الباب الثالث

عناصر التحكم الكهربى

obeikandl.com

obeikandl.com

عناصر التحكم الكهربى

٣ / ١ – مقدمة:

لكى نتمكن من دراسة نظم التحكم الكهروهيدروليكية سواء كانت تقليدية أو حديثة يجب أولاً أن نتعرف على مكونات نظام التحكم الكهربى.

أ – عناصر التشغيل: مثل المحركات الكهربية بأنواعها المختلفة.

ب – أجهزة التحكم الكهربية والتى 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 وهى إما أن تكون تقليدية مثل: الريلهات الكهرومغناطيسية والمؤقتات الزمنية بأنواعها المختلفة، وكذلك العدادات الكهروميكانيكية، أو حديثة مثل أجهزة التحكم المبرمج.

٣ – أجهزة التحكم فى القدرة مثل: الكونتاكتورات.

٤ – أجهزة مخاطبة نظام التحكم مثل: الضواغط والمفاتيح اليدوية ولمبات البيان وأبواق الإنذار الصوتية.

وسوف نتناول هذه الأجهزة فى الفقرات القادمة.

٣ / ٢ – عناصر التشغيل الكهربية:

وهذه العناصر هى المسئولة عن تشغيل أى معدة وأهم عناصر التشغيل المحركات الكهربية فالمحركات الكهربية تستخدم لإدارة المضخة الهيدروليكية للحصول على زيت مضغوط، لذلك سنتناول المحركات الكهربية فى هذه الفقرة بطريقة موجزة ومبسطة، **وتنقسم المحركات الكهربية حسب تيار التشغيل إلى:**

محركات تيار مستمر – محركات تيار متغير.

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

وتتواجد المحركات الاستنتاجية ذات القفص السنجابى فى عدة صور أهمها:

المحركات الاستنتاجية نجما دلتا Y/Δ، حيث يتم توصيل الملفات الثلاثة لهذه المحركات على شكل دلتا (Δ) للعمل على جهد U، أو نجما (Y) للعمل على جهد $\sqrt{3}$ U، فإذا كان جهد تشغيل المحرك عند توصيله 220VΔ فإن جهد تشغيل المحرك عند توصيله Y هو 380V.

وتحتوى هذه المحركات على ست نقاط توصيل رموزها كما يلى:

(U2, V2, W2) - (V1, V1, W1)

حيث إن الملف الأول أطرافه U1, U2 والملف الثانى أطرافه V1, V2 والملف الثالث أطرافه W1, W2.

والشكل (٣ – ١) يعرض طريقة توصيل روزتة المحرك (صندوق أطراف المحرك) إما نجمة Y مع المصدر الكهربى (الشكل أ) أو دلتا مع المصدر الكهربى (الشكل ب) والرمز العالمى لمحرك نجما – دلتا (الشكل جـ).

شكل (٣ – ١)

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

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

٣ / ٣ - أجهزة نقل البيانات Data acquistion 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.

٣ / ٣ / ١ - مفاتيح نهاية المشوار الميكانيكية Limit Switches :

وتستخدم هذه المفاتيح فى التحكم فى الأجسام المتحركة، أو الحركة المكررة، ويعمل نهاية المشوار الميكانيكى نتيجة ضغط عنصر الفعل له، فتتحول ريشة تلامسه المفتوحة طبيعيًا NO إلى مغلقة، والمغلقة طبيعيًا NC إلى مفتوحة، ويوجد عدة أشكال لرأس عنصر الفصل بالمفتاح مثل خابور من الصلب أو خابور وعجلة من الصلب، أو عجلة من البلاستيك أو الصلب لها حرية حركة فى اتجاه واحد أو الاتجاهين... إلخ، ويتم تثبيت كامات فى الأجسام المتحركة حتى تتمكن من الضغط على عنصر الفعل للمفتاح، والشكل (٣ - ٢) يعرض الأشكال المختلفة لنهايات مشوار ميكانيكية لها رءوس عناصر مختلفة.

فالشكل (أ) لمفتاح نهاية مشوار بذراع تدفع باليد فى أى اتجاه، والشكل (ب) لمفتاح نهاية مشوار بعجلة يمكن رفعها وخفضها وتدفع بكامة تتحرك يمينًا ويسارًا.

والشكل (جـ) لمفتاح نهاية مشوار بعجلة تدفع بكامة، تتحرك يمينًا ويسارًا.

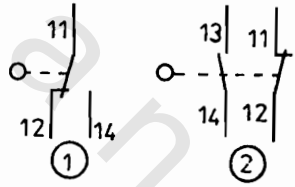
والشكل (د) لمفتاح نهاية مشوار بعجلة تدفع بكامة تتحرك لأعلى أو أسفل.

والشكل (هـ) لمفتاح نهاية مشوار بكامة تدفع بكامة تتحرك يمينًا.

أ ب جـ د هـ

شكل (٣ - ٢)

وفيما يلى رموز مفاتيح نهاية المشوار فالرمز 1 لمفتاح نهاية مشوار بريشة قلاب CO والرمز 2 لمفتاح نهاية مشوار بريشتين NO + NC.



٣ / ٣ / ٢ - مفاتيح الضغط Pressure Switches:

صممت هذه المفاتيح لتنظيم ومراقبة الضغط فى الدوائر الهيدروليكية، وتحتوى هذه المفاتيح فى العادة على ريشة قلاب أو أكثر، حيث تعمل على عكس حالة ريشة تلامسها عند وصول الضغط فى الدائرة الهيدروليكية للضغط الأقصى Max. Pressure المعاير عليه المفتاح، وتعود ريش التلامس لوضعها الطبيعى بعد انخفاض الضغط بالقيمة الفرقية للمفتاح Differential. **وهناك نوعان من مفاتيح الضغط تبعًا لطريقة معايرتها:**

الأول: يعاير عند القيمة العظمى للضغط المطلوب، أما القيمة الفرقية فهى ثابتة ولا يمكن تغيرها وتعتمد على تصميم المفتاح.

الثانى: مزود بمكانين للمعايرة **أحدهما** لمعايرة الضغط الأقصى **والثانى** لمعايرة الضغط الفرقى المطلوب.

وهناك عدة أنواع من مفاتيح الضغط تبعًا لنظرية عملها نذكر منها:

مفتاح الضغط ذو المكبس، ومفتاح الضغط المزود بأنبوبة بوردون ومفتاح الضغط الإلكتروهيدروليكى.

والشكل (٣ – ٣) يوضح تركيب مفتاح الضغط الإلكتروهيدروليكى.

حيث إن:

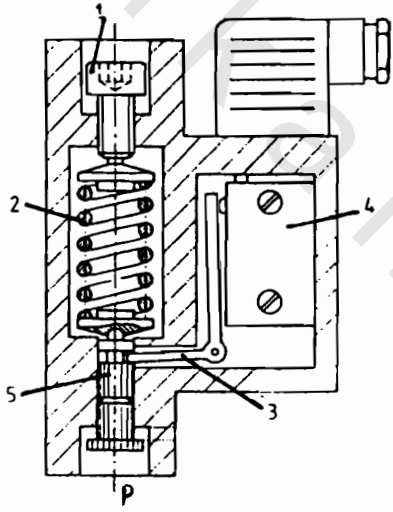
1 مسمار الضبط والمعايرة

2 ياى انضغاطى

3 رافعة

4 ميكروسويتش microswitch

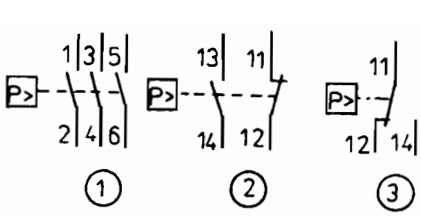
5 مكبس



فعند دخول الزيت الهيدروليكى من الفتحة P ووصول ضغط الزيت للضغط المعاير عليه المفتاح يتمكن الزيت من دفع المكبس 5، فتنتقل الحركة بواسطة الرافعة 3 إلى الميكروسويتش 4 ليعكس ريشه.

شكل (٣ – ٣)

وفيما يلى رموز مفاتيح الضغط فالرمز 1 لمفتاح ضغط بثلاثة أقطاب الرمز 2 لمفتاح ضغط بريشتين NO + NC والرمز 3 لمفتاح ضغط بريشة قلاب CO.



٣ / ٣ / ٣ - المفاتيح التقاربية Ploximity Switches :

تقوم المفاتيح التقاربية بعكس حالة ريش تلامسها عند تقارب الأجسام منها، وتصل مساحة إحساسها ما بين 40 mm : 0، ولكل مفتاح تقاربى مسافة إحساس تعتمد على تصميمه، **وتنقسم هذه المفاتيح إلى ثلاثة أنواع تبعًا لنظرية عملها وهى:**

النوع الأول: تبنى عملها على توليد مجال مغناطيسى يتغير عند اقتراب جسم معدنى منها، ومن ثم ينعكس حالة ريشة تلامسها فتصبح الريشة المفتوحة طبيعيًا NO مغلقة، والمغلقة طبيعيًا NC مفتوحة لذلك تسمى بمفاتيح تقاربية حثية.

النوع الثانى: تبنى عملها على توليد مجال كهربى يتغير عند اقتراب جسم عازل كهربيًا منها، ومن ثم ينعكس حالة ريشة تلامسها فتصبح الريشة المفتوحة طبيعيًا NO مغلقة، والعكس بالعكس لذلك تسمى بمفاتيح تقاربية سعوية.

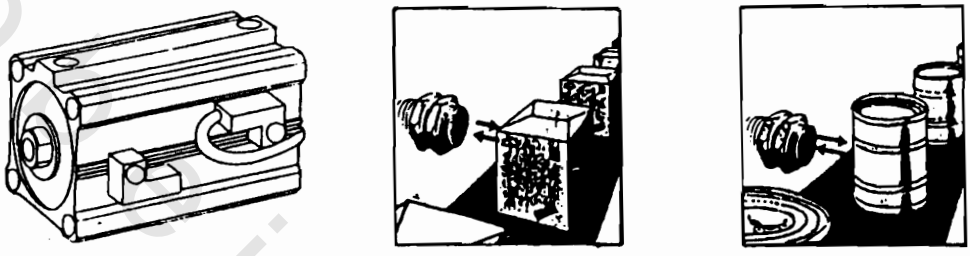
النوع الثالث: ينعكس حالة ريشة تلامسها عند مرور مغناطيس دائم بجوارها، ويستخدم هذا النوع عادة فى تتبع حركة أسطوانية، والتى يثبت بمكبسها مغناطيس دائم، وتسمى هذه المفاتيح بالمفاتيح التقاربية المغناطيسية.

وعادة تستخدم المفاتيح التقاربية الحثية Inductive Proximity Switches للإحساس بتقارب الأجسام المعدنية.

أما المفاتيح التقاربية السعوية Capacitive Proximity Switches فتستخدم للإحساس بتقارب الأجسام العازلة كهربيًا. أما المفاتيح التقاربية المغناطيسية Magnetic Proximity Switches فتستخدم للإحساس بمواضع الأسطوانات المزودة بمغناطيس دائم مثبت بمكبسها.

والشكل (٣ - ٤) يعرض صورة لمفتاح حثى يستخدم فى دائرة لعد البراميل

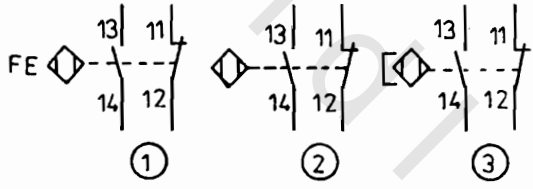
المصنعة من الحديد (أ)، وصورة لمفتاح سعوى يستخدم فى دائرة لعد صناديق الكرتون (ب)، وصورة لأسطوانة مثبت عليها مفتاحين تقاربيين مغناطيسيين لتحديد مكان مكبس الأسطوانة (جـ).



أ ب جـ

شكل (٣ - ٤)

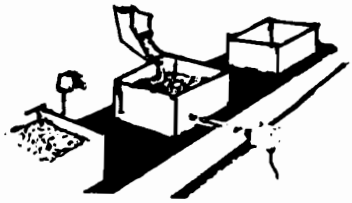
وفيما يلى الرموز العالمية للمفاتيح التقاربية بأنواعها المختلفة :



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

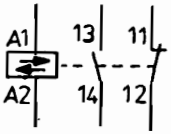
٣ / ٣ / ٤ - الخلايا الضوئية Photo - Electric detectors :

تتميز الخلايا الضوئية عن المفاتيح التقاربية بمدى التشغيل الكبير الذى يتراوح ما بين عدة مليمترات إلى عدة مترات، كما أنها لا تعمل مع أى نوع من الأجسام سواء كانت عازلة كهربيًا أو موصلة كهربيًا، وتقوم الخلايا الضوئية بعكس حالة ريشة تلامسها عند قطع جسم غريب للشعاع الضوئى لها، والشكل (٣ - ٥) يعرض صورة لوحدة ملء صناديق بالدقيق تستخدم خلية ضوئية للتحكم فى عملية الملء.



شكل (٣ – ٥)

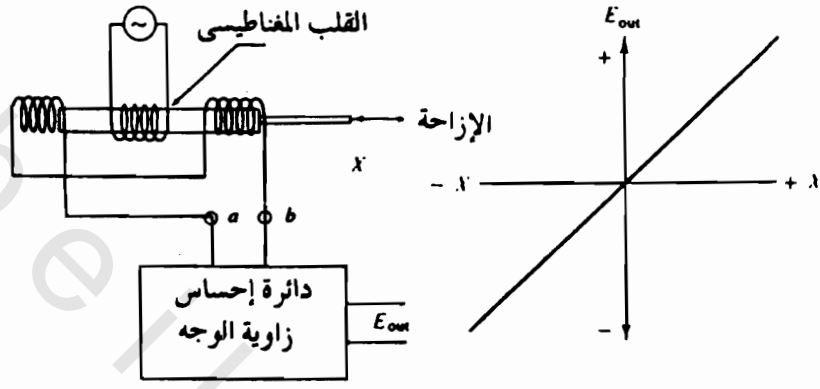
وفيما يلى رمز الخلية الضوئية (غير قياسى):



٣ / ٣ / ٥ – المحول التفاضلى المتغير الخطى LVDT:

يستخدم المحول التفاضلى المتغير الخطى فى قياس الإزاحة الخطية حيث يقوم بتحويل الإزاحة الخطية لجهد كهربى يتناسب طرديًا مع الإزاحة، والشكل (٣ – ٦) يعرض مخططًا توضيحيًا لمحول LVDT، وكذلك العلاقة بين دخل وخرج المحول ويتكون المحول LVDT من ملف ابتدائى موصل على مصدر تيار متغير وموضوع بين ملفين ثانويين، ويوصل الملفان الثانويان معًا بحيث إن جهد أحدهما يعاكس جهد الآخر. فعندما يكون القلب المغناطيسى لهذا المحول فى وضع مركزى بين الملفين الثانويين، فإن خرج الملفات الثانوية ستكون صفرًا Vab = 0، ولكن عند عمل إزاحة للقلب المغناطيسى لهذا المحول، فإن القيمة الفعالة لجهد الملف الثانوى يتناسب طرديا مع الإزاحة، وزاوية وجه هذا الجهد تعتمد على اتجاه الإزاحة فتكون مساوية °0 عندما تكون الإزاحة موجبة وتكون مساوية °180 عندما تكون الإزاحة سالبة، ويسمح لهذا الجهد المتغير بالدخول على دائرة إحساس زاوية الوجه Phase sensitive detector، وهى دائرة إلكترونية وتقوم بتحويل هذا الجهد لجهد مستمر قيمته تتناسب طرديًا مع الإزاحة، وإشارته تعتمد على اتجاه الإزاحة فتكون موجبة للإزاحة الموجبة وسالبة للإزاحة السالبة فإذا كان خرج دائرة إحساس زاوية الوجه 10V – وكان نسبة التحول 1mm/V وهذا يعنى أن مقدار الإزاحة

الخطية تساوى (X = 10 x 1 = 10 mm) وفى الاتجاه السالب. وهناك تصميمات مختلفة لمحولات LVDT بعضها يشبه المحول الذاتى أى بثلاثة أطراف فقط.

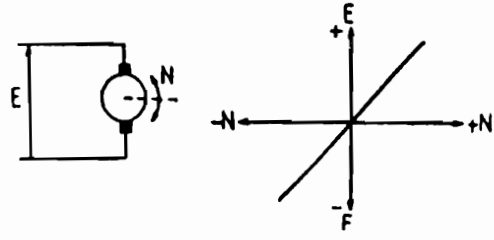


شكل (٣ – ٦)

٣ / ٣ / ٦ – مولد التاكو Tachometer generator :

مولد التاكو عادة يكون مولد تيار مستمر، ويستخدم لقياس السرعة الزاوية ويثبت هذا المولد على الأعمدة المطلوب قياس سرعتها، وخرج مولد التاكو خطى بمعنى أن جهد أطرافه يتناسب طرديا مع السرعة وإشارة هذا الجهد تعتمد اتجاه الدوران فتكون موجبة عندما يكون الدوران فى اتجاه عقارب الساعة وسالبة عندما يكون الدوران عكس اتجاه عقارب الساعة فإذا كانت نسبة التحويل لمولد التاكو 300 rpm/ V، وكان خرجه 5V+ يعنى هذا أن سرعة العمود هى N = 5 x 300 = 1500 rpm، واتجاه الدوران فى اتجاه عقارب الساعة.

وفى الشكل (٣ – ٧) منحنى بيانى يوضح العلاقة بين جهد أطراف مولد التاكو وسرعة دورانه، وكذلك رمز مولد التاكو.

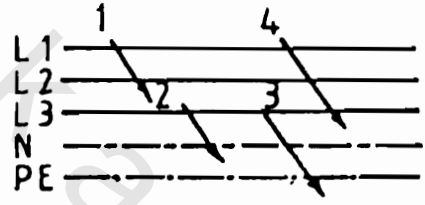


شكل (٣ – ٧)

٣ / ٣ / ٧ – أجهزة الوقاية Protection Devices :

يوجد أنواع مختلفة من أجهزة الوقاية والمستخدمة لحماية الدوائر الكهربية منها :

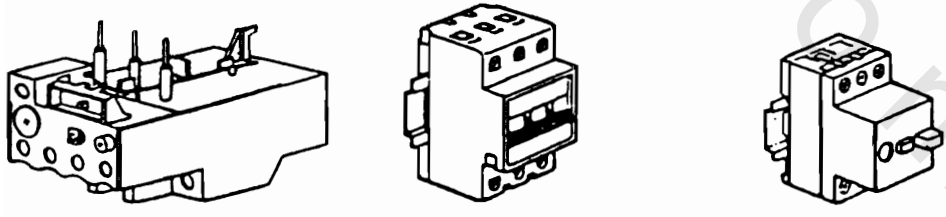
أ – **القصر** : وهو اتصال أوجه المصدر الكهربائى معًا، أو اتصال أحد الأوجه أو أكثر من وجه مع الأرضى PE أو مع خط التعادل N، ويزداد التيار المار فى الدائرة لحظة القصر ليصل عدة مرات من قيمته الأصلية، ويعتمد ذلك على جهد التشغيل ومكان القصر ومساحة مقطع الأسلاك والشكل (٣ – ٨) يعرض أربعة أشكال مختلفة للقصر، علمًا بأنه يستخدم المصهرات الكهربية Fuses أو قواطع الدائرة الأتوماتيكية Miniatures لحماية الدائرة من القصر.



شكل (٣ – ٨)

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 المتممات الحرارية Thermal OverLoads أو قواطع المحركات mcb´s لحماية المحركات من زيادة الحمل.

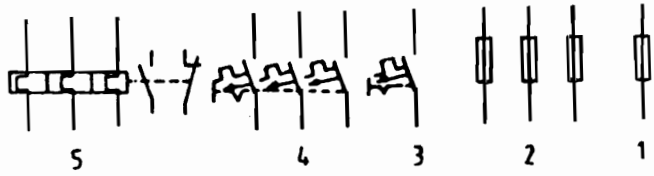
والشكل (٣ – ٩) يعرض صورة لقاطع محركات ذات قدرات صغيرة (أ) وقاطع دائرة ثلاثة أقطاب (ب)، ومتمم حرارى (جـ).



(أ) (ب) (جـ)

شكل (٣ – ٩)

وفيما يلى الرموز الكهربية 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.

٣ / 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 تبعًا لظروف توصيلها.

ب - **أجهزة التحكم المبرمج**: وتقوم هذه الأجهزة بالتحكم فى تشغيل أو فصل الكونتاكتورات والصمامات الاتجاهية ولمبات البيان.... إلخ، تبعًا لظروف تشغيل العملية الصناعية وكذلك تبعًا لبرنامج التشغيل وسوف نتناول أجهزة التحكم المبرمج واستخداماتها فى التحكم فى النظم الهيدروليكية بالتفصيل فى الباب السادس.

٣ / ٤ / ١ - الريلهات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Relays:

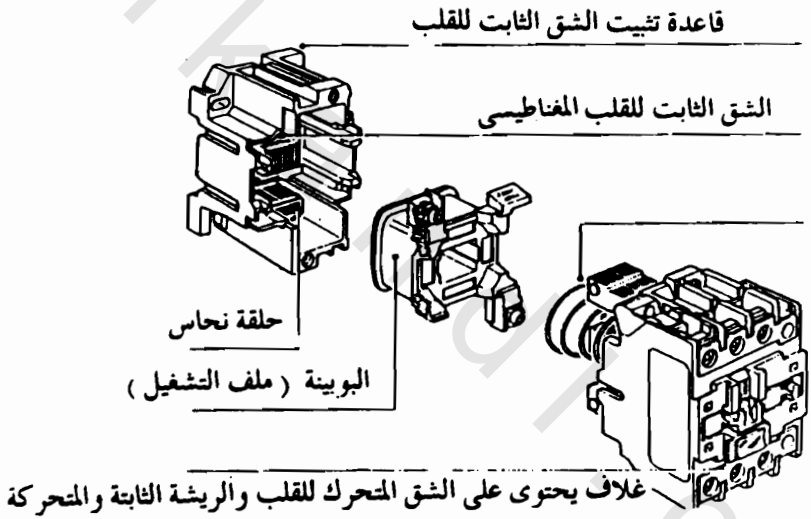
تتشابه الريلهات الكهرومغناطيسية والكونتاكتورات (سوف نتناولها فيما بعد فى الفقرة ٣ - ٥) إلى حد كبير فكلاهما مفاتيح كهرومغناطيسية تعمل بالمجال المغناطيسى الناشئ عن مرور التيار الكهربى فى البوبينة (ملف التشغيل)، وتتكون المفاتيح المغناطيسية بصفة عامة من قلب مغناطيسى مصنوع من رقائق من الصلب السليكونى، علمًا بأن هذا القلب مشقوق إلى شقين، أحدهما ثابت والآخر متحرك، ويوجد حول الشق الثابت البوبينة، 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 10A) وتستخدم هذه الريش فى دوائر التحكم التى سوف نتناولها فيما بعد لعمل بعض الوظائف المساعدة فى عمليات التحكم.

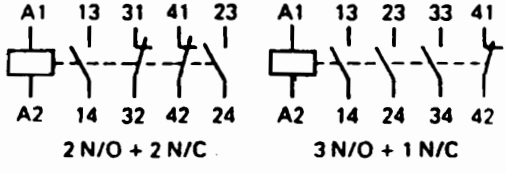
أما الكونتاكتورات فتحتوى على ريش تلامس رئيسية، وكذلك ريش تلامس مساعدة (ريش تحكم).

والشكل (٣ – ١٠) يبين تركيب المفتاح الكهرومغناطيسى بصفة عامة سواء كان ريلاى أو كونتاكتور.



شكل (٣ – ١٠)

وفيما يلى الرموز الكهربية للريلهات الكهرومغناطيسية :



فالرمز 1 لريلاى يحتوى على ريشتين مفتوحتين طبيعيًا وريشتين مغلقتين طبيعيًا 2NO + 2NC، والرمز 2 لريلاى يحتوى على ثلاث ريش مفتوحة وريشة مغلقة 3NO + NC، علمًا أنه A1, A2 هم أطراف بوبينة المفتاح الكهرومغناطيسى.

ولحظة اكتمال مسار التيار للبوبينة ينعكس حالة ريشة تلامس المفتاح الكهرومغناطيسى فتصبح الريشة المفتوحة طبيعيًا NO مغلقة والعكس بالعكس.

٣ / ٤ / ٢ - المؤقتات الزمنية Timers :

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

١ - المؤقت الزمنى الذى يؤخر عند التوصيل On Delay Timer :

فعند اكتمال مسار التيار لبوبينة المؤقت ينعكس حالة ريشة تلامس (بعد تأخير زمنى t يعتمد على زمن معايرة المؤقت)، فتصبح الريشة المفتوحة طبيعيًا NO مغلقة والعكس بالعكس ولكن بمجرد انقطاع مسار التيار الكهربى للبوبينة تعود ريش التلامس للمؤقت لوضعها الطبيعى فى الحال.

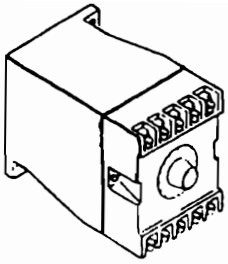
٢ - المؤقت الزمنى الذى يؤخر عند الفصل Off Delay Timer :

فعند اكتمال مسار التيار لبوبينة المؤقت ينعكس حالة ريش تلامسه فى الحال، ولكن عند انقطاع مسار التيار للبوبينة تعود ريش التلامس للمؤقت لوضعها الطبيعى بعد تأخير زمنى t (يعتمد على زمن المعايرة للمؤقت).

٣ - المؤقت الزمنى الرعاش Flashing Timer :

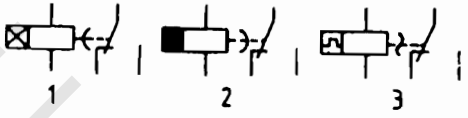
فعند اكتمال مسار التيار لبوبينة المؤقت تنعكس حالة ريش تلامس المؤقت لمدة t1 ثم تعود ريش التلامس لوضعها الطبيعى لمدة t2، ويتكرر ذلك طوال فترة اكتمال مسار التيار لبوبينة المؤقت ولكن بمجرد انقطاع مسار التيار تعود ريش المؤقت لوضعها الطبيعى (t1) وزمن الفصل (t2).

والشكل (٣ - ١١) يعرض صورة مؤقت زمنى إلكترونى.



شكل (٣ – ١١)

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.

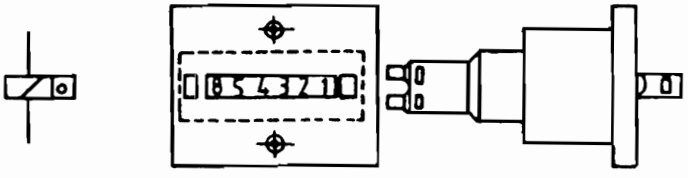
٣ / ٤ / ٣ – العدادات الكهروميكانيكية ElectroMechanical Counters :

تنقسم العدادات الكهروميكانيكية لنوعين أساسيين 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 (٣ – ١٢) يعرض المسقط الرأسى والجانبى لهذا النوع من العدادات ورمزه (غير قياسى).



شكل (٣–١٢)

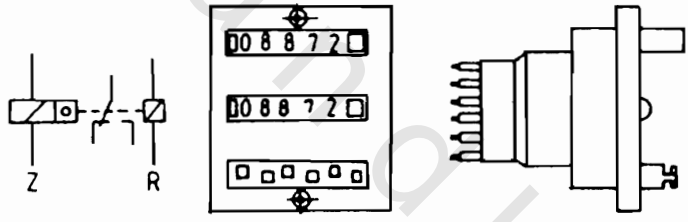
٢ – العدادات سابقة الضبط Predetermining Counters :

وتزود هذه العدادات بوسيلة يدوية لتحميل العداد بعدد معين. وتحتوى هذه العدادات فى العادة على شاشتين للعرض:

إحداهما: 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 ريشه فتصبح الريشة المفتوحة طبيعيًا مغلقة والمغلقة طبيعيًا مفتوحة.

ويمكن تحرير القيمة الجارية للعداد وإعادتها للصفر، وذلك عند وصول إشارة كهربية لملف التحرير R للعداد، أو بوسيلة يدوية معدة لذلك وفى الشكل (٣ – ١٣) مسقط جانبى وآخر رأسى للعداد التنازلى وكذلك رمز العداد (غير قياسى).

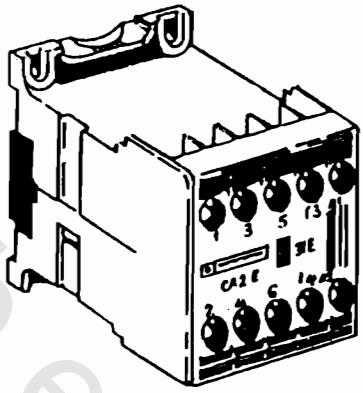


شكل (٣ – ١٣)

٣ / 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 وأن أشرنا إلى أن تركيب ونظرية عمل الكونتاكتورات، لا تختلف عن الريلهات إلا فى وظيفتها، فالكونتاكتورات تستخدم فى وصل وفصل الأحمال، والثانى يستخدم فى معالجة البيانات القادمة إليها تبعًا لطريق توصيلها (انظر الفقرة ٣ – ٤ – ١).

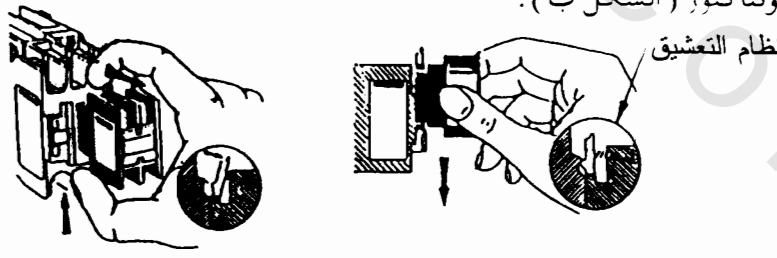
والشكل (٣ – ١٤) يعرض صورة لكونتاكتور والرمز الكهربى له.



شكل (٣ – ١٤)

وعادة تثبت المتممات الحرارية أسفل الكونتاكتورات وتوصل معها كهربيًا لحماية المحركات من زيادة الحمل.

وفى بعض الأحيان 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 (4 NO)، وأخرى مزودة بأربع ريش مفتوحة (4 NO) وهكذا. والشكل (٣ – ١٥) يعرض طريقة تثبيت وحدة إضافية تحتوى على ريشتين على وجه كونتاكتور (الشكل أ)، وكذلك طريق نزعها من على الكونتاكتور (الشكل ب).



شكل (٣ – ١٥)

٣ / ٦ - أجهزة مخاطبة نظام التحكم Main machine dialogue :

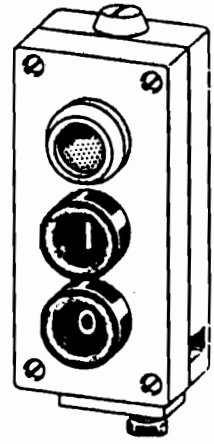
وهذه الأجهزة تجعل الإنسان قادراً على مخاطبة نظام التحكم أو الآلة بمعنى إعطاء أوامر للنظام، وأيضًا متابعته فى نفس الوقت، وذلك من خلال مجموعة من الضواغط ومفاتيح التشغيل ولمبات البيان وأجهزة الإنذار الصوتى مثل الأبواق . . . إلخ، وتعتبر ألوان لمبات البيان والضواغط فى غاية الأهمية بالنسبة للمشغلين، وذلك لتجنب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

اللـــون	الاســـتـــخدام
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 الآتى فيوضح الألوان الخاصة بلمبات البيان ومدلولها :

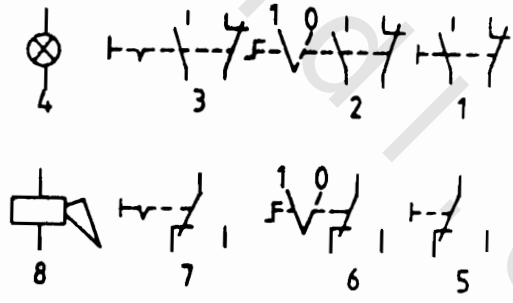
اللـــون	المـدلـــول
أحمر	توقف الماكينة ناتج عن خلل مثل زيادة الحمل عليها (حالة غير طبيعية).
أصفر	انتباه كاقتراب كمية معينة كالتيار أو درجة الحرارة أو الضغط. للقيمة القصوى أو الصغرى لها، أو (تحذير من حدوث شيء غير طبيعى).
أخضر	الماكينة تعمل، أو الماكينة جاهزة للبدء، أو ضغط الزيت مناسب للعمل.
أبيض	المفتاح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

والشكل (٣ – ١٦) يعرض وحدة تحكم تحتوى على لمبة بيان وضاغط تشغيل I وضاغط إيقاف 0 .



شكل (٣ – ١٦)

وفيما يلى الرموز الكهربية لأجهزة مخاطبة الآلة :



حيث إن :

الرمز 1 لضاغط بريشتين NO + NC .

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

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

الرمز 4 للمبة بيان .

obeikandl.com

الرمز 5 لضاغط بريشة قلاب CO

الرمز 6 لمفتاح دوار بريشة قلاب CO

الرمز 7 لمفتاح بزر انضغاطى بريشة قلاب CO

الرمز 8 لهورن إنذار صوتى.

٣ / ٧- الحروف الدالة ونظام الترقيم لأجهزة التحكم:

الجدول الآتى يعرض الحروف الدالة على رموز التحكم المختلفة:

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

وترقم أجهزة التحكم بالأسلوب الآتى:

- ترقم الأقطاب الرئيسية لأجهزة التحكم مثل الكونتاكتورات والمتممات الحرارية وقواطع المحركات وقواطع الدائرة والسكاكين والمصهرات كما يلى:

القطب الأول (L1 - T1) أو (2 - 1).

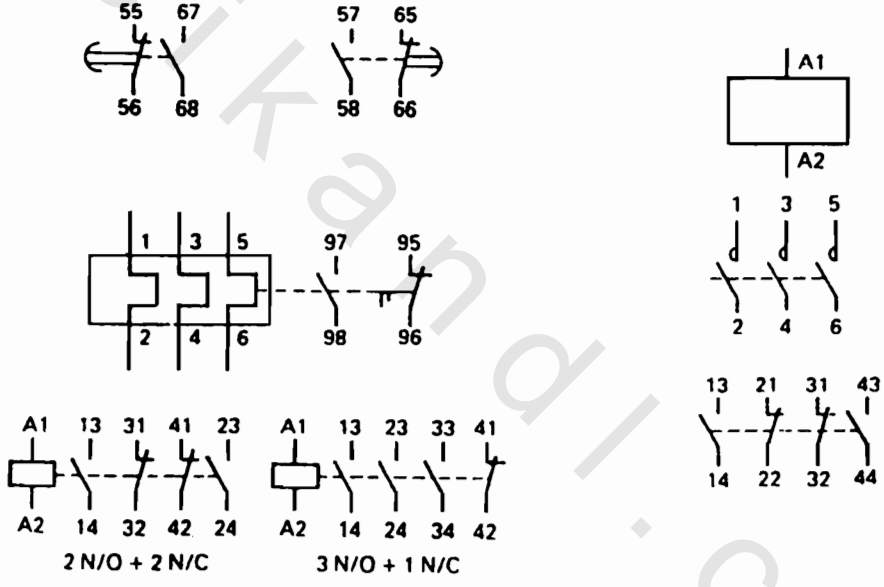
القطب الثانى (L2 - T2) أو (4 - 3).

القطب الثالث (L3 - T3) أو (6 - 5).

- ترقم ريش التحكم لأجهزة التحكم مثل الكونتاكتورات والضواغط والمفاتيح المختلفة والمتممات 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، وأيضًا حسب نوع الجهاز، فريش التحكم المفتوحة للكونتاكتورات والضواغط والمفاتيح المختلفة تأخذ الأعداد 4 - 3، والمغلقة تأخذ الأعداد 2 - 1 أما ريش التحكم المفتوحة للمؤقتات الزمنية والمتممات الحرارية تأخذ الأعداد 8 - 7، والمغلقة تأخذ الأعداد 6 - 5.

- ترقم أطراف البوبينات ذات الملف الواحد بالرموز A2 - A1، وذات الملفين بالرموز (A1 - A2)، (B1 - B2). والشكل (٣ – ١٧) يوضح نظام الترقيم لأجهزة التحكم تبعًا للنظام العالمى.



شكل (٣ – ١٧)

٣ / ٨ – المخططات الكهربية :

تتكون المخططات الكهربية لنظم التحكم من :

١ – دوائر التحكم.

٢ – الدوائر الرئيسية.

أولاً: دوائر التحكم Control Circiuts:

هذه الدوائر توضح مسار التيار لبوبينات (لملفات التشغيل) الكونتاكتورات والريليهات 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 ريشة التحكم لأجهزة التحكم المستخدمة مثل الكونتاكتورات أو الريلهات والمؤقتات الزمنية والضواغط.. إلخ فى وضعها الطبيعى، فالمفتوحة طبيعيًا NO ترسم مفتوحة، والمغلقة طبيعيًا 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 الأتوماتيكية لحماية دوائر التحكم من القصر، ولكن إذا زاد حجم دائرة التحكم كأن يصبح عدد البوبينات الموجودة أكثر من 5 بوبينات يلزم استخدام محول تحكم بالإضافة إلى وسائل الحماية الأخرى، وذلك لتقليل تيار القصر عند حدوثه نتيجة للمقاومة الكهربية 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.

ثانيًا: الدوائر الرئيسية Power circiuts:

وهذه الدوائر توضح مسار التيار للأحمال الكهربية مثل: المحركات الكهربية والسخانات ولمبات الإضاءة.. إلخ، ويظهر فى هذه الدوائر الأقطاب الرئيسية لأجهزة التحكم (الكونتاكتورات والقواطع الأتوماتيكية وقواطع المحركات والمتممات

الحرارية . . . إلخ) فى وضعها الطبيعى، وعادة تستخدم المصهرات الكهربية والقواطع الأتوماتيكية لحماية 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 فى وضع off، وتكون جميع أقطابها مفتوحة.

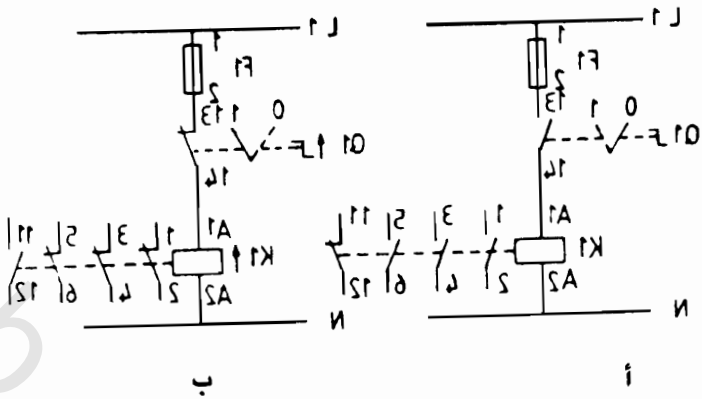
٣ / ٩ - نظرية تشغيل الكونتاكتور أو الريلاى:

يمكن تشغيل الكونتاكتور أو الريلاى بمفتاح له وضعى تشغيل، أو بضاغط يدوى. ولكل طريقة تشغيل خصائص مميزة لها ستتضح فى الفقرات التالية، علمًا بأن التركيب الداخلى للكونتاكتور أو الريلاى مبين فى الشكل (٣ - ١٠).

٣ / ٩ / ١ - التشغيل والفصل بمفتاح له وضعى تشغيل:

الشكل (٣ - ١٨) يعرض دائرة تحكم تحتوى على بوبينة الكونتاكتور K1، ومفتاح التشغيل Q1 ومصهر الحماية F1.

فالشكل (أ) يعرض دائرة التحكم فى الحالة المعتادة عندما يكون وضع المفتاح Q1 على وضع 0، بينما الشكل (ب) يعرض دائرة التحكم عندما يكون المفتاح Q1 على وضع 1، وفى هذا الوضع فإن ريشة المفتاح Q1 المفتوحة ستصبح مغلقة، وبالتالى يكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K1 فتتمغنط وينجذب الشق المتحرك للقلب المغناطيسى تجاه الشق الثابت ويتغير وضع ريش التلامس للكونتاكتور، ويقال إن الكونتاكتور فى حالة تشغيل، وتصبح الأقطاب الرئيسية للكونتاكتور مغلقة بدلاً من مفتوحة، ويتغير وضع ريشة التحكم للكونتاكتور فتصبح الريشة المفتوحة طبيعيًا NO مغلقة والعكس بالعكس، علمًا 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.

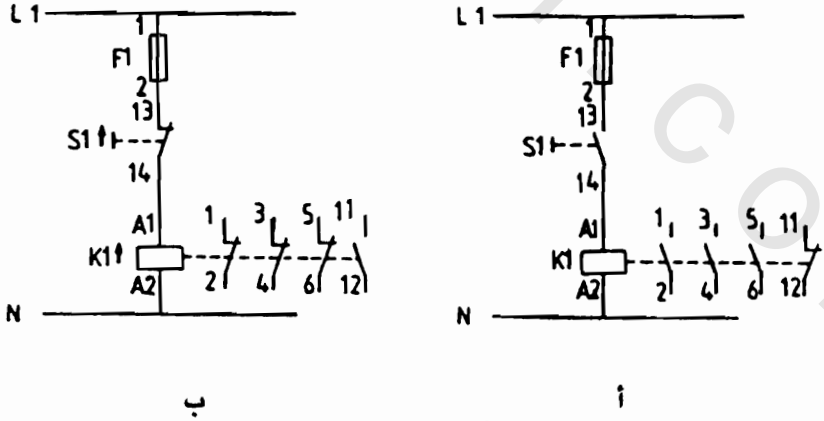


ب أ

شكل (٣ – ١٨)

٣ / ٩ / ٢ – التشغيل والفصل بضاغط يدوى:

الشكل (٣ – ١٩) يعرض دائرة التحكم لتشغيل الكونتاكتور K1 باستخدام الضاغط اليدوى S1. فالشكل (أ) يعرض دائرة التحكم فى الحالة المعتادة، بينما الشكل (ب) يعرض دائرة التحكم عندما يكون الضاغط S1 تحت تأثير ضغط يدوى، والفرق بينهما يشبه تمامًا الفرق بين الشكل (٣ – ١٨ أ، ب)، ولكن هناك ملاحظة وهى أنه للمحافظة على استمرارية تشغيل الكونتاكتور K1 عند استخدام ضاغط يدوى يلزم استمرارية الضغط على الضاغط S1، وهذا بالطبع يمثل مشكلة فى الحياة العملية.

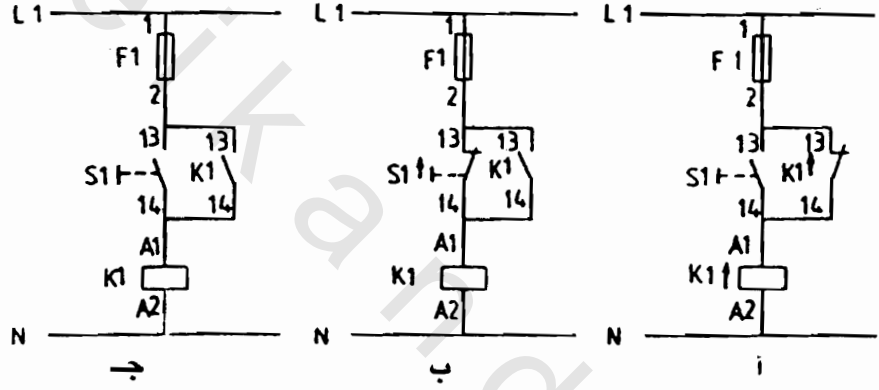


ب أ

شكل (٣ – ١٩)

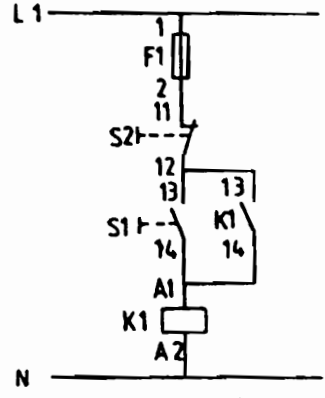
وحتى يمكن التغلب على هذه المشكلة استخدمت ريشة تحكم من الكونتاكتور

K1، حيث يتم توصيل هذه الريشة بالتوازى مع الضاغط S1، كما هو موضح بالشكل (٣ – ٢٠)، ففى الشكل (أ) دائرة التحكم لتشغيل الكونتاكتور K1 بضاغط تشغيل يدوى وريشة إبقاء ذاتى فى الحالة المعتادة. وفى الشكل (ب) دائرة التحكم ولكن لحظة الضغط على الضاغط اليدوى S1 وفى الشكل (جـ) دائرة التحكم لحظة تحرير الضاغط اليدوى S1 ويتضح من ذلك أن ريشة التحكم للكونتاكتور K1 عملت على الإبقاء الذاتى لمرور التيار الكهربى ببوبينة الكونتاكتور K1 بعد إزالة الضغط على الضاغط اليدوى S1. ولكن بهذه الطريقة ظهرت مشكلة وهى عدم إمكانية فصل الكونتاكتور.



شكل (٣ – ٢٠)

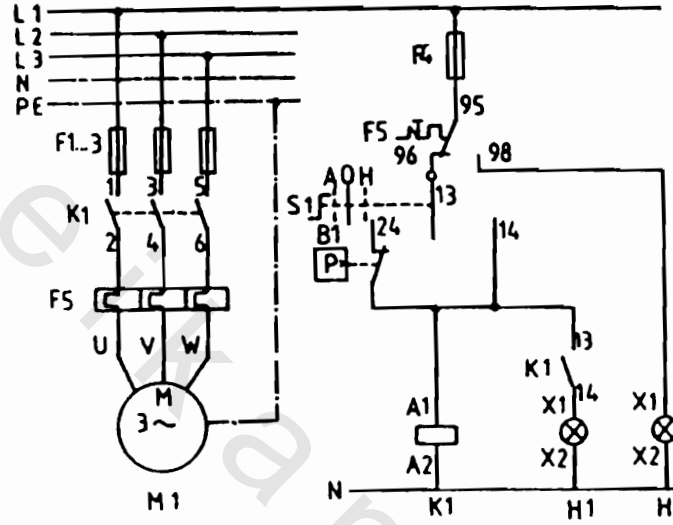
وللتغلب على هذه المشكلة يضاف ضاغط آخر للإيقاف كما هو موضح بالشكل (٣ – ٢١)، حيث إن S1 هو ضاغط التشغيل، S2 هو ضاغط الإيقاف، الريشة، K1/13-14 هى ريشة الإمساك الذاتى لمسار التيار وهى إحدى ريش الكونتاكتور K1.



شكل (٣ – ٢١)

٣ / ١٠ – التشغيل الأتوماتيكى أو اليدوى لمحرك يدير مضخة :

فى الشكل (٣ – ٢٢) المخطط الكهربى لتشغيل محرك استنتاجى ذى قفص سنجابى يدير مضخة هيدروليكية، بحيث يمكن تشغيل المحرك أتوماتيكيًا Aut أو يدويًا Man .



شكل (٣ – ٢٢)

محتويات المخطط الكهربى :

١ – ثلاثة مصهرات أحادية القطب (F1, F2, F3) لحماية الدائرة الرئيسية من القصر.

٢ – الكونتاكتور K1، والذى يقوم بفصل ووصل التيار الكهربى عن المحرك M1 .

٣ – المتمم الحرارى F5، والذى يقوم بحماية المحرك M1 من زيادة الحمل.

٤ – مصهر أحادى القطب F4 والذى يقوم بحماية دائرة التحكم للمحرك من القصر.

٥ – مفتاح اختيار بثلاثة مواضع S1، وهذه المواضع كالآتى : 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 المضخة تبعًا لضغط الزيت.

نظرية التشغيل:

١ – التشغيل الأوتوماتيكى:

عند وضع مفتاح الاختيار S1 على وضع Aut تنغلق الريشة 24 - S1/ 13، فيكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K1 فتتمغنط بوبينة الكونتاكتور K1، ويعمل الكونتاكتور على عكس ريشه الرئيسية وريشة التحكم، فيدور محرك المضخة K1، وأيضًا تضيىء اللمبة H1، وعند ارتفاع ضغط الزيت الهيدروليكى، تفتح ريشة مفتاح الضغط 12 - B1/ 11، فينقطع مسار التيار عن بوبينة الكونتاكتور K1 فيتوقف المحرك M1 وتنطفئ لمبة البيان H1، وعند انخفاض ضغط الزيت الهيدروليكى عن الضغط المعاير عليه مفتاح الضغط B1 تعود الريشة S2/ 13 - 14 مغلقة مرة أخرى، فيعمل المحرك M1 من جديد وهكذا.

٢ – التشغيل اليدوى:

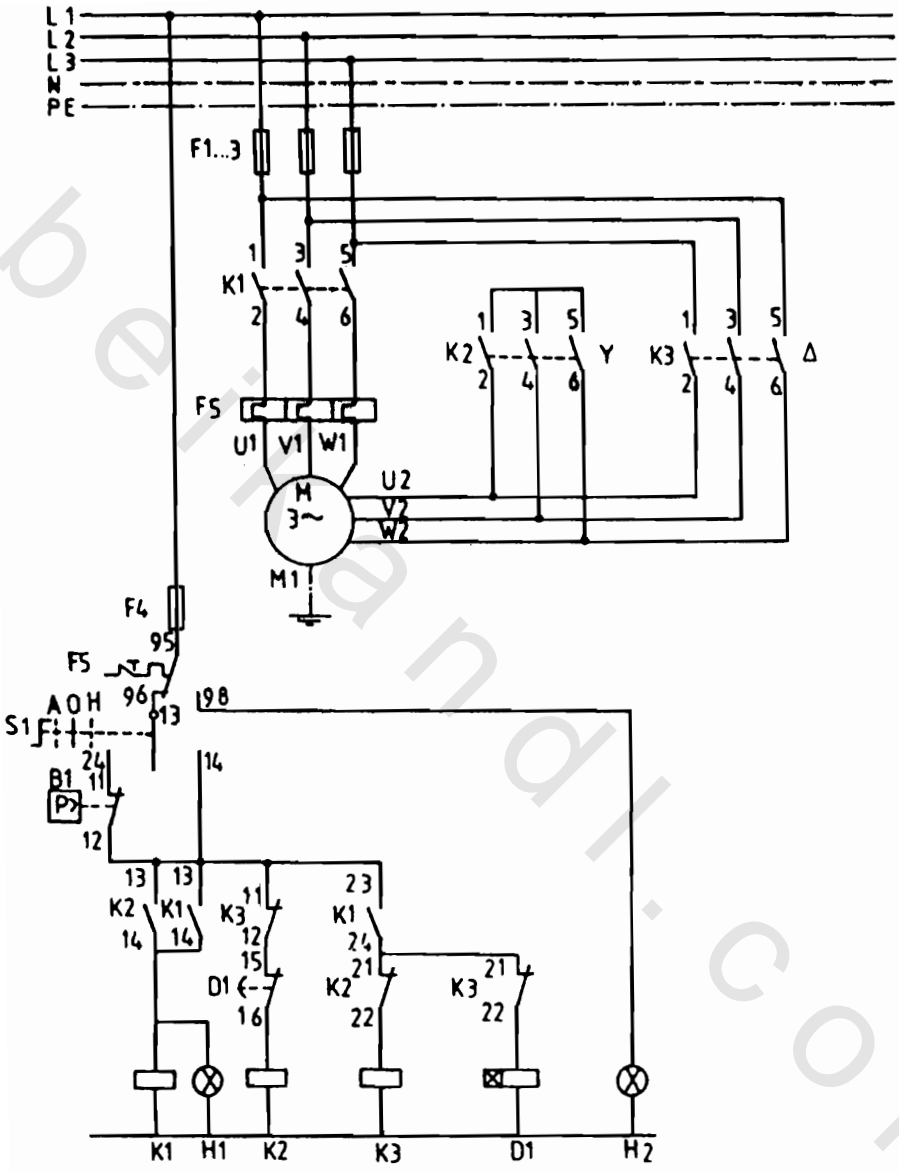
عند وضع مفتاح الاختبار S1 على وضع Man تنغلق الريشة 14 - S1/ 13، فيكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K1 وتتمغنط البوبينة، وتباعًا يعمل الكونتاكتور K1 على عكس ريشه الرئيسية وريش التحكم، ويدور محرك المضخة، وتضيء اللمبة H1، ويستمر محرك المضخة فى حالة تشغيل مستمر.

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 يدويًا Man، أو أوتوماتيكيًا Aut، تفتح ريشة المتمم الحرارى 96 - F5/ 95، وتغلق الريشة - F5/ 95 98، فيتوقف المحرك وتضيء لمبة البيان الحمراء H2.

وفى الشكل (٣ – ٢٣) الدائرة الرئيسية ودائرة التحكم للتحكم فى محرك مضخة، يبدأ حركته نجما وبعد 3 ثوان يعمل دلتا، وذلك لتقليل تيار البدء للمحرك، ويتم إما يدويًا أو أوتوماتيكيًا.


L1
L2
L3
N
PE
F1...3
K1
K2
K3
Y
Δ
FS
U1
V1
W1
U2
V2
W2
M
3~
M1
F4
95
F5
96
98
A
O
H
S1
13
14
24
11
B1
P
12
13
13
23
11
12
15
D1
16
21
22
K1
H1
K2
K3
D1
H2

شکل (۳ – ۲۳)

محتويات المخطط الكهربى:

١ – ثلاثة مصهرات أحادية القطب F1, F2, F3 لحماية الدائرة الرئيسية من القصر.

٢ – ثلاثة كونتاكتورات K1, K2, K3.

٣ – المتمم الحرارى F5، والذى يقوم بحماية المحرك M1 من زيادة الحمل.

٤ – مصهر أحادى القطب F4 والذى يقوم بحماية دائرة التحكم للمحرك من القصر.

٥ – مفتاح اختيار بثلاثة مواضع S1، وهذه المواضع كما يلى Aut - 0 - Man.

٦ – مؤقت زمنى D1، يؤخر عند التوصيل، وهذا المؤقت معاير على 3 ثوان.

٧ – مفتاح ضغط B1، لفصل ووصل محرك المضخة الهيدروليكية.

٨ – لمبة بيان التشغيل H1 (لونها أخضر).

٩ – لمبة بيان زيادة الحمل H2 (لونها أحمر).

نظرية التشغيل:

١ – التشغيل الأتوماتيكى:

عند وضع مفتاح الاختيار S1 على وضع التشغيل الأتوماتيك Aut يكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K2، فتنغلق الريشة 14 - 13 /K2، فيكتمل مسار التيار للكونتاكتور K، فيدور المحرك M1 وملفاته موصلة نجمًا، حيث إن الكونتاكتور K2 يقوم بعمل قصر على أطراف المحرك (U2, V2, W2)، وفى نفس الوقت تضىء لمبة البيان H1، ويكتمل مسار التيار لبوبينة المؤقت D1 لغلق الريشة 24 - 23 ,K1، وبعد انتهاء الزمن المعاير عليه المؤقت الزمنى D1، (3 ثوان)، يقوم المؤقت بعكس حالة ريشه، فتفتح الريشة 16 - 15 /D1؛ فينقطع مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K2، وفى نفس الوقت يكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K3 لعودة الريشة - 21 /K2 22 مغلقة مرة أخرى (نتيجة لفصل الكونتاكتور K2)، ويدور المحرك وملفاته موصلة دلتا Δ وعند ارتفاع ضغط الزيت الهيدروليكى يقوم مفتاح الضغط B1 بفتح ريشته المغلقة 12 - 11 /B1، فينقطع مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K1, K3، فيتوقف

المحرك. وعند انخفاض ضغط الزيت الهيدروليكى يقوم مفتاح الضغط B1 بإعادة غلق 12 - B1/ 11 ويبدأ المحرك من جديد حركته نجما ثم دلتا بنفس الطريقة المشروحة سالفًا.

٢ - التشغيل اليدوى:

عند وضع مفتاح الاختيار S1 على وضع التشغيل اليدوى Man، يكتمل مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K2، وتباعًا لبوبينة الكونتاكتور K1، ويدور المحرك وملفاته موصلة نجمًا، وفى نفس الوقت تضىء لمبة البيان H1، ويكتمل مسار التيار لبوبينة المؤقت بعكس حالة ريشه، فتفتح الريشة 16- D1/ 15، فينقطع مسار التيار لبوبينة الكونتاكتور K2، وفى نفس اللحظة يكتمل مسار التيار لبوبينة K3 ويدور المحرك وملفاته موصلة دلتا.

٣ - الإيقـــاف:

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