

PROGRAMMABLE
LOGIC CONTROLLER
PLC

التحكم المبرمج

Session II - الجزء الثانى

مبدأ عمل أجهزة التحكم المبرمج

Dr. Eng. Magd Nasr - 2005

٦-١ مبدأ عمل أجهزة التحكم المبرمج

سنتناول في هذه الفقرة طريقة تنفيذ CPU لبرنامج التشغيل وكذلك زمن استجابة جهاز التحكم المبرمج .

أولا تنفيذ برنامج التشغيل

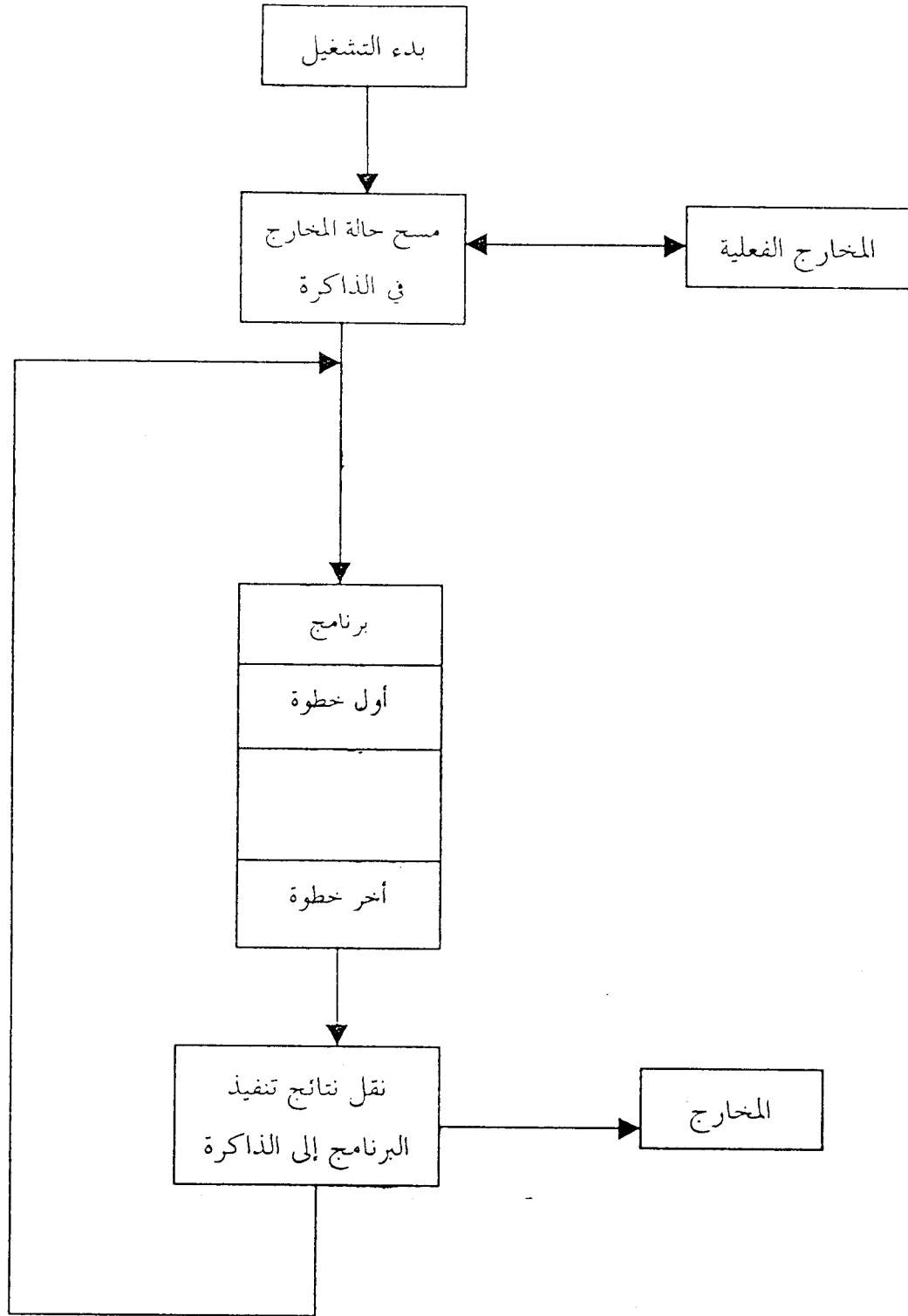
تنفيذ برنامج التشغيل الموجود في RAM تقوم وحدة المعالجة المركزية CPU بإجراء العمليات الآتية :-

- ١- عند بدأ تشغيل جهاز PLC تمسح حالة المخارج في الذاكرة لتصبح 0 .
 - ٢- تنقل حالة المداخل الحقيقية من أجهزة المداخل إلى المساحة المخصصة لها في RAM في صورة 0 أو 1 .
 - ٣- ينفذ برنامج التشغيل خطوة خطوة مع الأخذ في الاعتبار حالة المداخل المخزنة في الذاكرة وليست اللحظية و كذلك حالة وحدات الذاكرة و القيم الجارية للمؤقتات الزمنية و العدادات الخ وتنقل نتائج تنفيذ البرنامج إلى المساحة المخصصة لحالة المخارج في الذاكرة .
 - ٤- تنقل حالة المخارج من الذاكرة إلى المخارج الفعلية .
 - ٥- تكرر الخطوات ٢،٣،٤ بصفة دورية .
- والشكل (١-٣٤) يبين مراحل تنفيذ برنامج التشغيل .

ثانيا زمن الاستجابة Response Time

يعرف زمن الاستجابة لأجهزة التحكم المبرمج بأنه الزمن اللازم لإحداث تغيير في حالة المخارج عند حدوث تغيير في حالة المداخل اللحظية ويساوي هذا الزمن بمجموع الأزمنة الآتية :-

- ١- زمن استجابة أجهزة المداخل .
- ٢- زمن استجابة أجهزة المخارج .
- ٣- زمن تنفيذ البرنامج وهو يتراوح ما بين (1:8 ms) لكل 1 KB من البرنامج .



الشكل (٣٤-١)

٧-١ لغات أجهزة التحكم المبرمج

إن لغات أجهزة التحكم المبرمج هي لغات منخفضة المستوى في العادة Low Level Languages و فيما يلي أهم لغات أجهزة التحكم .

١- الشكل السلمى Ladder Diagram وهي تشبه دوائر التحكم الأمريكية حيث تحتوي

على ريش مفتوحة و أخرى مغلقة تشبه في نظمها السلم وكذلك فهي تحتوي على مخارج تشبه ملفات الكونتاكتورات ولقد قامت الشركة المصنعة لأجهزة التحكم المبرمج بتطوير هذه اللغة بإضافة بعض العمليات الوظيفية والتي تختلف في نظمها من شركة لأخرى مثل المؤقتات الزمنية . والعدادات و عمليات المقارنة و الإزاحة و العمليات الحسابية و المنطقية و حاكمات PID و الساعات المبرجة . . الخ .

٢- قائمة الجمل **Statement List** :- وتتكون هذه اللغة من عنصرين وهما العملية Operation والبيانات Data على سبيل المثال A I0.0 فالعملية هي A أي (AND) و البيانات هي I0.0 أي المدخل (I0.0)

٣- الشكل المنطقي **CSF** :- وهذه اللغة تستخدم في بنائها الرموز المنطقية للبوابات المنطقية وكذلك بعض العمليات الوظيفية و المستخدمة في الشكل السلمي .

٤- خريطة التدفق التتابعية **Grafcet** :- وهذه اللغة تستخدم لعمل برامج العمليات الصناعية والتي تتكون من مجموعة من المراحل التابعية وهي تشبه لحد كبير خرائط التدفق المستخدمة أثناء إعداد برنامج الكمبيوتر .

و تقوم بعض الشركات المصنعة لأجهزة التحكم المبرمج باستخدام لغات عالية المستوى تشبه في نظمها لغة البيسك Basic خصوصا عند عمل اتصالات بين مجموعة من أجهزة التحكم المبرمج في شبكة محلية LAN وفي الحقيقة تختلف لغات أجهزة التحكم المبرمج السابقة في نظمها من شركة لأخرى و لكنها اختلافات بسيطة و معرفة القارئ باللغات المستخدمة في هذا الكتاب ستمكنه إن شاء الله من التعامل مع أي جهاز تحكم مبرمج بسهولة و يسر خصوصا بعد الاطلاع على دليل استخدامه .

و عادة فإن معظم أجهزة التحكم المبرمج يمكن أن تعمل بمعظم اللغات السابقة و لكن إمكانية استخدام أي لغة يعتمد على :-

١- نوع جهاز البرمجة المستخدم (ارجع للفقرة ٢-٥) .

٢- إمكانيات الشخص القائم بعمليات البرمجة فمثلا مهندسي و فني الكهرباء يفضلون الشكل السلمي و مهندسي و فني الالكترونيا يفضلون الشكل المنطقي أو قائمة الجمل أو خريطة التدفق التتابعية .

٣- نوعية العملية المطلوب تنفيذها و زمن تنفيذ البرنامج المطلوب فمثلا لغات أجهزة PLC المنخفضة يفضل استخدامها في العمليات الثنائية و المؤقتات الزمنية والعدادات و عمليات

المقارنة والإزاحة والحسابات و الحاكنات PID والساعات المربرجة ... الخ في حين يفضل استخدام اللغات العالفة في تدول و نقل المعلومات و عملية الاتصلات بين مجموعة الأجهزة الطرففة في الشبكات المحلية LAN .

١-٨ اختيار أجهزة التحكم المربرج

هناك بعض المواصفات الفنفة لاختيار أجهزة التحكم المربرج نذكر منها مايلي :-

- ١- عدد المداخل الرقمية و التناظرفة المطلوبة .
- ٢- عدد المخارج الرقمية و التناظرفة المطلوبة .
- ٣- أعداد وأنواع العمليات الوظيففة المتاحة .
- ٤- سعة ذاكرة RAM لجهاز PLC تبعاً لحجم البرنامج المطلوب .
- ٥- زمن تنفيذ البرنامج لكل 1 KB من حجم البرنامج .
- ٦- نوعفة الذاكرة الداخلفة لجهاز PLC علي سبيل المثال (CMOS RAM) فهففة مناسبة للعمل بالبطاريات عند انقطاع التيار الكهربفف لأنها تستهلك قدرة صغيرة جداً أو هففة EPROM... الخ علماً بأن أجهزة PLC تحتوي على ذاكرة RAM لتخزين البيانات التي تتغير بصفة مستدفة .
- ٧- هل جهاز PLC من النوع المتكامل Compact (إذا لم يكن متوقع حدوث تطورات مستقبلفة في العملية الصناعفة)؟
- ٨- هل جهاز PLC من النوع المجرأ Moduled (إذا كان متوقع حدوث تطورات مستقبلفة في العملية الصناعفة) ؟
- ٩- هل جهاز PLC يتعامل مع اللغات المنخفضة المستوى فقط أو المنخفضة والعالفة أيضاً ؟
- ١٠- هل جهاز PLC قادر على التحكم في سرعة المحركات فهو مزود بحاكم تناسبي تفاضلي تكاملي ؟
- ١١- هل جهاز PLC غير قادر على التحكم في سرعة المحركات ؟
- ١٢- هل جهاز PLC قادر على إعطاء تقارير مفصلة عن الإنتاج Documentation ؟
- ١٣- في أي ظروف يعمل جهاز PLC (درجات حرارة عادية-مرتفعة-يوجد اهسترازات أو لا يوجد) ؟
- ١٤- هل جهاز PLC قادر على إعطاء تقارير مفصلة عن الأعطال التي تطرأ به Diagonestic ؟

١٥- هل جهاز PLC سيعمل داخل شبكة محلية؟ و هل سيعمل تابع أو قائد؟ و ما هو نوع
الموافق Interface الذي يلزمه لربطه مع الشبكة؟
و الملحق رقم (١) يعرض المواصفات الفنية لأجهزة PLC's المناسبة تبعاً للمواصفات الفنية
المطلوبة .

الأجهزة المصاحبة لأجهزة التحكم المبرمج

٢-١ أجهزة المداخل الرقمية

وهذه الأجهزة توصل بمدخل أجهزة التحكم المبرمج الرقمية و تعطي بيان عن ظروف التشغيل للعمليات الصناعية أو الآلة وكذلك تمكن المشغل من إعطاء أوامر التشغيل من خلال مجموعة الضواغط والمفاتيح .

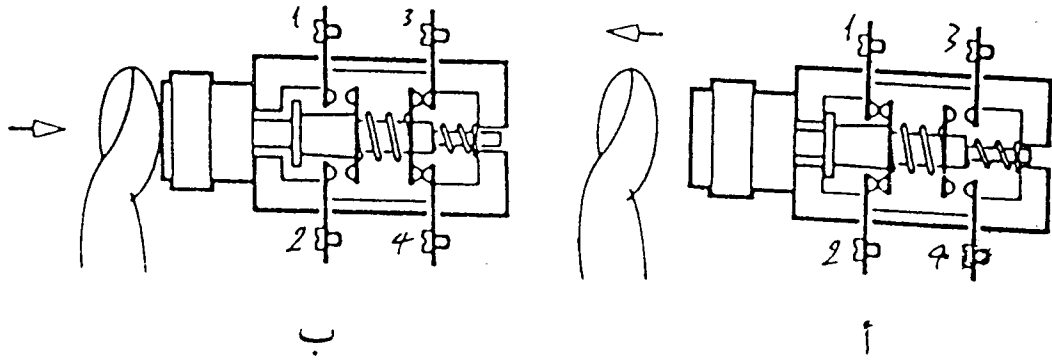
وجميع هذه الأجهزة تحتوي على ريش تلامس إما مفتوحة طبيعيا ON أو مغلقة طبيعيا NC أو ريش قلاب CO و فيما يلي أهم أجهزة المداخل الرقمية .

١-الضواغط اليدوية	Push Buttons
٢-المفاتيح اليدوية	Switches
٣-مفاتيح نهاية المشوار الميكانيكية	Limit Switches
٤-المفاتيح التقاربية	Proximity Switches
٥-الخلايا الضوئية	Photo Cells
٦-مفاتيح العوامات	Float Switches
٧-مفاتيح الضغط	Pressure Switches
٨-مفاتيح درجة الحرارة	Thermostates
٩-مفاتيح التدفق	Flow Switches

٢-١-١ الضواغط والمفاتيح اليدوية

تشابه الضواغط و المفاتيح الانضغاطية في أن كلا منهما يحتوي على مجموعة من ريش التلامس منها الريش المفتوحة طبيعيا NO ومنها المغلقة طبيعيا NC أما الفرق بينها ففي خواص التشغيل فالمفتاح الانضغاطي عند الضغط على رأسه يعكس ريش تلامسه فتصبح الريشة المفتوحة طبيعيا NC مفتوحة والعكس بالعكس و يظل الحال على هذا الوضع حتى بعد إزالة الضغط على رأس المفتاح ولكن عند الضغط مرة ثانية على رأس المفتاح تعود ريشة تلامس المفتاح لوضعها الطبيعي أما الضاغط فيعكس حالة ريش تلامسه أثناء الضغط على رأسه فقط ولكن بمجرد إزالة الضغط عن رأسه تعود ريشة تلامسه لوضعها الطبيعي و في الشكل (٢-١) قطاعين لضاغط يحتوي على ريشة NO و أخرى NC في وضعين مختلفين الأول في الوضع الطبيعي (الشكل أ) والثاني في وضع

التشغيل (الشكل ب) .



الشكل (١-٢)

و توجد عدة صور من الضواغط مثل :-

ضاغط تشغيل ON - ضاغط إيقاف OFF - ضاغط طوارئ Emergency وكذلك توجد

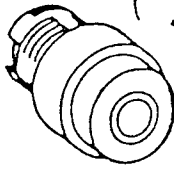
عدة صور من المفاتيح مثل :-

المفاتيح الانضغاطية- المفاتيح الدوارة ذات الموضعين- المفاتيح الدوارة ذات الثلاث مواضع الخ

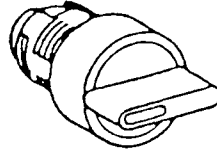
- المفاتيح الدوارة ذات القفل .

والشكل (٢-٢) عدة نماذج لرؤوس الضواغط والمفاتيح .

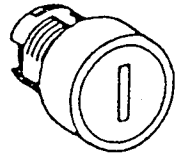
(الرؤوس)



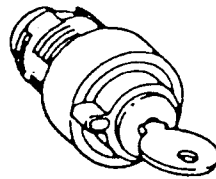
ضاغط إيقاف



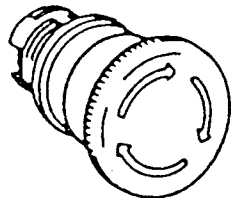
مفتاح اختيار



مفتاح تشغيل



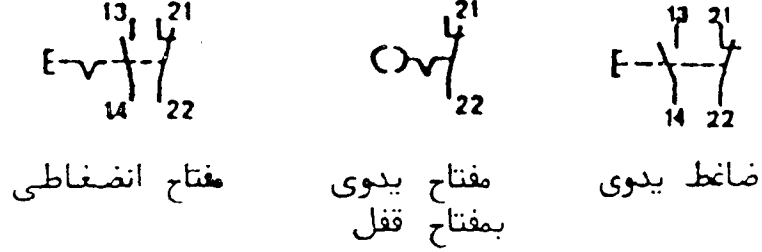
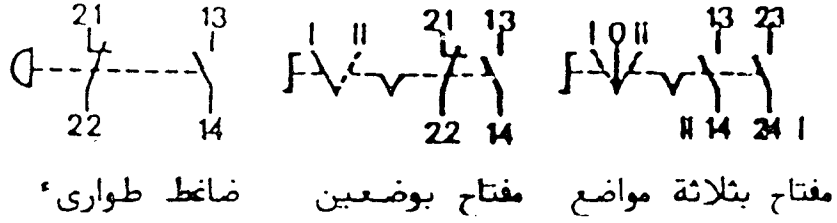
مفتاح اختيار بمفتاح



ضاغط طوارئ

الشكل (٢-٢)

والشكل (٣-٢) يعرض الرموز الكهربائية العالمية للضواغط والمفاتيح .



الشكل (٢-٣)

والجدول (١-٢) يوضح الألوان الخاصة بالضواغط واستخدامها

الجدول (١-٢)

اللون	الاستخدام
أحمر	إيقاف Stop - إيقاف الطوارئ Emergency
أخضر وأسود	بدء تشغيل Start التشغيل ON
أصفر	إعادة دورة التشغيل للعملية الصناعية لبدائها
أبيض أو أزرق فاتح	التحكم في العملية الثانوية التي لا ترتبط بدورة تشغيل النظام







والجدول (٢-٢) يبين الرموز الخاصة بالحركات و التي توضع أحيانا على الضواغط

الجدول (٢-٢)

الرمز	المدلول	الرمز	المدلول
→	حركة خطية في اتجاه اليمين.	↶	الدوران في اتجاه اليمين ومحدد.
↔	حركة خطية في الاتجاهين.	↻	الدوران مستمر أو تشغيل دائم.
↔↶	حركة خطية في اتجاه اليمين تنعكس مرة واحدة عند حد معين.	↻*	لفة واحدة أو دورة تشغيل واحدة.
↔↶↶	حركة خطية محددة وترددية.	↻*/min	اللفات لكل دقيقة فقط.
↻	اتجاه الدوران في اتجاه اليمين		
↻	الدوران في الاتجاهين.		

والجدول (٣-٢) يعرض رموز التشغيل والتي توضع أحيانا على الضواغط أو لمبات البيان.

الجدول (٢-٣)

الرمز	المدلول	الرمز	المدلول
	تشغيل		تشغيل أتوماتيكي
	إيقاف أو فصل		تشغيل عند الضغط المستمر على الضاغط
	تشغيل أو إيقاف		إيقاف طوارئ ولونه أحمر

٢-١-٢ مفاتيح نهاية المشوار الميكانيكية

وتستخدم هذه المفاتيح إما في التحكم في الأجسام المتحركة أو التحكم في الحركة المكررة ويعمل مفتاح نهاية المشوار الميكانيكي نتيجة ضغط عنصر الفعل للمفتاح فتتحول ريش تلامسه المفتوحة طبيعياً NO إلى مغلقة و الريش المغلقة طبيعياً NC إلى مفتوحة .

و توجد عدة أشكال لرأس عنصر الفعل لها كما هو مبين بالشكل (٢-٤) وهم كما يلي :-

مفتاح بذراع يدفع باليد في أي اتجاه (الشكل أ)

مفتاح بعجلة يمكن رفعها أو خفضها تدفع بكامه تتحرك يمينا أو يسارا (الشكل ب)

مفتاح بعجلة تدفع بكامة تتحرك يمينا أو يسارا (الشكل جـ)

مفتاح بعجلة تدفع بكامة تتحرك إلى أعلى (الشكل د)

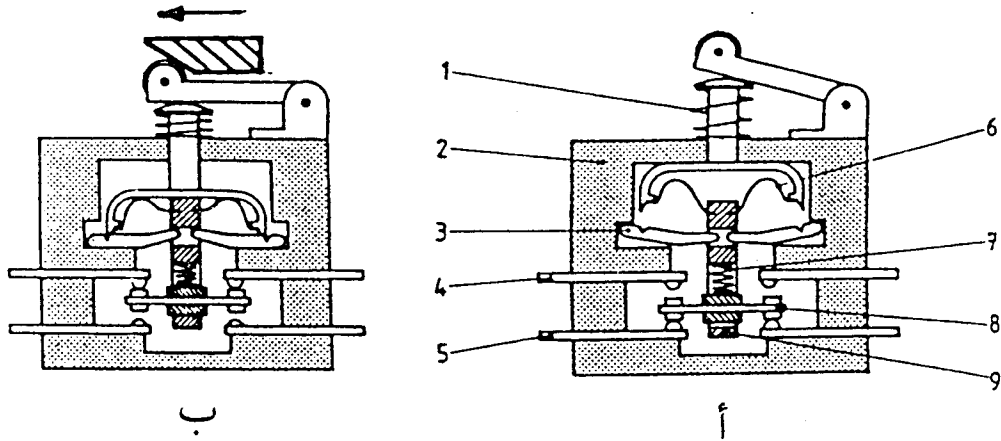
مفتاح بعجلة تدفع بكامة تتحرك يمينا (الشكل هـ)



الشكل (٢-٤)

وعادة فإن عنصر الفعل للمفتاح يقوم بدفع ريش تلامس المفتاح و التي تكون في الغالب عبارة عن ريشتين NO+NC أو ريشة قلاب CO والشكل (٢-٥) يبين قطاعين لمفتاح نهاية مشوار

بخابور وعجلة لها حرية الحركة في اتجاه اليسار أحدهما في الوضع الطبيعي (الشكل أ) والثاني في وضع التشغيل تحت تأثير ضغط كامرة على عجلة المفتاح (الشكل ب).

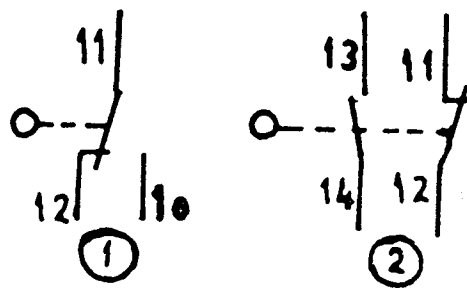


الشكل (٢-٥)

حيث أن :-

عنصر الفعل (خابور يدفع بعجلة من الصلب)	1	كامرة توجيه أذرع الدفع	6
جسم المفتاح	2	ياي إرجاع	7
ذراع دفع حامل الريشة المتحركة	3	ريشة متحركة	8
ريشة مفتوحة	4	حامل الريشة المتحركة	9
ريشة مغلقة	5		

والشكل (٢-٦) رموز مفتاح نهاية المشوار الميكانيكية فالرمز 1 لمفتاح نهاية مشوار بريشة قلاب CO و الرمز 2 لمفتاح نهاية مشوار بريشتين NO+NC



الشكل (٢-٦)

٢-١-٣ المفاتيح التقاربية Proximity Switches

تنقسم المفاتيح التقاربية إلى ثلاثة أنواع تبعا لنظرية عملها وهم :-

١- مفاتيح تقاربية حثية و يبنى عملها على توليد مجال مغناطيسي يتغير عند اقتراب جسم معدني

مغناطيسي مثل الحديد .

٢- مفاتيح تقاربية سعوية :- ويبني عملها على توليد مجال كهربى يتغير عند اقتراب جسم عزل كهربى منها .

٣- مفاتيح تقاربية مغناطيسية :- حيث تنعكس ريشة المفتاح عند اقتراب مغناطيس دائيم لها وعادة فإن هذا المغناطيس يثبت على مكابس الأسطوانات الهوائية .

مميزات المفاتيح التقاربية :-

- ليس بها أجزاء متحركة

- عمرها لا يتأثر بعدد مرات التشغيل و الفصل و لا بمعدل التشغيل

- لا تتأثر بالرطوبة ولا بالزيت ولا بالأتربة

- لها استجابة سريعة جدا عند اقتراب جسم غريب منها مما يقلل من التيار العابر وتراوح

مسافة إحساسها ما بين 0:40 mm ولكل مفتاح تقاربي مسافة إحساس تعتمد على تصميمه

و من العوامل المهمة في اختيار المفتاح التقاربي المناسب ما يلي :-

١- معرفة نوع الأجسام التي ستقرب من المفتاح :- فإذا كانت من الحديد يستخدم النوع

الحثي وإذا كانت عازلة كهربيا يستخدم المفتاح السعوي وإذا كان وضع أسطوانة يستخدم

المفتاح المغناطيسي .

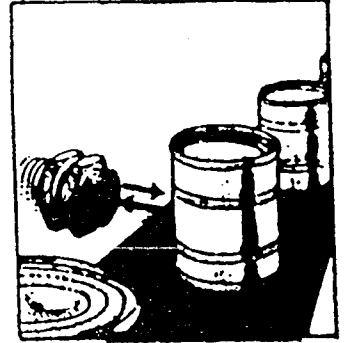
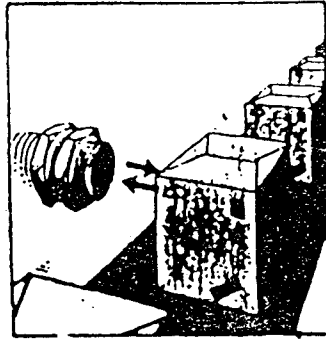
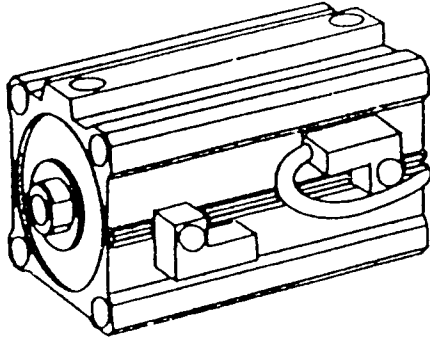
٢- مسافة الإحساس :- وهي أكبر مسافة يشعر عندها المفتاح باقتراب جسم غريب منه ويقوم

حينئذ بتغيير وضع ريشة تلامس فتصبح المفتوحة طبيعيا NO مغلقة والعكس بالعكس .

و الشكل (٧-٢) يبين صورة لمفتاح حتى يستخدم في عملية عد براميل حديدية (الشكل أ)

وصورة لمفتاح سعوي يستخدم في عملية عد صناديق من الكرتون (الشكل ب) و صورة لمفتاحين

مغناطيسيين يستخدمان في تتبع وضع مكبس أسطوانة (الشكل ج) .



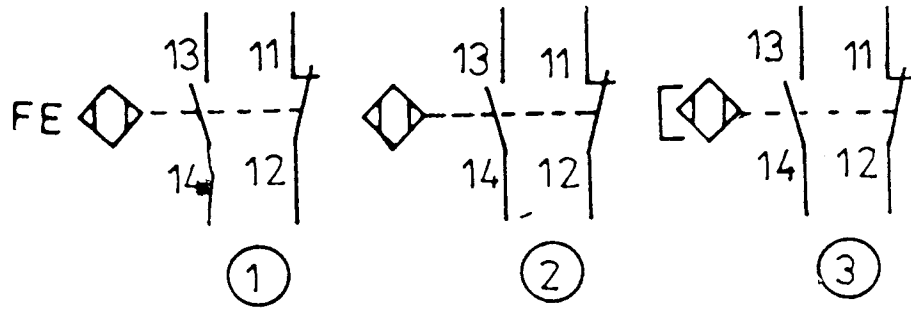
ج

ب

أ

الشكل (٧-٢)

و الشكل (٨-٢) يعرض الرموز العالمية للمفاتيح التقاربية فالرمز 1 لمفتاح تقاربي حثي و الرمز 2 لمفتاح تقاربي سعوي و الرمز 3 لمفتاح تقاربي مغناطيسي



الشكل (٨-٢)

٢-١-٤ مفاتيح الخلايا الضوئية

تتميز الخلايا الضوئية عن المفاتيح التقاربية بمدى التشغيل الكبير الذي يتراوح ما بين عدة ملسي مترات إلى عدة أمتار كما أنها تعمل مع أي نوع من الأجسام سواء كانت عازلة كهربيا أو موصلة كهربيا .

ويمكن تقسيم الخلايا الضوئية حسب أنظمة عملها إلى :-

١- نظام الطريق الواحد :- حيث يثبت المرسل Transmitter والمستقبل Receiver

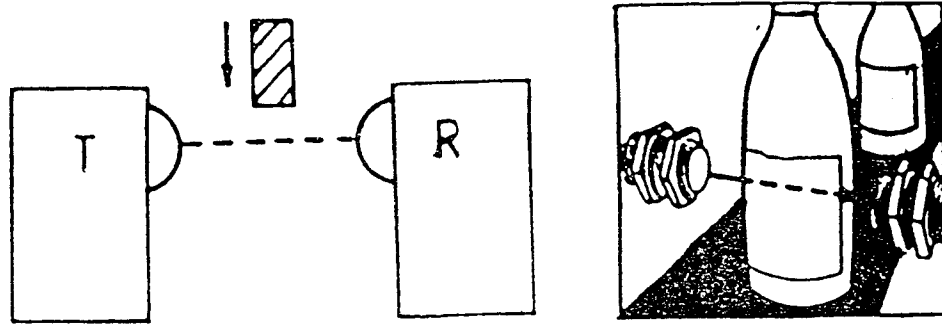
للخلية الضوئية عند ركني المنطقة المراد اكتشاف أي جسم غريب يمر فيها و أقصى مسافة بين المستقبل و المرسل في هذا النظام ثلاثون مترا ويساعد هذا النظام على اكتشاف حركة الأجسام الغير شفافة والغير عاكسة .

٢- النظام الانعكاسي :- حيث يكون المستقبل و المرسل مجتمعين معا في غلاف واحد وتحتاج

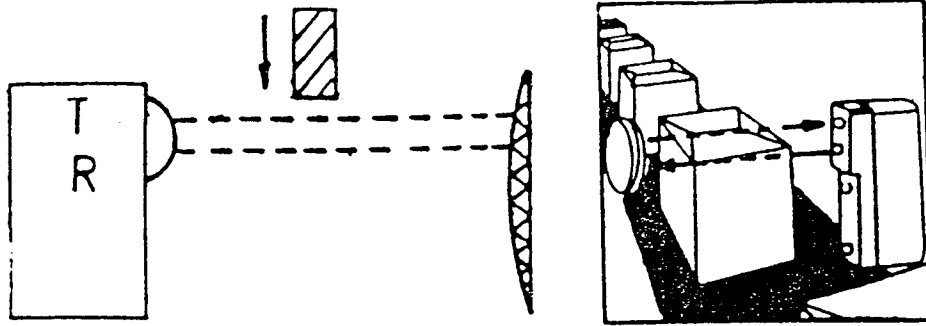
الخلايا الضوئية التي تعمل بهذا النظام لسطح عاكس و يتلخص مبدأ عمل هذا النظام على أن المرسل يرسل أشعة تحت الحمراء وعندما تصدم هذه الأشعة بالسطح العاكس ترتد لتسقط على المستقبل وهذا يمثل الوضع الطبيعي . أما إذا مر جسم غريب بين الخلية والعاكس فإن الأشعة تحت الحمراء لن ترتد مرة أخرى إلى المستقبل الموجود داخل الخلية . وهنا يتغير وضع ريشة تلامس الخلية الضوئية و أقصى مسافة بين الخلية و العاكس عشرة أمتار . ويستخدم هذا النظام لاكتشاف حركة الأجسام التي تعكس الأشعة الضوئية .

٣- النظام التقاربي :- ويوضع المرسل و المستقبل داخل غلاف واحد بحيث أن المرسل يرسل أشعة فوق بنفسجية وعندما يمر جسم غريب في منطقة عملها تصطدم هذه الأشعة لتسقط على المستقبل فيتغير وضع ريشة التلامس لمفتاح وأقصى مسافة بين الخلية و الجسم المتحرك ثلاثون سنتيمترا و يستخدم هذا النظام لاكتشاف حركة الأجسام الشفافة والعاكسة والشكل (٢-٩) يوضح نظرية عمل هذه الأنظمة حيث أن :-

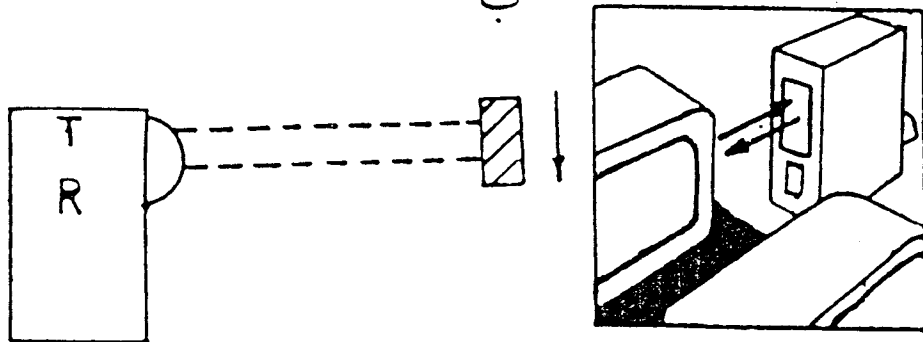
الشكل (أ)	نظام الطريق الواحد
الشكل (ب)	نظام الانعكاسي
الشكل (ج)	نظام التقاربي



نظام الطريق الواحد
أ



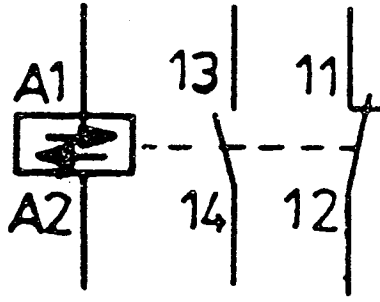
النظام الانعكاسي
ب



النظام التقاربي
ج

الشكل (٢-٩)

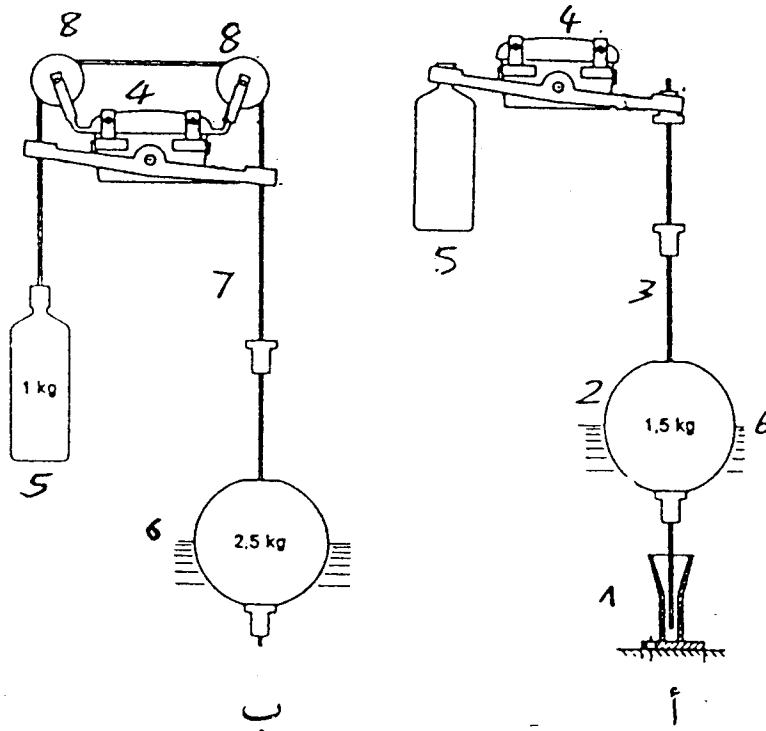
والشكل (٢-١٠) يعرض رمز خلية ضوئية غير قياسي حيث أن أطراف A1, A2 أطراف ملف الخلية و
يوصلا بجهد المصدر أما 13-14 فهيا أطراف ريشة مفتوحة طبيعيا NO و الأطراف 11-12
أطراف ريشة مغلقة طبيعيا NC.



الشكل (٢-١٠)

٢-١-٥ مفاتيح العوامات

وهي تستخدم في التحكم في تشغيل المضخات الكهربائية تبعاً لمستوى السوائل في الخزانات والذي يتم تحديده بواسطة مجموعة من مفاتيح العوامات مثبتة على مستويات مختلفة ويمكن استخدام مفاتيح العوامات لبيان مستوى السوائل داخل الخزانات و الشكل (٢-١١) يعرض المسقط الرأسي النوعين من مفاتيح العوامات .



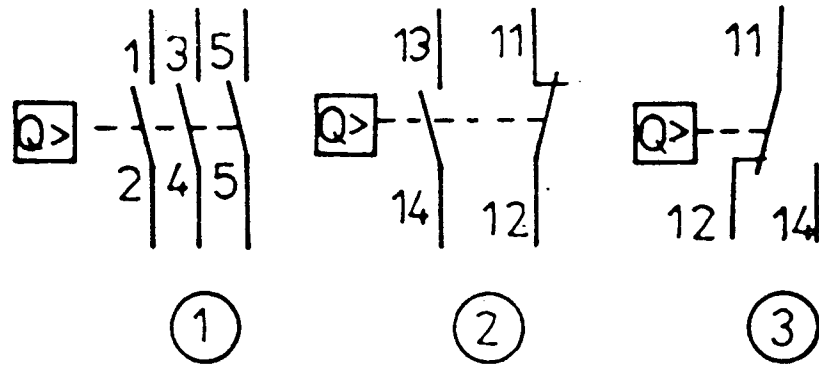
الشكل (٢-١١)

حيث أن :-

- | | |
|---|-----------------------|
| 1 | مكبس يثبت أسفل الخزان |
| 2 | كرة من البلاستيك |
| 3 | عمود |

4	المفتاح
5	وزن معاكس
6	منسوب السائل
7	حبل
8	بكرة

فالشكل (أ) لمفتاح عوامة بعمود ويستخدم عندما تسبب المضخات المستخدمة دوامات شديدة والشكل (ب) لمفتاح عوامة بحبل ويستخدم عندما تكون عملية الضخ خالية من الدوامات . والشكل (٢-١٢) يبين الرموز الكهربائية للأنواع المختلفة للعوامات فالرمز 1 لمفتاح عوامة بثلاثة أقطاب والرمز 2 لمفتاح عوامة بريشتين NO+NC والرمز ثلاثة لمفتاح عوامة بريشة قلاب CO .



الشكل (٢-١٢)

٢-١-٦ مفاتيح الضغط والخلخلة

صممت هذه المفاتيح لتنظيم و مراقب الضغط والخلخلة في دوائر الموائع (السوائل والغازات) وتحتوي هذه المفاتيح إما على ريشة تحكم كالمستخدمة في مفاتيح نهاية المشوار الميكانيكية أو تحتوي على ريشة تلامس رئيسية لفصل ووصل المحركات مباشرة .

ويوجد نوعان من هذه المفاتيح تبعا لطريقة ضبطها :-

النوع الأول :- يضبط عند القيمة العظمى للضغط فمثلا إذا ضبط المفتاح على ضغط 7 ضغط جوي فإننا نلاحظ أنه عندما يصل ضغط المائع لهذه القيم تتغير حالة المفتاح لوضعه الطبيعي ويقال في هذه الحالة فرق الضغط Δp هذا المفتاح يساوي :-

$$\Delta p = P_{off} - P_{on}$$

حيث أن ضغط القطع P_{off}

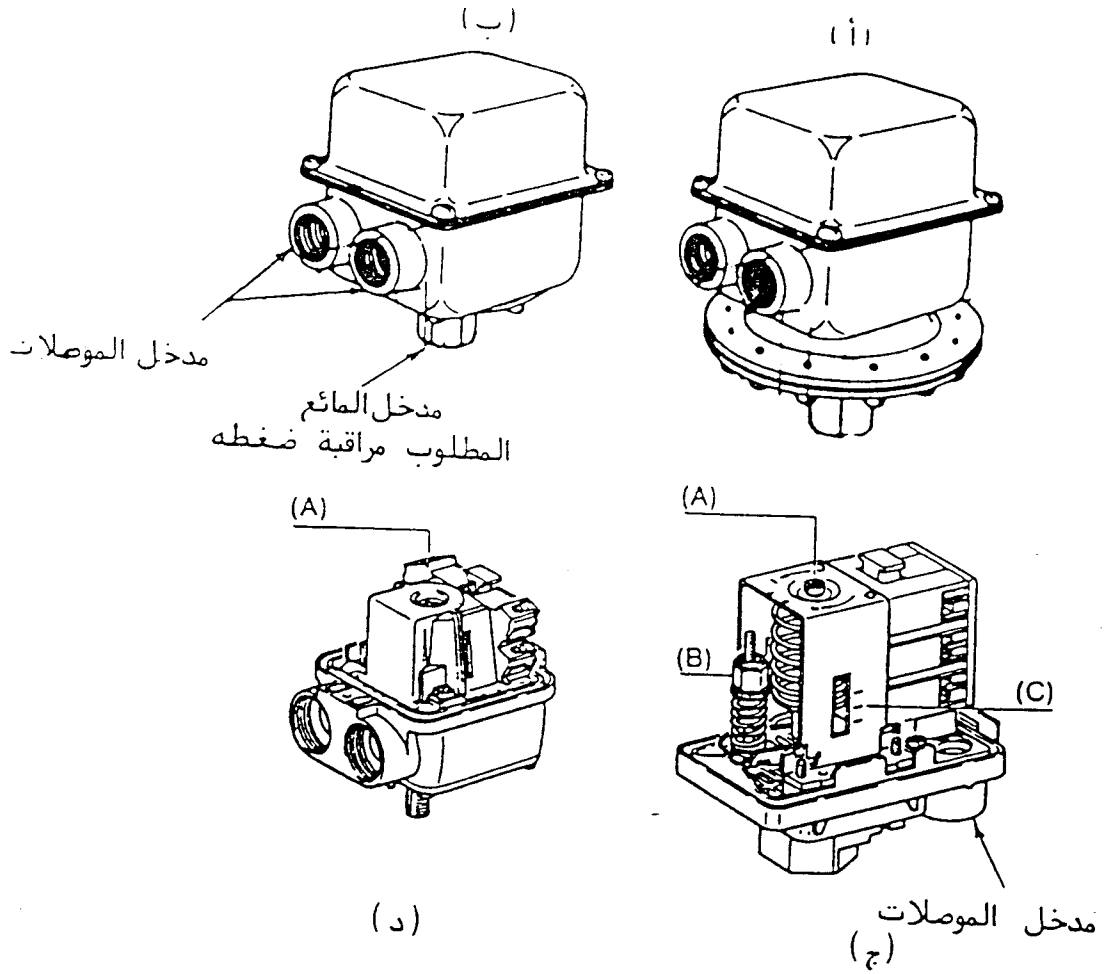
ضغط الوصل P_{on}

و يساوي في هذا المثال 4 ضغط جوي وهو ثابت في هذا النوع و يختلف في من مفتاح لآخر تبعاً لتصميمه .

النوع الثاني :- وفيه يتم ضبط كلا من ضغط القطع P_{off} و كذلك الضغط الفرقى Δp ويكون مزوداً بمكانين للمعايرة فمثلاً لو ضبط P_{off} على 8 ضغط جوي و ضبطت Δp على 3 ضغط جوي فإن ريشة تلامس المفتاح تنعكس عند وصول ضغط المائع إلى 8 ضغط جوي و تعود ريشة تلامس المفتاح لوضعها الطبيعي عند وصول ضغط المفتاح إلى 5 ضغط جوي . وتستخدم هذه المفاتيح في التحكم في الضواغط الهوائية و المضخات الهيدروليكية ومضخات الماء و السوائل الأخرى .

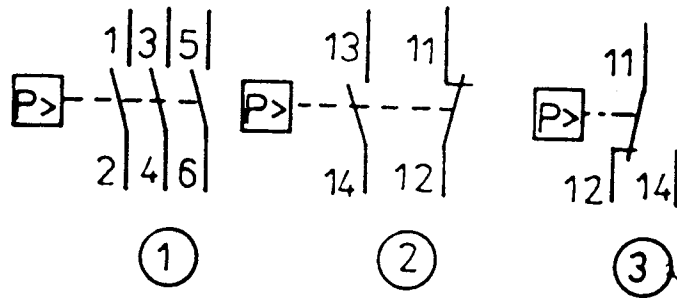
وتعمل مفاتيح الضغط و الخلخلة إما بغشاء مطاطي Diaphragm أو مكبس Piston وبالشكل (٢-١٣) عدة نماذج لمفاتيح الضغط فالشكل (أ) لمفتاح ضغط بغشاء و الشكل (ب) لمفتاح ضغط بمكبس و الشكل (ج) لمفتاح ضغط بغشاء مطاطي مكشوف عنه غطاؤه و يحتوي المسامر A لمعايرة ضغط القطع P_{off} و الصامولة B لضبط الضغط الفرقى Δp أما التدرج C لمعرفة قيمة ضغط القطع .

والشكل (د) هو لمفتاح ضغط بمكبس مكشوف عنه غطاؤه حيث إن المسامر A لمعايرة ضغط القطع P_{off} .



الشكل (٢-١٣)

والشكل (٢-١٤) يعرض رموز مفاتيح الضغط فالرمز 1 لمفتاح ضغط بثلاثة أقطاب و الرمز 2 لمفتاح ضغط بريستين NO+NC والرمز 3 لمفتاح ضغط ريشة قلاب CO .



الشكل (٢-١٤)

٢-١-٧ مفاتيح درجة الحرارة

يسمى مفاتيح درجة الحرارة بالترموستات و تنقسم مفاتيح درجة الحرارة تبعاً لطريقة ضبطها

إلى نوعين وهما :-

١- مفاتيح درجة حرارة بمكان معايرة واحد لدرجة حرارة القطع T_{off} - ويكون فرق درجات الحرارة لها ΔT ثابت وقيمته تعتمد على تصميم المفتاح

٢- مفاتيح درجة حرارة بمكانين لمعايرة أحدهما درجة حرارة القطع T_{off} والثاني لمعايرة درجة الحرارة الفرقية ΔT - والمعادلة التالية توضح فكرة عمل مفاتيح درجة الحرارة في حالة التسخين

$$T_{off} = \Delta T + T_{on}$$

فمثلا إذا ضبطت درجة حرارة القطع عند 80 C ودرجة الحرارة الفرقية 30 C فعند وصول درجة الحرارة إلى 80 C تنعكس حالة ريشة المفتاح وعند انخفاض درجة الحرارة وصولا إلى 50 C تعود ريشة المفتاح لوضعها الطبيعي .

والمعادلة التالية توضح فكرة عمل مفاتيح درجة الحرارة عند التبريد

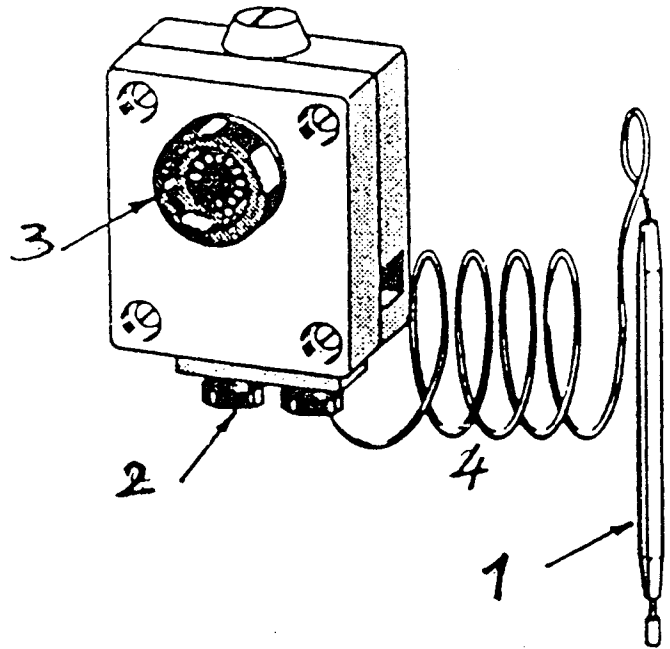
$$T_{on} = T_{off} + \Delta T$$

فمثلا إذا ضبطت درجة الحرارة القطع عند 20 C وضبطت درجة الحرارة الفرقية عند 10 C فعندما تكون درجة حرارة دورة التبريد عند 10 C أو أكبر تكون ريش المفتاح كما هي وعندما تصل درجة حرارة دورة التبريد إلى 20 C تنعكس حالة ريش المفتاح . وعادة تستخدم مفاتيح درجة الحرارة في الأفران الكهربائية وأنظمة التبريد والتكييف والعمليات الكيميائية الخ

والشكل (١٥-٢) يعرض نموذج لمفتاح

درجة حرارة يستخدم في أنظمة التكييف

حيث أن :-



1 بحس درجة الحرارة (بصيلة)

2 مدخل المحصلات الكهربائية

3 مكان معايرة درجة حرارة القطع

أنبوبة شعيرية توصل بين البصيلة

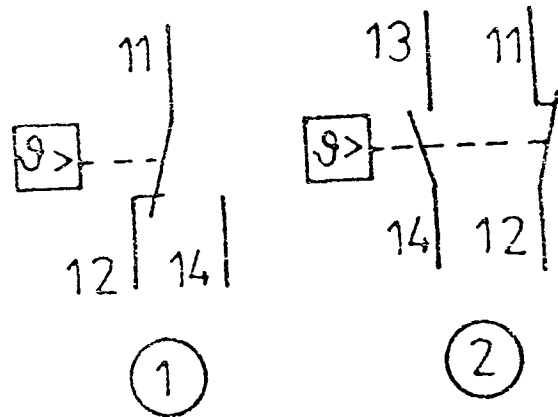
4 والمفتاح

حيث توضع بصيلة المفتاح على المكان

المراد متابعة درجة حرارته .

الشكل (١٥-٢)

والشكل (٢-١٦) يبين رموز مفاتيح درجة الحرارة فالرمز 1 لمفتاح درجة حرارة بريشة قلاب CO والرمز 2 لمفتاح درجة حرارة بريشتين NO+NC .



الشكل (٢-١٦)

٢-٢ أجهزة المداخل التناظرية

ويطلق على هذه الأجهزة الخمسات Transducers ويوجد نوعان من هذه الأجهزة وهما:-

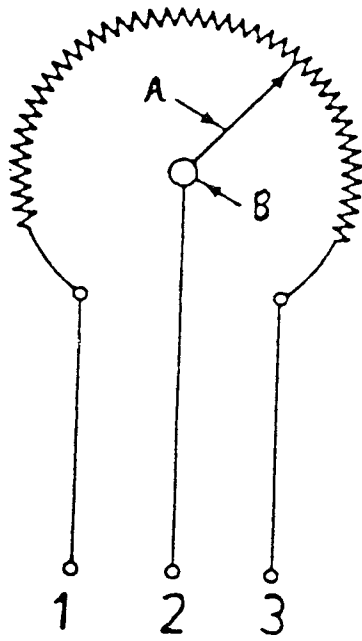
١- مجسات غير فعالة Passive :- وتكون عبارة عن عبارة متغيرة تعتمد قيمتها على خرج النظام

٢- مجسات فعالة Active :- ويكون خرجها إما إشارة جهد $0:10\text{ V}$ أو $0:1\text{ V}$ أو إشارة تيار $0:20\text{ mA}$ تعتمد قيمتها على خرج النظام على سبيل المثال مولد التاكو الذي يستخدم لتحويل سرعة الدوران بجهد كهربائي يتناسب مع السرعة فإذا كانت سرعة المحرك 1500 Rpm وكان خرج التاكو $+5\text{ V}$ فإن هذا يعني أن معامل تحويل التاكو هو 300 Rpm/V و بالتالي عندما تصبح سرعة المحرك 1200 Rpm يصبح خرج مولد التاكو مساويا $4\text{ V} = 1200/300$ وهكذا . وفي الفقرات القادمة سنتناول بإيجاز الأنواع المختلفة للمجسات التناظرية .

٢-٢-١ مجسات الحركة الزاوية Angular- Displacement Transducer

يعتبر مجزئ الجهد الدوار من أهم مجسات الحركة الزاوية لجهد فعند دوران ذراع مجزئ الجهد في اتجاه عقارب الساعة تزداد المقاومة بين النقطتين 1,2 ، وعند دوران ذراع المجزئ في عكس اتجاه عقارب الساعة تقل المقاومة بين النقطتين 1,2 ويمكن تسليط جهد مستمر $+10\text{ V}$ مثلا بين النقطتين 1,3 للحصول على خرج جهد من النقطة 2 يتناسب طرديا مع الحركة الزاوية .

و الشكل (٢-١٧) يبين رمز مجزئ الجهد الدوار و المستخدم كمحول حركة زاوية لجهد .
حيث أن :-



A ذراع المجزئ
B محور دوران الذراع

الشكل (٢-١٧)

٢-٢-٢ مجسات الإزاحة الخطية Linear- Displacement Transducer

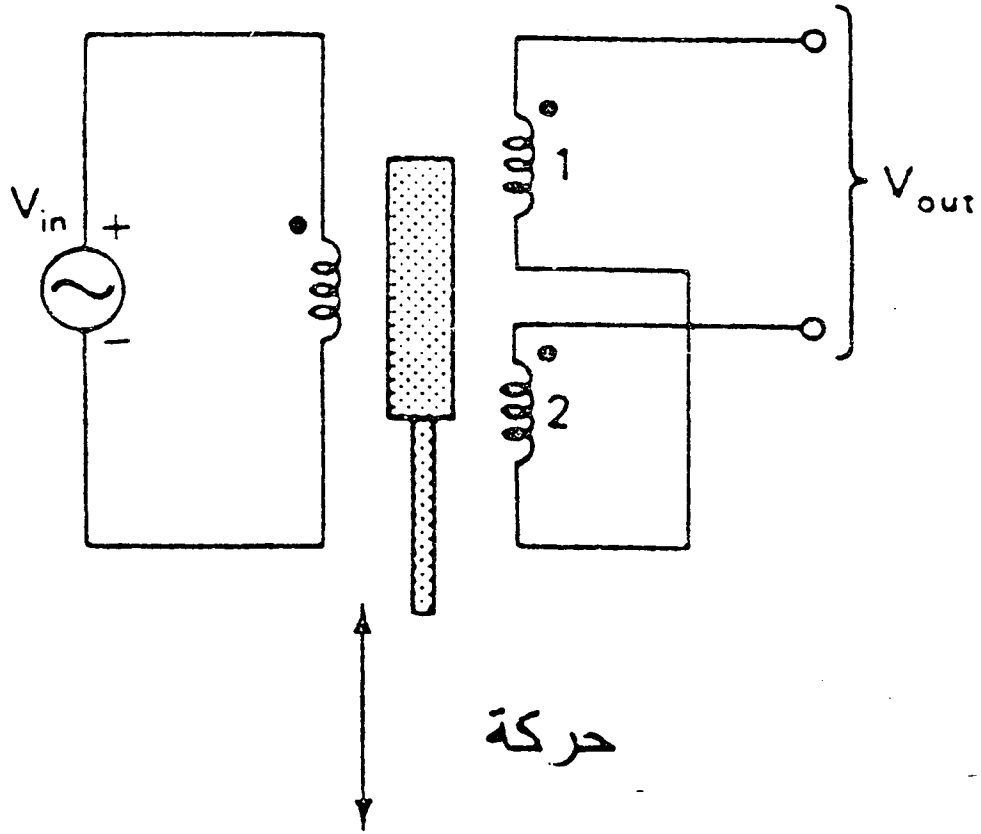
من أشهر مجسات الإزاحة الخطية محول الإزاحة التفاضلي المتغير LVDT و يتكون هذا المحول من ملف ابتدائي و ملفين ثانويين و قلب مغناطيسي متحرك و يتم تغذية الملف الابتدائي بجهد متردد 10 V يتراوح تردده ما بين $(50\text{ Hz} : 15\text{ KHz})$ و يتم توصيل الملفين الثانويين بالتوالي حيث يكون خرج الملف الثانوي صفرا عندما يكون القلب المغناطيسي في المنتصف وعند إزاحة القلب المغناطيسي إلى أعلى أو أسفل يتولد فرق جهد على أطراف الملف الثانوي نتيجة للحث المتبادل بين الملفين الابتدائي و الثانوي و تزداد قيمة فرق الجهد على أطراف الملف الثانوي بزيادة الإزاحة .
والجدير بالذكر أن خرج الملف الثانوي يدخل على كاشف زاوية وجه Phase Angle إلكتروني لتحديد زاوية الوجه فإذا كانت حركة القلب المغناطيسي للمحول لأسفل فإن خرج كاشف زاوية الوجه يكون سالبا و بقيمة تتناسب مع مقدار الإزاحة والعكس بالعكس . و الشكل (٢-١٨) يبين

الدائرة الكهربائية لمولد الإزاحة التفاضلي المتغير LVDT

حيث أن :-

V_{in} جهد الدخل المتردد

V_{out} جهد الخرج



الشكل (٢-١٨)

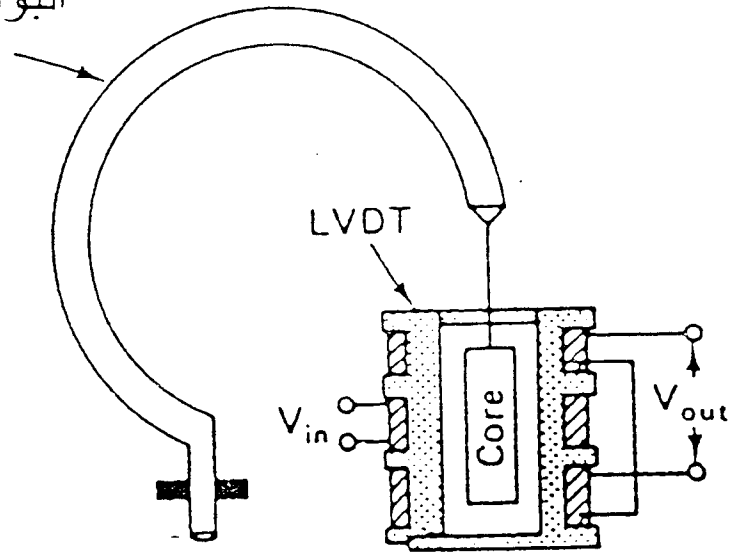
٢-٢-٣ مجسات الضغط Pressure Transducer

تعتبر أنبوبة بوردون Burdon Tube ذات الغشاء المطاطي Bellow من أشهر مجسات الضغط حيث تقوم هذه الأجهزة بتحويل الضغط لحركة ميكانيكية خطية أو دورانية ثم باستخدام LVDT أو مجزئ جهد دوار يمكن تحويل الحركة الخطية أو الحركة الدورانية .

أولا أنبوبة بوردون :-

الشكل (٢-١٩) يعرض طريقة استخدام أنبوبة بوردون مع LVDT لتحويل الضغط لأشيرة جهد . فعند دخول المائع المضغوط داخل الأنبوبة تتمدد فيحدث إزاحة خطية لقلب LVDT فتخرج إشارة جهد تناسب مع الإزاحة علما بأنه إذا كانت إشارة جهد خرج LVDT موجبة دل على أن الضغط بالموجب وإذا كانت سالبة دل على أن الضغط بالسالب (خلخلة) .

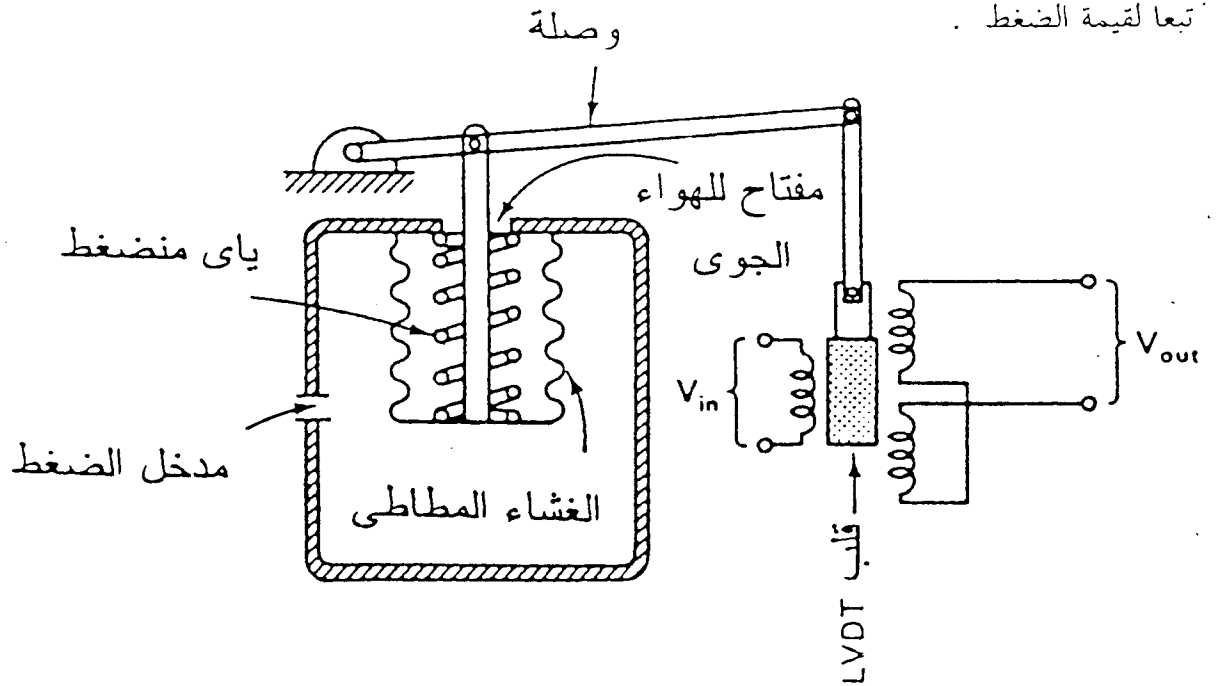
أنبوبة بوردون على شكل C



الشكل (٢-١٩)

ثانيا الغشاء المطاطي :- Bellow

الشكل (٢-٢٠) يبين طريقة استخدام الغشاء المطاطي مع LVDT لتحويل الضغط لإشارة جهد فعند دخول المائع المضغوط فتحة الضغط ينكمش الغشاء المطاطي ضد قوة دفع الياي فتتحرك وصلة التوصيل Linkage و بالتالي يتحرك القلب المغناطيسي لمحول LVDT فيتغير جهد خرجة تبعا لقيمة الضغط .



الشكل (٢-٢٠)

Temperature Transducers ٤-٢-٢ مجسات درجة الحرارة

سنتعرض في هذه الفقرة لنوعي من مجسات درجة الحرارة وهما :-

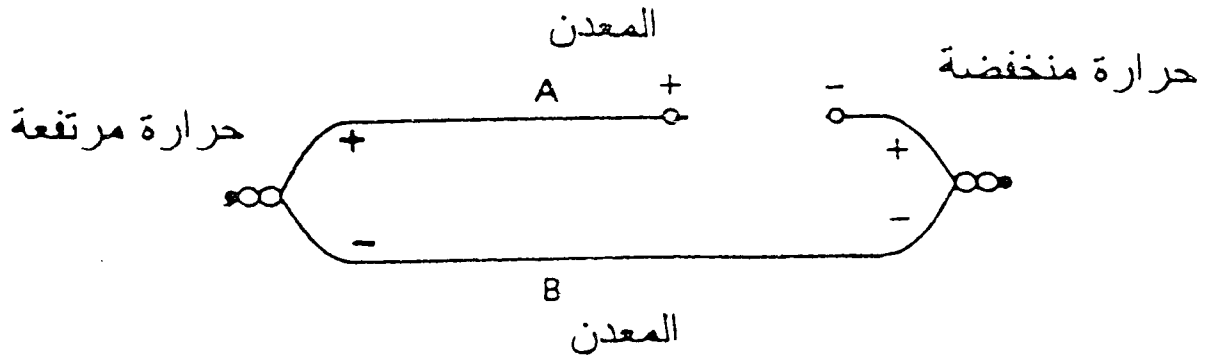
Thermocouples

١- الازدواجات الحرارية

Resistive Temperature Transducers ٢- مجسات درجة الحرارة ذات المقاومة

الازدواجات الحرارية :-

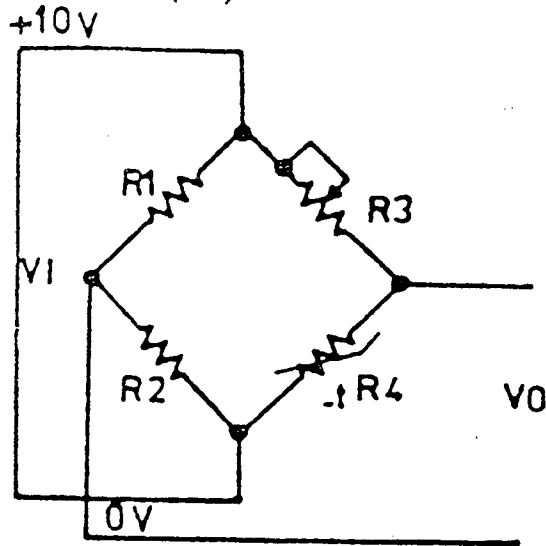
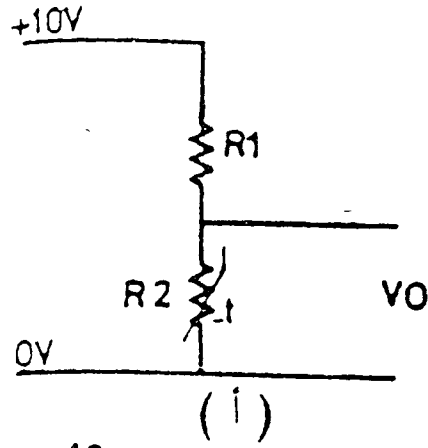
يبني عمل الازدواج الحراري على أنه عند عمل وصلتين من معدنين مختلفين إحداهما درجة حرارتها مرتفعة والأخرى درجة حرارتها منخفضة يتولد فرق جهد بينهما كما هو واضح من الشكل (٢-٢١)



الشكل (٢-٢١)

مجسات درجة الحرارة ذات المقاومة :-

وتستخدم مقاومات حرارية في بناء هذه المحولات و الشكل (٢-٢٢) يعرض نماذج بسيطة لهذه المحولات ففي الشكل (أ) عندما ترتفع درجة حرارة المقاومة R_2 فإن قيمة المقاومة تزداد وبالتالي يزداد الجهد الخارج من أطراف المقاومة . وفي الشكل (ب) عند درجة الحرارة المعتادة يتم ضبط خرج القنطرة VO مساويا صفرا بواسطة المقاومة R_3 و عند ارتفاع درجة حرارة المقاومة R_4 يتولد جهد على أطراف الخرج VO يتناسب مع درجة الحرارة .



الشكل (٢-٢٢)

٢-٢-٥ مجسات السرعة Tachometer

يقوم مولد التاكو بتحويل سرعة الأعمدة الدوارة إلى إشارة كهربية و هناك نوعان من

مولدات التاكو تبعاً لإشارة الخرج وهما :-

١- مولد تاكو بجهد متغير Magnitude Tacho

٢- مولد تاكو بتردد متغير Frequency Tacho

أما مولدات التاكو ذات الجهد المتغير فهي عادة تكون مولدات تيار مستمر صغيرة لها خواص

خطية ، و نحصل على جهد خرج مولد التاكو من المعادلة التالية :-

$$V = K N$$

حيث أن :-

K ثابت مولد التاكو

N السرعة RPM

أما مولدات التاكو ذات التردد المتغير فهي تتواجد في عدة صور أهمها مولدات تيار متغير صغيرة لها مجال مغناطيسي دائم في العضو الدوار و يقوم المجال الدوار الناتج عن دوران العضو الدوار للمولد بتوليد تيار متغير في العضو الثابت له تردد نحصل عليه من المعادلة

$$F = PN / 120$$

التالية:-

حيث أن :-

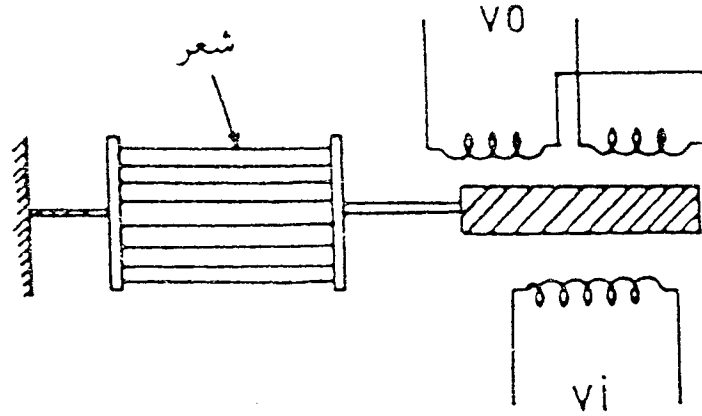
التردد (HZ) F

عدد أقطاب المولد P

السرعة (RPM) N

٢-٢-٦ مجسات الرطوبة Humidity Transducer

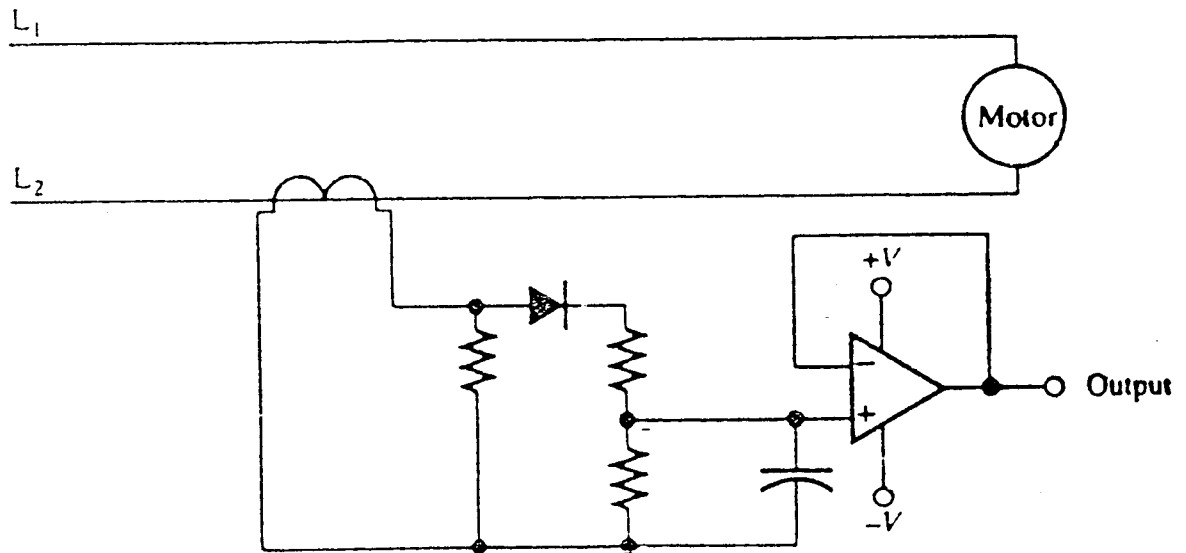
يقصد بالرطوبة وزن بخار الماء الموجود في المتر المكعب من الهواء أما الرطوبة النسبية فهي النسبة بين وزن بخار الماء الموجود في المتر المكعب من الهواء ووزن بخار الماء اللازم لتشبع المتر المكعب من الهواء عند نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة . ومن المعروف أنه كلما ارتفعت حرارة الهواء ازدادت قدرة الهواء على حمل بخار الماء ، و يوجد العديد من الأجهزة المستخدمة لتحويل الرطوبة لجهد وأشهر هذه الأجهزة بل وأقدمها هو الهايغروميتر الشعري Hair Hygrometer وهو يصنع من شعر الإنسان أو الحيوان ، حيث يتغير طول شعر الإنسان أو الحيوان بمقدار 3% من طوله عند تغير الرطوبة النسبية من 10% إلى 100% ويمكن تحويل هذا التغير في الطول إلى إزاحة خطية تعمل على تشغيل LVDT وبالتالي نحصل على إشارة جهد تكافئ الرطوبة و الشكل (٢-٢٣) يبين شكلا مبسطا لهايغروميتر شعري . حيث أن V_i جهد الدخل ، V_o جهد الخرج . و يستخدم الهايغروميتر الشعري لقياس الرطوبة النسبية التي تتراوح ما بين (15% : 90%) عند درجات الحرارة التي تتراوح ما بين (40 C° : 1) .



الشكل (٢-٢٣)

٢-٢-٧ مجسات التيار Current Transducer

تستخدم مجسات التيار لتحويل التيارات الكبيرة إلى جهود صغيرة تعبر عنها والشكل (٢-٢٤) يعرض دائرة مبسطة لمجس تيار حيث يقوم بتحويل التيار الكبير المسحوب بواسطة محرك إلى جهد صغير يتناسب مع هذا التيار و يستخدم في مجس التيار محول تيار Current Transformer حيث يقوم بتحويل تيار المحرك الكبير إلى تيار محرك صغير بحد أقصى 1A أو 5A ويتم تحويل تيار الملف الثانوي لمحول التيار CT بواسطة موحد ثم تأخذ إشارة من الجهد الخارج من الموحد بواسطة مجزئ جهد ثم تكبر هذه الإشارة بواسطة مكبر عمليات Op Amplifier للحصول على إشارة جهد تتناسب مع تيار المحرك .



الشكل (٢-٢٤)

٢-٣ أجهزة المخارج الرقمية

وهذه الأجهزة توصل بالمخارج الرقمية لأجهزة التحكم المبرمج وجميع هذه الأجهزة لها حالتين وهما :-

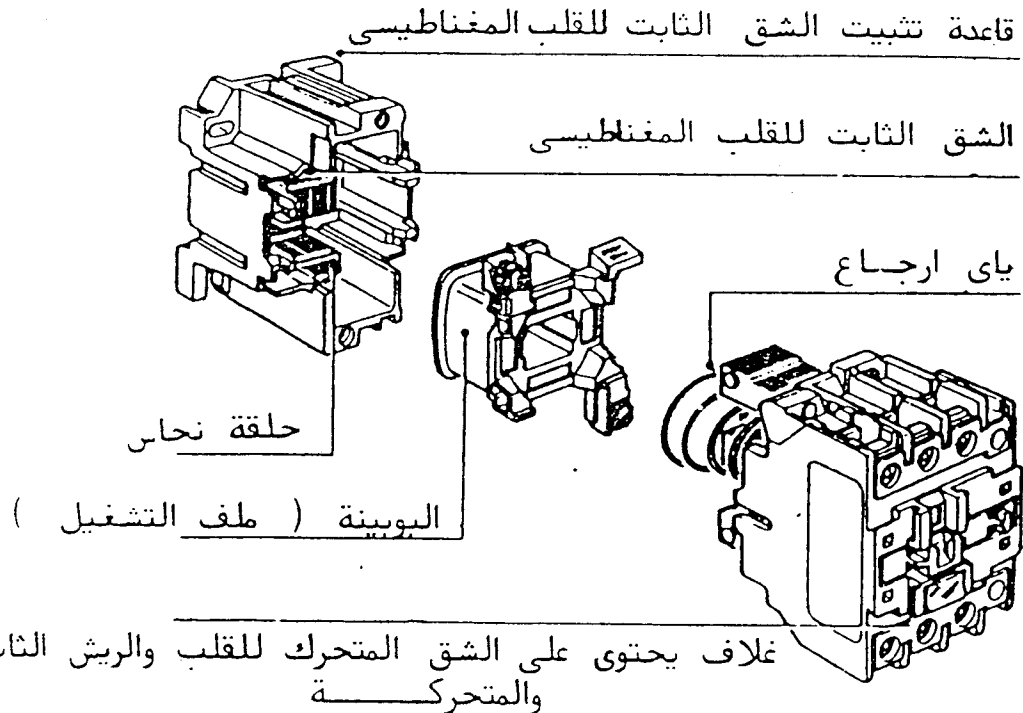
حالة تشغيل ON و حالة إيقاف OFF .

وفيما يلي أهم أجهزة المخارج الرقمية

1- الكونتاكتورات	Contactors
2- المفاتيح الإلكترونية	Electronic Switches
3- لمبات البيان	Indication Lamps
4- الأبواق	Horns
5- الصمامات الكهربائية	Solenoid Valves
6- الصمامات الإتجاهية	Directional Control Valves

٢-٣-١ المفاتيح الكهرومغناطيسية (الكونتاكتورات) Contactors

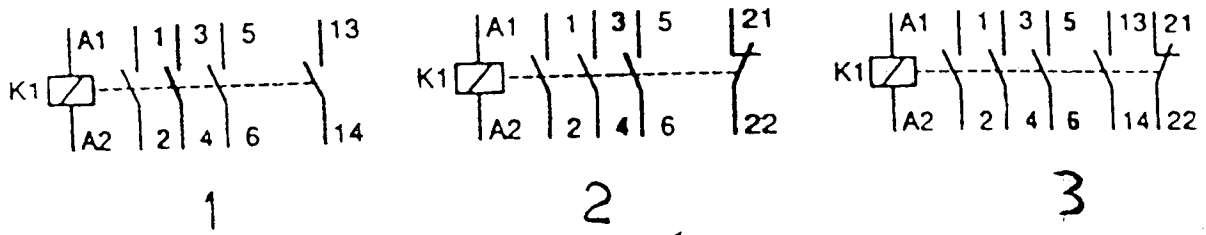
الشكل (٢-٢٥) يبين تركيب كونتاكتور من إنتاج شركة Telemecanique الفرنسية .



الشكل (٢-٢٥)

ويتكون الكونتاكتور من قلب مغناطيسي مصنوع من رقائق الصلب السليكوني المعزولة علما بأن

هذا القلب مشقوق إلى شقين أحدهما ثابت و الآخر متحرك و يوجد حول الشق الثابت ملف الكونتاكتور أما الشق المتحرك فيحمل ريش التلامس . وتستخدم الكونتاكتورات في وصل و فصل الأحمال الكهربائية مثل أعمال الإضاءة والتسخين و المحركات الكهربائية .
و الشكل (٢-٢٦) يبين رمز كونتاكتور بثلاثة أقطاب و ريشة مفتوحة NO (الرمز 1) و رمز كونتاكتور بثلاثة أقطاب و ريشة مغلقة NC (الرمز 2) و رمز كونتاكتور بثلاثة أقطاب و ريشتين NO+NC (الرمز 3) .



الشكل (٢-٢٦)

٢-٣-٢ المفاتيح الإلكترونية Solid State Switches

تقوم المفاتيح الإلكترونية بوصل و فصل التيار الكهربائي عن الأحمال تماما مثل المفاتيح الكهرومغناطيسية (الكونتاكتورات) و يفضل استخدامها بدلا من الكونتاكتورات عند زيادة عدد مرات الوصل و الفصل في الدقيقة .

وتوجد المفاتيح الإلكترونية في صورتين وهما :-

١- مفاتيح تيار مستمر إلكترونية

٢- مفاتيح تيار متردد إلكترونية وتنقسم بدورها إلى :-

أ- مفاتيح تيار متردد إلكترونية يتم إشعالها عشوائيا .

ب- مفاتيح تيار متردد إلكترونية يتم إشعالها لحظة العبور بالصفري .

الفرق بين هذين النوعين يتضح من الشكل (٢-٢٧) حيث أن :-

الموجة 1 :- لجهد المصدر الكهربائي .

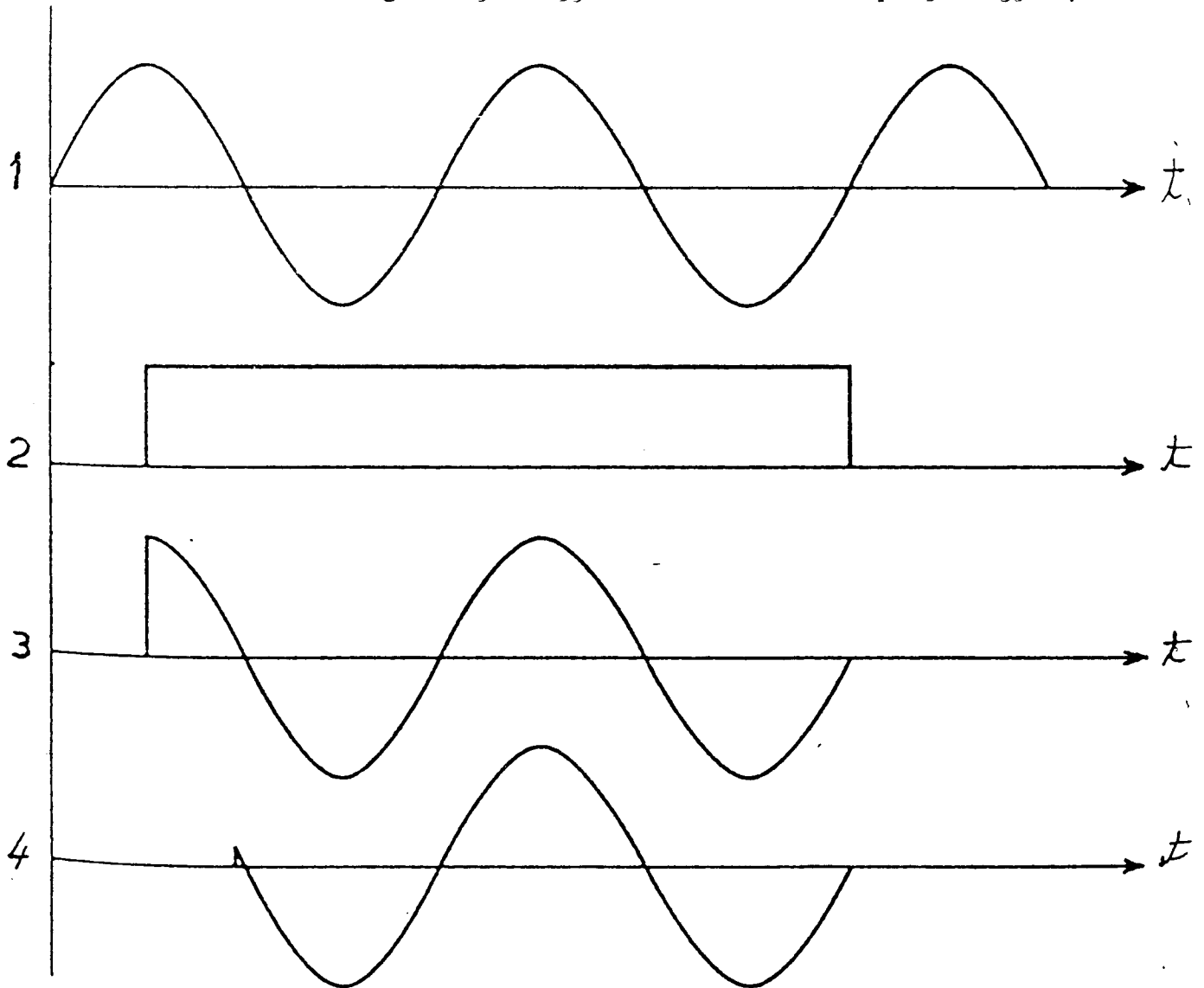
الموجة 2 :- لجهد الإشعال (إشارة الدخل) .

الموجة 3 :- جهد الخرج عند الإشعال العشوائي .

الموجة 4 :- جهد الخرج عند الإشعال لحظة العبور بالصفري .

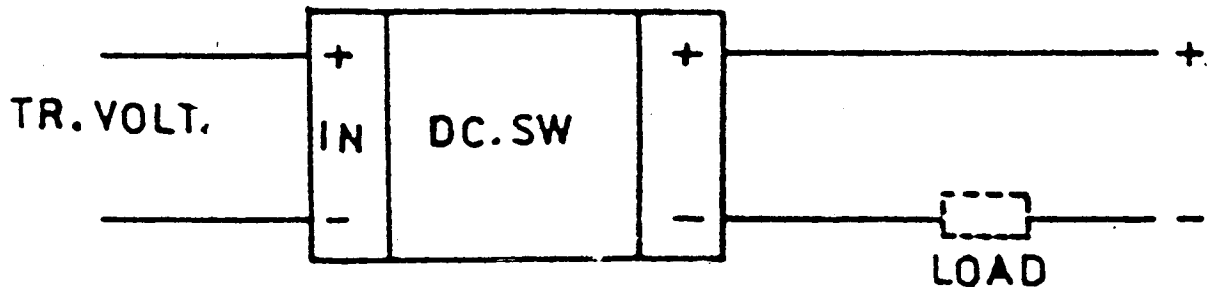
فالإشعال العشوائي يتم في اللحظة التي تصل فيها إشارة التحكم بغض النظر في زاوية الإشعال مما

يسبب في إمرار تيارات عالية وكذلك تولد موجات راديو RFI تحدث تداخل في الأجهزة الإلكترونية القريبة في حين أن الأشغال لحظة العبور بالصفير خال من هذه السليبات .



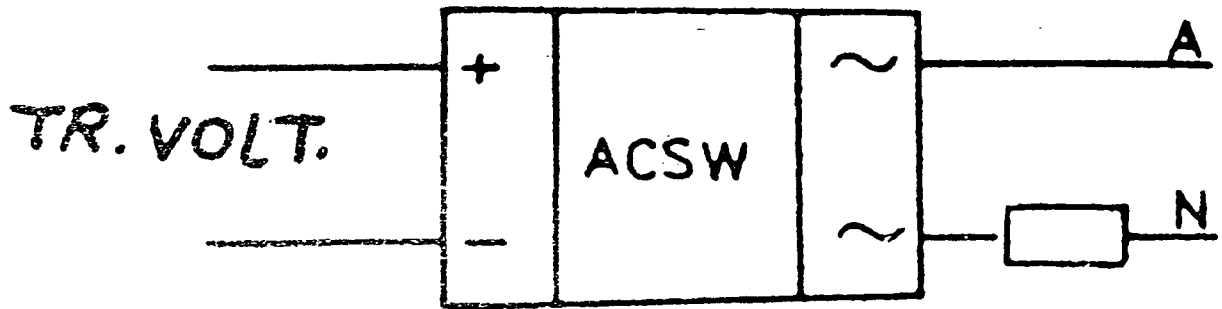
الشكل (٢٧-٢)

والشكل (٢٨-٢) يبين رمز موديل مفتاح تيار مستمر إلكتروني والمتوفر في الأسواق بدون الدخول



الشكل (٢٨-٢)

في تفاصيل عن دائرته الداخلية فعند وصول إشارة التحكم TR.VOLT أي جهد إشعال المفتاح الإشعال +5 V في حين أن جهد الحمل يصل إلى 220 V تيار مستمر والشكل (٢-٢٩) يبين رمز موديول مفتاح تيار متردد إلكتروني بدون الدخول في تفاصيل عن دائرته الداخلية فعند وصول إشارة التحكم TR.VOLT أي جهد الإشعال للمفتاح يتحول المفتاح لحالة الوصل و يكتمل مسار الحمل LOAD و يمكن أن يكون جهد الإشعال +5 V في حين أن جهد الحمل 220 V تيار متردد .



الشكل (٢-٢٩)

٢-٣-٣ لمبات البيان و الأبواق

أولا لمبات البيان :-

تستخدم لمبات البيان لإمكانية متابعة أداء العملية الصناعية أو الآلة من غرفة التحكم والجدول (٢-٤) يبين الألوان الخاصة بلمبات البيان ومدلولها .

الجدول (٢-٤)

اللون	المدلول
أحمر	توقف الماكينة ناتج عن خلل مثل زيادة الحمل عليها (حالة غير طبيعية) .
أصفر	انتباه كاقتراب كمية معينة كالقيمة القصوى أو الصغرى لها مثل الجهد أو التيار أو الضغط الخ .
أخضر	الماكينة تعمل أو جاهزة للعمل أو ضغط الهواء مناسب الخ .
أبيض	المفتاح الرئيسي في وضع التشغيل أو دائرة التحكم تعمل الخ .
أزرق	وظائف مختلفة عن ما سبق .

وتتواجد لمبات البيان المتوفرة في الأسواق في صورتين من حيث نوع التيار وهما :-

١- لمبات بيان تيار مستمر

٢- لمبات بيان تيار متردد وتنقسم بدورها إلى نوعين وهما :-

أ- لمبات بيان بمحول

ب- لمبات بيان بدون محول

علما بأنه يمكن تجميع لمبات البيان إما على أبواب لوحات التحكم أو شاسيه موجود داخل غرفة التحكم أو في وحدة تحكم من بعد كالمبينة في الشكل (٢-٣٠) وتتوفر لمبات البيان بجهود تشغيل مختلفة مثل :-

- 24 V أو 48 V تيار مستمر .

~ 24 V, 110 V, 120 V, 220 V, 38 V

تيار متردد .

ثانيا الأبوأق :-

عادة يستخدم في غرفة التحكم أبواق وذلك لتنبيه المشغل لحدوث أمور غير طبيعية مثل زيادة الحمل على أحد المحركات أو انخفاض الجهد أو الضغط في الدوائر النيوماتيكية أو الهيدروليكية ... الخ .

حينئذ يقوم المشغل بإسكات البوق Silence

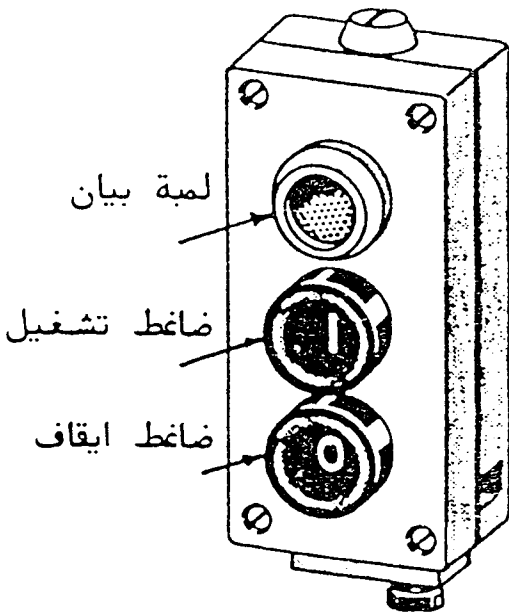
ثم البحث عن سبب المشكلة من خلال لمبات البيان و أخذ الإجراءات اللازمة لحل المشكلة و إعادة النظام لحالة التشغيل الطبيعي .

و عادة تختار الأبواق تبعا لجهد التشغيل و شدة

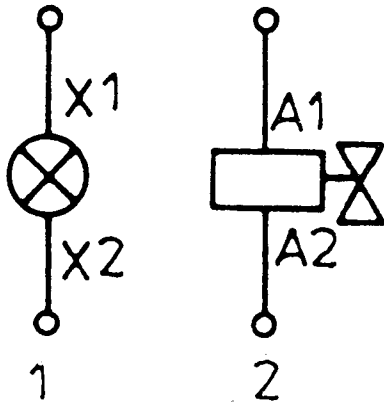
الصوت المطلوب على بعد 1m من البوق وتقاس

بوحدة dB الديسيبل والشكل (٢-٣١) يبين رموز

لمبة بيان (الرمز 1) ورمز بوق (الرمز 2)



الشكل (٢-٣٠)



الشكل (٢-٣١)

٢-٣-٤ الصمامات الكهربية

تعتبر الصمامات الكهربية هي أحد وسائل التحكم في سريان الموائع و هناك عدة أنواع من

الصمامات الكهربية من حيث عدد مساراتها مثل :-

١-صمامات كهربية بمسارين Two Way Valves

٢-صمامات كهربية بثلاثة مسارات Three Way Valves

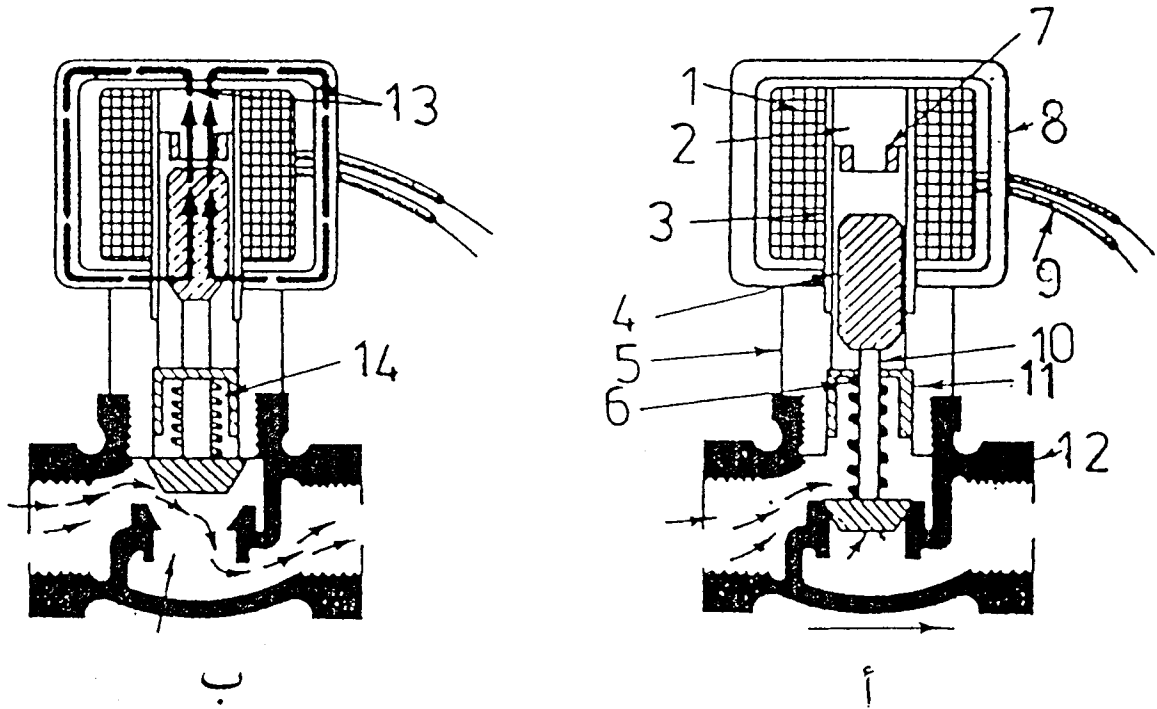
و سنكتفي في هذه الفقرة بتناول الصمامات الكهربية ذات المسارين و التي تنقسم بدورها إلى:

أ-صمامات كهربية ذات تحكم مباشر Direct Acting

ب-صمامات كهربية ذات تحكم غير مباشر Pilot Operated

و الشكل (٢-٣٢) يعرض قطاع في صمام كهربي يتحكم مباشر في الوضع الابتدائي المغلوق (أ)

وفي وضع التشغيل المفتوح (ب) .



الشكل (٢-٣٢)

حيث أن:-

8	جسم الملف	1	ملف كهربي
9	أطراف الملف الكهربي	2	القلب المغناطيسي الثابت
10	عمود دفع	3	أنبوبة يوضع بها القلب المتحرك

11	غلاف ياي الإرجاع	4	القلب المغناطيسي المتحرك
12	جسم الصمام	5	غطاء
13	مسار الفيض المغناطيسي	6	يـاي إرجاع
14	يـاي الإرجاع مضغوط	7	ملف كهربي مظلل

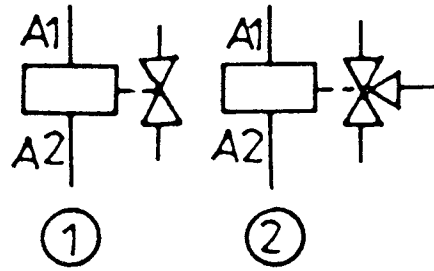
نظرية التشغيل :-

عند وصول تيار كهربي للملف الصمام يتكون مجال مغناطيسي يعمل على جذب القلب المغناطيسي المتحرك لأعلى و بذلك تنكشف فتحة الصمام و من ثم يصبح الصمام مفتوحا و يتدفق المائع عبر الصمام و عند انقطاع التيار الكهربي عن ملف الصمام يفقد ملف الصمام مغناطيسيته فيعود القلب المغناطيسي المتحرك للصمام لوضعه الابتدائي بفعل ياي الإرجاع و تنغلق فتحة الصمام و يصبح الصمام مغلق و ينقطع تدفق المائع عبر الصمام .

و الجدير بالذكر أن هناك صمامات كهربية تكون بوضع ابتدائي مفتوح وعند وصول التيار الكهربي للملف الصمام تتحول للوضع المغلق .

كما أن الصمامات الكهربية ذات التحكم المباشر عادة تستخدم عند التدفقات الصغيرة أما في حالة التدفقات الكبيرة فتستخدم الصمامات الكهربية ذات التحكم الغير مباشر و هي تحتوي بداخلها على صمام كهربي صغير يتحكم في الصمام الكبير .

و الشكل (٢-٣٣) يعرض رمز الصمام الكهربي ذو المسارين (الرمز 1) و ذو الثلاثة مسارات (الرمز 2) .



الشكل (٢-٣٣)

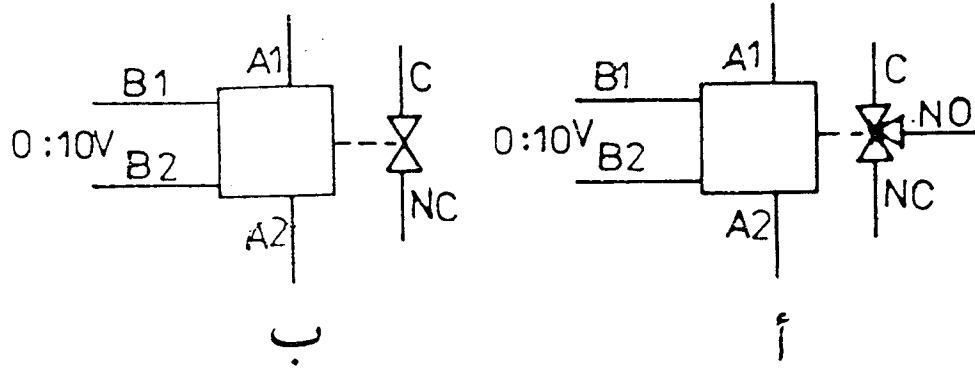
٢-٣-٥ أجهزة المخارج التناظرية

هناك العديد من أجهزة المخارج التناظرية و التي يتم توصيلها مع المخارج التناظرية

لأجهزة التحكم المبرمج نذكر منها ما يلي :-

١-الصمامات الكهربية القابلة المعاييرة :-وهذه الصمامات تستخدم في دورات التبريد والتسخين

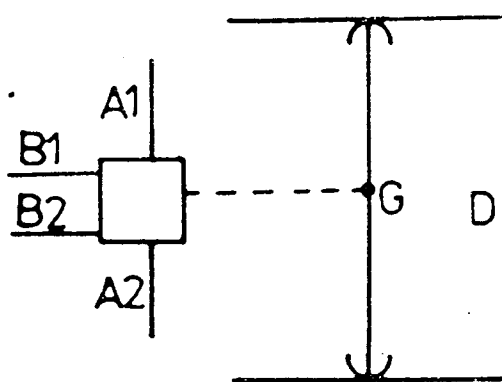
بالماء في المباني وحيث تقوم هذه الصمامات بالتحكم في تدفق الماء البارد أو الساخن تبعاً للإشارة الكهربائية التي تصل إليها فتكون في وضع الفتح الكامل عند وصول إشارة جهد $10\text{ V} +$ لها وتكون في وضع القفل الكامل عند وصول إشارة جهد 0 V لها وهناك نوعان من هذه الصمامات وهما صمامات مسارين Two Way Valve وصمام بثلاثة صمامات Three Way Valve والشكل (٢-٣٤) يوضح فكرة عمل هذه الصمامات .



الشكل (٢-٣٤)

ففي الشكل (أ) صمام بثلاثة سكك قابل للمعايرة ففي الوضع الطبيعي يمر تدفق الماء من C إلى الفتحة NO وعند وصول إشارة جهد 2 V إلى مدخل التحكم يمر 20% من التدفق من C إلى NC ويمر 80% من التدفق من C إلى NO .

و في الشكل (ب) صمام بسككتين قابل للمعايرة ففي الوضع الطبيعي لا يمر أي تدفق في الصمام وعند وصول إشارة جهد $+2\text{ V}$ إلى مداخل التحكم في الصمام يفتح الصمام بمعدل 20% من الفتح الكامل وهكذا. علماً بأن الأطراف A1, A2 توصل بمجهد المصدر المتردد 220 V والأطراف B1, B2 توصل بخرج جهاز PLC .



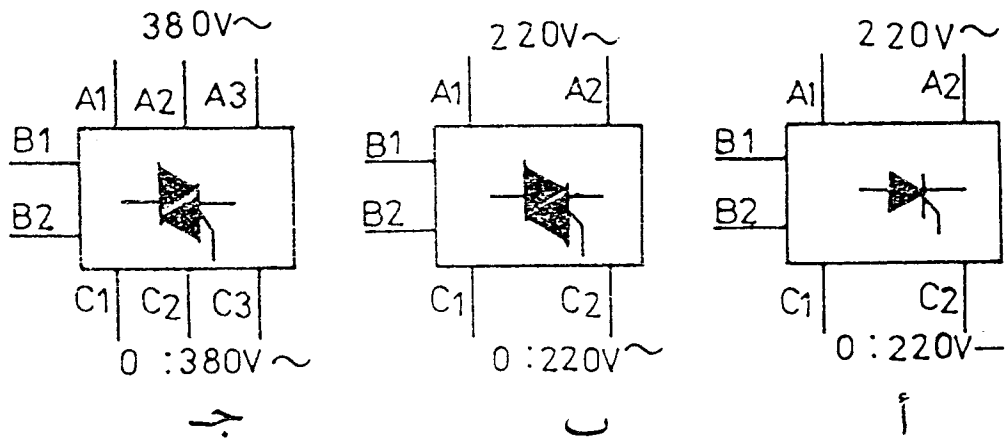
الشكل (٢-٣٥)

٢- دامبرات الهواء القابلة للمعايرة Dampers وتستخدم هذه الدامبرات في أنظمة التكييف المركزية للتحكم في تدفق الهواء البارد أو الساخن للتحكم في درجة حرارة المناطق المختلفة وهي تعمل بنفس طريقة عمل الصمامات الكهربائية القابلة للمعايرة والشكل (٢-٣٥) يبين رمز دامبر الهواء القابل للمعايرة للتحكم في تدفق الهواء في المجرى D

بواسطة البوابة G علما بأن الأطراف A1 , A2 توصل بجهد المصدر 220 V متردد وتوصل الأطراف B1 , B2 مع خرج جهاز التحكم المبرمج .

٣- أجهزة التحكم التناسبية في القدرة Proportional Power Control Devices

وهي تقوم بالتحكم في القيمة الفعالة بجهد تشغيل النظام المتردد أو القيمة المتوسطة بجهد تشغيل النظام المستمر و ذلك بما يتناسب مع جهد إشارة دخلها ويبنى عملها على التحكم في زاوية إشعال الترياكات أو التايرستورات الداخلة في بنائها والشكل (٢-٣٦) يعرض رمز جهاز تحكم تناسبي في التيار المستمر (الشكل أ) ورمز جهاز تحكم تناسبي في التيار المتردد وجه واحد (الشكل ب) ورمز جهاز تحكم تناسبي في التيار المتردد ثلاثي الأوجه (الشكل ج) علما بأن A1 , A2 , A3 أطراف التوصيل مع التيار الكهربائي المتردد أما B1 , B2 أطراف التوصيل مع خرج جهاز PLC التناظري في حين أن C1 , C2 , C3 أطراف خرج جهاز التحكم التناسبي في القدرة .



الشكل (٢-٣٦)

٢-٤ أجهزة الحماية Protection Devices

يوجد العديد من أجهزة الوقاية التي يكثر استخدامها مع أجهزة PLC لحماية الدوائر الكهربائية والمحركات و الموصلات نذكر منها :-

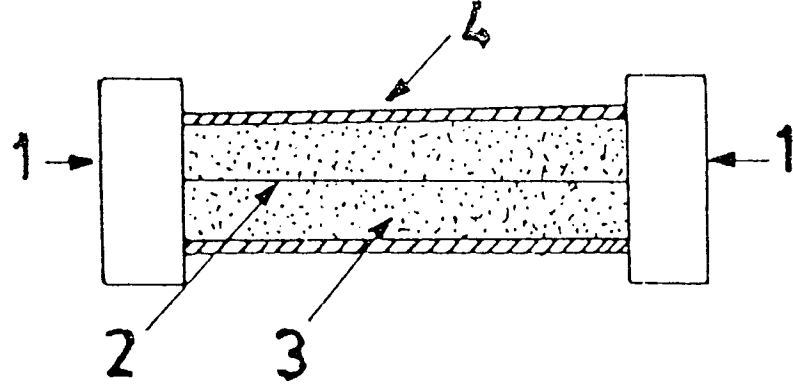
- ١- المصهرات الكهربائية Fuses
- ٢- قواطع الدائرة المصغرة MCB'S
- ٣- المتممات الحرارية Over Loads

٢-٤-١ المصهرات الكهربائية

تعتبر المصهرات الكهربائية هي إحدى عناصر الحماية الهامة من زيادة التيار الناتج عن زيادة

الحمل على المحركات الكهربائية أو حدوث قصر بين أحد الأوجه مع الآخر أو مع خط التعادل أو خط الأرضي و أكثر المصهرات استخداما هي المصهرات الخرطوشية Cartridge fuses وعنصر انصهار هذه المصهرات يكون دخل أنبوبة من السيراميك أو الزجاج و تملأ هذه الأنبوبة عادة بمادة مانعة للحريق أو الشرارة مثل الكوارتز و يوصل عنصر الانصهار بنقطتين توصيل معدنيتين على أطراف هذه الأنبوبة .

والشكل (٣٧-٢) يعرض قطاع في مصهر خرطوشي بسيط حيث أن:-



الشكل (٣٧-٢)

- | | |
|---|--|
| 1 | طرف توصيل معدني |
| 2 | عنصر الانصهار (سلك رفيع) |
| 3 | مادة إطفاء الشرارة (كوارتز) |
| 4 | أنبوبة مصنوعة من الزجاج أو السيراميك - |

وتستخدم المصهرات الخرطوشية في حماية الأجهزة الكهربائية والإلكترونية و يأخذ التيار و يكون معامل انصهارها حوالي 1.5 فإذا كان التيار المقنن للمصهر 30 A فإن تيار انصهاره يكون 45 A تقريبا .

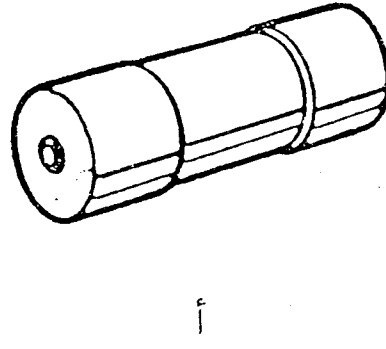
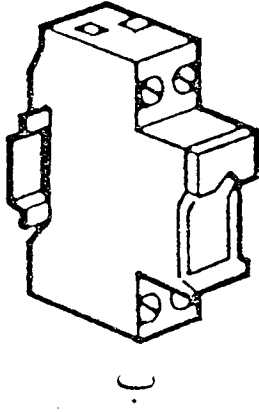
وفيما يلي أهم مميزات المصهر الخرطوشي :-

١- يحدث إخماد للقوس الكهربائي الناتج عن عملية انصهار المصهر .

٢- زمن انصهار عنصر انصهاره صغير

٣- له خواص ثابتة لأن عنصر انصهاره غير متعرض للأكسدة

و يعاب على المصهر الخرطوشي بارتفاع سعره كما أنه يحتاج لاستبداله عند انصهار عنصر انصهاره .



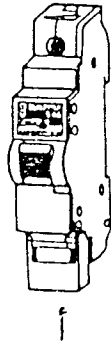
و الشكل (٢-٣٨) يعرض صورة مصهر خرطوشي (الشكل أ) و صورة لحامل مصهر خرطوشي من إنتاج شركة Legrand الفرنسية .

الشكل (٢-٣٨)

٢-٤-٢ قواطع الدائرة المصغرة

وتستخدم قواطع الدائرة المصغرة MCB'S في وصل وفصل الدوائر الكهربائية سواء في الأحوال العادية أو حالات الخطر والفرق بين قاطع الدائرة والمفتاح هو أن المفتاح يقوم بتوصيل وقطع الدائرة عند حالات التشغيل العددية وذلك يدويا . أما قاطع الدائرة فيقوم بتوصيل وفصل الدائرة يدويا وذلك عند حالات التشغيل العادية وكذلك يقوم بفصل الدائرة آليا عند حالات الخطأ .

وفيما يلي أهم مميزات قواطع الدائرة المصغرة :-



١- زمن الفصل لها قصير جدا عند حدوث قصر في الدائرة.

٢- يمكن إعادتها للعمل بسهولة بعد إزالة أسباب الخطأ .

٣- يمكن استخدامها كمفتاح رئيسي للدائرة .

٤- يمكن فصلها وتشغيلها تحت الحمل بدون خوف من

حدوث شرارة .

والجدير بالذكر أن قواطع الدائرة تصنع بعدد مختلف من الأقطاب

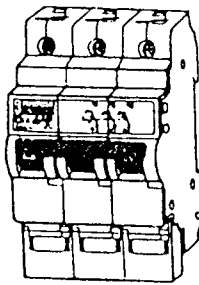
أمثل :-

- قاطع بقطب واحد 1 Pole

- قاطع بقطبين 2 Pole

- قاطع بثلاثة أقطاب 3 Pole

- قاطع بأربع أقطاب 4 Pole

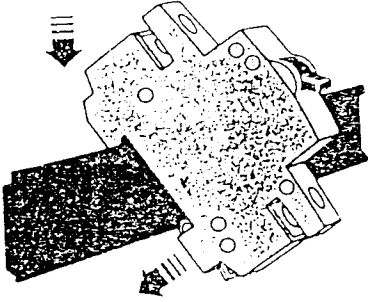


الشكل (٢-٣٩)

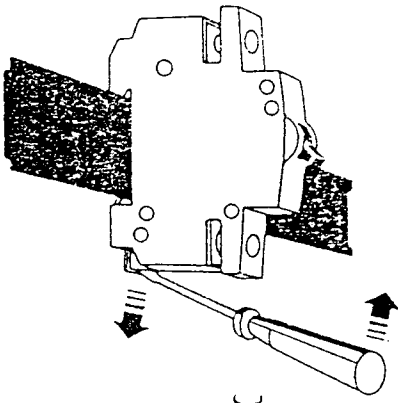
والشكل (٢-٣٩) يعرض نموذج لقاطع قطب واحد الشكل (أ)

ونموذج لقاطع ثلاثة أقطاب الشكل (ب) .

أما الشكل (٢-٤٠) فيبين طريقة تثبيت قاطع دائرة قطب واحد على قضيب أو ميخا (الشكل أ) وكذلك طريقة نزع قاطع دائرة قطب واحد من قضيب أو ميخا (الشكل ب) .
وتستخدم عدة مصطلحات فنية مع قواطع الدائرة المصغرة وهي كما يلي:-



أ



ب

١- التيار المقنن In وهو التيار الذي يمر بالقاطع بدون إحداث فصل للقاطع .

٢- تيار الفصل اللحظي هو أقل تيار يعمل على فصل القاطع في زمن يتراوح ما بين (0.2 : 5 S) ويعتمد قيمة هذا التيار على نوع خواص القاطع .

٣- تيار الفصل التقليدي It وهو التيار الذي يحدث فصل في القاطع في زمن أقل من ساعة واحدة 1 hr و يساوي عادة (1.45 In) .

٤- سعة تيار القصر وهو أقصى تيار يمكن مروره في القاطع لحظة القصر والجدير بالذكر أن قواطع الدائرة المصغرة يتوفر منها عدة أنواع تختلف فيما بينها في الخواص الكهربائية (خواص الزمن والتيار)

ويمكن تقسيم قواطع الدائرة المصغرة تبعاً لخواصها الخاضعة للمواصفات العالمية IEC إلى :-

١- قواطع دائرة لها خواص B (حديثة) و تقابل خواص L (قديمة)

٢- قواطع دائرة لها خواص C (حديثة) و تقابل خواص U (قديمة)

٣- قواطع دائرة لها خواص D (حديثة)

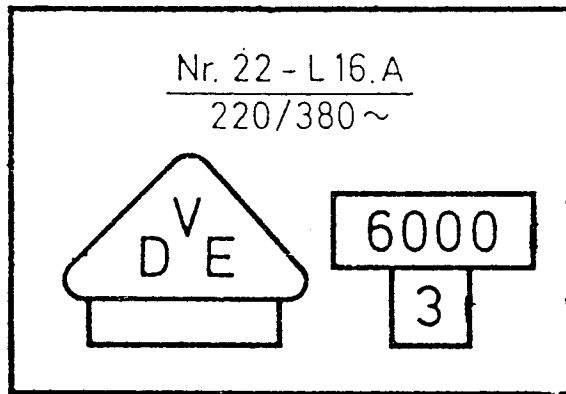
والجدير بالذكر أن الشركات العالمية المنتجة لقواطع الدائرة المصغرة تنتج أنواع أخرى من الخواص مثل G , K .

علماً بأن القواطع التي لها خواص L, B تستخدم في حماية الموصلات والكابلات أما القواطع التي لها خواص G, K, U, C تستخدم لحماية المحركات الكهربائية .

و الجدول (٥-٢) يعرض أهم المواصفات الفنية لقواطع الدائرة المصغرة التي لها خواص B ,C ,L ,U ,K ,G

الجدول (٥-٢)

الخواص	التيار المقنن A	تيار الفصل التقليدي في زمن أصغر من ساعة	تيار الفصل اللحظي في زمن يتراوح ما بين 0.1 : 5 S
B	6 : 63	1.45 In	(3 : 5) In
C	6 : 63	1.45 In	(5 : 10) In
L	6 : 10 16:25 32:63	1.9 In 1.75 In 1.6 In	(3.6 : 5.25) In (3.6 : 4.9) In (3.12 : 4.55) In
U	0.5 : 10 12 : 15 32 : 63	1.9 In 1.75 In 1.6 In	(5.25 : 12) In (4.9 : 11.2) In (4.5 : 10.4) In
K	6 : 63	1.25 In	(7 : 10) In
G	0.5 : 63	1.35 In	(7 : 10) In



الشكل (٤١-٢)

والشكل (٤١-٢) يبين طريقة عرض

المعلومات الفنية حيث :-

1.13 In القيمة الحجمية للقواطع وتساوي

NR 22

16

التيار المقنن

220/380 V ~

جهد التشغيل المقنن

هذا القاطع يخضع للمواصفات القياسية DVE الألمانية

6000

سعة تيار القصر

3

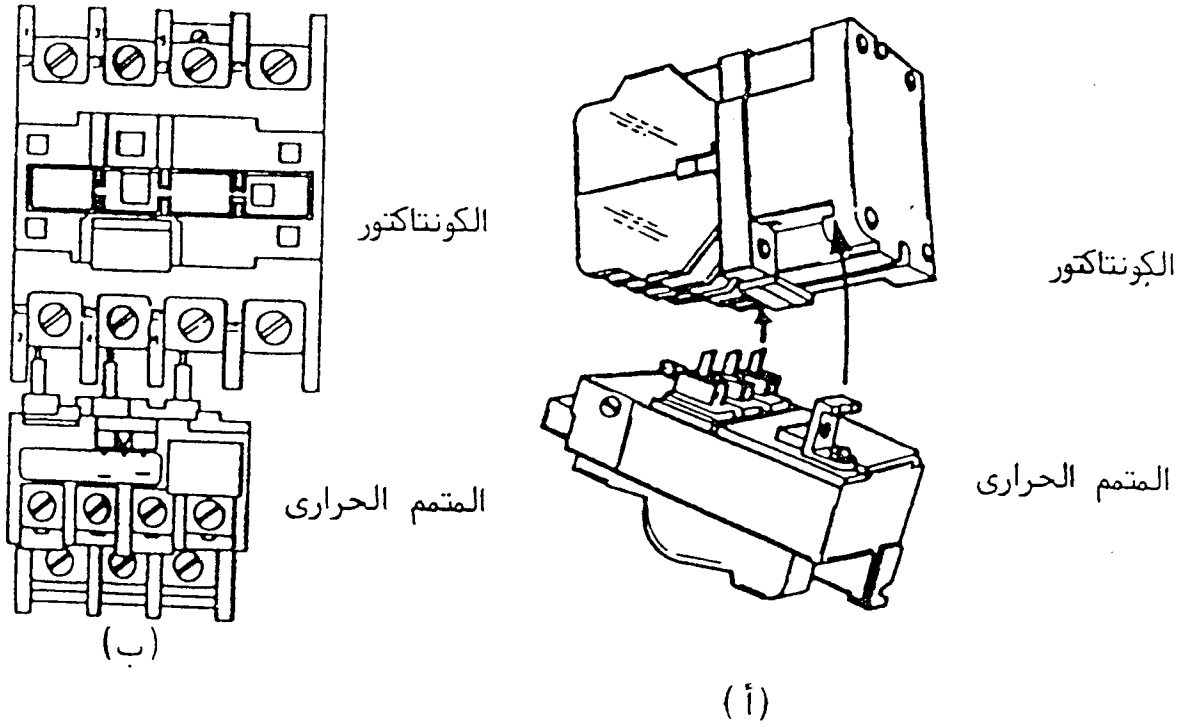
قسم تحديد التيار للقواطع

و قسم 3 يعني أن القاطع يقوم بتحديد تيار القصر بفصله قبل الوصول لقيمته العظمى

٢-٤-٣ المتتمات الحرارية OVER LOADS :-

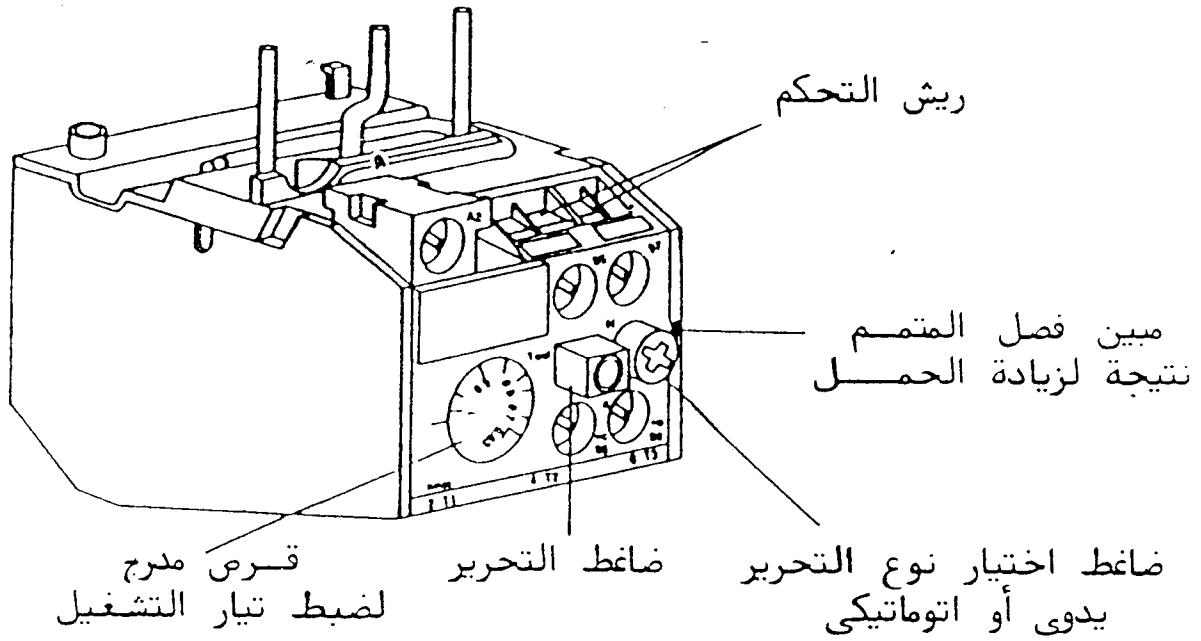
تستخدم المتتمات الحرارية في حماية المحركات الكهربائية من زيادة الحمل و عادة تثبت المتتمات الحرارية أسفل الكونتاكاتورات وتوصل معها كهربيا والشكل (٤٢-٢) يوضح مخطط توضيحي

يبين كيفية تثبيت متمم حراري مع كونتاكتور الشكل (أ) و مخطط توضيحي لكونتاكتور مثبت به متمم حراري الشكل (ب) .



الشكل (٢-٤٢)

وتحتوي المتممات الحرارية على قرص مدرج لضبط تيار التشغيل للمحرك ومكان لاختيار طريقة تحرير المتمم الحراري بعد حدوث زيادة في الحمل يدويا H أو أوتوماتيكيا A وضغط لتحرير المتمم الحراري يدويا ومبين فصل المتمم الحراري نتيجة لزيادة الحمل وهذا موضح بالشكل (٢-٤٣) .



الشكل (٢-٤٣)

٢-٥ الذاكرات الخارجية External Memories

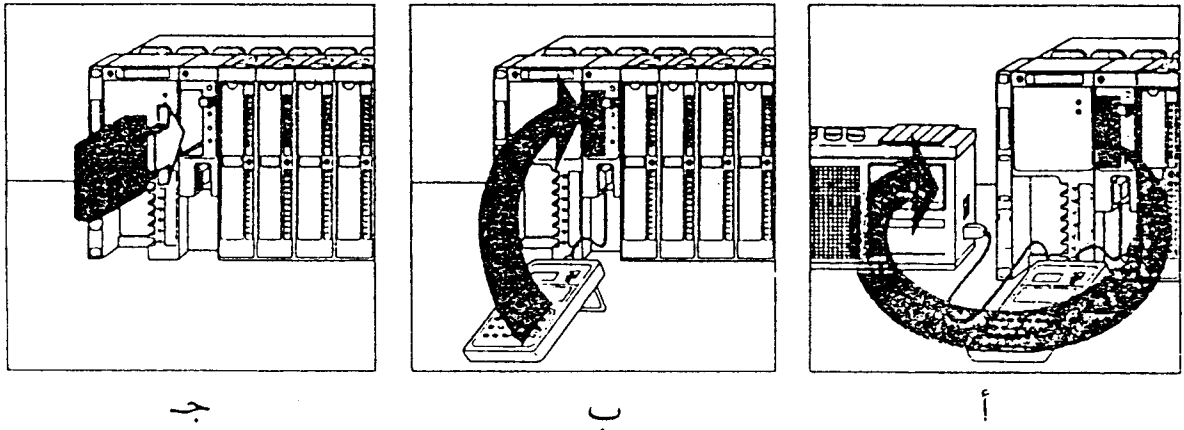
تستخدم الذاكرات الخارجية لتخزين البرنامج المستخدم وحفظه في إدارات المصانع خوفاً من فقدته فمن المعروف أن برنامج المستخدم المستقر في RAM لأجهزة التحكم المبرمج يكون محفوظاً طالما هناك استمرارية للتيار الكهربائي. أما عند انقطاع التيار الكهربائي يفقد البرنامج إذا لم يكن هناك مصدر بديل كبطارية ليثيوم موضوعة في المكان المعد لها في جهاز التحكم المبرمج أو أن البطارية فارغة من الشحنة الكهربائية علماً بأن البطارية عادة يتم استبدالها كل ثلاث سنوات وهناك عدة طرق لتحميل برنامج المستخدم وهي :-

- ١- الأقراص المرنة Floppy Diskette وتستخدم إذا كان جهاز البرمجة المستخدم هو جهاز كمبيوتر IBM أو موافقاته.
- ٢- شريط مغناطيسي وهو يشبه شريط التسجيل ولكن يلزم استخدامه وحدة تحميل خاصة لتحويل محتويات الشريط المغناطيسية وهي تشبه أجهزة التسجيل العادية.
- ٣- وحدة تخزين مصنوعة من أشباه الموصلات Semi Conductors ويكون لها مكان معد لوضعها في أجهزة التحكم المبرمج وهي تشبه علبة الكبريت وهناك أنواع كثيرة من هذه الذاكرات نذكر منها :-
- أ- وحدة القراءة العشوائية ROM :- حيث تحمل برنامج المستخدم من قبل الشركة المصنعة أو المنفذة للمصنع ولا يمكن تنفيذ محتوياتها.

ب- وحدة القراءة التي تسمح EPROM :- وهذه الوحدة تحمل برنامج التشغيل بواسطة وحدة البرمجة Programmer و لكن لا يمكن تعديل البرنامج المخزن فيها . بل يجب مسحه كلياً بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية ثم تحميلها بالبرنامج المعدل بعد ذلك .

ج- وحدة القراءة التي تسمح كهربياً EPROM :- وهي تشبه وحدة EPROM في طريقة برمجتها ، ولكن لا يمكن تعديل البرنامج المخزن فيها بل يجب مسحه كلياً وذلك بجهاز البرمجة ثم تحميلها بالبرنامج المعدل بعد ذلك .

و الشكل (٢-٤٤) يبين طريقة إدخال وحدة ذاكرة EEPROM في المكان المعد لها في جهاز PLC الشكل (أ) وطريقة نقل برنامج التشغيل في وحدة الذاكرة الخارجية EPROM (الشكل ب) وطريقة نقل برنامج محمل في وحدة ذاكرة EPROM إلى شريط تسجيل باستخدام وحدة برمجة تمسك باليد و وحدة تحميل مغناطيسية (جهاز تسجيل) (الشكل ج) .



الشكل (٢-٤٤)

٢-٦ أجهزة البرمجة Programmers

تقوم أجهزة البرمجة بإدخال برنامج المستخدم ليستقر داخل ذاكرة RAM لأجهزة التحكم المبرمج و هناك عدة أنواع من أجهزة البرمجة و هي كالتالي :-

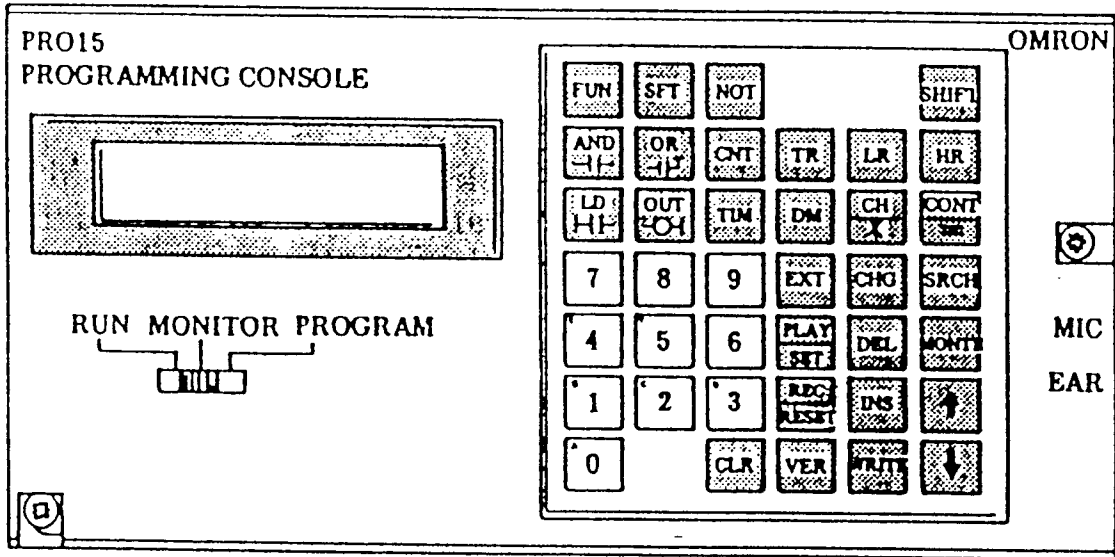
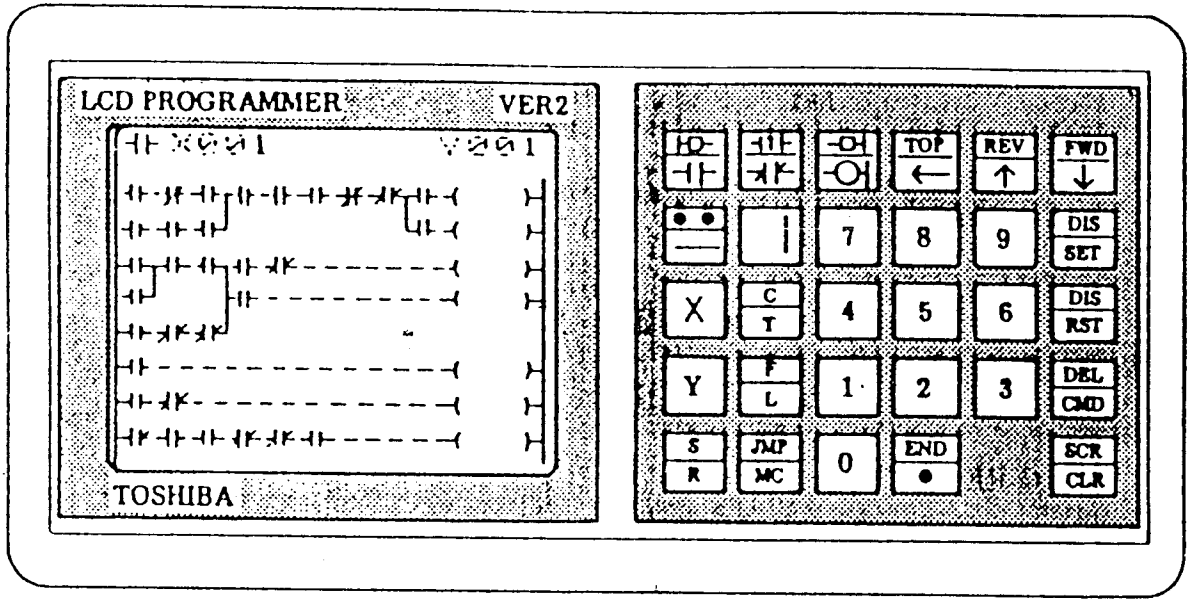
١- جهاز برمجة يمسك باليد Hand Programmer

٢- جهاز برمجة يوضع فوق المكتب Desk Programmer

٣- كمبيوتر IBM أو موافقاته يتم تحميله ببرنامج معد من قبل الشركة المصنعة لجهاز التحكم

المبرمج وعادة فإن الشركات المصنعة لأجهزة التحكم المبرمج توفر برامج تعمل تحت DOS أو تحت Windows ويمكن استخدامها من أجل إمكانية استخدام جهاز الكمبيوتر كجهاز برمجة وتتميز أجهزة الكمبيوتر المستخدمة بأي لغة من لغات أجهزة التحكم المبرمج (ارجع للفقرة ١-٨) وكذلك يمكن حفظ البرنامج إما في القرص الصلب Hard Disk أو في القرص المرن Flopy Disk أو في قرص CD ROM .

والشكل (٢-٤٥) يعرض نموذجين لأجهزة برمجة تحمل باليد أحدهما لشركة Toshiba ويعمل بلغة الشكل السلبي (الشكل أ) والآخر لشركة Omron ويعمل بلغة قائمة الجمل (الشكل ب)

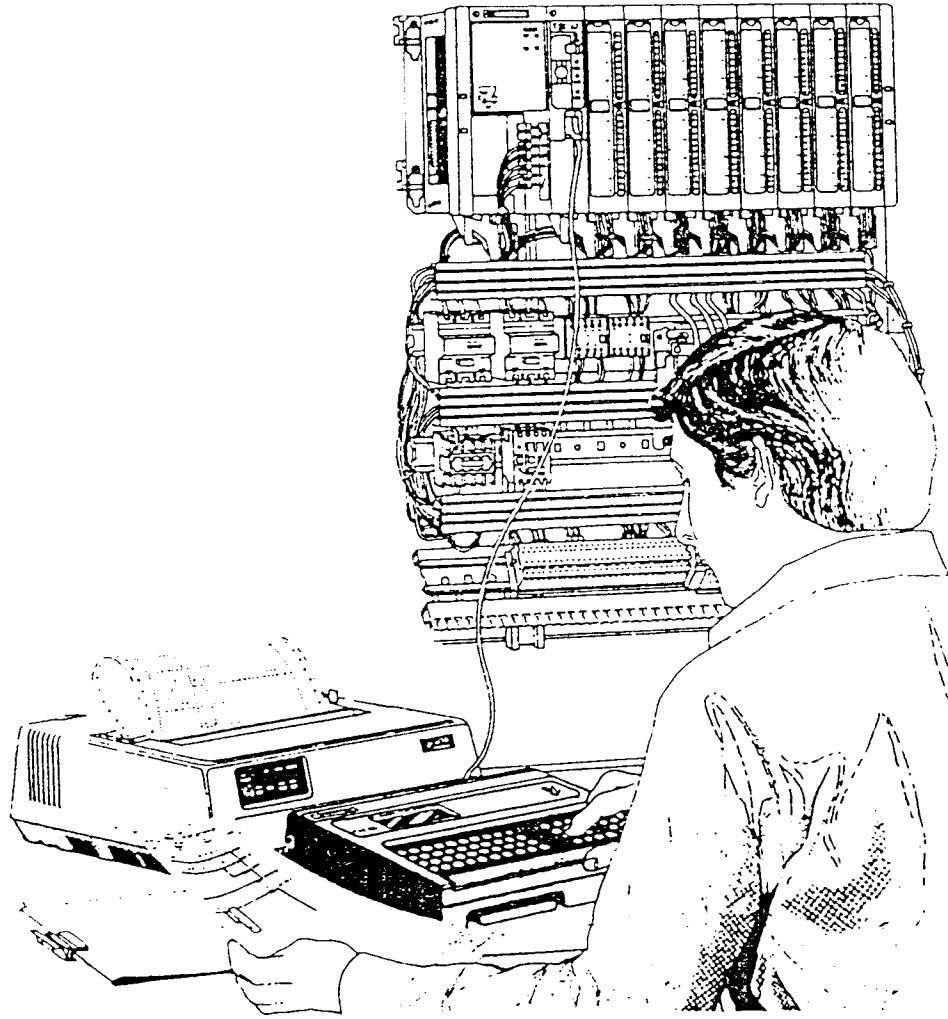


الشكل (٢-٤٥)

٢-٧ الطابعات Printers

وتستخدم الطابعات مع أجهزة التحكم المبرمج لطباعة البرامج المستخدمة أو لعمل تقارير كاملة توضح أنواع الأعطال و زمن و تاريخ حدوثها و كذلك زمن و تاريخ إصلاحها وهذه التقارير مفيدة جدا لإدارات المصانع و الشكل (٢-٤٦) يوضح طريقة تحميل جهاز PLC ببرنامج التشغيل ليستقر في ذاكرته الداخلية و ذلك باستخدام جهاز برمجة يثبت على المكتب لشركة تليمكنيك الفرنسية علما بأنه يمكن طباعة برنامج التشغيل بالطابعة بمعاونة جهاز البرمجة . إذا كان

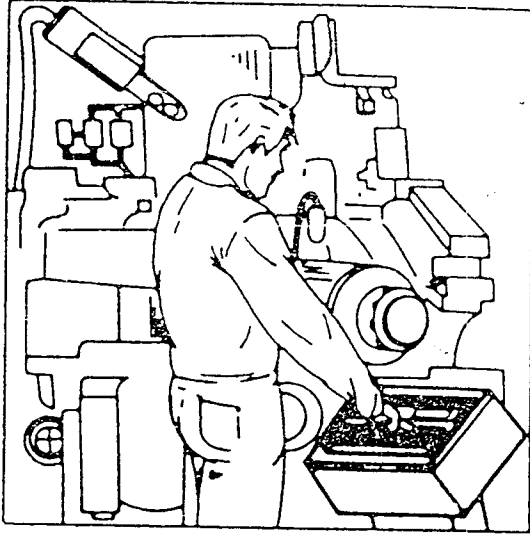
من النوع المحمول باليد أما في حالة استخدام الكمبيوتر كجهاز برمجة فتستخدم الطابعات المعتادة مع الكمبيوتر في الطباعة .



الشكل (٢-٤٦)

٨-٢ جهاز المتابعة و التعديل Operator Panel

ويوصل هذا الجهاز بصفة مستديمة مع جهاز التحكم المبرمج ويتعامل معها مشغل الآلة أو مشغل المصنع ويتيح هذا الجهاز فرصة تعديل ثوابت جميع المؤقتات الزمنية ، والعدادات الداخلية أثناء التشغيل ، كذلك تقوم بعرض رسائل تحليل الأعطال التي تساعد المشغل على معرفة الأعطال الموجودة بالنظام ، ويعد جهاز المتابعة والتعديل هو النافذة التي يتعرف بها المشغل على كل ما يدور بداخل العملية الصناعية والتعديل إن لزم الأمر والشكل (٢-٤٧) يبين طريقة استخدام المشغل لجهاز المتابعة والتعديل (لوحة المشغل) فيمكن من خلال لوحة المشغل والمراقبة تشغيل أي عنصر في نظام التحكم مثل تشغيل أي محرك وكذلك تغيير جميع ثوابت المؤقتات والعدادات والثوابت



الشكل (٢-٤٧)

العددية KF , KC , KT المخزنة في بلوكات البيانات DATA BLOCKS وأيضا إعطاء رسائل عن المشاكل التي تحدث مثل :-

[M1_Over_Loaded
Cabinet_C2
Diagram_A7]

و هذه الرسالة تعني حدوث زيادة في الحمل على المحرك M1 و أجهزة بدأ المحرك موجودة في الكابينة C2 و المخطط الكهربائي للمحرك موجود في المخطط A7 كما يمكن إعطاء

المزيد من المعلومات عن العنصر الذي حدث به المشكلة مثل :-

[M1 : Power_24 Kw
In= 44 A _ Ir = 48 A
Screw Conveyor # 20]

أي أن المحرك M1 قدرته 24 Kw و تياره المقنن 44 A و تيار فصل القاطع 48 A وهو يدير برمجة نقل الخامات رقم 20. وحتى تتضح وظيفة لوحة المشغل بصورة أفضل سنتناول لوحة المشغل Op 393 لشركة Siemens فهي معدة لتعطي 32 رسالة كل رسالة تتكون من 16 حرف كحد أقصى على سبيل المثال :-

-M1 - Over - Loaded -

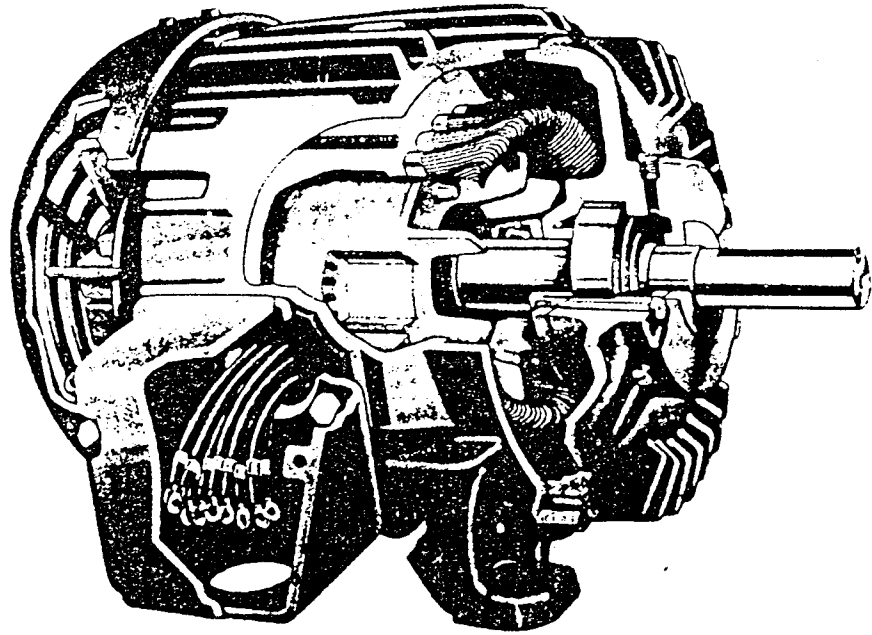
و الجدول (٢-٦) يبين خانات الذاكرة الخاصة بالرسائل المختلفة للوحة المشغل Op 393 وهو من إنتاج شركة Siemens ويمكن إخراج أي رسالة يجعل حالة خانة الذاكرة المشيرة إليها عالية .

الجدول (٢-٦)

رقم الرسالة	وحدة الذاكرة	رقم الرسالة	وحدة الذاكرة
الرسالة رقم 17	F 2.7	الرسالة رقم 1	F 0.7
الرسالة رقم 18	F 2.6	الرسالة رقم 2	F 0.6
الرسالة رقم 19	F 2.5	الرسالة رقم 3	F 0.5
الرسالة رقم 20	F 2.4	الرسالة رقم 4	F 0.4
الرسالة رقم 21	F 2.3	الرسالة رقم 5	F 0.3
الرسالة رقم 22	F 2.2	الرسالة رقم 6	F 0.2
الرسالة رقم 23	F 2.1	الرسالة رقم 7	F 0.1
الرسالة رقم 24	F 2.0	الرسالة رقم 8	F 0.0
الرسالة رقم 25	F 3.7	الرسالة رقم 9	F 1.7
الرسالة رقم 26	F 3.6	الرسالة رقم 10	F 1.6
الرسالة رقم 27	F 3.5	الرسالة رقم 11	F 1.5
الرسالة رقم 28	F 3.4	الرسالة رقم 12	F 1.4
الرسالة رقم 29	F 3.3	الرسالة رقم 13	F 1.3
الرسالة رقم 30	F 3.2	الرسالة رقم 14	F 1.2
الرسالة رقم 31	F 3.1	الرسالة رقم 15	F 1.1
الرسالة رقم 32	F 3.0	الرسالة رقم 16	F 1.0

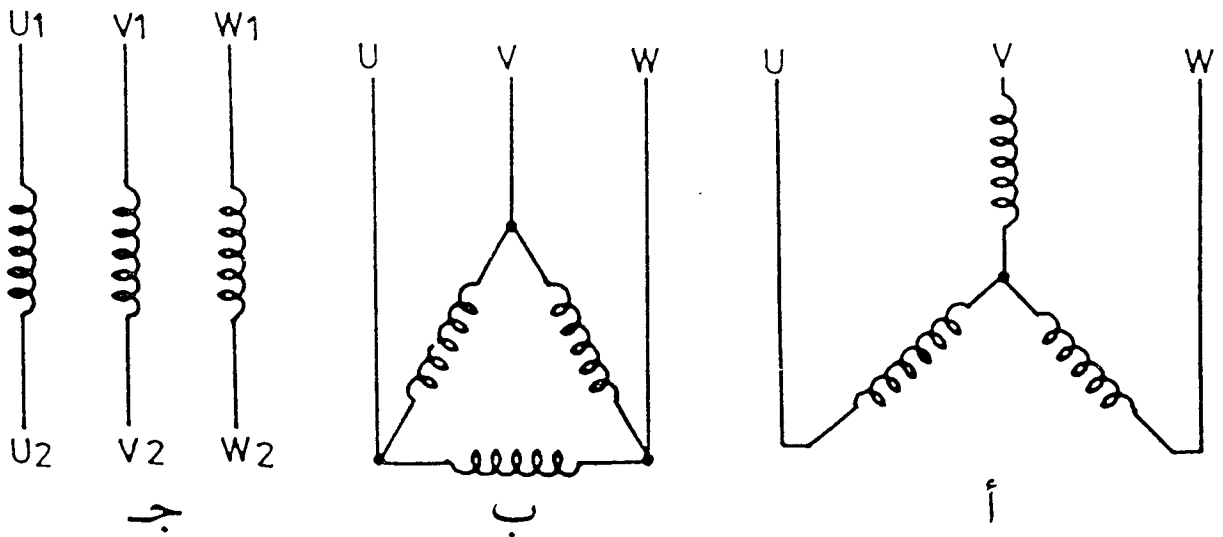
٢-٩ المحركات الاستنتاجية الثلاثية الوجه

تتكون المحركات الاستنتاجية من عضو ثابت وآخر دوار كلاهما مصنوع من رقائق الصلب السيليكوني أما العضو الثابت فيكون على شكل إسطوانة مفرغة من الداخل و مشكل فيها أسنان و مجاري داخلية و يمدد داخل هذه المجاري الملفات الثلاثية للمحرك في حين أن العضو الدوار يكون على شكل إسطوانة مصمتة و مشكل فيها من الخارج مجاري طولية يمر فيها قضبان نحاسية مقصورة من نهايتها بمحلتين معدنيتين فيتشكل ما يشبه قفص السنجاب و الشكل (٢-٤٨) يعرض نموذجاً لمحرك استنتاجي ثلاثي الوجه .



الشكل (٢-٤٨)

و الشكل (٢-٤٩) يعرض طرق توصيل الملفات الثلاثة للمحركات الإستنتاجية الثلاثة الوجه .



الشكل (٢-٤٩)

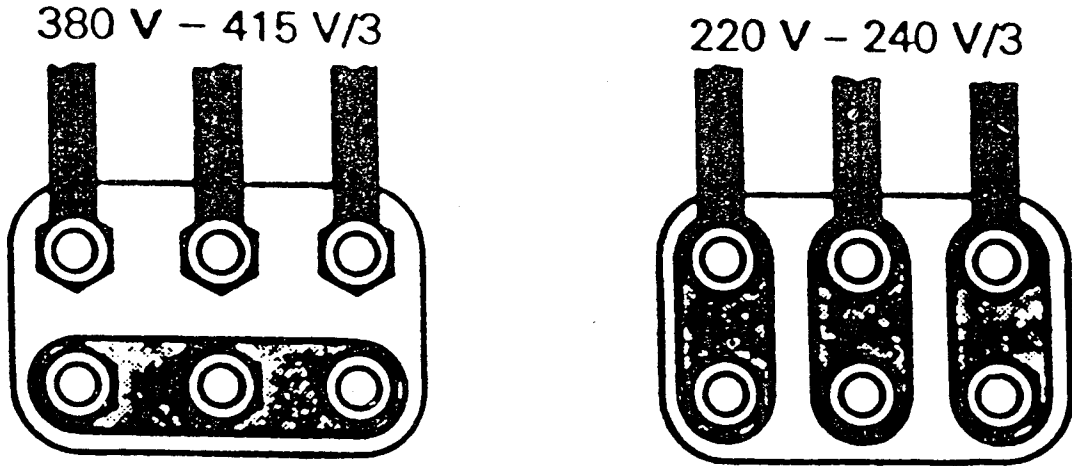
فالشكل (أ) يبين طريقة توصيل النجما Y .

و الشكل (ب) يبين طريقة توصيله الدلتا Δ .

والشكل (جـ) يبين شكل ملفات المحرك والتي يمكن توصيلها خارجيا إما بنجما Y أو دلتا Δ .

ويطلق عليها محركات (Y/Δ) .

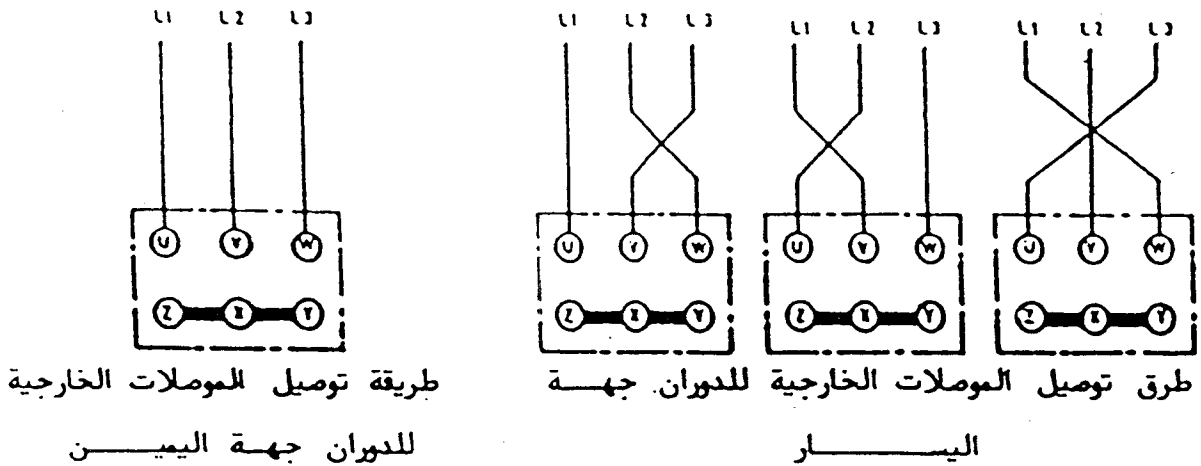
و تتوقف طريقة توصيل ملفات المحركات الاستنتاجية الثلاثية الوجه على جهد المصدر فبالنسبة للمحرك (220 / 380 V) (Δ / Y) فيوصل المحرك دلتا إذا كان جهد المصدر 220 V ويوصل المحرك نجما Y إذا كان جهد المصدر 380 V . و الشكل (٢-٥٠) يبين طريقة توصيل هذه المحركات دلتا (الشكل أ) و نجما (الشكل ب) .



الشكل (٢-٥٠)

أما الشكل (٢-٥١) فيبين طريقة توصيل محرك موصل نجما للدوران في اتجاه عقارب الساعة (اليمين) .

وللدوران في عكس عقارب الساعة (اليسار) و يلاحظ أنه لعكس اتجاه حركة المحرك يجب أن يبدل طرفين من أطراف المحرك الموصلة بالمصدر الكهربائي .



الشكل (٢-٥١)