الفصل الحادى عشر

العناية بالمحركات الكهربائية وأجهزة التنظيم وبيانات فنية مختلفة

العناية بالمحركات الكهربائية وأجهزة التنظيم

وبيانات فنية مختلفة

المحركات الكهربائية

طريقة فك وتجميع المحرك الكهربائى :

الخطوات التالية تعطى فكرة عن طريقة فك وتجميع المحرك الكهربائى بوجه عام ، ويلزم دائماً الرجوع إلى النشرات والبيانات الفنية الخاصة بكل طراز منها والتى تقدمها الشركات المختلفة التى تصنع هذه المحركات :

١ – فك المحرك :

(ا) ترفع طارة الإدارة ومسامير رباط أوجه المحرك أولاً ، وكذلك غطاء البلى الخارجى ناحية عدم الإدارة . وتستعمل بعد ذلك قطعة من الخشب أو النحاس الأصفر عند نهاية عمود الدوران ، ويطرق عليها لرفع الحوامل مع العضو الدائر كما هو مبين بالرسم رقم (١١–١ا) .

شكل رقم (١١– ١١)

(ب) باستعمال مفكين بعد ذلك فى المجارى الموجودة بجسم المحرك (Yoke) ، ناحية الإدارة ، مع مراعاة العناية بعدم إتلاف ملفات العضو الثابت ، فإنه يمكن سحب وجه المحرك والعضو الدائر بأكمله وبدون إتلاف حامل الاسطوانات (Roller Bearing) كما هو مبين بالرسم رقم (١١–١ب).

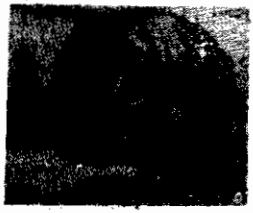
شكل رقم (١١– ا ب)٠

٢ – إعادة تجميع المحرك :

(جـ) لإعادة تجميع المحرك ، يوضع العضو الدائر داخل العضو الثابت ، ويركب غطاء المحرك الداخلى ناحية عدم الإدارة فى الحامل . ويجب بعد ذلك تدوير الغطاء ببطء أثناء الطرق بخفة حول مكان غطاء الحامل كما هو مبين بالرسم (١١ – ١ جـ) .

شكل رقم (١١ – ١ جـ)

(د) وعندما يتم وضع غطاء المحرك الداخلى بطريقة صحيحة على الحامل ، يركب وجه المحرك الخارجى ناحية عدم الإدارة ، ويطرق بخفة على ناحية سُرر تركيب مسامير رباط وجهى المحرك كما هو مبين بالرسم رقم(١١-١ د) ، ويركب بعد ذلك الغطاء الخارجى للحامل .



شكل رقم (١١ – ١ د)

(هـ) للمساعدة فى ضبط تركيب الغطاء الخارجى للحامل عند تركيب غطاء المحرك ناحية الإدارة ، يركب مسمار واحد من مسامير ربط وجهى المحرك فى جسم الحامل الداخلى ، مما يتيح تركيب الغطاء الداخلى فى موضعه الصحيح لرباط مسامير الغطاء الخارجى كما هو مبين بالرسم رقم (١١-اهـ).

شكل رقم (١١-اهـ)

(و) يركب وجه المحرك الخارجى ناحية عدم الإدارة فى الحامل ويدُور ، ويطرق عليه بخفة وعلى سُرر تركيب مسامير رباط الأوجه كما هو مبين بالرسم رقم (١١-١و)، يركب بعد ذلك غطاء الحامل بالحامل الخارجى .

رسم رقم (١١-١و) طريقة فك وإعادة تجميع المحرك .

تنظيف المحركات الكهربائية :

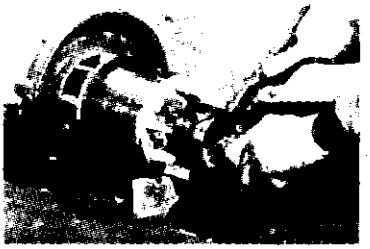
إن المحركات الكهربائية تحتاج إلى صيانة بسيطة ، ولكن حتى فى أنظف المواقع ، فإن طبقة كثيفة من الغبار يمكن أن تتجمع فوق ملفات هذه المحركات . ولذلك يكون من الأهمية تنظيف هذا الغبار خلال فترات منظمة ، ولو أنه من غير الضرورى دائماً أن نقوم بفك المحرك كلية لإجراء هذه العملية ، ويكتفى بإستعمال منفاخ كهربائى (Blower) من النوع الذى يمكن حمله بسهولة لدفع تيار هواء قوى جاف لتنظيف أى غبار أو نسالة خيوط بسرعة من فوق الأجزاء الحيوية الموجودة بالمحرك كما هو مبين بالرسم رقم (١١-٢).

رسم رقم (١١- ٢) استعمال المنفاخ الكهربائى لتنظيف المحرك الكهربائى .

وعندما يجرى فك أجزاء المحرك ، فإنه يلزم تنظيف الأوساخ من جميع أجزائه ، كالملفات وأغطية النهايات ، وبعد ذلك يعاد دهان جسم المحرك ، وتعالج ملفاته بدهان عازل . وعند إعادة عزل ملفات العضو الثابت بطريقة الدهان المبينة بالرسم رقم (١١-٣)، فإنه من المستحسن جعل الدهان العازل

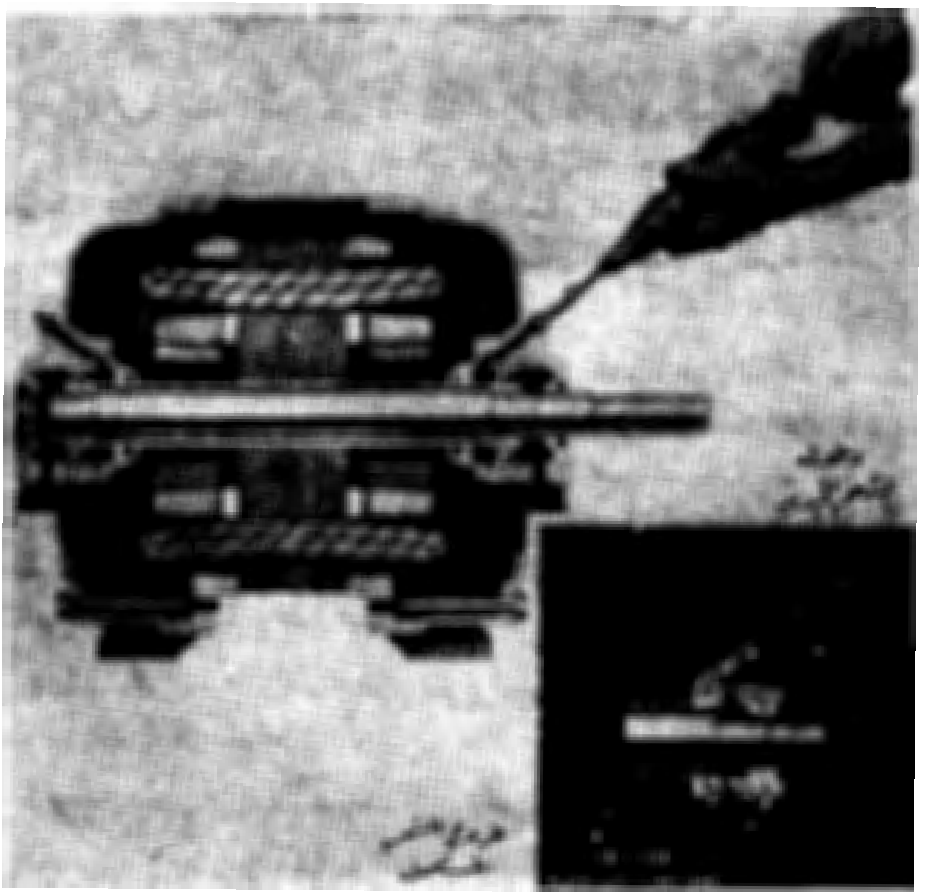
رسم رقم (١١- ٣) إعادة عزل ملفات العضو الثابت للمحرك .

ينساب داخل مجارى العضو الثابت ، حتى إذا جف بعد ذلك فإنه يعمل كحشو (Filler) يمنع دخول المواد الغريبة داخل هذه المجارى . ومن الضرورى أيضاً تنظيف حوامل المحرك باستعمال سائل تنظيف جيد بالطريقة المبينة بالرسم رقم (١١-٤). ويفضل استعمال زيت الديزل (Diesel Oil) فى إجراء ذلك .



رسم رقم (١١- ٤) تنظيف حوامل المحرك .

وفى حالة استعمال البرافين أو البترول لإجراء عملية تنظيف هذه الحوامل ، فإنه يلزم إعادة تشحيمها فوراً باستعمال زيت الماكينات (Machine Oil) أولاً وبعد ذلك يستعمل الشحم المناسب المعروف نوع منه تجاريا باسم (GARGOYLE GREASE BRB NO3) وهـو من إنتاج شركة موبيل أويل أو (ALVANIA NO2) من إنتـاج شركة شل ، وذلك باستعمال المشحمة الخاصة الظاهرة فى الرسم رقم (١١-٥)، وذلك إذا كانت حوامل البلى أو الاسطوانات الموجودة بالمحرك مجهزة بطبات خاصة لاستعمال هذا النوع من المشاحم .



رسم رقم (١١- ٥) تشحيم حوامل المحرك باستعمال مشحمة خاصة كالظاهرة فى الرسم .

طريقة تنظيف المحركات الكهربائية

تعتبر الأتربة العدو اللدود لكثير من الحالات التى تؤدى إلى تلف المحركات الكهربائية. فإذا كنت أحد القائمين بعمليات الصيانة، فإنك بلا شك تعلم أن المحركات الكهربائية المفتوحة تتجمع عليها أيضا الزيوت والأوساخ الشحمية والنسالة، وأن هذه المواد الغريبة تعمل على زيادة إرتفاع درجة حرارة هذه المحركات مما يؤدى إلى تقصير فى عمرها العادى وخلق مشاكل حدوث اللهب.

هذا وحتى المحركات التى يطلق عليها الكاملة القفل (Totally enclosed)، عادة يتوقف تبريدها على الهواء الذى يسحبه المحرك عن طريق المروحة المركبة به. وهذا الهواء عادة يحتوى أيضا على ذرات الأتربة. وعلى ذلك يكون من الواضح أن جميع المحركات الكهربائية، فيما عدا المحركات الخاصة بضواغط التبريد المحكمة القفل أو النصف محكمة القفل، يجب تنظيفها وذلك بوضع برنامج صيانة لها. إن تكاليف صيانة هذه المحركات تعتبر بسيطا جدا إذا ما قورن بالمبالغ الكبيرة اللازمة لإعادة لفها أو إستبدالها وذلك عند حدوث تلف بها.

ولتنظيف هذه المحركات يجب استعمال النوع المناسب من محاليل التنظيف (Solvents) التى يجب أن تكون لها الخواص الآتية:

١ - يجب أن تكون لها مقاومة عالية للكهرباء (أى غير موصلة).

٢ - يجب أن تتبخر كلية بدرجة كافية، وبدون أن تترك أية طبقة ولو رقيقة من الزيت أو الترسبات بأى شكل من الأشكال.

٣ - يجب أن لا تؤذى المادة العازلة، والأسلاك والمعادن.

٤ - يجب أن تكون غير سامة.

٥ - يجب أن تكون معتمدة لاستعمالها من هيئات أو معامل مسؤلة.

هذا وما لم يكن المحلول المذيب المستعمل غير موصلا للكهرباء، فإنه قد يسبب حدوث قصر بالمحرك، وخصوصا عندما يوضع المحرك فى الخدمة وذلك قبل ان يتبخر هذا المحلول المذيب كلية.

ومن الضرورى أن تكون لهذا المحلول المذيب قابلية فى سرعة التغلغل وإذابة الزيوت والشحومات، نظرا لأن معظم أنواع الأوساخ التى نجدها داخل المحركات لها طبيعة زيتية، أو أنها تلتصق على السطح عن طريق لاصق زيتى.

هنا وما لم يكن أيضا المحلول المذيب غير ضار للأسلاك والمواد العازلة والمعادن الموجودة بالمحرك، فإنه قد يسبب تلفا أكبر بدلا من قيامه بالعمل الجيد المطلوب. وكذلك فإن المنظفات ذات التأثير القوى تعمل هى الأخرى على إتلاف المواد المطاطية والورنيش العازل لأسلاك ملفات المحرك وتسبب عطلا بالمحرك.

هذا ومحاليل التنظيف التى تترك ترسبات تؤدى هى الأخرى إلى تلف أجزاء المحرك. ومحاليل المذيبات التى تتبخر بسرعة فإنها لا تسمح هى الأخرى بالقيام بعملية تنظيف جيدة، وتساعد على تكاثف الرطوبة بملفات أقطاب المحرك.

ولذلك يجب مراعاة العناية التامة لإختيار نوع المحلول المذيب، بحيث يكون مأمونا للإستعمال والتخزين. ومن أجل ذلك يلزم التأكد بفحص أقصى تركيز بخار لهذا المحلول الذى سيتم إختياره. وهذا التركيز يتراوح من ناحية السمية ما بين ٢٥ جزء لكل مليون جزء (PPM) من الهواء وذلك بالنسبة لمحلول الكربون تتراكلوريد (Carbon tetra chloride) إلى ٥٠٠ جزء لكل مليون التى يمكن قبولها لهذا المحلول. هذا ولو أن هذا النوع من المحاليل المذيبة قد استعمل لمدة كبيرة من الزمن لهذا الغرض، إلا أنه فى الوقت الحاضر قد **أوقفت معظم الصناعات إستعماله كمحلول مُذيب للتنظيف نظرا لسميته الشديدة.** ويكفى أن تعلم أن بخار ملئ فنجان شاي من هذا المحلول المذيب فى مكان غير جيد التهوية تسبب حدوث وفاه لمن يستعمله.

هذا وتوجد الآن فى الأسواق محاليل مذيبة لها أسماء تجارية مختلفة تُعطى الخواص المطلوبة والمأمونة فى نفس الوقت.

وعلى سبيل الاستدلال فقط يمكن استعمال أحد الأنواع الآتية من المحاليل المذيبة أو ما يعادلها لهذا الغرض:

1 – Degreasing Solvent (41610)

من إنتاج شركة Calgon Corp.
بالولايات المتحدة الأمريكية
أو

2 – Stewart Hall No. 11
Degreaser Solvent

من إنتاج شركة Stewart Hall
بالولايات المتحدة الأمريكية

إن الطرق المستعملة لتنظيف المحركات الكهربائية تتغير تبعا لحجم هذه المحركات. وتعتبر طريقة التنظيف بالرش (Spray Cleaning) من أفضلها، حيث يستعمل جهاز رش يقوم برش المحلول المذيب بدون أن تخلطه مع الهواء، ويلزم أن لا يرتفع الضغط فى جهاز الرش عن ٥٠ ـ ٦٠ رطل / بوصة مربعة (٣,٥ ـ ٤,٢ كجم / سم^{٢}) وذلك حتى لا يحدث ضررا بالأسلاك أو الأجزاء الدقيقة الموجودة بالمحرك.

وللقيام بعملية التنظيف نقوم برش كمية كافية من المحلول المذيب على المحرك، وذلك لبلل جميع أجزاؤه. وبعد ذلك نستعمل الهواء المندفع (النفخ)، ويجب أن لا يزيد ضغط هذا الهواء أيضا عن ٥٠ ـ ٦٠ رطل / بوصة مربعة (٣,٥ ـ ٤,٢ كجم / سم^{٢}) وذلك لإزالة المحلول المذيب وإذابة الشحم والزيت والأتربة.

ويجب عدم استعمال هذا الهواء المندفع لتجفيف المحرك كلية. فإذا ما قمنا بترك الطبقة الأخيرة من المحلول المذيب لتجف بطريقة عادية، فإننا بذلك نمنع تغلغل الرطوبة داخل ملفات المحرك.

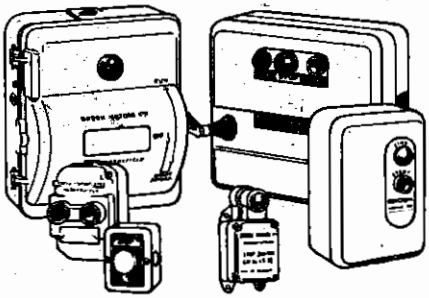
وعادة يمكن تنظيف المحرك الذى لا يكون موضوعا فى الخدمة بورش الصيانة، وذلك بفك أجزاءه، ونقوم بتنظيف أغطية نهايتيه وجسمه بغمرها فى خزان ممتلىء بالمحلول المذيب، وتنظيف أجزاؤه الباقية بطريقة الرش (Spray Method). هذا وبعد رفع أغطية نهايتيه وجسمه من الخزان، يتم نفخها بالهواء مع إعطاء عناية خاصة بالجيوب الموجودة بها التى يتجمع فيها المحلول المذيب. وبعد ذلك يتم تجميع أجزاء المحرك التى تكون قد أصبحت نظيفة.

هذا والرسم رقم (١١ ـ ٦) يبين لنا الخطوات التى تتبع عند تنظيف المحرك.

رسم رقم (١١ - ٦). الخطوات التى تتبع عند تنظيف المحرك الكهربائى

أجهزة التنظيم

فيما يلى جدولاً زمنيا للقيام بعملية فحص وصيانة أجهزة التنظيم المستعملة فى الدوائر الكهربائية الخاصة بأجهزة التبريد وتكييف الهواء .



الفحص من شهر إلى ثلاثة أشهر	الفحص من أجل	الخطوات التى تتبع
جميع الأجزاء .	الأوساخ ، الغبـــار ، الرطوبة ، التآكل .	ترفع الأوساخ ، تنظف وتجفف أو تستبدل الأجزاء المتآكلة .
الأجزاء المتحركة .	الزرجنة ، الالتصاق .	يحدد السبب ويعالج (قد يكون بسبب الاعوجاج ، الأوساخ ، نقص فى التزييت . لا تقم بتزييت الحوامل المصنوعة من البلاستيك .
قطع التماس (كونتاكت) .	(تنظر الرسومات الموجودة بنهاية هذا الجدول) .	
	تآكل شديد .	تستبدل .
	خشونة شديدة بالسطح .	تنعم قطع التماس المصنوعة من النحاس باستعمال المبرد بخفة (لا تنعم

الفحص من شهر إلى ثلاثة أشهر	الفحص من أجل	الخطوات التى تتبع
		قطع التماس المصنوعة من سبائك الفضة باستعمال المبرد) .
	وجود ترسبات من الأوساخ .	تنظف باستعمال مذيب تنظيف جيد .
	زيادة التسخين .	يحدد السبب ويعالج (إذا كانت قطع التماس مصنوعة من النحاس ، قد يكون السبب الأوكسيد . يرفع بمبرد ناعم) .
ضغط قطع التماس (كونتاكت) .	قيمة صحيحة .	إذا كان الضغط منخفضاً ، يحدد السبب ويعالج (إن ضغط قطع التماس الفضة أقل من ضغط قطع التماس النحاس) .
الوصلات .	عدم الرباط الجيد .	تنظف وتربط جيداً .
الوصلات المرنة .	قطع بالشعيرات ، تآكل ، احتراق .	تستبدل ، يزال السبب إذا كان ذلك ممكناً .
أغطية الشرارة .	مجبورة ، محترقة .	تستبدل .
الأجزاء الميكانيكية .	تآكل ، أعطال .	تعالج أو تستبدل .
المغناطيس .	تقفل بقوة .	يحدد السبب ويعالج (قد يكون السبب وجود فولت عالى جداً ، أو بايات ضعيفة) .
	وجود صوت مرتفع .	يحدد السبب ويعالج (قد يكون السبب وجود كسر فى الحلقة الموجودة بوجه القطب ، أو وجود

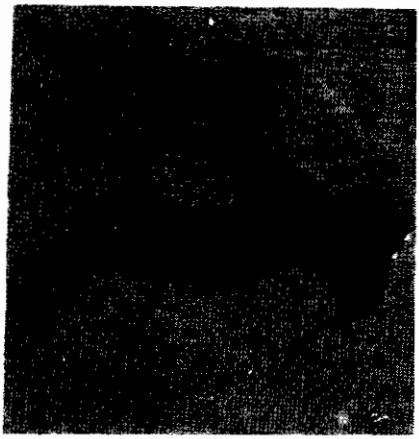
الفحص من شهر إلى ثلاثة أشهر	الفحص من أجل	الخطوات التى تتبع
		أوساخ أو غبار على هذا الوجه ، فولت منخفض) .
	حالة الملف .	يستبدل إذا وجد به تآكل أو تلف .
الجوانات	حالة عادية ، وجود تلف .	يستبدل إذا لزم الأمر .
أجهزة الوقاية الحرارية	حالة أجزائها .	تستبدلْ إذا لزم الأمر .
	قيمة المسخنات الصحيحة فى ريلاهات قواطع الوقاية من زيادة الحمل .	تستبدل إذا كانت ذات قيمة غير صحيحة .
	التشغيل الصحيح .	يضبط إذا لزم الأمر .
الحالات المحيطة .	حالات غير عادية (وجود تساقط أوطرطشة سوائل ، رطوبة زائدة ، غبار ، أو دخنة) .	تعالج الحالات . تعمل وقاية خاصة أوتستبدل أجهزة التنظيم بأنواع مناسبة .
ريلاى قواطع زيادة الحمل المغناطيسية .	حالة جميع الأجزاء .	تنظيف أوتستبدل إذا لزم الأمر .
	ضبط صحيح .	تضبط إذا لزم الأمر .
	التشغيل الصحيح .	يضبط إذا لزم الأمر .
ريلاى التأخير الزمنى .	التصاق ، أوساخ أوتآكل .	من الأضمن استبدال الريلاى ، وتضبط الفترة الزمنية بدقة .
المصهرات .	تآكل أوتأكسد عند النهايات	تنظف .

الفحص كل ستة أشهر	الفحص من أجل	الخطوات التى تتبع
المقاومات .	زيادة التسخين .	يفحص المقدار والتهوية .
الموحدات .	أوساخ أو تآكل .	تنظيف أو تستبدل .
	زيادة التسخين .	يفحص الفولت ، الحمل ، ودرجة الحرارة المحيطة .
المحولات .	شرارة .	يفحص الفولت .
	وصلات محلولة .	تنظيف وتربط الوصلات .
	تلف ميكانيكى .	تستبدل
	زيادة التسخين .	يفحص الفولت ، الحمل ، درجة الحرارة المحيطة .
	أوساخ أو تآكل .	تنظيف .

كيف يمكنك أن تحكم على حالة أوجه قطع التماس (كونتاكت)

إن التشغيل العادى أحياناً يجعل أوجه قطع التماس (كونتاكت) تظهر كما هو موضح بالرسم رقم (١١-٧أ) . فعند أجزاء الفحص فإن الأوجه التى تكون بهذا الشكل يجب أن تترك بحالتها

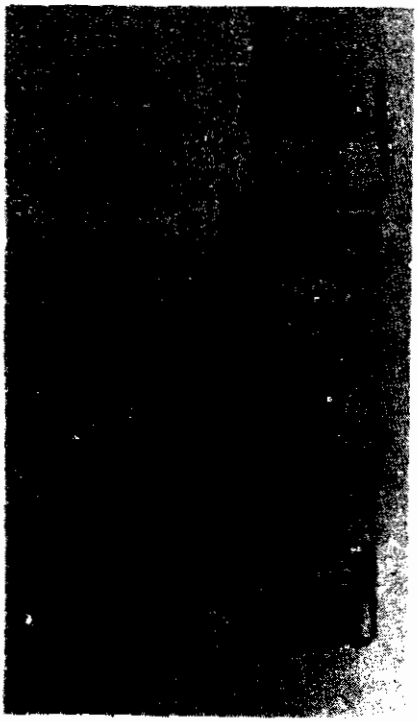
رسم رقم (١١-٧أ) إن التشغيل العادى لقطع التماس ، يجعل أحيانا أوجه هذه القطع تظهر بهذا الشكل ، ويجب أن تترك بحالتها .



رسم رقم (١١- ب) عندما تفحل قطع التماس الظاهرة فى الرسم رقم (١١- ، فإنها تحدث تماسا جيدا كما هو ظاهر بهذا الرسم .

(لا يستعمل المبرد لعلاجها) إذ أنها عندما تقفل تحدث تماساً جيداً كما هو مبين بالرسم رقم (١١-٧ب).

إن مقدار الخشونة الظاهرة فى سطح أوجه قطع التماس المبينة بالرسم رقم (١١-٨) هى التى تحدث عند التشغيل العادى (وأنها ستعمل أحسن إذ لم يتم بردها أوصنفرتها) .



رسم رقم (١١-٨)، إن مقدار الخشونة الظاهرة فى سطح أوجه قطع التماس المبينة فى هذا الرسم ، هى التى تحدث عند التشغيل العادى ، وأنها ستعمل أحسن إذا لم يتم بردها أو صنفرتها .

اكتشاف أعطال ومتاعب المحركات الكهربائية التى تعمل بتيار متغير وطرق علاجها

من المعروف أنه حتى أحسن المحركات الكهربائية صناعة فى العالم قد تتعطل فى بعض الأحيان ، ولكن قد يكون هذا العطل بسبب عارض فجائى خارج عن المحرك نفسه . والمحركات الكهربائية كالأشخاص تماما غالبا ما تعطى إنذارا يكشف عن علتها ، ولهذا يجب أن تحظى فى الحال بالعناية التامة التى نتحاشى بها تلفها وتوقفها عن العمل بعد ذلك كلية .

وخطوات الفحص الفنى البسيطة والسهلة الموضحة بالجدول التالى إذا اتبعت بصفة دورية ، واتخذ تبعا لذلك نوع العلاج المناسب ، فإن ذلك سيساعد بلا شك كثيرا فى الحصول على أحسن النتائج من المحرك الكهربائى طول سنوات عمله العديدة .

ويجب أن لا ننسى كذلك أن طرق الصيانة الفنية المجدية الحديثة تحتاج دائما إلى استخدام أجهزة الاختبار المناسبه خلال فترات دورية منتظمة – إذ قد يظهر الفحص اكتشاف العوارض الأولية لمتاعب المحرك ، وبذلك يمكن تلافى العطل قبل أن يستفحل .

وعموما يمكن تحديد عوارض المحرك الكهربائى المختلفة باختصار إلى ثلاثة أنواع حسب حواس الإنسان الثلاثة الآتية :

عوارض يمكن أن تراها :

العارض	الأسباب المحتملة	العلاج
١ – المحرك لا يمكنه أن يبتدىء فى الدوران .	يحدث هذا العارض عادة بسبب وجود متاعب فى دائرة التيار المغذى – كانصهار مصهر ، أو وجود قطع بأحد الأسلاك . الحمل الواقع على المحرك كبير جدا – يفصل المحرك عن الحمل الموصل به للتأكد من امكان ادارته بسهولة بدون هذا الحمل .	تفحص دائرة التيار المغذى – لا تحاول أن تجعل المحرك يدور ، بينما تكون ملفاته على وشك الإحتراق . يخفض مقدار هذا الحمل ، أو يغير المحرك بآخر له قوة أكبر .

عوارض يمكن أن تسمعها :

العارض	الأسباب المحتملة	العلاج
١ – سماع صوت شديد من المحرك .	الثغرة الهوائية المحيطة بالعضو الدائر (المسافة بين العضو الدائر والعضو الثابت) غير منتظمة – تقاس هذه الثغرة بواسطة المحبس (فيلر) .	تغير حوامل المحرك (الجلب أو البلى) ، وذلك قبل أن يحدث إحتكاك بين العضو الدائر والعضو الثابت .
	عدم وجود اتزان فى العضو الدائر – تفحص أسياخ قفص العضو الدائر .	يعمل اتزان للعضو الدائر ، بتركيب أو لحام ثقل مناسب فى الجزء من العضو الدائر المسبب لعدم الإتزان .
٢ – سماع صوت معدنى منتظم من المحرك .	وجود مواد غريبة داخل الثغرة الهوائية بين العضو الدائر والعضو الثابت .	يفك المحرك ، ويرفع العضو الدائر وتزال هذه المواد الغريبة .
٣ – سماع صوت دقات سريعة (فى المحركات ذات الحوامل الجلب) .	عدم وجود موازنة بين وصلة المحرك ووصلة الآلة التى يديرها .	تجرى عمل هذه الموازنة حتى يتلاشى سماع هذا الصوت .
٤ – سماع صوت دقات (كركرة) . (ا) – (من المحركات المركب بها حوامل بلى) .	تلف الحوامل لعدم وجود كمية شحم كافية بها – أو وجود حمل كبير على المحرك .	تغير الحوامل بأخرى جديدة – وتشحم بنوع الشحم الذى يوصى باستعماله (شحم ألفانيا رقم ٢ مثلاً) .
	وجود دفع شديد ناحية الحوامل .	تغير الحوامل بأخرى جديدة – وتشحم بنوع الشحم الذى يوصى باستعماله .

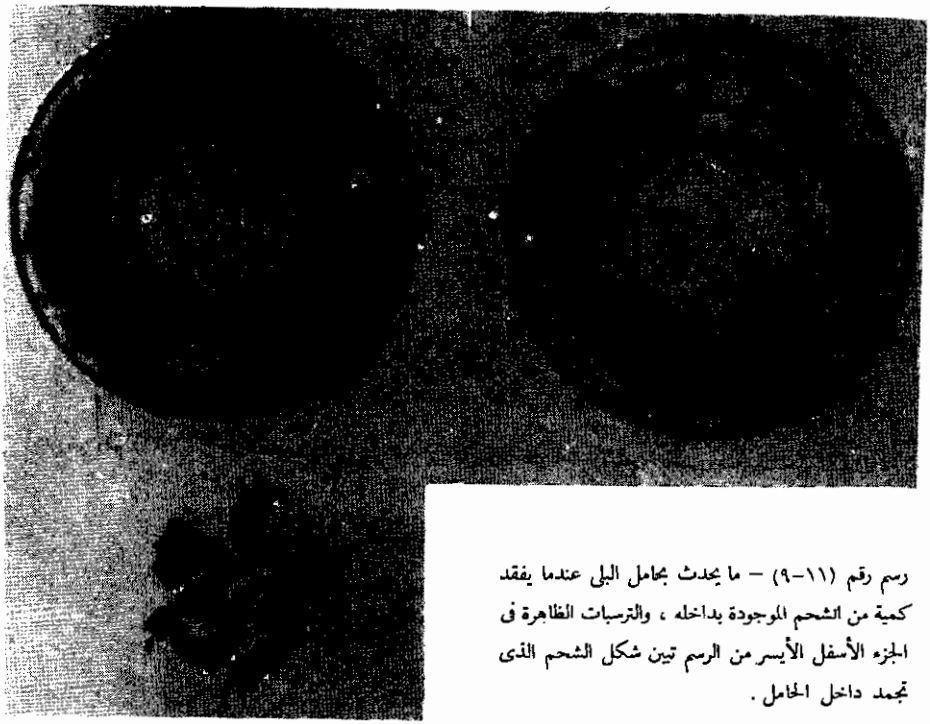
العارض	الأسباب المحتملة	العلاج
	حوامل البلى تتأرجح (تتحرك) داخل مكانها الموجود بغطائى نهايتى المحرك .	يغير الغطاء التالف بآخر جديد ، أو تعالج هذه الحالة .
	حوامل البلى تتحرك حول عمود دوران المحرك .	تغير الحوامل البلى بأخرى جديدة ذات فتحة داخلية قطرها أصغر .
	وجود مواد غريبة داخل شحم الحوامل بين البلى .	تغسل الحوامل بالكيروسين أو البنزين ، ويوضع لها شحم جديد
(ب) – (من المحركات المركب بها حوامل ذات إسطوانات (بلح) .	وجود تآكل بالبلح نظرا لعدم وجود شحم كاف بها – وجود حز بحلقة القفص الخارجية للحامل .	يغير الحامل بآخر جديد ، وتشحم بنوع الشحم الذى يوصى باستعماله اذا كان الحامل قديم يغير بآخر جديد ، اما اذا كان مركب حديثا ، فانه يلزم فى هذه الحالة فحص طريقة تركيبه فى غطاء نهاية المحرك .

عوارض يمكن أن تشعر بها .

العارض	الأسباب المحتملة	العلاج
١ – وجود اهتزاز بالمحرك .	عدم وجود موازنة بين وصلة المحرك ووصلة الآلة التى يديرها – أو وجود اهتزاز بالآلة التى يحركها .	تجرى عمل الموازنة – يعالج العيب الموجود بالآلة التى يحركها المحرك حتى يتلاشى إهتزازها .
٢ – وجود اهتزاز بالمحرك بعد عمل إصلاح به .	عدم وجود إتزان فى العضو الدائر ، نظرا لإحتمال عمل ثقوب اتزان جديده به ، أو لتركيب أو لحام ثقل اتزان جديد به لا لزوم له .	يعاد عمل اتزان للعضو الدائر ، ويفضل عمل اتزان ديناميكى له اذا أمكن ذلك .
٣ – ارتفاع بدرجة حرارة المحرك عن المقرر – يفحص ذلك بواسطة ترمومتر ، اذ لا يجب الاعتماد على اليد فى ذلك .	وجود أوساخ بالمحرك – يفحص مجرى سريان الهواء المبرد للمحرك .	ينظف المحرك بالهواء المضغوط ، وتستعمل سوائل تنظيف غير ضارة لتنظيف ملفات المحرك اذا لزم الأمر .
	المحرك محمل بحمل أزيد من المقرر له – يقاس الحمل بواسطة جهاز أمبيروميتر ، ويقارن بما هو مكتوب على لوحة بيانات المحرك .	يفحص وجود إحتكاك زائد بين اجزاء المحرك الثابتة والمتحركة ، وكذلك فى الآلة التى يحركها – يخفض الحمل ، أو يغير المحرك بآخر ذى قوة أكبر .
	وجود أرضى بالمحرك .	يحدد مكان الأرضى بواسطة لمبة إختبار أو بجهاز الميجر .

العارض	الأسباب المحتملة	العلاج
٤ – ارتفاع درجة حرارة حوامل المحرك .	عدم وجود موازنة بين حاملى المحرك .	تفحص أسطح جميع الأماكن التى تركب بها الحوامل وتعالج .
(ا) – (من نوع البلى أو الإسطوانات (البلح)) .	حالة الحوامل سيئة .	تفحص وتغير بأخرى جديدة اذا لزم الأمر .
	وجود كمية شحم ازيد من اللازم داخل الحامل .	يجب أن يملاء الشحم الحيز الداخلى للحامل ، ويجب أن نتحاشى بصفة خاصة وضع شحم أزيد من اللازم فى حوامل المحركات التى تكون سرعتها ٣٠٠٠ لفة/الدقيقة أو أكثر .
(ب) – (من نوع الجلب التى يتم تزييتها) .	حالة الحوامل سيئة .	تفحص وتغير بأخرى جديدة اذا لزم الأمر .
	عدم وجود موازنة بين وصلة المحرك ووصلة الآلة التى يحركها .	تجرى عمل الموازنة ، وفى جميع حالات ارتفاع درجة حرارة الحوامل يجب جعل عمود دوران المحرك دائرا حتى تنخفض درجة حرارة الحامل لمنع حدوث زرجنة به .
	وجود شد أزيد من اللازم فى السيور التى يديرها المحرك .	يخفض مقدار شد السيور .
	وجود دفع شديد ناحية الحوامل .	يخفض مقدار هذا الدفع من المحرك ، أو من الآلة التى يحركها (يجب أن يسمح لعمود دوران المحرك بحركه محوريه مناسبة) .

أعطال حوامل البلى والأسطوانات (البلح) الخاصة بالمحركات الكهربائية

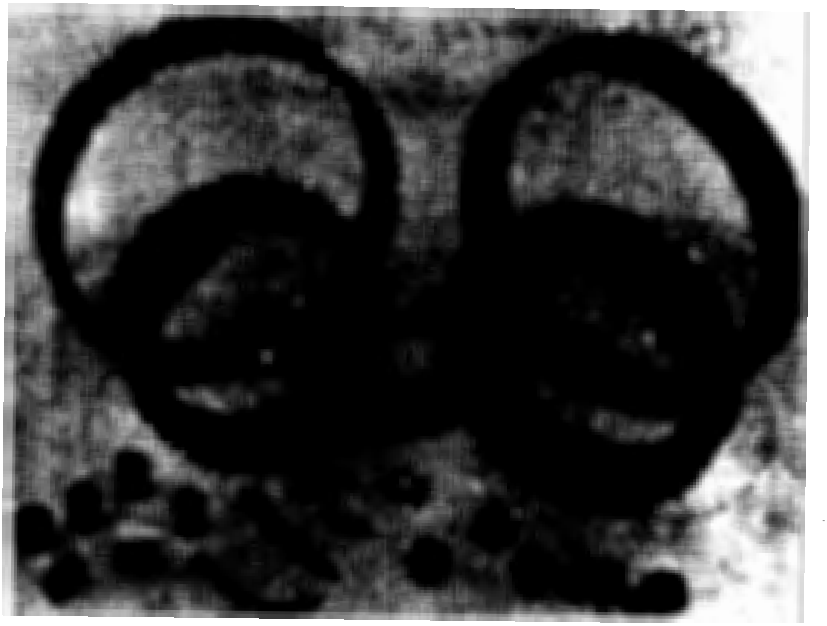


رسم رقم (١١-٩) – ما يحدث بحامل البلى عندما يفقد كمية من الشحم الموجودة بداخله ، والترسبات الظاهرة فى الجزء الأسفل الأيسر من الرسم تبين شكل الشحم الذى تجمد داخل الحامل .

فى الجدول السابق ذكرنا حالات معظم الأعطال التى قد تحدث عادة بحوامل البلى والأسطوانات (البلح) الخاصة بالمحركات الكهربائية ، هذا والرسومات الآتية تعطى لنا أيضا صورة واضحة عن هذه الحالات :

الرسم رقم (١١-٩) يوضح لنا ما يحدث بحامل البلى عندما يفقد كمية كبيرة من الشحم الموجود بداخله ، حيث ينتج من ذلك حدوث كسر فى قفصه ، وارتفاع مفاجئ فى درجة حرارته . والترسبات التى تظهر فى الجزء الأسفل الأيسر من الرسم تبين شكل الشحم الذى تجمد داخل الحامل .

الرسم رقم (١١-١٠) يوضح الكسر الكامل فى حوامل البلى والإسطوانات (البلح) بسبب عدم التشحيم المناسب .



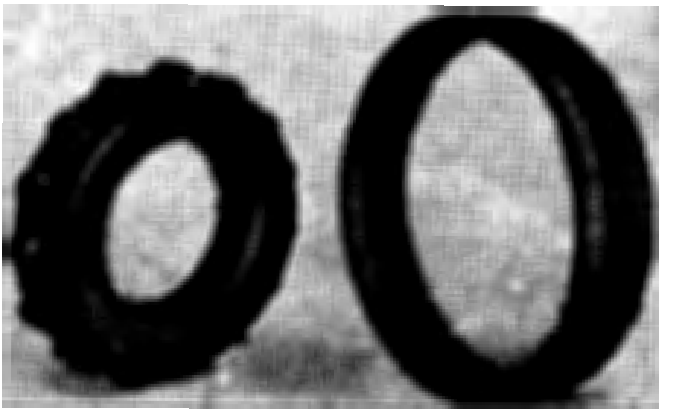
رسم رقم (١١-١٠) – الكسر الكامل فى حوامل البلى والاسطوانات (البلح) بسبب عدم التشحيم المناسب

رسم رقم (١١-١١) التلف الذى يحدث بالحلقة الخارجية لحامل الأسطوانات (البلح) بسبب اهتزاز المحرك أثناء وقوفه وذلك بتأثير عامل خارجى .

الرسم رقم (١١-١١) يوضح التلف الذى يحدث بالحلقة الخارجية لحامل الأسطوانات (البلح) بسبب اهتزاز المحرك أثناء وقوفه ، وذلك بتأثير عامل خارجى .

رسم رقم (١١-١٢) العلامات التى تظهر فى الحلقة الخارجية لحامل الأسطوانات (البلح) بسبب الإهمال أثناء تجميع أو فك أجزاء الحامل .

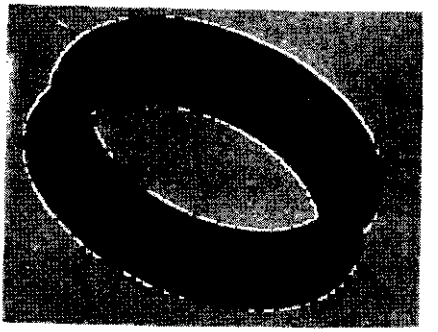
الرسم رقم (١١-١٢) يبين العلامات التى تظهر على الحلقة الخارجية لحامل الأسطوانات (البلح) بسبب الإهمال أثناء تجميع أو فك أجزاء الحامل .



رسم رقم ١١-١٣) آثار الحمل الزائد على حامل الأسطوانات بسبب الزيادة الكبيرة فى شد السيور المحركة .

الرسم رقم (١١-١٣) يوضح آثار الحمل الزائد على حامل الأسطوانات (البلح) بسبب الزيادة الكبيرة فى شد السيور المحركة .

الرسم رقم (١١-١٤) يوضح التآكل غير المركزى الذى يحدث بالحلقة الداخلية لحامل البلى بسبب حمل الدفع الزائد .



رسم رقم (١١-١٤) التآكل بالحلقة الداخلية لحامل البلى بسبب حمل الدفع الزائد .

كيف يمكن تحديد مواصفات المحركات الكهربائية التالفة التى قوتها أجزاء من الحصان، وذلك لإمكان إستبدالها

إن المحركات التى قوتها أجزاء من الحصان (FHP) التى تدير مباشرة مراوح بعض وحدات تكييف الهواء الصغيرة، يلزم فى بعض الأحيان إستبدالها بأخرى جديدة، وذلك عند حدوث تلف بها.

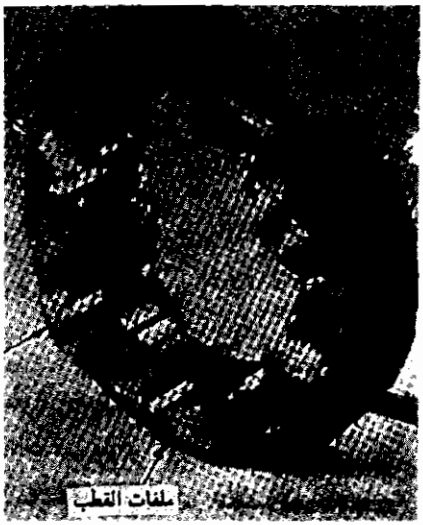
والآن دعونا نتحرك خطوة بخطوة خلال عملية الإستبدال هذه. ماذا يحدث عندما يكون هذا المحرك المطلوب إستبداله غير مذكور فى كتالوجات الشركات الصانعة، أو أن لوحة بياناته (Name plate) الموضوعة عليه قد فقدت، وبذلك تكون مواصفاته طبعا غير معلومة لدينا.

دونا نأخذ كمثال حالة جندى مجهول. فى هذه الحالة يكون هذا الجندى المجهول هو المحرك التالف المطلوب إستبداله بآخر جديد والغير موجود به لوحة بيانات ولا يدور.

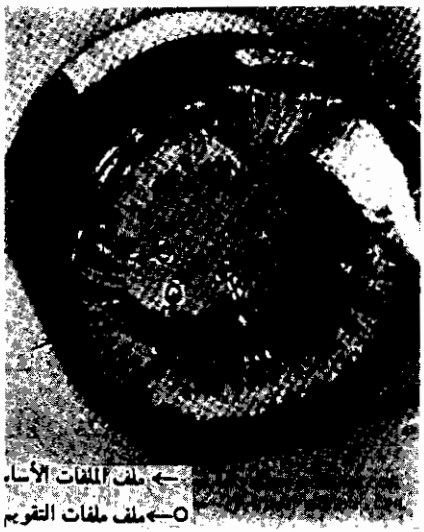
فيما يلى ستوخ بعض الأوليات التى يلزم استعمالها لتحديد المحرك البديل؛

١ - يُحدد القطر.
٢ - طراز المحرك؟
٣ - السرعة؟
٤ - عدد السرعات؟
٥ - إتجاه الدوران؟
٦ - الڤولت؟
٧ - قوته بالحصان؟
٨ - ملاحظة مواصفاته الميكانيكية.

ولتحديد قطر المحرك التالف، ببساطة نقوم بقياس قطر جسم المحرك فى المكان الذى يتصل بأوجه منها حتى أغطيته. لنقول مثلا أن جندنيا المجهول قطره ٥ ١/٢ بوصة (أو ٥ ٣/٨، ٥ ٥/٨ أو حوالى ٥ ١/٢ زائد أو ناقص ١/٤ بوصة). وبعد ذلك دعونا نحدد إذا كان هذا المحرك من النوع ذو القطب المساعد (Shaded Pole) أو من النوع ذو الوجه المنفصل الموصل معه كباستور بصفة دائمة (Permanent Split Capacitor)، وذلك بمراجعة شكل الملفات الموجودة بعضوه الثابت (Stator) كما هو موضح بالرسومات رقم (١١ ـ ١٥) و (١١ ـ ١٦).



رسم رقم (١١ - ١٥). نموذج لعضو ثابت بمحرك من النوع ذو القطب المساعد.
ويلاحظ أن كل ملف قد تم لفه حول قطب محدد



رسم رقم (١١ - ١٦). نموذج لعضو ثابت بمحرك من النوع ذو الوجه المنفصل الموصل معه كباستور بصفة دائمة. ويلاحظ أن الملفات تشغل عدة مجارى بجسم العضو الثابت. وتظهر أن الملفات هنا تمر مع بعضها أكثر من العضو الثابت الخاص بالمحرك ذو القطب المساعد

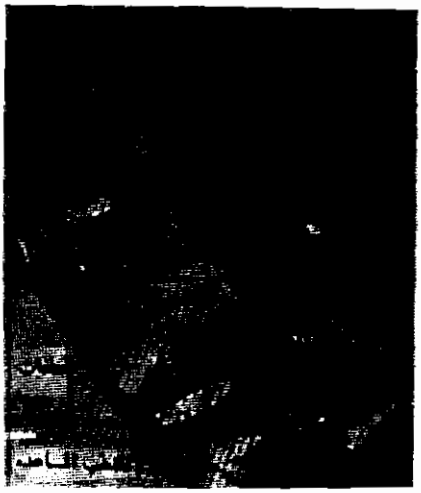
هذا وبالنسبة لمثالنا دعونا نقول أن الملفات الموجودة فى محركنا التالف تظهر كما هو مبين بالرسم رقم (١١ ـ ١٦)، وهى الخاصة بالمحرك من النوع ذو الوجه المنفصل الموصل معه كباستور بصفة دائمة.

والسر فى إمكان تحديد سرعة المحرك تكمن فى عدد أقطاب الملفات الموجوده بالعضو الثابت. فكلا الرسمين رقم (١١ ـ ١٥) و (١١ ـ ١٦) توضحان محركات تشتمل على ٦ أقطاب، ويمكن بسهولة عدها. ويلاحظ أنه فى الطراز منها من النوع ذو القطب المساعد أنه يمكن بسهولة تحديد عدد هذه الأقطاب نظرا لأنها تشتمل على ملفات دوران فقط، وليست ملفات تقويم منفصلة كما هو الحال بالنسبة للمحرك من النوع ذو الوجه المنفصل الموصل معه كباستور بصفة دائمة. هذا ومعظم المحركات التى قوتها أجزاء من الحصان (FHP) تشتمل على عدد ٢ أو ٤ أو ٦ أو ٨ أقطاب، ويُرجع إلى الجدول التالى لمعرفة السرعة التقريبية عند الحمل الكامل والتى تتوقف على عدد الأقطاب الموجودة بملفات العضو الثابت.

عدد الأقطاب	السرعة التقريبية لفة / الدقيقة	
	المحـــرك من النوع ذو القطب المساعد	المحرك من النوع ذو الوجه المنفصل الموصل معه كباستور بصفة دائمة
٢	٣٠٠٠	—
٤	١٥٠٠	١٦٢٥
٦	١٠٥٠	١٠٧٥
٨	—	٨٢٥

ونظرا لأننا قد قمنا بعد ٦ أقطاب فى محركنا التالف. الآن نعرف أننا نحتاج إلى محرك بديل من النوع ذو الوجه المنفصل الموصل معه كباستور بصفة دائمة (PSC) قطر جسمه $5\frac{1}{2}$ بوصة، والتى يدور بسرعة قدرها حوالى ١٠٧٥ لفة / الدقيقة. هذا وحل لغزكم عدد السرعات التى يجب أن يُعطيها المحرك تقع فى عدد أطراف أسلاك النهايات الخارجة من جسم المحرك. فإذا كان محرك من النوع ذو القطب المساعد، فإن عدد السرعات عادة تكون أقل بواحد من العدد الكلى لأطراف أسلاك النهايات (فيما عدا سلك الأرضى).

فمثلا إذا كان المحرك من النوع ذو القطب المساعد له طرفين أسلاك نهايات، فإنه يكون محرك ذو سرعة واحدة. وإذا كان له ثلاثة أطراف أسلاك نهايات، فإنه يكون محرك له سرعتين (طرف خط مشترك وطرف آخر للسرعة العالية، والطرف الثالث للسرعة المنخفضة) الخ. هذا وبالنسبة للمحرك من النوع ذو القطب المساعد، فإنه من السهل تحديد إتجاه دورانه كما هو موضح بالرسم رقم (١١ ـ ١٧). أما تحديد إتجاه دوران المحرك من النوع ذو الوجه المنفصل الموصل معه كباستور بصفة دائمة (PSC)، يكون أكثر صعوبة كما هو موضح بالرسم رقم

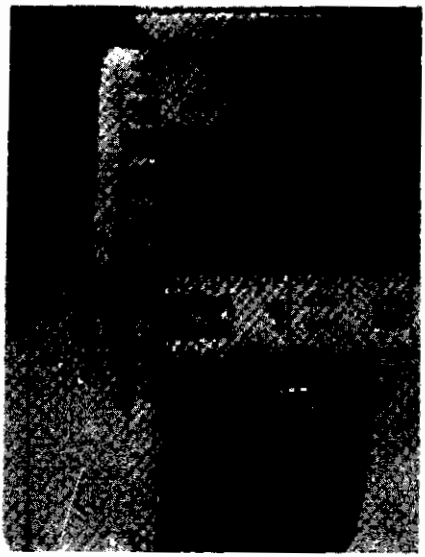


رسم رقم (١١ – ١٧). فى المحركات من النوع ذو القطب المساعد يكون ملف القطب المساعد عبارة عن قطعة من النحاس توضع فى كل قطب، التى تحدد فى أى إتجاه يدور العضو الدائر وعموده، حيث تدور من ناحية القطب الغير مركب به ملف قطب مساعد إلى الناحية المركب بها قطب مساعد (من أ إلى ب)

(١١ ـ ١٨)، حيث ان ملفات التقويم به تقوم بنفس العمل الذى يقوم به ملف القطب المساعد (Shading Coil) الموجود فى المحرك من النوع ذو القطب المساعد، حيث تؤدى عملا كهربائية ويدور المحرك فى الإتجاه الذى تُحدده ملفات التقويم بعد أن يتم تغذيتها بالتيار.

إن الناحية الأساسية الأخيرة التى نحتاج إليها لإختبار المحرك البديل المناسب هو قوة المحرك إن كمية رقائق حديد العضو الثابت المحرك هى التى تُعطينا فكرة عن قوة المحرك المناسبة كما هو موضح بالرسم رقم (١١ ـ ١٩). إن هذه القوة بالحصان لها إرتباط بقطر وطول حديد العضو الثابت. وعلى هذا الأساس نكون قد عرفنا إحتياجنا لمحرك من النوع ذو الوجه

رسم رقم (١١ - ١٨). تلاحظ صفى الملفات الموجودة بالعضو الثابت بالمحرك من النوع ذو الوجه المنفصل الموصل معه كباستور بصفة دائمة. الصف الداخلى هو ملفات التقويم، بينما الخارجى هو الملفات الأساسية أو الدوران



رسم رقم (١١ - ١٩). إذا كان المحرك التالف قطره $\frac{1}{2}$ ١ بوصة، وحديد العضو الثابت به طوله $\frac{3}{4}$ ١بوصة كما هو موضه بالرسم، يكون من المتوقع والمناسب الحصول على محرك بديل له نفس هذه المقاسات ونفس القوة بالحصان

المنفصل، قطره $٥\frac{١}{٢}$ بوصة، وسرعته ١٠٧٥ لفة / الدقيقة، وطول حديد العضو الثابت $١\frac{٣}{٤}$ بوصة.

إن الخواص الميكانيكية الأخرى للجندى المجهول قد تساعدنا أيضا فى الإختيار النهائى للمحرك البديل. فمثلا يكون من النوع ذو العمود الممتد (Double Shaft)، وهو أيضا من النوع المفتوح الذى يُركب على حلقات مطاطية قطر $٢\frac{١}{٢}$ بوصة.

حل مشكلة وحدات التبريد وتكييف الهواء المصممة لتعمل بتيار ٦٠ ذبذبة / الثانية، وذلك لتعمل بتيار ٥٠ ذبذبة / الثانية

عندما يتم تصميم وتصنيع وحدات التبريد وتكييف الهواء لتعمل بتيار ٦٠ زبذبة / الثانية فإنها تفقد بعض خواص قدراتها، وذلك عندما تعمل بتيار ٥٠ ذبذبة / الثانية. ونظرا لأن التيار ٥٠ ذبذبة يُعتبر قياسيا فى كثير من المناطق بالعالم، فإنه يجب على الذين سيقومون بتوريد هذه الأجهزة لهذه المناطق العمل على تعويض هذا الفقد عند تصميم وتصنيع الأجزاء المختلفة التى ستركب بهذه الوحدات.

إن هذا الفقد عادة يؤثر على الضواغط والمراوح والطلمبات التى تدار بواسطة محركات كهربائية إستنتاجية (Induction Motors). ومثل هذه المحركات تُستعمل بكثرة نظرا لإنخفاض سعرها نسبيا وإمكانية ضبط سرعتها.

هذا ونظرا لأن كثير من الأجزاء التى تتركب منها عمليات تكييف الهواء والتبريد توصل مباشرة مع محرك الإدارة، ولذلك فإن جميع المحركات الاستنتاجية التى تعمل بتيار ٥٠ ذبذبة تدور فى هذه الحالة بسرعة مقدارها $\frac{5}{6}$ السرعة التى تدور بها عندما تعمل بتيار ٦٠ ذبذبة. وعلى ذلك يكون مقدار تخفيض السرعة عند ٥٠ ذبذبة حوالى ١٦,٦٦ فى المائة. وهذا التخفيض يكون مُتناسبا مباشرة مع كمية العمل (قوة الحصان الفرملى) التى يُعطيها عادة المحرك الكهربائى. وإذا كان هذا المحرك متصل مباشرة مع الوحدة التى يُديرها، فإن هذه الوحدة تُعطى أيضا تخفيضا قدره ١٦,٦٦ فى المائة من سعتها أو عملها.

إن بعض التعديلات يُمكن أن تجرى فى بعض التركيبات لتساعد على تعويض هذا الفقد فى العمل. فمثلا تخفيض درجة حرارة ماء تبريد المكثف أو درجة حرارة الهواء، وبالتالى تخفيض درجة حرارة سحب مركب التبريد قد تساعد فى ذلك. ولكن ماذا يمكن عمله لزيادة كمية الماء أو الهواء التى تمر خلال المبخر (للمحافظة على عدم حدوث تجميد (Freezing) به ، وذلك إذا كانت الوحدة تدار مباشرة بالمحركات الاستنتاجية؟

وهناك أيضا مشكلة محاولة تخفيض درجةُ حرارة التكاثف فى المناطق التى تظل بها درجة حرارة الجو المحيطة مرتفعة جدا خلال فصل الصيف. ومن الطبيعى، إذا كانت مروحة المبخر أو الطلمبة تدار عن طريق سيّور، فإن هناك بعض الاحتمالات لاسترداد جزء من الـ ١٦,٦٦ فى

المائة من هذا الفقد، ويتوقف ذلك على الجودة الأساسية للوحدة. هذا ويقوم بعض المهندسين بإضافة ١٠ فى المائة كمعامل أمن على حسابات أحمالهم الحرارية النهائية، وذلك لمراعاة كمية الحرارة التى تحدث من تسرب الهواء الساخن إلى داخل المكان المكيف أو المبرد (Infiltration)، وكذلك من عملية فتح الأبواب بكثرة، الخ. إن هذه الإضافة مع الإتجاه إلى استعمال معاملات إنتقال حرارة أعلى قد تعوض إلى حد كبير مقدار هذا الفقد الذى قدره ١٦,٦٦.

ما زال هناك عامل آخر:

هناك شيئ آخر يجب أن نتذكره، على الأخص فى العمليات التى يتم تجميع أجزاء وحداتها فى مكان التركيب (مثل عمليات التبريد)، وذلك حتى ولو كان قد تم استعمال أجزاء منها بناحية الضغط المنخفض من الدائرة بحجم أكبر من المقرر. فإذا كانت المراوح أو الطلمبات المركبة بناحية الضغط العالى تُدار مباشرة من محركاتها، فإنه يكون هناك ما زال خفضا قدره ١٠ فى المائة من العمل الذى يؤخذ من المبخر.

هذا ومعظم المصانع تنتج وحداتها بقدرات ذات سعات متزايدة متدرجة: ٥,٣ و٧½ و١٠ و١٥ و٢٠ و٣٠ و٤٠ و٥٠ و٦٠ و٧٥ و٨٠ و١٠٠ طن تبريد.

هذا والوحدات التى تكون مصممة لتعمل عند ٦٠ ذبذبة يمكن أيضا إختيارها لتقوم بالعمل عند ٥٠ ذبذبة بشرط أن تكون سعتها أكبر من المطلوب. وكمثال إذا كانت العملية تحتاج إلى وحدة سعتها الكلية المطلوبة ٣٣ طن تبريد، ويكون المتاح الحصول عليه فى ذلك الوقت وحدات سعتها فقط ٣٠ أو ٤٠ طن تبريد تعمل عند ٦٠ ذبذبة. ففى هذه الحالة يجب أن يختار المصمم الوحدة التى سعتها ٤٠ طن تبريد، حيث أنها عندما تعمل بتيار ٥٠ ذبذبة فإنها تُعطى الاحتياجات المطلوبة من الوحدة التى سعتها ٣٣ طن تبريد.

ومع ذلك ماذا يحدث عندما يقوم المصمم بإختيار وحدة سعتها ٣٠ طن تبريد تعمل بذبذبة مقدارها ٦٠. ففى حالة عدم إضافة معامل أمان إلى حسابات حمله الحرارى الأساسى، فإن هذه الوحدة تُعطى ٢٥ طن تبريد تقريبا، وذلك عندما تعمل بذبذة مقدارها ٥٠.

إن هذه المشكلة لا تعتبر حرجة، وذلك عندما تكون احتياجات الحمل الحرارى عند المستويات المنخفضة، التى تكون قدراتها ما بين واحد و٢٠ طن تبريد. والسبب فى ذلك أن الفقد فى السعة الذى يتراوح مقداره ١٦,٦٦ فى المائة نتيجة للتشغيل عند ذبذبة مقدارها ٥٠ لوحدة سعتها ٢٠ طن تبريد يكون أعلى قليلا من ٣ طن تبريد. وهذا المقدار من الفقد من المحتمل إمكانية تعويضه كما سبق أن ذكرنا وذلك بتخفيض درجات حرارة التكاثف والسحب.

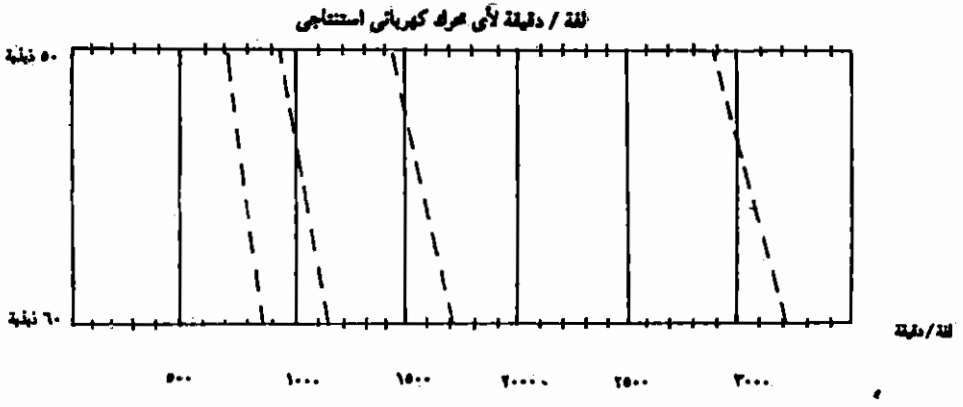
هذا وبعض الشركات التى نقوم بانتاج وحدات التبريد وتكييف الهواء التى تعمل بذبذبة قدرها ٦٠، تقوم أيضا بتقديم سعة هذه الوحدات بكتالوجاتها وذلك عندما تعمل بذبذة قدرها ٥٠، وذلك لوحداتها التى سعتها حتى ٢٠ طن تبريد. ويُتاح هذا التشغيل عن طريق زيادة عزل المحركات الكهربائية الخاصة بهذه الوحدات، وذلك لتعويض الارتفاع فى درجة الحرارة التى تنشأ من تشغيلها عند ٥٠ ذبذبة.

هذا وبعض المصانع الأخرى تضيف زيادة فى سعر هذه الوحدات التى تنتجها على أنها تعمل بذبذبة حقيقية (True 50 cycle Units). ولكن فى الحقيقة أيضا أنه لا يوجد مثل هذه الوحدات التى يطلق عليها (وحدة تعمل بذبذبة مقدارها ٥٠ حقيقية).

وكما هو موضح بالرسم البيانى رقم (١١ ـ ٢٠) نجد أنه لا يوجد شيئ يمكن عمله لجعل المحرك الاستنتاجى (Induction Motors) يدور عند سرعة الـ ٥٠ ذبذبة كما يدور عند سرعة الـ ٦٠ ذبذبة.

ومع ذلك فإن المصانع التى تُضيف مبالغ إضافية لزيادة عزل هذه المحركات فى هذه الحالة، يكون لها حق فى ذلك إلى حد ما.

وإذا كان المحرك مركب فى ضواغط من النوع المحكم القفل أو النصف محكم القفل، حيث يتم تبريد هذه المحركات عن طريق غاز سحب مركب التبريد، فإنه يكون فى هذه الحالة زيادة عزل المحركات الخاصة بهذه الضواغط لا ضرورة له.



رسم رقم (١١ – ٢٠). رسم بيانى يوضح سرعة المحرك الإستنتاجى المصمم ليدور بذبذبة ٦٠ وذلك عندما يدور بذبذبة ٥٠.

وإذا كان المحرك الذى يعمل بذبذبة مقدارها ٦٠ يُدير ضاغط من النوع المفتوح، ويركب فى مكان جيد التهوية، وتكون قوته ١٠ حصان أو أقل، فإن الارتفاع العادى فى درجة حرارته التى قدرها ٤٠°م لا يزداد بدرجة ملحوظة وذلك عندما يعمل بذبذبة مقدارها ٥٠.

نقط يلزم مراعاتها:

١ – قم بإضافة مقدار لا يقل عن ١٦,٦٦ فى المائة على حسابات الحمل الحرارى، وذلك إذا كانت الأجهزة تدار مباشرة بمحرك إستنتاجى ٥٠ ذبذبة.

٢ – يلزم بعناية مراجعة مواصفات وبيانات السعة التى تقدمها الشركات التى تقوم بصناعة وحدات التبريد وتكييف الهواء.

٣ – يجب أن تكون مستعدا لتقوم بدفع المبلغ الإضافى للأجهزة التى تعمل بذبذبة ٥٠ سواء للمحركات ذات العزل الأكبر، أو لزيادة حجم الأجهزة التى تعمل بذبذبة ٦٠ وذلك بمقدار ١٦,٦٦ فى المائة.

٤ – يجب أن لا تنزعج من تشغيل الوحدات المجمعة الصغيرة التى ستعمل بذبذبة ٥٠، وبدون أن يتم عمل لها أى تغيير، وذلك عندما يكون الضاغط المركب بها من النوع المحكم القفل أو النصف محكم القفل، أو عندما يكون المكان المركب به هذه الوحدات جيد التهوية.