

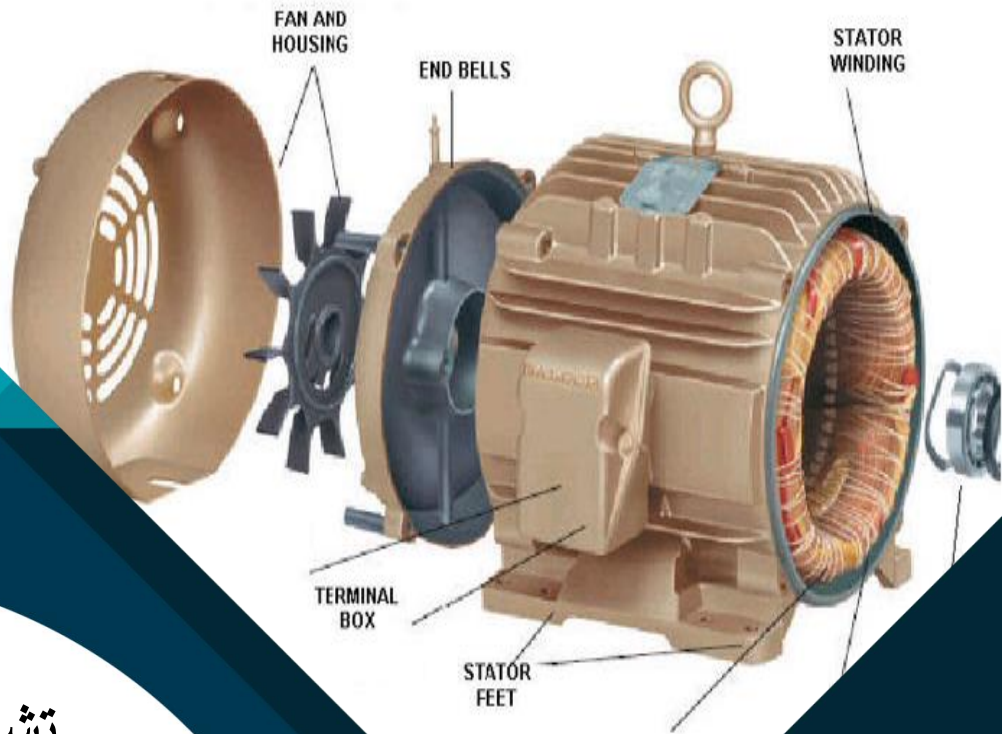


برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

تشغيل و صيانة المحركات الكهربية

فنى صيانة كهربائية - درجة رابعة



تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة للمسار الوظيفي

المحتويات

3	مقدمة
3	تعريف المحرك الكهربى
3	تصنيف المحركات MOTORS Classification
4	محركات التيار المتغير AC MOTOR
5	تركيب المحرك الاستنتاجي ثلاثي الأوجه:
21	القدرة والعزم
21	القدرة Power
22	مخطط لتوضيح فقد القدرة الكهربائية بالمحرك
22	قوانين وعلاقات القدرة
23	القدرة بالحصان Horspower
23	عزم المحرك وانواعه
25	لوحة بيانات المحرك Nameplate
35	كيفية اختيار المحرك الكهربى
35	المحركات الكهربائية وطرق اختيارها
36	درجات المواد العازلة وخواصها
36	Insulation Class
43	طرق بدء حركة المحركات الاستنتاجية
49	المشاكل الشائعة عند بدء/إيقاف موتورات مع طرق مختلفة لبدء التقويم:
50	التحكم في السرعة:
53	اعمال الصيانة والفحص للمحركات الكهربائية
53	طريقة التخزين للمحركات والبلى
54	طرق قراءة واختيار رولمان البلى The Bearing
61	طرق عمليه خروج رولمان البلى عمليه خروج البلى Bearing Dismounting
62	طرق عمليه دخول رولمان البلى عمليه دخول (شحط) البلى Bearing Mounting
63	التشحيم Greasing
65	عازلية المحرك: Motor Insulation

مقدمة

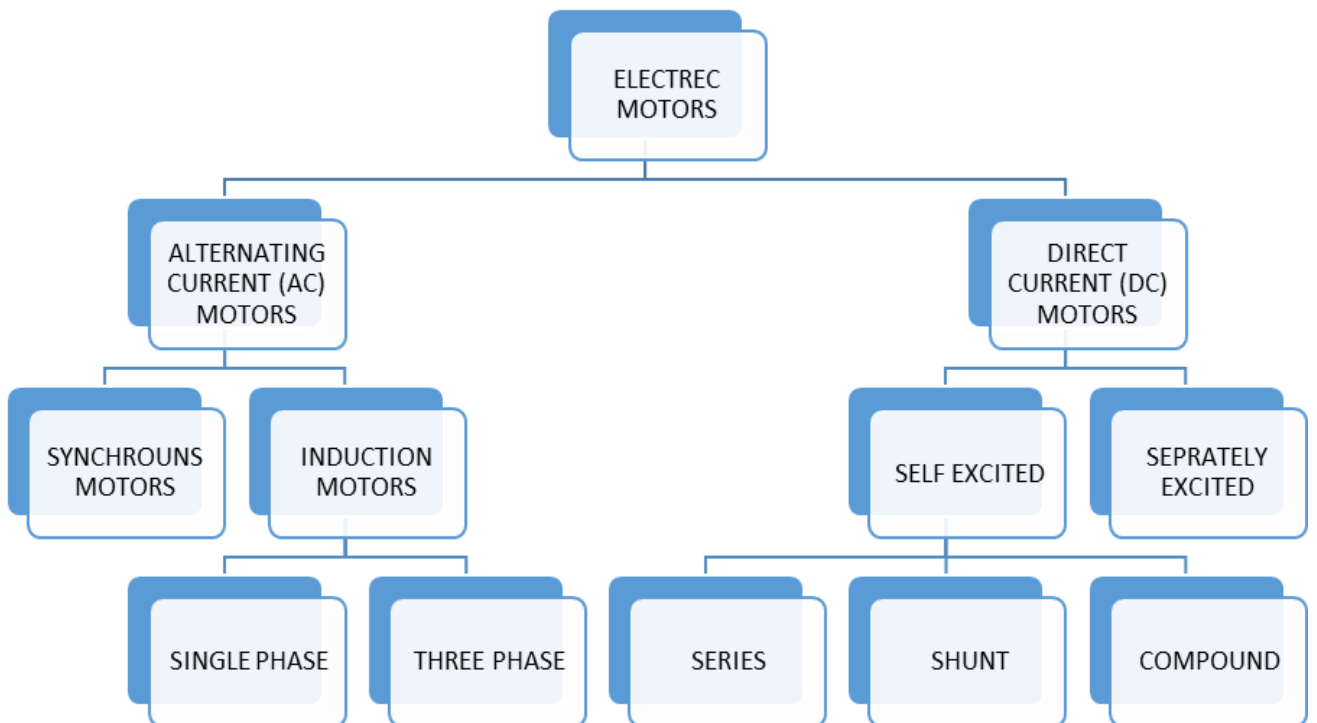
هناك ثلاث أنواع رئيسية من المحركات (D.C – Induction – Synchronous) التي تعتمد على ظاهرتين من الـ Electromagnetic phenomena عند تحريك ملف في مجال مغناطيسي يتولد فولت على أطراف الموصل (مولد). عند مرور تيار كهربى بالموصل الموضوع فى مجال مغناطيسي يتأثر بقوة يقوم تحريكه (محرك). ويوجد تنوع كبير في المحركات حيث لا يوجد محرك نعتبره محرك مثالي يناسب جميع الأحمال ويعمل في كل الظروف وفي بكل الاحتياجات بسعر مناسب وتكاليف تشغيله قليلة وحاجته للصيانة نادرة وعلى ذلك فإن كل محرك يتم تصنيعه تكون له خواص محددة ومزايا وعيوب تختلف من نوع الى اخر

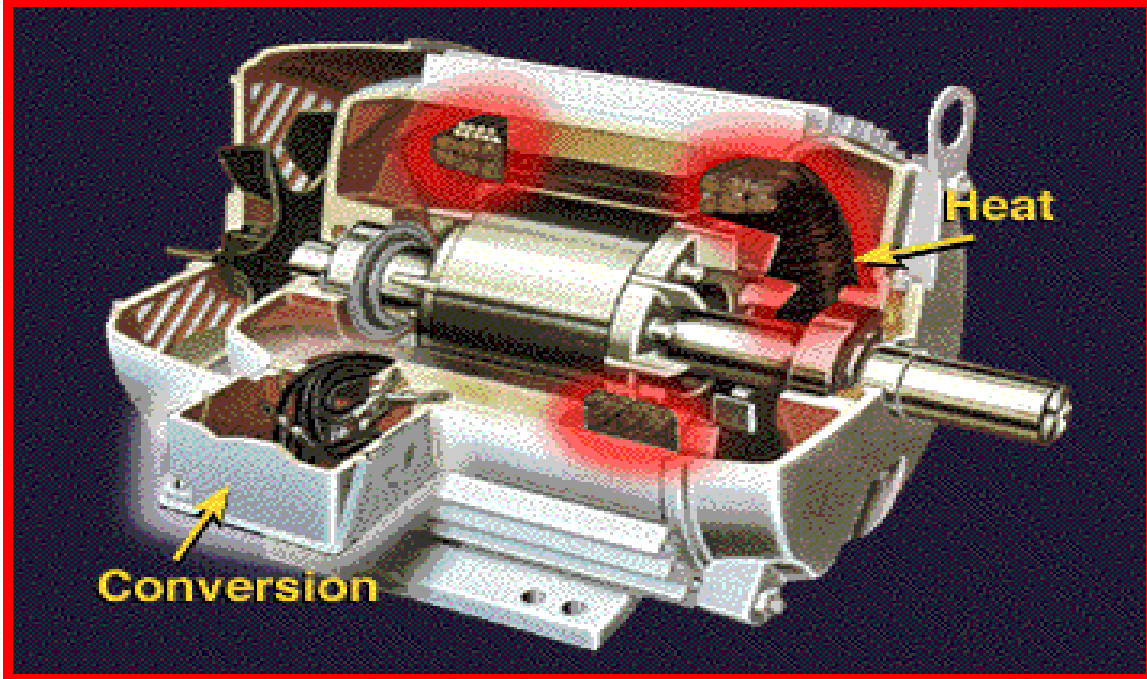
تعريف المحرك الكهربى

هو جهاز يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية , والفكرة الأساسية لعمل المحرك تتلخص في وجود موصل يحمل تيار كهربى تحت تأثير مجال مغناطيسي فتتولد عليه قوة ميكانيكية محركة ومن ذلك نستنتج أنه لكي يتم الحصول على حركة ميكانيكية يستلزم ذلك وجود :

1. مجال مغناطيسي ويم الحصول عليه من ملفات العضو الثابت .
2. موصلات تحمل تيار كهربى وهي ملفات العضو الدوار .

تصنيف المحركات MOTORS Classification



محركات التيار المتغير AC MOTOR

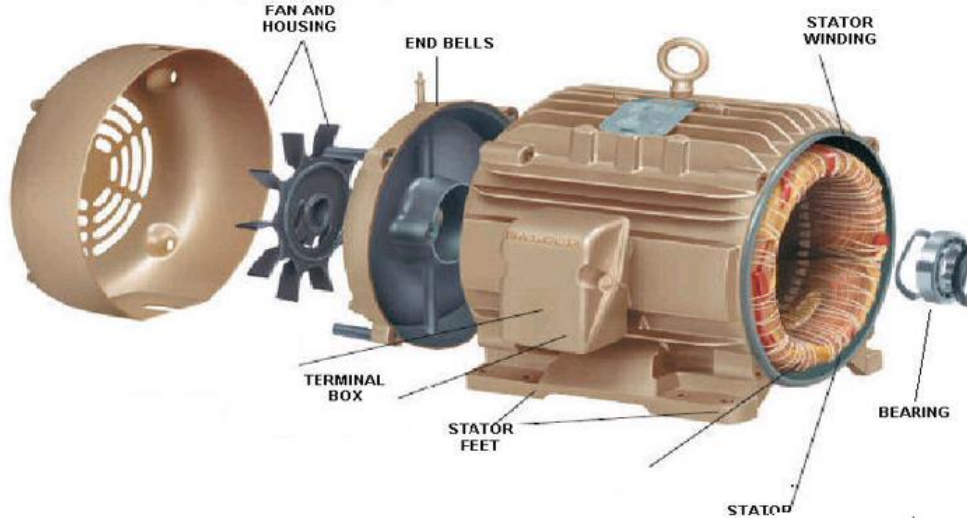
محرك التيار المتردد هو محرك كهربائي يحول الطاقة الكهربائية القادمة من تيار متردد إلى طاقة حركية (ميكانيكية). أحيانا يسمى محرك حثي وهو يعمل عادة بتيار متردد أحادي الوجه. كما ابتكرت محركات تعمل بواسطة تيار متردد ثلاثي الواجهة. ابتكر المحرك الحثي من العالم نيكولا تسلا.

تنقسم المحركات المتردد إلى قسمين أولاهما المحرك الحثي أو التحريضي ومخترعه هو نيكولا تسلا وهو أكثر المحركات الكهربائية انتشارا على الإطلاق واختراعه شكل ما يعرف بالثورة الصناعية الثانية. أما ثانيهما فهو المحرك المتزامن وفيه ينتقل مباشرة إلى دائرة الدوار.

يتركب محرك التيار المتردد بنفس طريقة تركيب محرك التيار المستمر من حيث أنه يتكون من عضو ساكن وعضو دوار. ويعمل محرك التيار المتردد بواسطة مجال مغناطيسي ناتج من التيار المتردد في ملفات دائرة الساكن، يقابله مجال مغناطيسي ناتج عن تيار مستحث في ملفات الدوار. يعمل المحرك المتردد بمبدأ تحريض فرادي الذي ينص على أن مرور التيار المتردد ينتج مجال مغناطيسي مترددا، وبالعكس ينشئ المجال المغناطيسي المتردد أيضا تيار كهربائي متردد.

يسري التيار الكهربى في دائرة العضو الثابت فينشأ مجالا مغناطيسيا مترددا يغمر العضو الدوار. هذا المجال المغناطيسي المتردد ينتج تيارا كهربائيا في دائرة العضو الدوار بالحث. في نفس الوقت ينشئ التيار المستحث في دائرة الدوار مجالا مغناطيسيا تعمل على تدوير العضو الدوار.

تركيب المحرك الاستنتاجي ثلاثي الأوجه:



العضو الثابت:

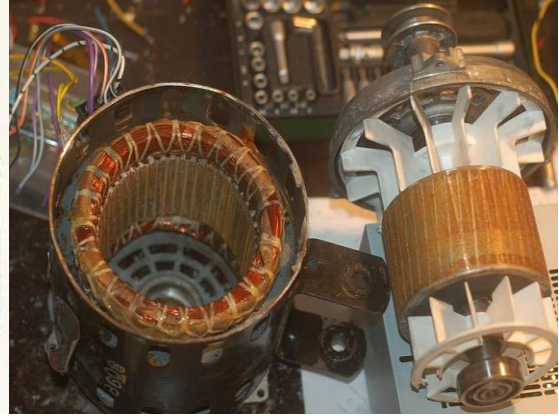
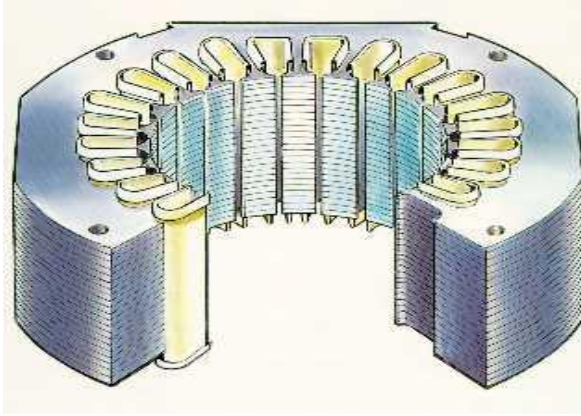
يتكون من شرائح متراسة من الحديد المغناطيسي تتراوح سماكتها من 0.3 مم إلى 0.6 مم. حسب حجم المحرك. ومعزولة عن بعضها بعازل كهربائي بحيث تكون مع بعضها جسماً أسطوانياً محفوراً بداخله عدد من المجاري وذلك لتركيب الملفات.



الهدف من

تصنيع العضو الثابت بهذه الطريقة هو تقليل حرارة الحديد الناتجة من التيارات الدوامية التي تكونت بسبب تعرض الحديد للمجال المغناطيسي المتغير داخل المحرك، كما أنه يوجد في المحركات الكبيرة عادة فتحات تهوية بين الشرائح في العضو الثابت. بعد اكتمال تصنيع العضو الثابت وبهذه الطريقة يتم تقسيمه إلى العدد

المطلوب من الأقطاب وتقسم المجاري في كل قطب على الأوجه الثلاثة ثم بعد ذلك يتم تركيب ملفات كل وجه في المجاري الخاصة به تحت كل قطب بحيث يفصل بين كل وجه وآخر 120 درجة كهربائية وفي نهاية عملية اللف يكون قد تم تركيب ثلاثة ملفات في العضو الثابت لكل ملف طرفان هذه الأطراف الستة يتم تغذية العضو الثابت من خلالها بعد توصيلها إما على شكل نجمة أو دلتا.



ملفات العضو الثابت

Coils of Stator Core

وتصنع من أسلاك نحاسية معزولة بالورنيش أو بارات معزولة بشرائط من القطن تلف على فرم خاصة بمقاس وبعدد لفات يتناسب مع قدرة المحرك ويتم وضعها بالمجاري المعزولة في ثلاث مجموعات تسمى كل مجموعة وجه بحيث يكون بين كل وجه والآخر زاوية مقدارها ١٢٠ درجة وتنتهي في النهاية بستة أطراف ثلاث بدايات وثلاث نهايات من الممكن أن يتم توصيلهم بطريقة معينة داخل المحرك ليعمل المحرك في النهاية أما نجمة فقط أو دلتا فقط أو أن يخرج الستة أطراف إلى علبة تجميع النهايات ليتم تحديد طريقة التوصيل داخل العلبة حسب احتياج ظروف التشغيل.



بعض أشكال ملفات المحركات ثلاثية الأوجه

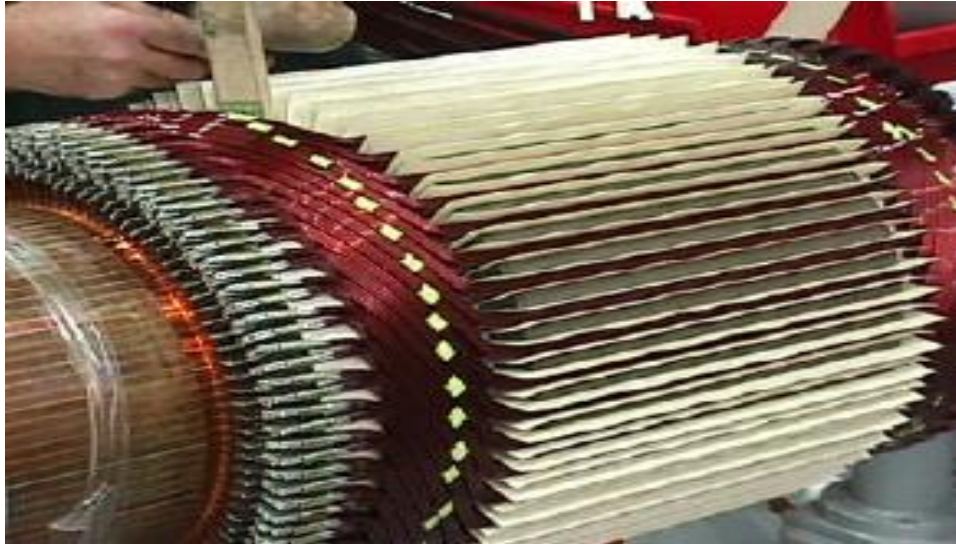
العضو الدوار:

يوجد منه نوعان مختلفان في التركيب ومتقاربان في الخواص الكهربائية، ويسمى المحرك عادة باسم عضوه الدوار للتمييز بين نوعيه وهما: العضو الدوار الملفوف أو ذو حلقات الانزلاق والعضو الدوار ذو القفص السنجابي.

العضو الدوار الملفوف (ذو حلقات الانزلاق):

العضو الدوار الملفوف Wound Rotor يتركب من شرائح متراسة من الحديد المغناطيسي معزولة عن بعضها البعض مركبة على عمود المحرك ومحفور عليها عدد من المجاري لتركيب الملفات. يقسم العضو الدوار إلى عدد من الأقطاب مساو لأقطاب العضو الثابت الذي سيركب فيه وتقسم المجاري في كل قطب إلى ثلاثة أقسام كل قسم يركب فيه ملفات أهد الأوجه الثلاثة بحيث يكون بين كل وجه وآخر 120 درجة كهربائية، عادة هذه الملفات الثلاثة توصل على شكل نجمة حيث تقصر ثلاثة أطراف مع بعضها البعض داخل العضو الدوار بينما الثلاثة الأخرى يتم توصيلها إلى ثلاث حلقات انزلاق Slip Rings مركبة على نفس العمود.

من خلال حلقات الانزلاق وعن طريق فرش كربونية مماسة لحلقات الانزلاق أثناء الدوران يتم توصيل ملفات العضو الدوار إلى خارج المحرك وذلك من أجل التحكم في بدء دوران المحرك أو في تنظيم سرعته وذلك بتوصيل مقاومات خارجية بهذه الأطراف الثلاثة، لذلك فإن هذا النوع من المحركات يتميز بإمكانية تغيير خواص تشغيله على نطاق واسع عن طريق توصيل ملفات العضو الدوار بدائرة خارجية.

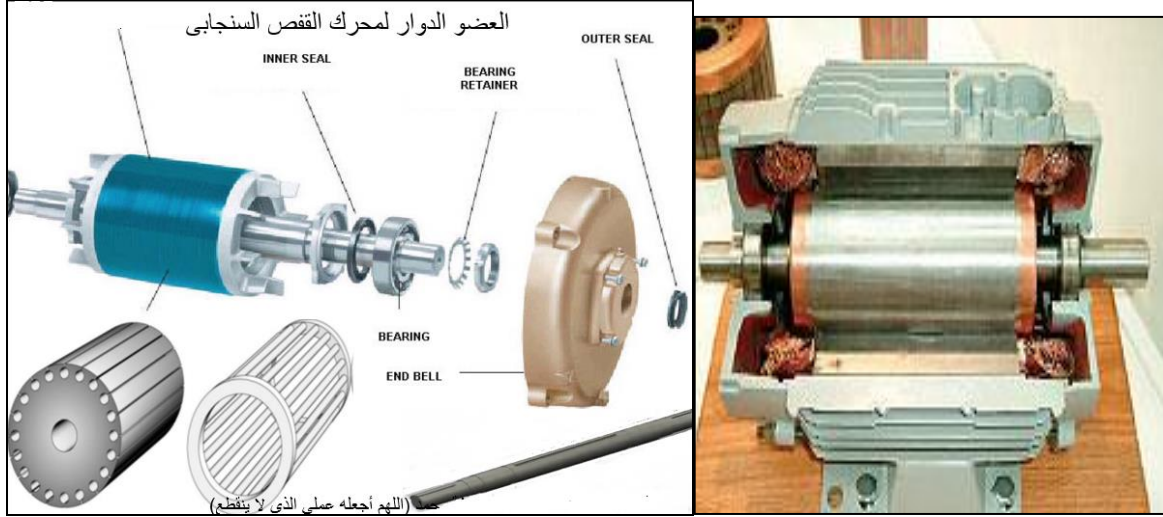


العضو الدوار ذو القفص السنجابي:

العضو الدوار ذو القفص السنجابي squirrel cage مشابه تماماً للعضو الدوار ذي حلقات الانزلاق من حيث التركيب الميكانيكي ولكن بدلاً من وضع ملفات في المجاري فإنه توضع قضبان من النحاس أو الألمنيوم وهذه القضبان مقصورة أطرافها مع بعض من الجهتين بحلقتين من نفس مادة القضبان. هذا النوع لا

تشغيل وصيانة المحركات الكهربائية

يقسم إلى عدد معين من الأقطاب وإنما يستطيع التكيف تلقائياً مع عدد الأقطاب والأوجه للعضو الثابت الذي سيركب فيه. وحيث أنه لا يوجد به حلقات انزلاق فإنه لا يمكن ربطه بدائرة خارجية وبالتالي لا يمكن تغيير خواص تشغيل هذا المحرك أو التحكم في سرعته .



الغطاءان الجانبيان:

يصنعان من الصلب (حديد الزهر) أو الألمنيوم أي من نفس معدن الإطار ويثبتان بواسطة مسامير قلاووظ ويكون أحدهما أمامي والآخر خلفي يحتويان على كراسي البلي التي تتركب على عمود الدوران وتعمل على اتزان العضو الدائر وتسهل حركة دورانه وجعله في وضع يسمح له بحرية الحركة.



غطائي المحرك ثلاثي الأوجه

مروحة التهوية: Ventilation Fan

وهي جزء مهم حيث تصنع من الألمنيوم أو البلاستيك، أثناء دوران المحرك فيندفع الهواء بين زعانف الإطار فتخفّض من درجة الحرارة التي تنشأ عن مرور التيار في ملفات القلب الحديدي للعضو الثابت.



مرحلة تبريد المحرك

المجال المغناطيسي الدوار

حيث أن ملفات العضو الثابت موصلة إما على شكل نجمة أو دلتا ويوجد بين كل ملف وآخر زاوية فراغية قدرها 120 درجة فإنه عندما توصل هذه الملفات بمصدر جهد كهربائي ثلاثي الأوجه بين كل وجه وآخر 120 درجة فإنه سيمر في هذه الملفات تيارات متزنة بين كل تيار وآخر 120، ونتيجة لمرور هذه التيارات بهذه الصفة في تلك الملفات التي يفصل بين كل ملف وآخر زاوية فراغية قدرها 120 درجة فإنه سينشأ في الثغرة الهوائية مجال مغناطيسي دوار منتظم هذا المجال المغناطيسي يدور بسرعة تسمى السرعة التزامنية Synchronous speed وتحسب من المعادلة التالية:

$$N_s = \frac{120}{P} f_s \quad \text{المعادلة (1-1)}$$

حيث:

n_s : السرعة التزامنية.

f_s : تردد تيار العضو الثابت.

P : عدد أقطاب الآلة.

شدة هذا المجال المغناطيسي تتناسب طردياً مع تيار الوجه المار في العضو الثابت وعدد الملفات في العضو الثابت تحت كل قطب، وتحسب من المعادلة التالية:

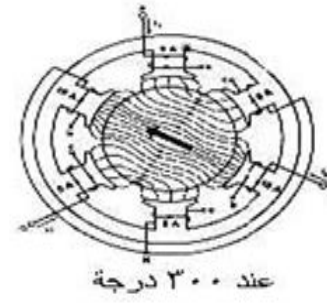
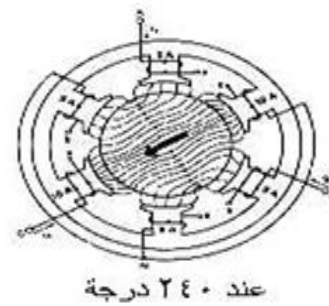
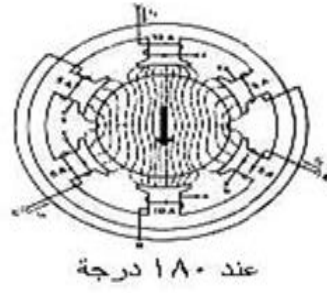
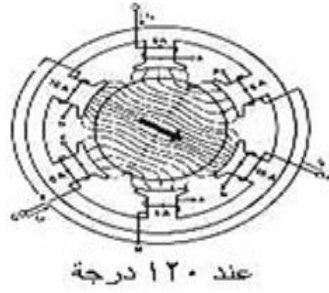
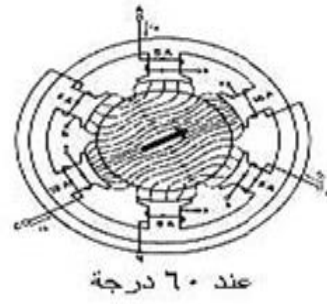
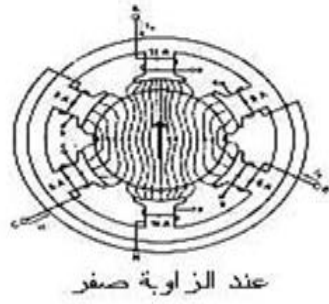
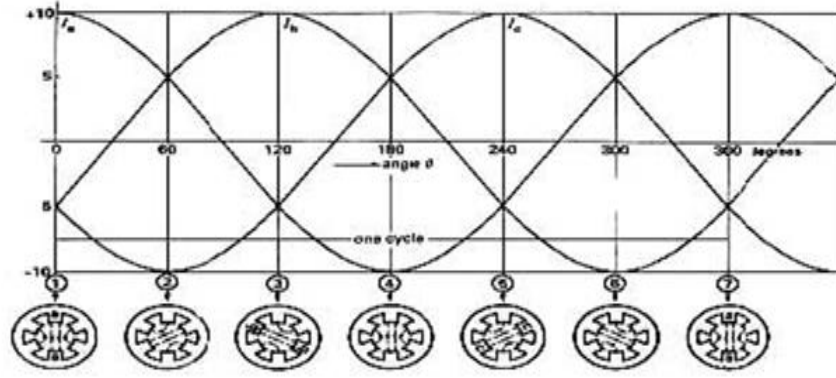
$$F_s = N_s \cdot I_s \quad \text{المعادلة (2-1)}$$

حيث :

F_s : شدة المجال المغناطيسي في العضو الثابت.

N_s : عدد لفات العضو الثابت لكل قطب.

I_s : القيمة الفعالة لتيار الوجه في العضو الثابت.



الشكل رقم 10 - 1: رسم توضيحي للمجال المغناطيسي الدوار في محرك ذي ستة أقطاب

كيفية عمل المحرك الحثي ثلاثي الأوجه

عند توصيل أطراف العضو الثابت بمصدر الجهد فإنه سينشأ مجال مغناطيسي دوار، هذا المجال المغناطيسي الدوار سيولد قوة دافعة كهربائية في أي موصل كهربائي يقع ضمن نطاق تأثيره وذلك طبقاً لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي، وحيث أن العضو الدوار يقع ضمن تأثير هذا المجال المغناطيسي الدوار فإنه سينشأ في موصلاته قوة دافعة كهربائية ثلاثية الأوجه، وبما أن موصلات العضو الدوار مقصورة من الطرفين فإنه سيمر فيها تيارات ثلاثية الأوجه بين كل وجه وآخر 120 درجة ومن ثم سيتولد مجال مغناطيسي دوار آخر في الثغرة الهوائية نتيجة لمرور تيارات ثلاثية الأوجه في موصلات العضو الدوار. في هذه الحالة أصبح لدينا مجالان مغناطيسيان دوران الأول ناتج همن العضو الثابت ويدور بالسرعة التزامنية (ns) والثاني ناتج من العضو الدوار ويدور بسرعة (ns-n) بالنسبة للعضو الدوار. حيث n هي سرعة العضو الدوار - ويدور بالسرعة التزامنية (ns) بالنسبة للعضو الثابت. وحيث أن هذين المجالين المغناطيسيين يدوران بنفس السرعة والاتجاه فإنه سيتولد عزم فعال على العضو الدوار يؤدي إلى دورانه بنفس اتجاه ودوران المجالين وذلك طبقاً لمبدأ انتاج العزم Principle of Torque Production ، هذا العزم يتناسب طردياً مع شدة المجالين وجيب الزاوية بينهما طبقاً للمعادلة التالية:

$$T \propto F_s \cdot F_r \cdot \sin(\delta_{sr}) \quad \text{المعادلة (3-1)}$$

حيث :

T: العزم.

F_s : شدة المجال المغناطيسي في العضو الثابت.

F_r : شدة المجال المغناطيسي في العضو الدوار.

δ_{sr} : الزاوية بين المجالين.

بعدما يبدأ العضو الدوار بالتسارع فإن سرعة تعرض موصلاته لقطع خطوط المجال المغناطيسي الدوار ستقل كلما زادت سرعة العضو الدوار طبقاً للمعادلة التالية:

$$n_f = ns - n \quad \text{المعادلة (4-1)}$$

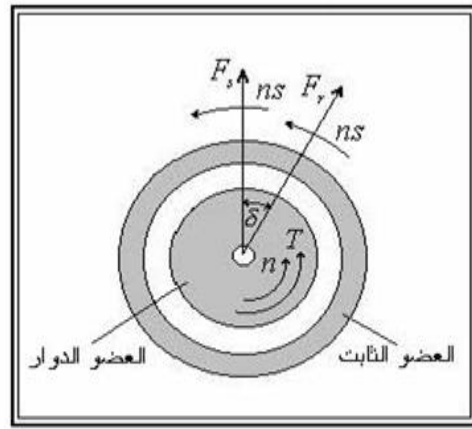
حيث:

n_f : سرعة قطع خطوط المجال المغناطيسي لموصلات العضو الدوار.

وبالتالي فإن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في موصلات العضو الدوار ستقل مع ازدياد سرعة العضو الدوار وذلك لأن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة لسبب الحث الكهرومغناطيسي تتناسب طردياً مع السرعة النسبية بين الموصل والمجال الذي يتعرض له. وبالتالي فإن قيمة التيارات المارة في موصلات العضو الدوار ستقل وبالتالي شدة المجال المغناطيسي المتولد منها ستقل ومن ثم يقل العزم المؤثر على العضو الدوار، وهكذا حتى تصل سرعة العضو الدوار إلى سرعة قريبة من السرعة التزامنية. عندما تصل سرعة

العضو الدوار إلى قرب السرعة التزامنية تكون التيارات المتولدة في موصلات العضو الدوار صغيرة وبالتالي بضعف المجال المغناطيسي الناتج منها مما يؤدي إلى انخفاض العزم المؤثر على العضو الدوار. وعندما تستقر سرعة العضو الدوار فإن العزم المؤثر على العضو الدوار يكون مساوياً لقوة الاحتكاك التي يتعرض لها العضو الدوار.

عند تحميل المحرك تقل سرعة العضو الدوار وينتج عن ذلك زيادة في سرعة قطع المجال المغناطيسي لموصلات العضو الدوار مما يؤدي إلى زيادة قيم التيارات المارة في موصلاته وبالتالي زيادة شدة المجال المغناطيسي الناشئ منها ومن ثم زيادة العزم المؤثر على العضو الدوار، ثم تستقر سرعة العضو الدوار عند سرعة جديدة وعندها يكون العزم المؤثر عليه مساوياً لعزم الحمل المسلط عليه.



الشكل رقم 11 - 1: محاور المجالات المغناطيسية في المحرك الحثي

مفهوم الانزلاق

الجهد المتولد في موصلات العضو الدوار يعتمد على السرعة النسبية بين العضو الدوار وسرعة المجال المغناطيسي الدوار الناتج من العضو الثابت، فإذا كانت سرعة المجال المغناطيسي الدوار (السرعة التزامنية) هي ns والتي تحسب من المعادلة (1-1)، وإذا كانت سرعة العضو الدوار هي n فإن السرعة النسبية بين سرعة العضو الدوار وسرعة المجال المغناطيسي الدوار هي الفرق بين سرعتين $(ns-n)$ وتسمى سرعة الانزلاق Slip speed:

$$n_{slip} = ns - n \quad \text{المعادلة (5-1)}$$

حيث: n_{slip} تعني سرعة الانزلاق

وإذ نسبت سرعة الانزلاق إلى السرعة التزامنية للآلة نفسها فإنها تعطي معاملاً هاماً ومفيداً جداً عند دراسة الآلات الحثية يسمى معامل الانزلاق Slip ويرمز له بالرمز (S) وتتراوح قيمته في المحركات الصغيرة ما بين 0.01 إلى 0.02 وقد تصل إلى 0.005 في المحركات الكبيرة في حالة عدم التحميل وعند التحميل يتراوح الانزلاق من 0.03 إلى 0.05،

ويمكن حسابه من المعادلة التالية:

$$n_s - n = \frac{s}{s} \text{ المعادلة (6-1)}$$

يلاحظ أن قيمة الانزلاق لا تقل عن الصفر وذلك عندما يدور العضو الدوار بنفس السرعة التزامنية ولا تزيد عن الواحد وذلك عندما يكون العضو الدوار ثابتاً.
من الممكن حساب سرعة العضو الدوار بدلالة السرعة التزامنية والانزلاق وذلك بعد حل المعادلة (6-1) كما يلي:

$$n = n_s (1 - S) \text{ المعادلة (7-1)}$$

تردد الجهود والتيارات في العضو الدوار:

المحرك الحثي يعمل طبقاً لنظرية الحث الكهرومغناطيسي حيث يتولد الجهد والتيار في العضو الدوار طبقاً لهذا المبدأ كما هو الحال في المحول، لذلك فإنه أحياناً يسمى محولاً دواراً، والابتدائي هو العضو الثابت والثانوي هو العضو الدوار ولكن لا يشابه المحول من حيث تردد الجهد والتيار العضو الدوار (الثانوي). فعندما يكون العضو الدوار ثابتاً فإن تردد التيارات المتولدة فيه هي نفسها تردد التيارات في العضو الثابت (كالمحول تماماً) بينما إذا كان العضو الدوار يدور بالسرعة التزامنية فإن تردد التيارات فيه يكون صفراً.

إذن: ما هو تردد التيارات في العضو الدوار عندما يدور بسرعة أقل من السرعة التزامنية؟؟

$$\text{عندما } (n = 0) \text{ (S = I) والتردد } (f_r = f_s)$$

$$\text{وعندما } (n = n_s) \text{ فإن } (S = 0) \text{ والتردد } (f_r = 0)$$

إذن:

عند أي سرعة للعضو الدوار بين الصفر والسرعة التزامنية فإن تردد التيار في العضو الدوار سيتناسب طردياً مع الفرق بين السرعة التزامنية (n_s) وسرعة العضو الدوار (n)، وبما أن الانزلاق هو الفرق بين هاتين سرعتين منسوباً إلى السرعة التزامنية (المعادلة 6-1) فإنه يمكن التعبير عن تردد التيارات في العضو الدوار بالمعادلة التالية:

$$f_r = S \cdot f_s \text{ المعادلة (8-1)}$$

أمثلة محلولة:

مثال (1-1):

محرك حثي ثلاثي الأوجه ذو أربعة أقطاب ملفاته موصلة على شكل نجمة يغذي من مصدر جهده V_{240} وتردده 50 Hz ، فإذا كانت قيمة الانزلاق عند الحمل الكامل 5% احسب ما يلي:

أ) السرعة التزامنية لهذا المحرك.

ب) سرعة العضو الدوار عند الحمل الكامل.

ج) تردد التيارات في العضو الدوار عند الحمل الكامل.

الحل:

أ) من المعادلة (1-1):

$$n_s = \frac{120 f_s}{p} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

ب) من المعادلة (1-7):

$$n = n_s (1 - S) = 1500 (1 - 0.05) = 1425 \text{ rpm}$$

ج) من المعادلة (1-8):

$$f_r = S \cdot f_s = 0.05 \times 50 = 2.5 \text{ Hz}$$

مثال (1-2):

محرك ثلاثي الأوجه ذو أربعة أقطاب يعمل على مصدر تردد 60 Hz ، وسرعته عند الحمل الكامل 1740 دورة/دقيقة، احسب سرعة الانزلاق ومعامل الانزلاق عند الحمل الكامل.

الحل:

أولاً: تحسب السرعة التزامنية من المعادلة (1-1):

$$n_s = \frac{120 f_s}{p} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ rpm}$$

سرعة الانزلاق عند الحمل الكامل تحسب من المعادلة (1-5):

$$n_{\text{slip}} = n_s - n = 1800 - 1740 = 60 \text{ rpm}$$

معامل الانزلاق عند الحمل الكامل يحسب من المعادلة (1-6):

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1800 - 1740}{1800} = 0.0333$$

مثال (1-3):

محرك حثي ذو ستة أقطاب يعمل على مصدر تردد 50 Hz ، القوة الدافعة الكهربائية في العضو الدوار ترددها 2.5 Hz ، احسب معامل الانزلاق وكذلك سرعة العضو الدوار.
الحل:

معامل الانزلاق يحسب من المعادلة (1-8):

$$S = \frac{f_r}{f_s} = \frac{2.5}{50} = 0.05$$

لحساب سرعة العضو الدوار:

أولاً: تحسب السرعة التزامنية من المعادلة (1-1) :

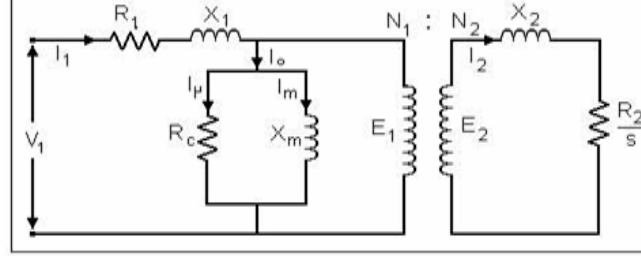
$$n_s = \frac{120 f_s}{P} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ rpm}$$

ثم تحسب سرعة العضو الدوار من المعادلة (1-7):

$$n = n_s (S - 1) = 1000 (0.05 - 1) = 950 \text{ rpm}$$

الدائرة المكافئة

الدائرة المكافئة Equivalent Circuit للمحرك الحثي ثلاثي الأوجه تشبه تماماً الدائرة المكافئة للمحول، كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل رقم 12 - 1: الدائرة المكافئة للمحرك الحثي ثلاثي الأوجه

حيث:

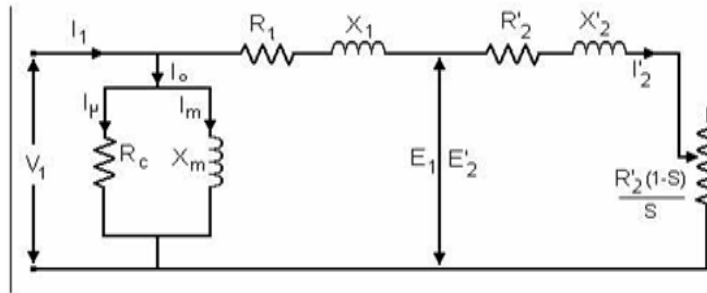
R_1, R_2 : مقاومة ملفات العضو الثابت والعضو الدوار لكل وجه.

X_1, X_2 : ممانعة التسرب الحثية لملفات العضو الثابت والعضو الدوار لكل وجه.

R_c : مقاومة تمثل المفاهيم الحديدية.

X_m : الممانعة المغناطيسية.

N_1, N_2 : عدد اللفات للعضو الثابت والعضو الدوار.



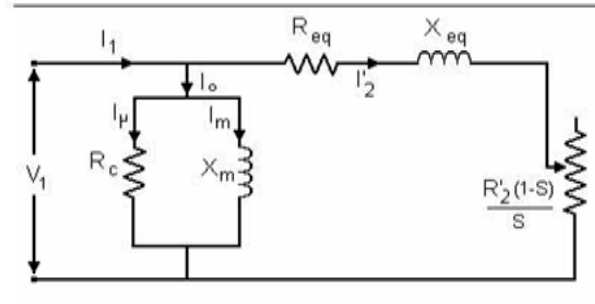
الشكل رقم 15 - 1: الدائرة المكافئة التقريبية للمحرك الحثي

ونتيجة لهذا التقريب يمكن أن نعتبر أن:

$$R_{eq} = R_1 + R'_2$$

$$X_{eq} = X_1 + X'_2$$

وبالتالي يمكن إعادة رسم الدائرة المكافئة كما في الشكل التالي:



الشكل رقم 16 - 1: الدائرة المكافئة التقريبية للمحرك الحثي

وبهذا التبسيط تصبح الدائرة المكافئة التقريبية للمحرك الحثي مشابهة تماماً للدائرة المكافئة التقريبية للمحول حيث تعتبر المقاومة

$$R_2' \left(\frac{1-s}{s} \right)$$

حماً للمحول، والقدرة المفقودة في هذه المقاومة تمثل القدرة الميكانيكية الناتجة من المحرك. يلاحظ أن الدائرة المكافئة التقريبية للمحرك الحثي ثلاثي الأوجه أعلاه تعبر عن وجه واحد من أوجه المحرك الثلاثة وذلك للتشابه التام بين الأوجه الثلاثة، فليس هناك ما يدعو إلى تكرارها ثلاث مرات، ولكن عند إجراء الحسابات على هذه الدائرة يجب أن يؤخذ ذلك في الاعتبار حيث تحتاج بعض الكميات إلى ضربها بعدد الأوجه أو بجذر ثلاثة حسب طريقة توصيل ملفات المحرك.

تعيين ثوابت الدائرة المكافئة التقريبية:

تعتبر الدائرة المكافئة للمحرك الحثي أداة مفيدة جداً لتحديد استجابة المحرك عند التغير في الأحمال، وإذا أردنا تطبيقها على آلة حقيقية فإن ذلك يتطلب تحديد قيم ثوابت الآلة ($R_1, R_2, X_1, X_2, R_c, X_m$). ولكي يتم تحديد قيم هذه الثوابت يتوجب القيام بعدد من الاختبارات في المعمل هذه الاختبارات مشابهة تماماً لاختبارات الدائرة المفتوحة والدائرة المقصورة التي تجري عادة على المحول.

اختبار عدم الحمل No load Test:

في هذا الاختبار يوصل المحرك كما هو موضح في الشكل رقم (1-17) ثم يسלט الجهد المقنن على أطراف المحرك ويترك العضو الدوار يدور بحرية تامة بدون أي حمل، بعد ذلك تسجل قراءات الأجهزة كما يلي:

$$P = W_1 + W_2$$

$$A_1 + A_2 + A_3$$

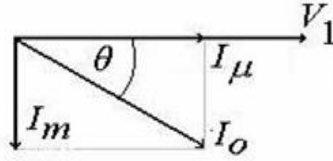
$$I_0 = \frac{P}{V}$$

مع ملاحظة أن قيم الجهد والتيار المقروءة هي للخط وأن القدرة المقروءة تمثل تقريباً المفايد الحديدة (المفايد الثابتة).

وبالتالي يمكن إيجاد قيم R_c , X_m كما يلي:

$$R_c = \frac{V_1}{I_o \cos \theta} \quad \text{المعادلة (11-1)}$$

$$X_m = \frac{V_1}{I_o \sin \theta} \quad \text{المعادلة (12-1)}$$



الشكل رقم 18 - 1: المخطط الاتجاهي في حالة الحمل

اختبار عدم الحركة Locked Rotor Test:

في هذا الاختبار يوصل المحرك كما هو موضح في الشكل رقم 1-019 ولكن العضو الدوار يمنع من الحركة بأي وسيلة مناسبة، بعد ذلك يزداد الجهد المسلط على أطراف المحرك تدريجياً حتي يصل التيار المار في ملفات المحركات إلى القيمة المقننة عند الحمل الكامل وذلك لأن توصيل المحرك على الجهد المقنن سوف يتسبب في مرور تيار كبير جداً قد يتلف ملفات المحرك، بعد ذلك تسجل قراءات الأجهزة كما يلي:

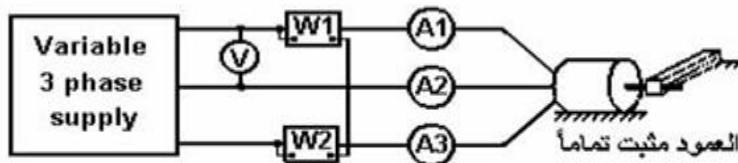
$$P = W_1 + W_2$$

$$A_1 + A_2 + A_3$$

$$I_1 = \frac{\quad}{3}$$

3

مع ملاحظة أن قيم الجهد والتيار المقروءة هي للخط وأن القدرة المقروءة تمثل تقريباً المفايد النحاسية (المفايد المتغيرة).



الشكل رقم 19 - 1: اختبار عدم الحركة للمحرك الحثي ثلاثي الأوجه

حيث إن لعضو الدوار ثابت في هذه الحالة فإن ذلك يعني أن الانزلاق مساوٍ للواحد ($S = 1$) وعند التعويض عن قيمته في المقاومة؟؟؟؟ في الدائرة المكافئة نجد أن قيمة هذه المقاومة أصبحت صفراً؟؟؟ وهذا يعني أن الدائرة المكافئة أصبحت مقصورة من جهة الثانوي، ولذلك فإن هذا الاختبار يسمى أحياناً اختبار الدائرة المقصورة.

بما أن جهة الثانوية أصبحت مقصورة فهذا يعني أن تيار الاختبار سيمر من خلال R_{eq} , X_{eq} فقط. أي أن ($I_1 = I_2$) ، لذلك يمكن من نتائج هذه التجربة وبعد إجراء حسابات بسيطة تحديد قيم R_{eq} , X_{eq} كما يلي، مع الأخذ في الاعتبار طريقة توصيل ملفات المحرك أهي على شكل نجمة أو دلتا.

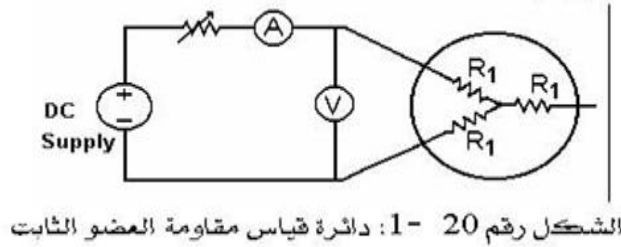
$$R_{eq} = \frac{P}{3I_1^2} \quad \text{المعادلة (13-1)}$$

$$Z_{eq} = \frac{V_1}{I_1} \quad \text{المعادلة (14-1)}$$

$$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2} \quad \text{المعادلة (15-1)}$$

اختبار التيار المستمر DC Test:

هذا الاختبار يجري من أجل قياس مقاومة ملفات العضو الثابت R_1 وذلك بتوصيل ملفات المحرك كما هو موضح في الشكل رقم (20 - 1).



باستخدام المعادلات من (9-1) إلى (12-1) نجري الحسابات التالية:
 ثانياً: من نتائج تجربة عدم الحركة نستطيع حساب قيم R_{eq} , X_{eq} كما يلي:
 بما أن ملفات المحرك موصلة على شكل نجمة

$$\cos \theta = \frac{P}{3V_1 I_o} = \frac{600}{3 \times 127 \times 20} = 0.0787$$

$$\theta = \cos^{-1}(0.0787) = 85.48^\circ$$

$$R_e = \frac{V_1}{I_o \cos \theta} = \frac{127}{20 \times 0.0787} = 80.68 \quad \Omega$$

$$X_m = \frac{V_1}{I_o \sin \theta} = \frac{127}{20 \sin(85.48)} = 6.37 \quad \Omega$$

إذن :

$$V_1 = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{30}{\sqrt{3}} = 17.32 \quad V$$

$$I_1 = I_L = 50 \quad A$$

باستخدام المعادلات من (1-13) إلى (1-15) نجري الحسابات التالية:

$$R_{eq} = \frac{P}{3I_2^2} = \frac{1500}{3 \times 50^2} = 0.2 \quad \Omega$$

$$Z_{eq} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{17.32}{50} = 0.3464 \quad \Omega$$

$$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2} = \sqrt{(0.3464)^2 - (0.2)^2} = 0.2828 \quad \Omega$$

طرق توصيل المحركات الاستنتاجية ثلاثية الوجة

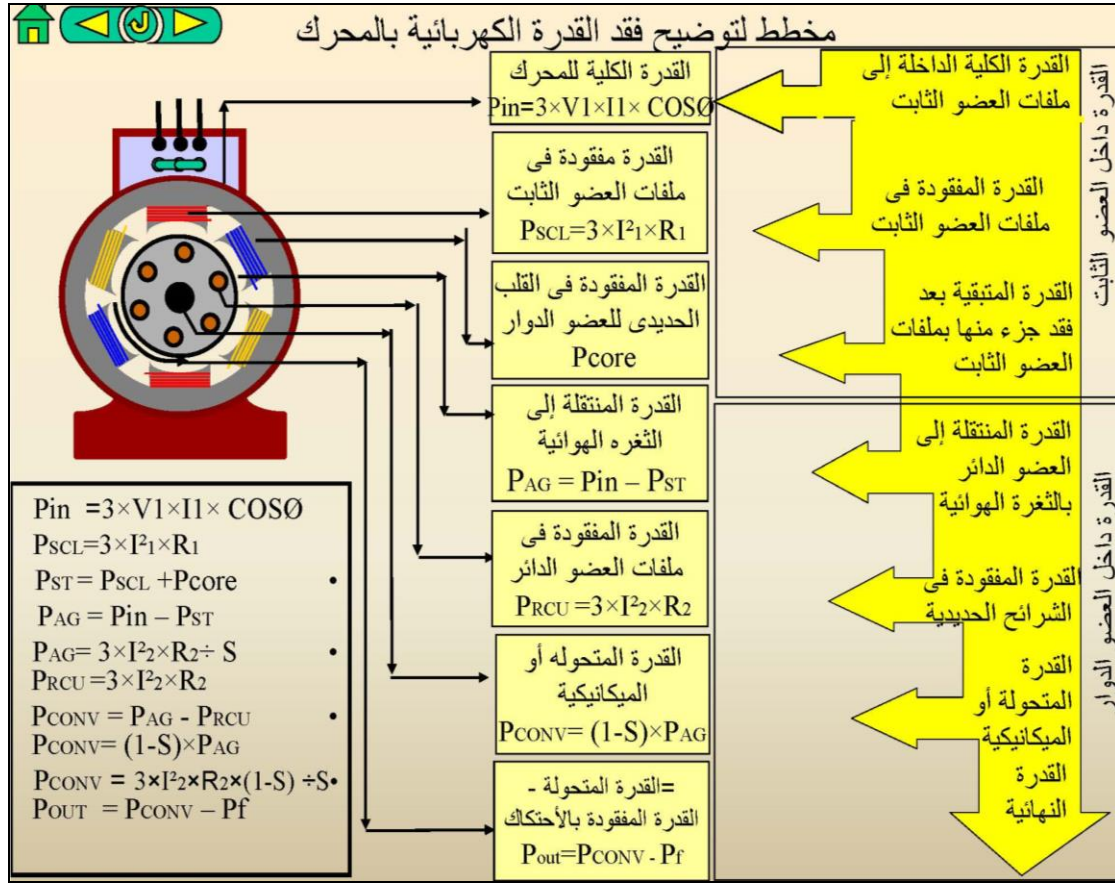
طريقة توصيل المحركات ثلاثية الوجة (Connection Methods)		
توصيلة دلتا (Δ)	توصيلة نجمة (Y)	وجه المقارنة
يكون جهد الخط مطبق على ملفات وجه واحد فقط	يكون جهد الخط مطبق على ملفات وجهين معا	جهد الخط
$V_L = V_{ph}$ جهد الخط = جهد الوجه	$V_L = V_{ph} \times \sqrt{3}$ جهد الخط = جهد الوجه $\times \sqrt{3}$	جهد الخط
$I_L = \sqrt{3} \times I_{ph}$ تيار الخط = تيار الوجه $\times \sqrt{3}$	$I_L = I_{ph}$ تيار الخط = تيار الوجه	تيار الخط
توصل بداية كل وجه بنهاية الوجه التالي وهكذا وتخرج ثلاث بدايات كأطراف خارجية	توصل النهايات معا لتشكيل نقطة النجمة وتترك البدايات كأطراف خارجية	طريقة التوصيل
تستعمل فى المحركات الكبيرة والتي تحتاج على عزم بدء عالى	تستعمل فى المحركات الصغيرة نسبيا والتي لا تحتاج عزم بدء عالى	الاستعمال

القدرة والعزم

القدرة Power

- تنقسم القدرة الكلية P_{in} فى المحرك الحثى الثلاثى الى قسمين قسم خاص بالعضو الثابت وقسم خاص بالعضو الدائر وفيما يلى دراسة وحساب القسمين
- القسم الأول وقدرة داخلية للمحرك P_{in} وهى التى تنتج عن جهد المحرك V_1 والتيار I_1 ومعامل القدرة $\cos\phi$ وتحسب من المعادلة التالية $P_{in} = \sqrt{3} \times V_1 \times I_1 \times \cos\phi$ أو $P_{ph} = 3 \times V_{ph} \times I_{ph} \times \cos\phi$
- ومن الطبيعى ان نجد مفايد لهذه القدرة متمثلة الحرارة الناتجة من العضو الثابت R_1 وتسمى مفايد نحاسية P_{SCL} وتحسب من المعادلة التالية $P_{SCL} = 3 \times I_1^2 \times R_1$
- ونجد أيضا أن هذه القدرة يفقد منها جزء آخر فى القلب الحديدى للعضو الثابت فى شكل حرارة ايضا بسبب التيارات الدوامية وتسمى مفايد حديدية P_{CORE} وبذلك يكون مجموع المفايد فى العضو الثابت P_{ST} يساوى مجموع المفايد النحاسية والمفايد الحديدية $P_{ST} = P_{SCL} + P_{CORE}$ والجزء المتبقى من القدرة الكلية للمحرك بعد هذه المفايد يذهب إلى العضو الدائر من خلال الثغرة الهوائية وهذا الجزء هو
- القسم الثانى للقدرة ويرمز له بالرمز P_{AG} (القدرة داخل الثغرة الهوائية) حيث أن $P_{AG} = P_{in} - P_{ST}$ ولأن الانزلاق يدخل فى حسابات العضو الدائر فنجد أن $P_{AG} = 3 \times I_2^2 \times R_2 \div S$ وهذه القدرة يفقد منها جزء على شكل حرارة بموصلات العضو الدائر ونرمز لها بالرمز P_{RCU} وتحسب كالتالى
- $P_{RCU} = 3 \times I_2^2 \times R_2$ والجزء المتبقى يسمى بالقدرة المتحولة وهى قدرة ميكانيكية (P_{CONV}) ومن الممكن حساب هذه القدرة بمعلومية الانزلاق $P_{CONV} = 3 \times I_2^2 \times R_2 \times (1-S) \div S$
- ونجد أن هذه القدرة الميكانيكية المسئولة عن دوران العضو الدوار سيتم فقد جزء منها فى مقاومة الهواء وكذلك الاحتكاك مع كراسى التحميل وسنرمز لهذه القدرة بالرمز P_f لينتج القدرة الخارجة النهائية P_{OUT} والتى يتم حسابه كالتالى $P_{OUT} = P_{CONV} - P_f$ مما سبق نخرج بثلاث معادلات
- $P_{CONV} = 3 \times I_2^2 \times R_2 \times (1-S) \div S$ $P_{AG} = 3 \times I_2 \times R_2^2 \div S$ $P_{RCU} = 3 \times I_2^2 \times R_2$
- ومن المعادلات السابقة نجد أن عند ضرب P_{AG} بالانزلاق نحصل على $P_{RCU} = P_{AG} \times S$ وكذلك عند ضرب P_{AG} فى المعامل $(1-S)$ نحصل على $P_{CONV} = (1-S) \times P_{AG}$
- ومن هنا يتضح أهمية قيمة الانزلاق بالمحركات الحثية حيث أنه كلما زادت قيمته تزيد معه المفايد النحاسية مما يقلل من كفاءة المحرك وفيما يلى مخطط لتوضيح القدرة الكلية والقدرة المفقودة بجميع مراحل المحرك

مخطط لتوضيح فقد القدرة الكهربائية بالمحرك



قوانين وعلاقات القدرة

قوانين وعلاقات القدرة relations

$$P_{in} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta = 3 V_{ph} I_{ph} \cos \theta$$

$$P_{SCL} = 3 I_1^2 R_1$$

$$P_{AG} = P_{in} - (P_{SCL} + P_{core}) = P_{conv} + P_{RCL} = 3 I_2^2 \frac{R_2}{s} = \frac{P_{RCL}}{s}$$

$$P_{RCL} = 3 I_2^2 R_2$$

$$P_{conv} = P_{AG} - P_{RCL} = 3 I_2^2 \frac{R_2(1-s)}{s} = \frac{P_{RCL}(1-s)}{s}$$

$$P_{conv} = (1-s) P_{AG}$$

$$P_{out} = P_{conv} - (P_{f+w} + P_{stray}) \quad \tau_{ind} = \frac{P_{conv}}{\omega_m} = \frac{(1-s) P_{AG}}{(1-s) \omega_s}$$

القدرة بالحصان Horspower

علمنا مما سبق أن القدرة الفعالة للمحرك بالكيلو وات = جزر ٣ × جهد المحرك بالفولت × التيار المسحوب
بالأمبير × معامل القدرة

$$P (KW) = \sqrt{3} \times IL \times VL \times \cos\phi \quad (\text{عند جهد الخط})$$

$$P (KW) = 3 \times IPH \times VPH \times \cos\phi \quad (\text{عند جهد الوجه})$$

ولتحويل هذه القدرة بالوات يتم الضرب x 1.1..

$$P (KW) = 1.1 \times W$$

ولتحويل هذه القدرة بالحصان يتم القسمة ÷ 746

الحصان = 746 وات

القدرة بالحصان = القدرة بالكيلو وات x 1.34

القدرة بالكيلوواط = القدرة بالحصان x 746

عزم المحرك وأنواعه

عزم المحرك وأنواعه (Torque)

عزم الدوران T هو القوة المؤثرة بالالتواء على الأجسام فتسبب دورانها وتقاس بوحدة النيوتن متر وكما هو موضح بالشكل المقابل أن منحنى عزم المحرك يتكون من ثلاث مناطق للعزم أو ثلاثة عزوم العزم الأول هو عزم العضو الدائر المتوقف أو عزم البدء

Locked Rotor Torque LRT وهو العزم الذى يبدأ به المحرك حركته من السكون وهو يعادل تقريبا 150% من عزم الحمل الكامل وكلما كان عزم البدء عالى كلما كان أفضل وهما للمعدات الثقيلة

العزم الثانى عزم الاعتدال أو التحول Pull Out Torque - PUT هو الحد الأدنى لبداية زيادة العزم قبل أن يصل إلى عزم الحمل الكامل وقيمه أصغر من عزم البدء وأكبر من عزم الحمل الكامل

العزم الثالث عزم الانهيار Breakdown Torque - BDT وهو أعلى قيمة للعزم قبل الانخفاض والوصول إلى قيمة عزم الحمل الكامل وهو يعادل تقريبا 200% من عزم الحمل الكامل

العزم الرابع وهو عزم الحمل الكامل Full Load Torque - FLT وهو العزم الذى يعمل عنده المحرك عند سرعة الحمل الكامل ليعطى قيمة القدرة المقننة للمحرك وهى تساوى بالباوند لكل قدم

(القدرة بالحصان × ٥٢٥٢ ÷ السرعة باللفة فى الدقيقة) باوند/قدم
الواحد باوند لكل قدم = 1.355817948 نيوتن لكل متر

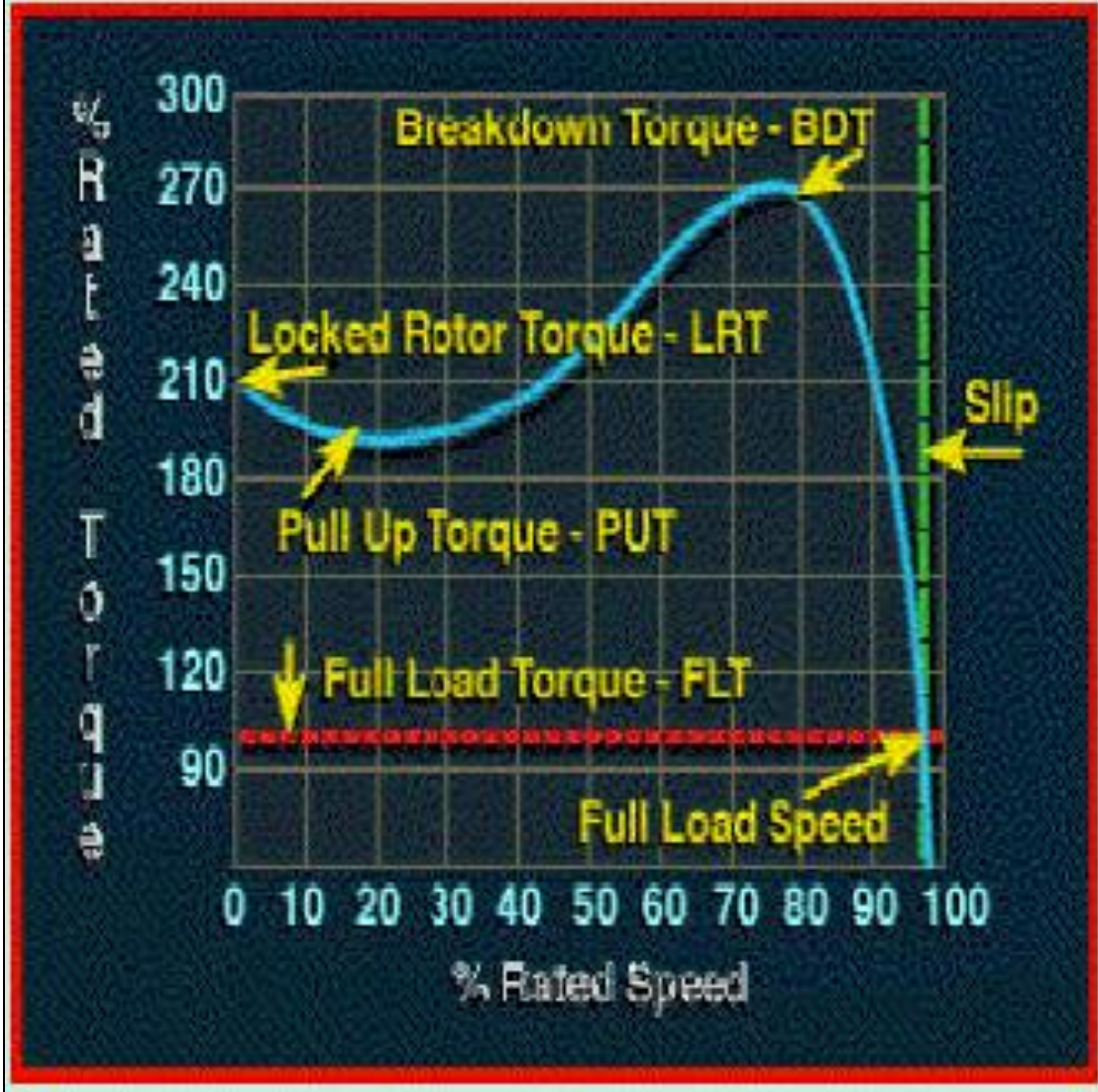
حساب قيمة العزم بمعلومية القدرة بالحصان والسرعة

حساب قيمة العزم بمعلومية القدرة بالحصان والسرعة
باللغة فى الدقيقة

العزم بالرطل لكل قدم = القدرة بالحصان $\times 5252 \div$
السرعة باللغة فى الدقيقة

$$T(\text{lb-ft}) = P(\text{hp}) \times 5252 \div \text{RPM}$$

الواحد باوند لكل قدم = ١,٣٥٥٨ نيوتن لكل متر



لوحة بيانات المحرك Nameplate

1.VOLTAGE

الجهود

The voltage at which the motor is designed to operate is an important parameter. a different voltage network using the $\pm 10\%$ voltage tolerance for "successful" operation.

الجهود المصمم لكي يعمل عنده المحرك, وهو أحد المواصفات المهمة للمحرك. ويجب أن يكون الفرق في قيمة الجهود المستخدم لتغذية المحرك في حدود $\pm 10\%$ من قيمة هذا الجهود لكي يعمل المحرك بنجاح.

MARATHON ELECTRIC		BLACK MAX		FED SB	
MODEL # _____					
POLES	ENC	CODE	DES	TYPE	INS
VOLTS	BASE HZ		FL AMPS		
SF	DUTY	MAX. °C	TEMP. SENSORS		
SERIAL _____					
MAX. RPM	S.E. BRG.	D.S.E. BRG.	ROTOR WK. 2		
Hz	HP	RPM	TORQUE (LB FT)	VOLTS (HIGH CONG)	AMPS (HIGH CONG)
OHMS PH.	R1	R2	X11	X21	X31
3 PHASE VECTOR DUTY AC INDUCTION MOTOR					
MFG. BY MARATHON ELECTRIC MANUFACTURING CORP. WAUSAU, WI. MADE IN USA.					

AC motor nameplate

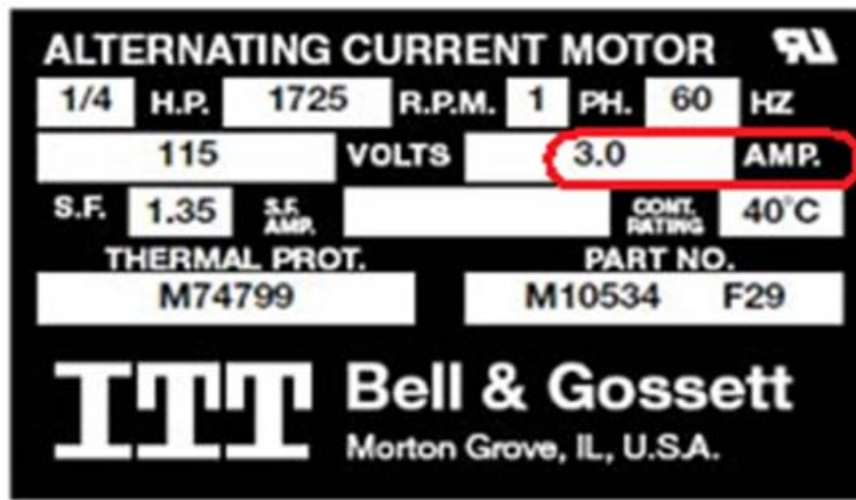
بعض نماذج من لوحة بيانات المحرك الاستناحي

2.CURRENT

التيار

Is the current draw of the motor connected to the nameplate voltage, loaded at nameplate horsepower and running at name plate speed.

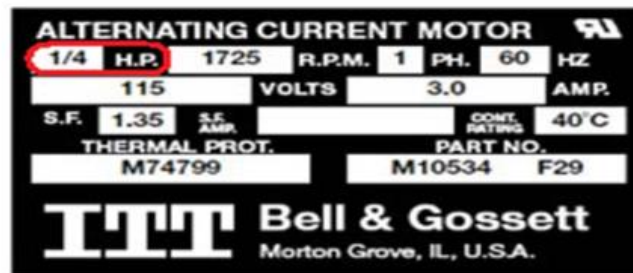
هو التيار المسحوب عند توصيل المحرك بالجهد المناسب (المذكور لوحة البيانات) و تحميل المحرك بالقدرة الحصانية المذكورة في لوحة البيانات ودوران النحر بالسرعة المذكورة أيضا .



3.POWER RATING

القدرة

- This is the rated mechanical horsepower or full load kilowatt
- (KW) rating output of the motor is the power the motor is capable of putting out continuously ,Continuously in this context means that at the correct operating load and voltage specified, under standard ambient conditions, the motor will run indefinitely.
- هو أقصى قدرة حصانية ميكانيكية أو أقصى حمل بالكيلو وات .
- الكيلو وات الخاص بالمحرك هو الذى يجعل المحرك يعمل باستمرار تحت ظروف الحمل المناسب و الجهد المطلوب و درجة الحرارة المناسبة

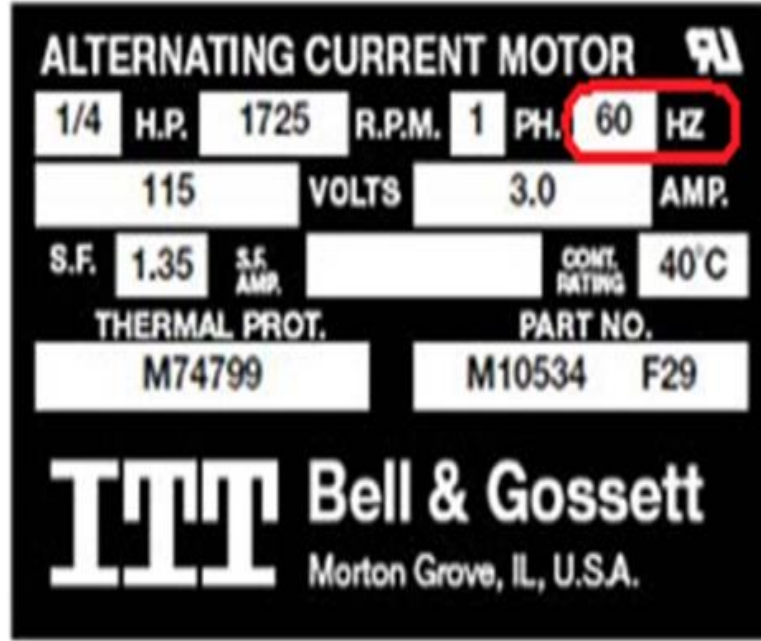


4.FREQUENCY

التردد

50 or 60 Hz, it necessary to nameplate a frequency ranges.

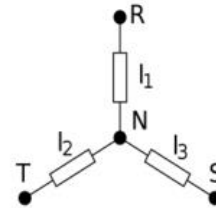
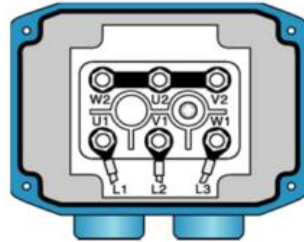
تكون 50 أو 60 هرتز و ذلك حسب النظام المعمول به بالدولة و يجب أن يتم ذكر التردد المطلوب فى لوحة البيانات .



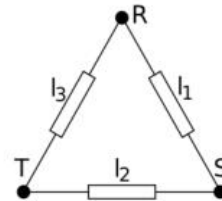
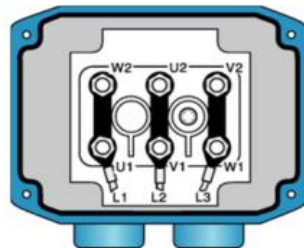
5.CONNECTION

التوصيل

Star نجمة



or Delta. دلتا

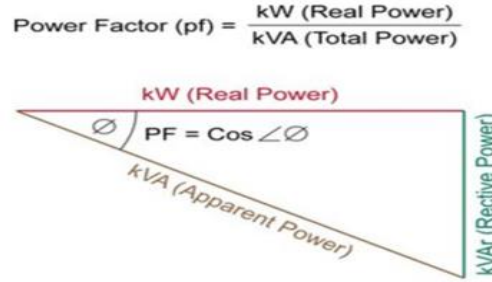


6. POWER FACTOR

معامل القدرة

The Power Factor of a motor is the ratio of Active (real) power used in watts and the apparent power delivered , $\cos\Phi = (P/S)$.

معامل القدرة للمحرك : هو النسبة بين القدرة الفعالة و القدرة غير الفعالة .



7. ALTITUDE

الإرتفاع

- This indicates the maximum height above sea level at which the motor will remain within its design temperature rise, meeting all other nameplate data. If the motor operates below this altitude, it will run cooler. At higher altitudes, the motor would tend to run hotter because the thinner air cannot remove the heat so effectively.

- هو أقصى إرتفاع فوق سطح البحر والذي عنده تظل درجة حرارة التشغيل في الحدود المصمم عليها المحرك و عندما يعمل المحرك على إرتفاع أقل منه كلما كان المحرك أبرد . أما عند التشغيل على إرتفاع أكبر منه إذا كان على إرتفاع أكبر يميل المحرك إلى العمل بدرجة أعلى بسبب ضعف كفاءة الهواء منخفض الكثافة على تبريد الحرارة .

8. SPEED

السرعة

- This is the number of rotations the motor's moveable element (rotor) and shaft completes in a minute if at full load operating conditions. The motor will Operate at speeds from synchronous speed down to its rated speed as the load increases from zero to full load, it is the point which the load curve intersect with motor curve.

$$\text{Speed} = (120 \cdot F / \text{no of poles}).$$

- هي عدد لفات العضو الدوار للمحرك في الدقيقة و المحرك محمل بأقصى حمل و سرعة المحرك تزداد من سرعة المتزامنة إلى أقصى سرعة و ذلك عن طريق زيادة الحمل من 0 إلى أقصى حمل

$$\text{السرعة} = 120 \cdot (\text{التردد} / \text{عدد الأقطاب}).$$

IP (INGRESS PROTECTION)

- Ingress Protection (IP) ratings are developed by the European Committee for Electro Technical Standardization (**CENELEC**) (NEMA IEC 60529 Degrees of Protection Provided by Enclosures - IP Code), specifying the environmental protection the enclosure provides.
 حماية الدخول تخضع اللجنة الاوروبية لتوحيد القياس الكهروميكانيكى و IEC 60529 و تمت درجة حماية تعرف باسم IP و خاصة الحماية السياج البيئية
- The IP rating normally has two (or three) numbers:
 - Protection from solid objects or materials
 - Protection from liquids (water)
 - Protection against mechanical impacts (commonly omitted, the third number is not a part of IEC 60529)

□ IP يتكون من رقمين او ثلاث

- الحماية ضد الاجسام الصلبة
- الحماية ضد السوائل
- الحماية ضد التصادم الميكانيكى

10.DUTY CYCLE

S1	Continuous duty	The motor works at a constant load for enough time to reach temperature equilibrium.
S2	Short-time duty	The motor works at a constant load, but not long enough to reach temperature equilibrium. The rest periods are long enough for the motor to reach ambient temperature.
S3	Intermittent periodic duty	Sequential, identical run and rest cycles with constant load. Temperature equilibrium is never reached. Starting current has little effect on temperature rise.
S4	Intermittent periodic duty with starting	Sequential, identical start, run and rest cycles with constant load. Temperature equilibrium is not reached, but starting current affects temperature rise.
S5	Intermittent periodic duty with electric braking	Sequential, identical cycles of starting, running at constant load and running with no load. No rest periods.
S6	Continuous operation with intermittent load	Sequential, identical cycles of running with constant load and running with no load. No rest periods.
S7	Continuous operation with electric braking	Sequential identical cycles of starting, running at constant load and electric braking. No rest periods.
S8	Continuous operation with periodic changes in load and speed	Sequential, identical duty cycles run at constant load and given speed, and then run at other constant loads and speeds. No rest periods.
S9	Non-periodically to supply variable loads At variable speed.	A machine is indented non-periodically to supply variable loads at variable speeds, including overloads, the non-periodic duty type
S10	Discrete constant loads	Supply discrete constant loads including periods of overload or periods of no-load or periods where the machine will be in a state of rest and de-energized.

10.DUTY CYCLE

S1	تشغيل مستمر	الماتور يعمل تحت حمل ثابت لفترة كافية للوصول الى الاتزان الحرارى
S2	تشغيل لفترة قليلة	الماتور يعمل تحت حمل ثابت لفترة غير كافية للوصول الى الاتزان الحرارى ولكن فترة ايقاف طويلة لكي يصل الى درجة الحرارة العادية.
S3	تشغيل متقطع	دورات من التشغيل و الايقاف متماثلة و متعاقبة ماتور يعمل تحت حمل ثابت و لا يصل الى نقطة الاتزان الحرارى و لتليار البدء تأثير ضعيف على درجة حرارة الماتور.
S4	تشغيل متقطع اثناء البدء	دورات من التشغيل و الايقاف متماثلة و متعاقبة ماتور يعمل تحت حمل ثابت و لا يصل الى نقطة الاتزان الحرارى و لتليار البدء تأثير على درجة حرارة الماتور.
S5	تشغيل متقطع و بفرملة كهربيا	دورات من التشغيل و الايقاف متماثلة و متعاقبة لبدأ و يعمل الماتور تحت حمل ثابت و لا يصل الى نقطة الاتزان الحرارى و لتليار البدء تأثير على درجة حرارة الماتور
S6	تشغيل مستمر بحمل متقطع	و دورات من التشغيل و الايقاف متماثلة و متعاقبة لتشغيل الماتور تحت حمل ثابت و بدون الحمل و بدون ايقاف .
S7	تشغيل مستمر و فرملة كهربيا	و دورات من التشغيل و الايقاف متماثلة و متعاقبة لبدأ و لتشغيل الماتور تحت حمل ثابت و بدون الحمل و فرملة كهربيا و بدون ايقاف
S8	تشغيل مستمر ولكن الحمل و الفترات متغيرة	دورات من التشغيل و الايقاف متماثلة و متعاقبة لتشغيل الماتور تحت حمل ثابت و بسرعة معينة ثم تشغيل تحت حمل ثابت اخر و بسرعة ثانية و ذلك بدون توقف .
S9	تشغيل احمال متغيرة و بسرعات متغيرة لفترات غير متماثلة	الماتور يعمل دورات غير متماثلة و تحت احمال متغيرة و يشمل زيادة الحمل
S10	حمل ثابت Discrete	تغذية الماتور district حمل ثابت . و يشمل فترات من زيادة الحمل اوبدون حمل فى حالة ان الماتور فى حالة ايقاف او عدم تشغيل .

12.INSULATION CLASS

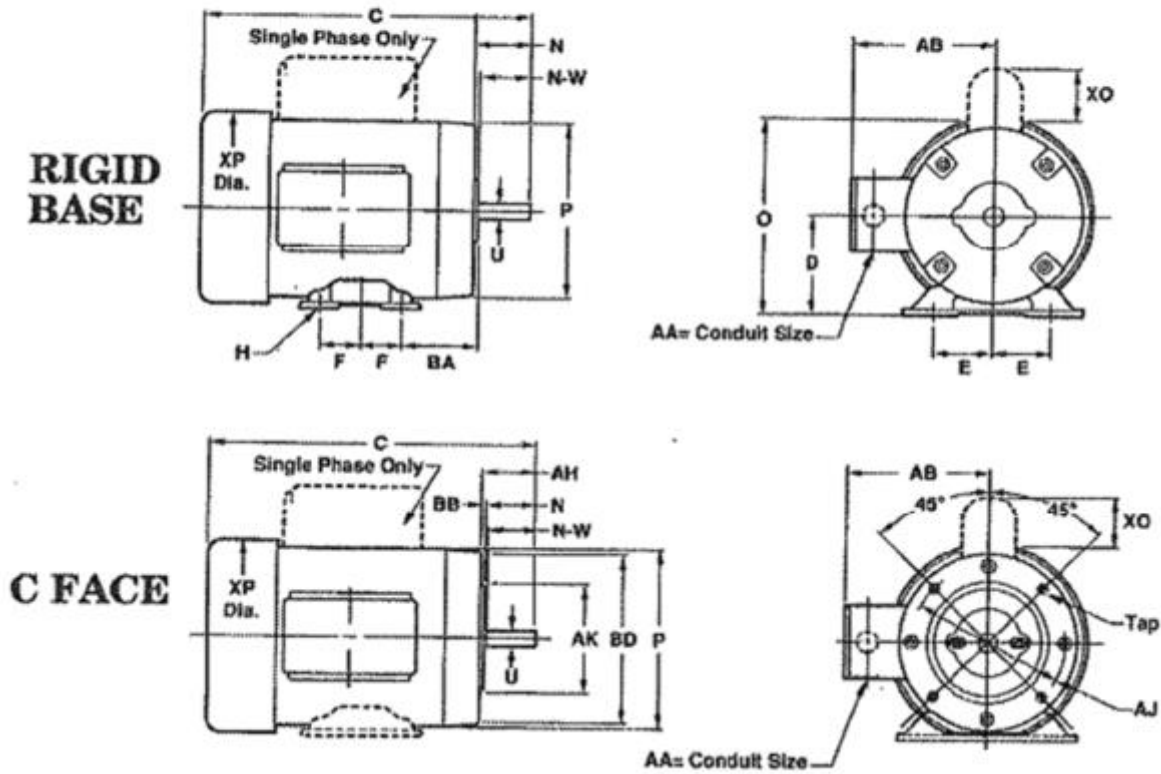
Temperature Class	Maximum Operation Temperature Allowed	Allowable Temperature Rise at full load
O	90	50
A	105	60
B	130	80
F	155	105
H	180	125
C	Over 220	

Allowable temperature rises are based upon a reference ambient temperature of 40°C. =Operation temperature is reference temperature + allowable temperature rise + allowance for "hot spot" winding.

Example Temperature Tolerance Class F:

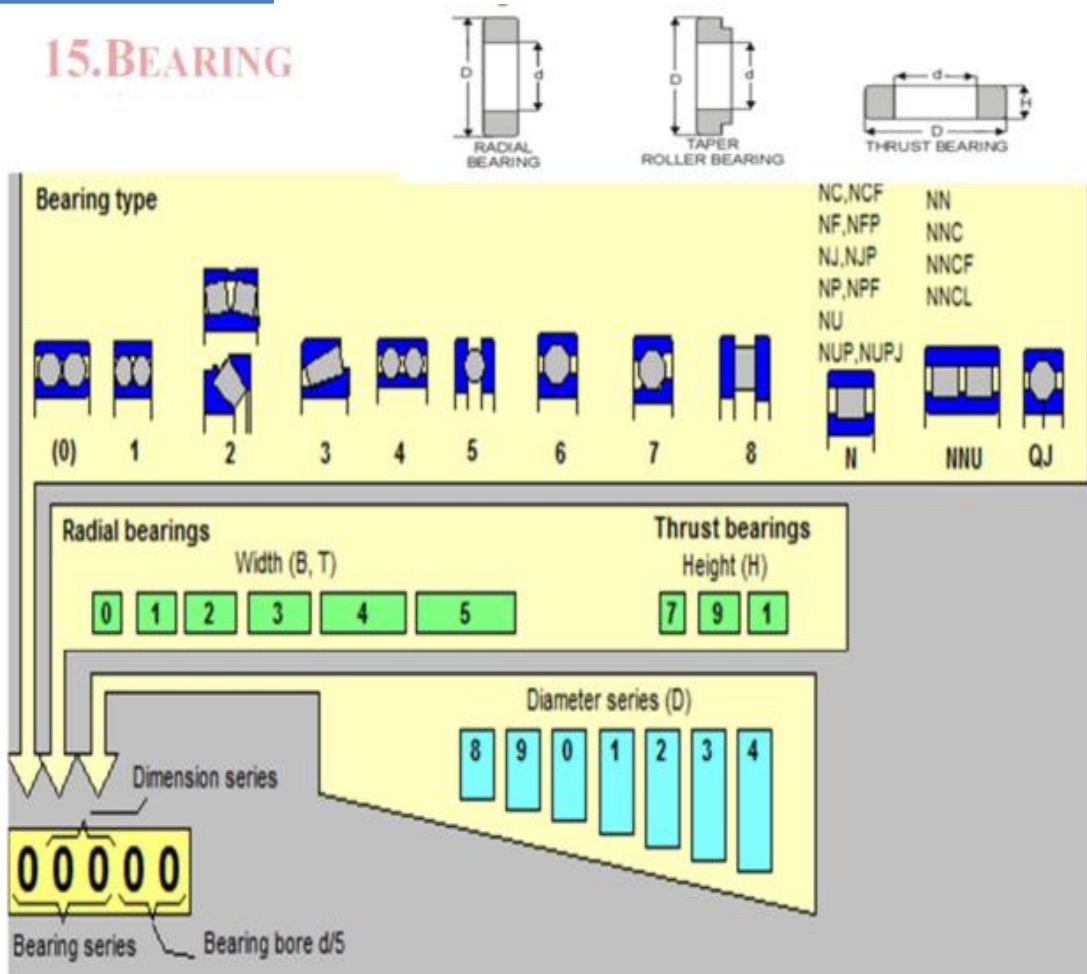
$$40^{\circ}\text{C} + 105^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} = 155^{\circ}\text{C}$$

13.FRAME SIZE



NEMA Frame Sizes	D	E	F	H	N	O	P	U	N-W	AA	AB	AH	AJ	AK	BA	BB	BD	XO	XP	TAP ***	KEY
42	2 5/8	1 3/4	27/32	9/32 Slot	1 1/4	5 1/16	4 7/8	3/8	1 1/8	3/8	4 1/2	1 5/16	3 3/4	3	2 1/16	1/8	4 7/8	1 5/8	5 1/8	7309	3/64 Flat
48	3	2 1/8	1 3/8	11/32 Slot	1 9/16	5 13/16	5 19/32	1/2	1 1/2	1/2	4 7/8	1 11/16	3 3/4	3	2 1/2	1/8	5	2 1/4	5 7/8	7309	3/64 Flat
S56 56	3 1/2	2 7/16	1 1/2	11/32 Slot	1 15/16	6 5/16 6 13/16	5 19/32 6 19/32	5/8	1 7/8	1/2	4 7/8 5 5/16	2 1/16	5 7/8	4 1/2	2 3/4	1/8	6 1/2	2 1/4	5 7/8 7 5/32	5912	3/16
143T 145T	3 1/2	2 3/4	2 2 1/2	11/32	2 3/8	6 13/16	6 19/32	7/8	2 1/4	3/4	5 5/16	2 1/8	5 7/8	4 1/2	*2 1/4	1/8	6 1/2	2 1/4	7 5/32	5912	3/16
182T 184T	4 1/2	3 3/4	2 1/4 2 3/4	13/32	2 7/8	8 3/4	8 15/32	1 1/8	2 3/4	3/4	6 3/8	2 5/8	7 1/4	8 1/2	*2 3/4	1/4	8 7/8	2 1/4	9 3/32	4751	5/16
S213T 213T 215T	5 1/4	4 1/4	2 3/4 2 3/4 3 1/2	13/32	3 1/2 —	9 15/16 10 11/16	8 15/32 10 13/16	1 3/8	3 3/8	3/4 1	6 3/8 8 5/16	3 1/8	7 1/4	8 1/2	*3 1/2	1/4	8 7/8 9	2 1/4	9 3/32 11 3/32	4751	5/16
254T 256T	6 1/4	5	4 1/8 5	17/32	—	12 15/16	13 1/4	1 5/8	4	1 1/4	11 5/8	3 3/4	7 1/4	8 1/2	*4 1/4	1/4	9 5/8	—	12 7/8	4751	3/8
284TS 284T 286TS 286T	7	5 1/2	4 3/4 5 1/2	17/32	—	14 1/2	14 3/4	1 5/8 1 7/8 1 5/8 1 7/8	3 1/4 4 5/8 3 1/4 4 5/8	1 1/2	11 3/4	3 4 3/8 3 4 3/8	9	10 1/2	4 3/4	1/4	11	—	14 1/2	1/2 13	3/8 1/2 3/8 1/2
324TS 324T 326TS 326T	8	6 1/4	5 1/4 6	21/32	—	15 3/4	15 3/4	1 7/8 2 1/8 1 7/8 2 1/8	3 3/4 5 1/4 3 3/4 5 1/4	2	13 1/2	3 1/2 5 3 1/2 5	11	12 1/2	5 1/4	1/4	13 3/8	—	15 3/4	5/8 11	1/2
364TS 364T 365TS 365T	9	7	5 5/8 6 1/8	21/32	—	17 13/16	17 3/8	1 7/8 2 3/8 1 7/8 2 3/8	3 3/4 5 7/8 3 3/4 5 7/8	3	15 7/16	3 1/2 5 5/8 3 1/2 5 5/8	11	12 1/2	5 7/8	1/4	14	—	17 3/4	5/8 11	1/2 5/8 1/2 5/8
404TS 404T 405TS 405T	10	8	6 1/8 6 7/8	13/16	—	19 5/16	19 1/8	2 1/8 2 7/8 2 1/8 2 7/8	4 1/4 7 1/4 4 1/4 7 1/4	3	16 5/16	4 7 4 7	11	12 1/2	6 5/8	1/4	15 1/2	—	19 3/8	5/8 11	1/2 3/4 1/2 3/4
444TS 444T 445T 447TZ	11	9	7 1/4 7 1/4 8 1/4 10	13/16	—	22 1/4	22	2 3/8 8 1/2 8 1/2 3 3/8	4 3/4 8 1/2 8 1/2 10 1/8	3	21 11 1/16	8 1/4	14	16	7 1/2	1/4	18	—	19 3/8	5/8 11	5/8 7/8 7/8 7/8

15.BEARING



Series	Type of Bearing
0	Double Row Angular Contact Ball Bearing
1	Double Row Self-Aligning Ball Bearing
2	Spherical Roller Bearing
3	Tapered Roller Bearing
4	Double Row Deep Groove Ball Bearing
5	Ball Thrust Bearing
6	Single Row Deep Groove Ball Bearing
7	Single Row Angular Contact Ball Bearing
8	Cylindrical Roller Thrust Bearing
N	Single Row Cylindrical Roller Radial Load Bearing
NNU	Double Row Cylindrical Roller Bearing
QJ	Four-Point Angular Contact Ball Bearing

كيفية اختيار المحرك الكهربى

المحركات الكهربائية وطرق اختيارها

فمنها ما يعمل على التيار المستمر مثل محركات التوالى - التوازي-المركب ومنها ما يعمل على التيار المتردد ثلاثي الاوجة مثل المحرك التاثيرى (induction motor) والمحرك التزامنى (synchronous motor) ومنها ما يعمل على التيار المتردد ذي الوجه الواحد مثل المحرك العام وكذلك المحرك التاثيرى ذو الوجه الواحد بأنواعه السبب الرئيسي للتعدد انه لا يوجد محرك يمكن أن نعتبره محركا مثاليا يناسب جميع الأحمال ويعمل في كل الظروف وفي بكل الاحتياجات بسعر مناسب وتكاليف تشغيل قليلة وحاجته للصيانة قليل . وبناءا على ذلك فان كل محرك يتم تصنيعه يكون له خواص محددة ومزايا وعيوب تختلف من نوع إلى آخر ولكي نحدد نوع و خواص المحرك المطلوب فإننا أولا نحدد خواص الأداء وظروف التشغيل للحمل الميكانيكي الذي

سوف يديره هذا المحرك مثل

-درجة حرارة الوسط

-معدلات الفصل والتوصيل للمحرك

-معدلات زيادة وخفض الحمل على المحرك

-درجة الحماية للمحرك

- منحنيات الأداء للمحرك

- منحنيات الأداء للحمل الميكانيكي

أولا - : درجة حرارة الوسط الذي يعمل فيه المحرك

المحركات تصمم لتحمل العمل في وسط درجة حرارته 40 درجة مئوية فإذا كانت درجة حرارة الوسط اقل من 40 درجة مئوية فيمكن تحميل المحرك بأكثر من الحمل الكامل له حسب درجة الحرارة والعكس إذا كانت درجة الحرارة اكبر من 40 درجة عندما يعمل المحرك بالحمل الكامل فان درجة حرارته تصل إلى درجة

تتوقف	على	نوع	مادة	العزل	المستخدم	داخل	المحرك
العزل	من	النوع	B	يتحمل	حتى	130	درجة مئوية
العزل	من	النوع	F	يتحمل	حتى	155	درجة مئوية
العزل	من	النوع	H	يتحمل	حتى	180	درجة مئوية

وهناك خطأ شائع في تفضيل المحرك من نوع H على محرك من النوع F او النوع B وذلك بسبب الاعتقاد الخاطئ بان لمحرك من النوع h يتحمل العمل في درجات حرارة اعلى عن النوعين

الآخرين أو أن المحرك من النوع h يتحمل زيادة الحمل عليه أكثر من الآخرين والحقيقة أن أي من B أو F أو H تصل فيه الحرارة إلى أقصى قيمة (130 – 155 - 180) على الترتيب 0

عندما يعمل بالحمل الكامل في درجة حرارة 40 درجة مئوية أما إذا زاد الحمل عن الحمل الكامل فإن الأنواع الثلاثة سوف تصبح درجة حرارتها اعلي من التي يتحملها أي منهم وتكون الخطورة متساوية 0 أما ميزة العزل من النوع H فإنها ميزة للمصنع الذي ينتج المحرك حيث تكون كمية الأسلاك والصلب السيليكوني وبالتالي تكاليف المحرك اقل مقارنة بالآخرين وبالتالي فإن الميزة الوحيدة لهذا النوع عن البقية أن حجمه اصغر وبالتالي وزن اصغر وعزم قصور ذاتي اصغر ويوضح الجدول التالي العلاقة بين درجة العزل و أقصى درجة حرارة تتحملها العوازل للمحرك :

درجات المواد العازلة وخواصها

Insulation Class

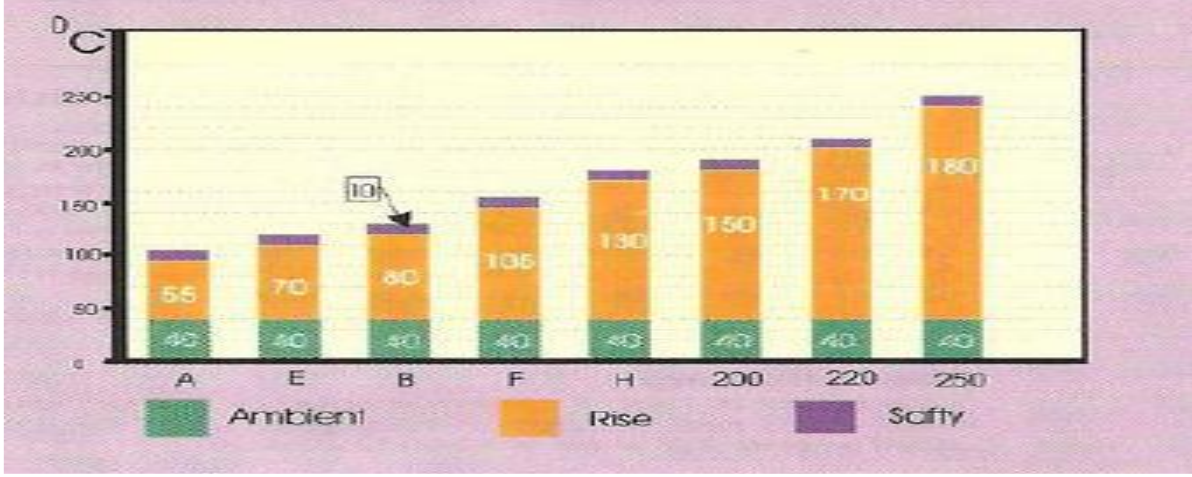
درجة العزل	أقصى درجة حرارة	المواد العازلة	أقصى درجة حرارة	نوع المادة
Class A	105	الياف طبيعية، قطن، حرير، ورق	90	Y
Class E	120	الياف طبيعية، ورنيش، أوراق معزولة بورنيش	105	A
Class B	130	بولي إيثيلين - قطن	120	E
Class F	155	صوف زجاجي - إيبستوس - ميكا	130	B
Class H	180	مركب صوف زجاجي - إيبستوس - ميكا	155	F
Class C	180<	سليكون - إيبستوس	180	H
		صيني - خزف - زجاج	BIGER THAN 180	G

كيفية حساب أقصى درجة يتحملها المحرك الكهربى :-
عندما تكون درجة حرارة الوسط 40م فإن الارتفاع في درجة الحرارة للمحرك المسموح بها يمكن حسابها لكل درجة عزل بطرح درجة حرارة الوسط مضافا إليها 10م كعامل أمان للمواد العازلة من أقصى درجة حرارة تتحملها المواد العازلة.

- **كمثال :** أقصى درجة حرارة Class B تتحملها درجة العزل هي 130م ويكون أقصى ارتفاع أو زيادة مسموح بها في درجة حرارة المحرك من بدء حركته إلى ما بعد استقرار درجة الحرارة =
- $80 = (10 + 40) - 130$ م °

- أي أن أقصى درجة حرارة مسموح بها في حرارة المحرك هي 80م عند درجة حرارة وسط محيط 40 م

العلاقة بين الـ Ambient ، Rise ، Safty



ثانيا - : معدلات الفصل والتوصيل للمحرك

إن تيار البدء للمحركات بجميع أنواعها قيمته عالية جدا مقارنة بتيار التشغيل العادي وقد يصل في بعض الأنواع إلى 20 ضعف تيار الحمل الكامل للمحرك (محرك التيار المستمر) وبالتالي فإنه إذا كان المحرك يتم توصيله وفصله من المنبع باستمرار (malty starting) كما في حالة المصاعد فإن تكرار عملية البدء يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المحرك وتعتبر عملية تكرار تشغيل وفصل المحرك من أخطر المخاطر عليه ولذلك يجب تفاديها بقدر الإمكان والتقليل من أثارها ففي حالة المصاعد مثلا لا نستطيع إلغاء أو تقليل مرات التشغيل والفصل لذلك وجب التقليل من أثارها وذلك عن طريق تركيب محرك آخر يدير مروحة كبيرة لتبريد المحرك الاصلى وتتوقف قدرة هذا المحرك على عدد مرات الفصل والتوصيل للمحرك الاصلى كما انه في حالة المخرطة مثلا والتي يتم فيها فصل وتوصيل المحرك باستمرار ولكن بدرجة اقل من المصعد فإنه يتم استخدام محرك قدرته اكبر من قدرة الحمل بكثير حتى يستطيع تحمل درجة الحرارة العالية هذا بالإضافة إلى استخدام احد طرق البدء المعروفة بالطبع مثل مفتاح نجمة - دلتا أو تقليل الجهد أو استخدام أجهزة البدء الناعم أو استخدام انفرتر الخ.

الخلاصة أن عملية تكرار فصل وتوصيل المحرك من أخطر العوامل خطورة عليه لذلك يجب تفاديها قدر الإمكان أو التقليل من أثارها عن طريق زيادة التبريد أو زيادة القدرة للمحرك أو استخدام وسيلة بدء أو عمل كل ما سبق وذلك يتوقف على ظروف وطبيعة كل حالة

ثالثا: معدلات زيادة وخفض الحمل على المحرك

عندما يعمل المحرك بحيث يكون الحمل الميكانيكي بالكامل محمل على المحرك طوال الوقت فإنه يتم اختيار المحرك بحيث تكون قدرته مساوية أو أعلى قليلا من قدرة الحمل أما إذا كان المحرك يعمل بحيث يكون بدون حمل لفترات معينة ثم يكون محمل بحمل متوسط لفترات أخرى ثم يكون محمل بالحمل الكامل لفترة ففي هذه الحالة فإن درجة حرارة المحرك تكون أقل منها لو كان المحرك محمل بالحمل الكامل طول الوقت ويكون لمحرك غير مستغل بالكامل لذلك فإن محرك قدرته أقل يمكن أن يدير هذا الحمل بكفاءة.
بمعنى آخر:

إذا كان الحمل الميكانيكي يتم تحميله على المحرك بقيم تختلف من وقت لآخر فإنه يتم اختيار المحرك بحيث تكون قدرته أقل من أكبر قدرة للحمل الميكانيكي وتحسب قدرة المحرك كما يلي

$$p = \text{square root } (p_1^2 \cdot t_1 + p_2^2 \cdot t_2 + p_3^2 \cdot t_3 + \dots + p_n^2 \cdot t_n)$$

p هي قدرة المحرك p₁ قدرة المحرك عندما يعمل بحمل معين و t₁ هي الفترة الزمنية لهذا الحمل وهكذا الباقي

رابعا: درجة الحماية للمحرك

يتم تقسيم درجة الحماية للمحركات التي تعمل بجهد حتى 72.5 كيلو فولت بتصميم الشكل المناسب لأوجه المحرك وصندوق إطفائه وكل الأجزاء الميكانيكية التي تضمن هذه الحماية طبقا للمواصفات القياسية وتشمل:-

- 1- حماية الأشخاص عند لمس المحرك أو الاقتراب من أي جزء فيه وكذلك الحماية من أن يمس الإنسان أي أجزاء دوار بمعنى أن أي جزء من الإنسان مثل اليد أو الأصابع لا تستطيع أن تدخل داخل المحرك أو تصل إلي الأجزاء الدوارة وكذلك حماية المحرك من أن تمسه أية أجسام غريبة
- 2- حماية المحرك من دخول الماء

هذا وتتكون درجة الحماية من حرفين ورقمين مثل IP54 الحرفان هما IP وهما اختصار ل International Protection أما الرقمين فهما رقم في خانة الآحاد ويأخذ الأرقام من صفر وحتى 8 وهو الذي يحدد الحماية من دخول الماء الرقم الثاني في خانة العشرات ويأخذ الأرقام من صفر وحتى الرقم 6 وهو يحدد درجة الحماية من تماس أو دخول أجسام غريبة مواصفات رقم الآحاد وهو لتحديد درجة الحماية من دخول الماء صفر تعنى لا توجد حماية

1. تعنى أن المحرك يتحمل نقاط الماء التي تسقط راسيا
2. تعنى أن المحرك يتحمل نقاط الماء التي تسقط راسيا أو مائلة بزاوية حتى 15 درجة
3. تعنى أن المحرك يتحمل نقاط الماء التي تسقط راسيا أو مائلة بزاوية حتى 60 درجة
4. تعنى أن المحرك يتحمل نقاط المياه التي ترش عليه من أي اتجاه

5. تعنى أن المحرك يتحمل خرطوم مياه يرش عليه من أي اتجاه

6. تعنى المحرك يتحمل نافورة مياه قوية من أي اتجاه

7. تعنى المحرك يتحمل الغمر في المياه حتى ضغط محدود

8. تعنى أن المحرك يتحمل أن يغمر في الماء حتى ضغط معين يحدده الصانع

مواصفات رقم العشرات وهو الذي يحدد الحماية من تماس أو دخول أجسام غريبة صفر تعنى انه لا توجد حماية

1. تعنى الحماية ضد دخول أجسام غريبة ذات قطر اكبر من 50 مم

2. تعنى الحماية ضد دخول أجسام غريبة ذات قطر اكبر من 12 مم

3. تعنى الحماية ضد دخول أجسام غريبة ذات قطر اكبر من 2.5 مم

4. تعنى الحماية ضد دخول أجسام غريبة ذات قطر اكبر من 1 مم

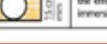
5. تعنى الحماية ضد دخول الأتربة

6. تعنى الحماية الكاملة ضد أى أتربة أو أجسام غريبة

ونعطي مثال بسيط IP45

تعنى أن المحرك محمى ضد دخول الماء علي الرقم 5

وكذلك محمى من تماس أو دخول الأجسام الغريبة علي الرقم 4

Ingress Protection IP			الرقم الأول الحماية ضد الأجسام الصلبة	IP	الرقم الثاني الحماية ضد الأجسام السائلة
EXAMPLE: IP 54			التفصيل	IP	التفصيل
1st Figure: protection against solid bodies			بدون حماية	0	بدون حماية
IP	TESTS	No protection	تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من 50 مم	1	تعنى ان المحرك يتحمل نقاط الماء التي تسقط رأسيًا
0		Protected against solid bodies larger than 50mm (e.g. accidental contact with the hand)	تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من 12 مم	2	تعنى ان المحرك يتحمل نقاط الماء التي تسقط رأسيًا او مائلة بز اوية حتى ١٥ درجة
1		Protected against solid bodies larger than 12.5mm (e.g. finger of the hand)	تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ٢.٥ مم	3	تعنى ان المحرك يتحمل نقاط الماء التي تسقط رأسيًا او مائلة بز اوية حتى ٦٠ درجة
2		Protected against solid bodies larger than 2.5mm (tools, wires)	تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ١ مم	4	تعنى ان المحرك يتحمل نقاط المياه التي ترش عليه من اى اتجاه
3		Protected against solid bodies larger than 2.5mm (tools, wires)	تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ١ مم	5	تعنى أن المحرك محمى ضد التدفق الجبرى للمياه من كل الاتجاهات
4		Protection against solid bodies larger than 1mm (fine tools, small wires)	تعنى الحماية الكاملة ضد اى اتربة او اجسام غريبة	6	تعنى أن المحرك محمى ضد التدفق الجبرى القوى للمياه من كل الاتجاهات
5		Protected against dust (no harmful deposit)		7	تعنى أن المحرك يتحمل الغمر فى المياه حتى ضغط محدود
6		Completely protected against dust		8	تعنى ان المحرك يتحمل أن يغمر فى الماء حتى ضغط معين يحدده الصانع
2nd Figure: protection against liquids					
IP	TESTS	No protection			
0		Protected against vertically-falling drops of water (condensation)			
1		Protected against drops of water falling at up to 15° from the vertical			
2		Protected against drops of rainwater at up to 60° from the vertical			
3		Protected against projections of water from all directions			
4		Protected against jets of water from all directions			
5		Completely protected against jets of water of similar force to heavy seas			
6		Protected against the effects of immersion			
7		Protected against the effects of immersion			

و نلخص الخواص والمواصفات التي يجب أن يتمتع بها المحرك الكهربائي المثالي

1. الثمن اقل ما يمكن
 2. الكفاءة اعلي ما يمكن
 3. تكلفة الصيانة اقل ما يمكن
 4. عزم بدء الدوران عالي
 5. تيار البدء صغير
 6. العمر الافتراضي طويل
 7. إمكانية التحكم في سرعته بسهولة وعلى مدى كبير للسرعة
 8. سرعة المحرك عند القيمة المضبوطة ليها ثابتة مهما تغير عزم الحمل بالزيادة او النقص
 9. وسيلة التحكم بالسرعة رخيصة الثمن مقارنة بثمن المحرك
 10. معامل القدرة مطابقة للمواصفات العالمية
 11. قيمة العزم لكل أمبير عالية
 12. يعمل على المصدر المتاح سواء كان ثلاثي او أحادي الطور او تيار مستمر او تيار متردد
- بالطبع لا يوجد محرك يحتوى على هذه الخواص مجتمعة ولكن لكل محرك مزايا هي جزء من هذه الخواص و عيوب هي عدم تحقق بقى الخواص
- ويمكن تقسيمه إلى الأنواع التالية:-

1. محركات التيار المستمر.

ستخدم عندما يكون الحمل في حاجة للعمل عند سرعات مختلفة ويحتاج إلى عزم بدء عالي تعتبر محركات التيار المستمر هي أفضل أنواع المحركات التي يمكن التحكم في سرعتها بكفاءة ودقة وحساسية عالية ومدى كبير للتغير في السرعة وثمن او سعر منظم السرعة اقل من اى نوع آخر من كما تتميز محركات التيار المستمر بأنها تعطى اكبر عزم بدء مقارنة بباقي الأنواع حيث قد يصل إلى خمس إضعاف عزم الحمل الكامل

أما عيوب محركات التيار المستمر

- ارتفاع السعر مقارنة بباقي الأنواع حيث أنها الأعلى
- تحتاج إلى صيانة متكررة
- تيار البدء عالي جدا مقارنة بباقي الأنواع حيث يصل إلى 20 ضعف تيار الحمل الكامل

2. المحركات التزامنية :

تعتبر أفضل الأنواع التي تعطى سرعة ثابتة مهما تغير عزم الحمل كما أنها يمكن أن تعمل بمعامل قدرة يساوى واحد ويمكن أن تعمل على معامل قدرة متقدم leading إلا أن عيبها الاساسى هو أنها تعطى عزم بدء دوران قليل جدا مقارنة بباقي الأنواع والذي لا يزيد عن 20 % من عزم الحمل الكامل ز

3. المحركات التأثيرية ثلاثية الطور:

وهى اقل ثمنا واقلها حاجة للصيانة وعزم البدء عالى نسبيا يصل إلي حوالي 250 % من عزم الحمل الكامل إلا أن عيبها الأساسى أنها تعتبر اعلى تكلفة من حيث التحكم في السرعة حيث يصل سعر منظم السرعة إلي أربع أمثال ثمن المحرك ذاته بينما في محركات لتيار المستمر فان سعر منظم السرعة حوالي 20 % من ثمن المحرك والعيب الثانى لهذه أنها تعمل على معامل قدرة منخفض نسبيا

4. المحركات التأثيرية أحادية الوجه

تتشابه في المزايا والعيوب التأثيرية ثلاثية الاوجة إلا أنها أعلى في شدة التيار واقل في معامل القدرة والكفاءة وهى أكثر حاجة للصيانة لذلك فهي تستخدم بدلا من التأثيرية ثلاثية الاوجة عندما يكون المصدر المتاح ذو وجه واحد أما إذا توفر مصدر ثلاثى الاوجة فالأفضل استخدام الثلاثى.

كيفية اختيار المحرك بقدرة مناسبة للظلمة :-

$$3.6 \times 10^6 P_{h(kw)} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

$$= Q \cdot P \cdot 3.6 \times 10^6$$

Were:

$P_{h(kw)}$ =hydraulic power(kw)

Q =FLOW(m^3/h)

ρ =density of fluid(kg/m^3)

g =acceleration of gravity($9.81m/s^2$)

h =differential head(m)

p = differential pressure($N/m^2, pa$)

the hydraulic horse power can be calculate as :

$$P_{h(hp)} = P_{h(kw)} \cdot 0.746$$

SHAFT PUMP POWER :

$$P_{sh(kw)} = P_{h(kw)} \cdot \eta$$

Where:

$P_{sh(kw)}$ =shaft power(kw)

η =pump efficiency

- ومن الممكن أن يتم استخدام شكل اخر من المعادلة للحصول على القدرة الميكانيكية للطلبة :

$$P_{sh(kw)} = (Q * H * 0.746) / (75 * \text{eff.p})$$

$$P_{sh(kw)} = (Q * H) / (102 * \text{eff.p})$$

Where :

$$P_{sh(kw)} = \text{shaft power(kw)}$$

$$Q = \text{FLOW(l/s)}$$

$$h = \text{differential head(m)}$$

- وبعد الحصول على القدرة الميكانيكية للطلبة يتم ضربها في (1.2) للحصول على القدرة الكهربائية بالكيلو وات .

$$\text{max power} = P_{sh} * 1.2$$

- ثم بعد ذلك يتم الضرب في معامل الأمان طبقا للجدول المرفق واختلاف طبيعة المياه .

$$\text{MOTOR POWER} = \text{max power} * \text{safety margin}$$

MAX.POWER abs.by the pump	SAFETY margin of electrec motor power	
UP to 7.5 =	1.3	Egyptian Code 1997 Volume 1Page 66
From to 7.5 kw to 40 kw =	1.25	
From to 40 kw to 100 kw =	1.20	
Greater than 100kw =	1.15	
Margin of RAW PUMP	1.25	
Margin of WASTE WATER PUMP	1.30	
Margin of TREATED WATER PUMP	1.20	

طرق بدء حركة المحركات الاستنتاجية

في البداية لابد ان نسأل سؤالان مهمان:

الأول: ماهو سبب ارتفاع التيار عند بدء حركة المحرك الاستنتاجي؟

الثاني: ماهو تأثير ارتفاع التيار عند بدء حركة المحرك الاستنتاجي؟

بالرجوع إلى الدائرة المكافئة نجد أن المقاومة $R_2^1 \left(\frac{1-S}{S} \right)$ تعتمد على قيمة الانزلاق، وحيث إن قيمة الانزلاق

تكون مساوية للواحد عند بدء تشغيل المحرك، فهذا يعني أن المقاومة $R_2^1 \left(\frac{1-S}{S} \right)$ أصبحت مقصورة عند

البدء لأن $\left(R_2^1 \left(\frac{1-1}{1} \right) = 0 \right)$ وهذا يعني أن تيار البدء أصبح عالياً جداً. (تيار البدء عادةً يتراوح من 6 إلى 8

أضعاف تيار الحمل الكامل) وهذا هو إجابة السؤال الأول

لإجابة السؤال الثاني: لابد ان نعرف ان هذا التيار العالي عند البدء يتسبب في وجود بعض المشاكل مثل:

- 1- رفع درجة حرارة ملفات المحرك مما يؤدي مع التكرار إلى انهيار عزلها.
 - 2- التأثير على وسائل توصيل الكهرباء إلى المحرك كالكابلات والقواطع وأجهزة الحماية.
 - 3- حدوث هبوط في جهد الأجهزة المشتركة مع المحرك في نفس الخط.
- لذلك لابد من اتخاذ بعض التدابير للتقليل من قيمة تيار البدء خصوصاً في المحركات الكبيرة.
- هناك العديد من طرق بدء الحركة المستخدمة وكلها تجتمع حول فكرة واحدة وهي تخفيض الجهد على ملفات العضو الثابت ومن ثم تخفيض التيار على ملفات العضو الثابت تبعاً لقانون اوم حيث يتناسب طردياً كل من الجهد والتيار وتتحصر هذه الطرق في

- 1- توصيل مقاومات بالتوالي مع ملفات العضو الثابت
- 2- توصيل مقاومات بالتوالي مع ملفات العضو الدوار بالنسبة للمحركات ذات العضو الدوار الملفوف
- 3- التوصيل المباشر على الخط
- 4- تغيير توصيل المحرك من نجمة إلى دلتا
- 5- اجهزة بدء الكترونية Soft starter
- 6- البدء بالمحول النفسى
- 7- البدء باستخدام محول التردد

نستعرض بالشرح في هذا الجزء بعض طرق بدء الحركة وعليك بالبحث عن الطرق الأخرى ومميزاتها وعيوبها ومناقشتها مع مدرّسك

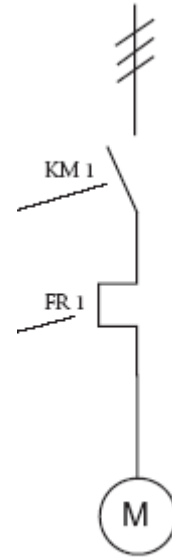
التوصيل المباشر على الخط D.O.L

أكثر الطرق شيوعاً، ويتكون من الكونتاكتور الرئيسي وأوفر لود حراري أو إلكتروني. وعيب هذه الطريقة أن تيار البدء يكون أعلى ما يمكن تصل قيمته عادة إلى 6 إلى 7 مرة وأحياناً توجد بعض الموتورات يصل التيار بها إلى 9 أو 10 مرات عن التيار المقرر. وإلى جانب ذلك يوجد قيمة تيار Peak التي قد يرتفع فيها قيمة التيار إلى 14 مرة من التيار المقرر لأن الموتور لا يشحن من أول لحظة لبدء التشغيل.

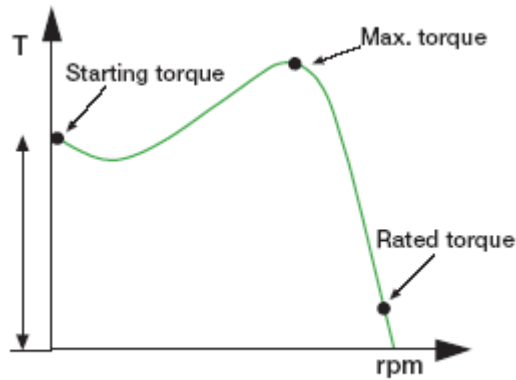


D.O.L starter with contactor and O/L relay

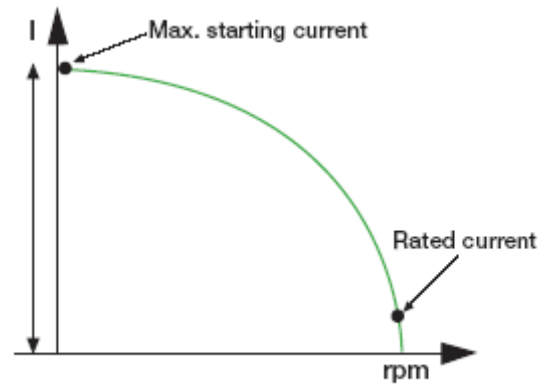
KM 1 Main contactor
FR 1 Overload relay



Single line diagram for a D.O.L.



Torque/speed curve att D.O.L start



Current curve at D.O.L start

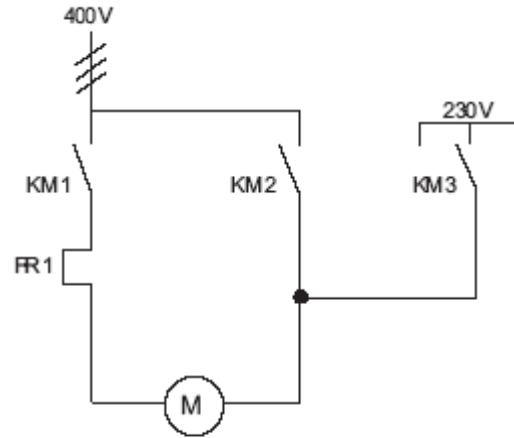
بادئ تشغيل ستار- دلتا:

هي طريقة لبدء التشغيل يقل بها تيار/عزم بدء التشغيل. يتكون عادة من عدد "3" كونتاكتور وربلته ضد زيادة الحمل ومؤقت زمني لضبط زمن وضع الـ "ستار". ويجب أن يكون توصيلة ملفات الموتور في وضع "دلتا" في التشغيل العادي. لكي تستطيع استخدام هذه الطريقة في بدء التشغيل.

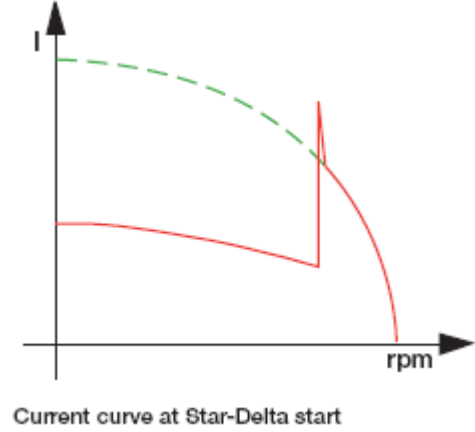
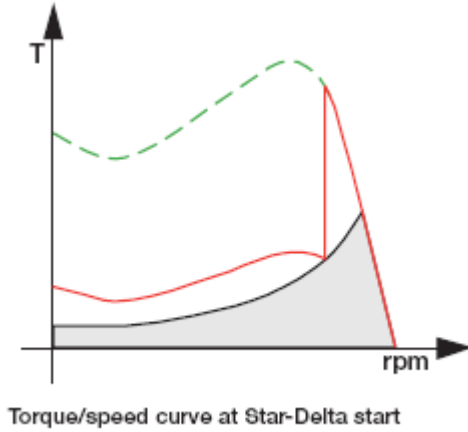
تيار البدء حوالي 30% من تيار D.O.L كما يقل عزم البدء بحوالي 25% من D.O.L. تعمل هذه الطريقة في التطبيقات ذات التحميل الخفيف خلال البدء، أما لو كان الموتور محمل بحمل عالي جداً فلن يكون هناك عزم كافٍ لتعجيل accelerate سرعة الموتور قبل الانتقال إلى توصيلة "الدلتا" Δ . فمثلاً: عند تقويم الطلمبات والمراوح يكون عزم الحمل منخفض في البداية ويزيد مع مربع السرعة وعندما يصل إلى حوالي 80-85% من السرعة المقررة يكون عزم الحمل مساوي لعزم الموتور وتوقف العجلة .The acceleration cases

وللوصول إلى السرعة المقررة يكون من الضروري النقل على وضع الدلتا Δ - وعادة ما يسبب نقله عاليه وتيارات عاليه جداً (peaks) تكون في بعض الأحيان أكبر من D.O.L في التطبيقات التي يكون فيها عزم الحمل أكبر من 50% من العزم المقرر للموتور لا يمكن تقويم الموتور باستخدام مقوم ستار- دلتا.

KM1	Main contactor
KM2	Delta contactor
KM3	Star contactor
FR1	Overload relay



Single line diagram for a Star-delta starter



محول التردد Frequency Converter

يسمى أحياناً VSD (variable speed drive) أو VFD (variable freq drive) أو Simply Drives، ويتكون مبدئياً من جزأين رئيسيين أحدهما يحول التيار المتردد (50 أو 60 هرتز) إلى تيار مستمر والآخر يحول DC إلى تيار متردد AC ولكن بتردد متغير من صفر إلى 250 هرتز ولأن سرعة الموتور تعتمد على التردد يصبح من الممكن التحكم في السرعة وهذه ميزة كبيرة إن كان هناك حاجة إلى تغيير السرعة خلال التشغيل المستمر.

في معظم التطبيقات العملية يظل هذا الجهاز مستخدم في التقويم والإيقاف حيث لا تكون هناك حاجة لتنظيم السرعة خلال التشغيل العادي، وهذه بالطبع تكلفة أكثر من اللازم. وبالتحكم في التردد يكون العزم المقرر للموتور متوفر عند سرعة منخفضة ويكون تيار البدء منخفض بين 0.5 – 1.00 مرة من التيار المقرر وأقصى ما يمكن $1.5 \times I_n$.

وإحدى المميزات الأخرى هي الإيقاف الناعم – مفيد جداً – فمثلاً: عند إيقاف المضخات حيث تكون هناك مشكلة الطرق المائي في خطوط المواسير عند التوقف المباشر.

والتوقف الناعم (المتدرج) يفيد أيضاً عند إيقاف السيور الناقلة للمواد القابلة للكسر أو الهشة.

ومن الشائع جداً استخدام فلتر مع هذه الوحدة (drive) لتقليل مستوى الانبعاث والهرمونات المتولدة.

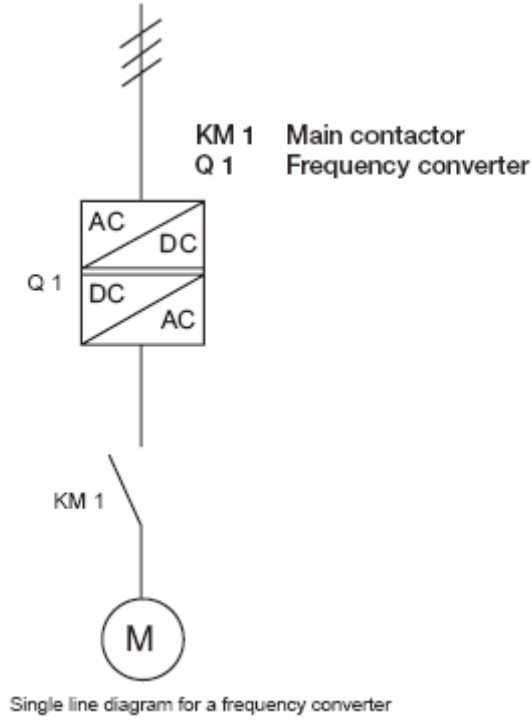
= main contactor KM1

Q1 = frequency converter

)(variable speed drive



Frequency converter



البداية الناعمة الاليكترونى Soft Starter

يحتوي على مقوم ترانزستوري Thruster في الدائرة الرئيسية ويتم تنظيم جهد الموتور بكارتر دائرة مطبوعة.

ويعتمد على الحقيقة التي مفادها أنه إذا كان جهد الموتور منخفض في بداية التشغيل يكون أيضاً التيار والعزم قليل خلال المرحلة الأولى من بدء التشغيل الموتور يكون الجهد قليل لدرجة أنه يكون قادر فقط على قفلة التروس أو شد السيور أو السلاسل.. الخ. وبمعنى آخر لا يحدث هزة (رجة) خلال بدء التقويم.

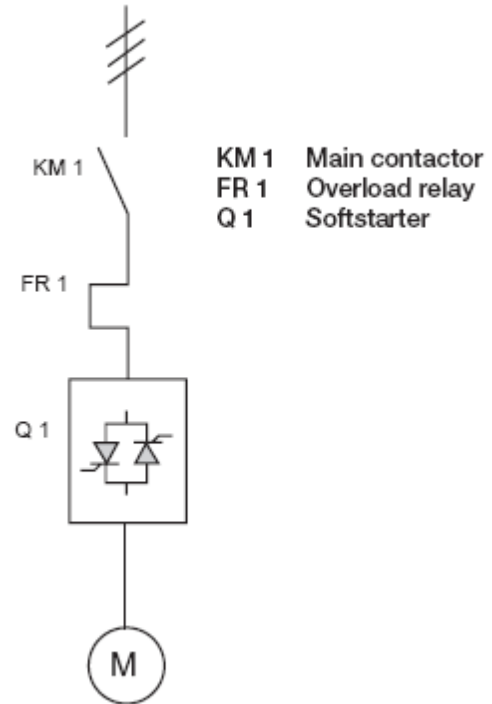
تدريجياً يزيد الجهد والعزم لتبدأ المعدة في أخذ السرعة تدريجياً (to accelerate).

أحد مزايا هذه الطريقة هي إمكانية ضبط العزم على الاحتياج الفعلي سواء كانت المعدة محملة أم لا. في الأصل أن عزم البدء الكلى متاح ولكن مع الفرق الكبير لأن ... مما ينتج عنه تكلفة صيانة أقل.

ميزة أخرى هي التوقف الناعم حيث تكون مفيدة جداً لطلومات المياه تحد من مشكلة الطرق المائي وكذلك السيور الناقلة للمواد القابلة للكسر.



Softstarter



Single line diagram for a softstarter

المشاكل الشائعة عند بدء/إيقاف موتورات مع طرق مختلفة لبدء التقويم:

المشكلة	طريقة بدء التقويم		
	مباشر على الخط	Δ / Δ	Drives
انزلاق السيور-تآكل شديد في كراسي التحميل	نعم	متوسط	لا
تيار تدفق عالي high inrush	نعم	لا	لا
تآكل شديد وتقاوم لصناديق التروس	نعم	نعم (البدء بحمل)	لا
تلف البضائع والمنتجات أثناء التوقف	نعم	نعم	لا
طرق مائي في المواسير عند التوقف	نعم	نعم	أفضل حل للمشكلة أقل
Transmission peaks قفزات عالية مفاجئة في التيار	نعم	نعم	لا

بدء التشغيل بالمحول الذاتي أو البدء بجزء من ملفات الموتور تماثل مشاكله طريقة Δ / Δ .

التحكم في السرعة:

المحرك الحثي ثلاثي الأوجه يعتبر هو المحرك المثالي للتطبيقات التي لا تتطلب تغييراً في السرعة وذلك لأن سرعته ثابتة تقريباً عند قيمة أقل من السرعة التزامنية بقدر بسيط وعندما يتغير الحمل تتغير سرعته بشكل طفيف، ولذلك فهو يعتبر محركاً ذي سرعة ثابتة تقريباً. ونظراً لوجود بعض التطبيقات التي تتطلب تحكماً في السرعة أمكن التحكم المحدود في سرعته بعدد من الطرق بالرجوع إلى المعادلة رقم (1-7) نجد أن سرعة العضو الدوار يمكن التحكم فيها إما بتغيير الانزلاق أو بتغيير السرعة التزامنية، والسرعة التزامنية يمكن أن تتغير إما بتغيير عدد الأقطاب أو بتغيير تردد المصدر وذلك طبقاً للمعادلة رقم (1-1). وبناءً عليه يمكن التحكم في سرعة المحرك الحثي ثلاثي الأوجه بإحدى ثلاث طرق: تغيير الانزلاق أو تغيير عدد الأقطاب أو تغيير تردد المصدر.

1- تغيير قيمة الانزلاق:

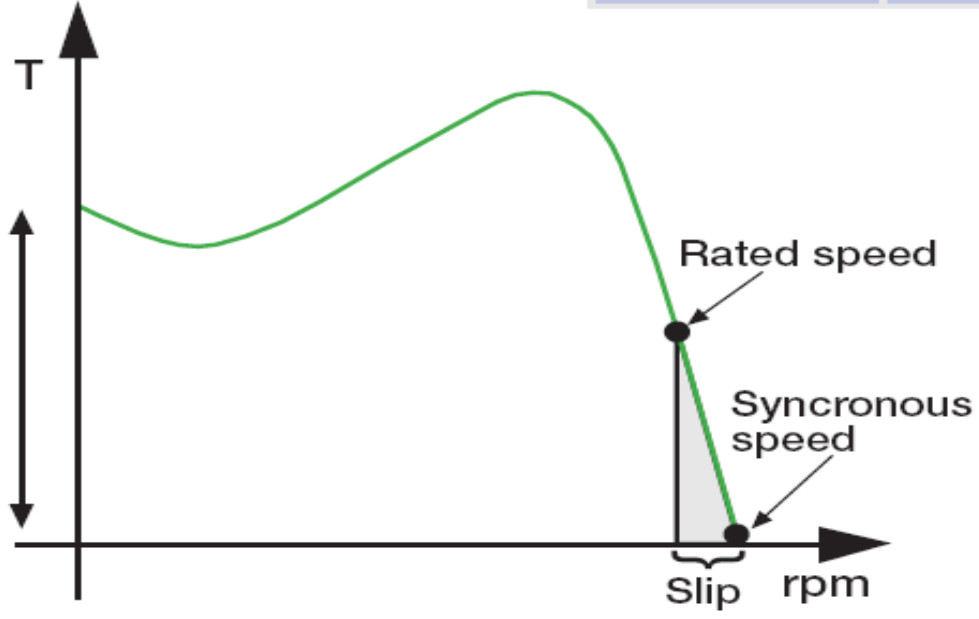
هذه الطريقة تستخدم فقد مع المحركات ذات حلقات الانزلاق وذلك بتوصيل مقاومات على التوالي مع ملفات العضو الدوار. إن أي تغيير في مقاومة ملفات العضو الدوار سيؤدي إلى تغيير موضع العزم الأقصى طبقاً للمعادلة رقم (1-36) وبالتالي تتغير السرعة مع تغيير الانزلاق طبقاً للمعادلة رقم (1-7). هذه الطريقة تعطي تحكماً محدوداً في السرعة ويحبذ أن لا يزيد عن 15% من السرعة التزامنية وذلك لأن زيادة هذه المقاومة تؤدي إلى زيادة المفاقد النحاسية في العضو الدوار وبالتالي قلة كفاءة المحرك.

2- تغيير عدد الأقطاب:

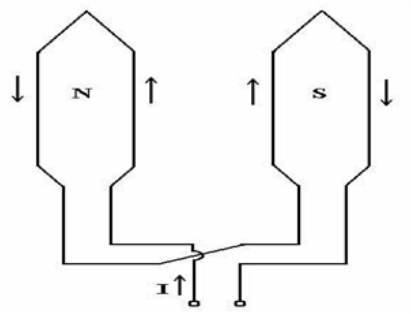
يمكن تغيير عدد أقطاب العضو الثابت في المحرك الحثي ذي القفص السنجابي وذلك بإعادة توصيلها بطريقة مختلفة بحيث نحصل على نصف عدد الأقطاب أو الضعف وبهذه الطريقة يصبح لدينا سرعتان تزامنيتان الواحدة نصف الأخرى. فإذا كانت الأقطاب الأساسية قطبان كما هو موضح في الشكل رقم (1-36) يمكن إعادة التوصيل بحيث تصبح أربعة أقطاب كما هو موضح في الشكل رقم (1-37).

إذا كانت هذه الطريقة لا تعطي السرعة المطلوبة فإنه بالإمكان وضع طبقتين منفصلتين من الملفات في العضو الثابت كل طبقة ذات مختلف عدد من الأقطاب عن الآخر، مثلاً يمكن أن تكون الطبقة الأولى ذات ثمانية أقطاب بينما الثانية تكون ذات ستة أقطاب، كما أنه بالإمكان دمج الطريقتين معاً لنحصل على محرك ذي أربع سرعات.

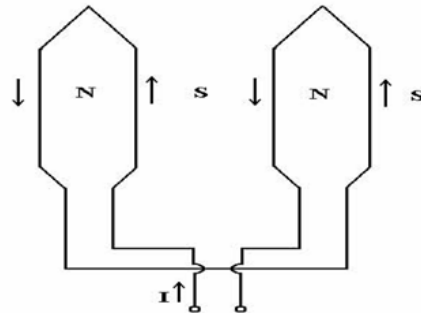
هذه الطريقة غير مناسبة للمحرك ذي العضو الدوار الملفوف لأن ذلك يستدعي إعادة توصيل ملفات العضو الدوار لكي تصبح مساوية لملفات العضو الثابت كلما أردنا تغيير السرعة وهذا غير مناسب. بينما العضو الدوار ذي القفص السنجابي يتلاءم تلقائياً مع أي عدد موجود من الأقطاب في العضو الثابت.



جدول السرعة التزامنية عند عدد من الأقطاب والترددات المختلفة
رسم يوضح السرعة التزامنية V_s والسرعة المقررة



الشكل رقم 36 1- توصيل الملفات على شكل قطبين

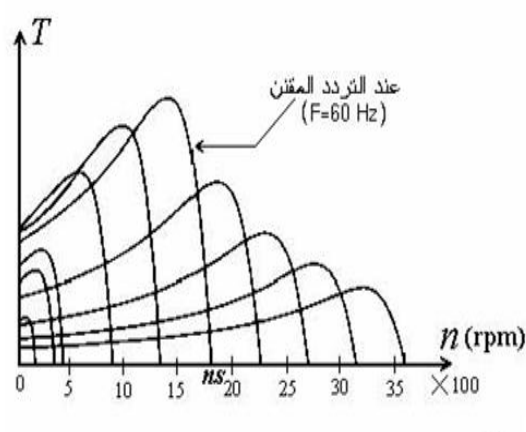


الشكل رقم 37 1- توصيل الملفات على شكل أربعة أقطاب

2- تغيير تردد المصدر:

السرعة التزامنية للمحرك الحثي ثلاثي الأوجه يمكن التحكم فيها عن طريق التحكم في تردد مصدر الجهد المغزي لملفات العضو الثابت. وهذا يتطلب وجود مصدر جهد ثلاثي الأوجه ذو تردد قابل للتغيير. هذا النوع من المصادر هي عبارة عن أجهزة تحكم إلكترونية ذات قدرات عالية تقوم بتحويل القدرة الداخلة ذات التردد الثابت إلى تيار مستمر ومن ثم تحويل هذا التيار المستمر إلى تيار متردد ثلاثة الأوجه عند التردد المطلوب. كما أن الجهد الخارج يضبط بحيث يكون متناسباً مع التردد المطلوب وذلك للحفاظ على قيمة ثابتة للفيض المغناطيسي في الثغرة الهوائية مثل هذه الأجهزة تكون عادة مكلفة ولا يلجأ إليها إلا في التطبيقات التي تحتاج إلى تحكم دقيق في السرعة.

الشكل رقم (1-38) يوضح منحنيات (العزم/ السرعة) لمحرك ذي أربعة أقطاب عند ترددات مختلفة، ويلاحظ أن العزم يزداد عند انخفاض التردد وذلك بسبب زيادة الجهد والعكس يحدث عند زيادة التردد وذلك للمحافظة على كمية ثابتة للفيض المغناطيسي في الثغرة الهوائية.



الشكل رقم 1-38 : منحنيات (العزم/ السرعة) لمحرك ذي أربعة أقطاب عند ترددات مختلفة

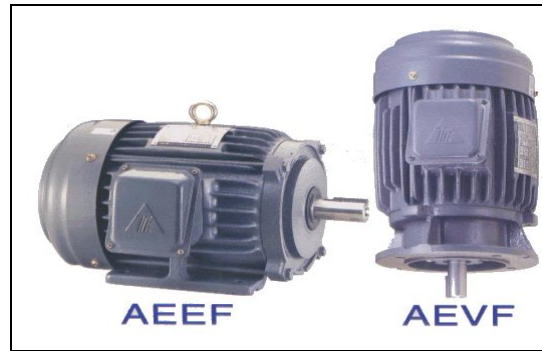
No. of Poles	50 Hz	60 Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600
16	375	450
20	300	360

أعمال الصيانة والفحص للمحركات الكهربائية

طريقة التخزين للمحركات والبلى

أولاً: عند تخزين المحركات يراعى أن تكون

- 1- بعيداً عن الأحماض والقلويات والأملاح ودرجات الرطوبة العالية والسوائل بأنواعها والأماكن المليئة بالأبخرة أو الأتربة وأن تكون درجة الحرارة لغرفة التخزين من (6-25) ودرجة الرطوبة (65%).
- 2- ويراعى عدم التخزين لفترات وسنوات طويلة حتى لا يقل من مقاومة العزل.
- 3- وعند استعمال المحرك بعد فترة كبيرة يراعى تغيير الشحم القديم والتأكد من مقاومة العزل.



ثانياً: تخزين البلى يراعى أن تكون:

- 1- نفس الظروف التي تمت لتخزين المحرك وعلى أن يتم تخزين الـ (package) بكل (bearing) أفقى وكل حجم يوضع فوق بعضه البعض



طرق قراءة واختيار رولمان البلى **The Bearing**

رولمان البلى من الأجزاء الأساسية بالمحرك وهو محور ارتكاز العضو الدائر الذي يسمح له بحرية الحركة دون الاحتكاك بمجاري العضو الثابت لوجود الثغرة الهوائية ويتركب رولمان البلى من الإطار الحلقي الخارجي والإطار الحلقي الداخلي وبينهما عنصر الدوران (البلى) وقفص البلى والغطاء أو مانع التسريب وتتلخص أنواع البلى كما هو موضح بالشكل

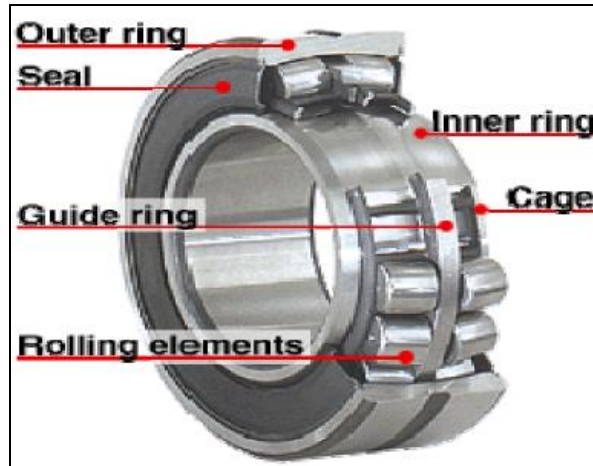
١-البلى الكرات

٢-البلى الأسطواني

٣-البلى الإبري

٤-البلى المخروطي الناقص

٥-البلى الكروي



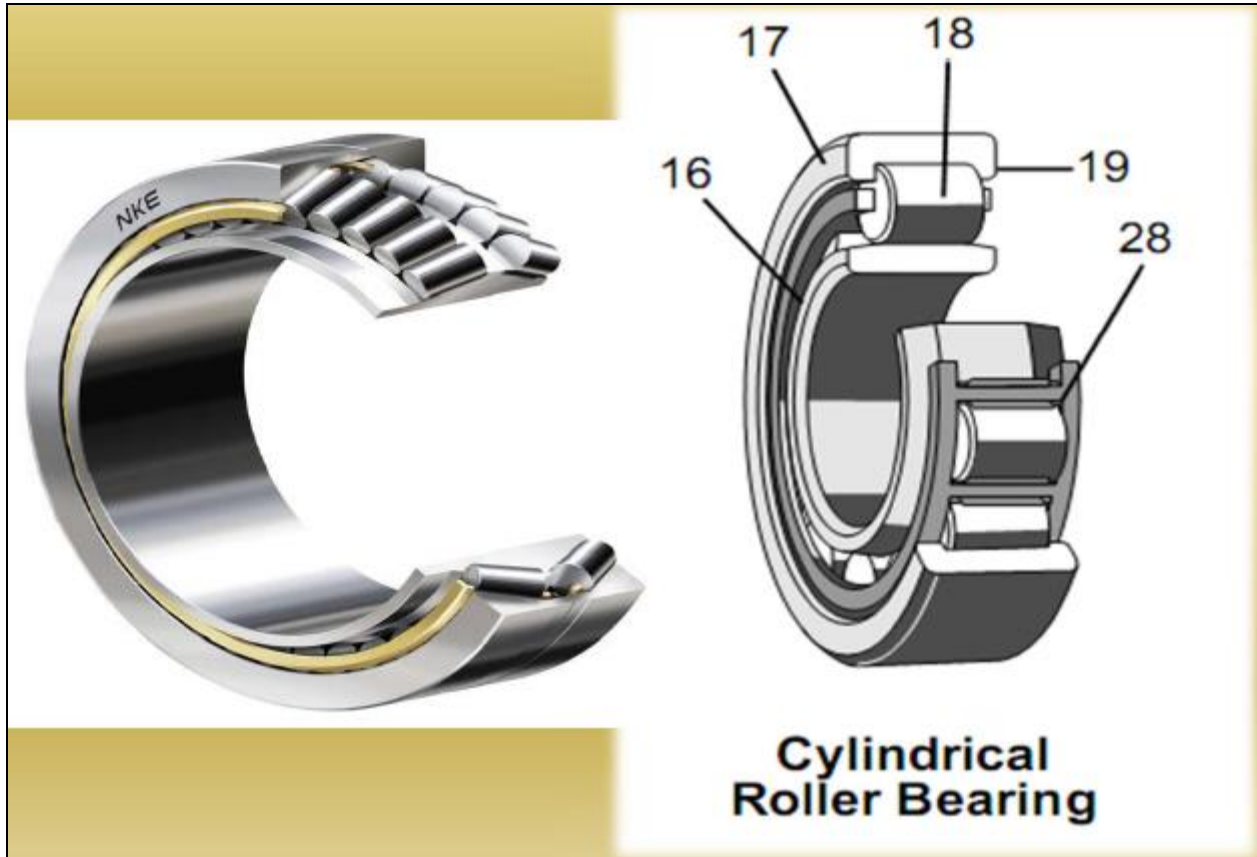
شكل يوضح تركيب البلية



البلى الكرات Deep Groove Ball Bearing

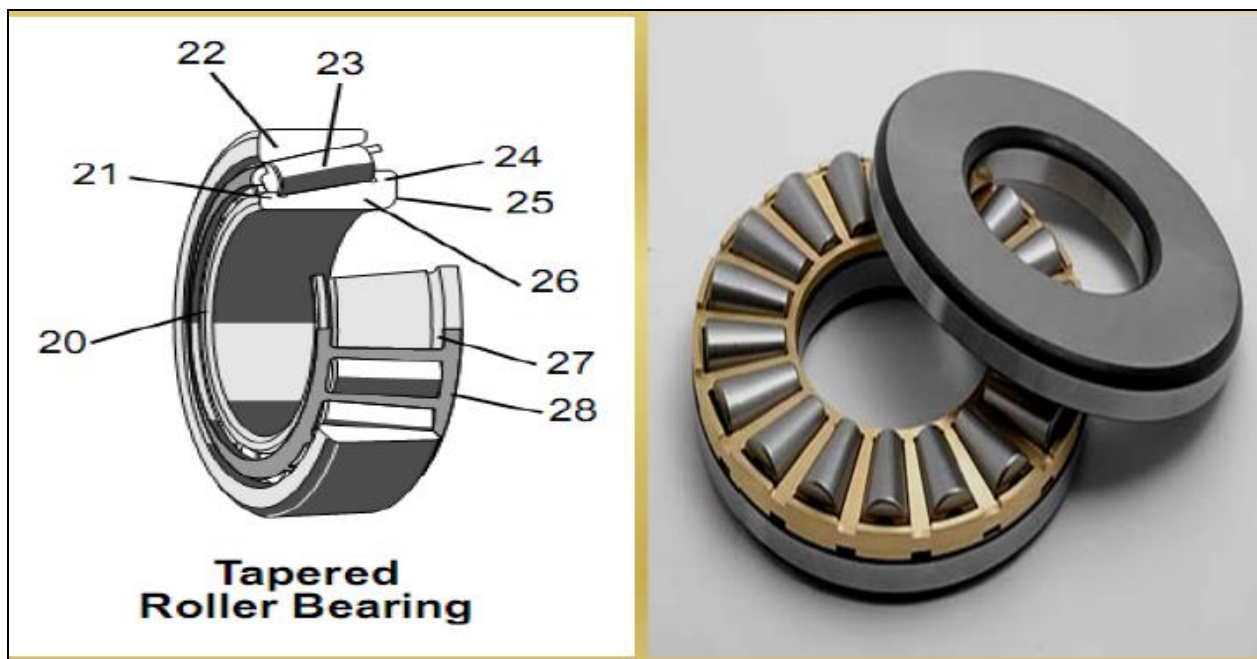
البلى الاسطوانى

Cylindrical Roller Bearing



بلى المخروط الناقص

Tapered Roller Bearing



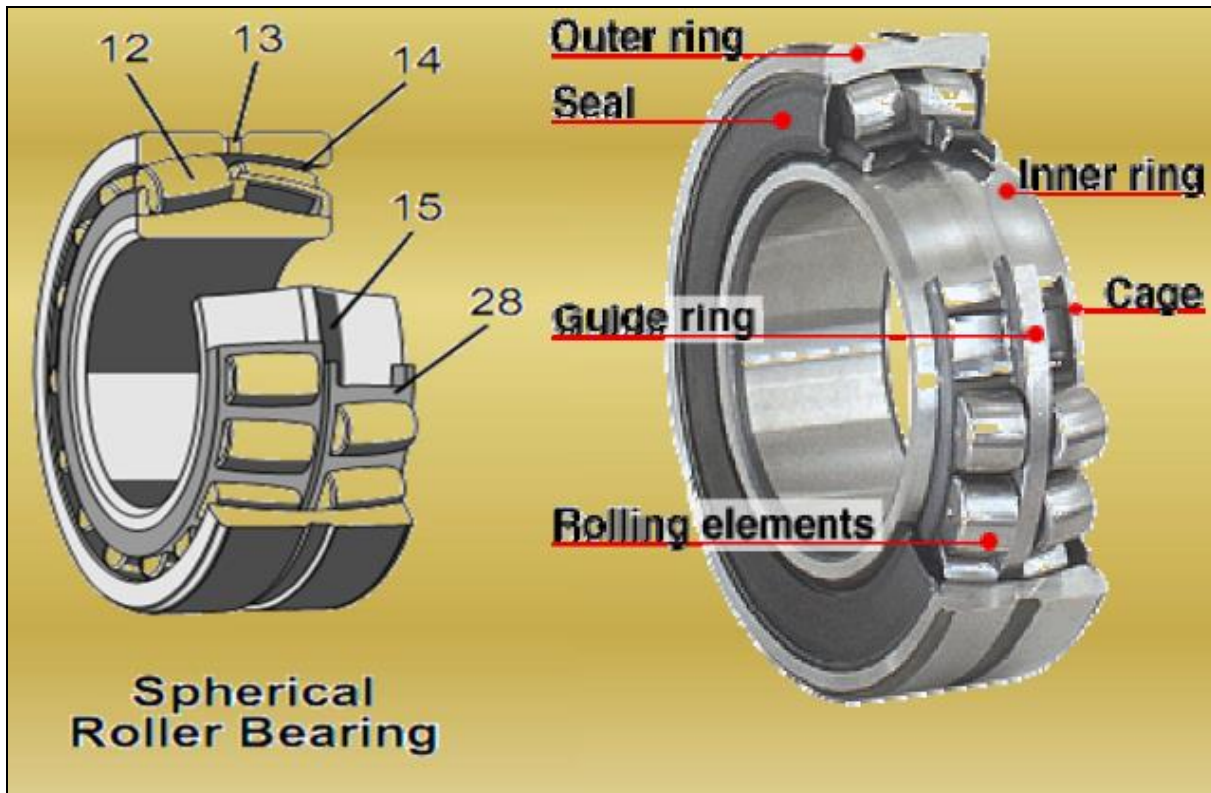
البلى الابرى

Needle Roller Bearing

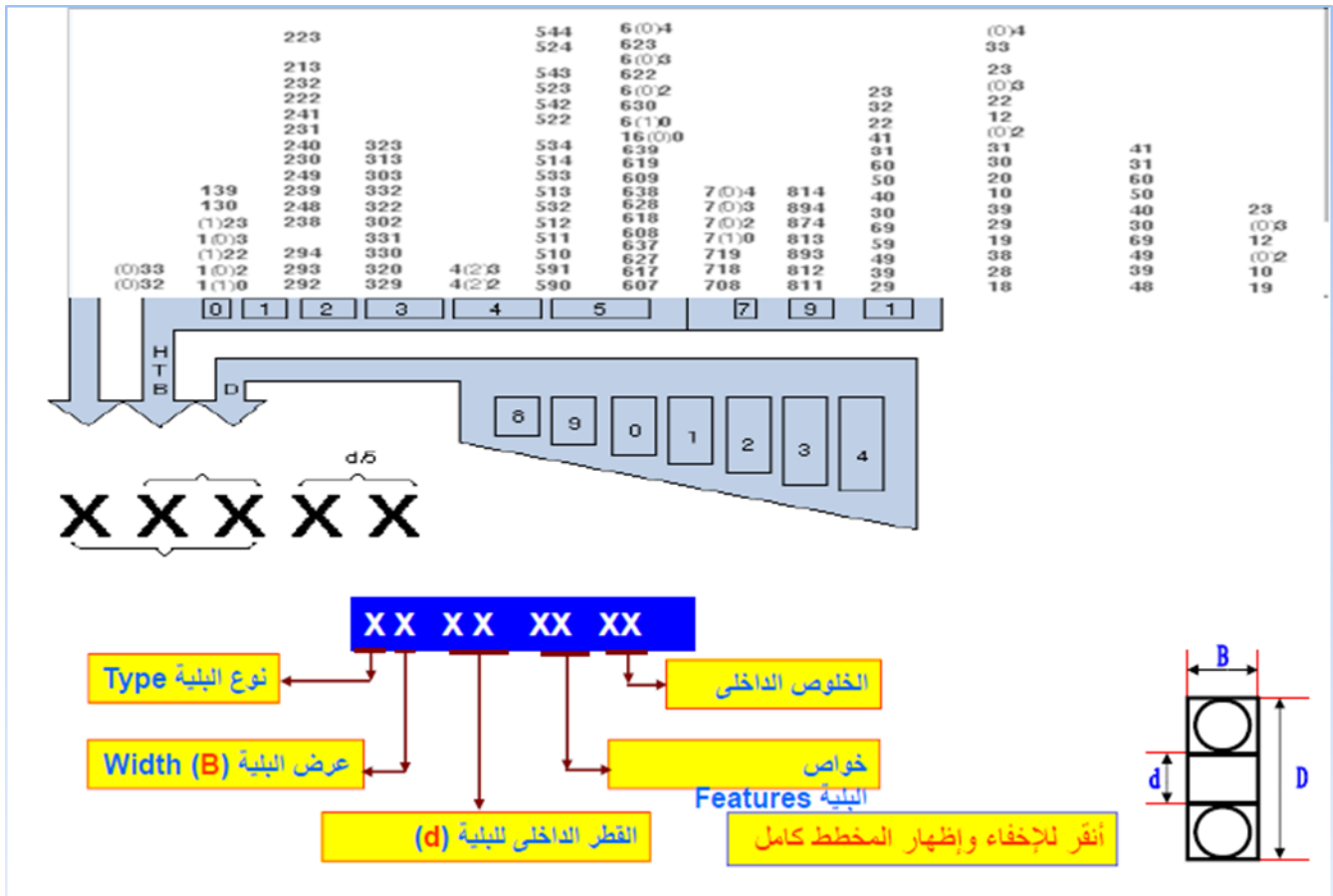


البلى الكروى

Spherical Roller Bearing



Bearing Type



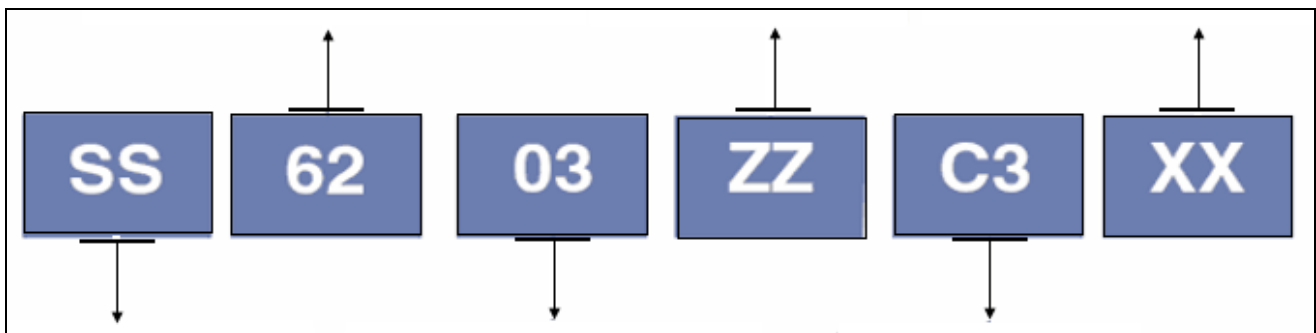
مثال لقراءة رقم بلية

علامات إضافية تدل على أبعاد خاصة أو نوع الشحم وكيفية ملؤه

NR Snap Ring

PRX Polyrex EM Grease

SRI2 SRI-2 Grease



Basic Type & Series	
R	Inch, single row
16	Inch, single row
6	Metric, single row, miniature
618	Metric, single row, extra thin
619	Metric, single row, thin
60	Metric, single row, extra light
62	Metric, single row, light
63	Metric, single row, medium
52	Metric, double row, light
53	Metric, double row, medium

SS	62	03	ZZ	C3	XX
----	----	----	----	----	----

لتوضيح الرقم التسلسلى لتصميم البلية
وهو يصف تصميم البلية من حيث الشكل والنوع

SS	62	03	ZZ	C3	XX
----	----	----	----	----	----

Bore Size	
Above 04, multiply by 5 to get the bore size in millimeters.	
00: 10mm	03: 17mm
01: 12mm	04: 20mm
02: 15mm	05: 25mm

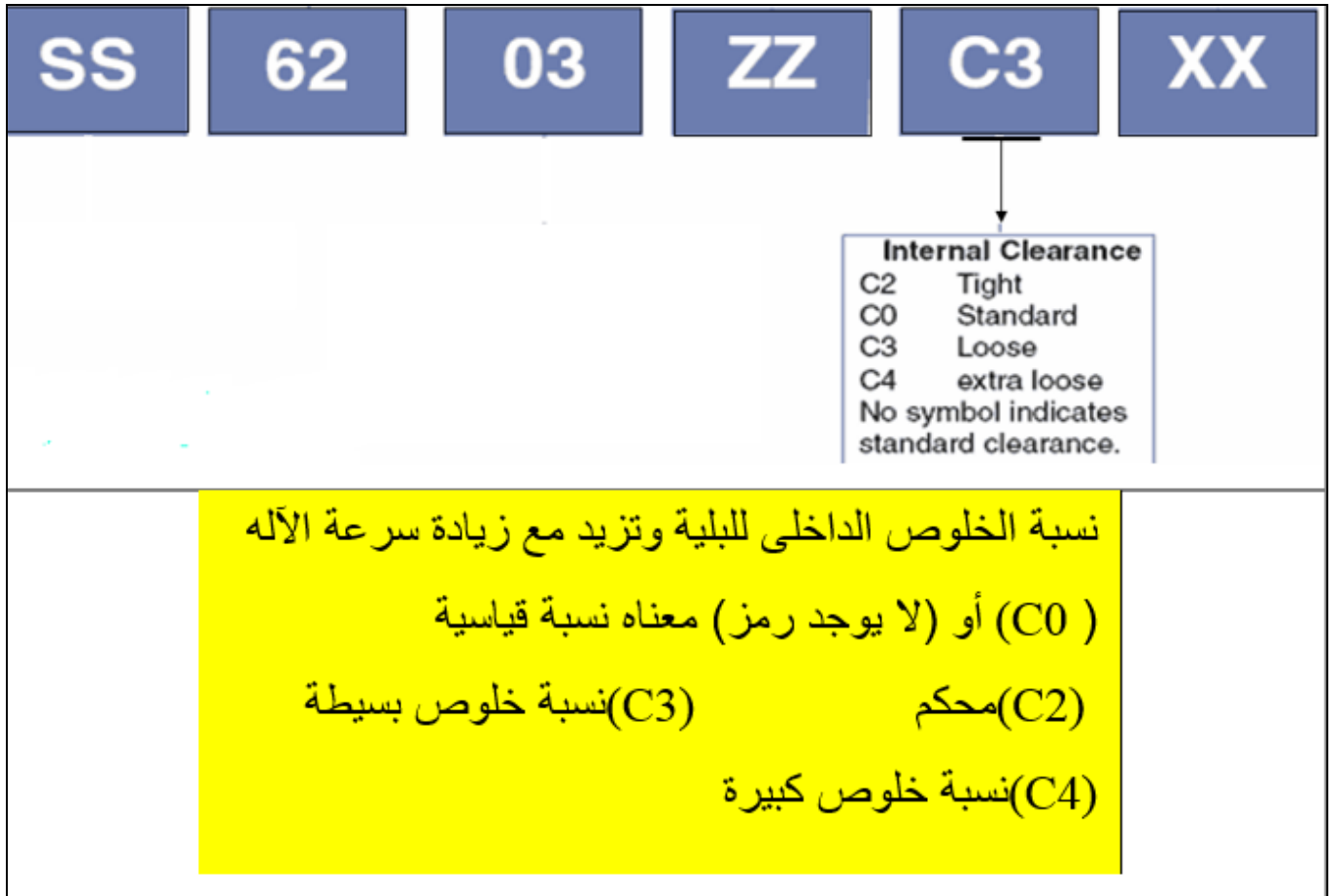
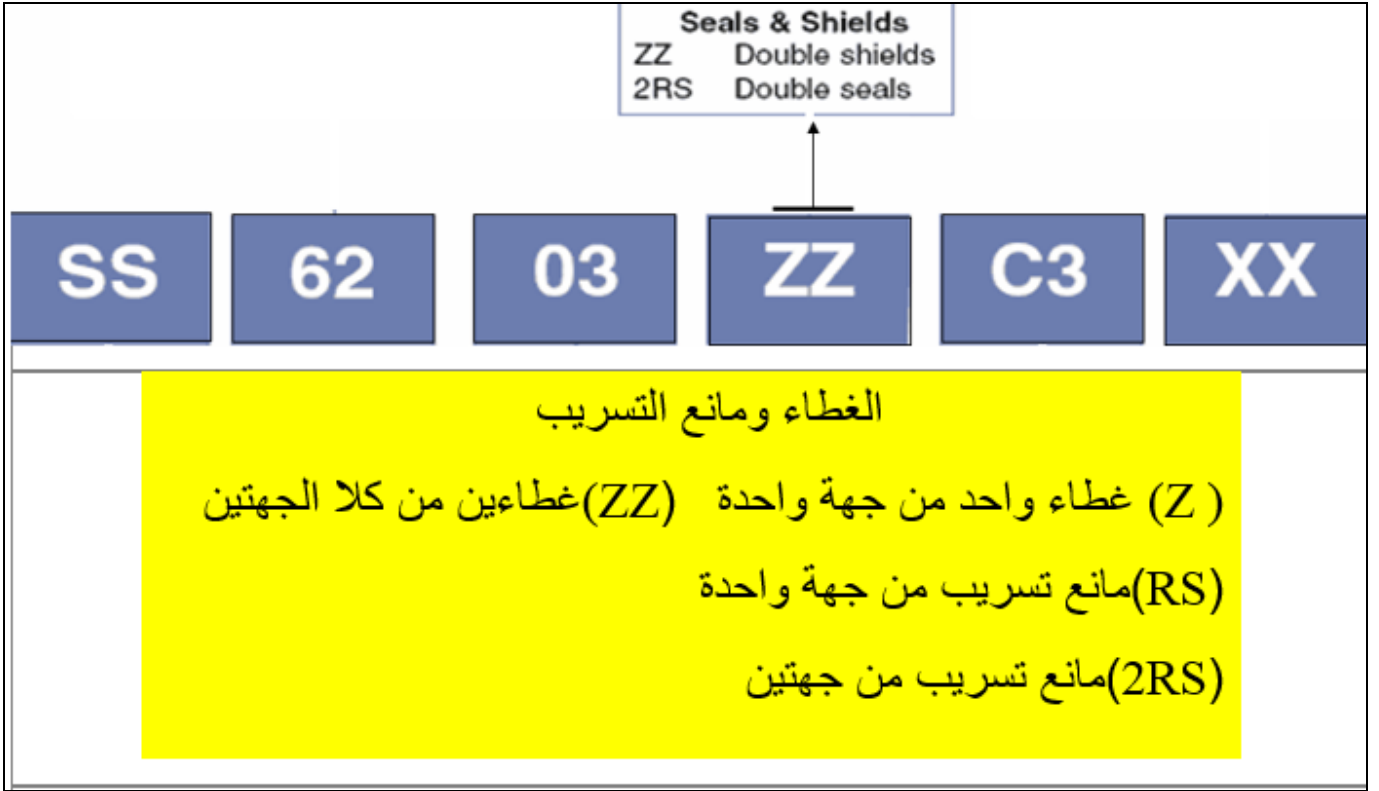
القطر الداخلى للبلية Bore Size آخر رقمين لرقم البلية يتم حسابه كالتالى من الرقمين 04 إلى ما هو أعلى يتم ضربهم فى 5 لتكون القراءة بالملى متر مباشرة اما الأرقام الاصغر مثل

00=10mm

01=12mm

02=15mm

03=17mm



Extra Markings
(Indicates special dimensions
or grease type and fill)
NR Snap Ring
PRX Polyrex EM Grease
SRI2 SRI-2 Grease

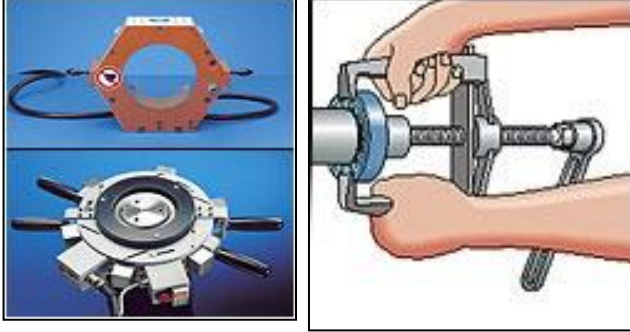
SS 62 03 ZZ C3 XX

علامات إضافية تدل على أبعاد خاصة أو نوع الشحم وكيفية ملؤه
NR Snap Ring
PRX Polyrex EM Grease
SRI2 SRI-2 Grease

طرق عملية خروج رولمان البلى عملية خروج البلى Bearing Dismounting

هناك خمسة طرق لعملية خروج الرولمان بلى (Bearing)

1- الطريقة الميكانيكية:



إذا كان مقاس عمود ال (rotor) صغير نستخدم الزرجينه بمقاساتها المختلفة

2- استخدام (Induction Heater):

وهو يكون بمقاسات تناسب مقاس الرولمان بلى

3- الطريقة الحرارية:



وذلك بتوصيل حلقة مثقوبة على الدائر حول ال bearing والتوصيل بخراطوم غاز الاشتعال وتسلط الحرارة على أجزاء bearing بحيث يكون التوزيع منتظم.

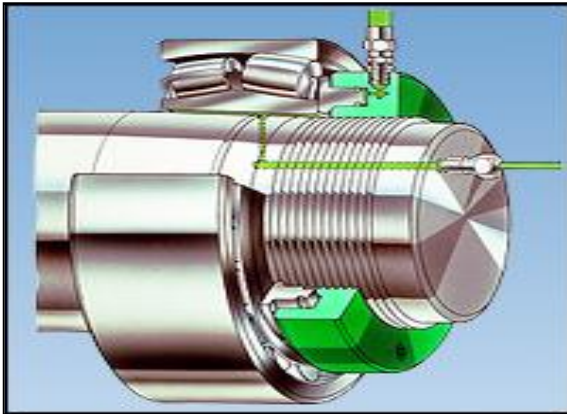
4- باستخدام (Hydraulic)

وذلك باستخدام الأجهزة اللازمة بما يتناسب مع كل حجم من إجمام ال (bearing) مع الأخذ في الاعتبار عند بداية خروج أى (bearing) يتم التأكد من فك كبس ما قبل (bearing) إن وجد أو صامولة الزنق المشرشرة إن وجدت

5- باستخدام (clamp)

وهى طريقة حديثة عبارة عن (clamp) يتم وضعة داخل العمود (shaft) وبالمقاس المناسب ويتم عمل (clam) على (inner ring) ثم خروج ال (bearing) بسهولة وبعد التأكد من الظواهر التى تؤكد تلف ال (bearing) المراد على السطح الخارجى الـ (outer ring) أو وجود شرخ بالبلى أو يكون هناك اثار بقع على البلى.

أو أن يكون البلى غير محكم أو مثبت على (rotor*Shaft) أو ان يكون هناك عدم احكام فى دخول (bearing) مع (housing) غطاء المحرك



طرق عملية دخول رولمان البلى عملية دخول (شحط) البلى Bearing Mounting

1. بعد التأكد من مقاس ال (bearing) الجديد مطابق للقديم وان كل البيانات سليمة.
2. يتم التأكد من أن سطح إل (rotor shaft) ليس به أى خدوش أو أتربة ونظيفة تماما بقطعة قماش بالكيروسين او (WD4). أيضا يتم تنظيف ال (bearing) داخل حوض الكيروسين ثم تجفيفه
3. يتم أيضا تنظيف أعطيه المحرك الامامى والخلفي جيدا والتأكد من ان ال (housing) الخاص بمكان ال (bearing) ثم تنظيفه جيدا وعدم وجود تآكل او خدوش تؤدي إلى وجود بوش (كبر فى الخلوص) بين ال (outer ring) و سطح ال (Housing) فعند وجود شك فى المقاس الموجود بالـ ((Housing)) يمكن قياسه باستخدام (inner & outer micrometer).

وبعد ذلك نجد أن هناك طرق للقيام بعملية الشحط (Mounting)

1-الطريقة الأولى: الميكانيكية

2-الطريقة الثانية: باستخدام حمام زيت

3-الطريقة الثالثة: باستخدام (Induction heater)

4-الطريقة الرابعة: باستخدام (Hydraulic)

أولاً: الطريقة الميكانيكية

وذلك بتجهيز ماسورة يتم الطرق عليها على ال (inner ring) ولا تكون محكمة على ال (shaft) وتكون مقفلة من الجهة الاخرى ويتم وضع ورق او خشب عازل بين ال (bearing) والماسورة قبل الطرق مباشر على ال (bearing) وتعتبر هذه طريقه بدائية. وتستخدم الآن (fitting tools) بدلا من هذه طريقه.

ثانياً: باستخدام حمام زيت

وهي باستخدام حمام زيت وذلك بان يغمر ال (bearing) فى هذا الحمام من الزيت النظيف جدا والذى تكون درجة الحرارة فيه للأحجام الكبيرة 2.. درجة والإحجام المتوسطة 15. درجة والأحجام الصغيرة من 8. درجة الى 9. درجة ولا بد من تعليق ال (bearing) بعيدا عن أرضية هذا الحوض وذلك لضمان توزيع الحرارة.

ثالثاً: باستخدام Induction Heater

وهي باستخدام (induction heater) وذلك بوضع ال (bearing) داخل (induction core) ولمدة من 2 الى 3 دقائق.

رابعاً: باستخدام Hydraulic

وذلك باستخدام ال (hydraulic) والأجهزة المستخدمة مع هذه الماكينة والمصحوبة بمقاسات تناسب كل مقاس

التشحيم Greasing

يعتبر للتشحيم فوائد كثيرة من أهمها

التبريد-التليين-الحماية من (stuck)- إطالة عمر المحرك -عدم الوصول بالمعدة إلى مرحلة الاهتزازات العالية-عدم وصول المعدة لدرجة عالية من السخونة



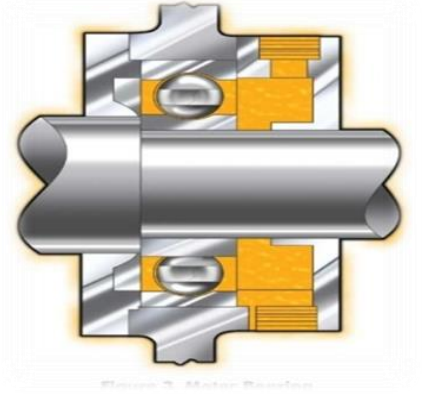
لذلك هناك نظام لعملية التشحيم اما ان يكون

1-بعد عدد معين من الساعات.

2-كل أسبوع 3-كل شهر

4-كل 3 شهور أو ان يكون أكثر من ذلك

وهناك قانون لمعرفة الكمية المراد وضعها فى أى bearing



$$\text{Quantity} = D \times B \times X = \text{Gram}$$

D: out side diameter

B: width

X: re-lubrication factor (0.005)

جميع القياسات بالميلليمتر

خطوات التشحيم

1- يتم تنظيف ال (nipple) والجزء المحيط به بقطعة قماش نظيفة.

2- بعد التأكد من نوعيه الشحم وبعد معرفه الكمية

المراد وضعها. يتم إضافة هذه الكمية أثناء

دوران المحرك من بعد فتح بوابة الشحم حتى

يتم إخراج الشحم الزائد.

3- يتم أخذ قراءات درجة الحرارة من وقت إلى

آخر الى أن تستقر هذه الحرارة.

4- تأكد من غلق بوابة الإخراج (drain) لعدم

دخول أتربة.

الأضرار الناتجة عند استخدام كمية كبيرة أثناء التشحيم:

1- إهدار اموال

2- إتلاف الحشو seal

3- التسخين الزائد

4- الإقلال من عمر الرولمان بلي bearing

5- الإقلال من كفاءة المعدة

6- دخول الكمية الزائدة على ملفات القلب الساكن stator



عازلية المحرك: Motor Insulation

1-2 مفهوم العازلية Insulation

هي المادة التي تعمل على الفصل بين موصلين و عدم إمكانية اختراق التيار الكهربائي لها.

2-2 حساب مقاومة العزل في المحركات:

نحسب مقاومة العزل لمحركات التيار المتردد (المتغير) حسب المعادلة التالية:

$$R = \frac{U}{1000 + (0.01.P)}$$

حيث:

(R) مقاومة العزل بالميغا أوم (MΩ).

(U) فرق الجهد الذي يعمل عليه المحرك بالفولت (V).

(P) قدرة المحرك بالكيلوات (KW).

(0.01 – 1000) قيم ثابتة.

كما يجب أن لا تقل مقاومة العزل بين الملفات والهيكل في أي حال من الأحوال عن (0.5) ميغا أوم.

2-3 العوامل التي تؤدي إلى خفض العازلية:

أ- الرطوبة.

ب- تراكم الزيوت.

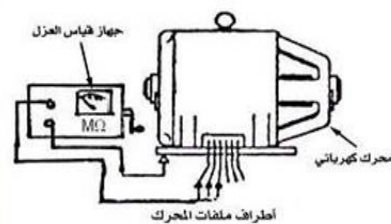
ج- الحرارة الزائدة.

د- المواد الكيميائية.

هـ- تعرض العازل إلى الصدمات الميكانيكية.

2-4 طريقة فحص العازلية في المحرك:

التأكد من عازلية المحرك الكهربائي نستخدم جهاز فحص قوة العزل (الميجر) (MΩ) كل (1) بحيث نصل إحدى طرفي الجهاز بجسم المحرك والطرف الآخر للجهاز بإحدى ملفات المحرك ونقوم بإدارة ذراع الجهاز فإذا انحراف مؤشر الجهاز إلى الصفر فهذا يدل على عدم وجود عازلية. أما في حالة إذا كان مؤشر الجهاز في الوضع ∞ فهذا يدل على وجود قوة عازلية أي عدم وجود قصر بين الملف وجسم المحرك.. وهكذا نكرر العملية لفحص بقية ملفات المحرك. شكل (1) فحص العازلية في محرك باستخدام (الميجر)



3- العضو الثابت للمحرك: Motor stator

1-3 طرق فحص استمرارية ملفات العضو الثابت

للمحرك:

لفحص استمرارية ملفات العضو الثابت للمحرك نستخدم احدي الطرق التالية:

1-1-3 استخدام مصباح متوهج توالي:

يوصل مصباح اختبار على التوالي مع ملفات أقطاب المحرك شكل (2).

وتوصل الدائرة مع مصدر كهربائي مناسب للتيار فإذا أضاء المصباح كان اتصال الملفات جيداً، أما إذا لم يضيء دل ذلك على عدم وجود استمرارية في توصيل الملفات (قصر بين الملفات).

إذا ثبت أن هناك قطعاً أو توصيلاً رديئاً توصل أطراف سلك الاختبار مع بداية الملفات ويكشف عن أماكن التوصيل بنقل سلك الاختبار الثاني على هذه الوصلات حتي يتم تحديد مكان القطع أو الاتصال الرديء، شكل (3).

2-1-3 استخدام الأوميتير لفحص الاستمرارية:

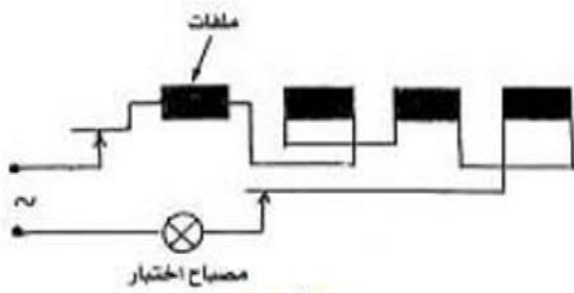
- نفك ارتباط الأسلاك في نقطة النجمة شكل (4) ونقاط المثلث شكل (5).

- نوصل جهاز الأوميتير بين طرفي ملف الوجه الأول لقياس مقاومته.

- نوصل جهاز الأوميتير بين طرفي ملف الوجه الثاني لقياس مقاومته.

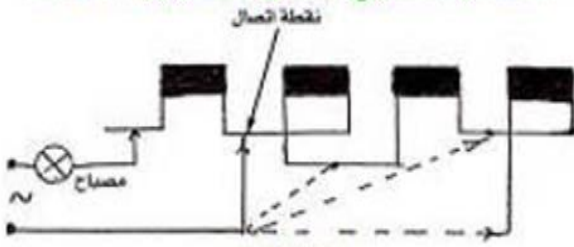
- في حالة عدم تماثل مقاومات الأوجه الثلاثة في المحرك دل ذلك على رداءة الاتصال في إحدى الملفات.

- قياس المقاومة الحرارية PTC/PT100



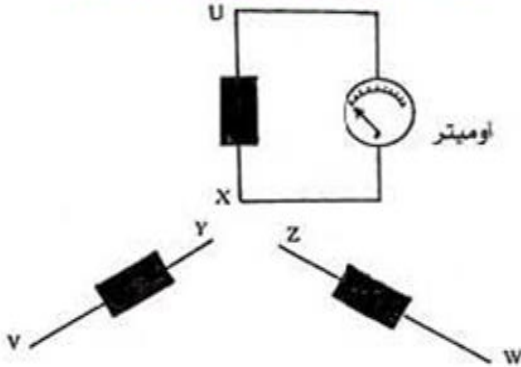
شكل (2)

استعمال المصباح لفحص استمرارية الملفات



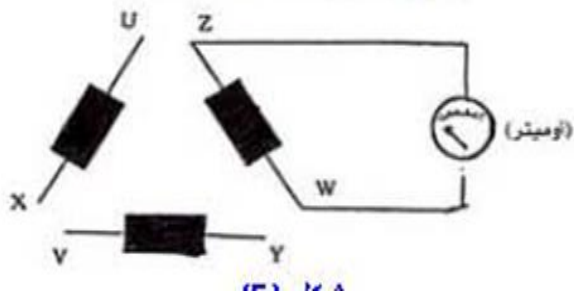
شكل (3)

البحث عن مكان القطع في التوصيلات



شكل (4)

استعمال الأوميتير لفحص الاستمرارية لمحرك (3ph) توصيلة نجمي (Y)



اكتشاف وتتبع أعطال المحركات ثلاثية الوجه وكيفية علاجها

العطل الأول:- المحرك لا يدور أولا يدور ويصدر صوت طنين

١. تأكد من مصدر الجهد لدائرة تشغيل المحرك هل الجهد مطبق على جميع خطوط المحرك؟	لا	قم بتوصيل الجهد على الثلاث خطوط حيث أن المحرك ثلاثى الوجه لا يعمل على وجه واحد
٢. أختبر دائرة التشغيل هل جهاز زيادة الحمل (الثرمال) مفصول؟	نعم	قم بتغيير الثرمال إذا تأكد تلفه أو قم بإعادة توصيله مرة أخرى هل يكرر الفصل عند التوصيل؟ نعم
٣. هل الجهد على الثلاث خطوط مطبق على المحرك؟	لا	قم باختبار دائرة التشغيل من فيوزات أو قواطع أو كونتاكتور ربما يكون أحد خطوط الجهد فاصل
٤. هل الجهد على أطراف المحرك أقل من قيمة الجهد الأدنى لتشغيل المحرك؟	نعم	قم بإعادة ضبط الجهد و قم بإعادة توصيله للمحرك
٥. أختبر أطراف توصيل المحرك هل يوجد أى تريبط غير جيد أو أى أطراف مقطوعة؟	لا	قم بإعادة التريبط و قم بإعادة توصيل أى وصلات مفصولة
٦. ربما يكون المحرك غير مناسب للحمل هل التحميل عند البدء عالى جدا؟	نعم	استبدل المحرك بأخر ذو تصميم من نوع C or D أو استبدل المحرك بمحرك أكبر
٧. هل الآلة المتصلة بالمحرك غير حرة الحركة أو عليها حمل يعيق حركتها؟	نعم	قم بتلين الآلة المدارة بالمحرك أو قم بإزالة سبب أعاققتها أو تخفيف الحمل من عليها

اكتشاف وتتبع أعطال المحركات ثلاثية الوجه وكيفية علاجها (٢)

العطل الثانى:- المحرك يدور ببطء شديد

١. أولا يجب التأكد من الحمل المتصل بالمحرك هل زائد عن الحد هل حر الحركة؟	نعم	يجب أن نقوم أولا بفصل الحمل عن المحرك وتحديد مشكلة الحمل والقيام بإصلاحها
٢. عدم استقامة المحرك مع الآلة المتصلة به بسبب تلف البلى أو بسبب تلف أو خلل أو احتكاك فى وسط نقل الحركة من المحرك إلى الآلة (الكبلنج أو تروس أو سيور أو ٠٠٠)	نعم	قم بتغيير البلى قم بصيانة أو إصلاح وسط نقل الحركة (التأكد من سلامة وصلة الكبلنج و التأكد من درجة شد السيور والتأكد من تشحيم التروس)
٣. هل بلى المحرك تالف أو عمود الدوران به انحناء أو يوجد احتكاك بين العضو الدائر و الثابت	لا	قم بتغيير البلى و قم بالكشف على العضو الدائر وعمل أتران له أو قم بتغيير المحرك إن لزم الأمر
٤. أختبر ملفات العضو الثابت من أى فتح أو قصر أو اتصال بالأرضى	نعم	قم بزيادة العزل أو تغيير الملفات التالفة أو إعادة لف المحرك أو تغيير المحرك إن لزم الأمر

اكتشاف وتتبع أعطال المحركات ثلاثية الوجه وكيفية علاجها (3)

العطل الثالث:- المحرك يعمل بدون حمل ومع الحمل لا يعمل

١. هل الحمل حر الحركة وليس به أى مشكلة ؟	لا	١. أعزل المحرك عن الحمل وقم بالكشف على الحمل وصيانتة أو إصلاحه إن لزم الأمر
١. هل الجهد منخفض بدرجة كبيرة ؟	نعم	قم بضبط الجهد على الثلاث خطوط للمحرك
١. هل ملفات المحرك معزولة جيدا ومقاومتها صحيحة ؟	لا	قم بقياس مقاومة الملفات ثم قم بعزلها أو إعادة لفها
١. بعد الكشف عن العضو الدائر هل يوجد أى تفكك بقضبان العضو الدائر ؟	نعم	قم بإعادة تثبيت القضبان المفككة أو غير المحرك
	لا	

اكتشاف وتتبع أعطال المحركات ثلاثية الوجه وكيفية علاجها (4)

العطل الرابع:- المحرك يصدر ضوضاء واهتزاز أثناء التشغيل

١. هل من الممكن تحديد مصدر الاهتزاز والضوضاء إذا كان من الآلة المدارة أو من وسط نقل الحركة بينهما ؟	نعم	تم تحديد الاهتزاز ومصدر الضوضاء يصدر من الحمل نقوم بعزل الحمل عن المحرك ونقوم بصيانة وإصلاح الآلة المدارة أو وسط نقل الحركة
٢. تأكد من تثبيت المحرك بالقاعدة هل المسامير غير مربوطة جيدا ؟	لا	قم بربط مسامير القاعدة جيدا وتأكد من استقامة المحرك مع القاعدة
٣. هل قاعدة المحرك مستقيمة مع عمود المحرك ؟	لا	قم بعمل استقامة aligned للمحرك مع القاعدة والمحافظة على الابعاد القياسية بين المحرك والقاعدة
٤. هل المروحة تحتك بالجسم الثابت للمحرك أو بالغطاء الخاص بها ؟	نعم	قم بإصلاح المروحة أو تغييرها قم بإزالة الأجزاء المحطمة تأكد أن المروحة لا تحتك بالجسم أو الغطاء
٥. هل الثغرة الهوائية غير منتظمة أو العضو الدائر يحتك بالجسم الثابت للمحرك ؟	لا	قم بإعادة وسطه العضو الدائر على البلى ولا يتم ذلك إلا بضبط البلى داخل بيت البلى بغطاء المحرك
٦. استمع إلى صوت رولمان البلى هل يصدر صوتا	نعم	قم بتشحيب البلى أو تغييره إن لزم الأمر
٧. هل أحد خطوط الجهد للمحرك غير موجود وهل الجهد بين الثلاث اوجه للمحرك غير متزن ؟	لا	قم بإعادة الخط المفصول و أضبط الجهد بحيث يكون متساوى بين الثلاث اوجه
	نعم	
	لا	

اكتشاف وتتبع أعطال المحركات ثلاثية الوجه وكيفية علاجها (5)

العتل الخامس:- المحرك يسخن بشكل غير طبيعى		
١. هل الجو المحيط بالمحرك ساخن جدا؟	نعم	قلل من حرارة الجو المحيط بالمحرك بمحاولة طرد الهواء الساخن من حول المحرك وإذا كان ذلك غير متاح يجب تغيير المحرك بأخر أكبر ذو تبريد أفضل
٢. هل المحرك صغير جدا وغير مناسب لظروف التشغيل الحالية ؟	نعم	أستبدل المحرك بمحرك آخر يناسب ظروف التشغيل الحالية
٣ هل تم تشغيل المحرك أكثر من مرة فى وقت قصير (بدء متكرر) ؟	نعم	قلل عدد مرات تشغيل المحرك أو استبداله بأخر يناسب ظروف التشغيل المتكرر
٤. قم بالكشف على الجسم الخارجى للمحرك هل هو مغطى بالأتربة أو شحوم أو أى مواد غريبة تعمل عل أعاقه تبريده	نعم	قم بتنظيف الأتربة بواسطة ضغط هواء وإزالة الشحوم بأى مادة مذيبة ثم قم بتجفيفه بواسطة قطع من القماش
٥. أستشعر تدفق الهواء المناسب على جسم المحرك هل كمية الهواء ضعيفة أم غير منتظمة أولا يوجد ؟	نعم	قم بإزالة أى عائق يعيق تدفق الهواء الخارج من المروحة وقم بتنظيف ممرات الهواء على جسم المحرك (الزعانف) وقم بتنظيف غطاء المروحة
٦ قم بقياس تيار المحرك هل هو زائد عن التيار المقتن مما يدل على زيادة حمل ؟	لا	غالبا ما يكون سبب سخونة المحرك هى سخونة رولمان البلى كما سيبين فيما يلى
	نعم	

اكتشاف وتتبع أعطال المحركات ثلاثية الوجه وكيفية علاجها (6)

تابع العتل الخامس:- المحرك يسخن بشكل غير طبيعى		
٧. هل الآلة المدارة عليها زيادة حمل ؟	نعم	خفف الحمل أو غير المحرك بأخر أكبر
٨. هل يوجد عدم استقامة بين المحرك والحمل ؟ تلف البلى أو أى أجزاء بالآلة المدارة يتسبب فى زيادة الاحتكاك فيتسبب فى سخونتها وسخونة المحرك	نعم	قم بصيانة وإصلاح الآلة المدارة وتأكد من عدم وجود أى احتكاك بأجزائها تسبب فى رفع درجة حرارتها عن الطبيعى
٩. هل بلى المحرك من النوع المفتوح ويحتاج إلى تشحيم ؟	نعم	قم بتشحيم المحرك وحافظ على دور تشحيمه هل لازال المحرك يسحب تيار عالى ؟
١٠. هل حدث فرك للبلى مما تسبب فى احتكاك المروحة أو العضو الدائر أو انحناء عمود الدوران مما تسبب فى احتكاك داخلى تسبب فى سخونة المحرك	نعم	قم بإصلاح ما تلف أو تغيره أو تغير المحرك بأخر سليم
٥ قم بقياس جهد الوجه هل أختلف عن الوجهين الآخرين؟	نعم	قم بضبط واتزان الجهد عل الالوجه الثلاثة للمحرك
هل الجهد أكثر من ١٠ ٪ من قيمة جهد المحرك ؟	نعم	قم بضبط الجهد ليناسب مع جهد المحرك أو غير المحرك
أختبر ملفات العضو الثابت هل يوجد أى ملفات مقصورة مع بعضها أو مع الأرضى ؟	نعم	قم بإعادة عزل الملفات أو إعادة لفها أو إعادة لف المحرك أو استبداله
	لا	

اكتشاف وتتبع أعطال المحركات ثلاثية الوجه وكيفية علاجها (7)

العطل السادس:- بلى المحرك يسخن أو يصدر منه صوت غير طبيعي		
١. أختبر الحمل هل هو زائد عن الحد مما يتسبب في ضغط أو تحميل على البلى	نعم لا	خفف الحمل أو استبدل المحرك بمحرك آخر يتناسب مع الحمل
٢. بعد الكشف على البلى هل يوجد أى تلف أو تآكل بالبلى (الحركة أو الأسطح أو البلى الداخلى	نعم لا	قم بتغيير البلى ببلى آخر
٣. هل البلية مركبة بشكل خاطئ على العمود مما يتسبب في ضغط متواصل على نهاية العمود	نعم لا	قم بتركيب البلية بالطريقة الصحيحة مع التأكد من عدم وجود أى خلوص بين البلية والعمود
٤. هل يوجد ميل أو عدم استقامة بين المحرك والحمل يتسبب في التحميل الخاطئ على البلى	لا نعم	قم بعمل اتزان للعمود أو استبدله ثم قم بعمل استقامة بين المحرك والحمل
٥. هل حدث تآكل أو تلف في بيت البلية مما تسبب في وجود خلوص بينهما ؟	نعم لا	قم بإعادة ضبط المسافة بين بيت البلى والبلى والتأكد من عدم وجود أى خلوص أو غير الغطاء أو المحرك
٦. هل البلى من النوع المفتوح ويحتاج إلى تشحيم؟	نعم لا	قم بتشحيم البلى وحافظ على دورة التشحيم بالتدوين في جداول حسب ساعات التشغيل أو كما يتناسب
٧. هل شحم البلى ملوث أو أعطى علامة تدل على تلفه مثل تغير اللون أو الملمس ؟	نعم لا	قم بتنظيف البلى وإعادة تشحيمه بشحم نظيف مطابق للمواصفات

أعطال الملفات بمحركات الثلاثية الوجه (1)

احتراق ملفات وجهين نتيجة لفصل أحد خطوط مصدر الجهد ويحدث ذلك في المحرك الذى يعمل على توصيلة النجمة وذلك لأننا نجد أن جهد الخط يكون واقع على ملفات وجهين معا فيمر بهما تيار عالى نتيجة لفصل أحد أوجه مصدر الجهد بسبب فتح أحد المصاهر أو فتح فى أحد تلامسات القاطع أو الكونتاكطور أو توصيل سبي	احتراق ملفات وجه واحد نتيجة لفصل أحد خطوط مصدر الجهد ويحدث ذلك في المحرك الذى يعمل على توصيلة الدلتا وذلك لأننا نجد أن جهد الخط يكون واقع على ملفات وجه واحد فقط فيمر فيه تيار عالى نتيجة لفصل أحد أوجه مصدر الجهد بسبب فتح أحد المصاهر أو فتح فى أحد تلامسات القاطع أو الكونتاكطور أو توصيل سبي	احتراق ملف أو أكثر نتيجة قصر بين وجه وجه آخر ويحدث ذلك بسبب انهيار العزل بين الأوجه والذي غالبا ما يكون ورق برسيان أو شرائط قطنية نتيجة للتلوث أو دخول مواد غريبة مثل المواد الكيميائية أو الحمضية وكذلك تقشير الملفات من طبقة العازل بسبب الاحتكاك مع أى أجسام صلبة أو الاهتزاز الشديد بالمحرك
		

أعطال الملفات بمحركات الثلاثية الوجه (2)

احتراق الملفات من عند حرف المجرى ويحدث ذلك نتيجة لاتصال هذه الملفات بالأرضى (حرف المجرى) ويحدث ذلك بسبب تآكل الورق العازل بالمجارى بسبب الحرارة العالية أو بسبب التلوث بمواد غريبة وقد يحدث أحيانا عندما يعاد لف المحرك وتسقط الملفات بطريقة خاطئة داخل المجارى مما يؤدى إلى تعريضها	احتراق ملف بأحد الأوجه ويحدث ذلك بسبب تلوث الملفات بأى مواد غريبة تدخل إلى المحرك أو تعرية السلك من المادة العازلة له بسبب أى احتكاك أو بسبب الاهتزاز الشديد بالمحرك وعدم التبريد الجيد للملفات أو قد يحدث بسبب ارتفاع مفاجئ بالجهد فيتسبب فى انهيار العازل فى بعض المناطق الضعيفة بالسلك فيؤدى لتلفها	احتراق عدد من الملفات بملف واحد ويحدث ذلك نتيجة قصر بين لفة وأخرى أو بين عدد من لفات الملف الواحد ويحدث ذلك بسبب تلوث الملفات بأى مواد غريبة تدخل إلى المحرك أو تعرية السلك من المادة العازلة له بسبب أى احتكاك أو بسبب الاهتزاز الشديد بالمحرك أو قد يحدث بسبب ارتفاع مفاجئ بالجهد
		

أعطال الملفات بمحركات الثلاثية الوجه (3)

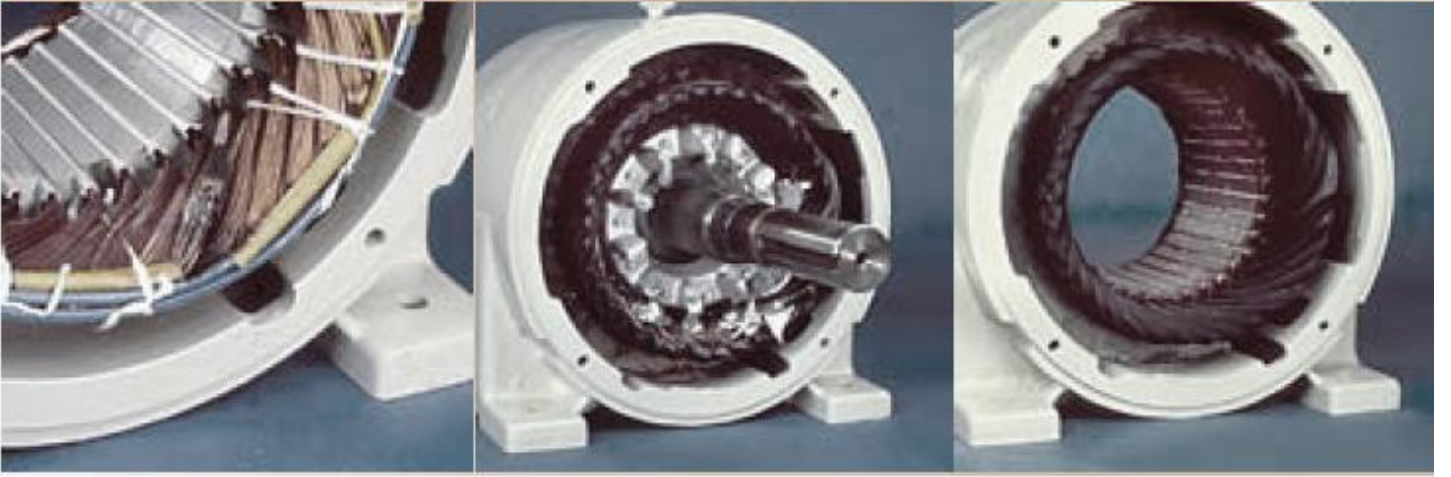
احتراق ملفات وجه بالمحرك كنتيجة لعدم أئزان الجهد مما يؤدى إلى زيادة التيار بأحد الأوجه فتحترق ملفات المجرى ويحدث عدم أئزان الجهد غالبا بسبب عدم أئزان الأحمال على مصدر الجهد وكذلك عدم التبريد الجيد عند التوصيل أو التوصيل بمقاومة عالية ملاحظة هامة :- قد يؤدى عدم الاتزان فى الجهد بنسبة 1% إلى عدم الاتزان بالتيار بنسبة من 6% : 10%	احتراق ملف أو أكثر من أحد الأوجه بالمحرك ويحدث ذلك بسبب نتيجة للتلوث أو دخول مواد غريبة مثل المواد الكيميائية أو الحمضية وكذلك تقشير الملفات من طبقة العازل بسبب الاحتكاك مع أى أجسام صلبة أو عندما تضطر لإخراج العضو الدائر فيتم خروجه بطريقة خاطئة تتسبب فى الاحتكاك بالسلك أثناء الخروج أو الدخول مما يتسبب فى تعرية السلك أو الاهتزاز الشديد بالمحرك	احتراق الملفات داخل المجرى ويحدث ذلك نتيجة لاتصال هذه الملفات بالأرضى (جسم المجرى من الداخل) ويحدث ذلك بسبب تآكل الورق العازل بالمجارى بسبب الحرارة العالية أو بسبب التلوث بمواد غريبة وقد يحدث أحيانا عندما يعاد لف المحرك وتسقط الملفات بطريقة خاطئة داخل المجارى مما يؤدى إلى تعريضها
		

أعطال الملفات بمحركات الثلاثية الوجه (4)

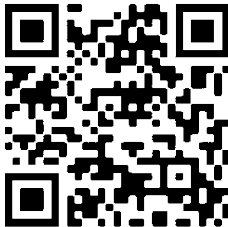
احتراق ملفات المحرك كاملة وذلك بسبب زيادة التيار بالملفات واستمراره لفترة من الزمن حتى تحترق الملفات وتتوقف هذه المدة على قيمة الزيادة فى التيار ويحدث ذلك بسبب زيادة التحميل على المحرك وقد يحدث أيضا بسبب ارتفاع الجهد أو انخفاضه مما يؤدي أيضا إلى زيادة التيار عن المعدل الطبيعي

احتراق ملفات المحرك كاملة كنتيجة لمرور تيار عالي جدا بالملفات بسبب عدم دوران العضو الدائر لأى أسباب مثل تلف كراسى التحميل أو عدم دوران المعدة المتصلة به أو انحناء العمود وقد يحدث أيضا بسبب تعدى تيار البدء عن القيمة العظمى واستمراره وقد يحدث أيضا بسبب عكس الدوران المفاجئ للمحرك

احتراق ملف أو أكثر كنتيجة لارتفاع المفاجئ بالجهد ويحدث الارتفاع المفاجئ بالجهد عند التوصيل والفصل بدوائر تغذية المحرك وكذلك عند تفريغ المكثفات فى حالة تواجدتها وكذلك قد تسبب بعض دوائر التغذية ذات الحالة الجامدة مثل الثيرستور والترانزستور ارتفاع مفاجئ بالجهد مثل أجهزة البدء الناعم ومغيرات السرعة وخلافه ويحدث ذلك عندما تعيب هذه الأجهزة



للاقتراحات والشكاوى قم بفتح الصورة (QR)



المراجع

٢ تم إعداد الإصدار الأول بمشاركة المشروع الألماني GIZ

٢ و مشاركة السادة :-

مهندس/ أشرف لمعي توفيق	شركة صرف صحي القاهرة
مهندس/ السيد رجب شتيا	شركة مياه وصرف صحي البحيرة
مهندس/ أيمن النقيب	شركة صرف صحي الاسكندرية
مهندس/ خالد سيد أحمد	شركة مياه القاهرة
مهندس/ طارق ابراهيم	شركة صرف صحي القاهرة
مهندس/ علي عبد الرحمن	شركة صرف صحي الاسكندرية
مهندس/ علي عبد المقصود	شركة صرف صحي القاهرة
مهندس/ محمد رزق صالح	شركة مياه وصرف صحي البحيرة
مهندس/ مصطفى سبيع	شركة صرف صحي القاهرة
مهندس/ وحيد أمين أحمد	شركة مياه القاهرة
مهندس/ يحيى عبد الجواد	شركة مياه وصرف صحي الدقهلية

2 تم التحديث V2

بمشاركة السادة :-

- | | | |
|----------------------------------|--------------------------|---|
| مهندس/ خالد سيد أحمد | ☐ | شركة مياه القاهرة |
| مهندس / ريمون لطفى زاخر | ☐ | شركة صرف صحي القاهرة |
| مهندس/ علاء عبد المهيمن الشال | ☐ | شركة مياه وصرف صحي الغربية |
| مهندس/ محمد عطية يوسف | ☐ | شركة مياه وصرف صحي الدقهلية |
| مهندس/ محمد محمد الشبراوى | ☐ | شركة مياه وصرف صحي الدقهلية |
| مهندس/ محمد صالح فتحى | ☐ | شركة مياه وصرف صحي الدقهلية |
| مهندس/ هانى رمضان فتوح | ☐ | شركة مياه وصرف صحي الدقهلية |
| مهندس/ عادل عزت عبد الجيد | ☐ | شركة مياه وصرف صحي بنى سويف |
| تمت أعمال التنسيق بواسطة كل من : | | |
| الأستاذ/ علاء محمد المنشاوي | ☐ | الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى |
| المهندسة / بسمة فوزى | ☐ | الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى |
| الأستاذ / سيد محمود سيد | ☐ | الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى |