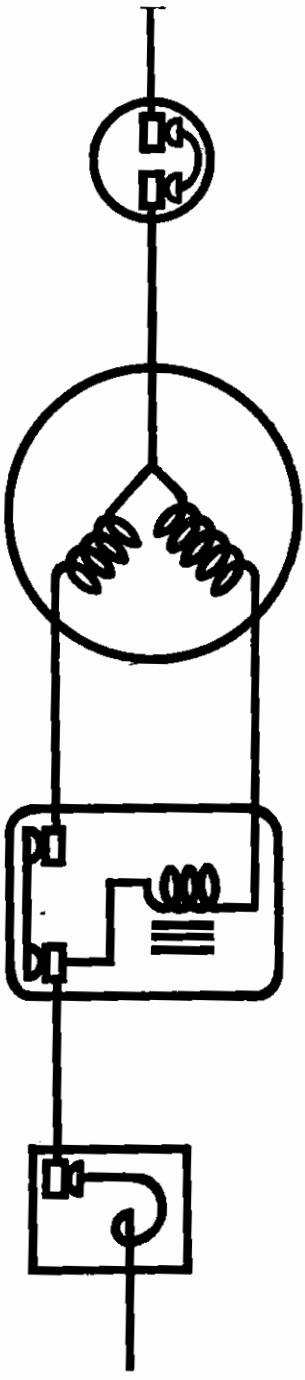


الفصل الثاني

أجهزة التقويم وأجهزة وقاية المحرك

أجهزة التقويم وأجهزة وقاية المحرك

أجهزة التقويم

نظرا لأن المحركات الكهربائية وعلى الأخص محركات الضواغط المحكمة القفل والنصف محكمة القفل يجب أن تعمل عند ظروف حالات تشغيل مختلفة ، ولها قدرات تتراوح مابين أجزاء الحصان و ٣٠ حصاناً أو أكبر ، لذلك تستعمل مع هذه الضواغط أجهزة تقويم مختلفة تناسب كل ضاغط منها .

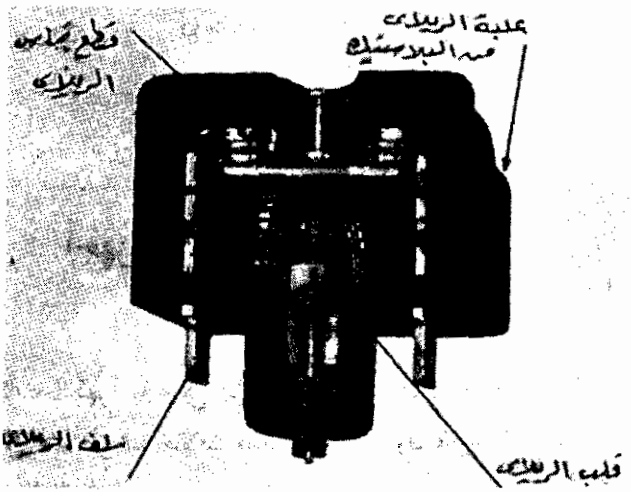
ريلاى تقويم محرك الضاغط المحكم القفل

إن ريلاى تقويم محرك الضاغط المحكم القفل هو عبارة عن جهاز توصيل أتوماتيكى مصمم ليقوم بفصل ملفات تقويم المحرك بعد أن يصل إلى سرعة دورانه العادية . وهناك أنواع مختلفة من هذا الريلاى تسعمل مع ضواغط وحدات التبريد وتكييف الهواء سنتكلم عنها فيما يلى :

الريلاى الذى يعمل بتأثير التيار :

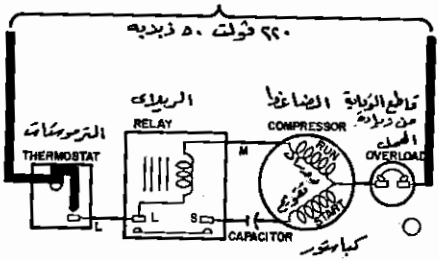
الرسم رقم (٢ – ١) يبين قطاعاً فى ريلاى يعمل بتأثير التيار (Current Type Relay) يستعمل عادة مع ضواغط التبريد الصغيرة التى تبلغ قوتها حتى $\frac{1}{2}$ حصان ، حيث يوصل ملف قلب الريلاى المغناطيسى بالتوالى مع ملفات دوران محرك الضاغط . وتكون قطع تماس الريلاى عادة مفتوحة (Normally Open-No) . هذا وتكون قطع تماسه المتحركة الخاصة بالتقويم مركبة على قلب الريلاى . فعندما يوصل التيار لتقويم محرك الضاغط ، فإن الأمبير الذى يسحبه ملف الريلاى يكون كبيرا بدرجة كافية لإحداث مجال مغناطيسى قوى ، يعمل على جذب القلب إلى أعلى وتقفل قطع التماس وبذلك تكمل الدائرة لتغذية ملفات التقويم .

وعندما تقترب سرعة المحرك من سرعة دورانه العادية ، فإن الأمبير الذى يُسحب بملفات الدوران يهبط بدرجة كافية لجعل مغناطيسية ملف الريلاى تصبح ضعيفة لجعل القلب منجذبا إلى أعلى ، فيهبط مسببا فتح قطع تماس التقويم ، ويدور بعد ذلك المحرك بتأثير مرور التيار فى ملفات الدوران فقط . والرسومات المبسطة التوضيحية التالية تبين لنا خطوات عمل هذا الريلاى بالتفصيل :



رسم رقم (٢ – ١) . قطاع فى ريلاى يعمل بتأثير التيار ، وتظهر به الأجزاء المختلفة التى يشتمل عليها الريلاى .

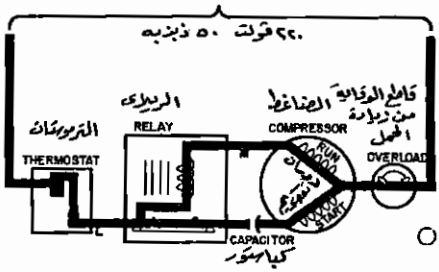
الرسم المبسط رقم (٢ – ٢) يبين لنا دائرة الريلاى الذى يعمل بتأثير التيار فى الموضع (غير شغال) ، ويلاحظ أن قطع تماس الريلاى فى هذا الموضع تكون مفتوحة .



رسم رقم (٢ – ٢) . الدائرة المبسطة للريلاى الذى يعمل بتأثير التيار فى الموضع غير شغال .

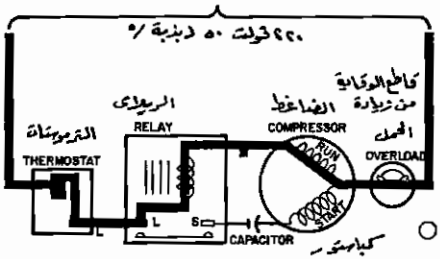
والرسم المبسط (٢ – ٣) يبين لنا دائرة هذا الريلاى فى الموضع عند لحظة بدء التقويم ، حيث يكون الترموستات الموجود بالدائرة قد تم قفل قطع تماسه ، ويتم بذلك توصيل التيار إلى ملف الريلاى الذى يعمل كمغناطيس كهربائى ، وتقفل قطع التماس ويسمح للتيار بالمرور خلال كل من ملفات تقويم ودوران محرك الضاغط . وقطع تماس الريلاى تحمل بواسطة يای أو الوزن . فعندما تقل حاجة محرك الضاغط للتيار إلى النقطة التى لايحتاج فيها إلى ملفات التقويم ، فإن ملف الريلاى يخفض من جذبه المغناطيسى بدرجة كافية تسمح بفتح قطع تماس التقويم ، وبذلك ترفع ملفات التقويم والكباستور من الدائرة .

وحالة التشغيل العادية تسمح بحدوث هذه الحالة عندما تصل سرعة المحرك إلى مايقرب من $\frac{3}{4}$ سرعة دورانه العادية .



رسم رقم (٢ – ٣) . الدائرة المبسطة للريلاى الذى يعمل بتأثير التيار فى الموضع عند لحظة بدء التقويم .

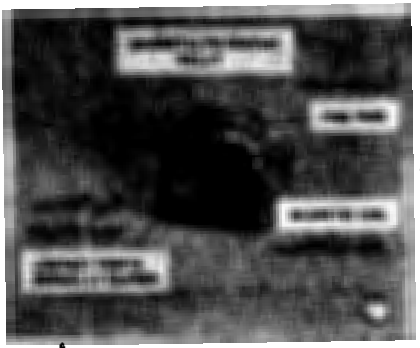
والرسم المبسط رقم (٢ – ٤) يبين لنا دائرة هذا الريلاى فى موضع الدوران أو التشغيل العادى . حيث يمر التيار خلال ملفات دوران محرك الضاغط وقاطع الوقاية من زيادة الحمل ، وبذلك تكمل الدائرة .



رسم رقم (٢ – ٤) . الدائرة المبسطة للريلاى الذى يعمل بتأثير التيار فى موضع الدوران أو التشغيل العادى .

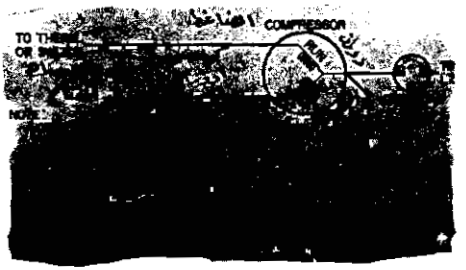
الريلاى الذى يعمل بتأثير الفولت :

يستعمل الريلاى الذى يعمل بتأثير الفولت أو الجهد (Potential or Voltage Relay) ، الذى يظهر شكله فى الرسم رقم (٢ – ٥) بأجهزة تكييف هواء الغرف ، وقطع تماسه عادة مقفولة (Normally Closed-Nc) . وعندما يقوم الضاغط . يحدث هبوط فى الفولت خلال ملفات تقويم المحرك . وعندما تقترب سرعة دوران الضاغط من سرعة دورانه العادية ، فإن الفولت خلال الملفات يزداد بدرجة تقرب من مقداره العادى . وهذا الفولت الأعلى يخلق مجالاً مغناطيسياً أقوى فى ملف الريلاى ويجذب قلبه إلى أعلى حيث يقطع الدائرة إلى ملفات التقويم . هذا وتحدث شرارة كهربائية أقل بين قطع تماس هذا الريلاى نظرا لأنها عادة تكون مقفولة عند لحظة تقويم الضاغط . والرسومات المبسطة التوضيحية التالية تبين لنا خطوات عمل هذا الريلاى بالتفصيل :



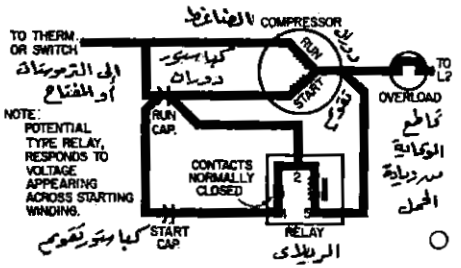
رسم رقم (٢ – ٥) . شكل الريلاى الذى يعمل بتأثير الفولت أو الجهد .

الرسم المبسط رقم (٢ – ٦) يبين الدائرة خلال هذا الريلاى الذى يعمل بتأثير الفولت فى الموضع الذى يكون فيه هذا الريلاى (غير شغال) ، ويلاحظ أن قطع تماس التقويم مقفولة ، وذلك يعتبر من أحد المميزات نظرا لأن قطع التماس لاتحدث شرارة كهربائية فى الوقت الذى سحب فيه محرك الضاغط أكبر مقدار من التيار . ويلاحظ أيضا فى هذا النوع من الريلاى أن ملفه موصل بالتوازى مع ملفات تقويم محرك الضاغط .



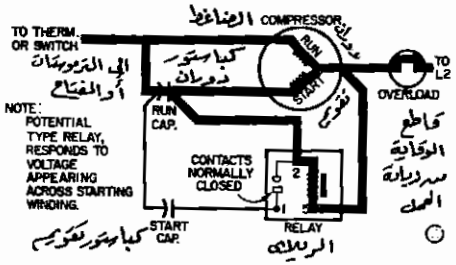
رسم رقم (٢ – ٦) . الدائرة المبسطة للريلاى الذى يعمل بتأثير الفولت فى الموضع غير شغال .

وفى الرسم المبسط رقم (٢ – ٧) نرى هذا الريلاى فى موضع لحظة بدء التقويم ، حيث نجد أنه يعمل بنظرية ، أنه خلال فترات سحب التيار العالى يحدث هبوط فى الفولت ، وفى هذا الريلاى تكون أسلاك ملف الريلاى المغناطيسية رفيعة ، ولذلك تكون حساسة للتغير فى الفولت ، وكذلك



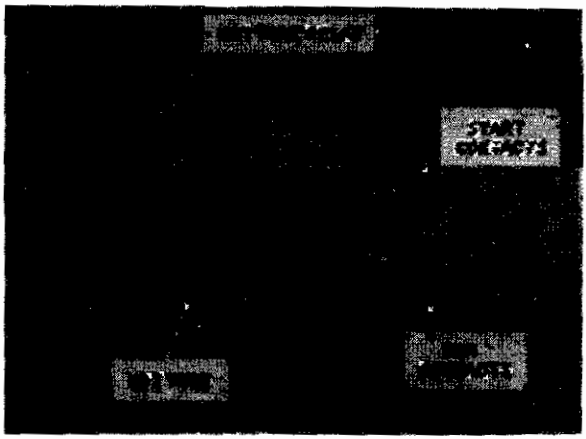
رسم رقم (٢ – ٧) . الدائرة المبسطة للريلاى الذى يعمل بتأثير الفولت فى الموضع لحظة بدء التقويم .

تكون موصلة بالتوازى مع ملفات تقويم محرك الضاغط ، مما يتيح لهذا الملف بتسريب كمية صغيرة من القوة الكلية ، حيث يساعد ذلك على منع ارتفاع درجة حرارة ملف الريلاى . وفى الموضع الظاهر فى هذا الرسم يكون هناك سريان لتيار أو أمبير عال ، ويتبع ذلك هبوط فى فولت الخط ، وتظل قطع تماس الريلاى مقفولة .



رسم رقم (٢ – ٨) . الدائرة المبسطة للريلاى الذى يعمل بتأثير الفولت فى موضع الدوران أو التشغيل العادى .

وفى الرسم رقم (٢ – ٨) نرى هذا الريلاى فى موضع الدوران العادى ، ونلاحظ أن قطع تماس التقويم قد تم فتحها . وهذه نتيجة للزيادة فى الفولت عندما تقل الحاجة للتيار وذلك عندما تقترب سرعة محرك الضاغط من $\frac{٣}{٤}$ سرعة دورانه العادية تقريبا . وهذه الزيادة فى الفولت خلال ملف الريلاى تزيد جذبه المغناطيسى إلى النقطة التى يتغلب فيها على باى أووزن تحميل قطع التماس .

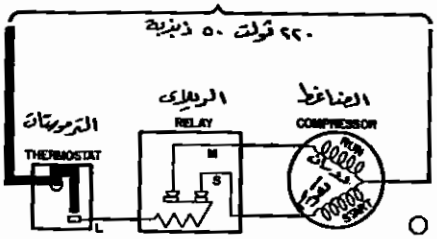


رسم رقم (٢ – ٩) . شكل الريلاى ذو السلك الساخن .

الريلاى ذو السلك الساخن :

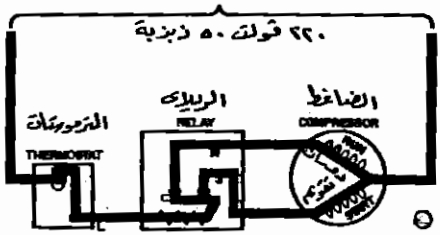
يعمل الريلاى ذو السلك الساخن (Hot Wire Relay) الذى يظهر شكله وتركيبه فى الرسم رقم

(٢ – ٩) بنظرية التمدد الحرارى ، حيث يعمل السلك الساخن على المحافظة على شد الياى الخاص بحامل قطع التماس . فعندما يمر التيار خلال السلك الساخن إلى محرك الضاغط ، فإنه يعمل على تسخين هذا السلك وتمدده . وفى التشغيل العادى ، فإنه يتمدد بدرجة كافية تسمح بتحريك الحامل المشدود بالياى قليلا وتفتح قطع تماس التقويم . وتظل قطع التماس مقفولة ما لم تحدث حالة زيادة حمل (Over Load) تعمل على تمدد السلك الساخن بدرجة أكبر وتفتح قطع تماس الدوران . والرسومات المبسطة التوضيحية التالية تبين لنا خطوات عمل هذا الريلاى بالتفصيل :



رسم رقم (٢ – ١٠) . الدائرة المبسطة للريلاى ذى السلك الساخن فى الموضع غير شغال .

الرسم رقم (٢ – ١٠) – يبين لنا دائرة الريلاى ذات السلك الساخن فى الموضع (غير شغال) ، حيث نجد أن كلا من قطع تماس الدوران والتقويم تكون فى موضع القفل نظرا لأن السلك الساخن يكون باردا .



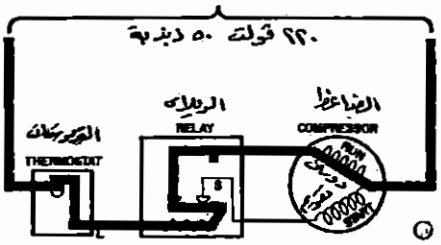
رسم رقم (٢ – ١١) . الدائرة المبسطة للريلاى ذى السلك الساخن فى الموضع لحظة بدء التقويم .

والرسم رقم (٢ – ١١) – يبين لنا دائرة هذا الريلاى فى موضع لحظة التقويم ، حيث يكون الترموستات الموجود بالدائرة قد قفل ويسمح للتيار بالمرور خلال السلك الساخن إلى قطع تماس الريلاى . ونظراً لأن كلاً من قطع تماس الريلاى تكون مقفولة ، فإن التيار يمر خلال كل من ملفات تقويم ودوران المحرك .

والرسم رقم (٢ – ١٢) – يبين لنا دائرة هذا الريلاى فى موضع الدوران . فبعد أن تقوم الوحدة ، فإنه يجب رفع ملفات التقويم من الدائرة . وحمل تقويم محرك الضاغط يُسبب ارتفاع درجة حرارة

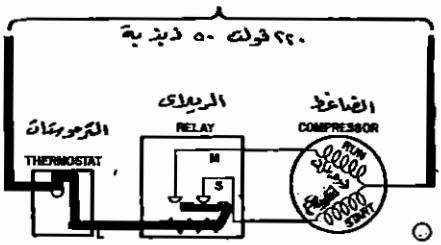
السلك الساخن ويتمدد بدرجة كافية لتفتح قطع تماس ملفات التقويم ، ويستمر سريان التيار خلال ملفات الدوران فقط . ويضبط هذا الريلاى بعناية بحيث يقوم بهذا العمل عندما تصل سرعة محرك الضاغط إلى $\frac{3}{4}$ سرعة دورانه العادية .

وسريان التيار خلال ملفات الدوران يجب أن يحافظ على جعل السلك الساخن فى هذا الموضع طالما أن الضاغط يكون يعمل عند حالات التشغيل العادية .



رسم رقم (٢ – ١٢) . الدائرة المبسطة للريلاى ذو السلك الساخن فى موضع الدوران أو التشغيل العادى .

والرسم رقم (٢ – ١٣) – يبين دائرة هذا الريلاى فى موضع زيادة الحمل ، حيث يشتمل الريلاى أيضا على قاطع وقاية من زيادة الحمل . فعند مرور تيار أزيد من المقرر خلال الريلاى ، فإنه يعمل على تمدد السلك الساخن إلى النقطة التى تفتح فيها كل من قطع التماس وتقطع الدائرة حيث يقف الضاغط . هذا ولا يعمل الضاغط مرة أخرى حتى يبرد السلك الساخن بدرجة كافية لقفل قطع التماس . وهناك عوارض كثيرة تعمل على زيادة التيار المار خلال الريلاى بدرجة أكبر من المقرر ، مثل زيادة حمل الضاغط ، أو وجود قصر بالدائرة ، أو الارتفاع الشديد فى درجة حرارة محرك الضاغط ، أو الفولت المنخفض ، إلخ .



رسم رقم (٢ – ١٣) . الدائرة المبسطة للريلاى ذو السلك الساخن فى موضع زيادة الحمل

مفاتيح التوصيل وبادئ الحركة

إن مفتاح التوصيل (كونتاكتور–Contactor) هو جهاز يحمل تيار الحمل ويقفل ويفتح لتقويم أو إيقاف محرك الضاغط ، أما بادئ الحركة Starter فهو عبارة عن مفتاح توصيل يشتمل فى نفس الوقت على أجهزة وقاية المحرك .

فى محركات الوجه الواحد التى تبلغ قوتها حتى ٣ احصنة ، فإن تيار المحرك غالبا ما يكون منخفضا بدرجة كبيرة يمكن لقطع التماس (كونتاكت) الموجودة بمنظم الضغط المنخفض (Low Pressure Control) بالترموستات المركبة بالدائرة الكهربائية الخاصة بالمحرك من أن تتحمله ، ولا تحتاج فى مثل هذه الحالة إلى استعمال مفتاح توصيل (كونتاكتور) خاص لتقويم المحرك . وكلما ازداد حجم المحرك فإن التيار المسحوب يزداد بدرجة لا يمكن لمثل أجهزة التنظيم السابق ذكرها من أن تتحمله ، ويجب أن يُحمل تيار المحرك خلال قطع تماس بادئ حركة أو مفتاح توصيل ، بينما تقوم المنظمات بقفل وفتح دائرة مرشدة (Pilot Circuit) تعمل على تغذية ملف مفتاح التوصيل (كونتاكتور) بالتيار .

وبالنسبة لمحركات الضواغط التى يحتاج تقويمها إلى مفاتيح توصيل ، فإنه يكون من الضرورى أن تكون هذه المفاتيح ذات حجم مناسب للحمل الذى سيوصل معها . إن حجم مفتاح التوصيل لكل من أمبير الحمل وأمبير تقويم المحرك (Locked Rotor Amperes) يجب أن يكون أكبر مما هو مبين فى لوحة بيانات مجموعة المحرك والضاغط مضافا إليه الأحمال المبينة على لوحة بيانات أية محرك مراوح أو أجهزة أخرى تعمل عن طريق هذا المفتاح .

إن مفاتيح التوصيل (كونتاكتور) للأغراض العامة General Purpose التى تصنع طبقا لمواصفات الجمعية الأهلية الأمريكية للآلات الكهربائية NEMA تتحمل معظم الإستعمالات الصناعية الشديدة ، وتصمم لأقل عمر قدره ، مليون دورة (Cycles) ونظر لأن هذا النوع من المفاتيح يجب أن يناسب أى استعمال ، فإن لها معامل أمان كبير ونتيجة لذلك فإن كلا من حجمها وسعرها يعتبر كبيرا . وبالنسبة لاستعمالات التبريد وتكييف الهواء ، فإن العمر الذى يبلغ ٢ مليون دورة يعتبر مناسبا تماما ، ولذلك فإن تركيب مفاتيح التوصيل الخاصة بهذه الإستعمالات يكون أضعف وبالتالى سعرها أقل .

ولاستيفاء الاحتياجات الخاصة بصناعة التبريد وتكييف الهواء ، فإن مصانع الأجهزة الكهربائية قد قامت بإنتاج مفاتيح توصيل محددة الغرض (Definite Purpose Contactors) وقوتها تحدد بالأمبير ، وعند الاعتناء باختيار الحجم المناسب منها فهى تكون صغيرة وسعرها أقل من مفاتيح التوصيل

للأغراض العامة . ونظرا لأن مفاتيح توصيل (كونتاكتور) الضواغط تكون معرضة بكثرة لعملية القفل والفتح السريعة(Recyc Ling) فإن قطع تماسها يجب أن تكون كبيرة بدرجة كافية لإشعاع الحرارة وذلك لمنع ارتفاع درجة حرارة مفتاح التوصيل . إن زيادة درجة حرارة قطع التماس قد تسبب التصاقها وحدوث حالة التشغيل بوجه واحد (Single Phasing) التى تؤدى إلى تلف المحرك ، حتى ولو فصلت أجهزة وقاية المحرك من زيادة الحمل وفتحت دائرة المنظم .

الكباستور

إن الكباستور(Capacitor) هو جهاز يقوم بتخزين الطاقة الكهربائية ، وهو يستعمل مع المحركات الكهربائية بصفة مبدئية لفصل وجه التيار المار خلال ملفات التقويم . وبينما الدراسة التفصيلية للنظرية الكهربائية للكباستور ليس مجالها هذا الكتاب ، إلا أن الكباستور الموجود بدائرة المحرك يعطيه عزم التقويم ، ويحسن من خواص دورانه وجودته ، ويحسن كذلك معامل القوة .

إن كمية الطاقة الكهربائية التى يمكن لكباستور من أن يحملها تتوقف على الفولت المستعمل ، فإذا ازداد الفولت ، فإن كمية الطاقة الكهربائية التى تخزن بالكباستور تزداد . إن سعة الكباستور تقدر بالميكروفاراد (م . ف . د - MFD) وتتوقف على حجم وتركيب الكباستور .

إن الفولت المبين (Voltage Rating) على الكباستور يوضح الفولت الاسمى Nominal Voltage المصمم ليعمل عنده . ويمكن استعمال الكباستور عند فولت أقل من المبين عليه إذ أن ذلك لا يسبب حدوث أى تلف به . وكباستور الدوران يجب أن لا يعرض لفولت يزيد عن ١١٠٪ من قيمته الاسمية ، أما كباستور التقويم يجب أن لا يعرض لفولت يزيد عن ١٣٠٪ من قيمته الإسمية . إن الفولت الذى يتعرض إليه الكباستور ليس هو فولت الخط(Line Voltage)ولكنه ضغط (فولت) أعلى كثيرا (غالبا يطلق عليه القوة الدافعة الكهربائية أو القوة الدافعة الكهربائية الخلفية -Back EMF) التى تتولد فى ملفات التقويم . فبالنسبة مثلا لمحرك مثالى يعمل عند ٢٣٠ فولت ، فإن الفولت الذى يتولد قد يكون مرتفعا بدرجة تصل إلى ٤٥٠ فولت ، وتحدد بخواص ملفات التقويم ، وسرعة الضاغط والفولت المستعمل .

هذا ويمكن توصيل الكباستور سواء كانت للتقويم أو الدوران إما بالتوالى أو بالتوازى لإعطاء الخواص المطلوبة إذا تم اختيار الفولت والسعة (م . ف . د) بطريقة صحيحة .

وعند توصيل اثنين من الكباستور لها نفس السعة (م . ف . د) بالتوالى ، فإن السعة الكلية الناتجة تكون نصف السعة المبينة للكباستور الواحد .

والقاعدة التى تستعمل لتحديد السعة (م . ف .د) عند توصيل الكباستور بالتوالى هى كالآتى :

$$\frac{١}{\text{السعة الكلية (م.ف.د)}} = \frac{١}{\text{(م.ف.د) ١}} + \frac{١}{\text{(م.ف.د) ٢}}$$

فمثلا إذا تم توصيل كباستور ٢٠ (م . ف . د) مع كباستور آخر ٣٠ (م . ف . د) بالتوالى ، فإن السعة تكون :

$$\frac{١}{\text{(م.ف.د) ك}} = \frac{١}{\text{(م.ف.د) ١}} + \frac{١}{\text{(م.ف.د) ٢}}$$

$$\frac{١}{\text{(م.ف.د)ك}} = \frac{١}{٢٠} + \frac{١}{٣٠}$$

$$\frac{١}{\text{(م.ف.ك) ك}} = \frac{٥}{٦٠} = \frac{١}{١٢}$$

$$\text{(م . ف . د) ك} = ١٢ \text{ (م . ف . د)}$$

إن الفولت المبين للكباستور المتشابهة التى توصل بالتوالى يساوى مجموع الفولت لاثنين من الكباستور. وعلى العموم ، نظرا لأن الفولت بين الكباستور الموصلة بالتوالى يتغير بالقيمة المبينة على الكباستور ، فإنه يوصى بالنسبة لحالات الاستبدال القهرية بتوصيل كباستور لها نفس الفولت والسعة فقط بالتوالى وذلك لمنع احتمال حدوث تلف بسبب الفولت الخارج عن حدود الكباستور.

وعند توصيل الكباستور بالتوازى ، فإن سعتها (م . ف . د) تكون مساوية لمجموع قيمة كل منها . والفولت يساوى أقل قيمة لكل كباستور. هذا ومن الممكن استعمال أى تركيب من كباستور واحد أو مجموعة من كباستور التقويم بالتوالى أو بالتوازى مع كباستور واحد أو مجموعة من كباستور الدوران بالتوازى (من النادر استعمال كباستور الدوران بالتوالى) .

كباستور التقويم :

إن كباستور التقويم (Start Capacitor) مصممة للتشغيل الوقتى (Intermittent) فقط ، ولها سعة (م . ف . د) عالية . وتركيبها يشتمل على المحلول الكهربى (Electrolutic) للحصول على سعة عالية منها . ومعظم أنواع كباستور التقويم تشتمل على مقاومة تسرب (Bleed Resistor) تلحم بطرف الكباستور كما هو مبين بالرسم رقم (٢ – ١٤) .

وباستعمال الكباستور بدون وجود هذه المقاومة من المحتمل أن ينتج عنه لحام قطع تماس (كونتاكت) ريلاى التقويم الموجود بالدائرة أو أن يعمل هذا الريلاى بطريقة غير صحيحة ، وخاصة

عندما يكون الضاغط الموصل مع الريلاى معرضا لأن يدور ويقف خلال فترات قصيرة جدا (بيسكل). وتحدث هذه الحالة نظرا لأن كباستور التقويم يقوم بالتفريغ (Discharge) خلال قطع تماس الريلاى عندما تقفل وذلك بعد فترة دوران قصيرة جدا. وهذه المقاومة تسمح لشحنة الكباستور بالتسرب بدرجة أسرع، وتمنع حدوث الشرارة، وارتفاع درجة حرارة قطع تماس الريلاى.

رسم رقم (٢ – ١٤). كباستور تقويم ملحوم بطرفيه مقاومة تسرب.

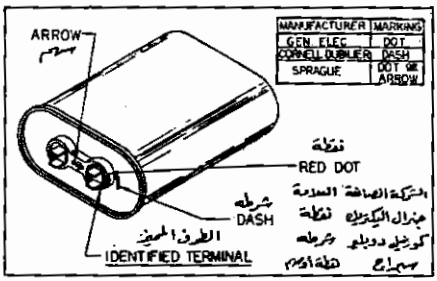
وفى حالة عدم إمكان الحصول على كباستور تقويم يشتمل على مقاومة تسرب، فإنه يمكن لحام مقاومة قدرها من ١٥٠٠٠ إلى ١٨٠٠٠ أوهم وقوتها ٢ وات بطرفى أى كباستور تقويم عادى.

وفى حالة حدوث لحام بقطع تماس أى ريلاى تقويم، فإن أول شىء يلزم فحصه فى مثل هذه الحالة هو مقاومة تسرب الكباستور. فإذا وجدت تالفة أو غير مركبة فإنه يلزم تركيب مقاومة جديدة، وتنظيف قطع تماس الريلاى أو تغيير الريلاى كلية.

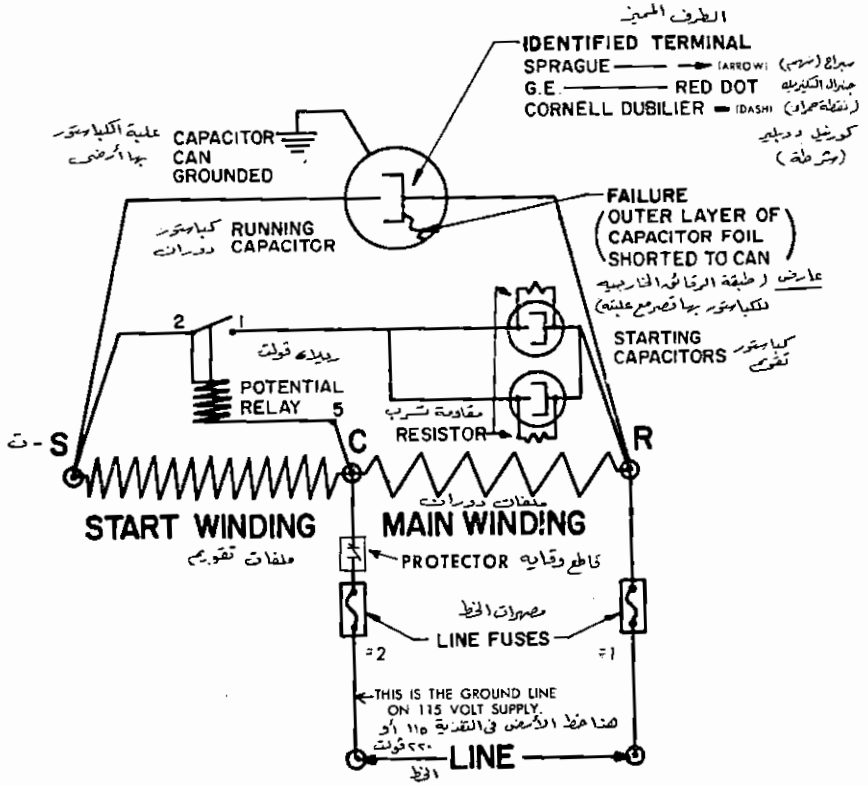
كباستور الدوران :

إن كباستور الدوران (Run Capacitor) تكون موجودة بصفة دائمة فى الدائرة الكهربائية التى تعمل بها، وهى عادة تشتمل على زيت. إن سعة كباستور الدوران أقل كثيرا من كباستور التقويم. ونظرا للفولت الذى يتولد فى ملفات تقويم المحرك، فإن الفولت بين طرفى كباستور الدوران يكون أكبر من فولت الخط. إن ملفات تقويم المحرك يمكن أن تتلف بسبب وجود قصر أو أرضى بكباستور الدوران وهذا التلف عادة يمكن تحاشيه بالتوصيل الصحيح لأطراف كباستور الدوران. إن الطرف الموصل برقائق الكباستور الخارجية Outer Foil وهى القريبة من علبة الكباستور، هى التى غالبا ما يحدث بها

قصر مع علبته مسببة وجود أرضى فى حالة تلف الكباستور. وهذا الطرف يميز ويعلم بواسطة معظم الشركات التى تقوم بصناعة كباستور الدوران كما هو مبين بالرسم رقم (٢ – ١٥).



رسم رقم (٢ – ١٥). طريقة تمييز طرف كباستور الدوران بواسطة الشركات الصانعة.



رسم رقم (٢ – ١٦). الطريقة الصحيحة لتوصيل كباستور الدوران بالدائرة. ملاحظة: إذا كان كباستور الدوران موصلا كما هو ظاهر فى الرسم أعلاه، فإن المصهر يحترق فى حالة ما يحدث بالكباستور قصر وأرضى.

من خط التغذية لدائرة كهربائية الفولت بها قدرة ١١٥ أو ٢٣٠ فولت ، فإنه ينتج ضغط قدره ١١٥ فولت من النهاية (د– R) إلى الأرض خلال قصر محتمل فى الكباستور (ينظر رسم الدائرة الكهربائية رقم ٢ – ١٦) . وعلى العموم فإنه من النهاية (ت – S) أو طرف التقويم ، فإن ضغط أعلى بكثير ، من المحتمل أن يصل إلى ٤٠٠ فولت ، يتواجد بسبب القوة الدافعة الكهربائية . التى تتولد فى ملفات التقويم . ولذلك فإن احتمال تلف الكباستور يكون أكبر بكثير عندما تكون النهاية المميزة موصلة بالنهاية (ت — S) أو نهاية التقويم

إن النهاية المميزة يجب دائما أن توصل بخط التغذية ، أو النهاية R ، ولا توصل أبدا بالنهاية S

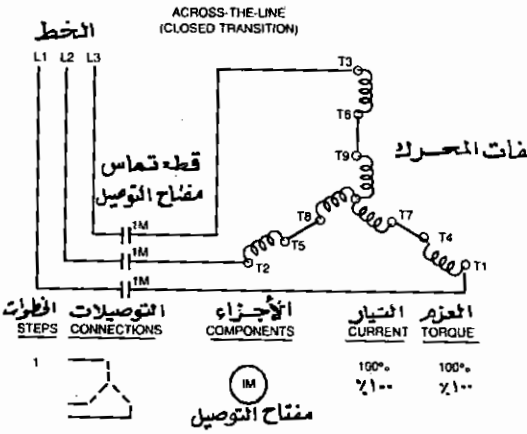
وهذا ينطبق على المحركات ذات الوجه المنفصل الموصل معها كباستور بصفة دائمة (PSC) وكذلك على المحركات الموصل معها كباستور تقويم وكباستور دوران (CSR)

فإذا تم توصيلها بهذه الطريقة ، فإن كباستور الدوران الذى به قصر وأرضى ينتج عنه وجود قصر مباشر إلى الأرض من النهاية ، مما يسبب إحتراق مصهر الخط رقم (١) . ويقوم قاطع وقاية المحرك بوقاية ملفات المحرك الأساسية Main Winding من الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة .

أما إذا تم توصيل النهاية التى بها قصر وأرضى بنهاية ملفات التقويم S ، فإن التيار يمر من خط التغذية خلال ملفات المحرك الأساسية وخلال ملفات التقويم إلى الأرض . وحتى ولو فصل قاطع وقاية المحرك ، فإن التيار يستمر فى السريان خلال ملفات التقويم إلى الأرض ، وبسبب استمرار الارتفاع فى درجة الحرارة وتلف ملفات التقويم .

التقويم بالضغط (الفولت) المخفض

يعتبر التقويم بالفولت الكامل وعن طريق التوصيل المباشر (Across-The-Line. XL) والذى تظهر دائرة كهربائية مبسطة له فى الرسم رقم (٢ – ١٧) ، من أرخص الطرق المستعملة لتقويم المحرك الثلاثى الأوجه ، ومعظم المحركات المستعملة مع ضواغط التبريد الصغيرة والمتوسطة القوة حتى ٥ أحصنة مصممة لتصلح للتقويم بالفولت الكامل . ولكن نظرا للحدود التى تضعها مؤسسات وشركات إمداد القوى الكهربائية بالنسبة لتيار التقويم ، فإنه عادة يكون من الضرورى إيجاد بعض الوسائل لتخفيض هذا التيار المندفع للمحركات الكبيرة القوة . والغرض الأساسى من فرض هذه القيود هو منع حدوث التذبذب فى الإضاءة أو أجهزة التليفزيون أو التأثيرات الجانبية الغير مرغوب فيها التى تحدث بالأجهزة الكهربائية الأخرى بسبب الهبوط الوقتى الشديد الذى يحدث فى الفولت أثناء فترة التقويم .



رسم رقم (٢-١٧) . الدائرة الكهربائية المبسطة لطريقة تقويم المحرك بالتوصيل المباشر

إن التقويم بالفولت المخفض يتيح لمنظمات شركات إمداد القوى بتعديل فولت الخط بعد أن يدخل على هذا الخط جزء فقط من الحمل ، وبذلك يمكن تحاشى حدوث الهبوط الحاد الذى يحدث إذا أُدخل كل الحمل مرة واحدة على الخط .

إن رفع حمل الضاغط (Unloading The Compressor) يمكن أن يساعد فى تخفيض احتياجات عزم التقويم والتشغيل مما يساعد المحرك على زيادة سرعته . ولكن بغض النظر عما إذا كان الضاغط محملا أو غير محمل ، فإن محركه سيستمر فى سحب تيار التقويم الكامل لجزء بسيط من الثانية . ونظرا لأن الإعتراض الأساسى يكون عادة بسبب التيار الوقتى المندفع المسحوب عند حالات تقويم المحرك ، فإن رفع حمل الضاغط لا يحل دائما هذه المشكلة . وفى مثل هذه الحالات يكون من الضرورى إيجاد بعض طرق التقويم التى باستعمالها يمكن تخفيض احتياجات تيار تقويم المحرك .

إن بادئ الحركة الذى يمكنه القيام بهذه العملية عادة يعرف ببادئ حركة الفولت المخفض (Reduced Voltage Starter) ولو أن فولت الخط إلى المحرك فى طريقتين من الطرق الشائع استعمالها لا يخفض فيهما حقيقة .

ونظرا لأن طريقة التقويم اليدوى Manual Starting لا تعتبر مناسبة لضواغط التبريد ، فإن بادئ الحركة المناسب لها هو النوع المغناطيسى (Magnetic)

هذا وتوجد خمسة أنواع من بادئ الحركة المغناطيسى المخفض الفولت ، وكل طراز منها له خواص خاصة مناسبة لنوع الاستعمال .

١ – الملفات الجزئية
٢ – النجم – دلتا
٣ – المحول الأوتوماتيكى
٤ – المقاومة الابتدائية

٥ – مجموعة التقويم بالفولت المخفض والخطوة

وعندما ينخفض تيار التقويم ، فإن عزم التقويم يهبط كذلك ويكون اختيار بادئ الحركة المراد استعماله قد يُحدد باحتياجات عزم الضاغط . إن أقصى عزم يمكن الحصول عليه بالتقويم بالفولت المخفض هو ٦٤٪ من عزم الفولت الكامل ، ويمكن الحصول عليه باستعمال بادئ حركة من نوع المحول الأوتوماتيكى ، بينما بادئ حركة الملفات الجزئية يعطى عزماً قدره حوالى ٤٥٪ من عزم الفولت الكامل ، وبادئ الحركة النجم – دلتا يعطى فقط ٣٣٪ . وبالنسبة لبعض محركات الضواغط الغير مجهزة بأجهزة رفع الحمل (Unloaders) فإن عزم تقويم قدره ٤٥٪ من عزم الفولت الكامل أو أعلى يوصى به .

واستعمال التقويم بدون حمل يعتبر مفيدا فى بعض الاستعمالات وخاصة بالنسبة للتقويم بعزم منخفض ، مثل عند استعمال بادئ حركة النجم – دلتا ، حيث يكون التقويم بدون حمل ضروريا إذا كان الضاغط سيقوم عند حالات فولت مخفض .

وعلى العموم ليس من الضرورى لمحرك الضاغط من أن يقوم ويُزيد من سرعته عند حالات التقويم بالفولت المخفض ليحقق الغرض من تخفيض أقصى تيار تقويم . وبتغذية المحرك خطوة فى كل مرة ، فإنه يمكن تحقيق مطالب شركات إمداد القوى ، بينما فى نفس الوقت وبالمحافظة على التأخير الزمنى بين خطوات التقويم إلى أقل وقت ممكن ، فإنه يمكن منع حدوث تلف بالضاغط . ومن الطبيعى والمرغوب فيه أن يقوم محرك الضاغط ويزيد من سرعته عند حالات التقويم بالفولت المخفض لتحقيق الفوائد المطلوبة من التقويم بهذه الطريقة .

التقويم بالملفات الجزئية :

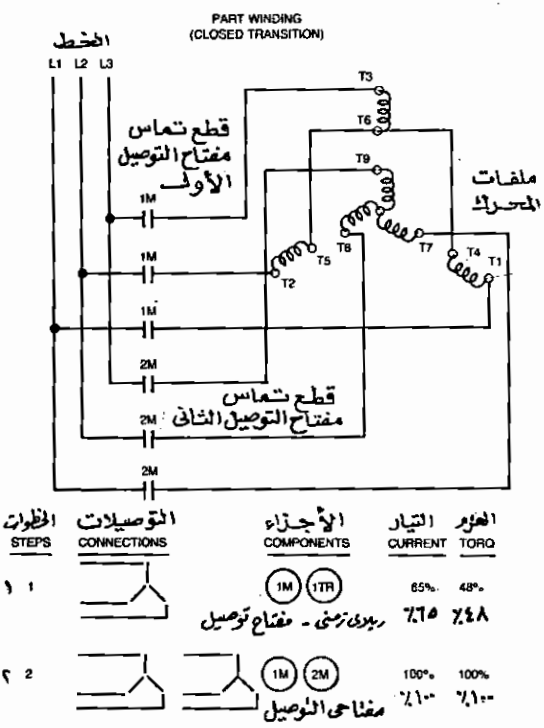
التقويم بالملفات الجزئية Part Winding Start لا يعتبر الطريقة الحقيقية للتقويم بالفولت المخفض ، ولكنه مع ذلك يؤدى نفس العملية المطلوبة ، اذ يحدد تيار الاندفاع باستعمال جزء فقط من ملفات المحرك . ونظرا لأننا نستعمل كلا من مفاتيح (كونتاكتور) التقويم والدوران لحمل تيار المحرك أثناء عمله ، لذلك نجد أن هذه الطريقة تكلف أقل من غيرها . ولاستعمال طريقة التقويم بالملفات الجزئية ، فإن المحرك المستعمل يجب أن يشتمل عضوه الثابت على ملفين متشابهين .

ومن الناحية الأساسية نجد أن كل ما تحتاج إليه عملية التقويم بالملفات الجزئية كما هو مبين بالرسم المبسط رقم (٢ – ١٨) هو مفتاحا توصيل (كونتاكتور) كل منهما يمكن أن يحمل احتياجات تيار حمل ملفات المحرك الكامل وتيار التقويم . وعندما يغذى بادئ الحركة بالتيار فإن مفتاح المغناطيس الأول (1m) يقفل ويوصل نصف ملفات المحرك بالخط ، ويغذى فى نفس الوقت ريلاى تأخير زمنى

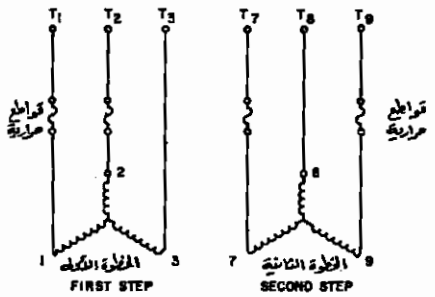
(Time Delay Relay) (لا يظهر فى الرسم المبسط) يعمل على قفل مفتاح التوصيل المغناطيسى الثانى (2m) بعد فترة زمنية محددة ، الذى بدوره يقوم بتوصيل نصف ملفات المحرك الثانية بالتوازى مع النصف الأول .

وعند الاحتياج إلى قواطع وقاية لمحرك تحس بالتيار ، فإنها يجب أن تركب على الأقل فى وجهين بكل مفتاح توصيل كما هو مبين بالرسم المبسط رقم (٢-١٩) . أما المحركات المجهزة بقواطع حرارية فهى لا تحتاج إلى قواطع وقاية خارجية . ولمنع فصل قواطع الوقاية أثناء فترة التقويم ، فإن التأخير الزمنى بين قفل مفتاح التوصيل الأول والثانى يجب أن يكون فى حدود القاطع بالنسبة لحالات تيار التقويم ، ولذلك يجب أن تكون فترة التأخير الزمنى للريلاى ثانية واحدة + ١٠ ٪ .

إن الخواص المضبوطة لتيار وعزم المحرك تتغير حسب التصميم . فبالنسبة لمحركات الضواغط التى تقوم عن طريق ملفات واحدة ، فإن المحرك يسحب حوالى ٦٥٪ من تيار التقويم المباشر بالخط ، ويعطى حوالى ٤٥٪ من عزم التقويم العادى .



رسم رقم (٢-١٨)
الدائرة الكهربائية المبسطة لطريقة
تقويم المحرك بالملفات الجزئية



رسم رقم (٢-١٩) . يجب تركيب قواطع وقاية للمحرك ، على الأقل فى وجهين بكل مفتاح توصيل .

وعند حالات التحميل الشديدة ، فإنه يكون من المحتمل أن لا يقوم المحرك حتى تغذى الملفات الثانية ، أو إذا قام فإنه قد لا يتمكن من زيادة سرعته . ولذلك يكون من المرغوب فيه فى مثل هذه الحالات الشديدة اتباع طريقة التقويم بدون حمل .

وباستعمال طريقة التقويم بالملفات الجزئية ، عادة يسمع صوت تقويم كهربائى أو (زمجرة – Growl) لفترة قصيرة . وتحدث هذه الحالة عندما يعمل النصف الأول من ملفات المحرك على تقويمه ، ولكنه لا يقدر على زيادة سرعته بعد بضع مئات قليلة من اللفات . وحالما تغذى ملفات المحرك الثانية ، فإن المحرك يبدأ فى زيادة سرعته مباشرة ، ويختفى الصوت بعد ذلك . ونظرا لأن التأخير الزمنى بين توصيل الملفات لا يزيد عن ثانية واحدة ، لذلك تكون فترة سماع هذا الصوت قصيرة جدا . إن هذا الصوت يتغير بتغير الفولت ، والسرعة ، والفرق فى الضغط ، وقوة المحرك ويتغير من ضاغط لآخر . وبالإضافة إلى ذلك فإن المحركات التى تنتجها الشركات المختلفة قد تكون لها خواص مختلفة قليلا عن بعضها ، وتبعا لذلك فإن الصوت الذى يسمع منها قد يختلف أيضا قليلا .

وكثيرا ما يخطىء مهندس أو فنى الصيانة بين صوت التقويم والصوت الذى قد يسمع من الحوامل . إن صوت التقويم يعتبر عاديا ويظهر أكثر فى المحركات الكبيرة ، ولا يسبب أى ضرر بأى شكل للضاغط المركب معه .

التقويم بطريقة النجم – دلتا :

للتقويم بطريقة النجم – دلتا Star-Delta Starting (والتى تعرف أيضاً بطريقة واى – دلتا – WYe-Delta) تحتاج إلى محرك ذى ملفات خاصة ، أطراف نهايتى كل وجه منها تؤخذ خارج المحرك إلى نهايات المحرك (Terminals) .

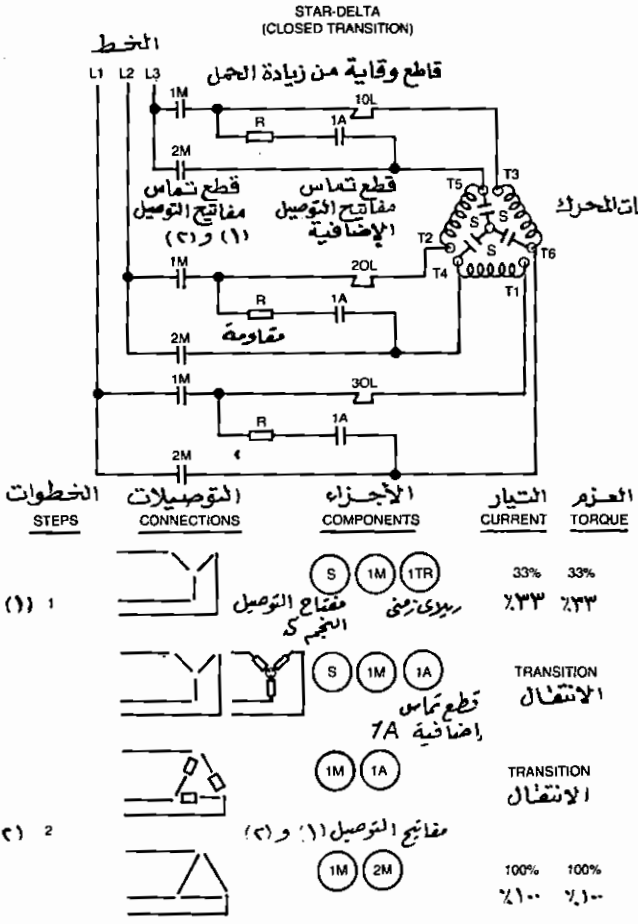
وبواسطة مفتاح توصيل (كونتاكتور) ، فإن المحرك المصمم ليعمل عادة بشكل دلتا يوصل أولا بشكل النجم ، وبعد فترة تأخير زمنى محدودة ، فإن توصيلة النجم تحول إلى الدلتا . وهذه الطريقة فى التقويم تعتبر بسيطة نسبيا وتكاليفها قليلة ، وهى منتشرة الاستعمال فى كثير من بلاد العالم وعلى الأخص فى بلاد القارة الأوربية .

هذا ويمكن الحصول على محركات بقدرات مختلفة بوصلات مناسبة للتقويم بطريقة النجم – دلتا ، لتعمل إما بتيار ثلاثى الأوجه ٣٨٠ فولت ٥٠ ذبذبة أو ٢٢٠ فولت ٥٠ ذبذبة . وعندما يكون المحرك مصمما ليعمل بطريقة الدلتا ويوصل بطريقة النجم ، فإن الفولت بين كل وجه ينخفض إلى ٥٨٪ من مقداره العادى ، ويعطى المحرك $\frac{1}{3}$ عزم تقويمه العادى . ويكون تيار الاندفاع (التقويم) فى النجم $\frac{1}{3}$ تيار الاندفاع العادى فى الدلتا .

إن طريقة التقويم بالنجم – دلتا تعتبر مناسبة فقط للتقويم ذى العزم المنخفض .

وللتأكد من حدوث عملية التقويم عند توصيلة النجم ، من الضرورى إيجاد بعض الوسائل لإحداث عملية التعادل فى الضغط (Pressure Equalization) خلال الضاغط قبل التقويم . ويوصى أيضا برفع حمل الضاغط (Unloading) أثناء عملية التقويم .

ولتحاشى حدوث التذبذب الغير مرغوب فيه أو القفز (Jump) فى التيار الذى يحدث أثناء التغير من النجم إلى الدلتا ، فإنه يستعمل بادئ حركة ذى انتقال مقفول يشتمل على مفتاح توصيل (كونتاكتور) إضافى وثلاث مقاومات لجعل المحرك موصل بالتيار خلال هذه المقاومات أثناء فترة الانتقال . ونظرا لأن فترة الانتقال هى أقل من $\frac{1}{10}$ من الثانية ، فإن هذه المقاومات تكون صغيرة نسبيا . إن التقويم بالانتقال المقفول يوصى به لمنع حدوث الاندفاع الكبير فى التيار الغير مرغوب فيه والرسم المبسط رقم (٢ – ٢٠) بين دائرة بادئ حركة نجم – دلتا ذى انتقال مقفول (Closed Transition)

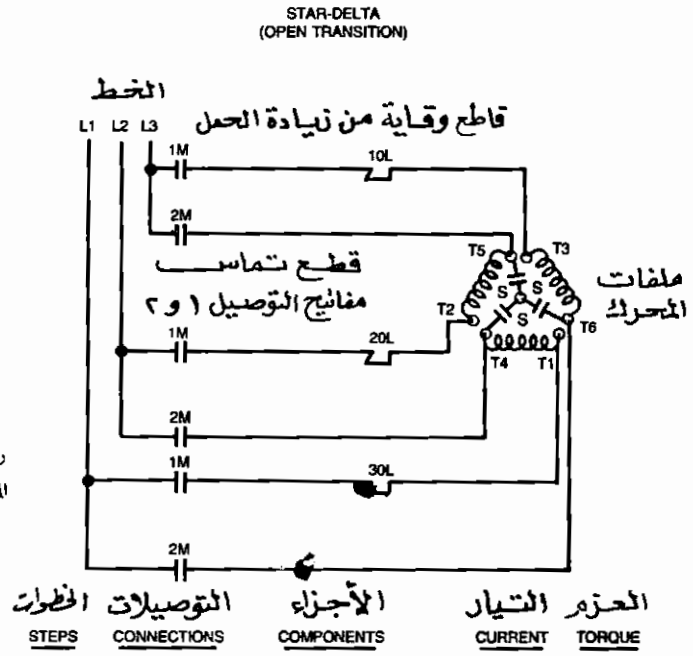


رسم رقم (٢ – ٢٠)
الدائرة المبسطة لبادئ حركة نجم – دلتا ذى إنتقال مقفول

وموضح به الأجزاء المختلفة التى تتركب منها هذه الدائرة . والرسم رقم (٢ – ٢١) يبين رسما مبسطا لدائرة نموذجية للتقويم بطريقة النجم – دلتا ذات انتقال مفتوح (Open Transition) حيث تقوم وحدة إرشاد (Pilot Device) بقفل مفتاح التوصيل الأساسى (1M) ومفتاح النجم (S) حيث تعمل على توصيل ملفات المحرك بالخط بشكل نجم (مثل حرف Y) وبعد فترة محددة من الزمن يفتح مفتاح النجم (S) ولكن يظل مفتاح التوصيل الأساسى (1M) مقفولا . وهذه هى فترة الإنتقال المفتوح القصيرة (دورات قليلة) وبعدها يقفل مفتاح التوصيل (2M) ويوصل المحرك بالخط بشكل دلتا خلال الخط .

التقويم باستعمال بادئ الحركة المحول الأوتوماتيكى :

إن بادئ الحركة من نوع المحول الأوتوماتيكى (Autotransformer) يعمل على تخفيض الفولت بين أطراف المحرك خلال التقويم وفترة زيادة السرعة بتوصيل المحرك أولا بأطراف بالمحول ، وبعد فترة

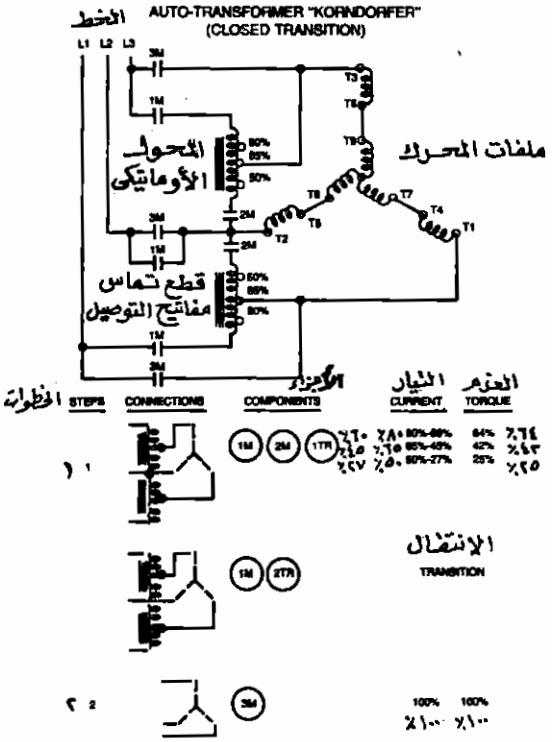


رسم رقم (٢ – ٢١) . الدائرة المبسطة للتقويم بطريقة النجم – دلتا

تأخير زمنية تحول توصيلات المحرك بالخط . ونظرا لفولت التقويم الأقل ، فإن المحرك يسحب تيارا أقل ويعطى عزما أقل عما إذا كان موصلا بالخط مباشرة .

وبسبب عمل المحول ، فإن التيار فى ملفات المحرك يكون حقيقة أكبر من تيار الخط بنسبة تعادل نسبة التحول ، وذلك بعد السماح بتيار تغذية المحول الأوتوماتيكى. وينتج عن ذلك الحصول على طريقة تنظيم مرنة جدا ، نظرا لإمكان تحديد تيار الاندفاع (التقويم) بدرجة كبيرة حسب المطلوب ، بينما يكون عزم التقويم لكل أمبير من تيار الخط هو أقصى ما يمكن الحصول عليه من أى بادئ حركة فولت مخفض .

إن بادئ الحركة المحول الأوتوماتيكى يعتبر من أكثر أنواع بادئ الحركة الفولت المخفض تعقيدا ، كما أنه أغلاها سعرا ، ولكن إذا احتاج الأمر إلى عزم تقويم مرتفع فإن هذا النوع يعتبر الوحيد المناسب لهذا العمل .



رسم رقم (٢ – ٢٢) – الدائرة المبسطة للتقويم بطريقة بادئ الحركة المحول الأوتوماتيكى .

وتجهز الأطراف فى المحول الأوتوماتيكى لمراحل مختلفة من تخفيض الفولت ، حيث يمكن الحصول عادة على تخفيض ٨٠٪ و٦٥٪ من فولت الخط الكامل فى معظم أنواع هذه المحولات .

ويوصى بدائرة الانتقال المقفول لمنع حدوث التيار الوقتى العالى من الانتقال من حالات (التقويم) إلى (الدوران) .

هذا والرسم رقم (٢ – ٢٢) يبين رسما مبسطا لدائرة نموذجية للتقويم بطريقة بادئ الحركة المحول الأوتوماتيكى ذات انتقال مقفول .

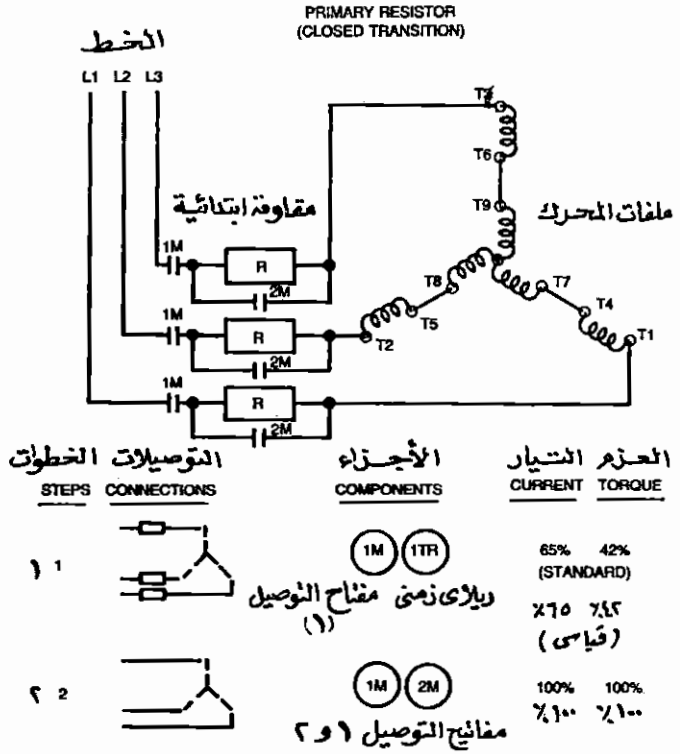
بادئ الحركة ذى المقاومة الإبتدائية :

فى كثير من الأوجه يتشابه بادئ الحركة ذى المقاومة الابتدائية(Primary Resistor Starter) مع بادئ الحركة المحول الأوتوماتيكى ويوصل المحرك بتيار الخط خلال مقاومات كبيرة أثناء خطوة التقويم المبدئية ، وذلك من أجل تخفيض الفولت مع ملفات المحرك . وبعد تأخير زمنى ، تقصر المقاومات خارج الدائرة ويوصل الضاغط بالخط مباشرة . وعلى العموم ، نظرا لأن عزم التقويم يعتبر نسبيا لمربع فولت المحرك ، فإن عزم التقويم يهبط بسرعة عند تخفيض فولت المحرك . وتعمل المقاومات على منع التيار الشديد ، وتتيح زيادة سرعة تدريجية للمحرك عند عملية التقويم ، نظرا لأن الهبوط فى الفولت بين المقاومات يقل عندما يصل المحرك إلى سرعة دورانه العادية ، ويقل كذلك تيار التقويم المندفع .

هذا والرسم رقم (٢ – ٢٣) يبين رسما مبسطا لدائرة نموذجية للتقويم بطريقة بادئ الحركة ذى المقاومة الابتدائية ذات انتقال مقفول .

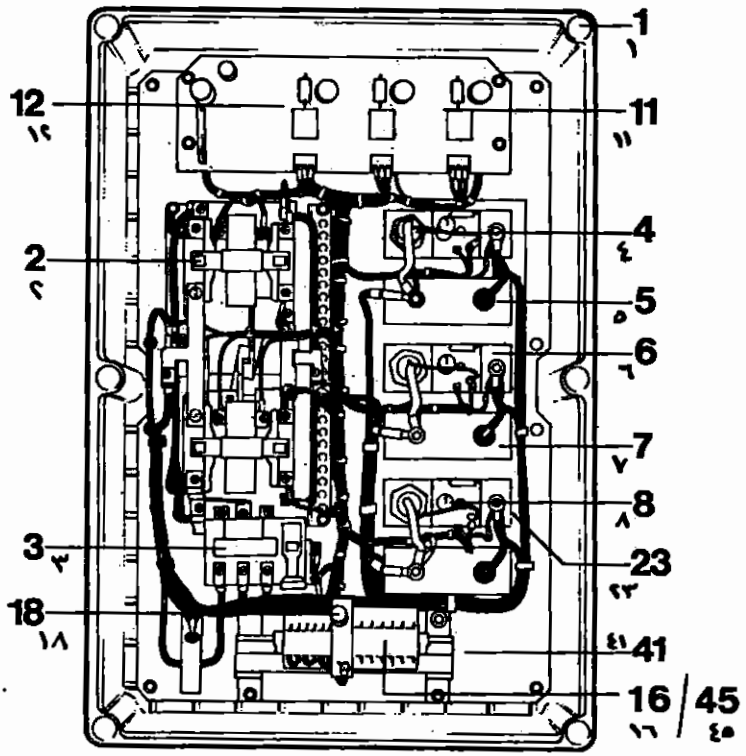
بادئ الحركة من نوع الحالة الجامدة :

ابتدأت تظهر فى الأيام الأخيرة أنواع حديثة من بادئ الحركة للمحركات الاستنتاجية الثلاثية الأوجه من نوع الحالة الجامدة (Solid State Starters) تصلح لتقويم المحركات التى قوتها حتى ٢٥ حصانا أو أكثر. وتتركب عادة من الأجزاء المختلفة المبينة فى الرسم رقم (٢ – ٢٤) . والرسم رقم (٢ – ٢٥) يبين الدائرة الكهربائية المبسطة لهذا النوع من بادئ الحركة وطريقة توصيله مع محرك استنتاجى ثلاثى الأوجه . ومن هذا الرسم نرى أن دوائر إشعال وجه من نوع الموحدات المنظمة السيليكونية (Phase Fired Thyristor Circuits) تستعمل مع دوائر زمنية لزيادة الفولت بالتدريج المعطى للمحرك . ونسبة الزيادة فى الفولت يتم تحديدها وتنظيم أوتوماتيكيا بدائرة تغذية عكسية (Feedback Circuit) من دائرة تحس بالتيار للتأكد من أن أقصى مقدار للتيار أثناء التقويم لن يزيد عن المقدار المحدد . هذا ويمكن ضبط فولت تقويم المحرك إلى مدة أقصاها ٣٠ ثانية .



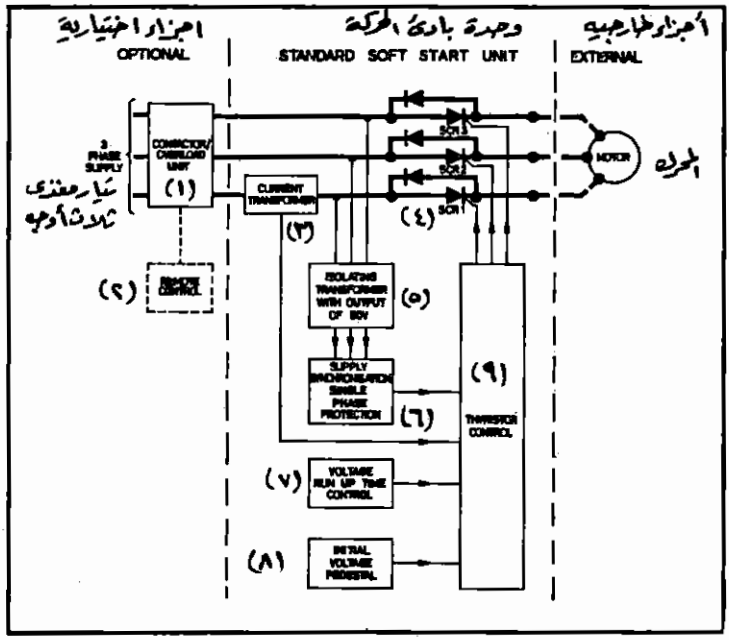
رسم رقم (٢ – ٢٣) – الدائرة المبسطة للتقويم بطريقة بادئ الحركة ذى المقاومة الابتدائية.

وهذا النوع من بادىء الحركة يصلح للاستعمال مع المحركات التى ملفات العضو الثابت بها تكون موصلة إما على طريقة النجم أو الدلتا . كما أنه يتيح عملية تقويم منظمة ومرنة للمحرك ، ويعمل على وقايته من التشغيل بدون وجه (Single Phasing) كما أنه يحتاج إلى صيانة بسيطة جدا . ولهذا من غير المستبعد أو يمكن إن نقول أنه سينتشر استعماله بشكل عام فى الأيام القليلة القادمة .



رسم رقم (٢ – ٢٤) – الأجزاء المختلفة التى يتركب منها بادئ الحركة من نوع الحالة الجامدة :

١ – علبة بادئ الحركة
٢ – مفتاح توصيل
٣ – قاطع وقاية من زيادة الحمل
٤ – موحد منظم (ثايرستور) سيليكونى أساسى .
٥ – ثنائيات (دايود)
٦ – مشع للحرارة للثايرستور
٧ – مشع للحرارة للدايود
١١ – محول
١٢ – لوحة منطقية (Logic)
١٨ – مصهر التنظيم .
١٦ أو ٤٥ – أطراف النهايات



رسم رقم (٢ – ٢٥) – الدائرة الكهربائية المبسطة لبادئ حركة من نوع الحالة الجامدة .

١ – وحدة مفتاح التوصيل (كونتاكتور) وقاطع الوقاية من زيادة الحمل
٢ – منظم يركب بعيدا عن بادئ الحركة .
٣ – محول تيار
٤ – موحدات منظمة سيليكونية .
٥ – محول عزل يخرج ٥٠ فولت
٦ – وقاية التغذية التوافقية وجه واحد
٧ – منظم فولت التقويم
٨ – قاعدة الفولت الابتدائى
٩ – منظم الموحدات المنظمة السيليكونية

أجهزة وقاية المحرك

نظرا لأن محركات الضواغط المحكمة القفل تتحمل تغيرات كبيرة فى الحمل لفترات طويلة ، لهذا يجب أن تجهز بأجهزة وقاية دقيقة لحماية المحرك فى حالة وجود زيادة حمل . إن ملفات المسخنات المركبة ببادئ الحركة العادى لا تفصل بالسرعة الكافية لحماية المحرك عند حالات بدء التقويم

(Locked Rotor Conditions)ولو أنه قد تم تصنيع ملفات مسخنات للفصل السريع لإعطاء استجابة أسرع ، إلا أن تأثرها بتغيرات درجات الحرارة المحيطة جعلها غير مناسبة للاستعمال فى هذا الميدان ، لذلك تم تصنيع أجهزة وقاية خاصة لمحركات ضواغط التبريد .

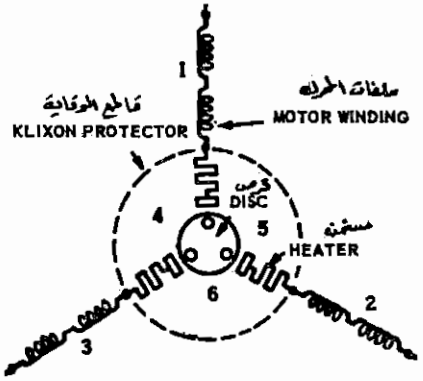
وفى حالة ما يفشل الضاغط فى القيام ، وعندما يفتح قاطع الوقاية الداخلى أو الترموستات المركب بمحرك الضاغط ويفصل المحرك ، فإنه عادة يقفل مرة أخرى بسرعة (Reset) بعد الفتح الأول . وعندما تتكرر عملية فتح وقفل قاطع الوقاية هذا خلال فترة قصيرة ، وخاصة عندما يكون المحرك ساخنا بدرجة كبيرة بسبب التشغيل عند حالات الحمل الزائد ، فإن درجة حرارة المحرك ترتفع إلى نقطة تزيد عن خبط القاطع ، وتحتاج فى مثل هذه الحالة إلى فترة تتراوح ما بين ٢٠ دقيقة وساعة لجعل الضاغط يبرد بدرجة كافية حتى يقفل القاطع . وعندما تحدث هذه الحالة وعلى الأخص بالنسبة للقواطع الداخلية المحكمة القفل(Internally Sealed Protectors) ، فإن كثيرا من فنيى الخدمة يتصورون أن المحرك قد حدث به تلف وأصبح لا يعمل ، ولكن فى الحقيقة فإن قاطع الوقاية فى هذا المحرك كان يؤدى عمله بنجاح . وعندما نقوم بفحص الضاغط ونجد أنه ساخن جدا ولا يعمل ، يجب أن نسمح بمضى ساعة على الأقل حتى يبرد محركه ، ونعيد الفحص بعد مضى الفترة اللازمة حتى يبرد الضاغط ، وذلك قبل تغييره بآخر جديد .

إن قواطع وقاية المحرك إما أن تكون من النوع الذى يقطع الخط (Line Break) أو من النوع ذى دائرة المرشد (Pilot Circuit) . إن قاطع الوقاية الذى يقطع الخط يشتمل على قطع تماس (كونتاكت) تعمل على فتح الخط مباشرة عندما يفصل القاطع ، أما قاطع وقاية دائرة المرشد فإنه يفصل المحرك عن الخط بطريقة غير مباشرة ، وذلك بفتح دائرة ملف مفتاح التوصيل (كونتاكتور) ، نظرا لأن الضاغط يكون معرضا للتلف فى حالة ما تقفش أو تلحم قطع تماس مفتاح التوصيل أو بادئ الحركة ، حتى ولو كانت دائرة القاطع المرشد تكون قد فتحت .

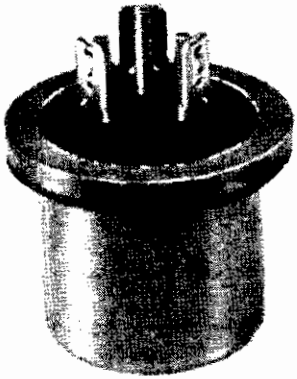
قواطع الوقاية الداخلية التى تقطع الخط :

إن قواطع الوقاية الداخلية التى تقطع الخط (Internal Line Break Protectors) هى أجهزة تقوم بحمل تيار الحمل الكامل للمحرك وتتأثر بكل من التيار و/أو درجة الحرارة ، حيث تقطع تيار الخط عندما يزداد عن حدود الأمان .

وبالنسبة لمحركات الثلاثة أوجه يوصل القاطع الداخلى فى منتصف ملفات المحرك الموصلة بشكل نجم (WYe) كما هو مبين فى الرسم المبسط رقم (٢ – ٢٦) ، هذا ويركب هذا القاطع الذى يظهر شكله الخارجى فى الرسم رقم (٢ – ٢٧) ، داخل حيز فى ملفات المحرك ، ولا توجد به وصلات



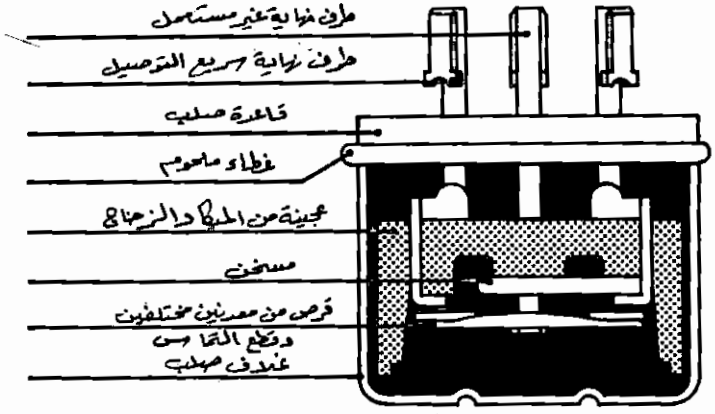
رسم رقم (٢ – ٢٦) – قاطع وقاية داخلى موصل فى منتصف ملفات المحرك الموصلة بشكل نجم .



رسم رقم (٢ – ٢٧) – شكل قاطع الوقاية الداخلى الذى يقطع الخط .

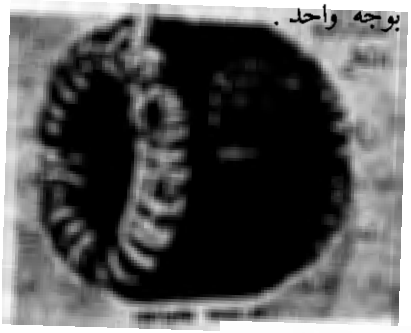
أطراف خارجية . ونظرا لموقع تركيبه بالنسبة لملفات المحرك ، فإنه يكون حساسا لكل من درجة حرارتها وكذلك بالنسبة للتيار المار بها . وعندما يفتح القاطع فانه يفصل جميع ثلاثة أوجه ملفات المحرك . ونظرا لأن هذا القاطع يكون موصلا بالخط ويقوم بالوقاية من زيادة التيار وحالات التقويم ، فإنه يمكن استعمال مفتاح توصيل (كونتاكتور) مع المحرك بدلا من بادئ الحركة .

إن قواطع الوقاية الداخلية تعتبر الآن من أحسن وسائل الوقاية التى تستعمل مع محركات الضواغط المحكمة القفل والنصف محكمة القفل ، ولكن نظرا لكبر حجم جهاز الوقاية المطلوب للمحركات الكبيرة ، وكذلك لأن استعمالها محدود بالنسبة للمحركات التى تعمل عند فولت واحد ، فإن استعمالها محدود الآن بالنسبة للمحركات التى قوتها ٧ أحصنة وأصغر من ذلك .

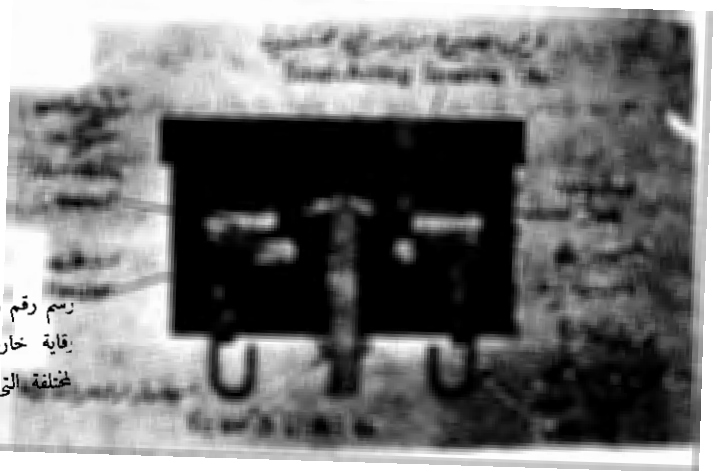


رسم رقم (٢ – ٢٨) – الأجزاء التى يتركب منها قاطع الوقاية الداخلى لمحركات الوجه الواحد .

وتتركب عادة قواطع الوقاية الداخلية لحركات الوجه الواحد كما هو مبين بالرسم رقم (٢ – ٢٨) من قطع تماس (كونتاكت) مركبة على قرص مصنوع من معدنين مختلفين (Bimetal Disc) ، وهذا القرص حساسا لكل من التيار المار خلال القاطع والحرارة التى تتولد من ملفات المحرك . إن هذه القواطع تحمل وتفصل أيضا تيار الحط الكامل بنفس طريقة قواطع الثلاث أوجه ، ولقد أثبتت أيضا هى الأخرى النجاح التام فى عملها . والرسم رقم (٢ – ٢٩) يبين مكان تركيب هذا النوع من القواطع داخل ملفات محرك الضواغط المحكمة القفل التى تعمل بوجه واحد .



رسم رقم (٢ – ٢٩) – مكان تركيب قاطع الوقاية داخل محرك الضاغط المحكم القفل الذى يعمل بوجه واحد .



رسم رقم (٢ – ٣٠) قطاع فى قاطع وقاية خارجى ، وتظهر به الأجزاء المختلفة التى يتركب منها .

قواطع الوقاية الخارجية :

إن قواطع الوقاية الخارجية (External Protectors) تشابه فى تركيبها وطريقة عملها قواطع الوقاية الداخلية ، ولكن القواطع الخارجية تركب خارج جسم الضاغط وتحس بتيار المحرك ودرجة حرارة جسم الضاغط نفسه بدلا من درجة حرارة ملفات المحرك . ونظرا لأن القاطع الخارجى غير معرض لضغوط مركبات التبريد ، فإن جسمه لا يكون محكم القفل كما هو الحال بالنسبة للقاطع الداخلى . والرسم رقم (٢ – ٣٠) يبين قطاعا فى قاطع وقاية خارجى والأجزاء التى يتركب منها .

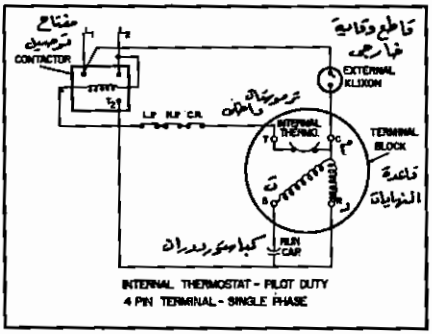
رسم رقم (٢ – ٣١) – ترموستات الوقاية الداخلى والأجزاء التى يتركب منها .

ترموستات الوقاية الداخلى :

بالنسبة لبعض محركات الضواغط ، وعلى الأخص الكبيرة الحجم منها ، حيث لا يمكن استعمال قواطع الوقاية السابق ذكرها بها ، فإنه يركب داخل ملفاتها ترموستات وقاية (Internal Thermostat) يظهر تركيبه فى الرسم رقم (٢ – ٣١) . وهذا النوع من الترموستات يعمل فى دائرة المرشد فقط ، ويتأثر فقط بحرارة ملفات المحرك . فعندما ترتفع درجة حرارة هذه الملفات بشكل غير عادى ، فإن هذا الترموستات يفتح دائرة المرشد وبذلك يوقف دوران الضاغط ، وهذه الترموستات لا يمكن تغييرها فى أماكن تركيبها ، ويتم وقايتها بواسطة مصهرات من التيار الزائد الذى قد يتواجد بدائرة التنظيم .

ونظرا لأن الارتفاع فى درجة حرارة ملفات المحرك أثناء فترة قيام الضاغط يكون سريعا وغير منتظما ، فإن هذا الترموستات يتأخر فى عمله ولذلك يلزم تركيب قاطع وقاية من زيادة الحمل خارجى إضافى (External Current Overload) يظهر تركيبه فى الرسم رقم (٢ – ٣٢) بدائرة المحرك كما هو مبين فى الرسم المبسط رقم (٢ –٣٣) ، وذلك لوقاية محرك الضاغط من حالات زيادة التيار عند التقويم .

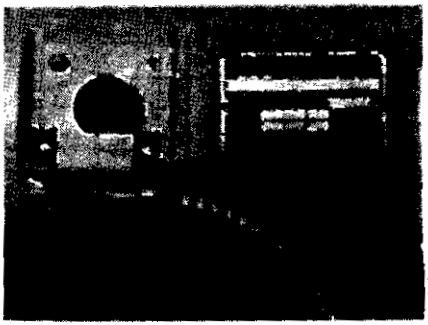
رسم رقم (٢ – ٣٢) . قاطع الوقاية من زيادة الحمل الإضافى الخارجى والأجزاء التى يتركب منها .



رسم رقم (٢ – ٣٣) . الدائرة الكهربائية المبسطة التى تشتمل على ترموستات وقاية داخلى وقاطع وقاية إضافى خارجى لوقاية محرك الضاغط من زيادة التيار عند التقويم .

ترموستات الوقاية الخارجى :

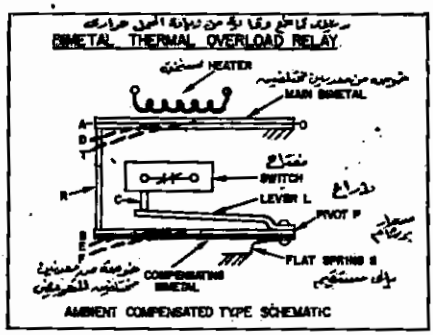
فى بعض أنواع الضواغط النصف محكمة القفل من الطرازات القديمة كانت تربط ترموستات وقاية ناحية جسم المحرك الخارجى بها كما هو مبين بالرسم رقم (٢ – ٣٤) ، وذلك لتحس مباشرة بدرجة حرارة هذا المحرك . وهذا الترموستات يعتبر جهاز وقاية فى دائرة المرشد ، وهو يشابه ترموستات الوقاية الداخلى فى طريقة عمله ، إلا أن درجة حساسيته منخفضة ، وتبعا لذلك فإن قدرته على وقاية المحرك ليست جيدة كترموستات الوقاية الداخلى ، مما أدى إلى عدم استعماله لوقاية هذه المحركات فى الوقت الحاضر .



رسم رقم (٢ – ٣٤) . ترموستات الوقاية الخارجى مثبت فى جسم ضاغط نصف محكم القفل .

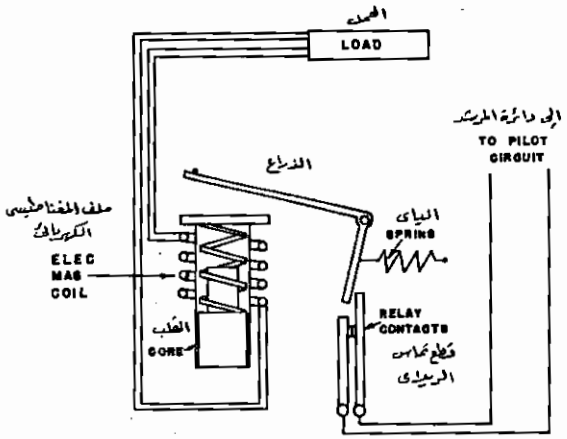
القواطع التى تتأثر بالتيار :

تستعمل قواطع الوقاية الخارجية مع ترموستات الوقاية الداخلية لحماية المحرك أثناء تقويمه . وهذه القواطع إما إن تكون من النوع الحرارى (Thermal) كالتى يظهر طريقة عملها فى الرسم المبسط رقم (٢ – ٣٥) أو من النوع الكهرومغناطيسى (Electromagnetic) المنتشر استعمال النوع التجارى منه



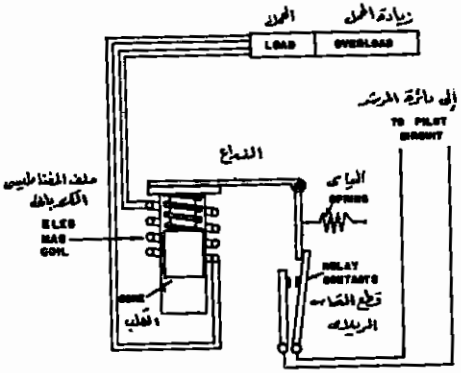
رسم رقم (٢ – ٣٥) . طريقة عمل قاطع الوقاية الخارجى الذى يتأثر بالتيار من النوع الحرارى .

المعروف باسم (هاينمان – Heinemann) والذى يوضح طريقة عملة الرسم رقم (٢ – ٣٦) عند حالات التشغيل العادية ، حيث نرى أن الياى المركب به يحافظ على جعل القلب الحديدى المتحرك عند قاع أنبوبة محكمة القفل غير مغناطيسية مملوءة بسائل سيليكونى ذى كثافة ثابتة . وعندما يكون التيار

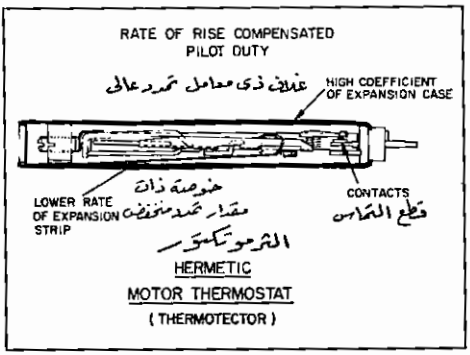


رسم رقم (٢ – ٣٦) . طريقة عمل قاطع الوقاية الخارجى الذى يتأثر بالتيار من النوع الكهرومغناطيسى والمعروف تجاريا باسم (هاينمان) وذلك عند حالة التشغيل العادية .

المار خلال الملف كبيرا بدرجة كافية (عند زيادة الحمل) فإنه يسحب القلب المتحرك إلى أعلى الأنبوبة ، ويصبح الجذب المغناطيسى كافيا لشد ذراع القاع ناحية وجه القطب كما هو مبين بالرسم رقم (٢ – ٣٧) ويفتح دائرة ريلاى إعادة التشغيل الموصلة بدائرة المرشد .



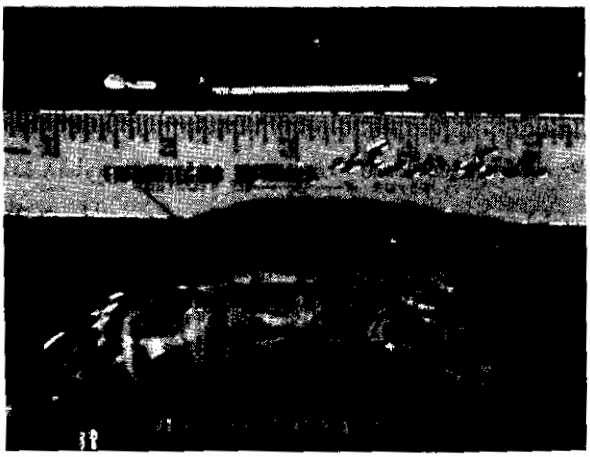
رسم رقم (٢ – ٣٧) . طريقة عمل قاطع الوقاية الخارجي الذى يتأثر بالتيار من النوع الكهرومغناطيسى والمعروف تجاريا باسم (هاينان) وذلك عند حالة زيادة الحمل .



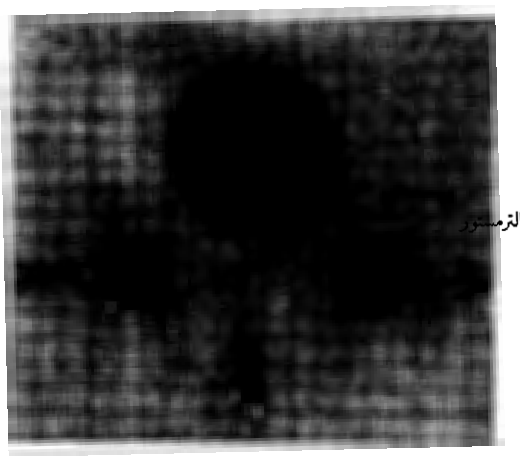
رسم رقم (٢ – ٣٨) . قطاع فى الترموستات الذى يركب داخل ملفات المحرك السريع التأثر من نوع (الثرموتكتور) والأجزاء التى يتركب منها .

الثرموتكتور :

إن الثرموتكتور (Thermotector) الذى يظهر تركيبه فى الرسم رقم (٢ – ٣٨) ، هو عبارة عن ترموستات سريع التأثر يركب داخل ملفات المحرك كما هو مبين فى الرسم رقم (٢ – ٣٩) حيث يحس بدرجة حرارة المحرك . إن قدرة حمله للتيار تحدد استعماله لوقاية دائرة المرشد فقط ، ولكن نظرا لسرعة استجابته ، فإنه يعطى وقاية ضد ارتفاع الحرارة الغير عادى عند حالات تقويم المحرك وكذلك أثناء دورانه . هذا ويمكن استعماله مع مفتاح التوصيل (كونتاكتور) وبدون استعمال قاطع وقاية خارجى يتأثر بالتيار مما يتيح لنا استعمال دائرة تنظيم مبسطة .



رسم رقم (٢ – ٣٩) . مكان تركيب الترموستات من نوع (الثرموتكتور) داخل ملفات المحرك .



رسم رقم (٢ – ٤٠) . شكل وحجم الأنواع من الترمستور المستعملة لوقاية المحركات الكهربائية .

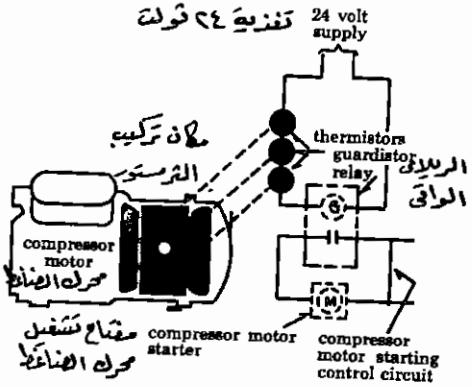
قواطع الوقاية من نوع الحالة الجامدة :

تستعمل الآن أجهزة إلكترونية حديثة من نوع الحالة الجامدة (Electronic Solid State Devices) لإعطاء وقاية أكثر دقة للمحركات عما تعطيه قواطع الوقاية من زيادة الحمل العادية الحرارية أو المغناطيسية السابق ذكرها . وتعتمد معظم هذه الأجهزة الحديثة على جزء حساس من نوع الجوامد يعرف بالثرمستور (Therimistor) تتغير مقاومته بتغير حرارة المحرك . وهذا التغير فى المقاومة عندما يتم تكبيره (Amplified) بواسطة جهاز آخر من نوع الحالة الجامدة (فى الأنواع الحديثة من أجهزة الوقاية) فإنه يعمل على توصيل أو فصل دائرة المرشد . وهذه الثرمستور من أهم مزاياها أنها صغيرة الحجم كما هو مبين بالرسم رقم (٢ – ٤٠) الذى يظهر شكل وحجم بعض الأنواع منها المستعملة لوقاية المحركات الكهربائية ، حيث يمكن وضعها بسهولة داخل ملفات المحرك قبل تشبيعها بالورنيش العازل . وهى تتأثر بسرعة أكثر للتغيرات الفجائية فى درجة حرارة ملفات المحرك عن قواطع الوقاية الكبيرة الحجم التى تصنع من معدنين مختلفين . وعادة يصنع الثرمستور الذى يستعمل لوقاية المحركات من مادة (الباريوم تيتانيت – (Barium Titanate) مع معدل خاص ، حيث تعطى زيادة مفاجئة فى المقاومة عند درجة حرارة محددة . والرسم رقم (٢ – ٤١) يبين طريقة تركيب الثرمستور بين ملفات المحرك ، هذا وقبل إدخال هذا الثرمستور بين هذه الملفات يوضع أولا داخل غلاف من (شرائح البولى إستر – (Polyester Film كما هو مبين فى الرسم . هذا ولإعطاء الوقاية اللازمة لمحرك الثلاثة أوجه من التشغيل بدون وجه واحد (Single Phasing) ، فإنه تركب داخل ملفات المحرك ثلاثة ثرمستورات توصل بالتوالى ، أما لوقاية محرك الوجه الواحد فتستعمل ثرمستورا واحد .

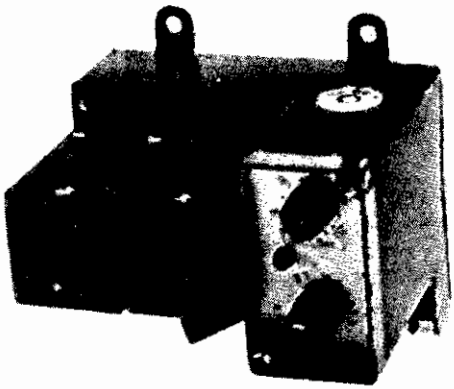
رسم رقم (٢ – ٤١) . طريقة تركيب الترمستور بين ملفات المحرك ، ويلاحظ أنه موضوع داخل شرائح من البولبستر .

هذا والرسم رقم (٢ – ٤٢) يوضح لنا كيف يعمل الثرمستور (التى تركب داخل ملفات كل وجه من أوجه ملفات المحرك الثلاثة) على وقاية ملفات المحرك من التلف بسبب الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة . فعند درجة حرارة التشغيل العادية تكون مقاومة الثرمستور منخفضة جدا ، بحيث تسمح بمرور التيار للمحافظة على تغذية الريلاى الواقى (Guardistor Relay) . ولكن عند أية زيادة فى درجة حرارة هذه الملفات عن الدرجة الحرجة ، فإن هذه الزيادة تعمل على تغيير مقاومة الثرمستور بسرعة مما يؤدى إلى تخفيض مقدار سريان التيار ويتسبب عن ذلك فتح قطع تماس (كونتاكت) الريلاى الواقى عند أقصى درجة حرارة مسموح بها لملفات المحرك . وفتح قطع تماس الريلاى هذه يؤثر على دائرة مفتاح تنظيم تشغيل محرك الضاغط وتمنع بذلك الضاغط عن الدوران .

وبعد أن تبرد الثرمستور إلى أقل من الدرجة الحرجة فإنها تسمح مرة أخرى بسريان مقدار كاف من التيار لتغذية الريلاى الواقى الذى بدوره يعمل على إعادة تشغيل محرك الضاغط . هذا وتركب فى

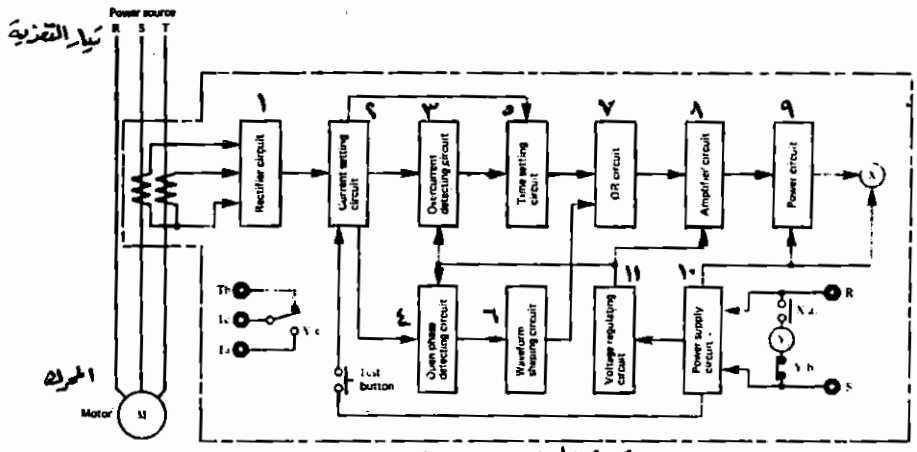


رسم رقم (٢ – ٤٢) . الدائرة المبسطة التى توضح طريقة عمل الترمستور لوقاية ملفات المحرك .



رسم رقم (٢ – ٤٣) . شكل أحدث نوع من ريلاى وقاية المحرك من زيادة الحمل ، من نوع الحالة الجامدة .

لوحات التشغيل الآن أنواع حديثة أيضا من ريلاى الحالة الجامدة لوقاية المحرك من زيادة الحمل (Solid State Motor Protection Relay) والتشغيل بدون وجه واحد (Single Phasing) وهى تستعمل فى الحالات التى يحتاج فيها المحرك إلى وقاية أكثر من التى تقدمها له قواطع الوقاية من زيادة الحمل العادية الحرارية أو المغناطيسية ، حيث يفصل أيضا هذا النوع من القواطع الحديثة عند حالات التشغيل بدون وجه واحد خلال مدة تبلغ ثلاث ثوان تقريبا ، وذلك بغض النظر عن الحمل . والرسم رقم (٢ – ٤٣) يبين شكل هذا النوع من ريلاى الوقاية ، بينما الرسم رقم (٢ – ٤٤) يبين الدائرة المبسطة لهذا الريلاى وطريقة توصيله مع المحرك المراد وقايته . فعند حدوث حالة زيادة الحمل ، فإن تيار الدخل يوحد ، ويضبط إلى قيمة مناسبة بواسطة دائرة ضبط التيار ، وبعد ذلك يغذى إلى دائرة اكتشاف التيار الزائد . وفى حالة ما يزيد الدخل عن القيمة المحددة ، فإن دائرة ضبط الوقت تعمل ، وعمل هذه الدائرة له خواص التأخير الزمنى العكسى . وعندما يصل وقت التشغيل دائرة OR ، فإن دائرة التكبير ودائرة القوة تعملان على فتح قطع تماس (كونتاكت) الخرج .



ريلاى وقاية المحرك من نوع الحالة الجامدة

رسم رقم (٢ – ٤٤) . الأجزاء المختلفة التى يتركب منها ريلاى وقاية المحرك من نوع الحالة الجامدة :

١ – دائرة الموحد
٢ – دائرة ضبط التيار
٣ – دائرة اكتشاف التيار الزائد
٤ – دائرة اكتشاف الوجه المفتوح
٥ – دائرة ضبط الوقت
٦ – دائرة تشكيل الموجه
٧ – دائرة OR
٨ – دائرة التكبير
٩ – دائرة القوة
١٠– دائرة القوة المغذية
١١– دائرة تنظيم الفولت .

أما فى حالة التشغيل بدون وجه واحد ، أى عندما تفتح أحد الأوجه ، فإن تيار الموجه الموحد الذى يؤخذ من المحول تكون له موجات أكبر من ذى قبل ، حيث تكتشف بواسطة دائرة كشف الوجه المفتوح ، وتمر خلال دائرة تشكيل الموجه ، وبعد ذلك إلى دائرة OR الخ . حيث تعمل على فتح قطع تماس (كونتاكت) الخرج .

المصهرات وقواطع الدائرة الكهربائية

المصهرات

تعتبر المصهرات (Fuses) من أبسط الأجهزة الشائعة الاستعمال للوقاية من زيادة التيار المار بالدائرة الكهربائية ، وهى عادة تشتمل على قطعة قصيرة من سلك أو شريط سبيكة معدنية خاصة تكون مركبة بالتوالى فى الدائرة لمنع حدوث قصر بهذه الدائرة . وهذه القطعة من السلك أو الشريط التى يحتويها المصهر لها نقطة انصهار منخفضة وحجمها يحدد سعة حملها للتيار . إنها تحمل بأمان الأمبير المقرر ولكنها تنصهر أو (تحترق) إذا زاد التيار المار بها عن المقرر خلال فترة قصيرة من الزمن . هذا وبوجه عام يوجد نوعان من هذه المصهرات :

طراز الطبة :

والمصهرات من نوع الطبة (Plug Fuses) التى يظهر شكلها وتركيبها فى الرسم رقم (٢ – ٤٥) تستعمل عادة فى الدوائر الكهربائية الخاصة بأماكن الإقامة . وأقصى حجم لها هو ٣٠ أمبيرا .

رسم رقم (٢ – ٤٥) – الأشكال المختلفة من نوع المصهرات الطبة .

طراز الخرطوشة :

والمصهرات من نوع الخرطوشة (Cartridge Fuses) التى يظهر شكلها وتركيبها فى الرسم رقم

(٢ – ٤٦) تستعمل أيضاً فى الدوائر الكهربائية الخاصة بأماكن الإقامة التى يمر بها تيار أكثر من ٣٠ أمبيرا ، وكذلك فى الدوائر الكهربائية الخاصة بالأماكن التجارية والصناعية . هذا والمصهرات الإسطوانية من هذا النوع (Ferrule Fuses) تستعمل حتى ٦٠ أمبيرا ، أما النوع ذى أسلحة السكينة (Knife Blade Fuses) كالظاهرة فى الرسم فتستعمل لأكثر من ٦٠ أمبيرا . وأحياناً تستعمل المصهرات الأسطوانية الصغيرة جدًّا فى وقاية دوائر منظمات الأجهزة المختلفة .

رسم رقم (٢ – ٤٦) . الأشكال المختلفة من نوع المصهرات الخرطوشة .

والمصهرات الخرطوشية كما هو ظاهر بالرسم إما أن تكون من النوع الذى يمكن إعادة تركيب تشعيره له بدلاً من التشعيرة التى تكون قد انصهرت بداخله أو من النوع الذى لا يمكن إعادة تغيير هذه التشعيرة المركبة بالمرة بعد حدوث انصهار بها . هذا وفى بعض الأحيان يكون من الضرورى أن تحتاج إلى تحمل تيار زيادة الحمل لفترة قصيرة ، مثل ما يحدث مثلاً عند تقويم المحرك . وهذه الفترة القصيرة من زيادة الحمل عادة لا تعمل على زيادة درجة حرارة أو تعرض الموصلات أو الأجهزة للتلف ، ولكنها تعمل على جعل المصهر المركب فى الدائره يحترق . وللتغلب على هذه الحالة تستعمل مصهرات لها تأخير زمنى (Time Delay Fuses) ، ويجب ان يستعمل هذا النوع من المصهرات دائماً إذا كان حمل الدائرة محركاً كهربائياً ، إذ أنها تسمح للمحرك بأن يسحب تياراً عالياً (من ٣ إلى ٦ مرات تيار الحمل الكامل) عند التقويم وبدون أن تحترق .

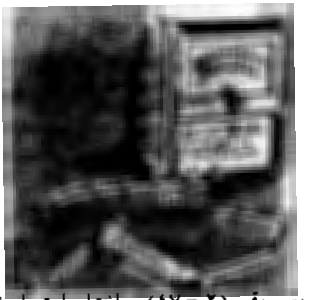
وباستعمال الطراز (S) من المصهرات المعروفة باسم (فيوزتات – Fustat) كالظاهرة أيضاً بالرسم فإنه يمكن عدم استخدام المصهرات التى سعة أمبيرها كبيرة لعلاج حالة زيادة الحمل .

فحص المصهرات :

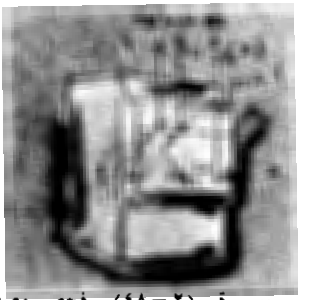
تعتبر المصهرات هى الأجزاء الأولى التى يلزم فحصها عندما تتوقف وحدة أو جهاز عن العمل . ويمكن أن يتم ذلك بعدة طرق . وبوجه عام يلزم دائماً فتح مفتاح الفصل . ويجرى بعد ذلك فحص المصهرات من نوع الطبة بالنظر خلال النوافذ الموجودة بها لفحص حالة التشعيرة المنصهرة

(Fusible Link) المركبة تحت هذه النوافذ . وعندما يكون جهاز أوهميتر متاحاً ، يمكن رفع كل مصهر من الدائرة ويختبر استمرار توصيله (Continuity) بالجهاز كما هو مبين بالرسم رقم (٢-٤٧) . فإذا سجل الجهاز قصر خلال المصهر ، فإن ذلك يدل على أنه بحالة جيدة .

هذا وتستعمل الطريقة الآتية أيضاً لفحص المصهر عندما تكون الدائرة المركب بها مغذاة بالتيار ، وذلك باستعمال جهاز فولتميتر موصل به أسلاك معزولة :



رسم رقم (٢-٤٧) . اختبار استمرار توصيل المصهر باستعمال جهاز الأوهميتر .



رسم رقم (٢-٤٨) . فحص مصهرات دائرة الوجه الواحد ، باستعمال جهاز الفولتميتر .

قم بقطع التيار ، وقم برفع الأسلاك من ناحية حمل المصهرات . ضع الفولتميتر على التدريج الصحيح . قم بتوصيل التيار وافحص فولت التغذية بين ا-ب وا-جـ وب-حـ كما هو مبين بالرسم (٢-٤٨) .

مثال - (تيار التغذية ٢٣٠ - ١ - ٥٠) .

ا-ب = ٢٣٠ فولت وا-حـ = ١١٥ فولت وب-حـ = ١١٥ فولت .

يوضع أحد طرفى سلك جهاز الفولتميتر على حـ وبتحريك طرف السلك الآخر إلى ا١ .

قراءة ا١ إلى حـ يجب أن تبقى ١١٥ فولت .

حرك طرف السلك من ا١ إلى ب١ .

قراءة ب١ إلى حـ يجب أن تبقى ١١٥ فولت .

وفى حالة عدم قراءة فولت ، فإن المصهر يكون محترقا ويلزم تغييره .

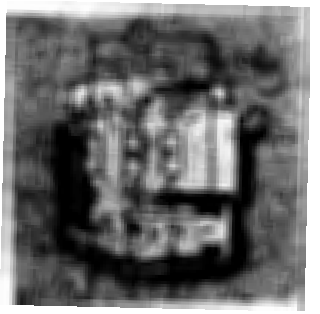
إذا كان الفولت كما يجب ، يفحص خلال ا١ إلى ب١ .

قراءة ا١ إلى ب١ يجب أن تكون ٢٣٠ فولت .

لفحص دائرة الثلاثة أوجه ، ثلاثة أسلاك يتبع الآتى :

قم بقطع التيار ، وقم برفع الأسلاك من ناحية حمل المصهرات . ضع الفولتميتر على التدريج الصحيح .

قم بتوصيل التيار وافحص فولت التغذية بين ا–ب وا–حـوب–حـ كما هو مبين بالرسم رقم (٢–٤٩).



رسم رقم (٢ – ٤٩) . فحص مصهرات دائرة الثلاثة أوجه ، ثلاثة أسلاك ، باستعمال جهاز الفولتميتر.

مثال – (تيار التغذية ٢٣٠–٣–٥٠) .

ا – ب = ٢٣٠ فولت وا–حـ = ٢٣٠ فولت وب–حـ = ٢٣٠ فولت .

ا – حـ$_{١}$ = ٢٣٠ فولت .

= لا يوجد فولت – المصهر حـ محترق .

حـ – ب$_{١}$ = ٢٣٠ فولت .

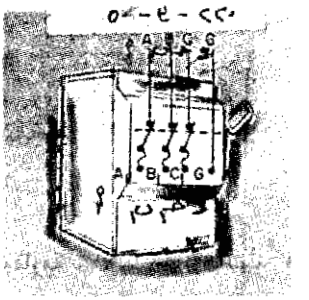
= لا يوجد فولت – المصهر ب محترق .

حـ – ا$_{١}$ = ٢٣٠ فولت .

= لا يوجد فولت – المصهر ا محترق .

لفحص مصهرات دائرة الثلاثة أوجه ، أربعة أسلاك يتبع الآتى :

تتبع نفس خطوات فحص مصهرات الدوائر السابق ذكرها ويرجع إلى الرسم رقم (٢–٥٠) ، وبالإضافة إلى ذلك يكون من الضرورى إثبات وجود أرضى بفحص فولت التغذية بين ا–ب و ا–حـ ، ب–حـ ، ا$_{١}$ – د و ب$_{١}$ – د و حـ$_{١}$ – د .



رسم رقم (٢ – ٥٠) . فحص مصهرات دائرة الثلاثة أوجه ، أربعة أسلاك ، باستعمال جهاز الفولتميتر.

إن القراءات خلال سلك الأرضى أو المحايد د يجب أن تكون مساوية لوجه الفولت مقسوماً على ١,٧٣ .

قواطع الدائرة الكهربائية

إن قاطع الدائرة الكهربائية (Circuit Breaker) هو جهاز يقوم بفتح أو فصل (Trip) الدائرة عند وجود حالات تيار زائد بها وبدون أن يحدث به تلف ، والرسم رقم (٢ – ٥١) يبين الأشكال التى تصنع بها هذه القواطع .

والقواطع مثل المصهرات تختار وتقدر لتحمل تيار محدد ، وقدتشتمل على خاصية التأخير الزمنى . وعندما تفتح أوتفصل الدائرة فإنه يمكن قفلها يدويا (وأحيانا أوتوماتيكيا) .

وعند استعمال قواطع مفردة فى دائرة متعددة الأوجه فإنها عادة تجمع بجانب بعضها (Ganged) كما هو موضح بالرسم رقم (٢ – ٥١) وتركب خوصة مع أصابع تشغيلها اليدوية أو مفاتيحها . هذا وتصنع كثير من قواطع الثلاثة أوجه بحيث يمكن بواسطة أصبع أو مفتاح واحد فتح جميع الأوجه ، وبهذه الطريقة إذا فصل قاطع وجه واحد ، فإن جميع القواطع الأخرى تفصل أيضا ، وبذلك تمنع التشغيل بدون وجه واحد (Single Phasing) . وهناك أنواع وأشكال كثيرة من قواطع الدائرة تعمل بنظريات مختلفة ، والنوعان الشائع استعمالها منها تعملان بنظرية الفصل الحرارى (Thermal Trip) والفصل المغناطيسى (Magnetic Trip) .

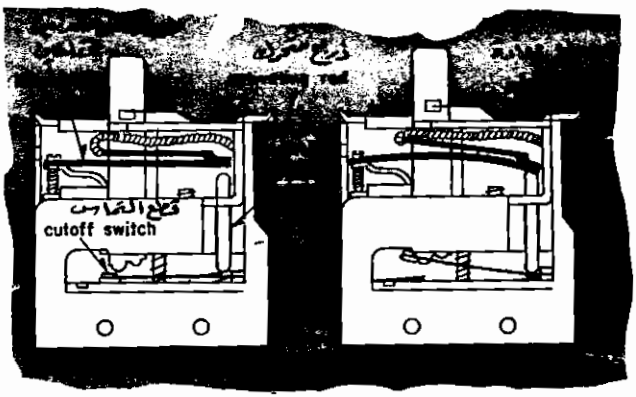
رسم رقم (٢ – ٥١) . الأشكال المختلفة التى تصنع بها قواطع الدائرة الكهربائية .

قواطع الفصل الحرارى

تعمل هذه القواطع بنظرية أنه عندما يمر تيار خلال مقاومة ، فإن الحرارة تتولد فيها .

ويشتمل قاطع الفصل الحرارى على خوصة مصنوعة من معدنين مختلفين (Bimetal Strip) . فعندما يمر تيار أزيد من المقرر خلال هذه الخوصة ، فإن الحرارة المتولدة تجعل هذه الخوصة تنثنى كما هو

مين بالرسم رقم (٢ – ٥٢) وتفصل قطع التماس (كونتاكت) الداخلية الموجودة بالقاطع . وعندما تبرد الخوصة فإنه يمكن إعادة قفل القاطع (Reset) بدفع أصبع إعادة التشغيل اليدوى . وقواطع الفصل الحرارية العادية تميل إلى الفصل السريع عندما تركب فى أماكن مرتفعة حرارتها ، أو تكون معرضة لدرجة حرارة أشعة الشمس مباشرة ، وذلك لأنها تتأثر فى هذه الحالة بالزيادة فى درجة الحرارة المحيطة الخارجية بدلا من التيار . ولهذا السبب فإن قواطع الفصل الحرارية عادة تعوض حراريا (Thermally Compensated) ، وذلك بتركيب خوصة ثانية بالقاطع لتعوض هذا التغير الخارجى فى درجة الحرارة .



رسم رقم (٢ – ٥٢) . قاطع الفصل الحرارى فى (ا) الوضع العادى . (ب) الوضع عند زيادة الحمل .

قواطع الفصل المغناطيسية :

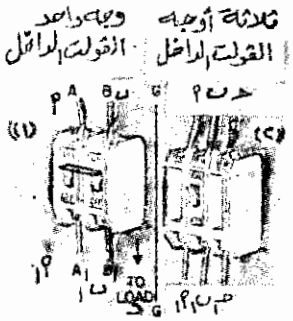
تعمل هذه القواطع بنظرية الكهرومغناطيسية ، حيث تتولد هذه الكهرومغناطيسية حول السطح الخارجى لأى موصل عندما يمر تيار خلاله . وكلما ازداد مقدار هذا التيار كلما اشتد المجالا المغناطيسيا . فإذا قمنا بلف الموصل على هيئة ملف ، فإن مجال مغناطيسى أكبر يتولد ، وبدلا من استعمال خوصة مصنوعة من معدنين مختلفين ، فإن القاطع المغناطيسى يشتمل على ملف لإحداث المغناطيسية . وعندما يزداد مقدار التيار المار فى الدائرة بدرجة أعلى من تيار القاطع المقرر ، فإنه يتولد مجال مغناطيسى قوى يعمل على جذب ذراع موجود بالقاطع يقوم بدوره بفتح الدائرة .

وجميع قواطع الفصل المغناطيسية التى تستخدمها شركات تكييف الهواء والتبريد فى الوقت الحاضر لها خاصية التأخير الزمنى ، هذا والقاطع المغناطيسى لايتأثر بالأماكن التى درجة حرارتها مرتفعة .

فحص قواطع فصل الدائرة :

نظرا لأن القواطع تكون موجودة بصفة دائمة فى الدائرة ، فإنها عادة تركب بحيث يمكن رؤية أولمس أصابع تشغيلها فقط . لذلك يلزم لفحص هذه القواطع رفع الغطاء الواقى المركب فوقها لتعريض جسمها والموصلات التى تدخلها وتخرج منها ، وبعد ذلك تجرى الخطوات الآتية :

نقوم بدفع المفتاح (أو المفاتيح) اليدوية إلى الموضع بطال (Off) وبعد ذلك إلى موضع التشغيل (ON) للتأكد من قفل القاطع ثم نقوم بعد ذلك بتشغيل جميع الأجهزة التى تغذى عن طريق القاطع كما هو مبين بالرسم رقم (٢ – ٥٣) .



رسم رقم (٢ – ٥٣) . فحص قواطع فصل الدائرة :
١ – للقواطع المركبة فى دائرة الوجه الواحد .
٢ – للقواطع المركبة فى دائرة الثلاثة أوجه .

دائرة الوجه الواحد – نقيس الفولت الداخل خلال ا – ب والفولت الخارج خلال ا، – ب، ويجب أن يكونا نفس القراءة .

دائرة الثلاث أوجه – نقيس الفولت الداخل خلال ا – ب و ا – حـ و ب – حـ .

نقيس الفولت الخارج خلال ا، – ب، وا، – جـ، وب، – جـ، . يجب ان يكون الفولت الداخل والخارج نفس القراءة .

وعندما يكون القاطع قد فصل ، نعيد قفله ونقوم بفحص التيار خلال ا – ا، وب – ب، وجـ – جـ، بواسطة جهاز أمبير ذى فك متحرك (Clamp-On-Ammeter). يفحص الأمبير المحدد على القاطع ، وتقارن القراءات المسجلة بالأمبير المحدد على القاطع ، فإذا كان التيار المار خلال القاطع أعلى من المحدد ، فإنه إما أن يكون قد حدثت زيادة حمل مؤقتة أو أنه تم اختيار حجم قاطع غير مناسب . نعيد حساب أمبير الحمل ويفحص حجم القاطعو / أو حجم الأسلاك إذا كان ذلك ضرورياً أو يصحح الحمل . هذا ويجب التأكد من أن القاطع لم يفصل بسبب درجة حرارة الجو الخارجية المرتفعة . وإذا كان القاطع يفصل عند تيار أقل مما هو محدد عليه أو لا يفصل عند تيار أعلى مما هو محدد عليه ، فإنه يلزم فى هذه الحالة استبداله بآخر جديد .

تأثير الفولت غير المتوازن
والتيار على وقاية محرك الثلاثة أوجه

عند استعمال قواطع تيار خارجية لوقاية محرك ضاغط ثلاثى الأوجه من زيادة التيار المسحوب ، والذى يسبب الارتفاع الشديد فى درجة حرارة المحرك ، فإن تيار المحرك غير المتوازن يمكن أن يؤثر بدرجة كبيرة أيضا على عملية وقاية المحرك . ولو أنه من المعروف عادة أن وجود قطع فى أحد أوجه عملية التوزيع الثلاثية الأوجه يمكن أن يؤدى إلى زيادة كبيرة فى مقدار التيار المسحوب نظرا لوجود حالة التشغيل بدون وجه واحد (Single Phasing) ، إلا أنه يوجد خطر هام مساوٍ ينتج من التأثير على تيار الفولت غير المتوازن بدائرة القوة المغذية .

فإذا حدثت حالة التشغيل بدون وجه ، فإن المحرك يمكن أن يزرجن (Stall) مالم يكن محملا بحمل خفيف ، وعندما يقف مرة فإنه لايقوم مرة أخرى ويرتفع التيار المسحوب إلى مقدار تيار التقويم (Locked Rotor Amperage) . هذا وعند حالات الفولت غير المتوازن (Unbalanced Voltage) ، فإن المحرك يستمر فى العمل مع ذلك وتكون وقايته متوقفة على قابلية القواطع على حس تيار الدوران المرتفع غير العادى أو على الزيادة فى درجة حرارة المحرك .

وعندما يوصل محرك ثلاثى الأوجه بتيار مغذى يكون فيه الفولت فى كل وجه منه متزنا فى جميع الأوقات نجد أن التيار يكون متساويا فى جميع الثلاثة أوجه . هذا والفرق فى ملفات المحركات الحديثة عادة يكون صغيرا جدا بدرجة تجعل تأثيرها على التيار المسحوب لايذكر . وعند حالة التشغيل العادية ، إذا كان فولت الأوجه متساوٍ دائما ، فإن قاطع وقاية واحد يركب فى خط واحد يكون كافيا لوقاية المحرك من التلف بسبب التيار المرتفع المسحوب ، ولكن من الناحية العملية ، فإنه لايمكن المحافظة دائما على فولت تغذية متزن ، وبالتالى لايكون التيار فى الخطوط الثلاثة دائما متساويا .

إن قواطع الفصل التى تركب فى منتصف ملفات المحرك الموصلة بطريقة النجم (WYe) تعطى وقاية ضد جميع أشكال التغير فى الفولت ، ومع ذلك فإنه فى المحركات الكبيرة الحجم يكون حجم القاطع الفاصل غير عملى للاستعمال ، ولذلك فإنه يستعمل فى بعض الأنواع منها كما سبق أن ذكرنا دائرة مرشد للوقاية تتكون من ترموستات داخلى وقواطع تيار خارجية ، وذلك لأن الترموستات الداخلية تعتبر بطيئة نوعا ما فى عملها وتتأخر بعد درجة حرارة المحرك الحقيقية عند حدوث حالة الارتفاع السريع فى درجة الحرارة ، أما وقاية تيار التقويم فيقوم بها القاطع الخارجى .

ونظرا لأنه فى معظم الأحوال يمكن الحصول على وقاية مناسبة بتركيب أجهزة وقاية تحس بالتيار المار فى خطين (رجلين – Two Legs) فقط من خطوط التيار الثلاثة ، وبسبب حجم وثمن قاطع الوقاية الخارجى ، فإن معظم الضواغط تجهز محركاتها بطريقة الوقاية التى تركب فى خطين ولو أنه يمكن تركيب قاطع الوقاية الثالث عند الحاجة .

هذا ومن أجل تحديد إذا كان المحرك مجهزا بطريقة وقاية مناسبة عند الأحوال غير العادية المختلفة ، فإنه يكون من الضرورى فهم العلاقة بين التيار والفولت غير المتزن .

فعندما يكون فولت الخط الذى يغذى محركا استنتاجيا ثلاثى الأوجه غير متساوٍ ، فإن تيارات غير متوازنة تمر فى ملفات العضو الثابت بالمحرك . إن تأثير الفولت غير المتزن يعادل إدخال (فولت متتابع سالب (Negative Sequence Voltage) يحدث قوة معاكسة للقوة التى خلقها الفولت غير المتزن . وهاتان القوتان المتضادتان تحدثان تيارات فى ملفات المحرك أكبر كثيرا من الموجودة عند حالات الفولت المتزن .

ويحسب الفولت غير المتزن بالطريقة الآتية :

$$\text{الفولت الغير متزن } \% = \frac{\text{أقصى اختلاف فى الفولت عن متوسط الفولت}}{\text{متوسط الفولت}} \times ١٠٠$$

فى المثال المبين بالرسم رقم (٢ – ٥٤) نتصور أن الفولت ا ب هو ٢٢٠ فولت ، ب حـ هو ٢٣٠ فولت ، ا حـ هو ٢١٦ فولت .

$$\text{متوسط الفولت} = \frac{٢١٦ + ٢٢٠ + ٢٣٠}{٣} = ٢٢٢ \text{ فولت}$$

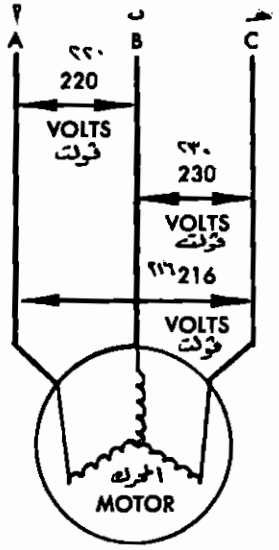
$$\text{أقصى اختلاف} = ٢٣٠ - ٢٢٢ = ٨ \text{ فولت}$$

$$\text{الفولت الغير متزن } \% = \frac{٨ \times ١٠٠}{٢٢٢} = ٣,٦\%$$

ونتيجة لعدم اتزان الفولت ، فإن تيار التقويم يصبح أيضا غير متزن بنفس القدر . وبوجه عام فإن عدم التوازن فى تيارات الحمل عند سرعة التشغيل العادية قديكون ماين ٤ و ١٠ مرات الفولت غير المتزن ، ويتوقف ذلك على الحمل . فبالنسبة لعدم الاتزان الذى قدره ٣,٦٪ المبين فى المثال السابق ، فإن تيار الحمل فى وجه واحد قد يكون حوالى ٣٠٪ أكبر من متوسط تيار الخط المسحوب بالوجهين الآخرين .

إن المواصفات القياسية للجمعية الأهلية الأمريكية لصناعة الآلات الكهربائية (NEMA) والخاصة بالمحركات والمولدات تحدد النسبة المئوية للزيادة فى الأرتفاع فى درجة حرارة ملفات الوجه التى تنتج من عدم اتزان الفولت بمايقرب من مرتين مربع الفولت غير المتزن .

$$\text{الزيادة فى درجة الحرارة } \% = ٢ \text{ (الفولت غير المتزن } \%)^٢$$



رسم رقم (٢ – ٥٤) – عدم اتزان الفولت فى التيار المغذى .

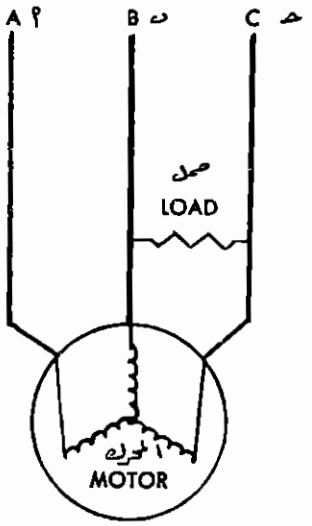
وباستعمال الفولت غير المتزن من المثال السابق ، فإن الزيادة ٪ فى درجة الحرارة يمكن أن تحتسب بالطريقة الآتية :

الزيادة فى درجة الحرارة ٪ = ٢ (٣,٦ × ٣,٦) = ٢٥,٩٪

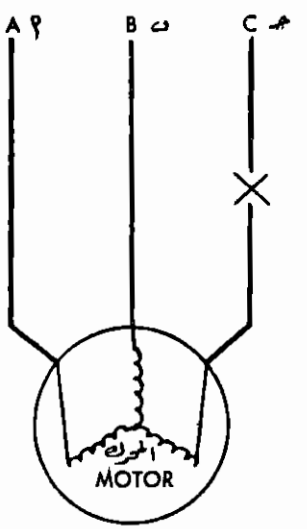
ونتيجة لهذه الحالة ، يكون من الممكن أن ترتفع درجة حرارة ملفات وجه واحد بالمحرك ، بينما تبقى درجة حرارة ملفات الوجهين الآخرين فى الحدود العادية . فإذا كان مستعملا بالمحرك قاطعى وقاية فقط ، فإنه من المحتمل أن يحدث عطل بالمحرك حتى ولو لم تفصل القواطع ، لذلك يجب التأكد عند تركيب قواطع للمحرك خارجية فى وجهين فقط من الثلاثة أوجه ، ان تركب هذه القواطع فى الأوجه التى تسحب أعلى مقدار من التيار (الأمبير) .

والمصدر الشائع لحدوث عدم اتزان فى الفولت فى دائرة الثلاثة أوجه ، هو وجود حمل على وجه واحد بين وجهين من الثلاثة أوجه كما هو مبين فى الرسم رقم (٢ – ٥٥) .

إن وجود عدم اتزان كبير فى حمل وجه واحد ، كما يحدث فى دائرة الإضاءة مثلا ، يمكن أن يسبب بسهولة تغيرات كافية فى تيارات المحرك تعرضه للتلف ، وإذا أمكن علاج هذه الحالة برفع حمل الوجه الواحد عند الضرورة ، فإن فولت التغذية يمكن أن يتزن بدرجة كبيرة . هذا وتسمح بعض المؤسسات بوجود عدم اتزان فى فولت شبكاتها الكهربائية بقدر لايزيد عن ٣٪ ، بينما مؤسسات أخرى تسمح بعدم اتزان فولت يصل إلى ٥٪ أو أكثر . وفى حالة وجود عدم اتزان فولت فى التيار المغذى ، فإنه يلزم إخطار شركات إمداد القوى الكهربائية عن ذلك لتحدد إمكانية علاج هذه الحالة .



رسم رقم (٢ – ٥٥) . وجود حمل على وجه واحد بين وجهين من دائرة الثلاثة أوجه



رسم رقم (٢ – ٥٦) . حالة التشغيل بدون وجه واحد فى دائرة الحمل .

هذا ومالم يعالج عدم الاتزان ، فإن الطريق الوحيد للتأكد من سلامة تشغيل المحرك هو التأكد من ان قواطع الوقاية تكون مركبة فى أوجه التيار المرتفع عند استعمال قواطع وقاية فى خطين فقط ، أو تركب قواطع وقاية فى جميع الثلاثة أوجه .

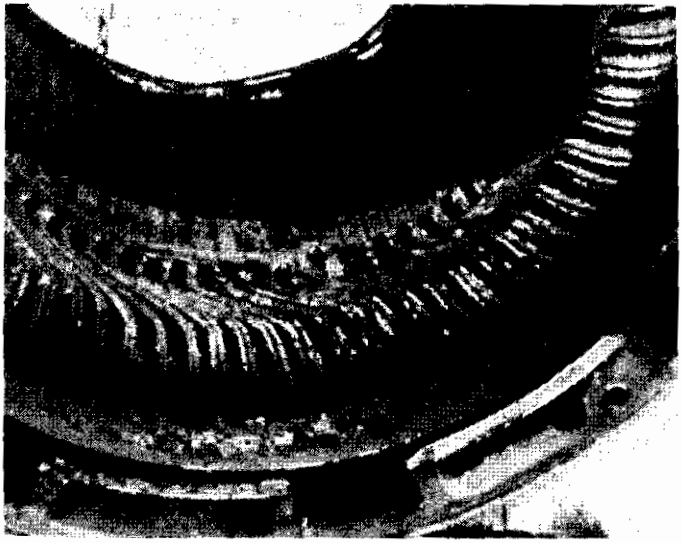
وحالة التشغيل بدون وجه واحد فى دائرة الحمل كما هو مبين فى الرسم المبسط رقم (٢ – ٥٦) تجعل التيار المار فى وجهين من ملفات العضو الثابت لأوجه المحرك يزداد بدرجة كبيرة ، مما يؤدى إلى تلف ملفات هذه الأوجه كما هو ظاهر بالرسم رقم (٢ – ٥٧) بينما لا يمر تيار فى ملفات الوجه المفتوح .

هذا ولا يمر تيار متساو أيضا بين ملفات أوجه العضو الثابت بالمحرك بسبب وجود فتح فى دائرة ملفات العضو الثابت ، أو وجود قصر أو أرضى فى هذه الملفات ، كما توضح ذلك الرسومات المبسطة الموجودة بالرسم رقم (٢ – ٥٨) وذلك بالنسبة للمحركات التى ملفات العضو الثابت بها إما موصلة بطريقة النجم أو بطريقة الدلتا .

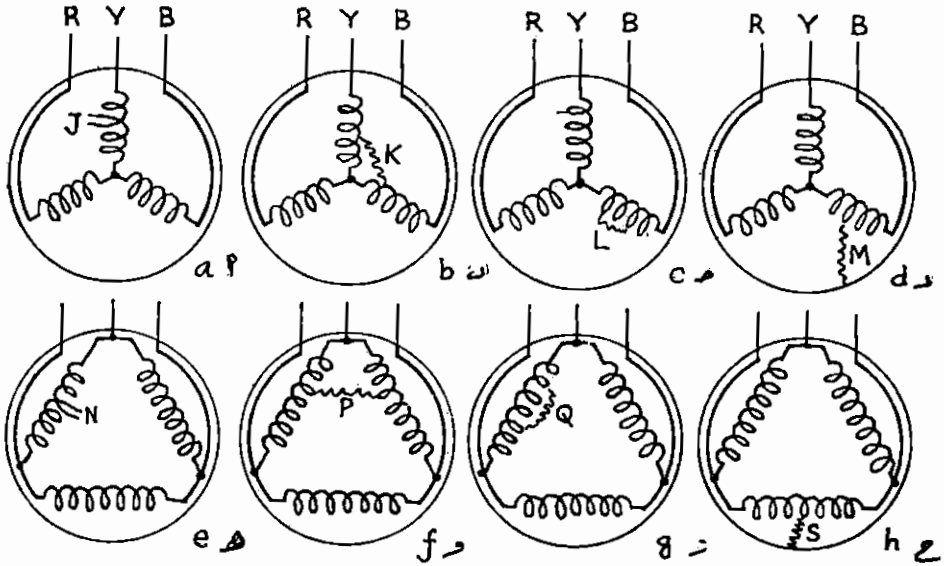
ويمكن وقاية المحرك من هذا النوع من العوارض باستعمال قاطعى وقاية فقط ، نظرا لأنه يوجد دائما على الأقل قاطع وقاية واحد فى الخط الذى يحمل تيار الوجه الواحد المرتفع .

إن تأثير وجود فتح فى أحد أوجه الدائرة الابتدائية لمحول القوى يتوقف على طراز وصلات المحول .

فعندما تكون كل من ملفات المحول الابتدائية والثانوية موصلة بنفس الطريقة ، نجم – نجم أو دلتا – دلتا ، فإن وجود عارض فى أحد أوجه الملفات الابتدائية يؤدى إلى وجود تيار منخفض



رسم رقم (٢ – ٥٧) . التلف الذى يحدث فى ملفات وجهين من العضو الثابت بالمحرك بسبب التشغيل بدون وجه واحد .

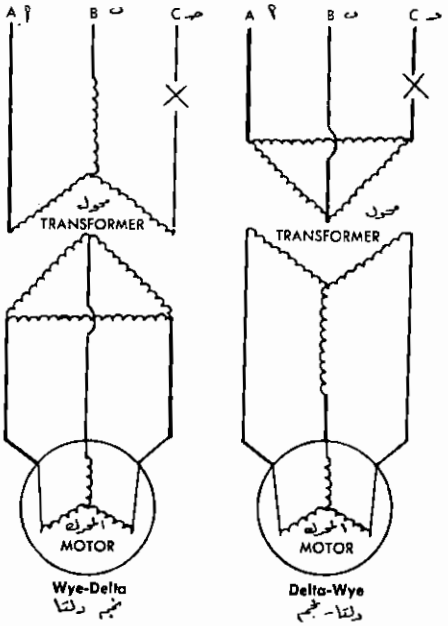


رسم رقم (٢ – ٥٨) . أعطال ملفات العضو الثابت لمحركات الثلاثة أوجه التى ملفاتها موصلة إما بطريقة النجم أو بطريقة الدلتا .

(ا) فتح بالدائرة بوجه واحد (نجم) .
(ب) قصر بين الأوجه (نجم) .
(جـ) قصر بوجه واحد (نجم) .
(د) وجود أرضى بوجه واحد (نجم) .
(هـ) فتح بالدائرة بوجه واحد (دلتا) .
(و) قصر بين الأوجه (دلتا) .
(ز) قصر بوجه واحد (دلتا)
(س) وجود أرضى بوجه واحد (دلتا) .

فى أحد أوجه الملفات الثانوية ، وتيارات مرتفعة فى الوجهين الآخرين ، محدثا نتائج تشابه حالة دائرة الوجه الواحد ذات الحمل البسيط .

ولكن عند وجود دائرة مفتوحة أو التشغيل بدون وجه واحد فى الناحية الابتدائية بمحولات القوى الموصلة نجم – دلتا أو دلتا – نجم كماهو مبين فى الرسم المبسط رقم (٢ – ٥٩) فإنه ينتج عن ذلك تيار مرتفع فى وجه واحد فقط من المحرك وتيارات منخفضة فى الوجهين الآخرين . وفى حالات تقويم المحرك ، فإن الوجه المرتفع يسحب تيار (أمبير) أقل قليلا مماهو موجود بلوحة بيانات المحرك ، بينما الخطان الآخران يسحبان حوالى ٥٠٪ من هذه القيمة . وعند حالات التشغيل فإن التيار فى الوجه المرتفع قد يكون أزيد من ٢٠٠٪ من أمبير الحمل الكامل ، ويتوقف ذلك على الحمل ، بينما يكون التيار فى الخطين الآخرين أكبر قليلا من أمبير الحمل الكامل العادى .



رسم رقم (٢ – ٥٩) – تلف بأحد أوجه الدائرة الابتدائية .

وبما أن معظم محطات توليد وتوزيع القوى الكهربائية تستخدم فى الوقت الحاضر المحولات الموصلة نجم – دلتا أو دلتا – نجم ، فإنه من المتوقع من وقت لآخر حدوث مثل هذا الشكل من العوارض .

وبوجه عام ، فى حالة مايشكل عدم الاتزان فى الفولت المغذى والأحمال على وجه واحد عوارض تهدد بصفة مستمرة عمر المحرك الثلاثى الأوجه ، فإنه يوصى باستعمال محركات مجهزة بقواطع وقاية ذاتية (Inherently Protected Motors) ، أما فى حالة ماتكون القواطع الذاتية غير متاحة نظرا لحجم المحرك ، فإن محرك الضاغط يجب أن يجهز بقواطع تركب فى الثلاثة أوجه (3 Leg Protection)