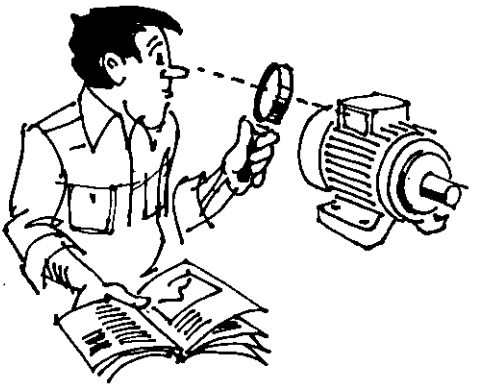
الفصل الأول



المحركات الكهربائية

بيانات عامة

المحركات الكهربائية

بيانات عامة

إن المحركات الكهربائية تستعمل كمصدر قوى محركة لمعظم أنواع ضواغط التبريد ومراوح هواء وطلمبات مياه وحدات التبريد وتكييف الهواء . ومن الناحية العملية فإن أغلبها فى الوقت الحاضر هى من أنواع المحركات التى تعمل بالتيار المتغير .

والشرح الموجود بهذا الفصل من الكتاب خاص فقط بالمحركات الاستنتاجية (Induction Motors) التى يكون التيار فى جزء المحرك الدائر بها استنتاجيا ، كما أن هذا الجزء لا يكون موصلا بتيار التغذية . والجزء الثابت من المحرك الإستنتاجى يطلق عليه العضو الثابت (Stator) ، أما الجزء الدائر فيطلق عليه العضو الدائر (Rotor) . وتوصل ملفات العضو الثابت بتيار التغذية ، بينما العضو الدائر يكون مركبا على عمود المحرك ، ودوران هذا العضو الدائر يعطى قوة الإدارة التى نأخذها من المحرك .

درجة حرارة المحرك :

إن القانون الأول للديناميكا الحرارية (Thermodynamics) يوضح أن الطاقة لا يمكن أن تخلق أو تتلف ، ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى آخر . إن المحرك يأخذ الطاقة الكهربائية من مصدر القوى ، ولكن بسبب الاحتكاك وفقد الجودة ، فإن جزء فقط من طاقة الدخل هذه يمكن أن يحول إلى طاقة خرج ميكانيكية . وباقى طاقة الدخل يتحول إلى طاقة حرارية ، وما لم تزل هذه الحرارة فإن درجة حرارة ملفات المحرك ترتفع حتى يتلف عزلها . ولذلك فإنه إذا أمكن المحافظة على المحرك من التلوث والتلف بسبب الإجهاد فإن الحرارة تكون هى العدو الوحيد الذى يمكن أن يعمل على تلف ملفاته .

إن كمية الحرارة التى تتولد داخل المحرك تتوقف على كل من الحمل وعلى جودة المحرك نفسه . فكلما ازداد الحمل ، فإن طاقة الدخل الكهربائية للمحرك تزداد . والنسبة المئوية لدخل القوة الذى يتحول إلى حرارة فى المحرك تتوقف على جودة المحرك ، حيث تقل عندما تزداد الجودة وتزداد عندما تنخفض .

ومستوى درجة الحرارة التى يمكن أن يتحملها المحرك تتوقف بشكل كبير على طراز عزل المحرك وعلى

التصميم الأساسى للمحرك . ولكن العمر الحقيقى للمحرك تحدده حالات التشغيل التى يتعرض إليها أثناء عمله ، فإذا عمل فى جو محيط مناسب وعند أحمال فى حدود القدرات المصمم عليها ، فإن المحرك ذا التصميم الجيد ممكن أن يعمر مددا طويلة ، إن الاستمرار فى زيادة تحميل المحرك ينتج بسببها ارتفاع كبير فى درجات حرارة التشغيل تعمل على تخفيض عمر المحرك .

محركات الضواغط المفتوحة والإدارة بالسيور :

إن هذا النوع من المحركات يستعمل فى إدارة ضواغط التبريد المفتوحة وذلك إما عن طريق السيور أو الوصلات المباشرة . هذا ويلزم اختيار هذه المحركات بعناية نظرا لعدم وجود معامل أمان كاف لزيادة الحمل بها كالموجود فى معظم محركات الضواغط المحكمة القفل أو النصف محكمة القفل .

والسيور حرف V المستعملة فى نقل الحركة بهذه الضواغط تصنع بأشكال صناعية قياسية مختلفة لإمكان استبدالها ببعضها . ولاستعمال التبريد فإن السيور الصناعية لأجزاء الحصان والسيور الصناعية العادية هما النوعان الشائع استعمالها . إن سيور اجزاء الحصان لها مرونة أكثر ويمكن استخدامها بنجاح فى إدارة الضواغط التى تحتاج إلى محركات قوتها أحصنة صغيرة . أما السيور الصناعية العادية فإنه يمكن استخدامها فى إدارة الضواغط التى تحتاج إلى محركات قوتها أكبر . إن سيور أجزاء الحصان من طراز (4L) والسيور العادية من طراز (A) لها مقطع واحد مشابه ويمكن استخدامها مع نفس طارة الإدارة ، بينما سيور أجزاء الحصان من طراز (5L) والسيور العادية من طراز (B) فإنه يمكن أيضا أستبدالها ببعضها .

وبالنسبة للضواغط التى تدار بواسطة السيور ، فإن سرعة الضاغط تحدد عن طريق مقاس طارة المحرك نظرا لأن طارة الضاغط تكون عادة ثابتة . إن السرعات النسبية للمحرك والضاغط لها علاقة مباشرة بقطر طارة المحرك وطارة الضاغط . ولكن للحسابات الدقيقة فإن خطوة قطر (Pitch Diameter) الطارة يجب أن تستعمل بدلا من قطر الطارة الخارجى . وخطوة القطر تسمح بجعل السير حرف V يجلس جزئيا داخل القطر الخارجى للطارة . هذا وبالنسبة للإدارة باستعمال السيور ذات المقطع (A) و (4L) فإن خطوة القطر يمكن أن تؤخذ كالقطر الخارجى للطارة بأقل $\frac{1}{4}$ بوصة . وبالنسبة للإدارة بالسيور ذات المقطع (B) و (5L) فإنها تؤخذ لقطر الطارة الخارجى بأقل $\frac{3}{8}$ بوصة .

وعلى ذلك فإن مقاس الطارة المطلوب أو سرعة الضاغط الناتجة يمكن أن تحسب من العلاقة الآتية :

$$\text{سرعة الضاغط ، لفة/الدقيقة} = \frac{\text{(سرعة المحرك ، لفة / الدقيقة)} \times \text{(خطوة القطر ، طارة المحرك ، بوصة)}}{\text{(خطوة القطر ، طارة الضاغط ، بوصة)}}$$

$$\text{خطوة القطر ، طارة المحرك ، بوصة} = \frac{\text{سرعة الضاغط ، لفة / الدقيقة)} \times \text{(خطوة القطر ، طارة الضاغط ، بوصة)}}{\text{(سرعة المحرك ، لفة / الدقيقة)}}$$

وكمثال ، المطلوب إيجاد قطر طارة المحرك اللازمة وذلك عند استعمال محرك سرعته ١٧٥٠ لفة / الدقيقة لإدارة ضاغط مركب به طارة ذات خطوة قطر قدرها ٨ بوصات ، عندما تكون سرعة الضاغط المطلوبة هى ٥٠٠ لفة / الدقيقة .

وللحل تتبع الخطوات الآتية :

$$\text{خطوة قطر طارة المحرك} = \frac{\text{٥٠٠ لفة / الدقيقة ، سرعة الضاغط} \times \text{٨ بوصات خطوة قطر طارة الضاغط}}{\text{١٧٥٠ لفة / الدقيقة ، سرعة المحرك}}$$

$$= \frac{٨ \times ٥٠٠}{١٧٥٠} = \text{تقريبا } ٢\frac{١}{٤} \text{ بوصة خطوة قطر}$$

وبالنسبة للإرادة بسير ذى مقطع (A)

القطر الخارجى لطارة المحرك = $٢\frac{١}{٤}$ بوصة خطوة قطر + $\frac{١}{٤}$ بوصة = $٢\frac{١}{٢}$ بوصة قطر خارجى

وبالنسبة للإدارة بسير ذى مقطع (B)

القطر الخارجى لطارة المحرك = $٢\frac{١}{٤}$ بوصة خطوة قطر + $\frac{٣}{٨}$ بوصة = $٢\frac{٥}{٨}$ بوصة قطر خارجى

أنواع قفل محركات الضواغط المفتوحة

يمكن الحصول على هذا النوع من المحركات بأشكال مختلفة حسب نوع قفلها (Enclosure) والتى يتحكم فى إختيارها موقع تركيب المحرك وحالات الجو المحيطة به . فعند حالات الظروف العادية للتشغيل فإن المحركات المجهزة بوقاية (Protected) وضد الطرطشة (Splash Proof) تعطى عمرا طويلا وخدمة جيدة إذا كانت تركب فى مكان يبعد تماما عن تيار الهواء الرطب . ويوصى باستعمال المحركات المقفولة تماما (Totally-Enclosed) فى الأمكنة التى بها أدخنة أو تراب أو رمال أو جو نسبة الرطوبة به مرتفعة . وفيما يلى سنوضح الأنواع المختلفة لقفل هذا النوع من المحركات والتى يمكن تقسيمها إلى طرازين أساسيين :

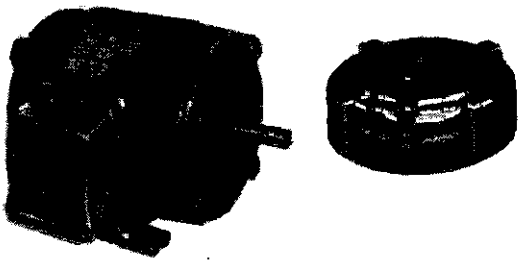
القفل المفتوح (Open Enclosure) :

إن القفل المفتوح يشتمل على فتحات تسمح بمرور الهواء الخارجى المبرد فوق وحول ملفات المحرك ، هذا والمحركات المجهزة بوقاية وضد نقط الماء المتساقط (Drip Prof) كالتى يظهر شكلها فى

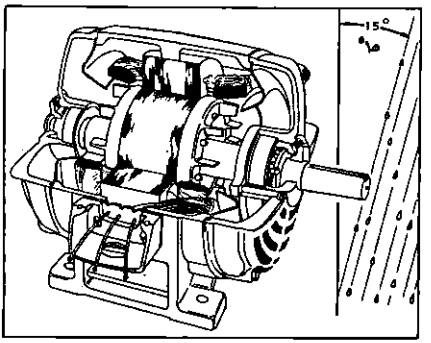
الرسم رقم (١ – ١) أو ضد الطرطشة (Splash Proof) تقع تحت هذا الطراز من القفل ، والفرق الوحيد بين الثلاثة أنواع هو طريقة الوقاية ضد نقط الماء المتساقط . فالقفل ضد نقط الماء يمنع دخول هذا الماء المتساقط بزاوية تقع ما بين صفر و ١٥ درجة من الرأسي كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ٢) ، والقفل ضد الطرطشة يمنع دخول الماء المتساقط ما بين الصفر و ١٠٠ درجة من الرأسي . والمحركات المجهزة بوقاية تشتمل على فتحات تهوية مركبة بطريقة تمنع دخول المطر المتجه ناحية المحرك بزاوية تقع ما بين صفر و ٩٠ درجة من الرأسي كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ٣) والتجمع فوق المادة العازلة المحيطة بملفات المحرك أو الدخول إلى حيز حوامل المحرك إما بطريقة مباشرة أو بالتصادم واتباع سطح أفقي أو مائل بالمحرك ، وذلك عندما تكون أرجل المحرك موجودة أسفل جسمه .

drip-proof

ضد نقط الماء المتساقط



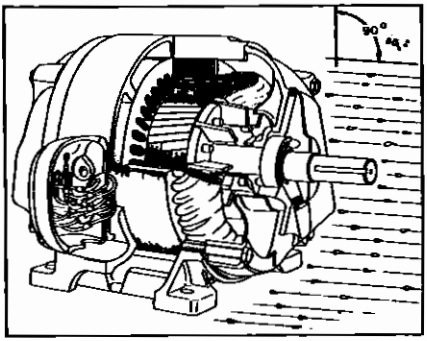
رسم رقم (١ – ١) . المحرك المجهز بوقاية وضد نقط الماء المتساقط ، ويلاحظ فى الجزء الأيمن من الرسم وجود فتحات تهوية وموجه للهواء بغطاء نهاية المحرك .



رسم رقم (١ – ٢) . المحرك المجهز بقفل ضد نقط الماء المتساقط يمنع دخول نقط الماء المتساقط بزاوية تقع ما بين الصفر و ١٥ درجة من الرأسي .

القفل المقفول تماما (Totally-Enclosed Enclosure) :

إن المحركات المقفولة تماماً ، وهى الطراز الثانى من أنواع القفل تكون مركبة بطريقة تمنع تبادل الهواء بين داخل وخارج المحرك . وهذا النوع من المحركات يكون إما لا يشتمل على تهوية Non-Ventilated كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ٤) ، أو يشتمل على مروحة لتبريده (Fan-Cooled) كما هو مبين

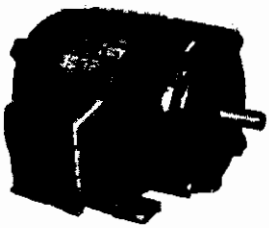


رسم رقم (١ – ٣) . المحركات المجهزة بوقاية تشتمل على فتحات تهوية مركبة بطريقة تمنع دخول المطر المتجه ناحية المحرك بزاوية تقع ما بين صفر و ٩٠ درجة من الرأسى .

بالرسم رقم (١ – ٥) ، أو يمر الهواء فوق جسمه الخارجى (Air Over Motor) كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ٦) ، أو تكون تشتمل على وقاية ضد الانفجار (Explosion-Proof) كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ٧) . وعادة المحرك المقفول تماما يشتمل على حيز للحوامل ذى قفل أحسن من المحرك ذى القفل المفتوح ، ولكن له نفس نوع العزل ، ونفس الثغرة الهوائية ولكنه يمتاز عنه فى أنه لا يوجد به تبادل للهواء بين داخل وخارج المحرك ، ولكن الماء يمكن أن يتسرب إلى أو يتكاثف بداخله ، ولذلك فإنه يجهز عادة بفتحات لتصريف هذا الماء .

totally-enclosed
non-ventilated

محرك مقفول تماما
لا يشتمل على تهوية



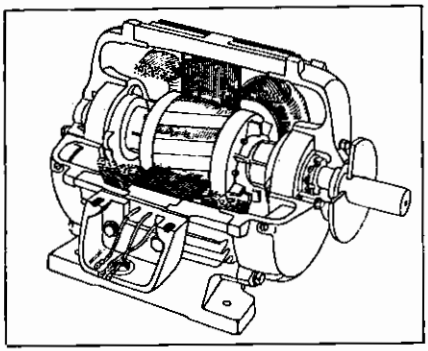
رسم رقم (١ – ٤) . المحرك المقفول تماما الذى لا يشتمل على تهوية .

إن معظم المحركات المقفولة تماما تشتمل عادة على مروحة تساعد على إشعاع الحرارة كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ٥) مما يتيح تصميم جسم أصغر للمحرك .

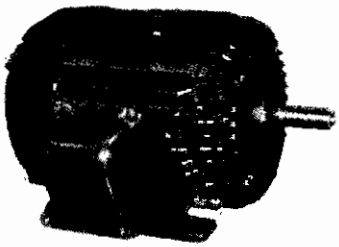
fan-cooled
مبرد بمروحة

external blower for front end of motor
مروحة خارجية لتوجيه
الهواء للأمام

رسم رقم (١ – ٥) . المحرك المقفول تماما الذى يشتمل على مروحه لتبريده .

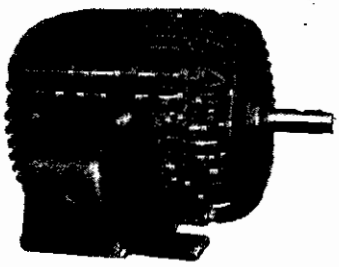


رسم رقم (١ – ٦) . المحرك المقفول تماما الذى يمر الهواء فوق جسمه الخارجى .



يبرد بمروحة
fan-cooled

explosion proof
ضد الإنفجار



non-ventilated
لا يشتمل على تهوية

رسم رقم (١ – ٧) . المحرك المقفول تماما والذى يشتمل على وقاية ضد الانفجار. ويظهر بالرسم النوع منه الذى لايشتمل على تهوية ، والنوع الآخر الذى يبرد بمروحة

محركات الضواغط المحكمة القفل :

فى مجموعة الضواغط والمحركات المحكمة القفل(Hermetic)، والنصف محكمة القفل الممكن فكها (Accessible-Hermetic) ، فإن المحرك بها يكون مركبا مباشرة على عمود مرفق الضاغط ومحكم القفل داخل غلاف جسم الضاغط . وبجانب الاقتصاديات التى تلازم هذا الطراز من التركيب ، فإن الفائدة الكبرى هو أن المحرك بها يمكن أن يتم تبريده بوسائل مختلفة ، مثل الهواء أو الماء أو بخار مركب التبريد . وبإحكام قفل المحرك داخل غلاف جسم الضاغط فإننا نتحاشى بذلك المتاعب التى تحدث من الجزء الحاكم لعمود المرفق وبذلك يمكن نقل القوة بدون حدوث تنفيس لمركب التبريد. وبتصميم محرك لاستعمال خاص ، وتنظيم درجة حرارته بدقة ، فإن هذا المحرك يمكن أن يناسب حملاً خاصاً حيث يمكن الاستفادة من خرجه عند أقصى قدرة ومع المحافظة على معامل أمان كاف يعتبر أعلى من الممكن الحصول عليه من محركات الضواغط المفتوحة العادية .

أمبير لوحة البيانات :

بالنسبة لمحركات الضواغط المفتوحة فإن البيانات القياسية لجمعية صناعة الآلات الكهربائية الأمريكية (NEMA) تبين القوة بالأحصنة لتحديد قدرة قوة خرج المحرك . ونظرا للاستعمال الصناعى فإن القوة بالحصان استعملت أيضا مع محركات الضواغط المحكمة القفل ، ولكن قد يكون ذلك مضللا عند استعمال ذلك مع هذا الطراز من المحركات .

وبتنظيم عملية تبريد المحرك وتجهيزه بوسيلة وقاية ذات حجم مناسب للحمل ، فإن محرك الضاغط المحكم القفل يمكن أن يعمل عند أقصى قدرة له ، وبذلك يعطى خرج قوة أكبر بالنسبة لمحرك الضاغط المفتوح الذى له نفس القوة . إن التيار المسحوب والقوة بالوات اللازمة هى أحسن الأدلة على عمل محرك الضاغط المحكم القفل .

هذا وتظهر على لوحة بيانات محركات الضواغط المحكمة القفل أو النصف محكمة القفل كل من أمبير تيار التقويم (Locked Rotor) وتيار الحمل الكامل (Full Load) للمحرك . إن اصطلاح أمبير الحمل الكامل استمر فى الاستعمال نظرا لسبق استخدامه فى الصناعة لمدة طويلة ، ولكن فى الحقيقة إن الاصطلاح الأحسن كثيرا هو أمبير لوحة البيانات (Nameplate Amperage) وبالنسبة لجميع محركات الضواغط المحكمة القفل والنصف محكمة القفل الحديثة التى تشتمل على ترموستات وقاية ذاتية أو داخلية ، فإن أمبير لوحة بياناتها يكون ٨٠٪ من التيار المسحوب عندما يفصل جهاز وقاية المحرك . إن رقم ٨٠٪ أخذ من التجارب الصناعية القياسية لمدة سنين عديدة على أساس استعمال أجهزة وقاية للمحرك تعمل عند ١٢٥٪ من التيار المسحوب عند حالات الحمل المقررة . وباستعمال المعامل القياسى ٨٠٪ فإن ذلك يتيح لكل من مهندس الصيانة والتركيب إيجاد المقاس الصحيح المناسب والمأمون للأسلاك ومفاتيح التوصيل (كونتاكتورز) أو أية أجهزة وقاية خارجية تعمل عند ١٢٥٪ من مقدار التيار المبين على لوحة البيانات ، نظرا لأن جهاز وقاية مجموعة المحرك والضاغط لا يسمح بزيادة الأمبير المسحوب عن هذا المقدار .

إن أمبير المحرك يعتبر معاملاً واحداً فقط لتحديد الحدود التى يعمل عندها الضاغط ، نظرا لأن ضغط الطرد ودرجات الحرارة ، وتبريد المحرك واحتياجات العزم هى الأخرى تتساوى جميعها مع هذا المعامل فى الأهمية فى تحديد هذه الحدود ، ولذلك فإن الشركات الصانعة لهذا النوع من مجموعة المحركات والضواغط تقوم بتقديم المواصفات الكاملة لحدود التشغيل المأمونة لكل طراز من هذه الضواغط .

الفولت والذبذبة :

ولو أن الطاقة فى الولايات المتحدة الأمريكية توزع جميعها بذبذبة قدرها ٦٠ ذبذبة إلا أن فولت التوزيع لم يوحد (Standardized) . إن فولت الوجه الواحد قد يكون ١١٥ ، ٢٠٨ ، ٢٢٠ ، ٢٣٠ ، أو ٢٤٠ . هذا ومعظم شركات إنتاج الطاقة الكهربائية فى هذه البلاد تحتفظ لنفسها بالحق فى تغيير فولت التغذية فى حدود زائد أو ناقص ١٠٪ من المقدار الاسمى (Nominal Rating). وفولت تيار الثلاثة أوجه قد يكون ٢٠٨ ، ٢٢٠ ، ٢٤٠ ، ٤٦٠ ، أو ٤٨٠ ومرة أخرى فى حدود زائد أو ناقص ١٠٪ . وما لم يذكر فإن المحركات مصممة لتعمل فى مدى الفولت الموضح ، فإنه ينتج عن ذلك ارتفاع فى درجة حرارتها بشكل كبير .

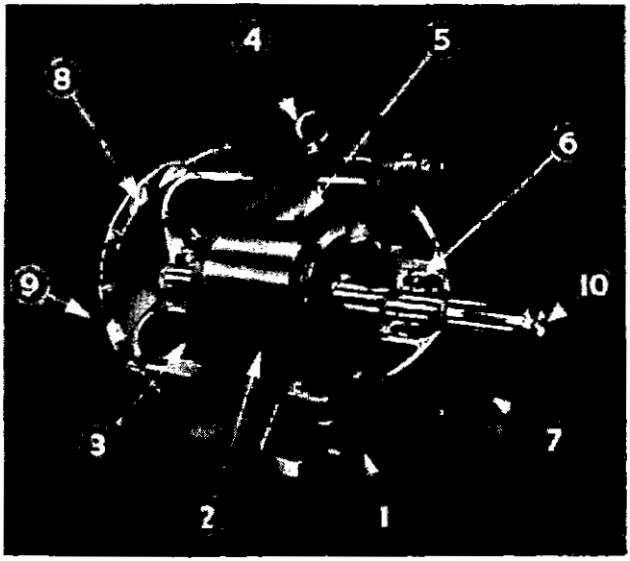
إن معظم المحركات قد تعمل عند الفولت الموضح على لوحة بياناتها ، زائد أو ناقص ١٠٪ وبدون الخوف من ارتفاع درجة حرارتها ، ولكن من أجل أن نسمح بمرونة أكثر فى التشغيل ، فانه تصنع حاليا محركات تسمح بالعمل فى مدى أكبر . فمثلا محرك الثلاثة أوجه الذى لوحة بياناته توضح ٢٠٨/٢٤٠ فولت يمكنه أن يعمل بنجاح من عند ١٨٧ إلى ٢٦٤ فولت ، ومحرك الثلاثة أوجه الذى لوحة بياناته توضح ٤٤٠/٤٨٠ فولت يمكنه أن يعمل من عند ٣٩٦ إلى ٥٢٨ فولت .

وفى أنحاء مختلفة من العالم ، فإن ذبذبة تيار التغذية بها هى ٥٠ ذبذبة بدلا من ٦٠ ذبذبة . فإذا تغير كل من فولت وذبذبة التيار الذى يغذى المحرك بنسبة متساوية ، فإن عمل هذا المحرك عند ذبذبة أقل فى حدود ضيقة يعتبر ناجحا فى بعض الحالات ، فمثلا المحرك الذى يعمل بتيار متغير ثلاثة أوجه ، ٤٤٠ فولت ، ٦٠ ذبذبة يمكنه أن يعمل بنجاح بتيار متغير ثلاثى الأوجه ٣٨٠ فولت ، ٥٠ ذبذبة .

ومع ذلك فإنه فى بعض استعمالات الـ ٥٠ ذبذبة ، فإن العلاقة بين الفولت والذبذبة تكون بحيث لا تسمح باستعمال محرك الـ ٦٠ ذبذبة ما لم تكن خواص المحرك مناسبة لاستعمال الـ ٥٠ ذبذبة ، وهذه تحدد فقط بالاختبارات . وفى معظم استعمالات الوجه الواحد التى تعمل عند ٥٠ ذبذبة ، فإننا فى مثل هذه الحالة نحتاج إلى محركات تكون ملفاتها مصممة خصيصا لتعمل عند هذه الذبذبة بالذات ،

المحركات الإستنتاجية

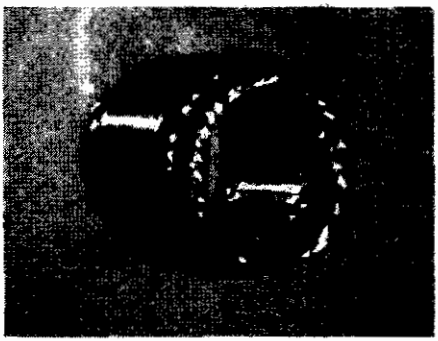
ان محرك التيار المتغير الأساسى هو المحرك الاستنتاجى ذى القفص السنجابى (Squirrel Cage Induction Motor) الذى يتركب عادة من الأجزاء المبينة فى الرسم رقم (١ – ٨) ، وهو يشتمل على عضو



١ – جسم المحرك .
٢ – رقائق العضو الثابت .
٣ – ملفات العضو الثابت .
٤ – حلقة رفع المحرك .
٥ – العضو الدائر .
٦ – حامل بلى .
٧ – غطاء النهاية
٨ – مروحة خارجية .
٩ – غطاء المروحة
١٠– عمود الدوران .

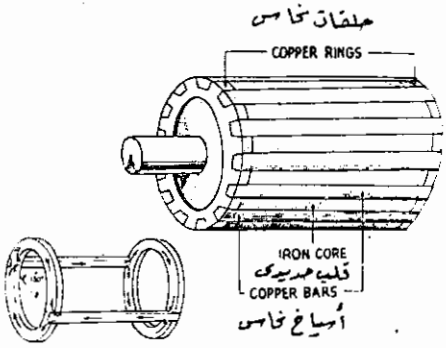
رسم رقم (١ – ٨) . الأجزاء التى يتركب منها المحرك ذو القفص السنجابى .

ثابت وعضو دائر . والعضو الثابت (Stator) يظهر شكله فى الرسم رقم (١ – ٩) ويتكون من مجموعة من ملفات الأسلاك موضوعة داخل مجارى جسم هذا الجزء الذى يتركب من رقائق من صفائح



رسم رقم (١ – ٩) . العضو الثابت للمحرك .

الصلب المعزولة . والعضو الدائر (Rotor) يتركب كما هو مبين فى الرسم رقم (١ – ١٠) من قلب أسطوانى يتكون من مجموعة من الرقائق تصنع من معدن سهل المغطسة ، ومركب على محيط هذا القلب مجموعة من الأسياخ المصنوعة من النحاس الأحمر أو الألومنيوم حيث تلحم نهايات أطرافها بحلقة من النحاس الأحمر أو الألومنيوم . ويلاحظ أن كل سيخ من هذه الأسياخ أمامه سيخ آخر مقابل له فى الناحية الأخرى منه ، وكل مجموعة من الأسياخ المتصلة بالحلقات تكون ملفاً مقفلاً يمكن أن يمر به



رسم رقم (١ – ١٠) . العضو الدائر للمحرك .

التيار ، تماما كما يحدث عندما يكون هذا الملف مكوناً من لفات أسلاك بدلا من المعدن المصمت ، إن التيار يستنتج فى كل لفة من لفات العضو الدائر بواسطة المجال المغناطيسى الموجود بالعضو الثابت . وبالتالى يحدث هذا التيار المستنتج تأثيره المغناطيسى الذى يخلق الأقطاب المعاكسة عند أى لحظة وذلك بالنسبة لأقطاب العضو الثابت مباشرة خلال الثغرة الهوائية(Air Gap) الموجودة بين العضو الدائر والعضو الثابت والظاهرة فى الرسم رقم (١ – ١١) .

رسم رقم (١ – ١١) . سن قلم الرصاص تبين موضع الثغرة الهوائية الموجودة بين العضو الدائر والعضو الثابت للمحرك .

إن التيار والمغناطيسية المستنتجة فى العضو الدائر يكونان دائماً فى الخلف قليلاً بالنسبة لأقطاب المغناطيسية الدائرة بالعضو الثابت . إن حالة التغير الوقتية المستمرة هذه تحدث قوى الجذب والتنافر التى تجعل العضو الدائر يستمر فى الدوران .

ولزيادة الإيضاح ، فإن حركة العضو الدائر يمكن أن تشبه بأنه يوجد دائما قطب (ش – N) بالعضو الثابت يجذب قطب (حـ – S) فى العضو الدائر ، بينما يكون فى نفس الوقت قطب (حـ – S) فى العضو الثابت يدفعه من الخلف .

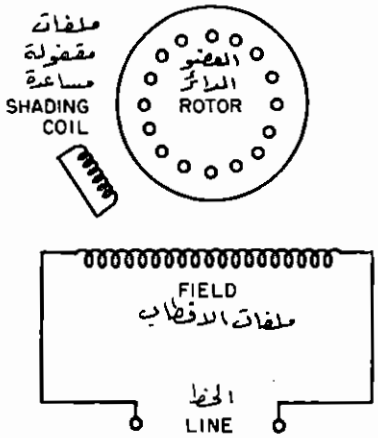
محركات الوجه الواحد

يستعمل عادة فى كثير من عمليات التبريد وتكييف الهواء الأنواع الخمسة الآتية من محركات الوجه الواحد : المحركات ذات القطب المساعد (Shaded Pole) والمحركات ذات الوجه المنفصل (Split Phase) والمحركات ذات الوجه المنفصل الموصل معها كباستور بصفة دائمة (Permanent Split Capacitor-PSC) والمحركات الموصل معها كباستور تقويم وكباستور دوران (Capaciter Start, Run-CSR) والمحركات الموصل معها كباستور تقويم والاستنتاجية الدوران (Capaciter Start, Induction Run-CSIR)

وفيما يلى شرحاً مختصراً لكل نوع من هذه الأنواع :

١ – المحركات ذات القطب المساعد :

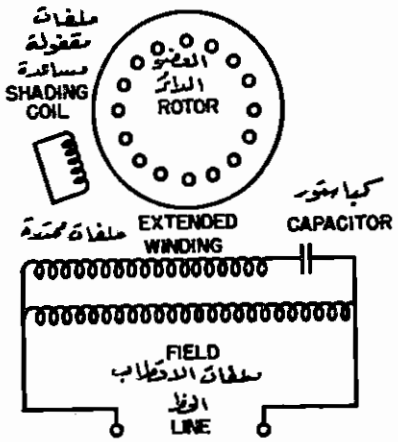
إن المحركات ذات القطب المساعد (Shaded Pole) هى محركات تعمل بالتيار المتغير ذى الوجه الواحد وتشتمل على ملفات مقفولة مساعدة (Shading Coil)، تنفصل مغناطيسيا عن ملفات المحرك الأساسية كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ١٢) ، وهذه الملفات المقفولة عادة تتركب من لفة واحدة مقفولة من شرائط النحاس . ويشتمل هذا المحرك على عضو دائر من نوع القفص السنجابى تصنع أسياخه (Bars) إما من الألومنيوم المسبوك أو النحاس الملحوم . هذا وتجعل الملفات المقفولة المساعدة المجال



رسم رقم (١ – ١٢) . الدائرة الكهربائية المبسطة للمحرك ذى القطب المساعد .

المغناطيسى فى جزء من القطب متأخراً خلف المجال المغناطيسى الأساسى مما يحدث عزماً ضعيفاً لبدء دوران المحرك . وبدء عزم التقويم المنخفض لهذا النوع من المحركات يحدد استعماله فى الإدارة المباشرة للمراوح حيث إن احتياجات عزم بدء الدوران المطلوب لها ليس كبيراً .

وتستعمل فى الوقت الحاضر أيضاً المحركات ذات القطب المساعد والملفات الممتدة (Extended Winding Shaded Pole) وهى عبارة عن محركات ذات قطب مساعد ولكنها تشتمل فى نفس الوقت على ملفات ممتدة ، توصل كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ١٣) بالتوالى مع كباستور ، والمجموعة توصل



رسم رقم (١ – ١٣) . الدائرة الكهربائية المبسطة للمحرك ذى القطب المساعد والملفات الممتدة .

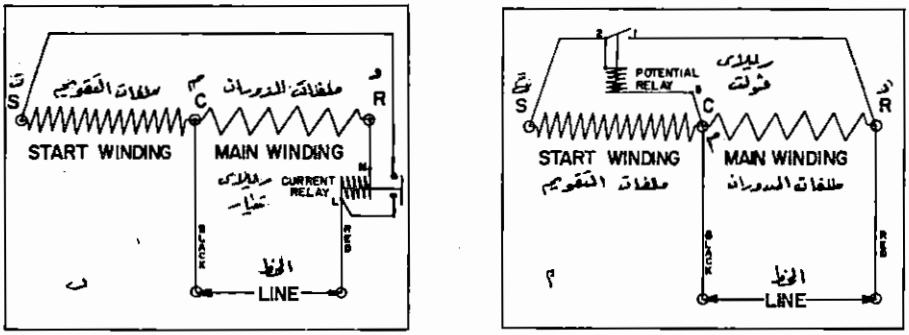
بالتوازى مع الملفات الأساسية . وهذا النوع من المحركات له معامل قوة (Power Facter) يتراوح ما بين ٧٠ و ٩٠٪ ، وتيار تشغيل يتراوح ما بين ٦٥ و ٨٠٪ بالنسبة للمحركات ذات القطب المساعد . وهذا النوع من المحركات التى يظهر شكل أحدها فى الرسم رقم (١ – ١٤) ازداد استعمالها أخيرا بشكل ملحوظ فى عدة مجالات مثل أجهزة تكييف هواء العزف ، نظرا لأن معامل القوة بها مرتفع وتيار تشغيلها منخفض عن المحركات ذات القطب المساعد .

رسم رقم (١ – ١٤) . شكل المحرك ذى القطب المساعد والملفات الممتدة

٢ – المحركات ذات الوجه المنفصل :

فى المحرك ذى الوجه المنفصل (Split Phase) تكون ملفات الدوران (Running Winding) وملفات التقويم (Starting Winding) به موصلة مع بعضها بالتوازى وتبعد عن بعضها بمقدار ٩٠°. وتلف ملفات الدوران بأسلاك سميكة نسبياً ، بينما ملفات التقويم تلف بأسلاك رفيعة ولها مقاومة أكبر كثيراً من ملفات الدوران . ونظراً لهذه المقاومة الأكبر والانفصال الطبيعى ، فإن ملفات التقويم تكون خارج الوجه (Out Of Phase) قليلاً عن ملفات الدوران وذلك يحدث قوة مغناطيسية كافية تجعل عضو المحرك الدائر يدور .

الرسم رقم (١ – ١٥) يبين رسمين مختلفين لدائرة التوصيل المبسطة للمحرك ذى الوجه المنفصل . الرسم الأول لدائرة المحرك التى تشتمل على ريلاى فولت (Potential Relay) والثانى لدائرة المحرك التى تشتمل على ريلاى تيار (Current Relay) وذلك لفصل دائرة ملفات التقويم عندما تصل سرعة الضاغط سرعة دورانه العادية .



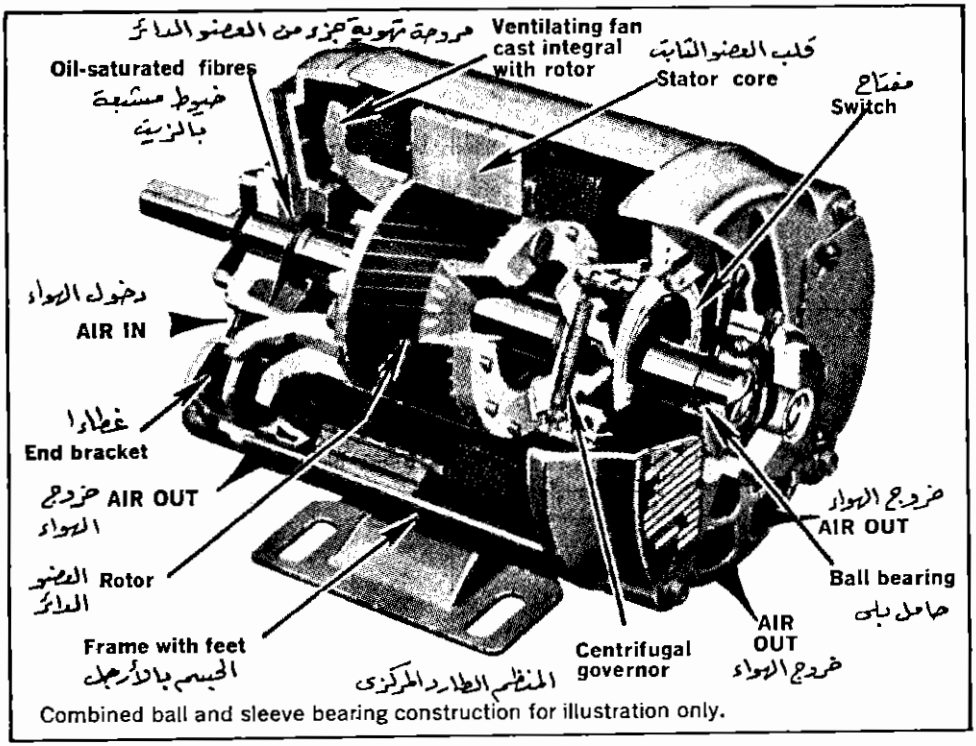
رسم رقم (١ – ١٥) . الدائرة الكهربائية المبسطة للمحرك ذى الوجه المنفصل .

(أ) دائرة المحرك الذى يشتمل على ريلاى فولت . (ب) دائرة المحرك الذى يشتمل على ريلاى تيار .

هذا وعادة يكون ريلاى التيار مفتوحا عندما لا يكون مغذى بالتيار ، ويلف ملفه بحيث يجعل قطع تماسه (كونتاكت) تقفل عندما يُسحب تيار التقويم بواسطة المحرك ، وتفتح قطع التماس عندما يصل هذا التيار إلى حالة الحمل الكامل العادية . ولذلك فإن ريلاى التيار يقفل فقط أثناء دورة التقويم .

وريلاى الفولت عادة يكون مقفولا عندما لا يكون مغذى بالتيار ، ويصمم ملفه ليفتح قطع تماسه عندما يتولد فولت كاف بواسطة ملفات التقويم فقط ، نظرا لأن الفولت أو القوة الدافعة

الكهربائية الخلفية (Back-EMF) التى تتولد بواسطة ملفات التقويم تتناسب مع سرعة المحرك ويفتح الريلاى فقط عندما يبتدئ المحرك فى القيام وعندما يصل إلى سرعة دورانه العادية . هذا وعزم تقويم المحرك ذى الوجه المنفصل منخفض ، وتيار تقويمه مرتفع وجودته تعتبر منخفضه نسبيا ، ونتيجة لذلك فإن هذا المحرك محدد استعماله فى دوائر التبريد المركب بها ماسورة شعرية (Capillary Tube) والمحركات التى قوتها أجزاء من الحصان .



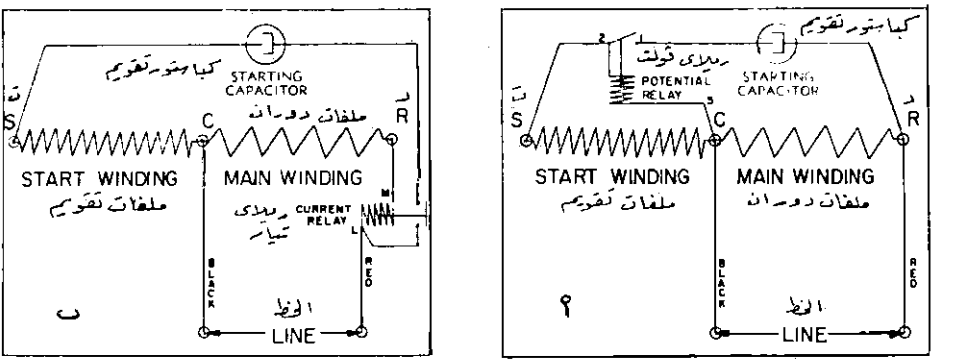
رسم رقم (١ – ١٦) . قطاع فى محرك مفتوح ذى وجه منفصل ، وتظهر به الأجزاء المختلفة التى يتركب منها .

هذا وبالنسبة للمحركات ذات الوجه المنفصل المفتوحة فإنه يركب داخل المحرك نفسه مفتاح طارد مركزى (Centrifugal Switch) بدلا من الريلاى يعمل على فصل ملفات التقويم عندما تصل سرعة المحرك سرعة دورانه العادية . والرسم رقم (١ – ١٦) يبين قطاعاً فى هذا المحرك ومكان تركيب هذا المفتاح الطارد المركزى بداخله .

٣ – المحركات الموصل معها كباستور تقويم والاستنتاجية الدوران :

إن المحركات الموصل معها كباستور تقويم والاستنتاجية الدوران (Capaciter Start-Run.-CSR) تشابه فى تركيبها المحرك ذى الوجه المنفصل فيما عدا الطريقة التى تستعمل لإحداث انفصال فى لوجه (Phase Displaceiment) اللازم للتقويم . ففى المحرك ذى الوجه المنفصل ، يكون الانفصال فى الوجه بسبب المقاومة الأعلى فى ملفات التقويم . أما فى المحركات الموصل معها كباستور تقويم فإن الانفصال فى الوجه اللازم ينتج من استعمال كباستور يوصل بالتوالى مع ملفات التقويم . والدائرة الكهربائية المبسطة لهذا النوع من المحركات تظهر فى الرسم رقم (١ – ١٧) .

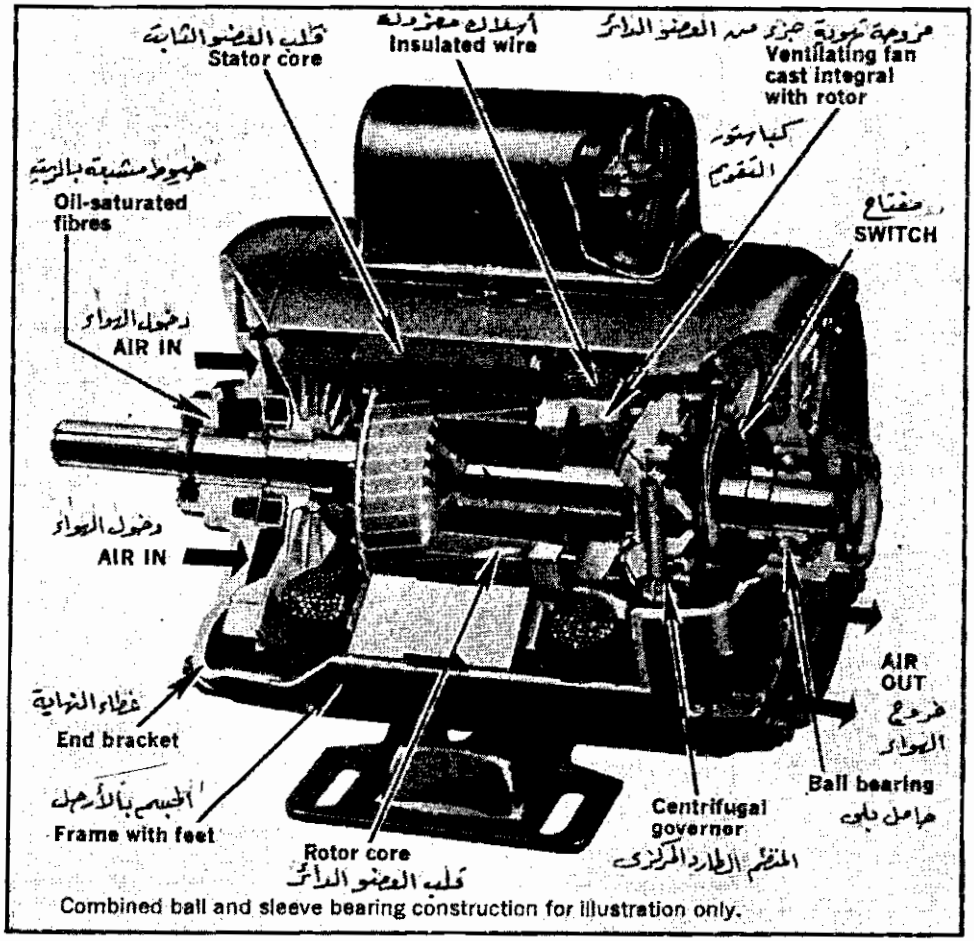
هذا وترفع ملفات التقويم من الدائرة بعد أن يقوم المحرك بواسطة إما ريلاى الفولت أو التيار السابق شرح طريقة عملها .



رسم رقم (١ – ١٧) . الدائرة الكهربائية المبسطة للمحرك الموصل معه كباستور تقويم والاستنتاجى الدوران .
(ا) دائرة المحرك الذى يشتمل على ريلاى فولت . (ب) دائرة المحرك الذى يشتمل على ريلاى تيار .

وهذا النوع من المحركات له عزم تقويم عال ، ولذلك فإنه يعتبر مناسبا فى الاستعمالات التى لا يكون موجود بها ضغط متعادل بين ناحيتى الضغط العالى والمنخفض بدائرة التبريد عند القيام . ونظراً لأن معامل القوة بهذا النوع من المحركات منخفض ، فإن استعماله عادة محدود فى الحالات التى تحتاج إلى أجزاء من الحصان .

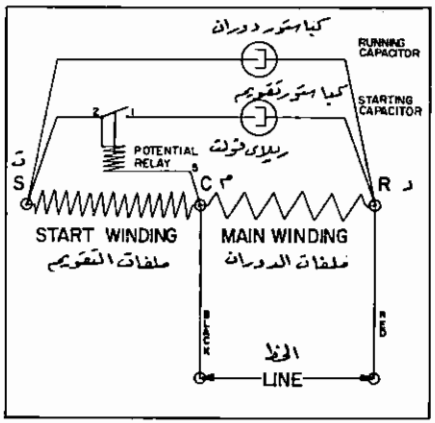
وأيضا بالنسبة للمحركات من هذا النوع التى تدير الضواغط المفتوحة فإنه يركب داخل المحرك نفسه مفتاح طارد مركزى بدلا من الريلاى يعمل على فصل ملفات التقويم عندما تصل سرعة المحرك سرعة دورانه العادية . والرسم رقم (١ – ١٨) يبين قطاعاً فى هذا المحرك ومكان تركيب المفتاح الطارد المركزى بداخله وكذلك كباستور التقويم .



رسم رقم (١ – ١٨) . قطاع فى محرك موصل معه كباستور تقويم واستنتاجى الدوران ، من النوع الذى يدير الضواغط المفتوحة ، وتظهر به الأجزاء المختلفة التى يتركب منها .

٤ – المحركات الموصل معها كباستور تقويم وكباستور دوران :

(Capaciter Start, Run-CSR) بتوصيل كباستور دوران بالتوازى مع كباستور تقويم (بالنهايتين S, R) كما هو موضح بالرسم رقم (١ – ١٩) فإن المحرك يقوى نظرا لأن ملفات التقويم تحمل فى الوجه مع الملفات الأساسية بعد أن يفصل كباستور التقويم ، وبذلك يسمح لملفات التقويم بأن تحمل حمل الدوران . ويقوم كباستور الدوران بتقوية المحرك ، ويحسن معامل القوة ، ويخفض تيار المحرك ، ويزيد من جودته ، ويخفض من درجة حرارة المحرك عند حالات التصميم . ومع ذلك فإن هذا المحرك يجب



رسم رقم (١ – ١٩) . الدائرة الكهربائية المبسطة للمحرك الموصل معه كباستور تقويم وكباستور دوران .

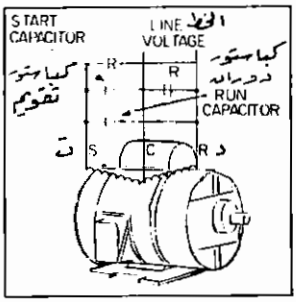
أن يصمم خصيصا ليعمل بكباستور دوران وكباستور تقويم ، إذ أن المحرك الإستنتاجى الدوران عادة لا يصلح لأن يحول ليعمل بدلا من هذا النوع من المحركات .

وعادة فإنه لا يوصى باستعمال ريلاى تيار لتقويم المحركات الموصل معها كباستور تقويم وكباستور دوران ، نظراً للخطورة التى تحدث من تفريغ كباستور الدوران بكباستور التقويم خلال ريلاى التيار عندما يقفل . وكذلك فإن القولت العالى الذى يتولد عند كباستور الدوران يمكن أن يسبب حدوث شرارة كهربائية عند نقط تماس ريلاى التيار وإحتمال حدوث لحام بها مسبباً تلف الضاغط . وإذا استعمل ريلاى تيار مع المحرك الموصل معه كباستور تقويم وكباستور دوران ، فإنه يلزم فى هذه الحالة تركيب مقاومة بين كباستور الدوران وكباستور التقويم لمنع سريان التيار العالى إلى كباستور التقويم عند القيام . وهذه الحالة لا تحدث فى الدوائر الموصل بها ريلاى قولت نظراً لأن قطع تماسه (كونتاكت) تكون عادة مقفولة عند القيام وإن القولت الذى يتولد عند كل من كباستور التقويم والدوران متشابه .

إن كباستور الدوران يكون موصلا فى الدائرة بصفة مستمرة ، وهو لذلك مصمم ليعمل بصفة مستمرة ، بينما كباستور التقويم يستعمل بصفة وقتية فقط فى كل مرة يقوم فيها المحرك ، ولذلك فإنه يصمم للاستعمال الوقتى .

هذا والرسم رقم (١ – ٢٠) يبين الدائرة المبسطة لمحرك من هذا النوع خاص بإدارة الضواغط المفتوحة .

إن المحركات الموصلة معها كباستور تقويم وكباستور دوران لها جودة عالية ، ومعامل قوة عال ، وعزم بدء تقويم مرتفع وتستعمل كمحركات وجه واحد بأحجام تتراوح من أجزاء الحصان حتى ٥ أحصنة .

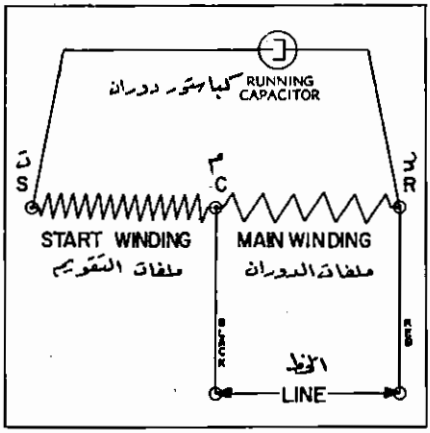


رسم رقم (١ – ٢٠) . الدائرة الكهربائية المبسطة للمحرك الموصل معه كباستور تقويم وكباستور دوران ، من النوع الذى يدير الضواغط المفتوحة .

٥ – المحركات ذات الوجه المنفصل الموصل معها كباستور بصفة دائمة :

(Permanent Split Capacitor-PSC). فى بعض الاستعمالات التى لا تحتاج إلى عزم تقويم عال ، فإن المحرك الموصل مع ملفاته كباستور دوران يعتبر مرغوبا فيه ، نظرا لتحاشى استعمال كباستور التقويم والريلاى ، مما يجعل هذا المحرك اقتصاديا وذى جودة لا بأس بها ، ولكن مع ذلك فإن عزم تقويمه منخفض .

الرسم رقم (١ – ٢١) يبين الدائرة الكهربائية المبسطة للمحرك ذى الوجه المنفصل الموصل معه كباستور بصفة دائمة ، وهى تشابه دائرة المحرك الموصل معه كباستور تقويم وكباستور دوران ، ولكنها لا تشتمل على كباستور تقويم وريلاى . وإذا احتجنا إلى زيادة عزم التقويم فإنه يمكن إضافة مجموعة كباستور تقويم وريلاى لدائرة هذا المحرك ، مما يجعله بعد ذلك يشابه فى عمله المحرك الموصل معه كباستور تقويم وكباستور دوران .

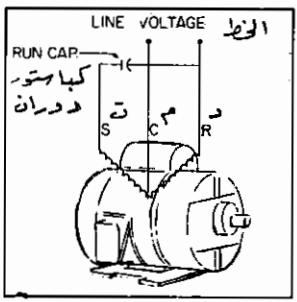


رسم رقم (١ – ٢١) . الدائرة الكهربائية المبسطة للمحرك ذى الوجه المنفصل الموصل معه كباستور بصفة دائمة .

ويستعمل كباستور الدوران مع هذا المحرك لإحداث عزم التقويم وتحسين جودة المحرك ، وتخفيض التيار الذى يسحبه وكذلك درجة حرارة ملفاته .

ونظرا لأن عزم تقويم هذا المحرك منخفض فإنه يستعمل مع الضواغط المركبة فى دوائر التبريد التى تتعادل(Equalized) فيها الضغوط بين ناحيتى الضغط العالى والمنخفض بها قبل قيام الضاغط .

هذا والرسم رقم (١ – ٢٢) يبين الدائرة المبسطة لمحرك مفتوح من هذا النوع .



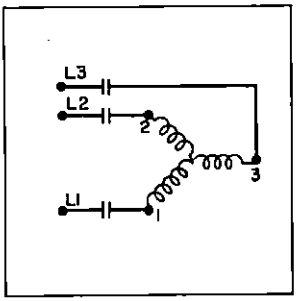
رسم رقم (١ – ٢٢) . الدائرة الكهربائية المبسطة لمحرك مفتوح ذى وجه منفصل موصل معه كباستور بصفة دائمة .

محركات الثلاثة أوجه

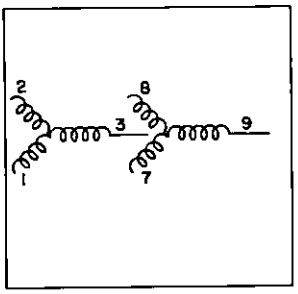
عادة تستعمل المحركات الثلاثة أوجه الاستنتاجية عندما نحتاج إلى استعمال محركات قوتها أكبر من ٧ أحصنة ، ومع ذلك فإنه يمكن أيضاً الحصول على محركات ثلاثة أوجه بقوة أصغر حتى $\frac{1}{2}$ حصان . وجميع هذه المحركات لها على الأقل ثلاثة ملفات داخلية ، وكل ملف منها مساو فى مقاومته للملف الآخر أو نفس عدد لفات الأسلاك . ومن أهم مزايا هذا النوع من المحركات الجودة العالية ، والخواص الجيدة للتقويم والدوران ، وهى لا تحتاج إلى ريلاى تقويم خارجية أوكباستور .

ومعظم أنواع هذه المحركات المستعملة فى عمليات التبريد وتكييف الهواء التى قوتها تبلغ حتى ١٢٠ حصاناً توصل ملفاتها الداخلية بطريقة النجم (Star) أو حرف (WYe) . هذا ومعظم المحركات الموصلة بهذه الطريقة أو محركات الضواغط المحكمة القفل (Hermetic Compressor) لها ٣ أو ٦ أو ٩ أطراف .

والمحركات التى لها ثلاثة أطراف المبين توصيلها فى الرسم المبسط رقم (١ – ٢٣) مصممة لاستعمالات الفولت الواحد وتوصل لتقوم عن طريق بادئ الحركة بالتوصيل المباشر (Across-The-Line-XL)



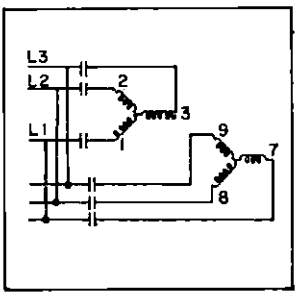
رسم رقم (١ – ٢٣) . الدائرة الكهربائية المبسطة لمحرك ثلاثة أوجه ، له ثلاثة أطراف .



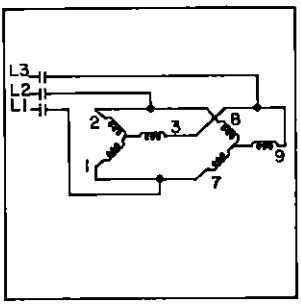
رسم رقم (١ – ٢٤) . الدائرة الكهربائية المبسطة لمحرك ثلاثة أوجه ، له ستة أطراف .

أما المحركات التى لها ستة أطراف المبين توصيلها فى الرسم المبسط رقم (١ – ٢٤) هى أساسا عبارة عن محركين لكل منهما ثلاثة أطراف مجمعة فى محرك واحد . وتستعمل هذه المحركات عادة فى العمليات التى تحتاج أحصنة كبيرة والتى تكون فيها طريقة التقويم بالملفات الجزئية Part-Winding Start-PW ضرورية لتخفيض التيار المندفع الابتدائى الداخل لها Initial Inrush Current إلى المستوى المناسب والاقتصادى . ونحتاج فى هذه الحالة إلى استعمال مفتاحى توصيل (كونتاكتور) أو بادئ حركة (**Starter**) وريلاى تأخير زمنى لقفل المفتاح الثانى بعد الأول بتأخير زمنى عادة يبلغ ثانية واحدة (+ $\frac{1}{2}$ ثانية) .

هذا ويمكن أيضا توصيل المحركات ذات الستة أطراف لتقوم عن طريق بادئ الحركة بالتوصيل المباشر (xL) ، وذلك بتوصيل المحركين ذى الثلاثة أطراف بالتوازى ، وعموما يجب أن يتم توصيلها بطريقة الوجه الصحيحة (Properly Phase Connected) بمصدر تغذيتهم المشترك . وفى حالة عدم توصيلها بطريقة صحيحة فإن أحد الملفات (يضاد – Buck) الملف الآخر مما يسبب حدوث تيار حالة

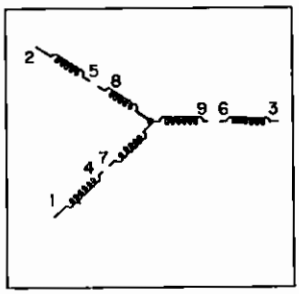


رسم رقم (١ – ٢٥ أ) الدائرة الكهربائية المبسطة لمحرك ثلاثة أوجه ، له ستة أطراف للتقويم بطريقة الملفات الجزئية .

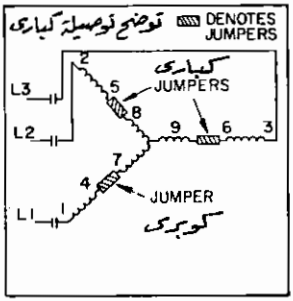


رسم رقم (١ – ٢٥ ب) . الدائرة الكهربائية المبسطة لمحرك ثلاثة أوجه ، له ستة أطراف للتقويم عن طريق بادئ الحركة بالتوصيل المباشر .

قفش العضو الدائر (Locked Rotor) ويفصل قاطع الوقاية من زيادة الحمل واحتمال تلف المحرك . الرسمين رقم (١ – ٢٥ ا) و(١ – ٢٥ ب) يوضحان طريقة توصيل محرك له ستة أطراف للتقويم بطريقة الملفات الجزئية (Pw) والتقويم عن طريقة بادئ الحركة بالتوصيل المباشر (xL) .

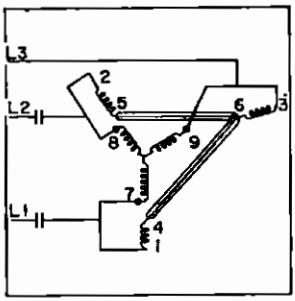


رسم رقم (١ – ٢٦) . الدائرة الكهربائية المبسطة لمحرك ثلاثة أوجه ، له تسعة أطراف موصلة بطريقة النجم .

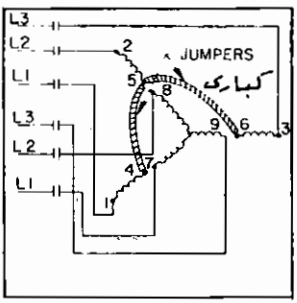


رسم رقم (١ – ٢٧ ا) . طريقة توصيل ملفات المحرك الثلاثى الأوجه الذى له تسعة أطراف ليعمل بتيار ضغطه مرتفع .

والمحركات التى لها تسعة أطراف الموصلة بطريقة النجم المبينة فى الرسم المبسط رقم (١ – ٢٦) يمكن أن توصل بتيار ضغطه مرتفع بتوصيل كل ملفين بها بالتوالى فى كل رجل فولت (Voltage Leg) كما هو مبين بالرسم رقم (١ – ٢٧ ا) ويمكن أيضاً توصيلها بدوائر الفولت المنخفض كمحرك تقوم إما بطريقة الملفات الجزئية (Pw) أو عن طريق بادئ الحركة بالتوصيل المباشر (XL) وذلك إذا كانت الملفات توصل بالتوازى بطريقة صحيحة كما هو مبين بكل من الرسمين رقم (١ – ٢٧ ب) أو (ا – ٢٧ جـ) .



رسم رقم (١ – ٢٧ ب) . طريقة توصيل ملفات المحرك الثلاثى الأوجه الذى له تسعة أطراف ليعمل بتيار ضغطه منخفض ، وللتقويم بطريقة الملفات الجزئية .



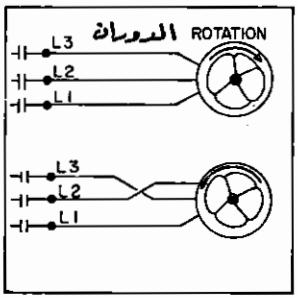
رسم رقم (١ – ٢٧ حـ) . طريقة توصيل ملفات المحرك الثلاثى الأوجه الذى له تسعة أطراف ليعمل بتيار ضغطه منخفض ، وللتقويم عن طريق بادئ حركة بالتوصيل المباشر .

وكذلك توصيلها بطريقة الوجه الصحيحة لمنع أحد الملفات من أن (يضاد – Buck) الآخر .

عكس دوران محرك الثلاثة أوجه :

إن اتجاه دوران عمود (Shaft) محرك الثلاثة أوجه سواء كان فى اتجاه أو عكس حركة عقرب الساعة يتوقف على طريقة توصيل تيار الثلاثة أوجه لهذا المحرك . لهذا السبب يجب فحص اتجاه دوران أى محرك ثلاثى الأوجه يدير أية مروحة أو طلمبة أو ضاغط من النوع المفتوح الذى يدور فى اتجاه واحد فقط ، وذلك قبل البدء فى إدارة هذه الأجهزة « إن معظم أنواع الضواغط المحكمة القفل تشتمل على طلمبات زيت من النوع الذى يعكس اتجاه دورانه أوتوماتيكياً Automatically-Reversible ، ولهذا فإن اتجاه الدوران بهذه الضواغط لايؤثر على تشغيلها) .

قم بتوصيل التيار إلى دائرة المحرك ، وقم بتغذية المحرك لمدة حوالى ثانية واحدة ، ثم قم بقطع التيار عنه . راقب دوران عمود المحرك من ناحية اتجاه دورانه وذلك عندما تبطئ سرعته ليتوقف فإذا كان اتجاه الدوران غير صحيح ، قم بقطع التيار وقم بتغيير تركيب أى سلكين موصلين بأطراف المحرك كما هو موضح بالرسم رقم (١ – ٢٨) وعادة يكون من الأسهل تغيير هذه الأطراف من عند مفتاح التوصيل (كونتاكتور) أو بادئ الحركة . قم بعد ذلك بتوصيل التيار وراجع اتجاه الدوران .



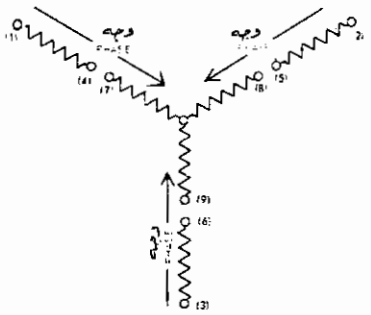
رسم رقم (١ – ٢٨) . طريقة عكس اتجاه دوران محرك الثلاثة أوجه .

وفى كثير من الأحيان يلاحظ أنه عند قيام مؤسسات أو شركات توصيل تيار القوى بتركيب كابلات كهربائية جديدة أو محولات إلخ ، أن الأسلات الأصلية الموصلة بالمبنى يصبح تركيبها معكوسا وتسبب عكس اتجاه دوران المحركات الثلاثية الأوجه الموجودة بهذا المبنى . فعندما تحدث مثل هذه الحالة ، فإنه يلزم عكس تركيب أى سلكين من عند توصيلة المبنى الأساسية .

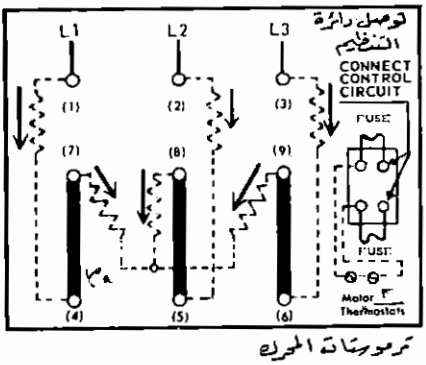
المحركات التى تعمل بضغطين (فولتين) مختلفين :

يوجد بعض أنواع محركات الضواغط المحكمة القفل التى تعمل بتيار متغير ثلاثة أوجه يمكن أن

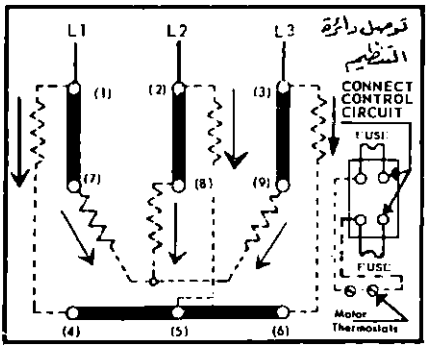
تعمل بضغطين (فولتين) مختلفين (Dual Voltage Motors) . ويلف العضو الثابت بها بملفين متشابهين ، حيث يوصلان بالتوازى ليعملا عند ٢٠٨ أو ٢٢٠ فولت ، وبالتوالى ليعملا عند ٤٤٠ – ٤٨٠ فولت . والرسومات رقم (١ – ١٢٩ ، ب ، جـ ، د) تبين التوصيلات الداخلية لهذا النوع من المحركات وطريقة توصيل كبارى الأطراف لتعمل عند ضغوط (فولت) مختلفة وبطرق تقويم مختلفة كذلك . ويلاحظ أن بهذه الأنواع ملفين بالتوازى ولها تسعة أطراف يجب أن يتم توصيلها بطريقة صحيحة بالنسبة لفولت التيار المغذى . وفى حالة توصيل هذه الملفات خارج الوجه (Out of Phase) أو فى حالة عدم وضع خوص الوصلات(Jumper Bars) فى أماكنها الصحيحة ، فإن درجة حرارة المحرك ترتفع بدرجة كبيرة مما يؤدى إلى احتمال حدوث تلف به .



رسم رقم (١ – ١٢٩) . الرسم المبسط لدائرة محرك ضاغط محكم القفل يعمل بضغطين مختلفين (فولتين) وتظهر به مواقع أطراف النهايات وعلاقة الأوجه .

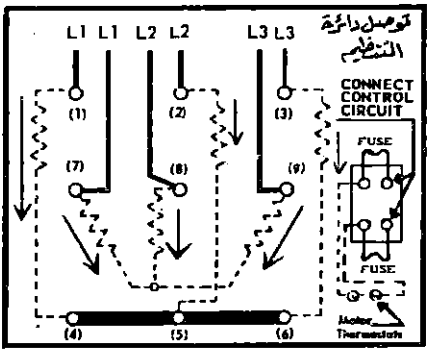


رسم رقم (١ – ٢٩ ب) . التوصيلات الداخلية للمحرك وكبارى الأطراف فى وضع يسمح بتقويم المحرك باستعمال مفتاح توصيل مباشر واحد بفولت ٢٠٨/٢٢٠ .



ترموستات المحرك

رسم رقم (١ – ٢٩ حـ) . التوصيلات الداخلية للمحرك وكبارى الأطراف فى وضع يسمح بالتقويم المباشر بفولت ٤٤٠/٤٨٠ .



ترموستات المحرك

رسم رقم (١ – ٢٩ د) . التوصيلات الداخلية للمحرك وكبارى الأطراف فى وضع يسمح بالتقويم المباشر بفولت ٢٢٠/٢٠٨ باستعمال مفتاحين أو بالتقويم بالملفات الجزئية .

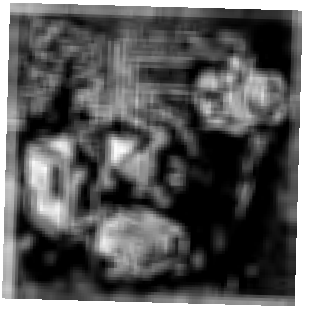
اختبار عزل المحرك

المحركات المفتوحة :

من وقت لآخر يجب إجراء اختبار مقاومة عزل المحرك وذلك بالنسبة للمحركات الكبيرة التى تعمل بضغط عال ، وذلك لتحديد إذا كانت مقاومة المادة العازلة التى تحيط بأسلاك ملفات المحرك قد انخفض مقدارها بدرجة لاتجعل أو تسمح للمحرك بالعمل عند الفولت المقرر وبدون أن يتلف ، نظرا لاحتمال حدوث قصر إما بين الملفات نفسها أو بين الملفات والأرض . وإذا كانت المقاومة منخفضة بدرجة تسمح بحدوث أى نوع من القصر ، فإنه ينتج عن ذلك تلف بالمحرك .

إن مقاومة أى محرك تتغير بشكل ملحوظ تبعا للحالة فى وقت أخذ القياسات مثل : درجة حرارة عازل الملفات ، والرطوبة ، وفولت جهاز الاختبار المستعمل ، وفترة إجراء الاختبار ، ونوع المادة العازلة المستعملة ، وإذا كانت هذه المادة ملامسة لمواد غريبة (مثل مركب التبريد والزيت ، إلخ . .) ونظرا لجميع هذه التغيرات الممكن حدوثها ، فإنه أصبح من غير الممكن اختيار مقدار مقاومة محدودة (عادة تقاس بملايين الأوهم أو الميجا أوهم) على أساسها يمكن وضع خط فاصل بين المحرك الجيد وغير الجيد . وعلى العموم فإن التفسير الجيد لقراءات جهاز القياس يمكن أن يعطى دليلاً جيداً عن حالة عزل المحرك . هذا ويوصى بإجراء (اختبار الرقم الدال القطبى – Polarity Index Test) المبين فى الرسم

رقم (١ – ٣٠) ولإجراء هذا الاختبار نحتاج إلى جهاز (ميجا أوهميتر – Megohmmeter) أو جهاز ميجر (Megger) ويجب أن تكون درجة حرارة المحرك أو ملفات محرك الضاغط عند حوالى ٧٠ ف . وبالنسبة للمحركات التى تعمل عند ضغط ٦٠٠ فولت أو أقل فإنه يكون من الضرورى استعمال جهاز ميجا أوهميتر ضغطه ٥٠٠ فولت ، والمحركات التى تعمل عند ضغط يتراوح مابين ٢٣٠٠ و ٤١٦٠ فولت تحتاج إلى جهاز ميجا أوهميتر ضغطه ٢٥٠٠ فولت . وعادة يجرى الاختبار عند ناحية الحمل من مفتاح التوصيل (كونتاكتور) أو بادئ الحركة بدلا من عند المحرك ، وبذلك يمكن أن يشمل الاختبار أيضا جميع عازل الموصلات من بادئ الحركة إلى المحرك .



رسم رقم (١ – ٣٠) . اختبار عزل المحرك باتباع طريقة الرقم الدال القطبى .

إجراء اختبار الرقم القطبى :

نقطع جميع التيار الى المحرك . نقوم بفتح لوحة بادئ الحركة أو مفتاح التوصيل (كونتاكتور) ، ونفصل أطراف أسلاك المحرك من عند بادئ الحركة أو مفتاح التوصيل . قم باستعمال ميجا أوهميتر مناسب ، وقم بتوصيل أحد طرفى سلكى الجهاز إلى جسم المحرك أو الضاغط أو الأرض . ضع طرف سلك الجهاز الآخر فوق أحد أطراف المحرك . أدر يد جهاز الميجر وراقب مقدار المقاومة التى يسجلها الجهاز عند فترات ١٠ و ٦٠ ثانية . قم بقسمة قراءة ٦٠ ثانية على قراءة ١٠ ثوان . هذه تعطى (الرقم الدال القطبى – (Polarization Index Number) التى يجب أن تكون ١,١٥ أو أعلى ، ويجب أن تكون قراءات ١٠ و ٦٠ ثانية أعلى من ٥ ميجا أوهم . قم بفحص كل وجه أو طرف مع الأرض بهذه الطريقة . وفى المحركات الموصلة ملفاتها بطريقة الدلتا يجب أن يتم الفحص مابين الوجه والوجه وبين الوجه والأرض .

ملاحظة : باتباع هذه الطريقة يتم فحص حالة عزل المحرك والموصلات التى تغذيه بالتيار فإذا كان الرقم الدال القطبى الذى تم تسجيله أقل من ١,١٥ يكرر الاختبار عند نهايات المحرك بعد فصل موصلات تغذية التيار عنه .

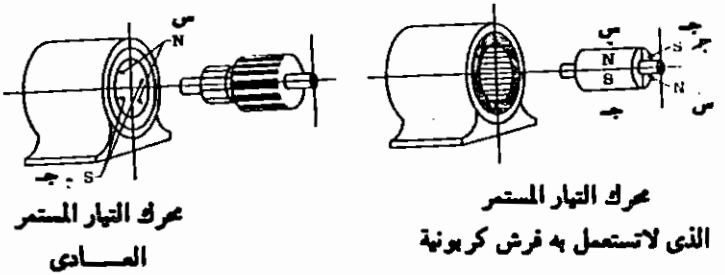
محركات الضواغط المحكمة القفل :

يجب ان تختبر محركات الضواغط المحكمة القفل باستعمال جهاز ميجر ٥٠٠ فولت (الفولت الأعلى قد يسبب تلف المادة العازلة) ، ويجب أن لايجرى الاختبار عندما يكون المحرك واقعا تحت تفريغ (In Vacuum) ، ويوصل طرف أحد سلكى جهاز الميجر بأحد أطراف محرك الضاغط وطرف سلك الجهاز الآخر يحسم غلاف الضاغط ، وذلك بعد رفع مادة الطلاء المدهون بها هذا الجسم عند الجزء الذى يلامسه طرف هذا السلك . تداريد جهاز الميجر بسرعة ثابتة وتسجل قراءة المقاومة التى تظهر على تدريج الجهاز. ونظرا لأن مقاومة العزل تختلف بالنسبة لدرجة حرارة الملفات ، وكمية الرطوبة الموجودة بدائرة التبريد ، إلخ ، لهذا يكون من غير الممكن أيضا فى مثل هذه الحالة تحديد قيمة محددة لقراءة يؤتمن إليها . وعلى العموم عندما يكون المحرك عند درجة حرارة المكان (٧٠ – ٩٠° ف) (أى عندما يكون صندوق مرفق الضاغط باردا قليلا بدرجة يمكن لمسه باليد) ، فإن قراءة جهاز الميجر التى قدرها ١٠٠٠ ميجا أوهم أو أعلى تدل على أن عزل المحرك بحالة جيدة . والقراءة التى قدرها من ٥ حتى ١٠٠٠ ميجا أوهم تدل على أن العزل يجب أن يحسن بتشغيل الدائرة بعد تركيب مجفف (Dehydrator) كبير بها . والقراءة التى قدرها ٥٠٠٠٠٠ أوهم حتى ٥ ميجا أوهم تدل على أن عزل المحرك مشكوك به ، وإنه يمكن أن يتحسن بإجراء عملية التفريغ الثلاثى (Triple Evacuation) لدائرة التبريد ، وتركيب مجفف جديد بها . وهذه الحالة كثيرا ماتحدث بعد ظهور تنفيس بدائرة التبريد حيث تتمكن الرطوبة من الدخول إليها . هذا وقراءة جهاز الميجر التى قدرها ٥٠٠٠٠٠ أوهم أو أقل عادة تدل على أن عزل المحرك أصبح تالفا ويلزم تغيير الضاغط بآخر جديد .

محركات التيار المستمر التى لا يستعمل بها فرش كربونية:

إن محركات التيار المستمر الحديثة التى لا تستعمل بها فرش كربونية (Brushless DC Motors) قد أصبحت بديلا ممتازا لمحركات التيار المستمر التى تشتمل على عضو توحيد بها (DC Commutator Motors) وفرش كربونية، وذلك فى الإستعمالات التى تحتاج إلى سرعات عالية، وفقد منخفض، وعزم منخفض أو عملية توحيد بدون خدوث شرر كهربائى.

إن كلا الطرازين من المحركات المذكورة تشتمل على مغناطيسات (Mag nets) وذلك لإحداث المجال المغناطيسى (Flux)، وملفات متعددة الأوجه لحمل التيار الكهربائى. هذا ومحركات التيار المستمر التى تشتمل على عضو توحيد يوجد بها مغناطيسات مركبة بالعضو الثابت (الجزء الذى لا يدور)، وكذلك ملفات بالعضو الدائر (Rotor). وكما هو مبين بالرسم رقم (١ - ٣١) فإن أماكن تركيب هذه المغناطيسات والملفات تعكس فى محرك التيار المستمر الذى لا يستعمل به فرش كربونية ، حيث توجد به هذه المغناطيسات بالعضو الدائر والملفات على العضو الثابت. والرسم رقم (١ - ٣٢) يوضح لنا مقارنة بين الأجزاء التى يشتمل عليها كل من محرك التيار المستمر الذى لا يشتمل على فرش كربونية، ومحرك التيار المستمر الذى يشتمل على عضو توحيد. إن محرك التيار المستمر الذى لا تستعمل به فرش كربونية يتكون من عضو كهربائى دائر ومجموعة توحيد إلكترونية (Electronic Commutator Assy.) وهذه المجموعة عادة تركب داخل المحرك نفسه.

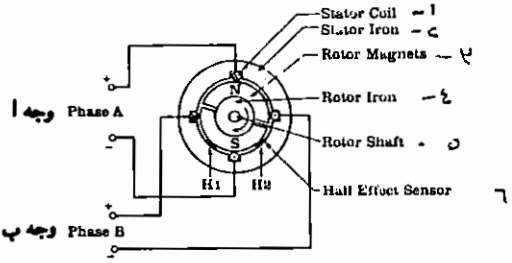


رسم رقم (١ - ٣١).أماكن تركيب كل من المغناطيسات والملفات فى كل من محرك التيار المستمر الذى لا تستعمل به فرش كربونية، ومحرك التيار المستمر العادى.

إن عملية التوحيد فى هذا النوع من المحركات تتم عن طريق توصيل العضو الثابت إلكترونيا فى الوقت المناسب. وتحتاج هذه العملية إلى جزء حساس لتحديد الموقع (Position Sensor) ووحدات قوى نصف موصلة (Semiconductor Devicws) لتوصيل التيار. وطبعا دائرة التوحيد فى هذا المحرك تعتبر أكثر تعقيدا من محرك التيار المستمر الذى يشتمل على عضو توحيد. هذا والرسم رقم (١ - ٣٣) يبين الأجزاء المختلفة التى يتركب منها هذا النوع من المحركات ومكان تركيب جزء الحس الموصل بزاوية كهربائية مقدارها ٤٥ درجة من الملفات.

هذا ونظرا للمزايا العديدة لهذا النوع من المحركات الحديثة، فلقد إنتشر استعمالها فى ضواغط التبريد وتكييف الهواء والمراوح على الأخص باليابان والولايات المتحدة الأمريكية، وكذلك قد تم استعمالها أيضا فى بلاد أخرى لأغراض مختلفة.

رسم رقم (١ - ٣٢). مقارنة بين الأجزاء التى يشتمل عليها كل من محرك التيار المستمر الذى لا تستعمل به فرش كربونية، ومحرك التيار المستمر الذى يشتمل على عضو توحيد وفرش كربونية



رسم رقم (١ - ٣٣). الأجزاء ألتى يتركب منها محرك تيار مستمر لا تستعمل به فرش كربونية به قطبين وذو وجهين.

١ - ملفات العضو الثابت.
٢ - حديد العضو الثابت.
٣ - مغناطيسات العضو الدائر.
٤ - حديد العضو الدائر.
٥ - عمود العضو الدائر.
٦ - الجزء الحساس (سنسور).