

الباب الثاني

عناصر التحكم الكهربى

عناصر التحكم الكهربى

١ / ٢ - مقدمة :

لكى نتمكن من دراسة النظم الكهروهوائية سواء كانت تقليدية أو حديثة يجب أولاً أن نتعرف على مكونات أى نظام تحكم وهى :

أ - عناصر التشغيل : مثل المحركات الكهربائية بأنواعها المختلفة .

ب - أجهزة التحكم الكهربائية والتي تنقسم إلى :

١ - أجهزة نقل البيانات مثل : مفاتيح نهاية المشوار، مفاتيح الضغط، المفاتيح التقاربية، الخلايا الضوئية، مفاتيح درجة الحرارة، أجهزة الوقاية ... إلخ .

٢ - أجهزة معالجة البيانات التقليدية مثل : الريلهات الكهرومغناطيسية والمؤقتات الزمنية بأنواعها المختلفة، وكذلك العدادات الكهروميكانيكية .

٣ - أجهزة التحكم فى القدرة مثل الكونتاكتورات .

٤ - أجهزة مخاطبة نظام التحكم مثل : الضواغط، المفاتيح اليدوية، ولمبات البيان وأبواق الإنذار الصوتية .

وسوف نتناول هذه الأجهزة فى الفقرات القادمة .

٢ / ٢ - عناصر التشغيل الكهربائية :

وهذه العناصر هى المسئولة عن تشغيل أى معدة، وأهم عناصر تشغيل المحركات الكهربائية .

فالمحركات الكهربائية تستخدم لإدارة الضاغط الهوائى للحصول على هواء مضغوط، لذلك سنتناول المحركات الكهربائية فى هذه الفقرة بطريقة موجزة ومبسطة، وتنقسم المحركات الكهربائية حسب تيار التشغيل إلى :

محركات تيار مستمر - محركات تيار متردد .

وسوف نتناول محركات التيار المتردد خصوصاً المحركات الاستنتاجية ذات القفص السنجاى لما لها من انتشار عظيم فى الصناعة .

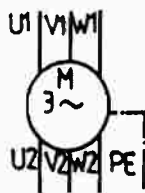
فتتواجد المحركات الاستنتاجية ذات القفص السنجابي في عدة صور أهمها المحركات الاستنتاجية نجما دلتا Y/Δ ، حيث يتم توصيل الملفات الثلاثة لهذه المحركات على شكل (Δ) للعمل على جهد U ، أو نجما (Y) للعمل على جهد $\sqrt{3}U$ ، فإذا كان جهد تشغيل المحرك عند توصيله 220 V ؛ فإن جهد تشغيل المحرك عند توصيله Y وهو 380 V .

وتحتوى هذه المحركات على ست نقاط توصيل رموزهم كالتالى:

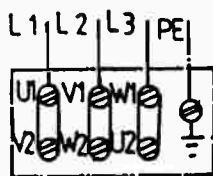
$$(U_2, V_2, W_2) - (U_1, V_1, W_1)$$

حيث إن الملف الأول أطرافه U_1, U_2 والملف الثانى أطرافه V_1, V_2 والملف الثالث أطرافه W_1, W_2 .

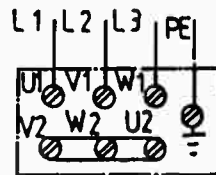
والشكل (٢ - ١) يعرض طريقة توصيل روزة (صندوق أطراف المحرك) المحرك نجما Y مع المصدر الكهربى (١) ودلتا مع المصدر الكهربى (ب) والرمز العالمى لمحرك نجما - دلتا (جـ) .



جـ



ب



١

الشكل (٢ - ١)

حيث إن $L1, L2, L3$ هى الأوجه الثلاثة للمصدر الكهربى ثلاثى الأوجه، PE هو خط الأرضى للمصدر الكهربى علماً بأن المحركات الكهربائية عادة تكون مزودة بنقطة توصيل إضافية لخط الأرضى، وعند توصيل هذه النقطة بخط الأرضى للمصدر الكهربى تمنع حدوث صعقة كهربية للأشخاص عند ملامسة جسم المحرك وذلك عند انهيار عزل المحرك.

ملاحظة: لمعرفة المزيد عن المحركات الكهربائية استعن بالجزء الأول من سلسلة التحكم العملية (دوائر التحكم فى الآلات الكهربائية والأنظمة الأوتوماتيكية).

٣ / ٢ - أجهزة نقل البيانات : Data acquisition devices

وهذه الأجهزة بمثابة الحواس الخمسة لنظام التحكم، حيث تقوم هذه الأجهزة بإعطاء معلومات عن ظروف تشغيل الماكينة أو العملية الصناعية، مثل: إعطاء معلومات عن درجة الحرارة، والضغط، ومنسوب السوائل فى الخزانات .. إلخ وسوف نتناول أهم أجهزة نقل البيانات فى الفقرات القادمة.

١ / ٣ / ٢ - مفاتيح نهاية المشوار الميكانيكية : Limit switches

وتستخدم هذه المفاتيح فى التحكم فى الأجسام المتحركة أو الحركة المكررة، ويعمل مفتاح نهاية المشوار الميكانيكى نتيجة ضغط عنصر الفعل له فتتحول ريش تلامسه المفتوحة طبيعياً NO إلى مغلقة، والمغلقة طبيعياً NC إلى مفتوحة، ويوجد عدة أشكال لرأس عنصر الفعل بالمفتاح مثل: خابور من الصلب، أو من البلاستيك، أو عجلة الصلب لها حرية فى اتجاه واحد أو الاتجاهين .. إلخ ويتم تثبيت كامات فى الأجسام المتحركة حتى تتمكن من الضغط على عنصر الفعل للمفتاح.

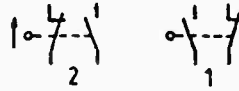
والشكل (٢ - ٢) يعرض الأشكال المختلفة لمفاتيح نهايات المشوار الميكانيكية والتى لها رءوس عناصر فعل مختلفة وهى كالآتى:

- مفتاح نهاية مشوار بذراع تدفع باليد فى أى اتجاه (أ).
- مفتاح نهاية مشوار بعجلة يمكن رفعها وخفضها وتدفع بكامة تتحرك يمينا ويساراً (ب).
- مفتاح نهاية مشوار بعجلة تدفع بكامة تتحرك يمينا ويساراً (ج).
- مفتاح نهاية مشوار بعجلة تدفع بكامة تتحرك لاعلى أو اسفل (د).
- مفتاح نهاية مشوار بكامة تدفع بكامة تتحرك يمينا (ه).



الشكل (٢ - ٢)

وفيما يلي رمز مفتاح نهاية مشوار بريشتين: أحدهما - مفتوحة طبيعياً NO والثانية - مغلقة طبيعياً NC مرة في الوضع الطبيعي (الرمز 1)، وعند قيام جسم متحرك بالضغط على عنصر الفعل للمفتاح ويشار على ذلك بسهم يشير لأعلى بجوار رمز المفتاح (الرمز 2).



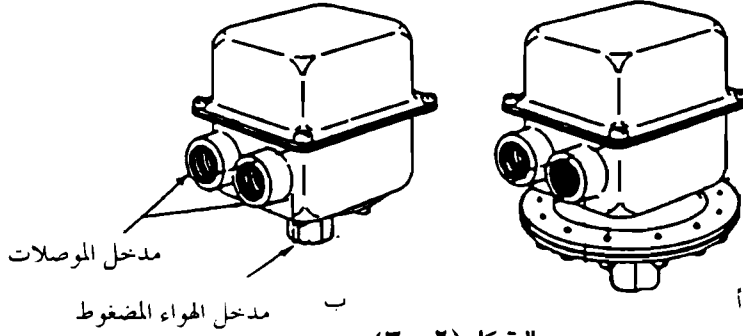
٢ / ٣ / ٢ - مفاتيح الضغط والخلخلة : Pressure and vacuum switches

صممت هذه المفاتيح لتنظيم ومراقبة الضغط والخلخلة في دوائر الموائع (سوائل - غازات)، وتحتوى هذه المفاتيح إما على ريش تلامس كالمستخدمة في مفاتيح نهاية المشوار الميكانيكية، أو تحتوى على ريش تلامس رئيسية لوصل وفصل المحركات مباشرة، وتعمل مفاتيح الضغط والخلخلة على عكس ريش تلامسها فتتحول ريش التلامس المفتوحة NO إلى مغلقة والمغلقة طبيعياً NC إلى مفتوحة، وعند انخفاض الضغط عن حد المعايير بقيم فرقية معينة (تعتمد على تصميم المفتاح) تعود ريش التلامس لوضعها الطبيعي.

ويوجد نوعان من هذه المفاتيح تبعاً لطريقة عملها: الأولى تعمل نتيجة لدفع المائع لغشاء مطاطي، أما الثانية تعمل نتيجة لدفع المائع لمكبس.

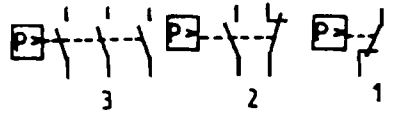
والشكل (٢ - ٣) يعرض نموذجين مختلفين لهذه المفاتيح كما يلي:

- مفتاح ضغط بغشاء مطاطي مزود بريشة قلاب (الشكل أ).
- مفتاح ضغط بمكبس وله ثلاثة أقطاب (الشكل ب). علماً بأن هذه المفاتيح تكون مزودة بوسيلة يدوية لضبط الضغط الأقصى.



الشكل (٢ - ٣)

وفيما يلي الرموز الكهربائية للأنواع المختلفة لمفاتيح الضغط.



فالرمز 1 لريشة قلاب والرمز 2 لريشتين أحدهما مفتوحة والأخرى مغلقة والرمز 3 لثلاث ريش رئيسية مفتوحة.

٣/٣/٢ - المفاتيح التقاربية Proximity switches :

تقوم المفاتيح التقاربية بعكس حالة ريشة تلامسها عند تقارب الأجسام منها وتصل مسافة إحساسها ما بين 0:40 mm، ولكل مفتاح تقاربي مسافة إحساس تعتمد على تصميمه، وتنقسم هذه المفاتيح إلى ثلاثة أنواع تبعاً لنظرية عملها وهي:

النوع الأول: يبنى عملها على توليد مجال مغناطيسي يتغير عند اقتراب جسم معدني منها، ومن ثم ينعكس حالة ريش تلامسها فتصبح الريشة المفتوحة طبيعياً NO مغلقة، والمغلقة طبيعياً NC مفتوحة، لذلك تسمى بمفاتيح تقاربية حثية.

النوع الثانى: يبنى عملها على توليد مجال كهربي يتغير عند اقتراب جسم عازل كهربي منها، ومن ثم ينعكس حالة ريش تلامسها فتصبح الريشة مفتوحة طبيعياً NO مغلقة، والعكس بالعكس، لذلك تسمى بمفاتيح تقاربية سعوية.

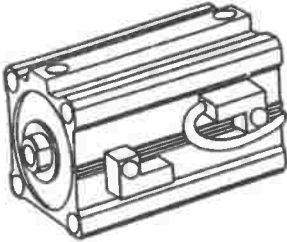
النوع الثالث: ينعكس حالة ريش تلامسها عند مرور مغناطيس دائم بجوارها، ويستخدم هذا النوع عادة فى تتبع حركة أسطوانة هوائية والتي يثبت بمكبسها مغناطيس دائم، وتسمى هذه المفاتيح بالمفاتيح التقاربية المغناطيسية.

وعادة تستخدم المفاتيح التقاربية الحثية Inductive proximity switches للإحساس بتقارب الأجسام المعدنية.

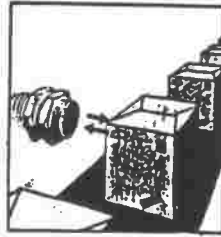
أما المفاتيح التقاربية السعوية Capacitive proximity switches فتستخدم للإحساس بتقارب الأجسام العازلة كهربياً.

أما المفاتيح التقاربية المغناطيسية magnetic proximity switches فتستخدم للإحساس بموضع الاسطوانات الهوائية المزودة بمغناطيس دائم مثبت بمكبسها.

والشكل (٢ - ٤) يعرض صورة لمفتاح حثى يستخدم فى دائرة لعد البراميل المصنعة من الحديد (أ). وصورة لمفتاح سعوى يستخدم فى دائرة لعد صناديق الكرتون (ب). وصورة لاسطوانة هوائية مثبت عليها مفتاحين تقاربين لتحديد مكان مكبس الاسطوانة (ج).



ج



ب



أ

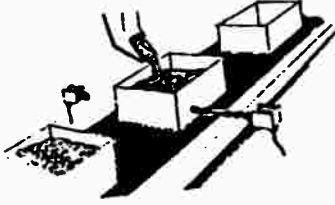
الشكل (٢-٤)

وفيما يلى الرموز العالمية للمفاتيح التقاربية بأنواعها المختلفة:

- ١ فالرمز 1 لمفتاح سعوى بريشة مفتوحة، والرمز 2 لمفتاح حثى بريشة مفتوحة والرمز 3 لمفتاح مغناطيسى بريشة مفتوحة.



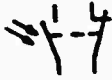
٢ / ٣ / ٤ - الخلايا الضوئية Photo-electric detectors :



الشكل (٥-٢)

تتميز الخلايا الضوئية عن المفاتيح التقاربية بمدى التشغيل الكبير الذى يتراوح ما بين عدة مليمترات إلى عدة مترات، كما أنها تعمل مع أى نوع من الأجسام سواء كانت عازلة كهربياً أو موصلة كهربياً، وتقوم الخلايا الضوئية بعكس حالة ريشة تلامسها عند قطع جسم غريب للشعاع الضوئى لها. والشكل (٥-٢) يعرض صورة لوحدة ملء صناديق تستخدم خلية ضوئية للتحكم فى عملية الملء.

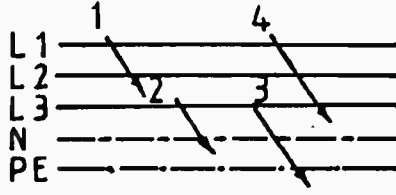
وفيما يلى رمز الخلية الضوئية (غير قياسى)



٢ / ٣ / ٥ - أجهزة الوقاية Protection devices :

يوجد أنواع مختلفة من أجهزة الوقاية المستخدمة لحماية الدوائر الكهربائية من :

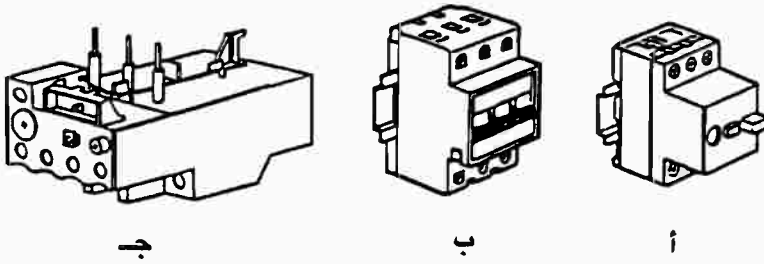
١- القصر : وهو اتصال أوجه المصدر الكهربى معاً، أو اتصال أحد الأوجه أو أكثر من وجه مع الأرض PE، أو مع خط التعادل N ويزداد التيار المار فى الدائرة لحظة القصر ليصل عدة مرات من قيمته الأصلية، ويعتمد ذلك على جهد التشغيل ومكان القصر ومساحة مقطع الأسلاك. والشكل (٢ - ٦) يعرض أربعة أشكال مختلفة للقصر علماً بأنه يستخدم المصهرات الكهربائية Fuses أو قواطع الدائرة الاتوماتيكية miniatures لحماية الدائرة من القصر.



الشكل (٦-٢)

ب- زيادة الحمل : وهو زيادة تيار التشغيل للمحركات إلى مرة ونصف أو أكثر من قيمته الأصلية؛ وينتج ذلك من حمل زائد على الآلة المدارة بالمحرك، وتستخدم المتتمات الحرارية Thermal overloads أو قواطع المحركات mcb's لحماية المحركات من زيادة الحمل.

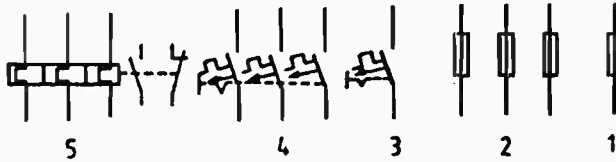
والشكل (٧ - ٢) يعرض صورة لقاطع محركات ذى قدرة صغيرة (أ) وقاطع دائرة ثلاثى القطب (ب) ومتمم حرارى (ج).



الشكل (٧-٢)

وفيما يلى الرموز الكهربائية لأجهزة الوقاية :

حيث إن الرمز 1 لمصهر قطب واحد، والرمز 2 لمصهر ثلاثة أقطاب، والرمز 3 لقاطع دائرة قطب واحد، والرمز 4 لقاطع دائرة ثلاثة أقطاب، والرمز 5 لمتمم حرارى.



٢ / ٤ - أجهزة معالجة البيانات : Data processing devices

يوجد نوعان من هذه الأجهزة وهما :

أ- الأجهزة التقليدية، مثل الريلهات الكهرومغناطيسية، والمؤقتات الزمنية، والعدادات... إلخ، وتقوم هذه الأجهزة بإعطاء أوامر التشغيل، والفصل للكونتاكتورات والصمامات الاتجاهية، وذلك تبعاً لظروف تشغيل العملية الصناعية وكذلك تبعاً لطريقة توصيلها.

ب- أجهزة التحكم المبرمج: وتقوم هذه الأجهزة بالتحكم في تشغيل أو فصل الكونتاكتورات والصمامات الاتجاهية، ولمبات البيان... إلخ تبعاً لظروف تشغيل العملية الصناعية وكذلك تبعاً لبرنامج التشغيل، وسوف نتناول أجهزة التحكم المبرمج واستخدامها في التحكم في النظم الهوائية بالتفصيل في الباب الخامس والسادس.

٢ / ٤ / ١ - الريلهات الكهرومغناطيسية Electromagnetic relays

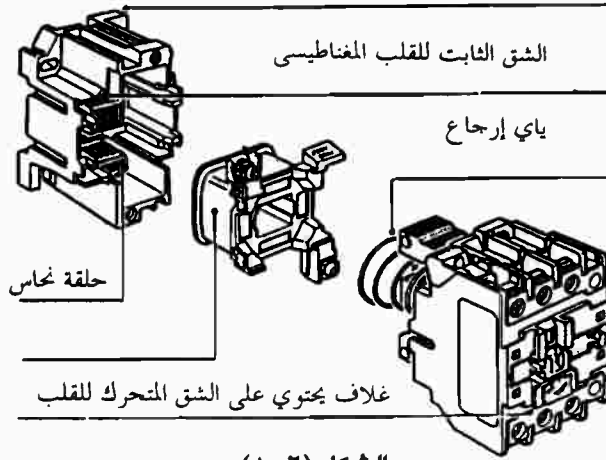
تشابه الريلهات الكهرومغناطيسية والكونتاكتورات (سوف نتناولها فيما بعد في الفقرة (٢ - ٥)) لحد كبير فكلاهما مفاتيح كهرومغناطيسية تعمل بالمجال المغناطيسى الناشئ عن مرور التيار الكهربى فى البويينة (ملف انتشغيل)، وتتكون المفاتيح المغناطيسية بصفة عامة من قلب مغناطيسى مصنوع من رقائق من الصلب السليكونى، علماً بأن هذا القلب مشقوق إلى شقين: أحدهما ثابت والآخر متحرك، ويوجد حول الشق الثابت البويينة، أما الشق المتحرك فيحمل ريشة التلامس.

والفرق الجوهرى بين الريلاى الكهرومغناطيسى والكونتاكتور. هو أن الريلاى لا يحتوى على ريش تلامس رئيسية (وهى ريش تتحمل تيارات تشغيل كبيرة وتقوم بوصل وفصل المحركات) بل ريش تحكم فقط (وهى ريش تتحمل تياراً لا يزيد عن 10 A)، وتستخدم هذه الريش فى دوائر التحكم التى سوف نتناولها فيما بعد لعمل بعض الوظائف المساعدة فى عمليات التحكم.

أما الكونتاكتورات فتحتوى على ريش تلامس رئيسية وكذلك ريش تلامس مساعدة (ريش تحكم).

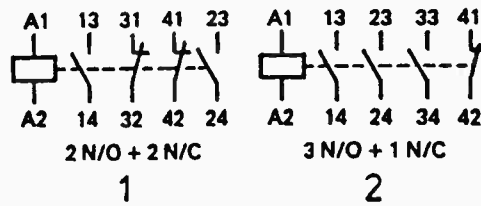
والشكل (٨-٢) يبين تركيب المفتاح الكهرومغناطيسي بصفة عامة سواء كان ريلاي أو كونتاكتور فالرمز 1 لريلاي يحتوى على ريشتين مفتوحتين طبيعياً وريشتين مغلقتين طبيعياً $2NO + 2NC$ والرمز 2 لريلاي يحتوى على ثلاث ريش مفتوحة وريشة مغلقة $3NO + NC$ علماً بأن A1, A2 هما طرفى بوبينة المفتاح الكهرومغناطيسى ولحظة اكتمال مسار التيار للبوبينة ينعكس حالة ريش تلامس المفتاح الكهرومغناطيسى فتصبح الريشة المفتوحة طبيعياً NO مغلقة والعكس بالعكس .

قاعدة تثبيت الشق الثابت للقلب



الشكل (٨-٢)

وفيما يلى الرموز الكهربائية للريليهات الكهرومغناطيسية :



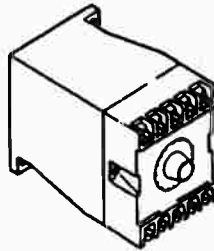
٢ / ٤ / ٢ - المؤقتات الزمنية Timers :

يوجد أنواع مختلفة للمؤقتات الزمنية مثل : المؤقتات الإلكترونية، والمؤقتات ذو المحرك، والمؤقتات الهوائية، وسوف نتناول فى هذه الفقرة المؤقتات الإلكترونية فقط والتي تنقسم بدورها إلى ثلاثة أنواع حسب نظرية عملها :

١- المؤقت الزمني الذي يؤخر عند التوصيل ON Delay Timer فعند اكتمال مسار التيار لبوبينة المؤقت ينعكس حالة ريش تلامسه (بعد تأخير زمني t_1 يعتمد على زمن معايرة المؤقت)، فتصبح الريشة المفتوحة طبيعياً NO مغلقة والعكس بالعكس . ولكن بمجرد انقطاع مسار التيار الكهربى للبوبينة تعود ريش التلامس للمؤقت لوضعها الطبيعي فى الحال .

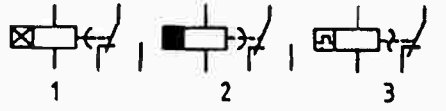
٢- المؤقت الزمني الذي يؤخر عند الفصل Off Delay Timer، فعند اكتمال مسار التيار لبوبينة المؤقت ينعكس حالة ريش تلامسه فى الحال، ولكن عند انقطاع مسار التيار للبوبينة تعود ريش التلامس للمؤقت لوضعها الطبيعي بعد تأخير زمني t_1 (يعتمد على زمن المعايرة للمؤقت) .

٣- المؤقت الزمني الرعاش Flashing Timer فعند اكتمال مسار التيار لبوبينة المؤقت ينعكس حالة ريش تلامس المؤقت t_1 ، ثم تعود ريش التلامس لوضعها الطبيعي لمدة t_2 ، ويتكرر ذلك طوال فترة اكتمال مسار التيار لبوبينة المؤقت، ولكن بمجرد انقطاع مسار التيار تعود ريش المؤقت لوضعها الطبيعي علماً بأن هذه المؤقتات لها مكانين لضبط زمن التوصيل t_1 وزمن الفصل t_2 .
والشكل (٢ - ٩) يعرض صورة مؤقت زمني إلكترونى .



الشكل (٢ - ٩)

وفيما يلى رموز المؤقتات الزمنية المختلفة .



فالرمز 1 لمؤقت زمنى يؤخر عند التوصيل بريشة قلاب، والرمز 2 لمؤقت زمنى يؤخر عند الفصل بريشة قلاب، والرمز 3 لمؤقت زمنى رعاش بريشة قلاب .

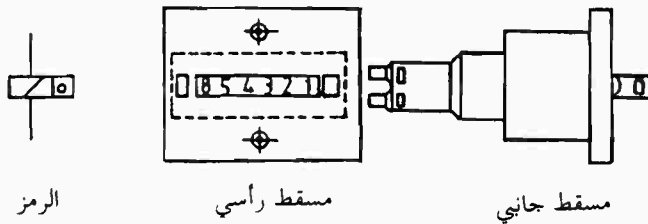
٢ / ٤ / ٣ - العدادات الكهروميكانيكية Electro mechanical counters :

تنقسم العدادات الكهروميكانيكية لنوعين أساسين وهما :

١ - العدادات المجمعة Totalising counters

وتستخدم هذه العدادات كعدادات ساعة لعد زمن التشغيل للمعدات بالساعة، ويزداد العدد المعروض فى العداد بمقدار واحد كلما وصلت له نبضة كهربية حتى يصل قيمة العدد المعروض إلى 99999، ثم يعود للصفر من جديد ويبدأ العد من جديد وهكذا .

والشكل (٢ - ١٠) يعرض المسقط الرأسى والجانبى لهذا النوع من العدادات ورمزه (غير قياسى) .

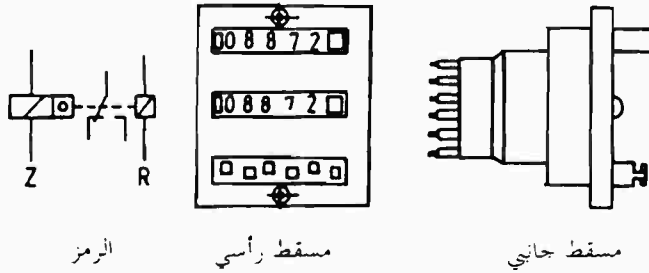


الشكل (٢-١٠)

٢- العدادات سابقة التحميل : Predetermining counters

وتزود هذه العدادات بوسيلة يدوية لتحميل العداد بعدد معين، وتحتوى هذه العدادات فى العادة على شاشتين للعرض : أحدهما : لعرض العدد المحمل به العداد، والثانية : لعرض القيمة الجارية للعداد. وفى البداية تكون قراءة العداد مساوية للصفر؛ ولكن كلما وصل للعداد نبضة كهربية ازدادت القراءة بمقدار 1 إلى أن تصبح قراءة العداد مساوية للعدد المحمل به العداد. وفى هذه الحالة يقوم العداد بعكس حالة ريشه فتصبح الريشة المفتوحة طبيعياً مغلقة والمغلقة طبيعياً مفتوحة.

ويمكن تحرير القيمة الجارية للعداد وإعادةتها للصفر وذلك عند وصول إشارة كهربية للملف التحرير R للعداد أو بوسيلة يدوية معدة لذلك. وفى الشكل (٢-١١) مسقط جانبي وآخر رأسى لهذا العداد وكذلك رمز العداد (غير قياسى).

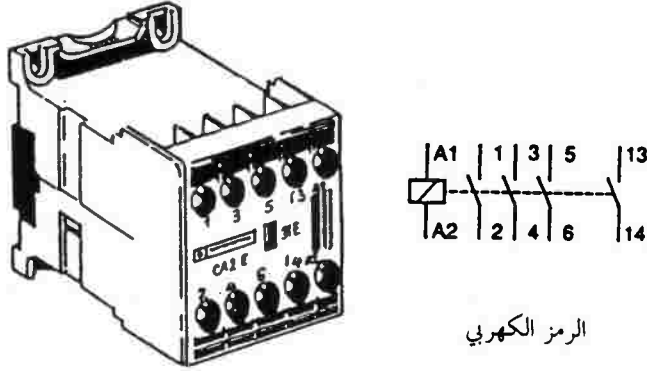


الشكل (٢- ١١)

٢ / ٥ - أجهزة التحكم فى القدرة : Power control devices

وهذه الأجهزة مسئولة عن تنفيذ أوامر التشغيل المرسلة إليها من أجهزة معالجة البيانات، ويوجد الكثير من أجهزة التحكم فى القدرة أهمها : الكونتاكتورات الكهربية. ولقد سبق أن أشرنا إلى أن تركيب ونظرية عمل الكونتاكتورات لا تختلف عن الريلهات إلا فى وظيفتها فالكونتاكتورات تستخدم فى وصل وفصل الاحمال، والريلهات تستخدم فى معالجة البيانات القادمة إليها تبعاً لطريقة توصيلها (انظر الفقرة ٤-٥-١).

والشكل (٢ - ١٢) يعرض صورة لكونتاكتور ورمزه الكهربى .



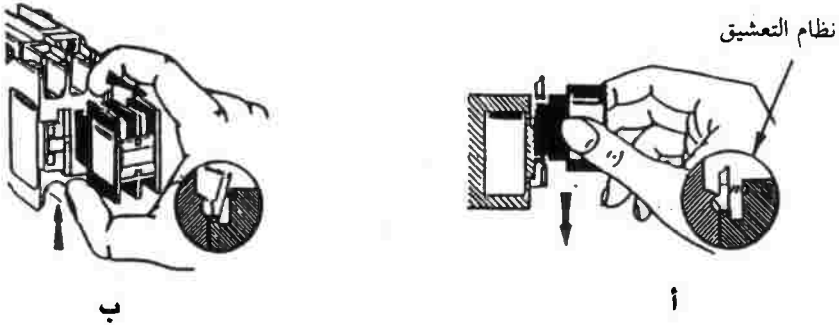
الرمز الكهربى

الشكل (٢ - ١٢)

وتثبت المتممات الحرارية عادة أسفل الكونتاكتورات وتوصل معها كهربياً لحماية المحركات من زيادة الحمل .

وفى بعض الاحيان يلزم الأمر زيادة عدد ريش التلامس الإضافية (ريش التحكم) الخاصة بالكونتاكتور ، ولتحقيق ذلك تضاف وحدات تلامس إضافية تثبت على وجه الكونتاكتور وهذه الوحدات تحتوى على ريشتين أو أربع ريش تحكم بتنظيمات مختلفة فهناك أنواع مختلفة من هذه الوحدات على سبيل المثال :

وحدات مزودة بريشتين مفتوحتين (2NO)، وأخرى مزودة بريشتين مغلقتين (2NC)، وأخرى مزودة بأربع ريش مفتوحة (4NO) وهكذا . والشكل (٢ - ١٣) يعرض طريقة تثبيت وحدة إضافية تحتوى على ريشتين على وجه كونتاكتور (أ) وكذلك طريقة نزعها من على الكونتاكتور (ب) .



الشكل (٢ - ١٣)

٢ / ٦ - أجهزة مخاطبة نظام التحكم : man machine dialogue

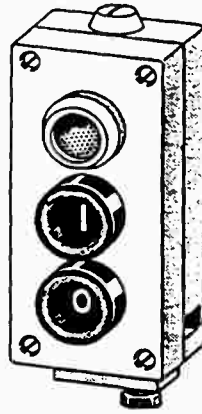
وهذه الأجهزة تجعل الإنسان قادراً على مخاطبة نظام التحكم، أو الآلة بمعنى إعطاء أوامر للنظام، وأيضاً متابعته في نفس الوقت، وذلك من خلال مجموعة من الضواغط ومفاتيح التشغيل ولبات البيان وأجهزة الإنذار الصوتى مثل الأبواق .. إلخ، وتعتبر ألوان لمبات البيان والضواغط فى غاية الأهمية بالنسبة للمشغلين، وذلك لتجنب الفهم الخاطئ عند إعطاء الأوامر، ومتابعة النظام والجدول الآتى يوضح الألوان الخاصة بالضواغط واستخدامها.

اللون	الاستخدام
أحمر	إيقاف (Stop)، فصل Off، طوارئ Emergency
أخضر وأسود	بدء Start، تشغيل ON
أصفر	إعادة دورة التشغيل للعملية الصناعية إلى بدايتها.
أبيض أو أزرق فاتح	التحكم فى العمليات الثانوية التى لا ترتبط بدورة التشغيل للنظام.

أما الجدول التالى فيوضح الألوان الخاصة بلمبات البيان ومدلولها :

اللون	الاستخدام
أحمر	توقف الماكينة ناتج عن خلل مثل زيادة الحمل عليها (حالة غير طبيعية).
أصفر	انتباه كاقتراب كمية معينة كالتيار، أو درجة الحرارة، أو الضغط للقيمة القصوى أو الصغرى لها، أو تحذير من حدوث شئ غير طبيعى .
أخضر	الماكينة تعمل، أو الماكينة جاهزة للبدء أو ضغط الهواء مناسب للعمل .
أبيض	المفتاح الرئيسى فى وضع التشغيل (الدائرة عند جهد التشغيل المعتاد).
أزرق	وظائف مختلفة عما سبق ذكره.

والشكل (٢ - ١٤) يعرض وحدة تحكم تحتوى على لمبة بيان وضغط تشغيل I وضغط إيقاف 0.



الشكل (٢-١٤)

وفيما يلى الرموز الكهربائية لأجهزة مخاطبة الآلة.



حيث إن:

الرمز 1 لضغط بريشتين NO+NC.

الرمز 2 لمفتاح دوار بوضعين 0, 1 ويحتوى على ريشتين NO+NC.

الرمز 3 لمفتاح بزر انضغاطى ويحتوى على ريشتين NO+NC.

الرمز 4 للمبة بيان .

الرمز 5 لضغط بريشة قلاب CO .

الرمز 6 لمفتاح دوار بريشة قلاب CO .

الرمز 7 لمفتاح بزر انضغاطى بريشة قلاب CO .

الرمز 8 لهورن (إنذار صوتى) .

٢ / ٧ - الحروف الدالة على نظام الترقيم لأجهزة التحكم :

الجدول التالى يعرض الحروف الدالة على رموز التحكم المختلفة .

الحرف	جهاز التحكم	الحرف	جهاز التحكم
KT,D	المؤقت الزمنى	M	المحركات
Y	الصمام الانجهاى	S	الضواغط اليدوية ومفاتيح نهاية
H	لمبات البيان والابواق		المشوار
T	المحولات	B	مفتاح الضغط ودرجة الحرارة ..
G	المولدات		إلخ
Q	للمفاتيح ذات المواضع المختلفة	K	الريلاى الكهرومغناطيسى
		KM	الكونتاكطور

وترقم أجهزة التحكم بالأسلوب التالى :

١- ترقم الأقطاب الرئيسية لأجهزة التحكم مثل : الكونتاكطورات والمتممات الحرارية

وقواطع المحركات وقواطع الدائرة والسكاكين والمصهرات كما يلى :

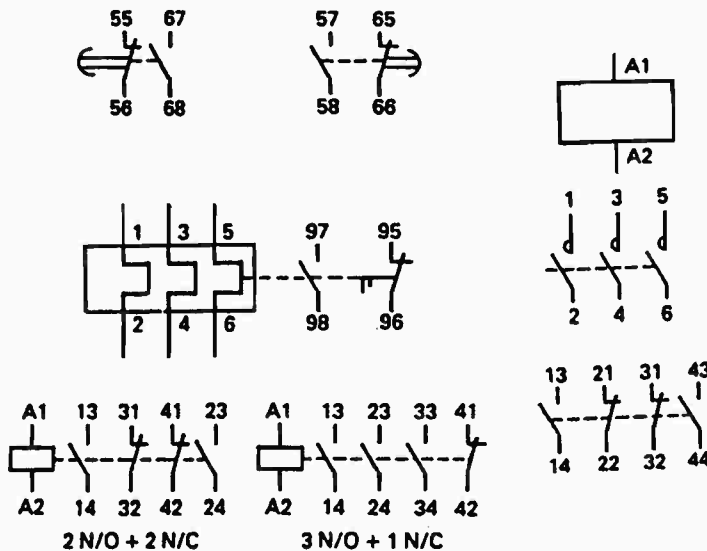
القطب الاول (L_1-T_1) أو (1-2)

القطب الثانى (L_2-T_2) أو (3-4)

القطب الثالث (L_3-T_3) أو (5-6)

٢- ترقم ريش التحكم لاجهزة التحكم مثل الكونتاكتورات، والضواغط، والمفاتيح المختلفة والمتسمات الحرارية، والقواطع، والمؤقتات الزمنية،... إلخ بعددين: العدد الموجود جهة اليمين يدل على نوع الريشة، والموجود جهة اليسار يدل على ترتيب الريشة داخل الجهاز، ويختلف العدد الموجود جهة اليمين حسب نوع الريشة مفتوحة أو مغلقة؛ وأيضاً حسب نوع الجهاز فريش التحكم المفتوحة للكونتاكتورات والضواغط والمفاتيح المختلفة تأخذ الأعداد 3-4، والمغلقة تأخذ الأعداد 1-2، أما ريش التحكم المفتوحة للمؤقتات الزمنية والمتسمات الحرارية؛ فتأخذ الأعداد 7-8 والمغلقة تأخذ الأعداد 5-6.

٣- ترقم أطراف البوبينات ذات الملف الواحد بالرموز A1-A2 وذات الملفين بالرموز (A1-A2), (B1-B2) والشكل (٢ - ١٥) يوضح نظام الترقيم لاجهزة التحكم تبعاً للنظام العالمي.



الشكل (٢-١٥)

٨ / ٢ - المخططات الكهربائية:

تتكون المخططات الكهربائية لنظم التحكم من:

- ١- دوائر التحكم.
- ٢- الدوائر الرئيسية.

أولاً: دوائر التحكم Control Circuits :

هذه الدوائر توضح مسار التيار لبوبينات (ملفات التشغيل) الكونتاكتورات، والريلهات الكهرومغناطيسية، والمؤقتات الزمنية، والعدادات، ولمبات البيان والأبواق والصمامات الاتجاهية. وعادة فإن جهد دائرة التحكم يساوى جهد الوجه للمصدر الكهربى أو جهد صغير يتم الحصول عليه من محولات التحكم. وفيما يلى الجهود القياسية لدوائر التحكم.

24, 48, 110, 127, 220 V

وهذه الجهود إما مستمرة، أو متغيرة، وعادة ترسم ريش التحكم لاجهزة التحكم المستخدمة مثل: الكونتاكتورات، أو الريلهات والمؤقتات الزمنية، والضواغط... إلخ فى وضعها الطبيعى فالمفتوحة طبيعياً No ترسم مفتوحة والمغلقة طبيعياً Nc ترسم مغلقة إلا فى حالات قليلة حيث يوضع سهم يشير لأعلى بجوار أى عنصر من عناصر دائرة التحكم ليدل على أنه تحت تأثير مؤثر خارجى.

وتستخدم المصهرات وقواطع الدائرة الاتوماتيكية لحماية دوائر التحكم من القصر، ولكن إذا زاد حجم دائرة التحكم بحيث يكون عدد البوبينات الموجودة أكثر من 5 بوبينات يلزم استخدام محول تحكم بالإضافة إلى وسائل الحماية الأخرى، وذلك لتقليل تيار القصر عند حدوثه نتيجة للمقاومة الكبيرة للمحولات ومحولات التحكم تشبه المحول الكهربى العادى ذا الملفين المنفصلين عدا أن سعة محولات التحكم صغيرة ولا تتعدى فى العادة (1000 VA).

ويجب ملاحظة أن جهود البوبينات الموجودة فى أى دائرة تحكم يجب أن تتساوى وتساوى جهد المصدر الكهربى لدائرة التحكم.

ثانياً: الدوائر الرئيسية Power Circuits :

وهذه الدوائر توضح مسار التيار للأحمال الكهربائية مثل: المحركات الكهربائية، والسخانات، ولمبات الإضاءة. إلخ، ويظهر فى هذه الدوائر الاقطاب الرئيسية لاجهزة التحكم (الكونتاكتورات، والقواطع الاتوماتيكية، وقواطع المحركات، والمنتمات الحرارية... إلخ) فى وضعها الطبيعى. وتستخدم المصهرات الكهربائية

والقواطع الأتوماتيكية عادة في حماية هذه الدوائر من القصر، وتستخدم المتممات الحرارية لحماية المحركات من زيادة الحمل، وتستخدم قواطع المحركات لحماية المحركات من القصر وزيادة الحمل، وترسم القواطع الأتوماتيكية وقواطع المحركات في وضع Off، وتكون جميع أقطابها مفتوحة.

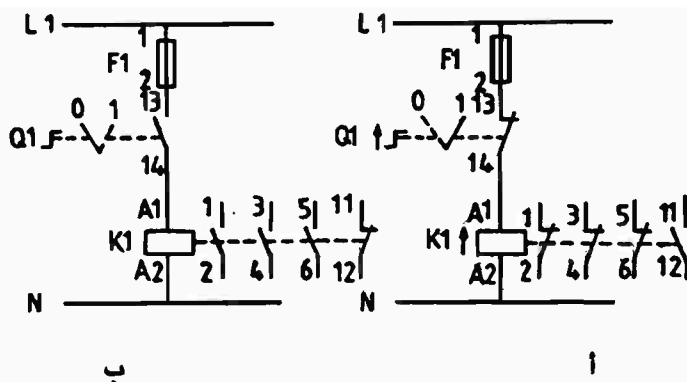
٢ / ٩ - نظرية تشغيل الكونتاكتور أو الريلاى :

يمكن تشغيل الكونتاكتور أو الريلاى بمفتاح له وضعى تشغيل، أو بضغوط يدوى ولكل طريقة تشغيل خصائص مميزة لها، ستوضح فى الفقرات التالية، علماً بأن التركيب الداخلى للكونتاكتور أو الريلاى مبين فى الشكل (٢ - ٨).

٢ / ٩ / ١ - التشغيل والفصل بمفتاح له وضعى تشغيل :

الشكل (٢ - ١٦) يعرض دائرة تحكم تحتوى على بوبينة الكونتاكتور K1 ومفتاح التشغيل Q1 ومصهر الحماية F1.

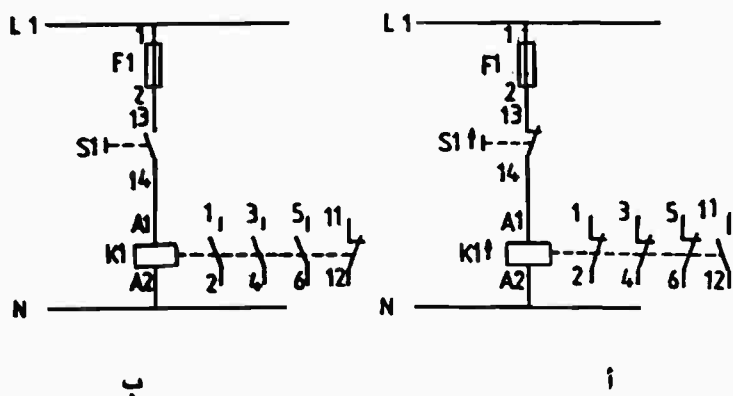
فالرسم (أ) يعرض دائرة التحكم فى الحالة المعتادة عندما يكون وضع المفتاح Q1 على وضع 0، بينما الرسم (ب) يعرض دائرة التحكم عندما يكون المفتاح Q1 على وضع 1 وفى هذا الوضع فإن ريشة المفتاح Q1 المفتوحة ستصبح مغلقة؛ وبالتالي يكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K1 فتتمغنط وينجذب الشق المتحرك للقلب المغناطيسى تجاه الشق الثابت، ويتغير وضع ريشة التلامس للكونتاكتور، ويقال إن الكونتاكتور فى حالة تشغيل وتصبح الأقطاب الرئيسية للكونتاكتور مغلقة بدلاً من كونها مفتوحة، ويتغير وضع ريش التحكم للكونتاكتور فتصبح الريشة المفتوحة طبيعياً NO مغلقة والعكس بالعكس، علماً بأن الكونتاكتور K1 يظل على هذه الحالة إلى أن يتم إعادة المفتاح Q1 إلى وضع 0، فينقطع مسار التيار للبوبينة وتعود جميع ريش التلامس (رئيسية وتحكم) إلى وضعها الطبيعى ويقال إن الكونتاكتور فى حالة فصل.



الشكل (٢-١٦)

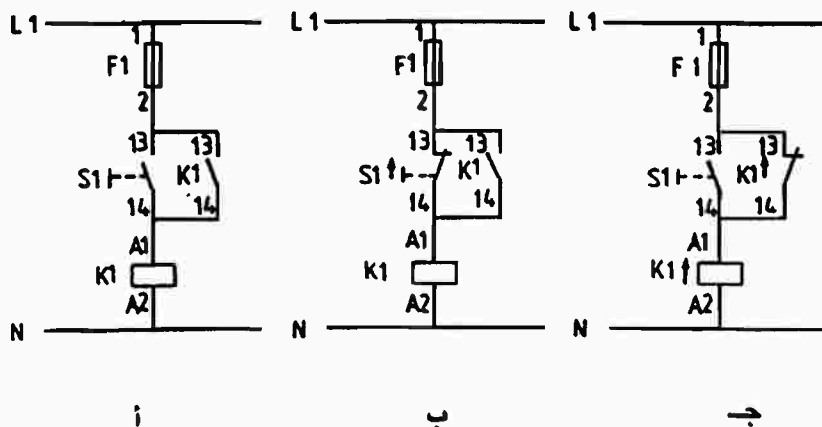
٢ / ٩ / ٢ - التشغيل والفصل بضغط يدوي :

الشكل (٢ - ١٧) يعرض دائرة التحكم لتشغيل الكونتاكور K١ باستخدام الضاغط اليدوى S١. فالرسم (أ) يعرض دائرة التحكم فى الحالة المعتادة، بينما الرسم (ب) يعرض دائرة التحكم عندما يكون الضاغط S١ تحت تأثير ضغط يدوى، والفرق بينهما يشبه تماماً الفرق بين الرسمين (٢-١٦، أ، ب)، ولكن هناك ملاحظة وهى أنه للمحافظة على استمرارية تشغيل الكونتاكور K١ عند استخدام ضاغط يدوى يلزم استمرارية الضغط على الضاغط S١ وهذا بالطبع يمثل مشكلة فى الحياة العملية.

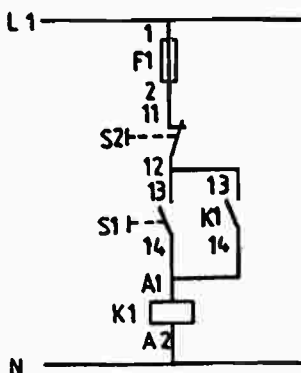


الشكل (٢-١٧)

وحتى يمكن التغلب على هذه المشكلة استخدمت ريشة تحكم من الكونتاكتور $K1$ حيث يتم توصيل هذه الريشة بالتوازي مع الضاغط $S1$ كما هو موضح بالشكل (٢ - ١٨)، وفي الرسم (أ) دائرة التحكم لتشغيل الكونتاكتور $K1$ بضغوط تشغيل يدوي وريشة إبقاء ذاتي في الحالة المعتادة وفي الرسم (ب) دائرة التحكم ولكن لحظة الضغط على الضاغط اليدوي $S1$ ، وفي الرسم (ج) دائرة التحكم لحظة تحرير الضاغط اليدوي $S1$. ويتضح من ذلك أن ريشة التحكم للكونتاكتور $K1$ عملت على الإبقاء الذاتي لمرور التيار الكهربائي ببوبينة الكونتاكتور $K1$ بعد إزالة الضغط على الضاغط اليدوي $S1$ ، ولكن بهذه الطريقة ظهرت مشكلة، وهو عدم إمكانية فصل الكونتاكتور.



الشكل (٢ - ١٨)

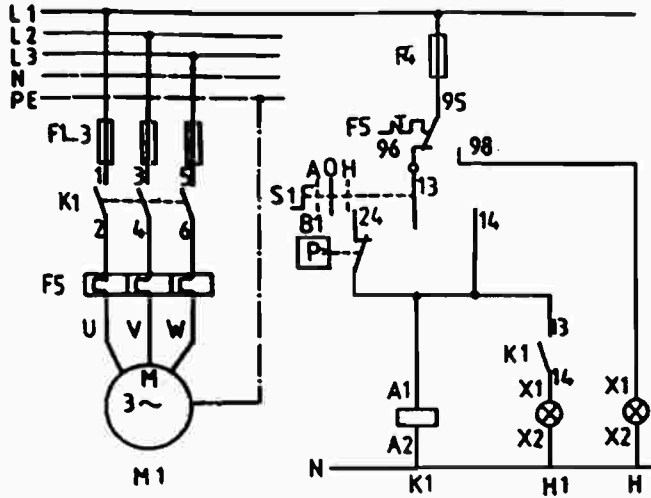


الشكل (٢ - ١٩)

وللتغلب على هذه المشكلة يضاف ضاغط آخر للإيقاف كما هو موضح بالشكل (٢ - ١٩) حيث إن $S1$ هو ضاغط التشغيل، $S2$ هو ضاغط الإيقاف، الريشة $K1/13-14$ هي ريشة الإمساك الذاتي لمسار التيار، وهي إحدى ريش الكونتاكتور $K1$.

١٠ / ٢ - التشغيل الأتوماتيكي أو اليدوي لضغط الهواء :

فى الشكل (٢ - ٢٠) المخطط الكهربى لتشغيل محرك استنتاجى ذى قفص سنجابى، يدير ضاغطاً هوائياً، بحيث يمكن تشغيل المحرك أتماتيكياً Aut أو يدوياً Man.



الشكل (٢ - ٢٠)

محتويات المخطط الكهربى :

- ١- ثلاثة مصهرات أحادية القطب (F1, F2, F3) لحماية الدائرة الرئيسية من القصر.
- ٢- الكونتاكتر K1: والذي يقوم بفصل ووصل التيار الكهربى عن المحرك M1
- ٣- المتعم الحرارى F5: والذي يقوم بحماية المحرك M1 من زيادة الحمل.
- ٤- مصهر أحادى القطب F4: والذي يقوم بحماية دائرة التحكم للمحرك من القصر.
- ٥- مفتاح اختيار بثلاثة مواضع S1 وهذه المواضع كما يلى Aut-O-Man.
- ٦- لمبة بيان التشغيل H1 (لمبة لونها أخضر).

٧- لمبة بيان زيادة الحمل H2 (لمبة لونها أحمر).

٨- مفتاح ضغط B1 لفصل ووصل محرك الضاغط تبعاً لضغط الهواء فى خزان الهواء المضغوط.

نظرية التشغيل :

١ - التشغيل الأتوماتيكي :

عند وضع مفتاح الاختيار S1 على وضع Aut تنغلق الريشة S1/13-24 فيكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K1، فتتمغنط بوبينة الكونتاكتور K1، ويعمل الكونتاكتور على عكس ريشه الرئيسية وريش التحكم. فيدور محرك الضاغط، وأيضاً تضىء اللمبة H1، وعند ارتفاع ضغط الهواء داخل خزان الهواء تفتح ريشة مفتاح الضغط B1/11-12، فينقطع مسار التيار عن بوبينة الكونتاكتور K1 فيتوقف المحرك M1 وتنطفئ لمبة البيان H1، وعند انخفاض الضغط فى خزان الهواء عن الضغط المعايير عليه مفتاح الضغط B1 تعود الريشة B1/11-12 مغلقة مرة أخرى فيعمل المحرك M1 من جديد وهكذا.

٢ - التشغيل اليدوى :

عند وضع مفتاح الاختيار S1 على وضع Man تنغلق الريشة S1/13-14 فيكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K1 وتتمغنط البوبينة وتباعاً يعمل الكونتاكتور K1 على عكس ريشه الرئيسية وريش التحكم، ويدور محرك الضاغط وتضىء اللمبة H1 ويستمر محرك الضاغط فى حالة تشغيل مستمر.

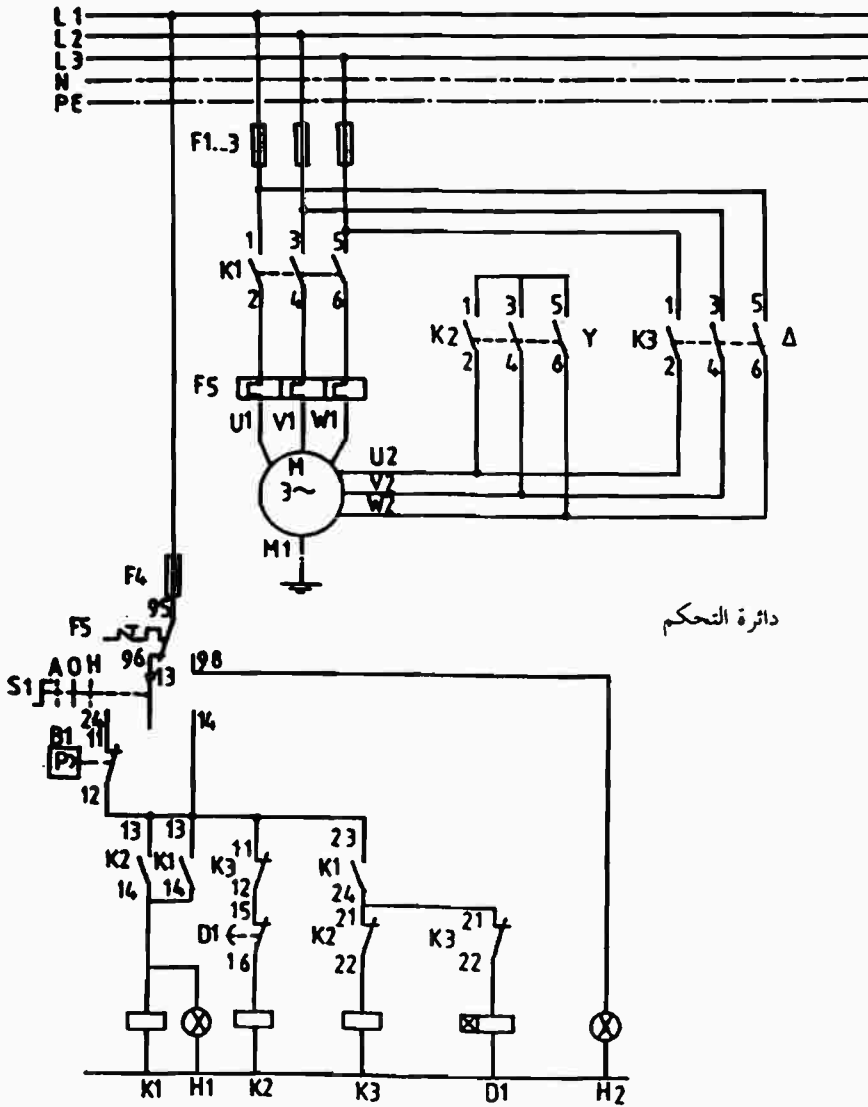
٣ - إيقاف المحرك :

عند وضع المفتاح S1 على وضع 0 ينقطع مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K1 ويتوقف المحرك فى الحال وكذلك تنطفئ لمبة التشغيل H1.

وعند حدوث زيادة فى الحمل على المحرك سواء كان المحرك يعمل يدوياً Man، أو أوتوماتيكياً Aut، تفتح ريش المتمم الحرارى Fs/95-96، وتغلق الريشة Fs/95-98 فيتوقف المحرك وتضىء لمبة البيان الحمراء H2.

وفى الشكل (٢-٢١) الدائرة الرئيسية ودائرة التحكم للتحكم فى محرك ضاغط هواء مضغوط يبدأ حركته نجماً وبعد 3 ثوانى يعمل دلتا وذلك لتقليل تيار البدء للمحرك، ويتم ذلك إما يدوياً أو أوتوماتيكياً.

الدائرة الرئيسية



الشكل (٢ - ٢١)

محتويات المخطط الكهربى :

- ١- ثلاثة مصهرات أحادية القطب F_1, F_2, F_3 لحماية الدائرة الرئيسية من القصر .
- ٢- ثلاثة كونتاكتورات K_1, K_2, K_3 .
- ٣- المتتم الحرارى F_5 : والذي يقوم بحماية المحرك M_1 من زيادة الحمل .
- ٤- مصهر أحادى القطب F_4 : والذي يقوم بحماية دائرة التحكم للمحرك من القصر .
- ٥- مفتاح اختيار بثلاثة مواضع S_1 وهذه المواضع كالآتى : Aut, O, Man .
- ٦- مؤقت زمنى D_1 يؤخر عند التوصيل وهذا المؤقت معايير على 3 ثوانى .
- ٧- مفتاح ضغط B_1 لفصل ووصل محرك المضاعط تبعاً لضغط الهواء فى الخزان .
- ٨- لمبة بيان التشغيل H_1 (لونها أخضر) .
- ٩- لمبة بيان زيادة الحمل H_2 (لونها أحمر) .

نظرية التشغيل :

١ - التشغيل الأتوماتيكى :

عند وضع مفتاح الاختيار S_1 على وضع التشغيل الأتوماتيك Aut يكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K_2 ، فتغلق الريشة 14-13/ K_2 ، فيكتمل مسار التيار للكونتاكتور K_1 فيدور المحرك M_1 وملفاته موصلة نجما، حيث إن الكونتاكتور K_2 يقوم بعمل قصر على أطراف المحرك (u_2, v_2, w_2) . وفى نفس الوقت تضىء لمبة البيان H_1 . ويكتمل مسار التيار لبوبينة المؤقت D_1 لغلق الريشة 24-23/ K_1 ، وبعد انتهاء الزمن المعايير عليه المؤقت الزمنى D_1 (ثلاث ثوانى) يقوم المؤقت بعكس حالة ريشه فتفتح الريشة 16-15/ D_1 فينقطع مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K_2 ، وفى نفس الوقت يكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K_3 لعودة الريشة 22-21/ K_2 مغلقة مرة أخرى (نتيجة لفصل الكونتاكتور K_2)، ويدور المحرك وملفاته موصلة دلتا Δ . وعند ارتفاع الضغط فى خزان الهواء المضغوط يقوم مفتاح الضغط B_1 بفتح ريشته المغلقة 12-11/ B_1 فينقطع مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K_1 و K_3 فيتوقف

المحرك، وبعد استهلاك الهواء المضغوط عند الأحمال وانخفاض الضغط داخل الخزان يقوم مفتاح الضغط B1 بفتح ريشته B1/11-12 ويبدأ المحرك من جديد حركته نجماً ثم دلتا بنفس الطريقة المشروحة سالفاً .

٢ - التشغيل اليدوى :

عند وضع مفتاح الاختيار S1 على وضع التشغيل اليدوى Man يكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K2، وتباعاً لبوبينة الكونتاكتور K1، ويدور المحرك وملفاته موصلة نجماً وفى نفس الوقت تضىء لمبة البيان H1 ويكتمل مسار التيار لبوبينة المؤقت D1، وبعد انتهاء زمن البدء 3S (وهو الزمن المعايير عليه المؤقت D1) يقوم المؤقت بعكس حالة ريشه فتفتح الريشة D1/15-16 فينقطع مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K2 وفى نفس اللحظة يكتمل مسار التيار لبوبينة K3 ويدور المحرك وملفاته موصلة دلتا .

٣ - الإيقاف :

عند وضع مفتاح الاختيار S1 على وضع 0 ينقطع مسار التيار لكل من K1, K3 ويتوقف المحرك وتنطفئ اللمبة H1 . وعند زيادة الحمل على المحرك أثناء دورانه أوتوماتيكياً أو يدوياً تفتح الريشة F5/95-96 فينقطع مسار التيار عن K1, K3 فيتوقف المحرك وفى نفس اللحظة تغلق الريشة F5/95-98 فتضىء لمبة الخطأ H2 . وبعد إزالة سبب زيادة الحمل على محرك الضاغط يعاد المحرك للخدمة وذلك بعد التحرير اليدوى لمتمم زيادة الحمل F5 بواسطة زر أحمر معد لذلك فى المتمم الحرارى .