المتحرك صفرا.

والشكل (3-7) مثال لأمر تدوير وامر تزحيف.



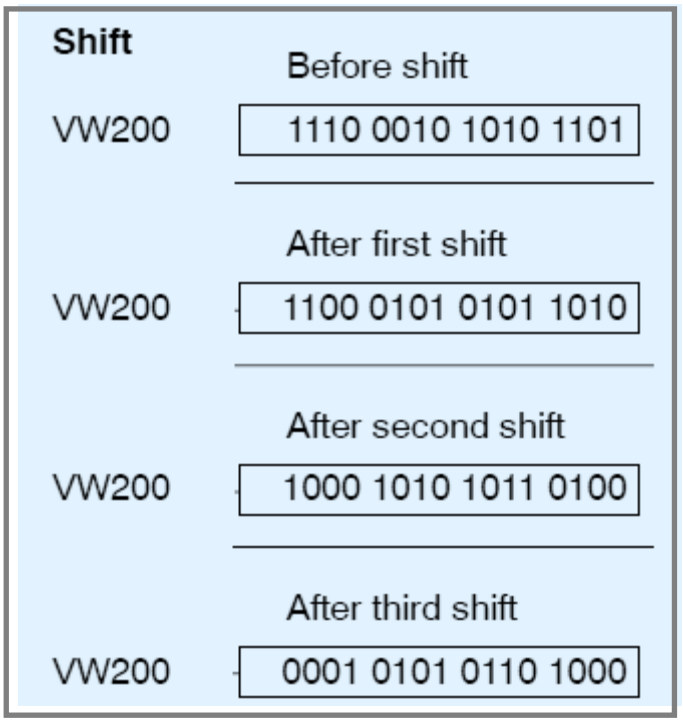
الشكل (3-7) أمر تدوير وامر تزحيف

والشكل (3-8) مخطط لعملية التدوير



الشكل (3-8) مخطط عملية التدوير

والشكل (3-9) مخطط عملية التزحيف

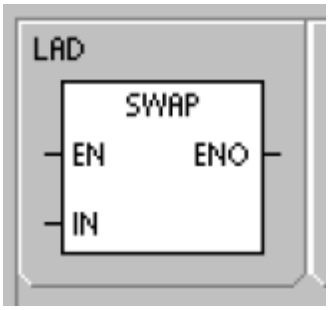


الشكل (3-9) مخطط عملية التزحيف لليسار

5.3 أمر الابدال Swap Bytes Instruction

عند استعمال امر ابدال لـ Word W فيحدث ابدال البايت الصغر منه بالبايت الاكبر منه.

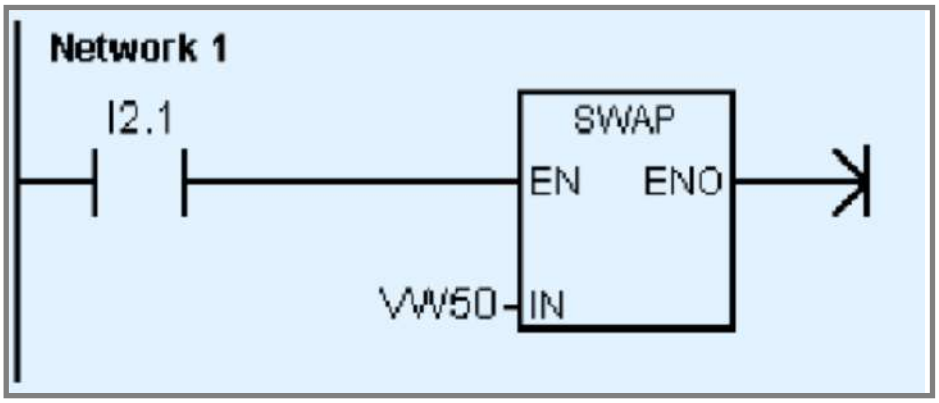
والشكل (3-10) يمثل رمز الابدال



الشكل (3-10) رمز الابدال

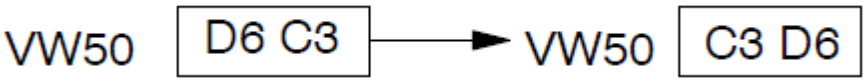
IN: يمثل الادخال وهو الـ W الذي يراد اجراء ابدال له.

والشكل (3-11) مثال لامر الابدال Swap



الشكل (3-11) مثال لأمر الابدال Swap

عند تنفيذ الامر السابق يحدث الاتي



6.3 المؤقتات Timers

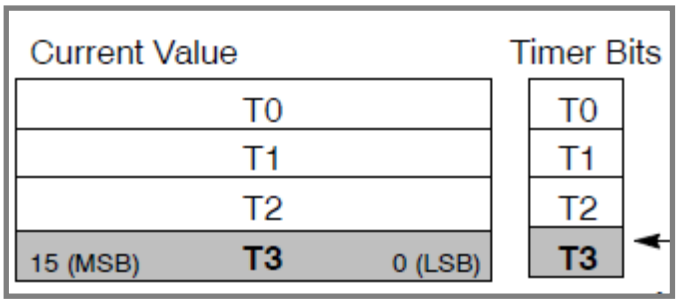
تعد المؤقتات من الدوال المهمة في البرمجة للمتحكم المنطقي PLC فقد تستعمل لحساب المدة الزمنية لانجاز مهمة معينة داخل العمليات الصناعية مثل حساب مدة نقل منتج على سرفة نقل والسيطرة على الاشارات المرورية وغيرها من العمليات.

يستعمل المتحكم مؤقتات تستطيع العد تصاعديا اعتمادا على وقت اساس الزيادة Time base increments وقد يكون هذا اما 1 ms او 10 ms او100 وهنالك متغيران اثنان متعلقان بالمؤقت يستعملان لخزن معلومات الموقت وهما :

1. القيمة الانية Current Value وهي القيمة الحالية التي قام المؤقت بعدها وتخزن في ذاكرة الموقت وتأخذ شكل عدد صحيح بطول 16 Bit .
2. بت المؤقت Timer Bit وهو موقع خزن يكون اما 1 او 0 ويكون 1 عندما يصل العد في المؤقت الى القيمة المطلوب الوصل لها . وللوصول الى مؤقت معين تستعمل الصيغة الاتية :

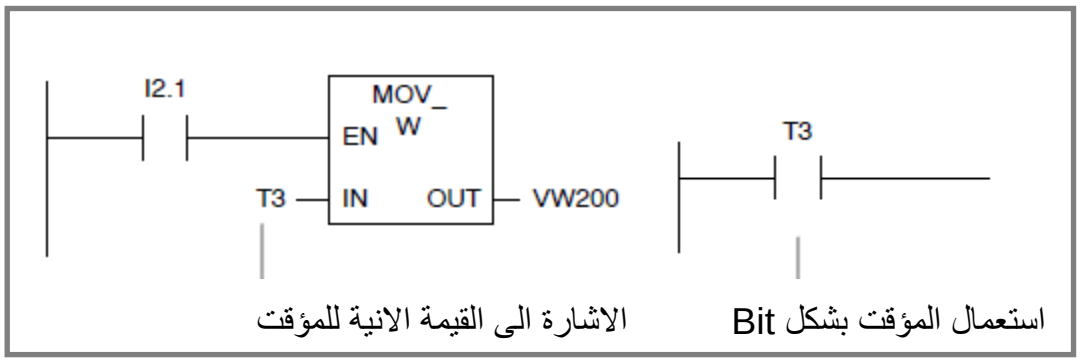
(T + timer number)

والشكل (3-12) يوضح القيمة الانية وبت الموقت



الشكل (3-12) القيمة الانية وبت الموقت

يمكن التعبير عن الموقت بشكل مفتاح تلامس مفتوح (Bit Access) ويمكن التعبير عن الموقت للوصول الى القيمة الانية للموقت كما في الشكل (3-13).



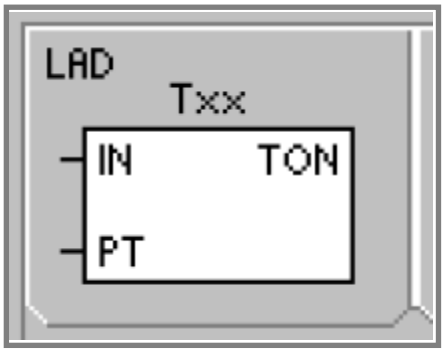
الشكل (3-13) التعبير عن بت الموقت والقيمة الانية

7.3 أنواع الموقتات Timers Types

1. موقت تاخير التشغيل On-Delay Timer

يرمز لموقت تاخير التشغيل (TON) وهذا الموقت يبدأ بالعد عند تفعيله. رقم الموقت Txx (T0 to T255) يحدد نوع التغير في الموقت.

الشكل (3-14) يوضح رمز مؤقت تأخير التشغيل



الشكل (3-14) رمز مؤقت تأخير التشغيل

PT: تعني Preset Time عدد مرات تكرار العد داخل المؤقت نسبة الى دقة المؤقت للوصول الى وقت التشغيل.

مثال:

مؤقت دقته 10ms وقيمة PT=5 فهذا يعني ان المؤقت يتحول الى حالة On بعد مرور (5x10ms = 50ms) من وقت تشغيله.

الحالة الابتدائية لموقت الـ TON هي 0 (low) عند تفعيل المؤقت وتبقى الى ان يصل عد المؤقت الى قيمة PT .

2. مؤقت تأخير الاطفاء **Off-Delay Timer**

مؤقت تأخير الاطفاء يرمز له TOF يستعمل لتأخير الاطفاء على الاخراج لفترة معينة وهو مشابه لمؤقت تأخير التشغيل من ناحية الرمز في المخطط السلمي و الدقة.

يتأخر اطفاء الاخراج في المؤقت عند تفعيله ويبقى على هذا الحال الى ان يصل قيمة العد في المؤقت الى PT . وهذا يعني انه عند تفعيل مؤقت تاخر الاطفاء فان الاخراج للموقت يتحول الى 1 High

ملاحظة :

1- يستعمل مؤقت TON لفترة انتقال واحدة، اذا لم يتم تصفيره وتشغيله من جديد.

2- يستعمل مؤقت TOF لتوسيع فترة التشغيل للاخراج بعد تفعيل المؤقت. مثال تشغيل مروحة تبريد الجهاز لفترة معينة بعد اطفاء الجهاز.

يحدد أولا رقم الموقت ومن ثم دقة المؤقت Resolution الى (Time Base) توجد ثلاث درجات من الدقة وهي 1ms و 10ms و 100ms وكما ياتي:

نوع المؤقت	الدقة	اعلى قيم يسجلها	رقم المؤقت

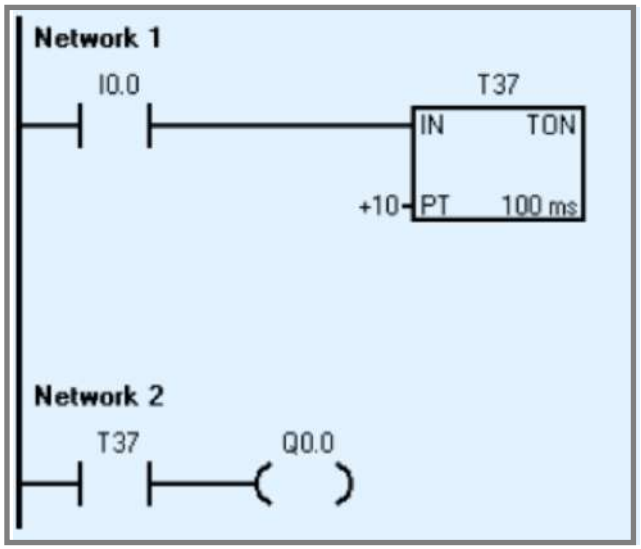
Timer Type	Resolution	Maximum Value	Timer Number
TON, TOF	1 ms	32.767 s (0.546 min.)	T32, T96
	10 ms	327.67 s (5.46 min.)	T33 to T36, T97 to T100
	100 ms	3276.7 s (54.6 min.)	T37 to T63, T101 to T255

1.7.3 عمل و برمجة المؤقتات

المؤقت الذي يحمل الدقة 1m يقوم بتحديث القيمة الانية له مع كل دورة من دورات العمل، وبت Bit المؤقت تتحدث القيم الانية له مع بداية دورة العمل ويبقى ثابت القيم خلال مدة دورة العمل الى ان تنتهي الدورة.

والشكل (3-15) يوضح برنامجا بسيطا لمؤقت TON بأستعمال المخطط السلمي.

البرنامج هو مؤقت تأخير لتشغيل الاخراج لمدة ثانية واحدة، ويتكون البرنامج من مؤقت رقمه T37 ويحوي على الدقة 100ms ومثبت له PT=10 ، اما مفتاح التلامس I0.0 يستعمل لتشغيل المؤقت، وتخرج حالة المؤقت بربط بت المؤقت على ملف Q0.0 .

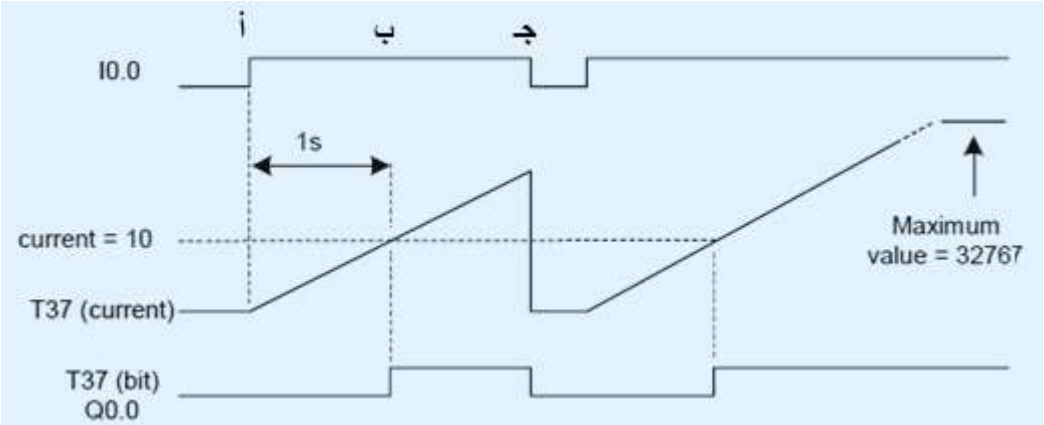


الشكل (3-15) برنامج بسيط لمؤقت TON بأستعمال المخطط السلمي

لتوضيح عمل المؤقت في البرنامج السابق نلاحظ الشكل (3-16) عند الموقع (أ) يعمل مفتاح التلامس I0.0=1 ويشغل المؤقت T37 الذي يبدأ بالعد وتكون الاخراج Q0.0 =0 .

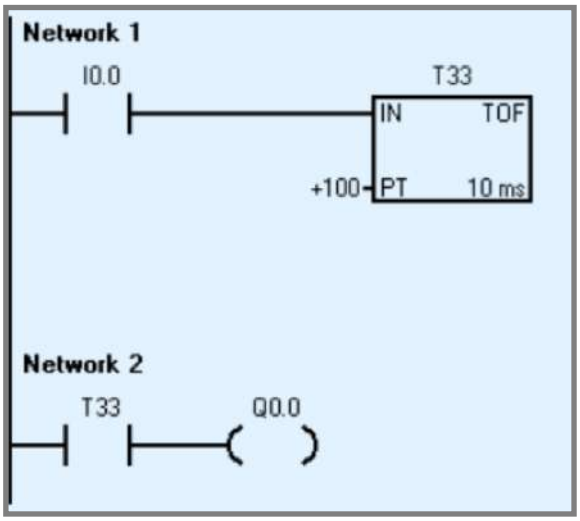
عند الموقع (ب) يتحول بت المؤقت (T37 bit) الى (On =logic 1) لانه وصل العد في المؤقت الى القيمة Preset والتي هي 10 مرات من دقة المؤقت 100ms ، وهنا الاخراج Q0.0 هو يكون On ايضا.

يستمر الاخراج في المؤقت T37 bit بحالة On الى ان يتحول الادخال (I0.0 = 0) وعندها يكون اخراج للمؤقت (T37 = 0) ايضا.



الشكل (3-16) توضيح عمل المؤقت TON

اما المؤقت من نوع TOF فالشكل (3-17) يوضح برنامج مؤقتTOF ورقمه T33 الذي يحوي دقة 10ms و Preset =100 .

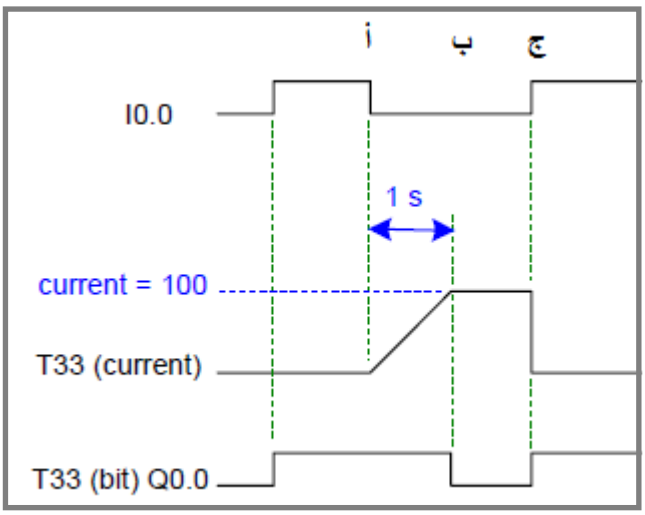


الشكل (3-17) برنامج مؤقت TOF

في المؤقت نوع TOF يتأخر اخراج بت المؤقت T33 bit الى حالة logic=0 الى ان يكتمل عد المؤقت بقيمة تساوي 100مرة من دقة المؤقت (10ms) والشكل (3-18) يوضح عمل مؤقت TOF.

قبل الموقع (أ) يكون مفتاح التلامس logic=1 ويحول هذا اخراج المؤقت الى حالة T33(bit)=1 وفي الموقع (أ) يتحول مفتاح التلامس الى (Logic=0) وعندها يبدأ المؤقت بالعد. في الموقع (ب) يصل العد في المؤقت الى قيمة 100 مرة من دقة المؤقت ويتحول بت المؤقت الى T33(bit)=0 ويكون Q0.0=0 ايضا. ويستمر على هذا الحال الى الموقع (ج).

في الموقع (ج) يكون مفتاح التلامس I0.0 في حالة Logic=1 وعندها يتحول بت الموقت الى T33(bit)=1 ويبقى على هذه الحالة الى ان يفتح مفتاح التلامس مرة اخرى ليبدء الموقت العد من جديد.



الشكل (3-18) عمل المؤقت TOF

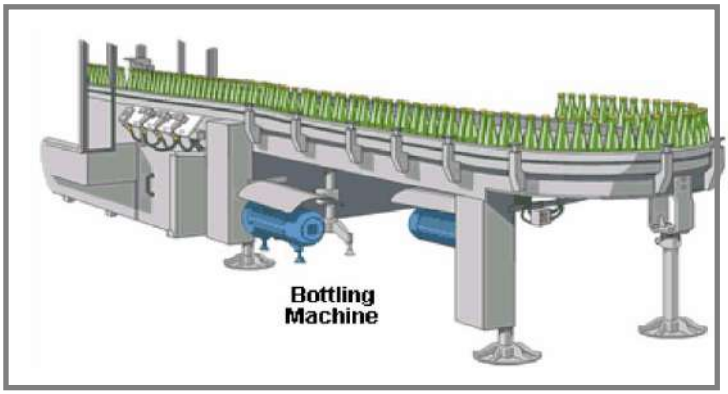
8.3 العدادات Counters

استعملت سابقا عدادات ميكانيكية واخرى كهربائية للسيطرة والتحكم بالمكائن وبعد ظهور اجهزة التحكم المنطقي المبرمج PLC بدأت تلبي جميع وظائف العدادات السابقة وللعدادات تطبيقات متعددة ولكن جميع العدادات تشترك في الاتي:

1- تنفيذ امر معين بعدما يصل العد لقيمة محددة في ال PLC.

2- استمرار تنفيذ امر معين خلال مدة محددة يعدها الPLC.

في خطوط الانتاج وعمليات التعبئة والعد تستعمل عدادات المتحكم المنطقي المبرمج بشكل رئيس. كما في الشكل (3-19)

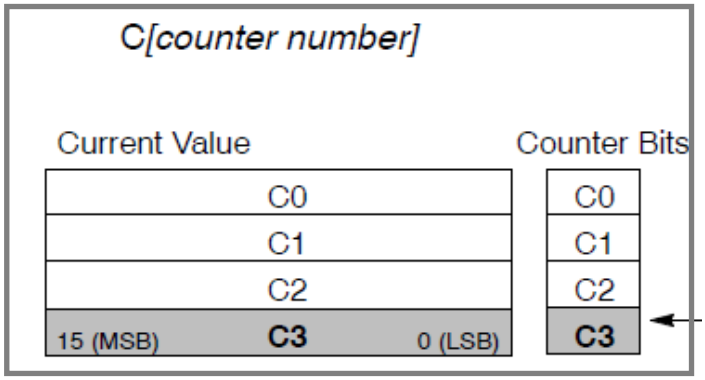


الشكل (3-19) استعمال العدادات في مكائن التعبئة

هنالك متغيران اثنان متعلقان بالعداد يستعملان لخزن معلومات العداد وهما :

1. القيمة الحالية Current Value وهي موقع ذاكرة يخزن بها قيمة العدد وتكون بشكل عدد صحيح بطول 16 Bit .

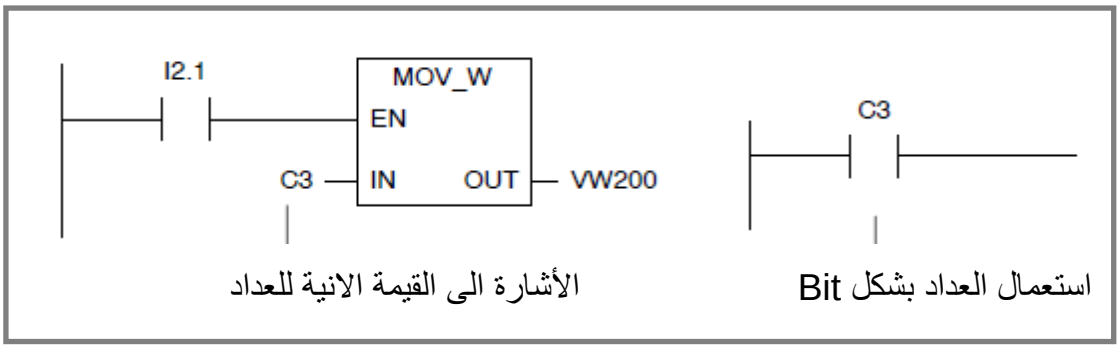
2. بت العداد Count Bit وهو موقع ذاكرة ياخذ حالة 1 او 0 تكون القيمة 1 عند وصول العد الى اقصى قيمة للعداد. والشكل (3-20) يوضح بت العداد و القيمة الانية.



الشكل (3-20) بت العداد والقيمة الانية

ويشار الى العداد باستعمال الصيغة الاتية (C + count number) .

يمكن التعبير عن العداد بشكل مفتاح تلامس مفتوح (Bit Access) ويمكن التعبير عن العداد للوصول الى القيمة الانية للعداد. كما في الشكل (3-21)



الشكل (3-21) تمثيل العداد في المخطط السلمي

9.3 أنواع العدادات Counters Types

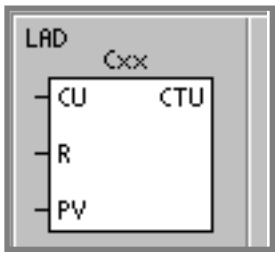
توجد ثلاثة انواع من العدادات تختلف عن بعضها حسب طريقة العد وهي:

1. عداد يعد تصاعديا Count Up
2. عداد يعد تنازليا Count Down
3. عداد يعد تصاعديا وتنازليا معا Count Up and Down

1. عداد يعد تصاعدي Count Up Counter

يرمز له (CTU) يعد تصاعديا من القيمة الانية مع كل انتقاله من off الى on تحصل على الادخال (CU). تتحول بت العداد Counter bit الى Logic=1 عند وصول القيمة الانية للعد Current Value اكبر او يساوي قيمة Preset Value (PV) . فعندما نحدد اعلى قيمة تصاعدية للعداد مثلا PV=5 عندما يعد العداد خمس مرات يتحول بت العداد الى حالة Counter Bit =on .

العداد يعاود التشغيل من البدء اذا كانت Reset (R) =on ، والعداد يتوقف عن العمل اذا وصل العدد الى اعلى قيمة Maximum Value. والشكل (3-22) يوضح رمز العداد .



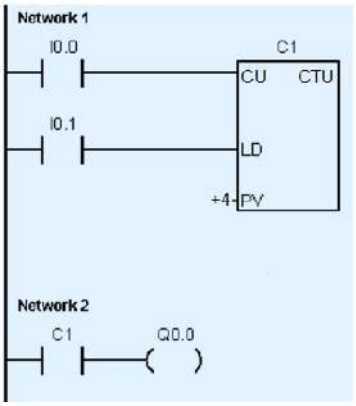
الشكل (3-22) رمز العداد في المخطط السلمي

CU: ادخال يستعمل لتفعيل العد للتصاعد الى درجة واحدة مع كل انتقالة من Off الى On.

R : ادخال يستعمل لاعادة العداد الى البدء.

PV: ادخال يستعمل لتحديد القيمة التي عندها بت العداد يتحول الى On.

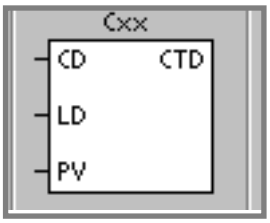
مثال: عداد C1 يعد تصاعديا من الصفر الى 4. مرتبط مفتاح تلامس I0.0 بتفعيل العد CU ومرتبط بمفتاح تلامس I0.1 بأعادة تحميل القيمة الابتدائية للعد PV والتي تساوي 0، مرتبط بت العداد C1 بملف الاخراج Q0.0. كما موضح في الشكل (3-23)



الشكل (3-23) عداد تصاعدي لاربعة ارقام

2. عداد يعد تنازليا Count Down Counter

يرمز له (CTD) يعد تنازليا ويغير حالة القيمة الانية Current Value للعداد مع كل انتقاله من Off الى On تحدث على الادخال CD، عندما يصل العد التنازلي للعداد الى الصفر يتحول بت العداد Counter bit الى Logic =1 ، يعود العداد الى قيمة PV عندما يكون LD =On . فعند تحديد قيمة تنازلية لبدء العد مثلا PV=3 فعند عد لثلاث مرات وصول العداد التنازلي الى 0 يتحول Counter bit=1 .العداد التنازلي يتوفق عند الصفر وعندها بت العداد يكون On. الشكل (3-24) يوضح رمز العداد التنازلي.



الشكل (3-23) العداد التنازلي

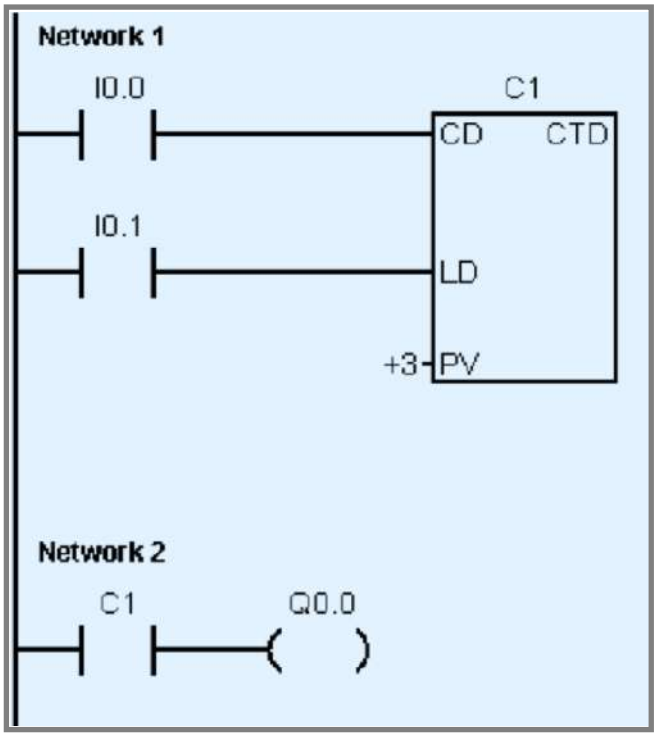
CD: ادخال يستعمل لتفعيل العد التنازلي الى درجة واحدة مع كل انتقاله من Off الى On.

LD : ادخال يستعمل لاعادة العداد التنازلي الى البدء.

PV: ادخال يستعمل لتحديد القيمة التي يبدأ العداد بها.

مثال :

عداد C1 يعد تنازليا من 3 الى الصفر. مرتبط مفتاح تلامس I0.0 بتفعيل العد CD ومرتبط بمفتاح تلامس I0.1 بأعادة تحميل القيمة الابتدائية للعد PV والتي تساوي 3، مرتبط بت العداد C1 بملف الاخراج Q0.0. كما موضح في الشكل (3-24)

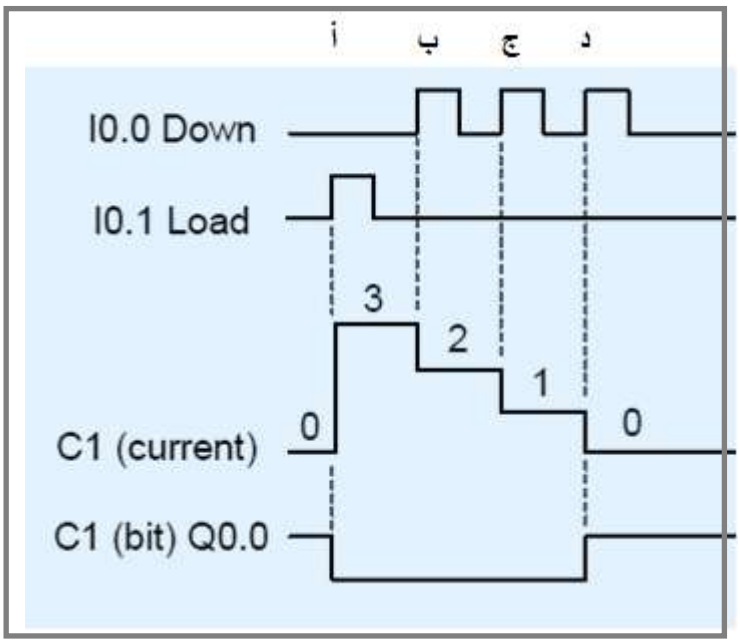


الشكل (3-24) عداد تنازلي لثلاثة ارقام

طريقة عمل العداد هي: ينتقل مفتاح التلامس I0.1 الى الوضع On ويؤدي الى رفع قيمة 3 الى العداد التنازلي كما موضح في الشكل (3-25) الموقع (أ) ، وتكون قيمة بت العداد Off.

عند الموقع (ب) تتولد نبضة من مفتح التلامس يؤدي الانتقال بها من Off الى On الى تفعيل العداد ليعد تنازليا بمقدار واحد وتكون القيمة الانية 2.

عند الموقع (ج) تتولد نبضة جديدة من مفتاح التلامس يؤدي الانتقال بها من Off الى On الى تفعيل العداد ليعد تنازليا بمقدار واحد وتكون القيمة الانية 1.



الشكل (3-25) عمل العداد التنازلي

عند الموقع (د) تتولد نبضة جديدة من مفتاح التلامس يؤدي الانتقال بها من Off الى On الى تفعيل العداد ليعد تنازليا بمقدار واحد ويكون القيمة الانية 0 ، وعندها تكون قيمة بت العداد On.

3. عداد يعد تصاعديا وتنازليا **Count Up/Down Counter**

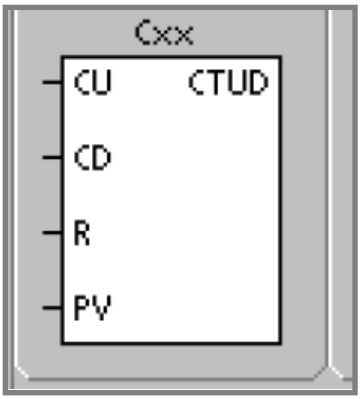
يرمز لهذا العداد CTUD ويستطيع هذا العداد العد تصاعديا عند حدوث انتقال من Off الى On على الادخال CU ويمكن العد تنازليا عند الانتقال من Off الى On على الادخال CD.

يحتفظ العداد بالقيمة الحالية Current Value ويقارنها مع قيمة البدء PV، اذا ما وصل العداد الى اعلى قيمة ينتقل الى اقل قيمة يستعملها العداد عند العد التصاعدي . واذا ما وصل العداد الى اقل قيمة ينتقل الى اعلى قيمة في العد التنازلي.

اذا ما كانت قيمة العد الحالية Current Value تساوي او اكبر من قيمة بدء العمل Preset Value فان بت العداد Counter bit يتحول الى On وفي خلاف ذلك تكون قيمة بت العداد Off .

اذا كان الادخال Reset (R) اي الاعادة الى البدء يحوي On فان العداد يعود بالعد الى البدء (سواء كان العد تنازليا أم تصاعديا).

الشكل (3-26) يوضح رمز العداد



الشكل (3-26) رمز العداد التصاعدي والتنازلي

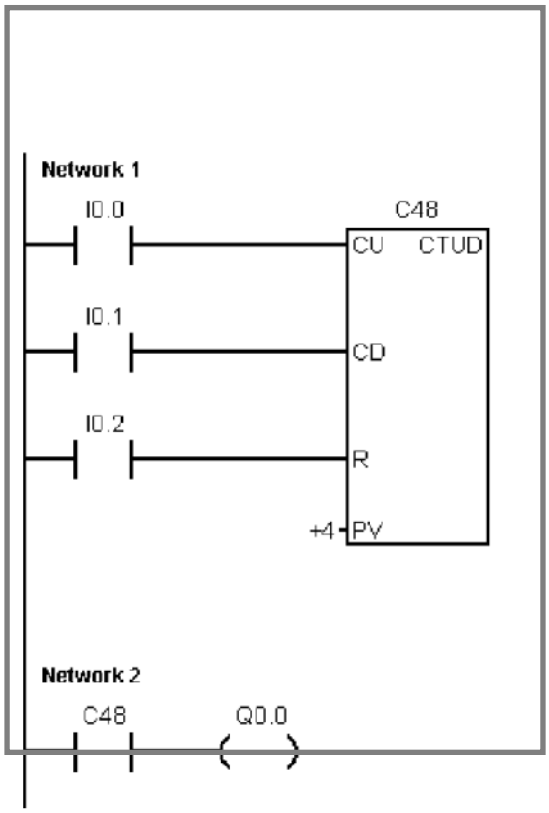
CU: ادخال يستعمل لتفعيل العد التصاعدي الى درجة واحدة مع كل انتقاله من Off الى On.

CD: ادخال يستعمل لتفعيل العد التنازلي الى درجة واحدة مع كل انتقاله من Off الى On.

R : ادخال يستعمل لاعادة العداد الى البدء.

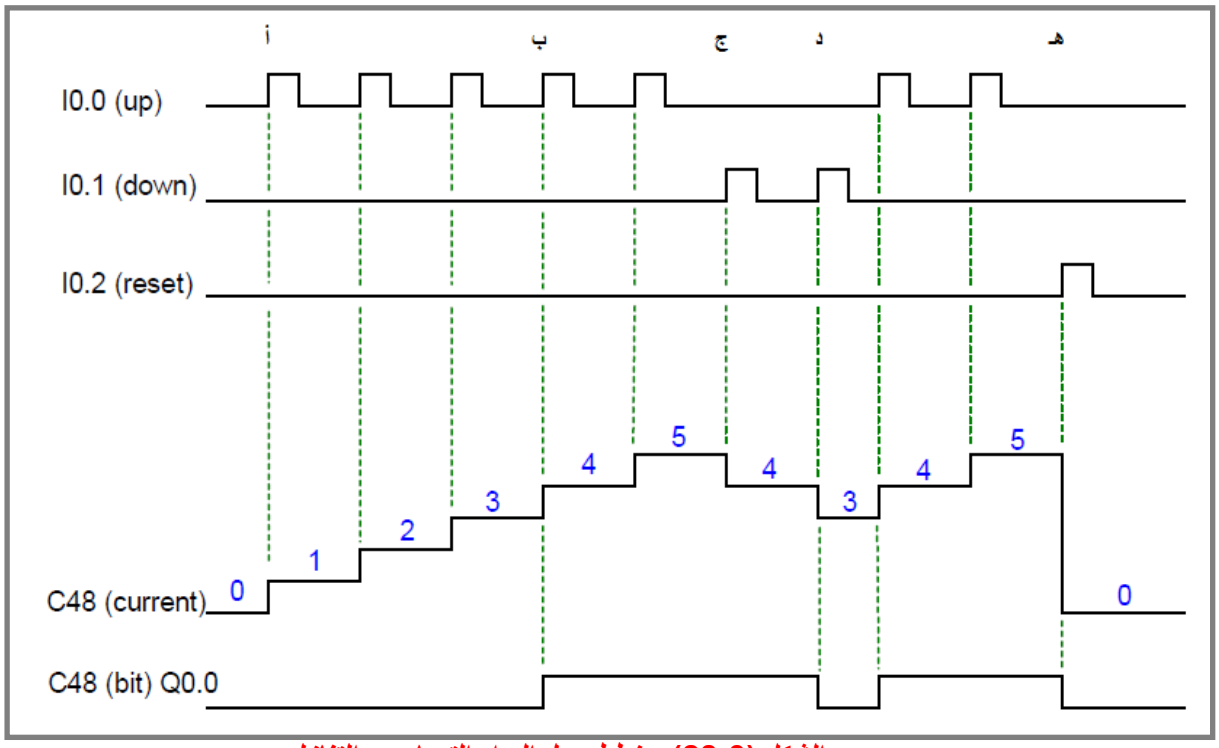
PV: ادخال يستعمل لتحديد القيمة التي عندها بت العداد يتحول الى On.

مثال : عداد تصاعدي تنازلي C48 يستعمل للعد الى العدد 4 ، مرتبط مفتاح التلامس I0.0 بالادخال CU، ومرتبط مفتاح تلامس I0.1 بالادخال CD ، ومرتبط مفتاح تلامس I0.2 بالادخال R. وبت العداد C48 بملف الاخراج Q0.0.



الشكل (3-27) عداد تصاعدي و تنازلي يعد الى رقم 4

يعمل العداد اذا حدث انتقال من Off الى On في مفتاح التلامس I0.0 ليبدأ بالعد التصاعدي لرقم واحد يخزن في القيمة الحالية فقط كما في الموقع (أ) من الشكل (3-28)



الشكل (3-28) مخطط عمل العداد التصاعدي التنازلي

يستمر العد التصاعدي مع كل نبضة من مفتاح التلامس I0.0 وعند الموقع (ب) يصل العد الى رقم 4 وعندها يتحول بت العداد C48 bit الى On.

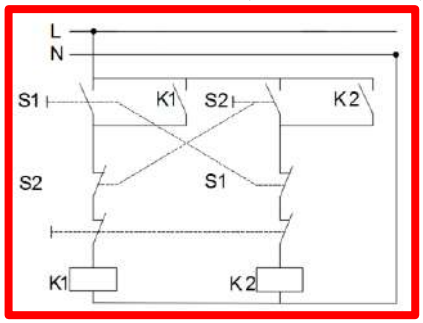
في الموقع (ج) تتولد نبضة من مفتاح التلامس I0.1 يؤدي الى العد التنازلي وتقل القيمة الحالية Current بمقدار واحد.

في الموقع (د) تتولد نبضة من مفتاح التلامس I0.1 يؤدي الى العد التنازلي وتقل قيمة الانية بمقدار واحد وتصبح 3 وهي اقل من قيمة PV التي تساوي 4 فيؤدي الى تحول بت العداد C48 bit الى الصفر. بعدها تتكون على مفتاح I0.0 نبضة فيعد العداد تصاعديا وتكون قيمة العد اكبر من 4 فيتحول بت العداد C48 bit=1 ويستمر الى الموقع (هـ).

في الموقع (هـ) تولد نبضة من I0.2 تؤدي الى اعادة العد الى البدء.

9-3 تطبيقات مهمة للحاكم المنطقي PLC

في هذا الموضوع سنتطرق لبعض أهم البرامج لأهم التصبيقات الصناعية

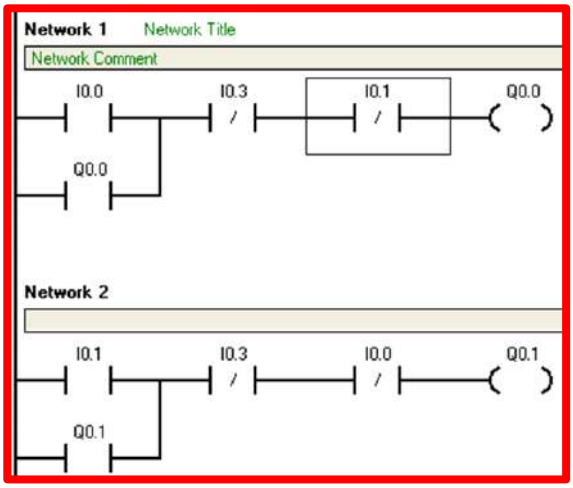


الشكل(3-29)

1- الدائرة الامنة interlocking

وهي دائرة سيطرة كهربائية تستخدم لأداء عمل بأتجاه معين و عكس ألاتجاه لذلك يستخدم مفتاحين لكل أتجاه عمل ولكي لا تتقاطع الاشارتين للمفتاحين

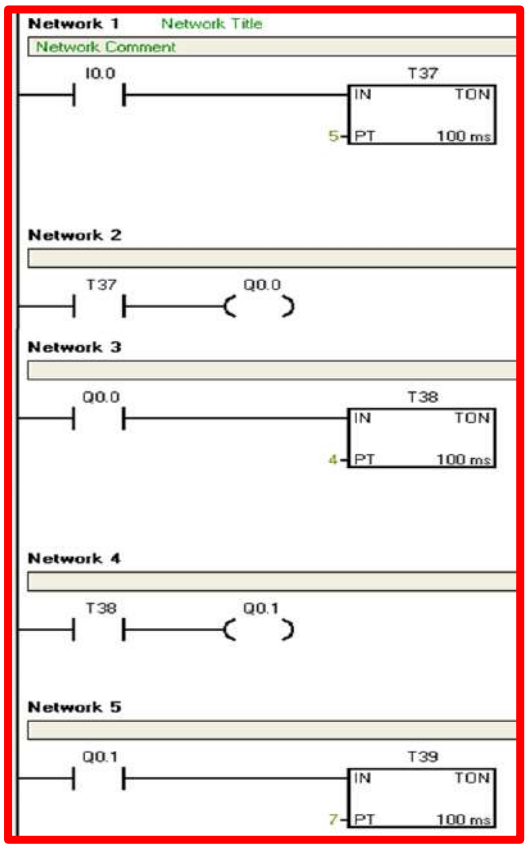
في حالة الخطئ والضغط على المفتاحين معاً لذك تربط دائرة معينة لتلافي هذا الخطئ كما مبينة في الشكل(3-29) وبأستخدام الحاكم المنطقي PLC ممكن ألغاء الربط وأنشاء برنامج يكافئ هذا الربط ويؤدي نفس العملكما مبين في الشكل (3-30)



الشكل (3-30)

2- التعاقب الزمني synchronous

وهي دائرة سيطرة كهربائية تستخدم لأداء عدة أعمال متعاقبة بفترات زمنية مختلفة. وتعتبر من دوائر السيطرة المعقدة ويحدث بها عدة أخطاء وتضارب بالأشارات ، لذك عند ظهور الحاكم المنطقيPLC أصبحت سهلة العمل ولا يحدث لها اي خطئ وتم ألغاء الربط المعقد وأنشاء برنامج كما موضح بالشكل (3-31)



الشكل (3-31)

أسئلة الفصل الثالث

س1 اذكر امر نقل المعلومات في المتحكم المنطقي المبرمج.

س2 عدد اوامر التحكم في البرمجة.

س3 اشرح امر التكرار في المتحكم المنطقي المبرمج.

س4 ما فائدة كل من:

أ- امر END.

ب- الامر STOP.

ت- امر التكرار.

ث- امر القفز.

س5 بين الفرق بين أمر التدوير وأمر التزحيف.

س6 اشرح أمر الابدال.

س7 ما انواع المؤقتات المستعملة في المتحكم المنطقي المبرمج.

س8 كون برنامج مخططا سلميا بأستعمال مؤقت لتأخير تشغيل مصباح مرتبط بالاخراج Q0.0 لمدة 5 ثوانٍ، وارسم مخططا يوضح عمل هذا المؤقت.

س9 ما هي استعمالات العدادات؟

س10 عدد انواع العدادات.

س11 أكتب برنامج للحاكم المنطقي PLC لعداد تصاعدي لعد 12 علبة

س12 أكتب برنامج للحاكم المنطقي PLC لخزان حاويات له باب للدخول وباب للخروج يسع 100 حاوية عندة أمتلائه تغلق بوابة الدخول لتفريغ

س13 أكتب برنامج للحاكم المنطقي PLC لتأخير تشغيل محرك ل3ثانية وتأخير أطفاء محرك لمدة 4ثانية

س14 بين كيفية عمل برنامج الدائرة الامنة

س15 بين كيفية عمل برنامج التعاقب الزمني

الفصل الرابع

ماكينات CNC

CNC (Computerize Numerical Control) Machines

الأهداف

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل إلى تعريف الطالب على ماكينات CNC وآلية عملها وطرق برمجتها الرئيسة

الأهداف الخاصة:

تعريف الطالب بالمواضيع الآتية:

6. ماكينة CNC.
7. نظم التصنيع.
8. أنظمة البرمجة ماكينات CNC.
9. نظام الدوال التحضيرية G Code.
10. نظام الدوال الإضافية M Code.
11. دورات القطع.

محتويات

الفصل 4

التعرف على

- ماكينة CNC – نظم التصنيع –
- أنظمة البرمجة لماكينات CNC –
- نظام الدوال التحضيرية G Code –
- نظام الدوال التحضيرية M Code –
- دورات القطع.

ماكينات CNC

4- 1مقدمة

إن مصطلح CNC (Computerize Numerical Control) أي التحكم الرقمي باستخدام الحاسوب هو مصطلح مستخدم لعملية الاستفادة من معلومات الحاسوب المخزنة في الملفات الإلكترونية (نماذج ثلاثية الأبعاد عادة)، وعمل نموذج ثلاثي الأبعاد باستعمال الماكينات الخاصة. تترجم هذه الماكينات الدقيقة معلومات الحاسوب وتبني النموذج الذي يمكن أن ينجز ببضع عمليات مختلفة.

يقصد بالتحكم الرقمي سلسلة التعليمات المدونة (المشفرة) في صورة أرقام وحروف أبجدية ورموز تستوعبها وحدة التحكم بالماكينة وتحولها إلى نبضات كهربائية توجه المحركات الكهربائية (Electrical Motors) وأدوات القطع بالماكينة ومن ثم تنفيذ العمليات الميكانيكية المطلوبة. وهذه الأرقام والحروف والرموز تمثل التعليمات المشفرة تشير إلى مسافات محدودة وأوضاع ووظائف وحركات يمكن لأدوات القطع استيعابها وتنفيذها على القطعة المراد تشكيلها.

وبجانب هذا التكنيك ظهر أسلوب آخر يعتمد على توصيل الحاسب مباشرة بماكينة القطع أو الحفر (Milling Machine) حيث تستقبل منه البيانات الرقمية مباشرةً من خلال رسومات CAD فتقوم بالتشكيل المباشر لقطعة ربما تكون من البلاستيك أو الورق أو الخشب أو النحاس.....الخ.

ونظراً للدقة العالية التي يمكن الحصول عليها من ماكينات CNC فقد أصبحت تستخدم في عمل نسخ من التصاميم والأعمال الفنية النادرة للحفاظ على القطع الأصلية وذلك بعد إدخال بياناتها رقمياً إلى الحاسب عن طريق الماسح الضوئي ثلاثي الأبعاد 3D scanner. أما فيما يتعلق بمشاكل الحجم الكبير فقد أمكن التغلب عليها بتقسيم النموذج إلى أجزاء يتم تصنيعها جزئياً ثم يتم تجميعها كوحدة واحدة.

لقد ظهر الشكل الأول للتحكم الرقمي مع البدايات الأولى للثورة الصناعية بانكلترا عام 1925م عندما ظهرت ماكينة النسيج (العقد) (Knitting Machine) التي تستخدم الكرات المثقبة في عمل أشكال ورسومات مختلفة على الملابس. ومع تطور فكرة الإنتاج الكمي بوساطة الأمريكي ايلي ويتني (Eli Whitny) مبتكر التوحيد القياسي تحولت العديد من العمليات التي تتم بوساطة الحرفيين المهرة إلى الماكينات لإنتاج كميات هائلة من الأجزاء المتماثلة، وفي النصف الثاني من القرن التاسع عشر كان هناك عدد هائل من ماكينات التشكيل كالخراطة، والثقب، والحفر، والتجليخ بفضل تطور التحكم الهيدروليكي وضغط الهواء في ذلك الوقت. وفي عام 1947م ظهرت صعوبات في إنتاج بعض أجزاء الطائرات الأمريكية خاصة ذات التصميمات المعقدة منها، وهنا بدأ (جون بارسون

صاحب شركات (Parsons Cooperation) بولاية ميتشجان تجاربه لجعل الماكينة تشكل السطوح المنحنية على المحاور الثلاثة بوساطة بيانات رقمية في توجيه حركة الآلة. وفي عام 1949م توصل بارثون بالتعاون مع معهد ماستشوسيتس (Massachusetts Institute) إلى ابتكار ماكينة تعمل على ثلاث محاور x. y. z بالتحكم الرقمي. وفي عام 1960م كانت هناك أكثر من مائة ماكينة تعمل بالتحكم الرقمي مقدمة في معرض شيكاغو. ومع تطور صناعة الإلكترونيات ظهرت الدوائر المتكاملة التي استخدمت بنجاح كبير في تشغيل وحدات التحكم بالماكينات. وفي عام 1970م دخل المصطلح الجديد التحكم الرقمي باستخدام الحاسوب (Computerize Numerical Control) إلى عالم ماكينات التصنيع ليفتح مجالاً جديداً في عمليات التشكيل لم يكن موجوداً من قبل. يبين الشكل (4-1) احد أنواع الماكينة CNC.

الشكل (4-1) احد أنواع الماكينة CNC

أسباب الحاجة إلى ماكينات التحكم الرقمي بواسطة الكمبيوتر CNC:

1- ارتفاع مستوى تعقيد الأشكال والتصميم بحيث يصبح من الصعب تنفيذها على الماكينات التقليدية، أو أن يكون من الصعب الحصول على أبعاد دقيقة باستخدام الماكينات التقليدية. لاحظ الشكل (4-2).

الشكل (4-2) نموذج لمشغولة معقدة لا يمكن تصنيعها بالطرق التقليدية

2- انخفاض كمية المنتجات المطلوبة مع ارتفاع مستوى الدقة المطلوب مما لا يمكن معه الاستفادة من الماكينات التقليدية.

3- التقليل من معدلات الرفض وإعادة التشغيل بدون اللجوء إلى استخدام عمالة ماهرة مما يؤدي تلقائياً إلى خفض تكاليف العمل الأمر الذي ينعكس على خفض معدلات التكاليف العامة وتكاليف التداول.

4- الاتجاه نحو الحصول على أدوات ذات عمر استخدام طويل.

5- ضرورة تغيير تصميم المنتج عدة مرات بدون عناء.

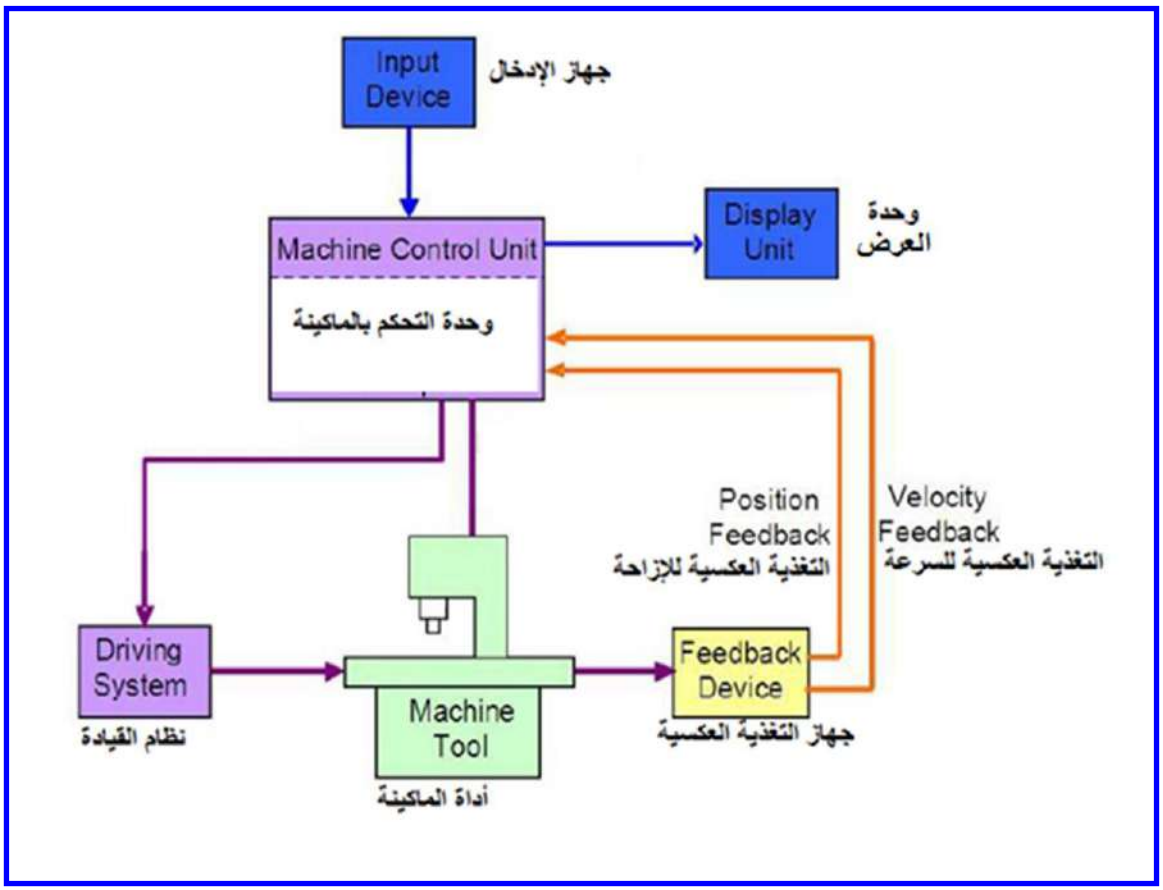
6- قلة الحيز الذي تشغله الماكينة في ورشة العمل.

4-1 المكونات الرئيسة لماكينة CNC

يتكون نظام CNC من الأجزاء الست الآتية:

1- جهاز الإدخال.	**Input Device**
2- وحدة التحكم بالماكينة.	**Machine Control Unit**
3- أداة الماكينة.	**Machine Tool**
4- نظام القيادة.	**Driving System**
5- أجهزة التغذية العكسية.	**Feedback Devices**
6- وحدة العرض.	**Display Unit**

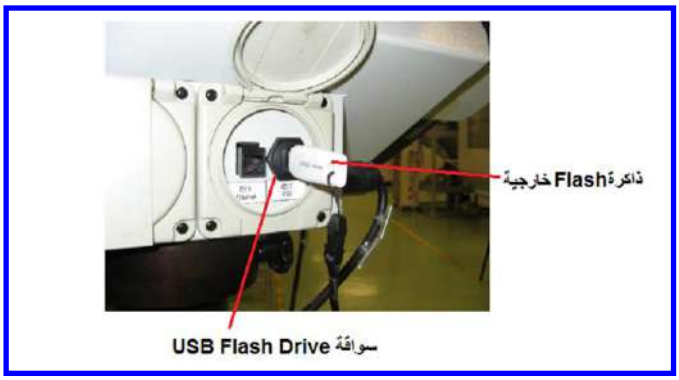
يبين الشكل (4-3) مخططاً يوضح مكونات لنظام مكائن CNC.



الشكل (4-3) المكونات الست لنظام مكائن CNC

4-1-1 جهاز الإدخال Input Device

ومن أمثلته السواقة (USB Flash Drive) وهي عبارة عن سواقة صلبة (Hard drive) ممكن تحريكها وإعادة الكتابة عليها وتكون ذات سعة خزن كبيرة نسبياً. تتم قراءة وكتابة البيانات من وإلى الذاكرة Flash عن طريق وصلة USB الخاصة، وهذه الطريقة أصبحت شيئاً فشيئاً شائعة الاستخدام في ماكينات CNC. الشكل (4-4) يوضح السواقة المذكورة مع ذاكرة Flash خارجية.



الشكل (4-4) السواقة USB Flash مع ذاكرة Flash خارجية

ومن أمثلة جهاز الإدخال الأخرى منفذ الاتصال التسلسلي (Serial Communication Port) حيث يتم نقل البيانات بين الحاسوب وأداة ماكينة CNC من خلاله. أشهر هذه المنافذ التسلسلية

والموجودة في غالبية الحاسبات هو المنفذ (RS 232) الموضح في الشكل (4-5) حيث يتم ربطه مع الماكينة والحاسوب باستخدام أسلاك الربط الخاصة بذلك.

الشكل (4-5) المنفذ (RS 232)

4-1-2 وحدة التحكم بالماكينة Machine Control Unit

تعتبر القلب بالنسبة لنظام CNC، وهي تتضمن وحدتين: وحدة معالجة البيانات (Data Processing Unit DPU) ووحدة حلقات التحكم (Control Loop Unit CLU). تقوم وحدة معالجة البيانات بترجمة البرنامج إلى اللغة الداخلية للماكينة (Machine Language)، ويقوم الجزء المكمل لهذه الوحدة بحساب المواقع المتداخلة للحركة بوحدات الطول الأساسية وهي اصغر وحدات يمكن للمتحكم أن يستوعبها. يتم بعد ذلك نقل البيانات المحسوبة إلى وحدة حلقات التحكم لإنجاز فعل أخر وهو تحويل البيانات من وحدة معالجة البيانات إلى إشارات كهربائية للتحكم بنظام السواقات لإنجاز الحركات المطلوبة.

4-1-3 أداة الماكينة Machine Tool

وهي ممكن أن تكون أي أداة أو عدة. ومن أجل الحصول على دقة عالية وإمكانية تكرار (Accuracy) فإن تصميم الماكينة ومنزلقاتها (Slides) ولولب القيادة (Driving Leadscrew) الخاصة بماكينة CNC تصبح ذات أهمية حيوية.

4-1-4 نظام القيادة Driving System

نظام القيادة هو جزء مهم بالنسبة لماكينة CNC حيث تعتمد علي خصائصه وأدائه كل من الدقة وقابلية التكرار المذكورتين في الفقرة السابقة. والمطلوب من نظام القيادة بشكل أساس هو الاستجابة الدقيقة للإيعازات المبرمجة في حاسوب الماكينة CNC. في الغالب يستخدم هذا النظام محركات كهربائية وأخرى هيدروليكية، حيث هنالك أربعة أنواع رئيسة من المحركات الكهربائية المستخدمة وهي: محرك الخدمة ذو التيار المستمر (DC Servo Motor)، ومحرك الخدمة ذو التيار المتناوب (AC Servo Motor)، ومحرك الخطوة(Stepper Motor)، والمحرك الخطي(Linear Motor). كذلك توجد المحركات الهيدروليكية التي تستخدم في نظام القيادة.

4-1-5 جهاز التغذية العكسية Feedback Device

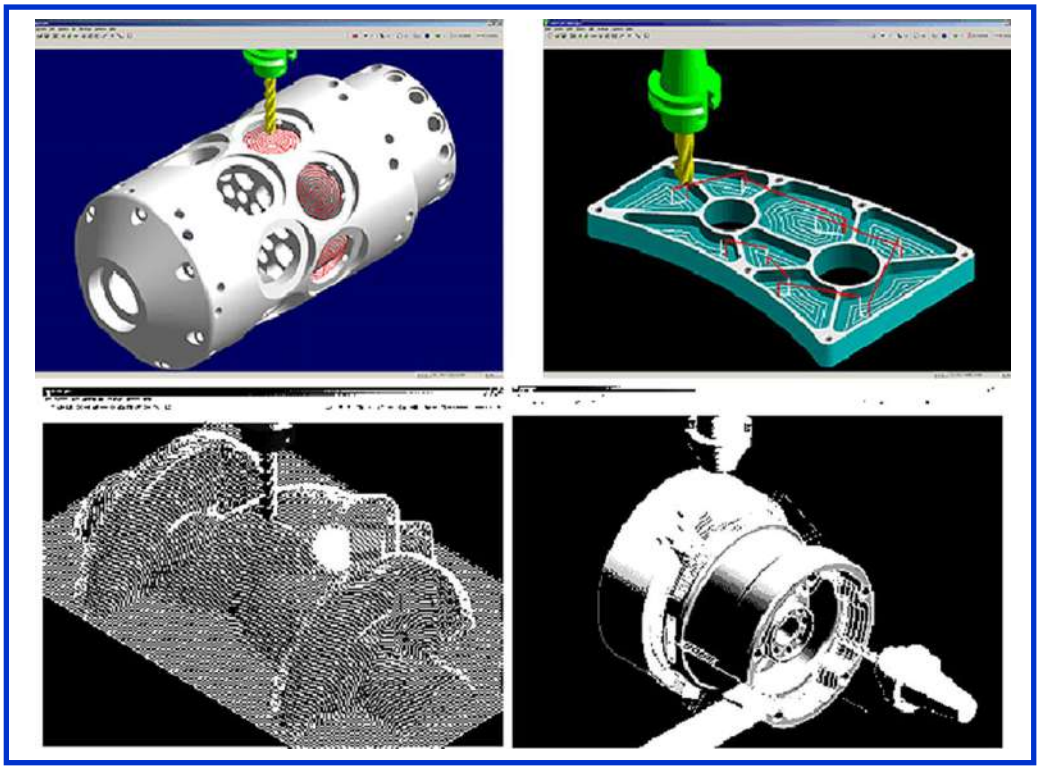
لكي يكون عمل الماكينة CNC عملاً دقيقاً يجب أن تحصل وحدة التحكم بالقيادة على المعلومات الدقيقة عن موقع وسرعة أداة القطع و/أو العينة. كل ذلك يكون من خلال أجهزة التغذية العكسية (feedback) والمتمثلة بالمتحسسات التي تعطي معلومات عن موقع وسرعة أداة القطع بشكل عكسي لوحدة التحكم.

4-1-6 وحدة العرض Display Unit

تعمل هذه الوحدة عمل الوسيط بين الماكينة والشخص المشغل. وهي تقوم بعرض الحالة الحالية مثل موقع المنزلقة، وسرعة دوران الأداة (Spindle RPM)، ومعدل التغذية، والبرنامج المرافق للعملية المطلوبة. لاحظ الشكل (4-6) الذي يبين وحدة العرض في ماكينة CNC.

الشكل (4-6) وحدة العرض في ماكينة CNC

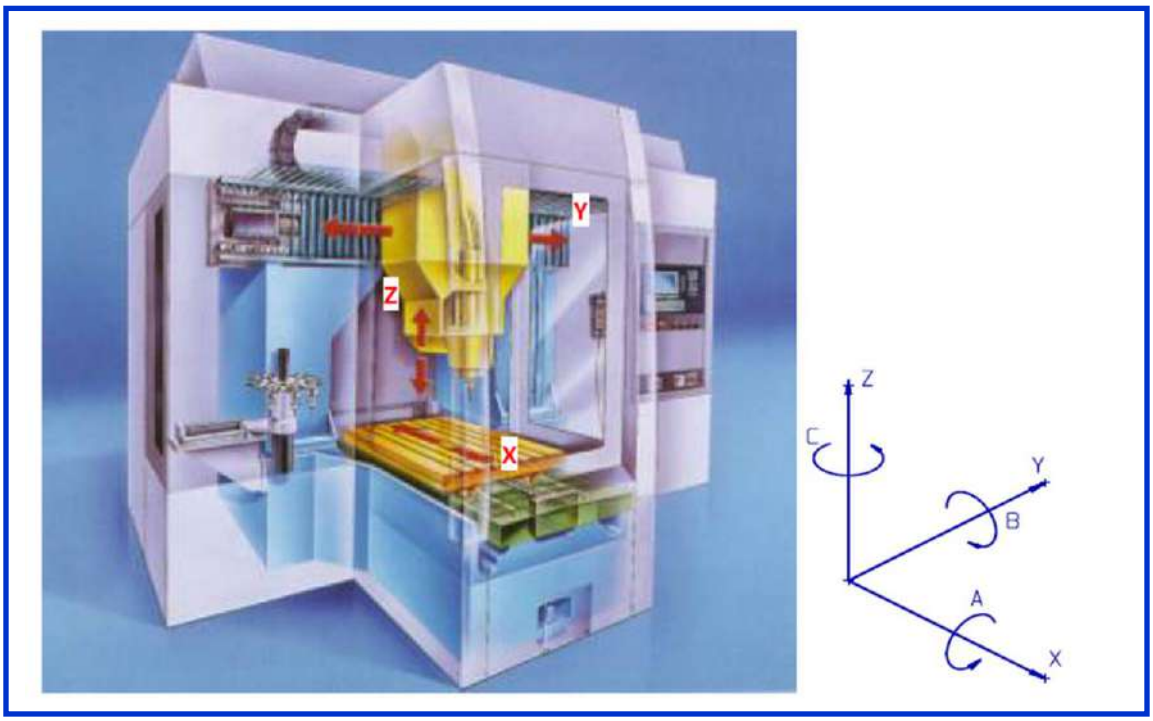
هنالك أمور أخرى تمت إضافتها لتعزيز عمل الماكينة CNC منها مزايا المراجعات والتعديلات فقد قام مصممو ماكينات وبرامج CNC بإدخال أساليب المراجعة والتعديل المرئية لأجزاء التصميم المحفوظ في الذاكرة بل ومكنت المصممين من رؤية عملية التشغيل كاملة قبل حدوثها ليتسنى للمصمم التعرف بشكل مرئي على أية مشاكل قد تصادف التشغيل قبل حدوثه. كما تم توفير آليات للإنذار والتحذير تصدر عند التعرض للمشاكل، ويصاحب هذه التحذيرات رسائل تشخيصية يتم عرضها وفقاً للظروف التي تمر بها الماكينة. يوضح الشكل (4-7) عرض ماكينة CNC توضح عملية التشغيل قبل بدئها.



الشكل (4-7) عرض ماكينة CNC توضح عملية التشغيل قبل بدئها

4-2 أنظمة البرمجة لمكائن CNC

بصورة عامة فإن كل الحركات لها ست درجات من الحرية. بمعنى آخر يمكن أن تكون الحركة في ست محاور، وهي: ثلاثة محاور خطية(X, Y, Z)، وثلاثة محاور دورانية (A, B, C) وكما مبين في الشكل (4-8).



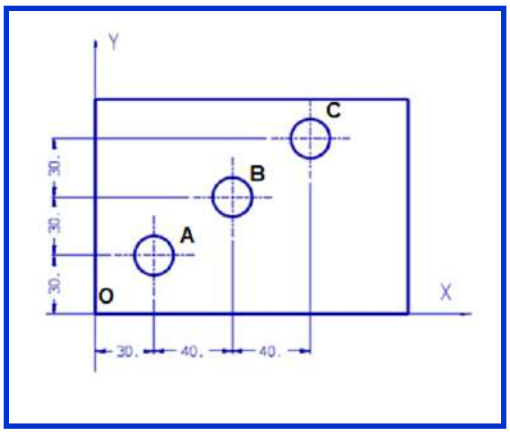
شكل (4-8) المحاور الستة للحركة

4-2-1 أنظمة الأبعاد Dimension Systems

وهي على نوعين:

الأول: النظام ألتزايدي (Incremental System)

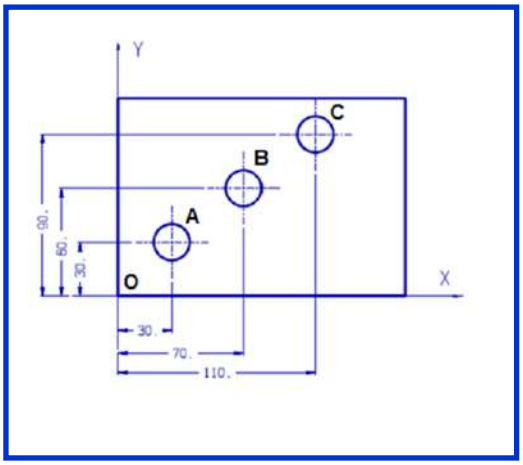
وهو تمثيل مسار اداة القطع وفق الاحداثيات وتكون احداثيات النقطة السابقة هي نقطة الاصل للنقطة اللاحقة (التالية) مع مراعات اللاتجاهات (+،-) أي احداثيات النقطة اللاحقة تقاس نسبتا الى النقطة السابقة ومن عيوب هذا النضام عند حدوث اي خطئ في اي نقطة أثناء البرمجة سيكون الخطئ تراكمي على باقي الاحداثيات التي تليه ومن الصعوبة تعديل الخطئ ومن ميزاته الدقة العالية ولتوضيح ذلك في سلسلة من النقاط. ففي الشكل (4-9) يتبين أن مرجع النقطة C هو النقطة B، ومرجع النقطة B هو النقطة A، ومرجع النقطة A هو النقطة O. إن عيب هذا النظام هو إذا حدث أي خطأ فإنه سيكون تراكمياً.



الشكل (4-9) النظام ألتزايدي

ثانياً: النظام ألمطلق (Absolute System)

وهو تمثيل مسار اداة القطع وفق الاحداثيات وتكون نقطة الاصل (0,0) هي مرجع احداثيات جميع النقط . عند حدوث أي خطئ في أي احداثيات نقطة أثناء البرمجة لايكون تراكمي ويمكن تعديل الخطئ بسهولة وهو أقل دقة من النظام السابق. ففي الشكل (4-10) يتبين أن مراجع كل النقاط (A, B, C) هي نقطة الأصل.



الشكل (4-10) النظام المطلق

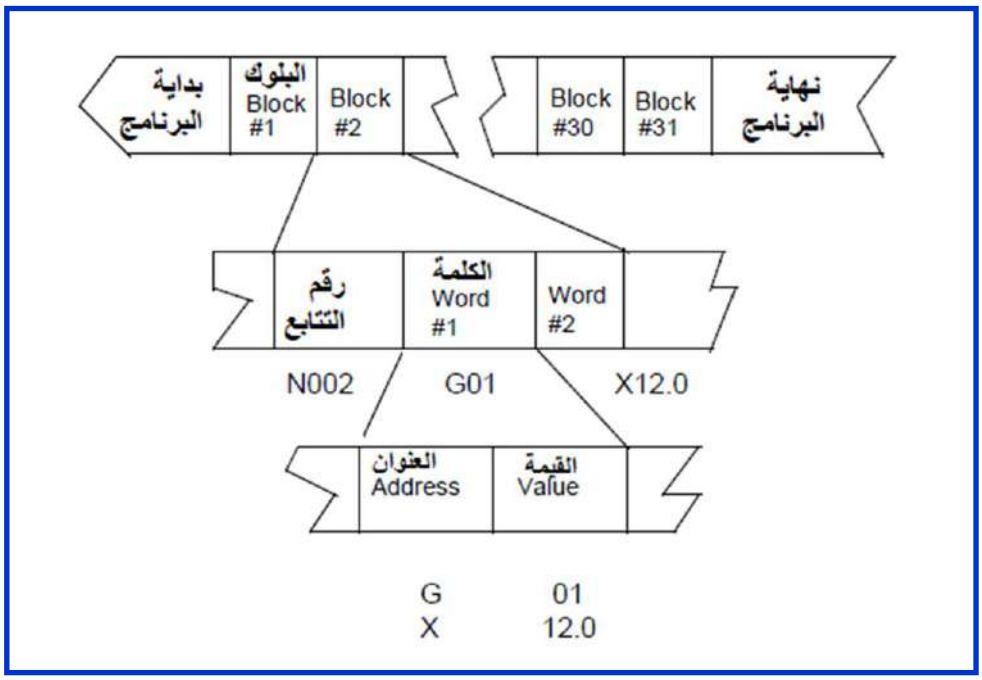
2-2-4 تعريف البرمجة Definition of Programming

إن برمجة الماكينة CNC متمثلة في بيانات التشغيل (machining data) المحولة باستخدام برنامج التحويل (compiler) الخاص حيث يتم تحويل البيانات هذه إلى اللغة التي يتم تفسيرها وفهمها من قبل نظام التحكم بأداة التشغيل. وبيانات التشغيل هذه هي:

1. تتابع التشغيل، وتصنيف العمليات، ونقطة بداية التشغيل، وعمق القطع، ومسار الأداة،...
2. ظروف القطع، وسرعة العمود، ومعدل التغذية، والتبريد،...
3. إختيار أدوات القطع.

3-2-4 هيكل البرنامج Structure of Program

يبين الشكل (4-11) الهيكل العام للبرنامج الخاص بماكينة CNC



الشكل (4-11) الهيكل العام للبرنامج الخاص بماكينة CNC

إن برنامج CNC هو عبارة عن كتل (blocks)، كلمات (words)، عناوين (addresses).

أ- Block : عبارة عن أمر يعطى إلى وحدة التحكم.

ب- Word : يتكون Block من كلمة واحدة أو أكثر من الكلمات (Words) وهو عبارة عن حرف تعريفي وسلسلة من الأرقام. مثال ذلك أمر معدل تغذية 200 مليمتر/دقيقة هو (F200).

ت- Address : هو عبارة عن الحرف التعريفي الموجود في بداية كل كلمة. وإن الحروف التعريفية المستخدمة في برامج ماكينة CNC هي حسب جمعية الصناعات الإلكترونية (Electronic Industries Association EIA) والأكثر عمومية هي:

الوظيفة	العنوان
رقم التسلسل أو التتابع	**N**
دالة التحضير	**G**
كلمة الإحداثيات	**X, Y, Z**
بارامترات لاستكمال دائري	**I, J, K**
دالة العمود	**S**
دالة التغذية	**F**
دالة الأداة	**T**
الدالة المتنوعة	**M**

4-2-3-1 رقم التسلسل Sequence Number (N)

يستخدم لتعريف الكتلة (block). وغالباً ما يوضع في بداية block ويمكن أن يشير إلى اسم block. والرقم التسلسلي لا حاجة لأن يكون قابلا للتنفيذ، حيث إن التنفيذ مقتصر فقط على الكتل المتتابعة. وفي بعض ماكينات CNC لا توجد في الأصل أرقام تسلسلية.

4-2-3-2 دالة التحضير Preparatory Function (G)

تقوم هذه الدالة بتحديد كيفية حركة الأداة إلى هدف البرنامج. وأكثر الدوال التحضيرية استخداماً هي:

الدالة	الوظيفة
G00	الوضع السريع
G01	استكمال خطي
G02	استكمال دائري، باتجاه عقارب الساعة
G03	استكمال دائري، باتجاه عكس عقارب الساعة
G40	إلغاء تعويض أداة القطع
G41	تعويض أداة القطع، يساراً
G42	تعويض أداة القطع، يميناً
G45-G48	تعويض آخر إذا أريد استعماله
G70-G79	دورة تفريز واستدارة
G80-G89	دورة تثقيب ونقر
G90	أبعاد مطلقة
G91	أبعاد تزايدية

4-3-2-3 كلمة الإحداثيات Coordinate Word

إن كلمة الإحداثيات (X, Y, Z) تقوم بتحديد نقطة الهدف لحركة الأداة (بالنسبة لنظام الأبعاد المطلقة) أو المسافة المطلوب الانتقال لها (بالنسبة لنظام الأبعاد التزايدية). حيث تتكون الكلمة من عنوان المحور المطلوبة حركته وقيمة واتجاه هذه الحركة كما في المثال ألتالي:

X100 Y-200 فهو يمثل الحركة إلى النقطة (100, 200) سواء كانت الأبعاد مطلقة أم تزايدية.

4-3-2-4 بارامترات لاستكمال دائري Parameter for Circular Interpolation

إن البارامترات (I, J, K) تعرف المسافة المقاسة من نقطة بداية القوس إلى المركز. حيث أن الأعداد التي تتبع الحروف I, J, K تمثل عناصر X, Y, Z للمسافة.

4-3-2-5 دالة العمود Spindle Function (S)

يتم تحديد سرعة العمود من خلال العنوان S وغالباً ما يكون بوحدة (دورة/دقيقة RPM)، ويمكن حسابها من العلاقة:

سرعة العمود=[سرعة قطع السطح (متر/دقيقة)*1000] / [قطر القطع (ميليمتر)*النسبة الثابتة]

يبين الجدول (4-1) سرعات قطع السطح لبعض المعادن ولكافة أنواع ماكينات CNC:

الجدول (4-1) سرعات قطع السطح لبعض المعادن

مادة أداة القطع	Workpiece material مادة القطعة المشغولة			
	كل السبائك	البراس Brass	حديد الزهر Cast Iron	الصلب المعتدل Mild Steel
صلب السرعات العالية HSS	120 RPM	75RPM	18 RPM	30 RPM
الكربيد Carbide	500 RPM	180RPM	120 RPM	200 RPM

4-3-2-6 دالة التغذية Feed Function (F)

تتم برمجة التغذية من خلال العنوان F عدا حالات النقل المفاجئ. ممكن أن تكون الوحدات بالمليمتر لكل دقيقة (في حالة ماكينة التفريز) أو بالمليمتر لكل دورة (في حالة ماكينة الخراطة). يجب تحديد وحدة معدل التغذية في بداية البرنامج.

وبالإمكان حساب معدل التغذية من خلال الصيغة الآتية:

معدل التغذية = حمل الرقاقة (Chip Load) لكل سن (tooth) * عدد الأسنان * سرعة العمود

الجدول (4-2) يعطي حمل الرقاقة لكل سن لماكينة التفريز تقوم بقطع بعض المواد:

الجدول (4-1) حمل الرقاقة لكل سن

مادة قاطع التفريز	حمل الرقاقة لكل سن (مليمتر / دورة)			
	كل السبائك	Brass	Cast Iron	Mild Steel
صلب السرعات العالية HSS	0.28	0.18	0.20	0.13
الكربيد Carbide	0.25	0.15	0.25	0.25

4-2-3-7 دالة الأداة Tool Function (T)

اختيار الأداة يتم من خلال الأمر T كما في المثال:

T02 : يمثل الأداة رقم 2

4-2-3-8 الدالة المتنوعة Miscellaneous Function (M)

تقوم الدالة المتنوعة بعد برمجتها بالتحكم بعملية الماكينة غير حركة الإحداثيات. أكثر الدوال المتنوعة استخداماً هي:

الدالة	الوظيفة
M00	إيقاف البرنامج
M03	دوران العمود باتجاه عقارب الساعة
M04	دوران العمود باتجاه عكس عقارب الساعة
M05	إيقاف العمود
M06	تغير الأداة
M08	تشغيل التبريد
M09	إطفاء التبريد
M10	مسك أداة القطع
M11	ترك أداة القطع
M30	إنهاء البرنامج والاستعداد لبداية جديدة

3-4 نظام الدوال التحضيرية G Code

1-3-4 اختيار الأبعاد المطلقة أو التزايدية (G90/G91)

وهي دوال تحديد نظام الابعاد المستخدم لعمل وحركة أداة القطع وأدخال البيانات من الدالتين G90 و G91. فاختيار الدالة G90 سيجعل الماكينة تميز الإحداثيات على أنها مطلقة، بينما الدالة G91 تجعلها تزايدية.

2-3-4 الوضع السريع (G00)

وهو امر أنتقال أداة القطع من النقطة الحالية الى النقطة التالية بدون عمل وبأقصى سرعة للماكينة. وتكون صيغة البرمجة كالآتي:

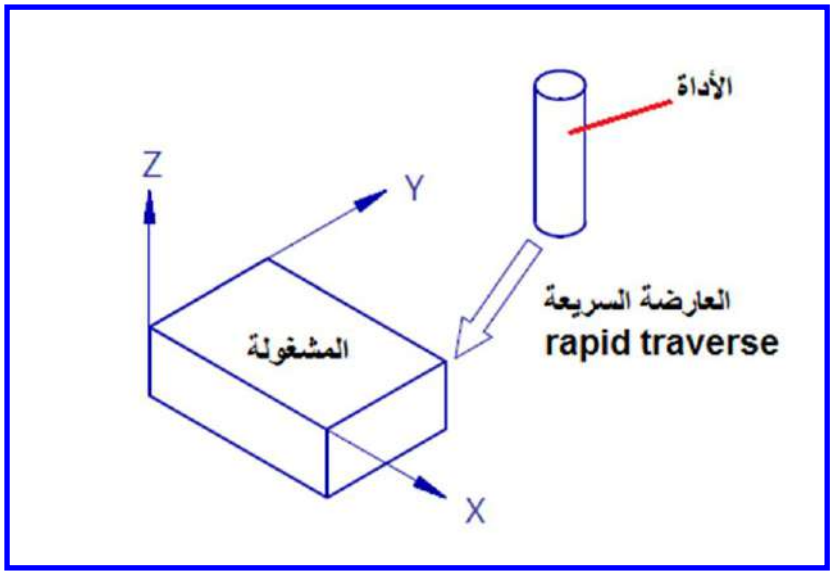
G00

X

Y

Z

لاحظ الشكل (4-12)



الشكل (4-12) الوضع السريع

3-3-4 الاستكمال الخطي (G01)

وهو دالة امر أنتقال أداة القطع من النقطة الحالية الى النقطة التالية وعلى طول خط مستقيم وبتنفيذ عمل و بسرعة يتم تحديدها من خلال العنوان F. وتكون صيغة البرمجة كالآتي:

G01

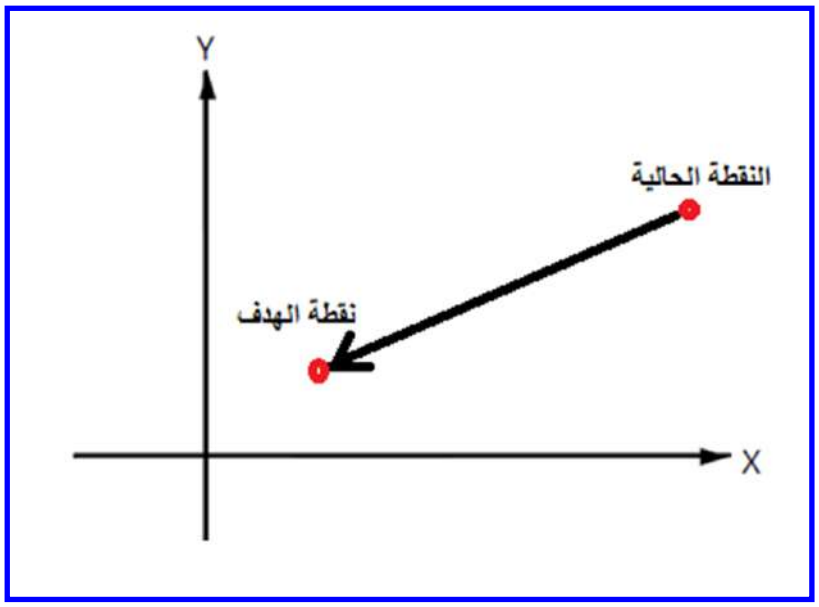
X

Y

Z

F

لاحظ الشكل (4-13)



الشكل (4-13) الاستكمال الخطي

4-3-4 الاستكمال الدائري (G02/G03)

وهو دالة امر أنتقال أداة القطع من النقطة الحالية الى النقطة التالية على طول قوس دائري ويكون باتجاه عقارب الساعة (clockwise) إذا كان G02 أو باتجاه عكس عقارب الساعة (counterclockwise) إذا كان G03.

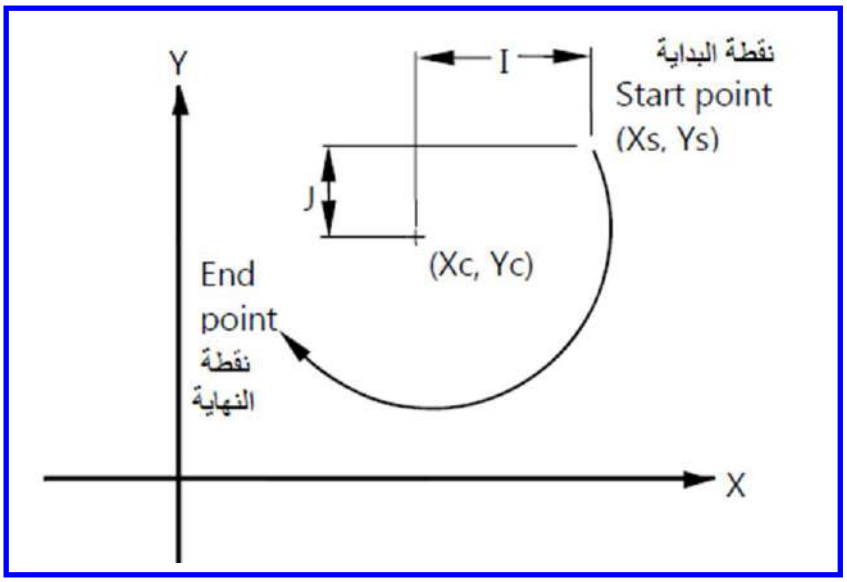
في هذه الحالة بالإضافة إلى نقطة الهدف، هنالك أيضاً القوس الدائري الذي يتم تعيينه بواسطة العناوين I, J, K . حيث I المسافة على طول المحور X، و J المسافة على طول المحور Y، و K المسافة على طول المحور Z. تعرف هذه البارمترات على أنها متجهات (أي أن لها قيم واتجاهات) من نقطة البداية إلى مركز القوس.

وتكون صيغة البرمجة (باتجاه عقارب الساعة) كالآتي:

G02
X
Y
I (X_C - X_S)
J (Y_C - Y_S)

حيث تمثل (Xc, Yc) إحداثيات المركز، و(Xs, Ys) إحداثيات نقطة بداية القوس.

لاحظ الشكل (4-14).

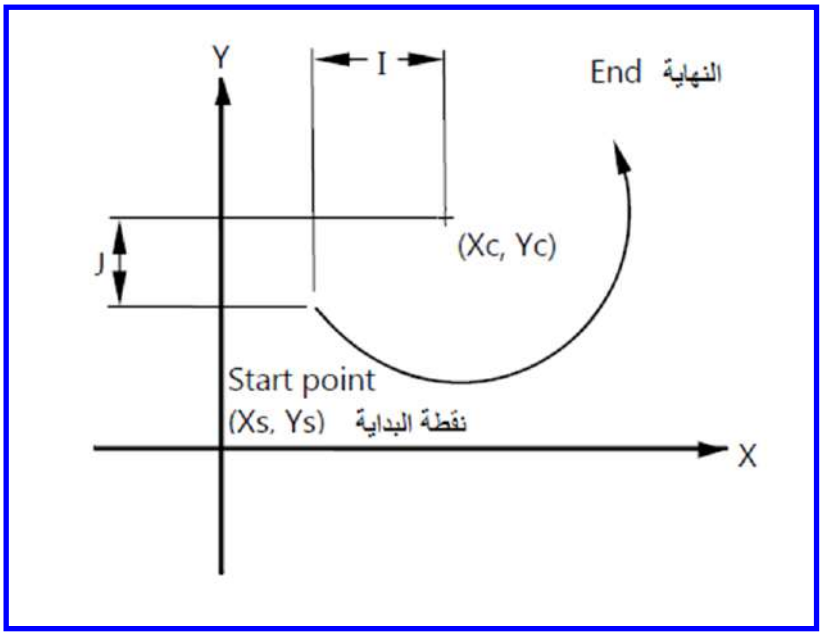


الشكل (4-14) الاستكمال الدائري- باتجاه عقرب الساعة

صيغة البرمجة (باتجاه عكس عقارب الساعة) كالآتي:

G03
X
Y
I (X_C - X_S)
J (Y_C - Y_S)

لاحظ الشكل (4-15).



الشكل (4-15) الاستكمال الدائري- باتجاه عكس عقارب الساعة

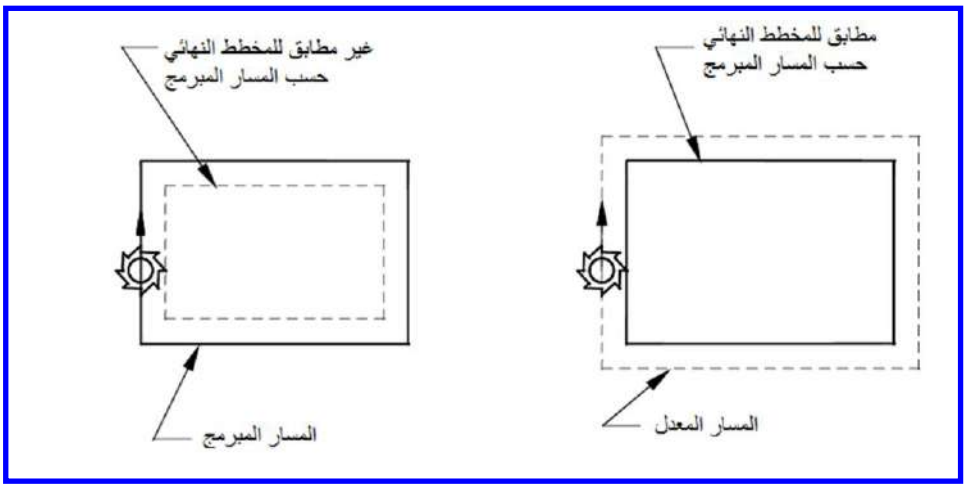
5-3-4 تعويض أداة القطع (G40/G41/G42)

وهي دالة أمر لأداة القطع لتعويض قطر أو سمك أداة القطع على طول مسار العمل ، وبأهماله ستكون أبعاد المشغولة غير صحيحة.

ولكن في نظام ماكينات CNC الحديثة، تم أخذ هذه الحسابات في الحسبان والذي يعرف بتعويض أداة القطع. والذي يحتاجه النظام هو برمجة المسار، وقطر أداة القطع، وموقع أداة القطع بالنسبة للمخطط.

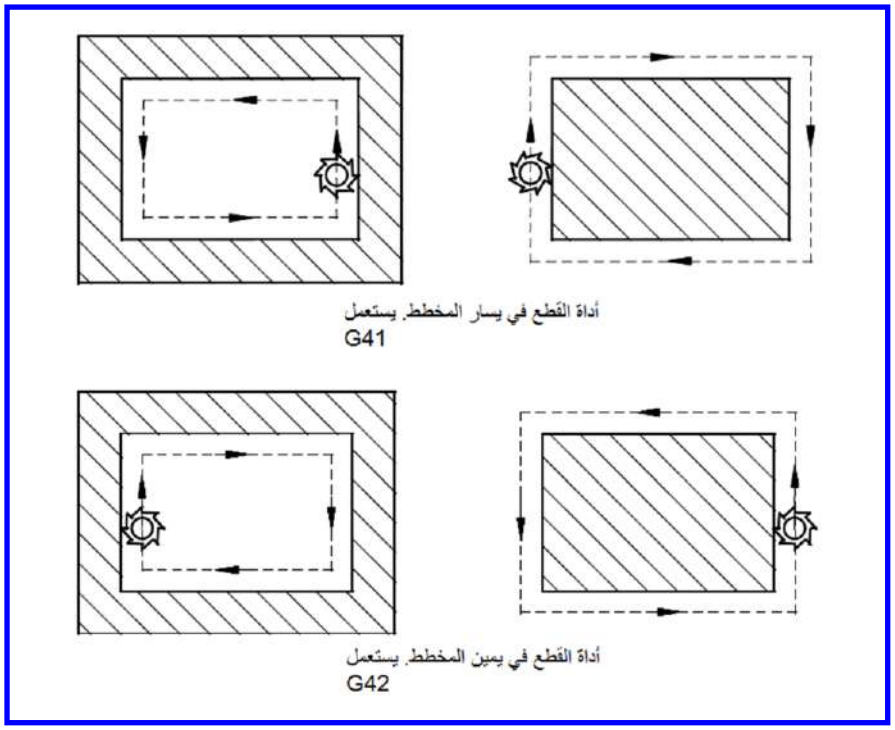
وبشكل طبيعي يكون قطر أداة القطع غير متضمن في البرنامج، ولكن يتم إدخاله إلى الماكينة CNC في عملية تحضير الأداة.

يبين الشكل (4-16) تعويض أداة القطع.



الشكل (4-16) تعويض أداة القطع

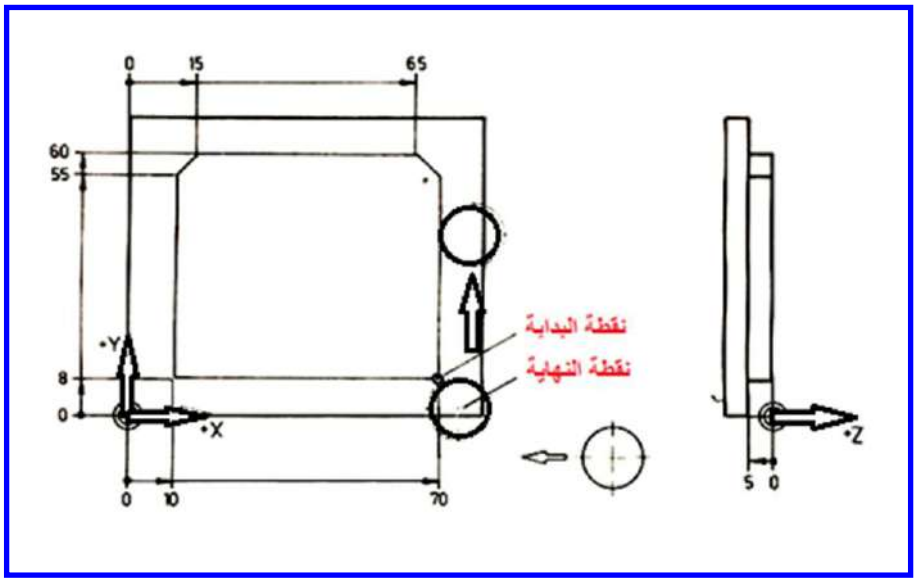
إذا كانت أداة القطع في يسار المخطط، يستعمل G41. وإذا كانت في يمين المخطط يستعمل G42. وG40 هو لإلغاء حساب التعويض. لاحظ الشكل (4-17).



الشكل (4-17) تحديد استخدام دالة التعويض حسب موقع أداة القطع

مثال1:

اكتب برنامجا باستخدام الدالة التحضيرية G لتنفيذ المخطط المبين في الشكل (4-18). علماً أن موقع أداة القطع ذات القطر (20mm) هو (x = 0, y = 0, z = 100mm).



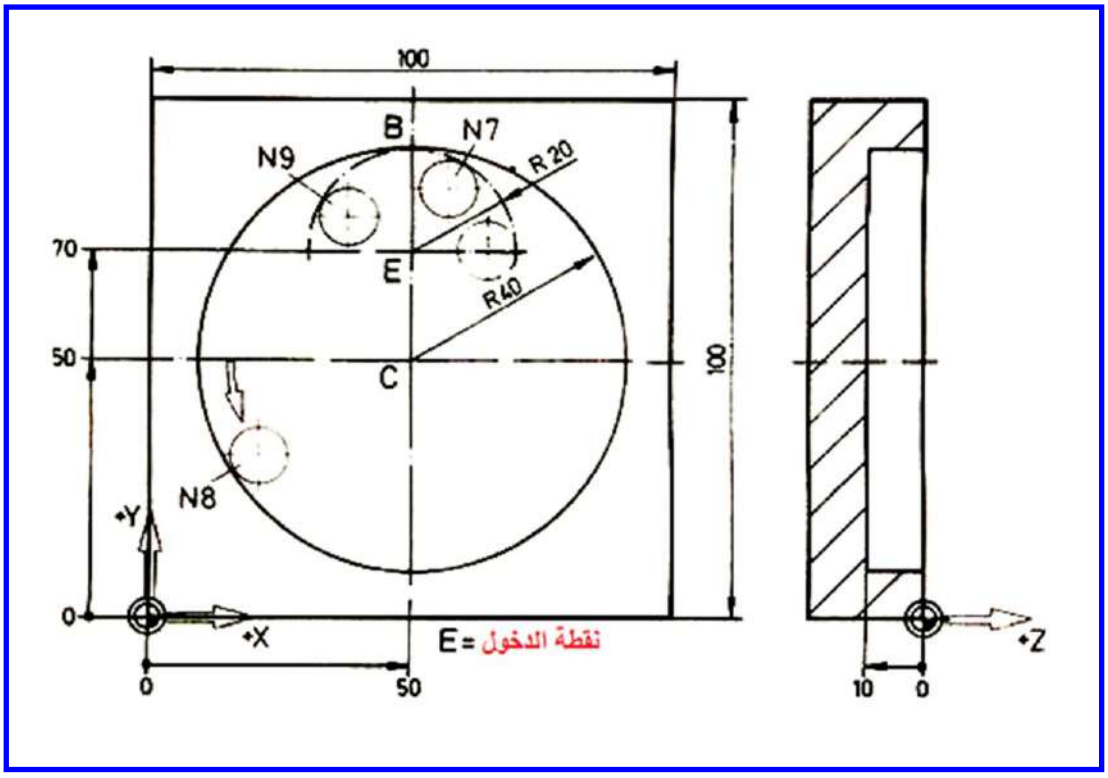
الشكل (4-18) مخطط عمل المثال 1

الجواب

%PM						التعليق
N9022						
N1	G17					العمل في المستوي x-y
N2	G0	X100	Y-20	Z-5	S600	الإقتراب من نقطة البداية
N3	G43	X70				التحرك إلى أعلى المنحنى المغلق
N4	G1				F100	الانتقال في الخطوات القادمة بخط مستقيم
N5	G42		Y55			التفريز في الجانب الأيمن من المنحنى المغلق مع تعويض أداة القطع يميناً
N6	|	X65	Y60			
N7	|	X15				
N8	|	X10	Y55			
N9	|		Y8			
N10	↓	X75				
N11	G40					الغاء التعويض
N12	G0	X0	Y0	Z100	M30	الذهاب إلى نقطة الأصل وانهاء البرنامج

مثال2:

اكتب برنامجا باستخدام الدالة التحضيرية G لتنفيذ المخطط المبين في الشكل (4-19).



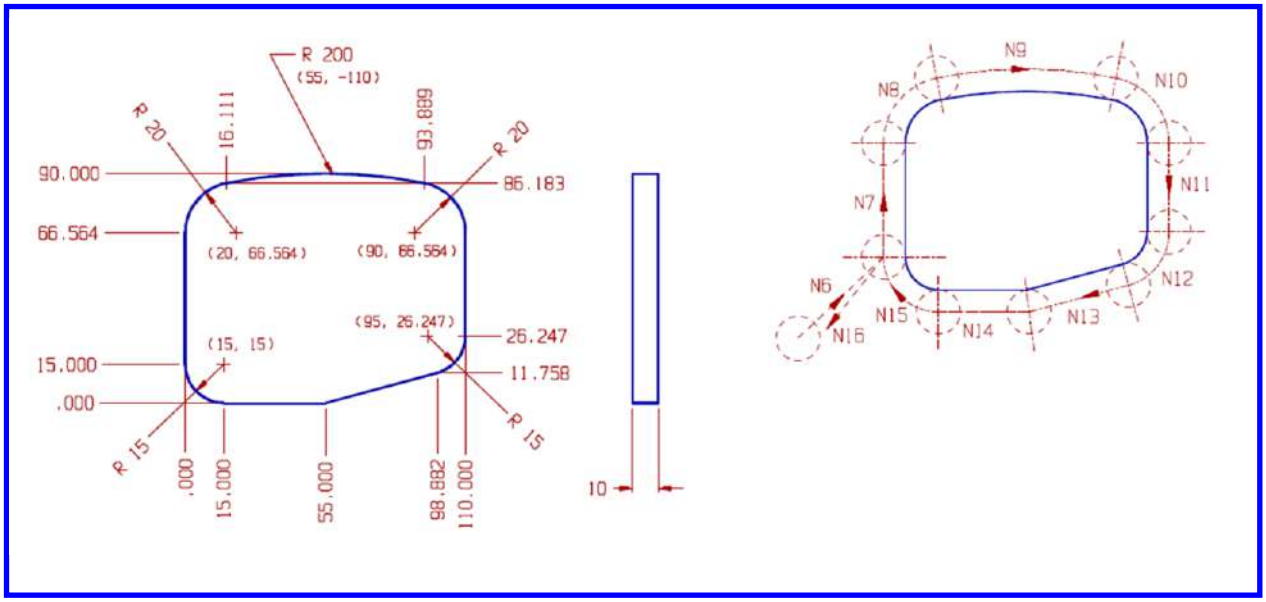
الشكل (4-19) مخطط عمل المثال2

الجواب

%PM						التعليق
N9023						
N1	G17					العمل في المستوي x-y
N2	G54					إعداد احداثيات العمل الاولي
N3	G0	X50	Y70	Z2	S1000	الإقتراب من نقطة الدخول
N4	G1			Z-10	F 50	الإنتقال بخط مستقيم وبتغذية 50 mm/min
N5	G43	X70			F 100	التحرك إلى أعلى المنحني المغلق
N6	G41					التفريز على الجانب الأيسر للمنحني المغلق مع تعويض اداة القطع يساراً
N7	G3	X50	Y90		R 20	
N8	(G3)	(X50)	(Y90)		I50 J50	
N9	(G3)	X30	Y70		R 20	
N10	G40					الغاء التعويض
N11	G0			Z100		الانتقال السريع إلى النقطة المطلوبة
N12		X0	Y0		M30	الذهاب إلى نقطة الأصل وإنهاء البرنامج

مثال3:

اكتب برنامجا باستخدام الدالة التحضيرية G لتنفيذ المخطط المبين في الشكل (4-20) مبيناً دور كل خطوة برمجية من خلال فقرة التعليق (comment).

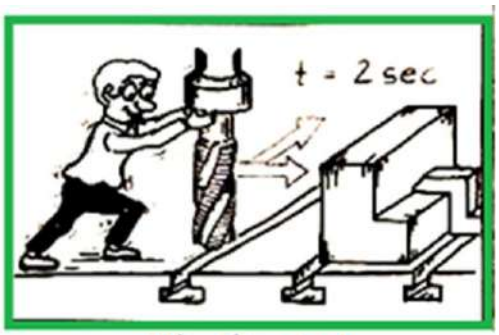


الشكل(4-20) مخطط عمل المثال 3

الجواب

البرنامج	التعليق (comment)
N01 G90	الأبعاد المطلقة
N02 G00 X-30 Y-30 Z100	تحرك مباشر إلى (X-30, Y-30, Z100)
N03 T01	استخدم الأداة رقم 1
N04 G00 Z5 S1000 M03	حركة مباشرة إلة Z5 باتجاه عقارب الساعة بسرعة 1000دورةادقيقة
N05 G01 Z-10 F100	تغذية إلى Z-10بسرعة 100 مماقيقة
N06 G41 G01 X0 Y15 F200	استدعي تعويض أداة القطع إلى اليسار لموقع (X0, Y15) بسرعة 200 مماقيقة
N07 G01 Y66.564	من N07 إلى N15تنفيذ مخطط القطع
N08 G02 X16.111 Y86.183 I20 J0	
N09 G02 X93.889 Y86.183 I38.889 J-196.183	
N10 G02 X110 Y66.564 I-3.889 J-19.619	
N11 G01 Y26.247	
N12 G02 X98.882 Y11.758 I-15 J0	
N13 G01 X55 Y0	
N14 G01 X15	
N15 G02 X0 Y15 I0 J15	
N16 G40 X-30 Y-30	الغاء التعويض وتغذية إلى (X-30, Y-30)
N17 G00 Z100 M30	حركة مباشرة إلى Z100 ، انهاء البرنامج

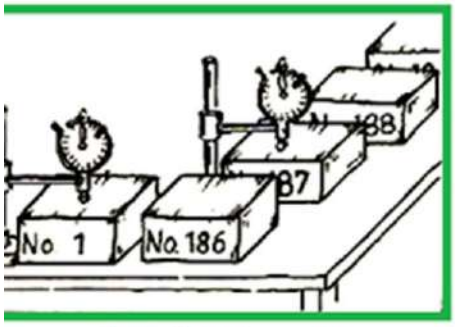
وأخيراً نذكر مواصفات (مميزات) ماكينة CNC والتي يمكن إيضاحها من خلال الأشكال الآتية:



1- زمن تأخير قليل

2- درجة عالية من الدقة

3- نفايات أقل



4- جودة عالية وثابتة

5- تقليل الكلف

6- التخلص من الغش

أسئلة الفصل الرابع

س-1 ما أسباب الحاجة إلى ماكينات التحكم الرقمي بواسطة الكمبيوتر CNC؟

س-3 مم يتكون نظام CNC؟ وضح ذلك من خلال الرسم واشرح إثنين منها.

س-4 ما الفرق بين أنواع أنظمة الأبعاد لماكينة CNC؟ وضح ذلك مع الرسم.

س-5 ما هي مميزات ماكينة CNC؟

س-6 عدد أنواع نظام الدوال التحضيرية (G code) واشرح إثنين منها.

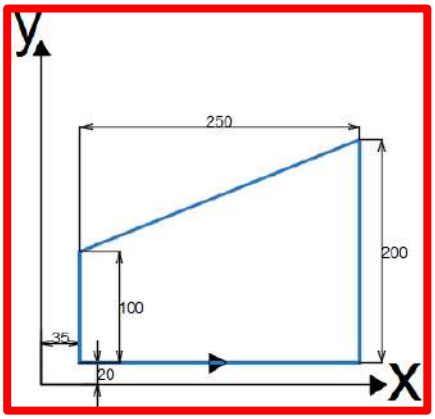
س-7 جد سرعة عمود الدوران S لماكنة تفريز CNC ومعدل التغذية أذا علمت أن سرعة القطع السطية لمادة المشغولة 11متر بالدقيقة وقطر أداة القطع 20 ملم وعدد أسنان أداة القطع 2وحمل الرقاقة لكل سن 0,2؟

س-8 جد سرعة عمود الدوران S لماكنة تفريز CNC ومعدل التغذية أذا علمت أن سرعة القطع السطية لمادة المشغولة 22m/min وقطر أداة القطع20ملم وعدد أسنان أداة القطع 4 وحمل الرقاقة لكل سن 0,25؟

س-9 أكتب برنامج بأستخدام الدالة التحضيرية G لمسار أداة القطع وفق المخطط المجاور لحفر مجرى بعمق 15mm مستخدماَ نظام الابعاد المطلقة علماَ أن

S=1500rpm F= 500mm/min

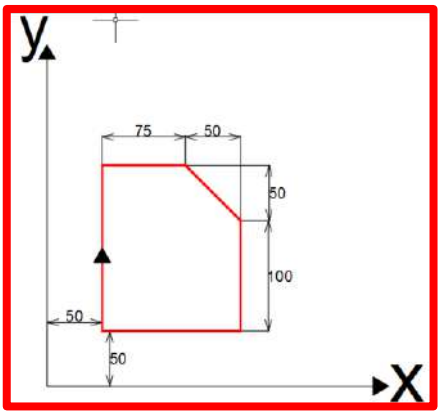
العمل بأتجاه المشار له بالسهم من أوطئ نقطة



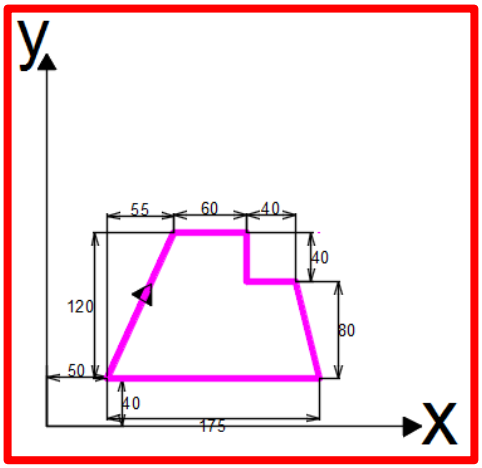
س-10) أكتب برنامج بأستخدام الدالة التحضيرية G لمسار أداة القطع وفق المخطط المجاور لحفر مجرى بعمق 10mm مستخدماَ نظام الابعاد التزايدية علماَ أن:

S=1800rpm F= 200mm/min

العمل بأتجاه عقارب الساعة من أوطئ نقطة



س-11) أكتب برنامج بأستخدام الدالة التحضيرية G لمسار أداة القطع وفق المخطط المجاور لحفر مجرى بعمق 5mm مستخدماً نظام الابعاد المطلقة علماً أن S=1500rpm F= 300mm/min العمل بأتجاه السهم من أوطئ نقطة



تم بعون الله