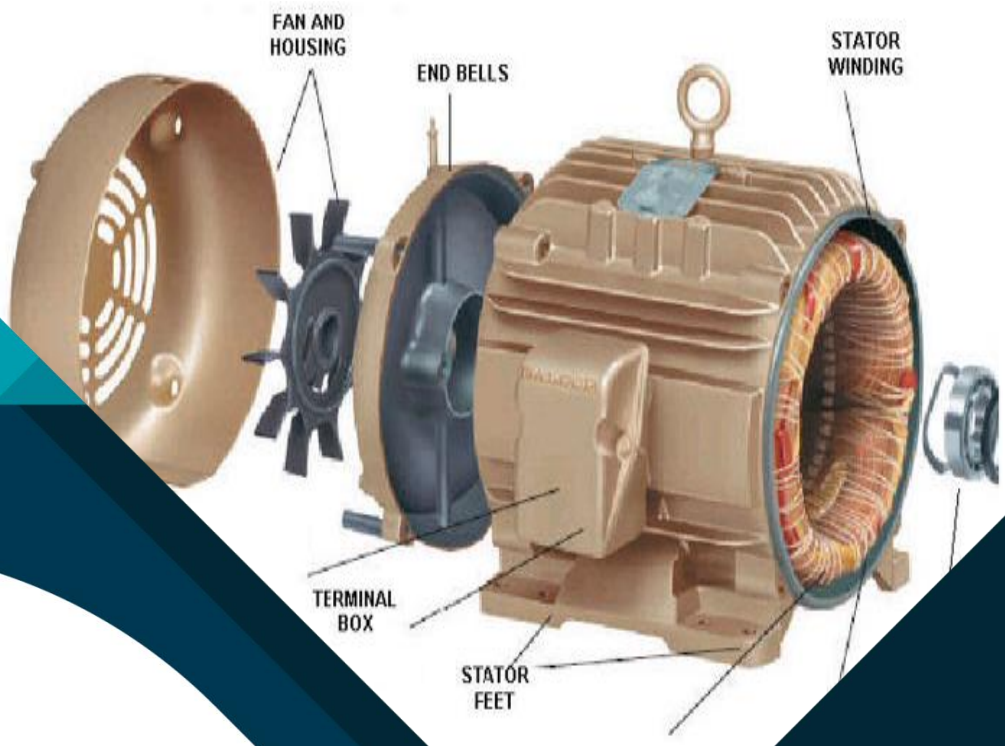
الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب



برنامج

تشغيل و صيانة المحركات الكهربية

مهندس صيانة كهربائية– درجة ثالثة

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة البرامج

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

المحتويات

مقدمـــة	**4**
تعريف المحرك الكهربى	**4**
تصنيف المحركات MOTORS Classification	**4**
محركات التيار المستمر DC MOTORS	**5**
المجال المغناطيسي Magnetic Field	5
تعريف محرك التيار المستمر	6
أنواع محركات التيار المستمر	7
محركات التيار المتغيرAC MOTORS	**11**
تركيب المحرك الاستنتاجي ثلاثي الأوجه	12
القدرة والعزم	**28**
القدرة Power	28
مخطط لتوضيح فقد القدرة الكهربية بالمحرك	29
قوانين وعلاقات القدرة	29
القدرة بالحصان Horspower	30
عزم المحرك وانواعه	30
لوحة بيانات المحرك Nameplate	**32**
كيفيه اختيار المحرك الكهربى	**42**
المحركات الكهربية وطرق اختيارها	**42**
درجات المواد العازلة وخواصهاInsulation Class	**43**
طرق بدء الحركة للمحركات الإستنتاجية	**50**
المشاكل الشائعة عند بدء/إيقاف موتورات مع طرق مختلفة لبدء التقويم	**56**
التحكم في السرعة	**57**
أعمال الصيانة والفحص للمحركات الكهربية	**60**
طريقة التخزين للمحركات والبلى	60
طرق قراءة وإختيار رولمان البلى The Bearing	**61**
طرق عمليه خروج رولمان البلى Bearing Dismounting	**68**
طرق عمليه د خول(شحط) رولمان البلى Bearing Mounting	**69**

التشحيم Greasing 70
عازلية المحرك Motor Insulation 72

مقدمـــة

هناك ثلاث أنواع رئيسية من المحركات (D.C – Induction – Synchronous)التي تعتمد على ظاهرتين من الـ Electromagnetic phenomena

عند تحريك ملف في مجال مغناطيسى يتولد فولت على أطراف الموصل (مولد).

عند مرور تيار الكهربي بالموصل الموضوع فى مجال مغناطيسى يتأثر بقوة يقوم تحريكه (محرك).

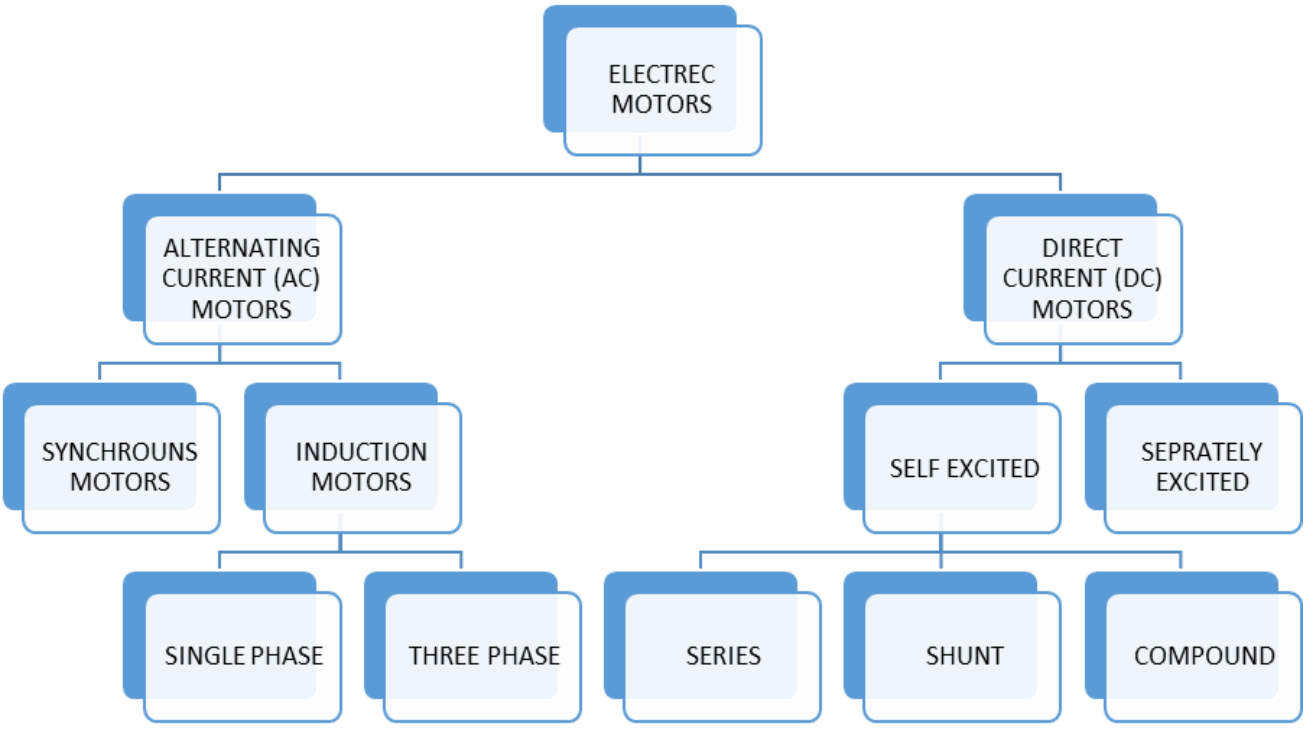
ويوجد تنوع كبير في المحركات حيث لا يوجد محرك نعتبره محرك مثالي يناسب جميع الأحمال ويعمل في كل الظروف ويفي بكل الاحتياجات بسعر مناسب وتكاليف تشغيله قليلة وحاجته للصيانة نادرة وعلى ذلك فإن كل محرك يتم تصنيعه تكون له خواص محددة ومزايا وعيوب تختلف من نوع الى اخر

تعريف المحرك الكهربى

هو جهاز يقوم بتحويل الطاقة الكهربية إلي طاقة ميكانيكية , والفكرة الأساسية لعمل المحرك تتلخص في وجود موصل يحمل تيار كهربي تحت تأثير مجال مغناطيسي فتتولد علية قوة ميكانيكية محركة ومن ذلك نستنتج أنه لكي يتم الحصول علي حركة ميكانيكية يستلزم ذلك وجود :

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

تصنيف المحركات MOTORS Classification



محركات التيار المستمر DC MOTORS

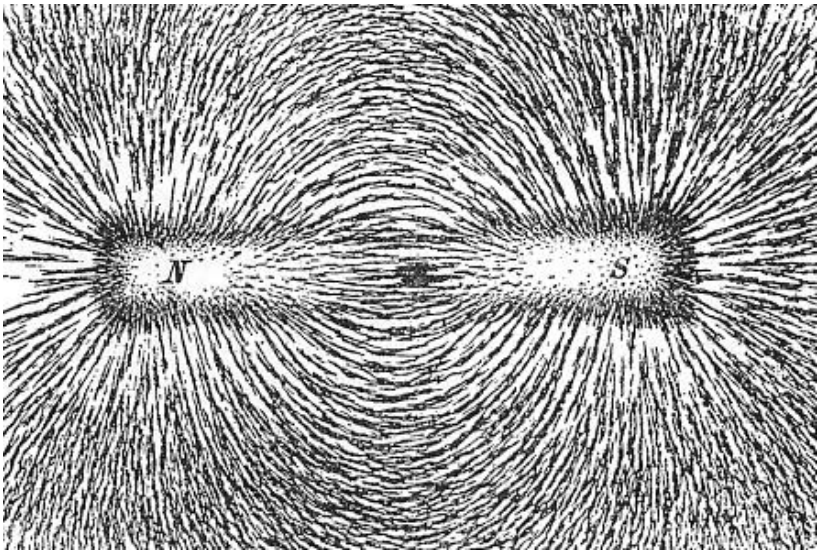
المجال المغناطيسي Magnetic Field

تعريف المجال المغناطيسي:

هو قوة مغناطيسية تنشأ في الحيز المحيط بالجسم المغناطيسي أو الموصل الذي يمر به تيار كهربائي، أو بتعبير أبسط يمكن وصفها بأنها المنطقة المحيطة بالمغناطيس ويظهر فيها أثره (على مواد معينة). إذا وضعت إبرة بوصلة في المجال المغناطيسي ذو قوة ما فإنها توجه نفسها في اتجاه معين في كل جزء من المجال والخطوط المرسومة في اتجاه الإبرة عند النقط المختلفة تحدد الوضع العام للخطوط التي هي عليها القوة المغناطيسية في المجال.

كيف يمكن مشاهدة المجال المغناطيسي:

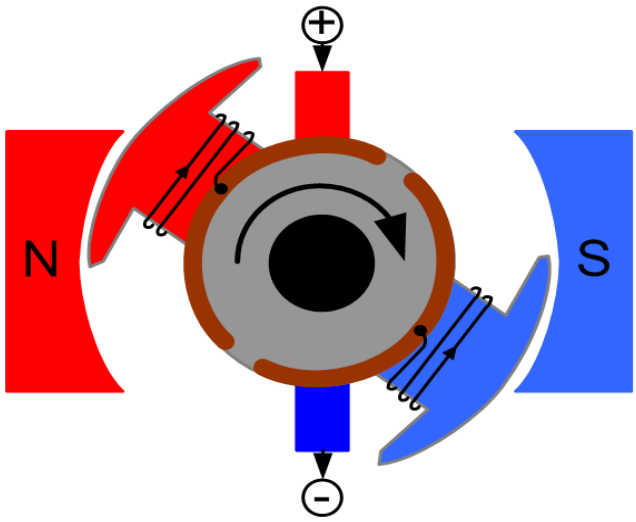
يمكن مشاهدة توزيع المجال المغناطيسي بنثر برادة الحديد على ورقة موضوعة على قضيب مغناطيسي أو ورقة يمر خلالها سلك يمر به تيار كهربائي.



شكل (1) توزيع المجال المغناطيسى

تعريف محرك التيار المستمر:-

محرك التيار المستمر DC MOTOR هو محرك كهربي يحول الطاقة الكهربية إلى طاقة حركية ويعمل فقط على أنظمة التيار المستمر (تيار مستمر) وتنقسم المحركات المستمرة إلى صنفين مختلفان في التركيب فحسب الأول هو [محرك متماثل القطبين] وهو أول مخترع يقوم بشغل فيزيائي بواسطة الحث الكهرومغناطيسي ومخترعه هو الأستاذ في المعهد الملكي بلندن مايكل فرداي . محركات التيار المستمر ما زالت تستخدم فى حالة وجود البطاريات أو مصادر التيار المستمر كلما توفرت . عادة يستخدموا فى آلات النقل شاملة المترو و الناقلات الكهربية (الديزل) و تسمى محركات النقل . حتى سنوات قليلة مضت كانت محركات التيار المستمر هي الاختيار الشعبي للأعمال التي تتطلب ضبط السرعات. تستخدم عندما يكون الحمل فى حاجة للعمل عند سرعات مختلفة ويحتاج لعزم بدء عالى . وهذه المحركات تعطى اكبر عزم بدء عن أي نوع آخر يصل إلى خمسة أضعاف عزم الحمل الكامل وهى أفضل المحركات التي يمكن التحكم فى سرعتها بكفاءة ودقة وحساسية عالية ومدى كبير للتغيير فى السرعة ولكن عيوبها الرئيسية تتمثل في أن ثمنها أغلى من أي محرك آخر وتحتاج إلي صيانة متكررة.



شكل (2) توزيع المجال المغناطيسى حول الملفات

أنواع محركات التيار المستمر:-

اولاً : محرك التوالي

يتركب مثل مولد التوالي من ملفات الأقطاب ذات المقطع الكبير وعدد اللفات القليلة والمتصلة بالتوالي مع ملفات عضو الاستنتاج وتكون مقاومتها صغيرة جدًا وتساوي تقريبًا مقاومة عضو الاستنتاج.

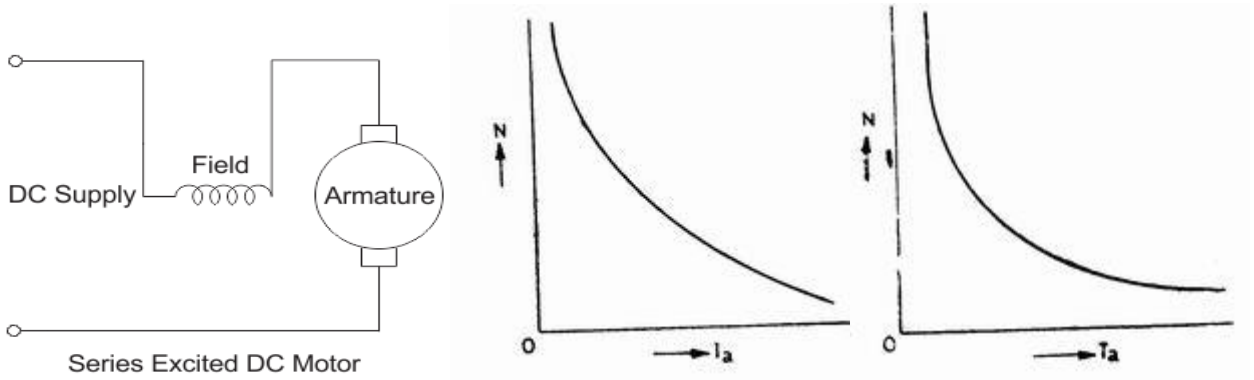
تنظيم السرعة: تنظيم السرعة في محرك التوالي بواسطة :

- التحكم في جهد عضو الاستنتاج .
- التحكم في تيار التنبيه .

خواص محرك التوالي:

من دراسة منحنيات خواص التشغيل لمحرك التوالي بين العزم والسرعة في شكل (3) و بين تيار الحمل والعزم، شكل (4)، نستنتج خواص محرك التوالي وهي:

- عزم بدء الدوران كبير
- سرعته تقل كلما زاد تيار الحمل وتزيد كلما قل.
- تتخطى سرعته السرعة المقننة عند اللاحمل ولذلك يجب عدم دورانه بدون حمل حتى لا يتعرض للتلف كما لا يجوز دوران هذا المحرك وتحميله بواسطة السيور خوفًا من قطعها أو انزلاقها فتزيد السرعة وتسبب تلف المحرك.



شكل رقم (3 ، 4) منحنيات العزم والسرعة ، تيار الحمل والعزم

استخدامات محرك التوالي:

1- يستعمل في آلات الجر الكهربي مثل (الترام – المصاعد – الأوناش) .

2- في الأعمال التي تتطلب السرعة بتغيير الأحمال

ثانيًا: محرك التوازي:

توصل ملفات الأقطاب ذات المقطع الصغير واللفات الكثيرة من ملفات المنتج بالتوازي وتكون مقاومتها كبيرة.

تنظيم السرعة:

(أ) تنظيم السرعة بواسطة التحكم في تيار الأقطاب (ملفات التوازي) ويمتاز هذا المحرك بثبات سرعته تقريبًا الأحمال المختلفة.

(ب) بواسطة التحكم في جهد المنتج.

عزم الدوران في محرك التوازي:

يتناسب عزم الدوران في هذا المحرك تناسبًا طرديًا مع تيار المنتج أي أنه يزيد كلما زاد تيار المنتج.

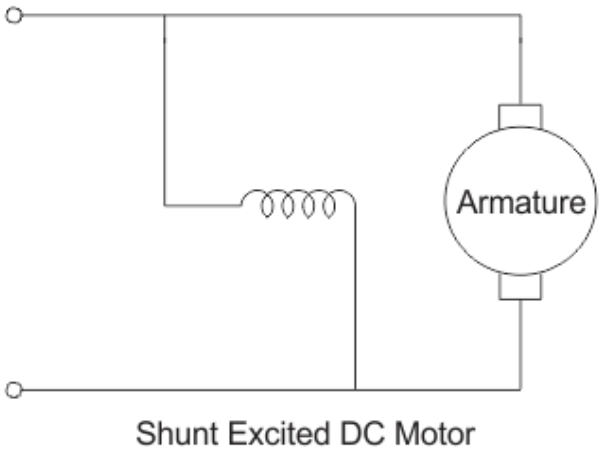
خواص محرك التوازي:

من منحني عزم الدوران والسرعة مع تيار الحمل كما بالشكل نستنتج خواصه وهي:

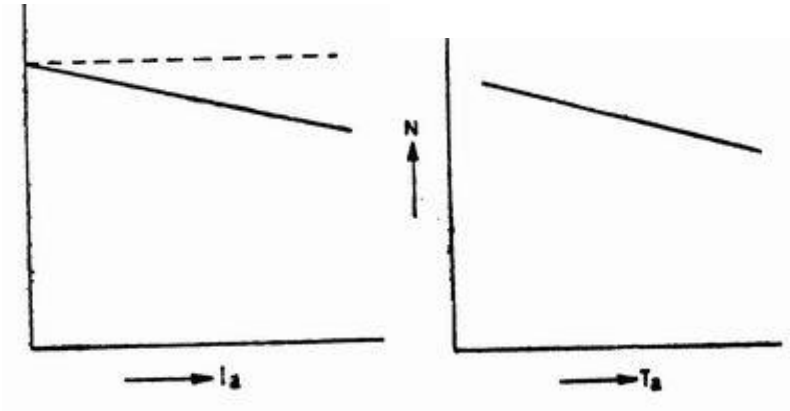
1- سرعة دورانه ثابتة تقريبًا لجميع الأحمال

2- يعطي عزم دوران مناسب مع تيار الحمل ولذلك لا يجب تحميله قبل الدوران

3- لا يتخطى السرعة عند الدوران بدون حمل



Shunt Excited DC Motor



ثالثًا ـ المحرك المركب كما بالشكل :-

يتركب مثل المولد المركب من:

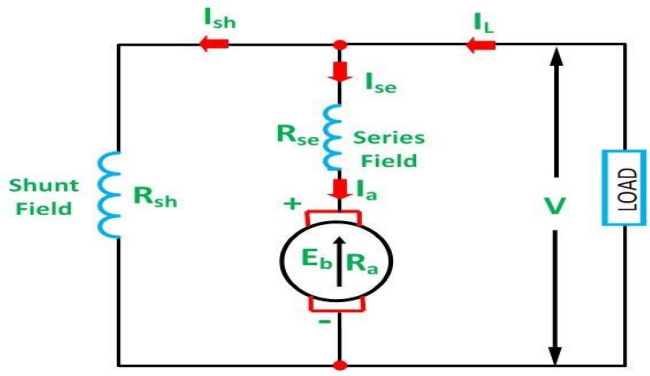
ملفات الأقطاب التي تتكون من ملفات توصل بالتوازي مع المنتج وملفات التوالي والتي تتصل بالتوالي مع المنتج فإذا وصلت ملفات التوالي بالتوالي مباشرة مع المنتج سمي المحرك محرك طويل أما إذا وصلت بالمنبع مباشرة سمي المحرك محرك قصير.

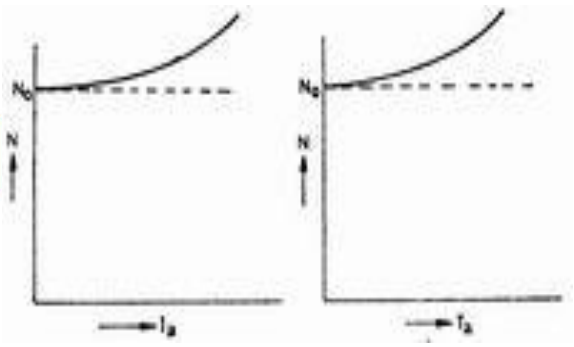
خواص هذا المحرك:

1- له عزم دوران قوي عند بدء الحركة

2- سرعته ثابتة تقريبًا مهما تغير الحمل

3- يمكن تحميله فوق الحمل الكامل له





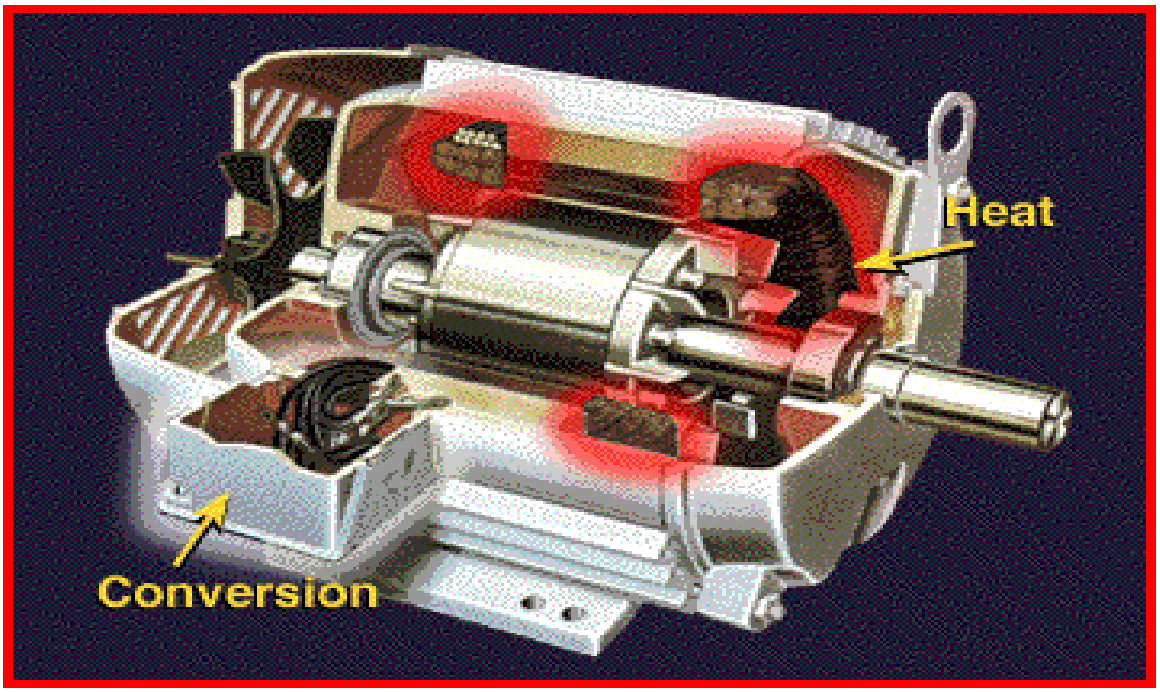
استخدامه: يستخدم في الحالات التي تتطلب سرعة ثابتة وعزم بدء قوي وذات أحمال فجائية مثل الأوناش والمصاعد وآلات التجليخ وآلات الحفر. والشكل يبين منحنيا خواص السرعة والعزم للمحرك المذكور.

المحرك ذات التنبيه المستقل - Separately Exaction

طريقة توصيله كما هو بشكل التالى حيث يتم توصيل أطراف الملفات بدائرة خارجية نحصل منها على التيار اللازم للمجال.

هذا النوع من التوصيل كان نادرا استخدامه إلا في بعض الحالات ، مثل مرحلة إنشاء الآلة فور خروجها من التصنيع لإحداث مغناطيسية متبقية بالأقطاب. أو عند تعيين منحنى للآلة في المعمل.

محركات التيار المتغير AC MOTOR



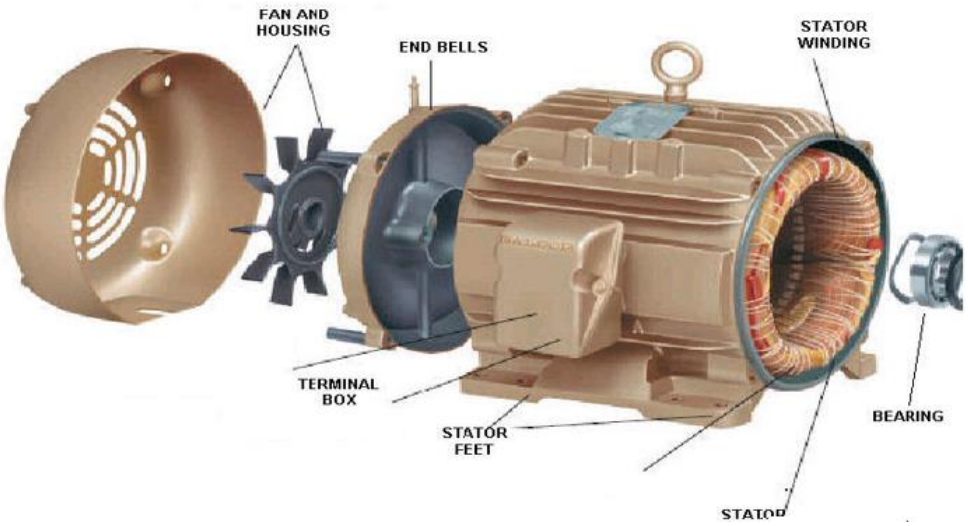
محرك التيار المتردد هو محرك كهربي يحول الطاقة الكهربية القادمة من تيار متردد إلى طاقة حركية (ميكانيكية) . أحيانا يسمى محرك حثي وهو يعمل عادة بتيار متردد أحادي الوجه. كما ابتكرت محركات تعمل بواسطة تيار متردد ثلاثي الاوجه. ابتكر المحرك الحثي من العالم نيكولا تسلا.

تنقسم المحركات للتيار المتردد إلى قسمين أولاهما المحرك الحثي أو التحريضي ومخترعه هو نيكولا تسلا وهو أكثر المحركات الكهربية انتشاراً على الإطلاق وإختراعه 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 المار في ملفات دائرة الساكن، يقابله مجال مغناطيسي ناتج عن تيار مستحث في ملفات الدوار.
يعمل المحرك المتردد بمبدأ تحريض فرداي الذي ينص على أن مرور التيار المتردد ينتج مجال مغناطيسيا مترددا، وبالعكس ينشيء المجال المغناطيسي المتردد أيضا تيار كهربي متردد.

يسري التيار الكهربي في دائرة العضو الثابت فينشأ مجالاً مغناطيسياً متردداً يغمر العضو الدوار. هذا المجال المغناطيسي المتردد ينتج تياراً كهربائياً في دائرة العضو الدوار بالحث. في نفس الوقت ينشيء التيار المستحث في دائرة الدوار مجالاً مغناطيسيا تعمل على تدوير العضو الدوار.

تركيب المحرك الاستنتاجي ثلاثي الأوجه:

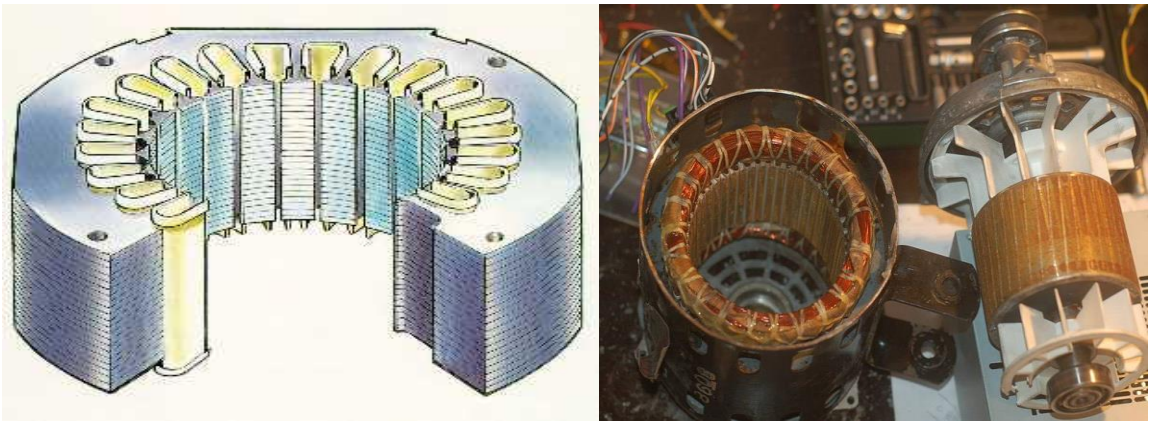


العضو الثابت:

يتكون من شرائح متراصة من الحديد المغناطيسي تتراوح سماكتها من 0.3مم إلى 0.6مم. 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 إكتمال 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 والأخر 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 إما 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:

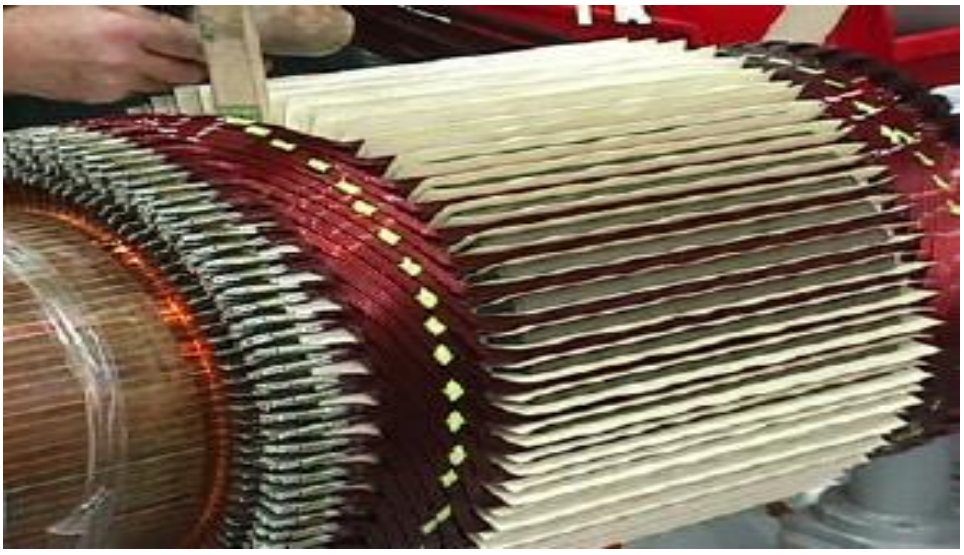
يوجد منه نوعان مختلفان في التركيب ومتقاربان في الخواص الكهربائية، ويسمي المحرك عادة باسم عضوه الدوار للتمييز بين نوعيه وهما: العضو الدوار الملفوف أو ذو حلقات الانزلاق والعضو الدوار ذو القفص السنجابي.

العضو الدوار الملفوف (ذو حلقات الانزلاق):

العضو الدوار الملفوف Wound Rotor يتركب من شرائح متراصة 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 مساوٍ لأقطاب العضو الثابت الذي سيركب فيه وتقسم المجاري في كل قطب إلى ثلاثة أقسام كل قسم يركب فيه ملفات 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 الأخري يتم توصيلها إلى ثلاث حلقات انزلاق Slip Rings مركبة على نفس العمود.

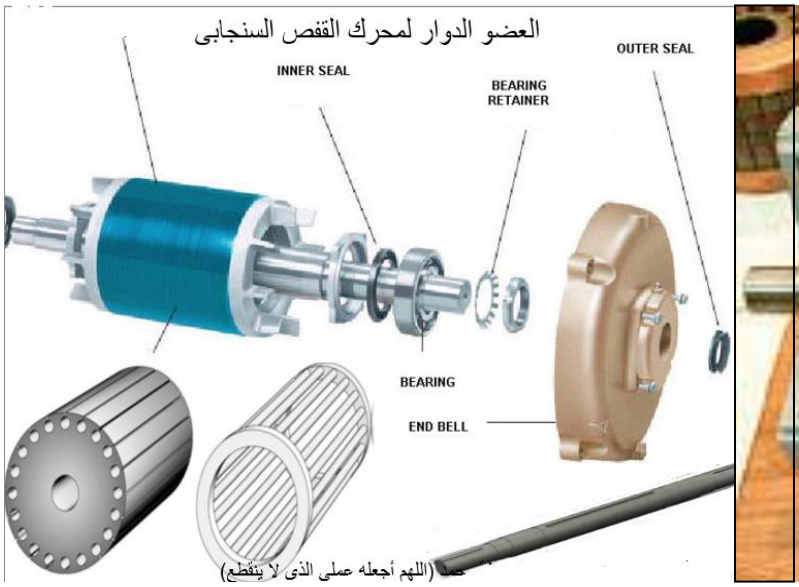
من خلال حلقات الانزلاق وعن طريق فرش كربونية مماسة لحلقات الانزلاق أثناء الدوران يتم توصيل ملفات العضو الدوار إلى خارج المحرك وذلك من أجل التحكم في بدء دوران المحرك أو في تنظيم سرعته وذلك بتوصيل مقاومات خارجية بهذه الأطراف الثلاثة، لذلك فإن هذا النوع من المحركات يتميز بإمكانية تغيير خواص تشغيله على نطاق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

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 قلاوظ ويكون أحدهما أمامي والآخر خلفي يحتويان على كراسي البلي التي تركب على عمود الدوران وتعمل على إتزان 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 الألومنيوم أو البلاستيك، أثناء دوران المحرك فيندفع الهواء بين زعانف الإطار فتخفض 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 تسمي السرعة التزامنية Synchronous speed وتحسب من المعادلة التالية:

$$Ns = \frac{120 \quad fs}{P} \qquad \text{المعادلة (1-1)}$$

حيث:

ns : السرعة التزامنية.

fs : تردد تيار العضو الثابت.

P : عدد أقطاب الآلة.

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

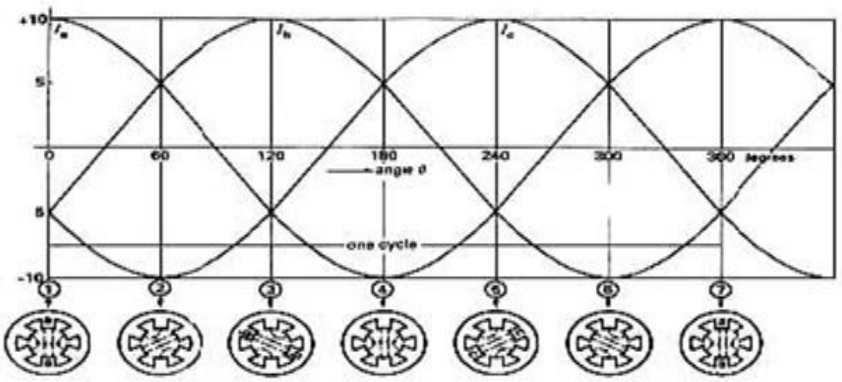
$$F_s = N_s \cdot I_s \qquad \text{المعادلة (1- 2)}$$

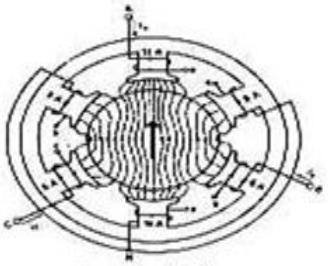
حيث :

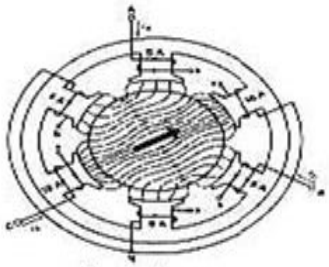
F_s : شدة المجال المغناطيسي في العضو الثابت.

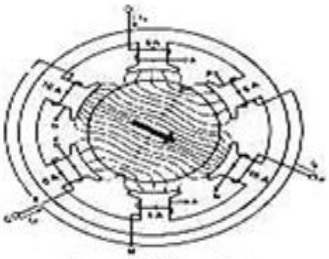
N_s : عدد لفات العضو الثابت لكل قطب.

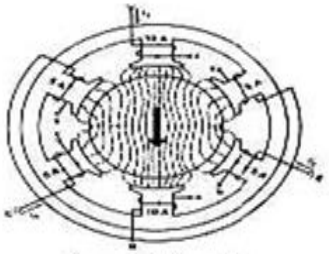
I_s : القيمة الفعالة لتيار الوجه في العضو الثابت.

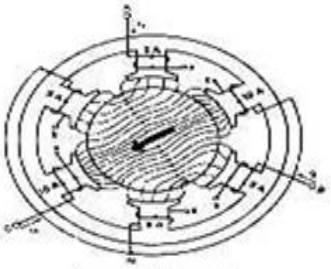


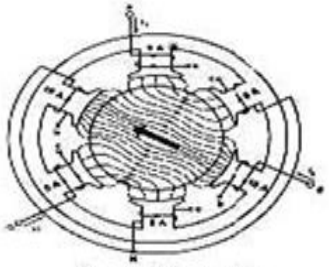

عند الزاوية صفر


عند ٦٠ درجة


عند ١٢٠ درجة


عند ١٨٠ درجة


عند ٢٤٠ درجة


عند ٣٠٠ درجة

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 من العضو الثابت ويدور بالسرعة التزامنية (ns) والثاني ناتج من العضو الدوار ويدور بسرعة (ns-n)بالنسبة للعضو الدوار. حيث n هي سرعة العضو الدوار. وحيث أن هذين المجالين المغناطيسيين يدوران بنفس السرعة والاتجاه فإنه سيتولد عزم فعال على العضو الدوار يؤدي إلى دورانه بنفس إتجاه ودوران المجالين وذلك طبقاً لمبدأ انتاج العزم Principle of Torque Production ، هذا العزم يتناسب طردياً مع شدة المجالين وجيب الزاوية بينهما طبقا للمعادلة التالية:

$$T \propto F_s \cdot F_s \cdot \mathrm{Sin}\,(\delta_{sr}) \quad \text{المعادلة (3-1)}$$

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 زادة سرعة العضو الدوار طبقاً للمعادلة التالية:

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

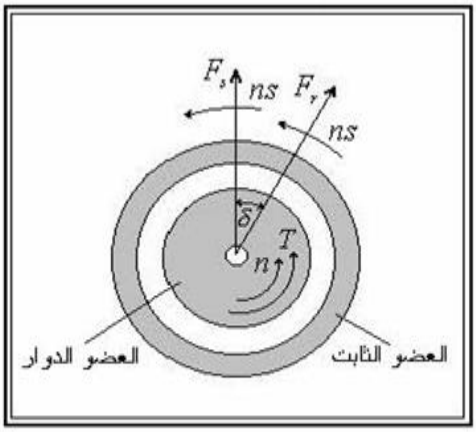
حيث:

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 المتولدح منها ستقل ومن ثم يقل العزم المؤثر على العضو الدوار، وهكذا حتي 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 النائي 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 السرعتين (ns-n) وتسمى سرعة الانزلاق Slip speed:

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

حيث: n_{slip} تعني سرعة الانزلاق

وإذ نسبت سرعة الانزلاق إلى السرعة التزامنية للآلة نفسها فإنها تعطي معاملاً هاماً ومفيدا جداً عند دراسة الآلات الحثية يسمي 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:

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

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 ثابت.

من الممكن حساب سرعة العضو الدوار بدلالة السرعة التزامنية والإنزلاق وذلك بعد حل المعادلة (6-1) كما يلي:

$$n = ns\,(1 - S) \quad \text{المعادلة (7 -1)}$$

تردد الجهود والتيارات في العضو الدوار:

المحرك الحثي يعمل طبقا لنظرية الحث الكهرومغناطيسي حيث يتولد الجهد والتيار في العضو الدوار طبقاً لهذا المبدأ كما هو الحال في المحول، لذلك فإنه أحياناً يسمي 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 صفرا.

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

عندما $(n= 0)$ $(S =I)$ والتردد $(f_r = f_s)$

وعندما $(n = ns)$ فإن $(S= 0)$ 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 (ns) وسرعة العضو الدوار (n)، وبما أن الانزلاق هو الفرق بين هاتين السرعتين منسوبا إلى السرعة التزامنية (المعادلة 6-1) فإنه يمكن التعبير عن تردد التيارات في العضو الدوار بالمعادلة التالية:

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

أمثلة محلولة:

مثال (1-1):

محرك حثي ثلاثي الأوجه ذو أربعة أقطاب ملفاته موصلة على شكل نجمة يغذي من مصدر جهده 240 V 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) :

$$ns = \frac{120\ f\ s}{p} = \frac{120 \text{ X } 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

ب) من المعادلة (1-7):

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

ج) من المعادلة (1-8):

$$f_r = S.\ f_s = 0.05 \text{ X } 50 = 2.5 \text{ Hz}$$

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):

$$ns = \frac{120\ f\ s}{p} = \frac{120 \text{ X } 60}{4} = 1800 \text{ rpm}$$

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

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

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

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

مثال (1-3):

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

الحل:

معامل الإنزلاق 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) :

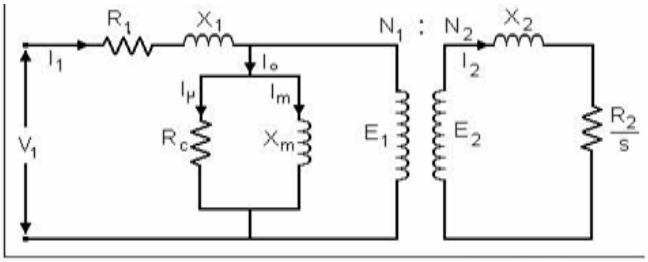
$$ns = \frac{120\, f_s}{P} = \frac{120 \text{ X } 50}{6} = 1000 \text{ rpm}$$

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

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

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:

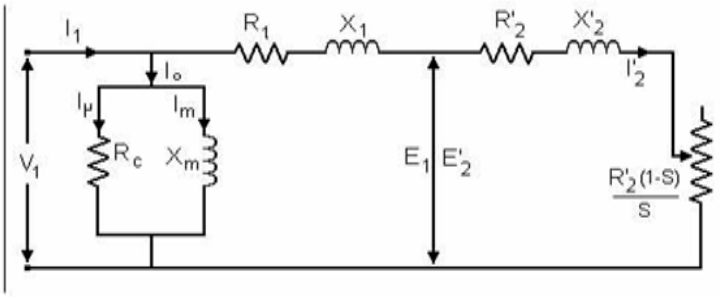
R_1 , R_2 : مقاومة ملفات العضو الثابت والعضو الدوار لكل وجه.

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

R_c : مقاومة تمثل المفاقيد الحديدية.

X_m : الممانعة المغناطيسية.

N_1, N_2 : عدد اللفات للعضو الثابت والعضو الدوار.



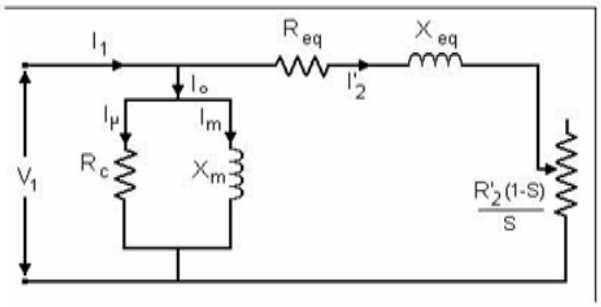
الشكل رقم 15 -1: الدائرة المكافئة التقريبية للمحرك الحثي

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

$$R'_2\left(\frac{1-S}{S}\right)$$

حملاً 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 مو ضح في الشكل رقم (17-1) ثم يسلط الجهد المقنن على أطراف المحرك ويترك العضو الدوار يدور بحرية تامة بدون أي حمل، بعد ذلك تسجل قراءات الأجهزة كما يلي:

$$P = W_1 + W_2$$

$$I_o = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

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

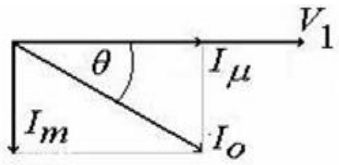
وبالتالي يمكن إيجاد قيم R_c, X_m كما يلي:

$$R_c = \frac{V_1}{I_o Cos\theta}$$

المعادلة (1-11)

$$X_m = \frac{V_1}{I_o Sin\theta}$$

المعادلة (1-12)



الشكل رقم 18 -1: المخطط الاتجاهي في حالة اللاحمل

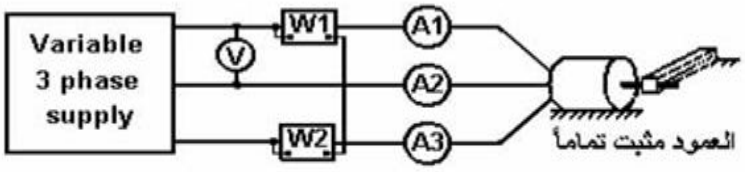
اختبار عدم الحركة Locked Rotor Test:

في هذا الاختبار يوصل المحرك كما هو موضح في الشكل رقم 019-1) ولكن العضو الدوار يمنع من الحركة بأي وسيلة مناسبة، بعد ذلك يزاد الجهد المسلط على أطراف المحرك تدريجيا 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 جدا قد يتلف ملفات المحرك، بعد ذلك تسجل قراءات الأجهزة كما يلي:

$$P = W_1 + W_2$$

$$I_1 = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

مع ملاحظة أن قيم الجهد والتيار المقروءة هي للخط وأن القدرة المقروءة تمثل تقريباً المفاقيد النحاسية (المفاقيد 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 يسمي 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.

$$R_{eq} = \frac{P}{3I_1^2}$$

المعادلة (1-13)

$$Z_{eq} = \frac{V_1}{I_1}$$

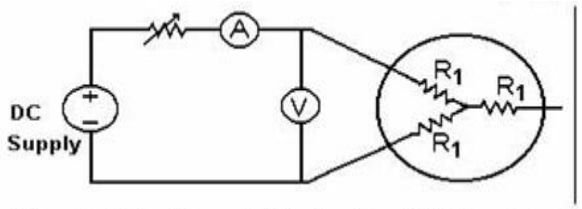
المعادلة (1-14)

$$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2}$$

المعادلة (1-15)

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).



الشكل رقم 20 -1: دائرة قياس مقاومة العضو الثابت

باستخدام المعادلات من (1-9) إلى (1-12) 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

$$Cos\,\theta = \frac{P}{3V_1 I_o} = \frac{600}{3\times127\times20} = 0.0787$$

$$\theta = Cos^{-1}(0.0787) = 85.48^{o}$$

$$R_c = \frac{V_1}{I_o Cos\,\theta} = \frac{127}{20\times0.0787} = 80.68 \qquad \Omega$$

$$X_m = \frac{V_1}{I_o Sin\,\theta} = \frac{127}{20 Sin(85.48)} = 6.37 \qquad \Omega$$

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 (13-1) إلى (15-1) نجري الحسابات التالية:

$$R_{eq} = \frac{P}{3I_2^{'2}} = \frac{1500}{3\times50^2} = 0.2 \qquad \Omega$$

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

$$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2}$$

$$= \sqrt{(0.3464)^2 - (0.2)^2} = 0.2828 \qquad \Omega$$

طرق توصيل المحركات الاستنتاجية ثلاثية الاوجه

طريقة توصيل المحركات ثلاثية الاوجه (Connection Methods)

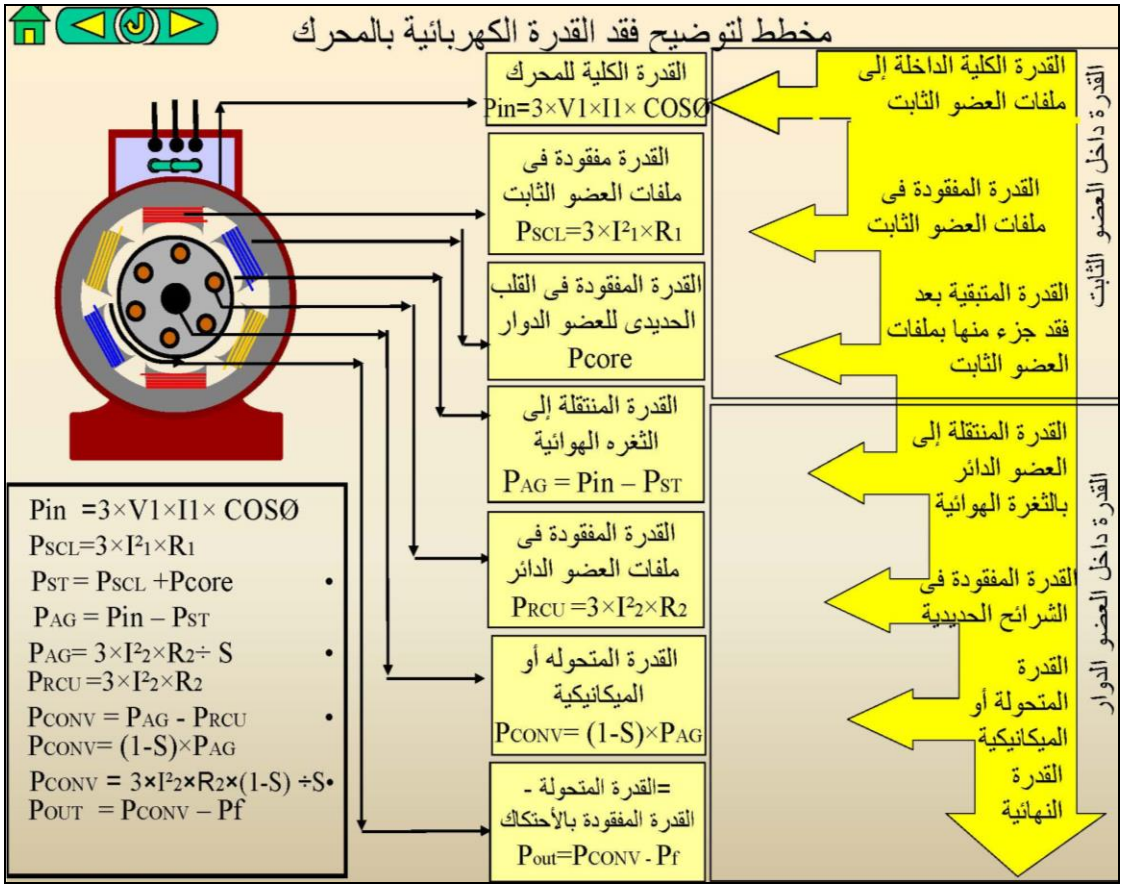
وجه المقارنة	توصيلة نجمة (Y)	توصيلة دلتا (Δ)
جهد الخط	يكون جهد الخط مطبق على ملفات وجهين معا	يكون جهد الخط مطبق على ملفات وجه واحد فقط
جهد الخط	VL = Vph ×√3 جهد الخط=جهد الوجه ×√3	VL = Vph جهد الخط=جهد الوجه
تيار الخط	I L = I ph تيار الخط = تيار الوجه	I L = √3× Iph تيار الخط = تيار الوجه √3 ×
طريقة التوصيل	توصل النهايات معا لتشكل نقطة النجمه وتترك البدايات كأطراف خارجية	توصل بداية كل وجه بنهاية الوجه التالى وهكذا وتخرج ثلاث بدايات كأطراف خارجية
الاستعمال	تستعمل فى المحركات الصغيرة نسبيا والتى لا تحتاج عزم بدء عالى	تستعمل فى المحركات الكبيرة والتى تحتاج على عزم بدء عالى

القدرة والعزم

القدرة Power

- تنقسم القدرة الكلية Pin فى المحرك الحثى الثلاثى الى قسمين قسم خاص بالعضو الثابت وقسم خاص بالعضو الدائر وفيما يلى دراسة وحساب القسمين
- القسم الأول وقدرة داخلة للمحرك Pin وهى التى تنتج عن جهد المحرك V_1والتيار I_1ومعامل القدرة COSØ وتحسب من المعادلة التالية $P_{ph}= 3\times V_{ph}\times I_{ph}\times$ COSØ أو $Pin=\sqrt{3}\times V_1\times I_1\times$ COSØ
- ومن الطبيعى ان نجد مفاقيد لهذه القدرة متمثلة الحرارة الناتجة من العضو الثابت R1وتسمى مفاقيد نحاسية P_{SCL} وتحسب من المعادلة التالية $P_{SCL} =3\times I^2_1\times R_1$
- ونجد أيضا أن هذه القدرة يفقد منها جزء أخر فى القلب الحديدى للعضو الثابت فى شكل حرارة ايضا بسبب التيارات الدوامية وتسمى مفاقيد حديدية P_{CORE} وبذلك يكون مجموع المفاقيد فى العضو الثابت P_{ST} يساوى مجموع المفاقيد النحاسية والمفاقيد الحديدية $P_{ST} = P_{SCL} + P_{CORE}$ والجزء المتبقى من القدرة الكلية للمحرك بعد هذه المفاقيد 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 $P_{AG} = Pin - P_{ST}$ولان 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 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 المسئوله عن دوران العضو الدوار سيتم فقد جزء منها فى مقاومة الهواء وكذلك الاحتكاك مع كراسى التحميل وسنرمز لهذه القدرة بالرمز Pf لينتج القدرة الخارجة النهائية P_{OUT} والتى يتم حسابه كالتالى $P_{OUT} = P_{CONV} - Pf$مما سبق نخرج بثلث 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} $P_{RCU}=P_{AG}\times S$وكذلك عند ضرب P_{AG}فى المعامل (1-S)نحصل على P_{CONV} $P_{CONV}= (1-S)\times P_{AG}$
- ومن هنا يتضح أهمية قيمة الانزلاق بالمحركات الحثية حيث أنه كلما زادت قيمته تزيد معه المفاقيد النحاسية مما يقلل من كفاءة المحرك وفيما يلى مخطط لتوضيح القدرة الكلية والقدرة المفقودة بجميع مراحل المحرك

مخطط لتوضيح فقد القدرة الكهربية بالمحرك



قوانين و علاقات القدرة

Power relations قوانين و علاقات القدرة

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

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

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

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

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

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

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

القدرة بالحصان Horspower

علمنا مما سبق أن القدرة الفعالة للمحرك بالكيلو وات

= جزر ٣× جهد المحرك بالفولت × التيار المسحوب بالأمبير × معامل القدرة

(عند جهد الخط) $P\ (KW) = \sqrt{3} \times IL \times VL \times COS\emptyset$

(عند جهد الوجه) $P\ (KW) = 3 \times IPH \times VPH \times COS\emptyset$

ولتحويل هذه القدرة بالوات يتم الضرب x 1000

$P\ (KW) = 1000W$

ولتحويل هذه القدرة بالحصان يتم القسمة ÷ 746

الحصان = 746 وات

القدرة بالحصان=القدرة بالكيلو وات x 1.34

القدرة بالكيلوواط=القدرة بالحصان x 0.746

عزم المحرك وانواعه

عزم المحرك وأنواعه (Torque)

عزم الدوران T هو القوه 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 وهاما 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 وقيمته اصغر 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 = 1.355817948نيوتن لكل متر

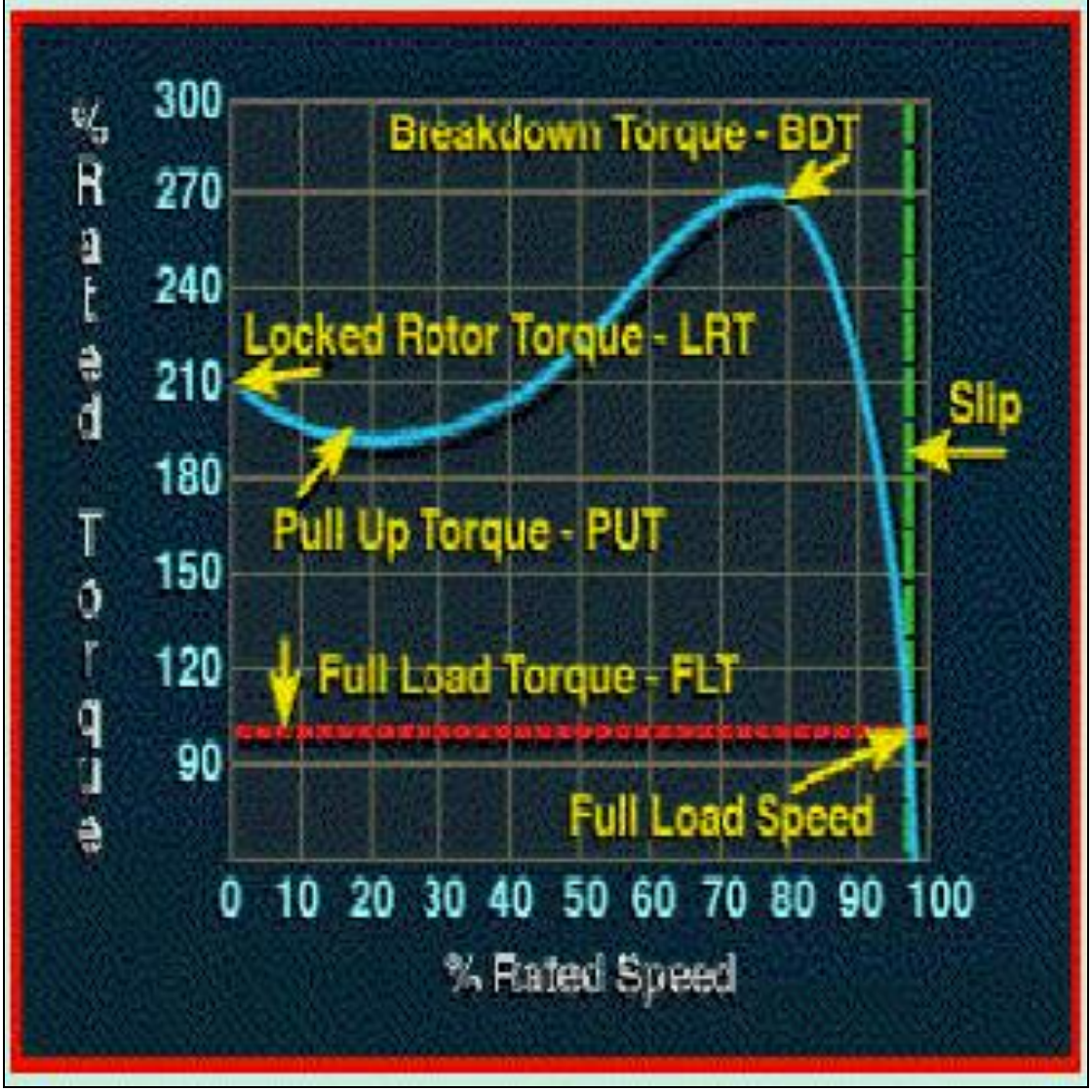
حساب قيمة العزم بمعلومية القدرة بالحصان والسرعة

حساب قيمة العزم بمعلومية القدرة بالحصان والسرعة باللفة فى الدقيقة

العزم بالرطل لكل قدم =القدرة بالحصان×٥٢٥٢ ÷السرعة باللفة فى الدقيقة

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

الواحد باوند لكل قدم = ١,٣٥٥٨ نيوتن لكل متر

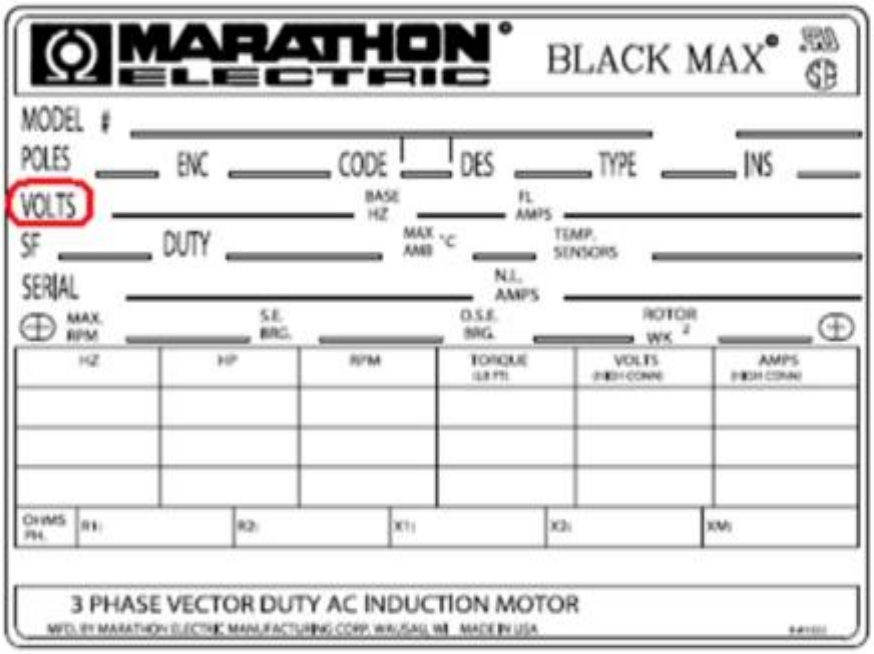


لوحة بيانات المحركNameplate

1.VOLTAGE الجهد

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

الجهد المصمم لكى يعمل عنده المحرك, و هو أحد المواصفات المهمة للمحرك. ويجب أن يكون الفرق في قيمة الجهد المستخدم لتغذية المحرك في حدود ± 10% من قيمة هذا الجهد لكي يعمل المحرك بنجاح.



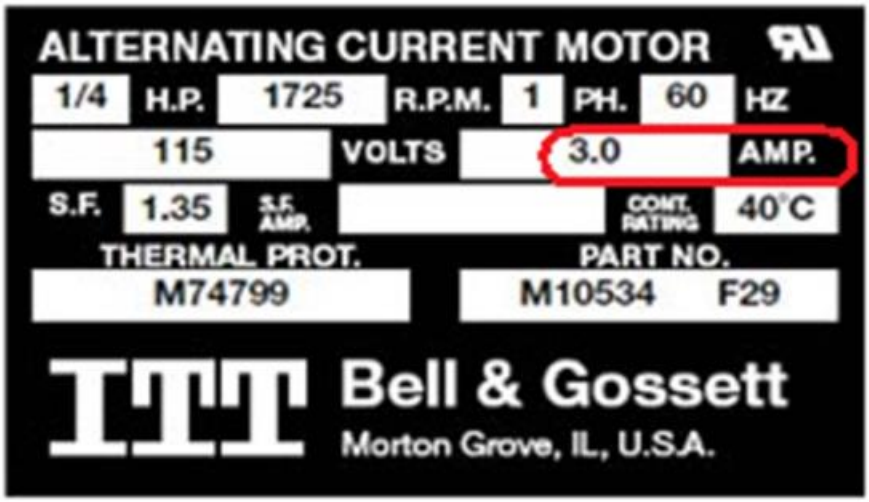
AC motor nameplate

بعض نماذج من لوحة بيانات المحرك الاستناجى

2.CURRENT التيار

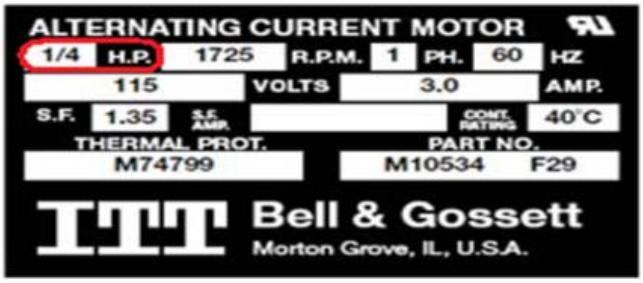
Is the current draw of the motor connected to the nameplate voltage, loaded at nameplate horsepower and running at name plate speed.

هو التيار المسحوب عند توصيل المحرك بالجهد المناسب (المذكور لوحة البيانات) و تحميل المحرك بالقدرة الحصانية المذكورة فى لوحة البيانات ودوران النحرك بالسرعة المذكورة أيضاً .



3.POWER RATING القدرة

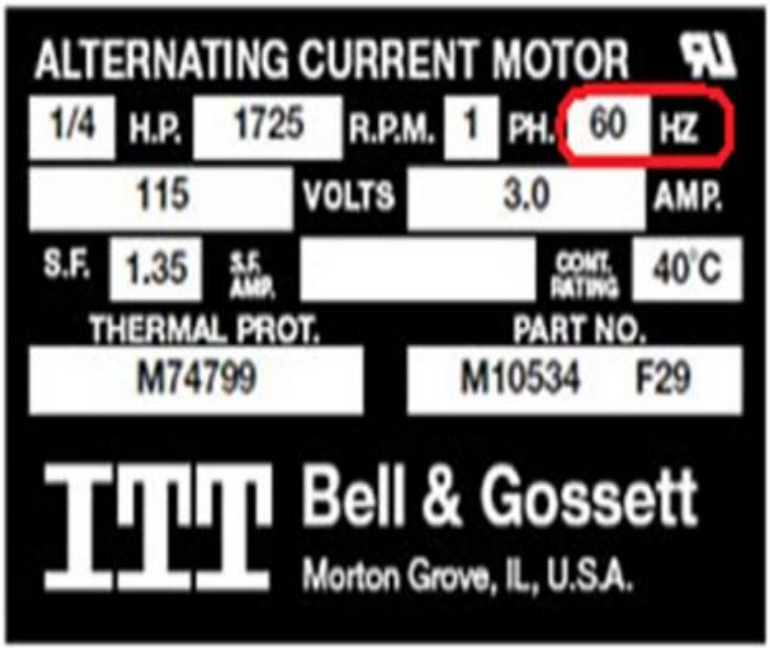
- This is the rated mechanical horsepower or full load kilowatt
- (KW) rating output of the motor is the power the motor is capable of putting out continuously ,Continuously in this context means that at the correct operating load and voltage specified, under standard ambient conditions, the motor will 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

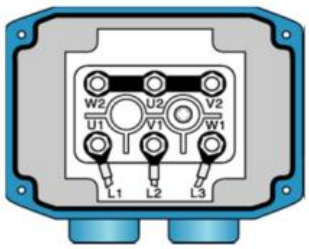
50 or 60 Hz, it necessary to nameplate a frequency ranges.

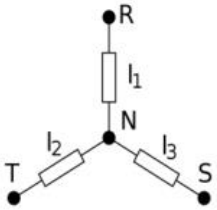
تكون 50 أو 60 هريتز و ذلك حسب النظام المعمول به بالدولة و يجب أن يتم ذكر التردد المطلوب فى لوحة البيانات .



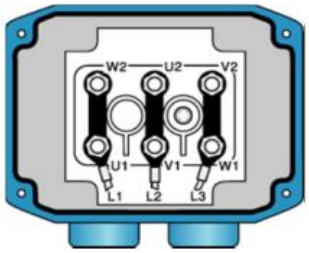
5.CONNECTION التوصيل

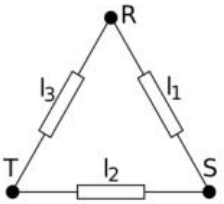
Star نجمة





or Delta. دلتا



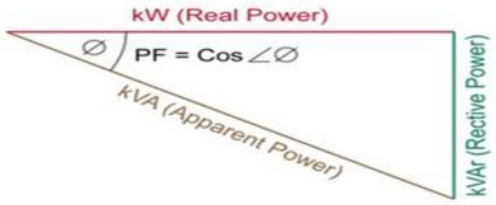


6.POWER FACTOR معامل القدرة

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

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

$$\text{Power Factor (pf)} = \frac{\text{kW (Real Power)}}{\text{kVA (Total Power)}}$$



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 ارتفاع فوق سطح البحر والذي عنده تظل درجة حرارة التشغيل فى الحدود المصمم عليها المحرك و عندما يعمل المحرك على إرتفاع أقل منه كلما كان المحرك أبرد . أما عند التشغيل علي ارتفاع أكبر منه إذا كان على ارتفاع اكبر يميل المحرك إلي العمل بحرارة أعلي بسبب ضعف كفاءة الهواء منخفض الكثافة علي تبديد الحرارة .

8.SPEED السرعه

- 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.

  Speed = (120*F / 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

  السرعة = 120*(التردد / 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 الاوربية لتوحيد القياس الكهروميكانيكى و IEC 60529 و تمد 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-loador 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 و لكن فترة ايقافة طويلة لكى يصل الى درجة الحرارة العادية.
S3	تشغيل منقطع	دورات من التشغيل و الايقاف متماثلة و متعاقبة ماتوريعمل تحت حمل ثابت و لا يصل الى نقطة الاتزان الحرارى و لتيار البدء تأثير ضعيف على درجة حرارة الماتور.
S4	تشغيل منقطع اثناء البدء	دورات من التشغيل و الايقاف متماثلة و متعاقبة ماتوريعمل تحت حمل ثابت و لا يصل الى نقطة الاتزان الحرارى و لتيار البدء تأثير على درجة حرارة الماتور.
S5	تشغيل منقطع و بفرملة كهربيا	دورات من التشغيل و الايقاف متماثلة و متعاقبة لبدأ ويعمل الماتور تحت حمل ثابت و لا يصل الى نقطة الاتزان الحرارى و لتيار 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 كهربياً 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 أحمال 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

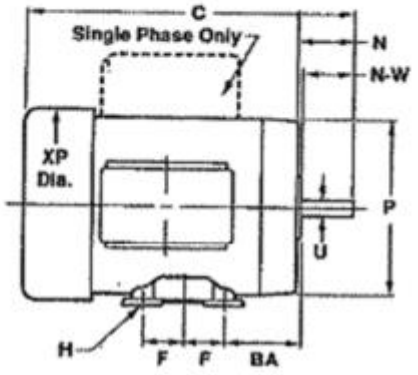
Temperature Class	Maximum Operation Temperature Allowed	Allowable Temperature Rise at full load
O	90	50
A	105	60
B	130	80
F	155	105
H	180	125
C	Over 220	

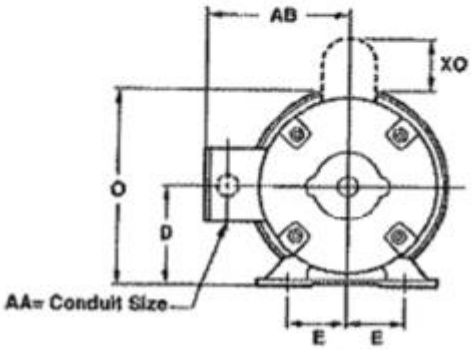
Allowable temperature rises are based upon a reference ambient temperature of 40°C. =Operation temperature is reference temperature + allowable temperature rise + allowance for "hot spot" winding.

Example Temperature Tolerance Class F:
40 °C + 105 °C + 10 °C= 155 °C

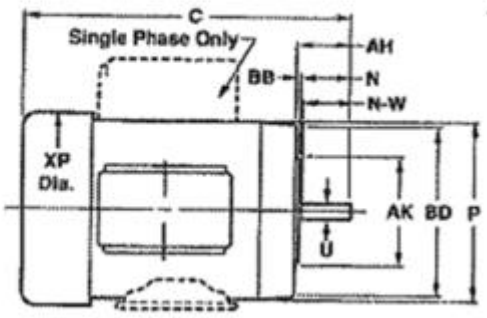
13.FRAME SIZE

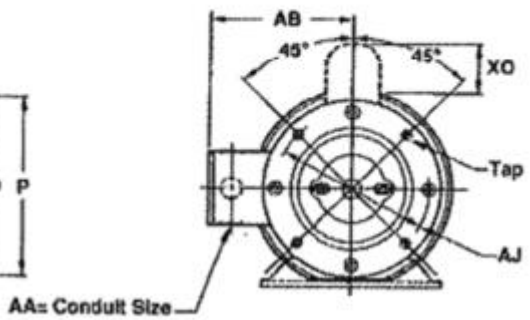
RIGID BASE





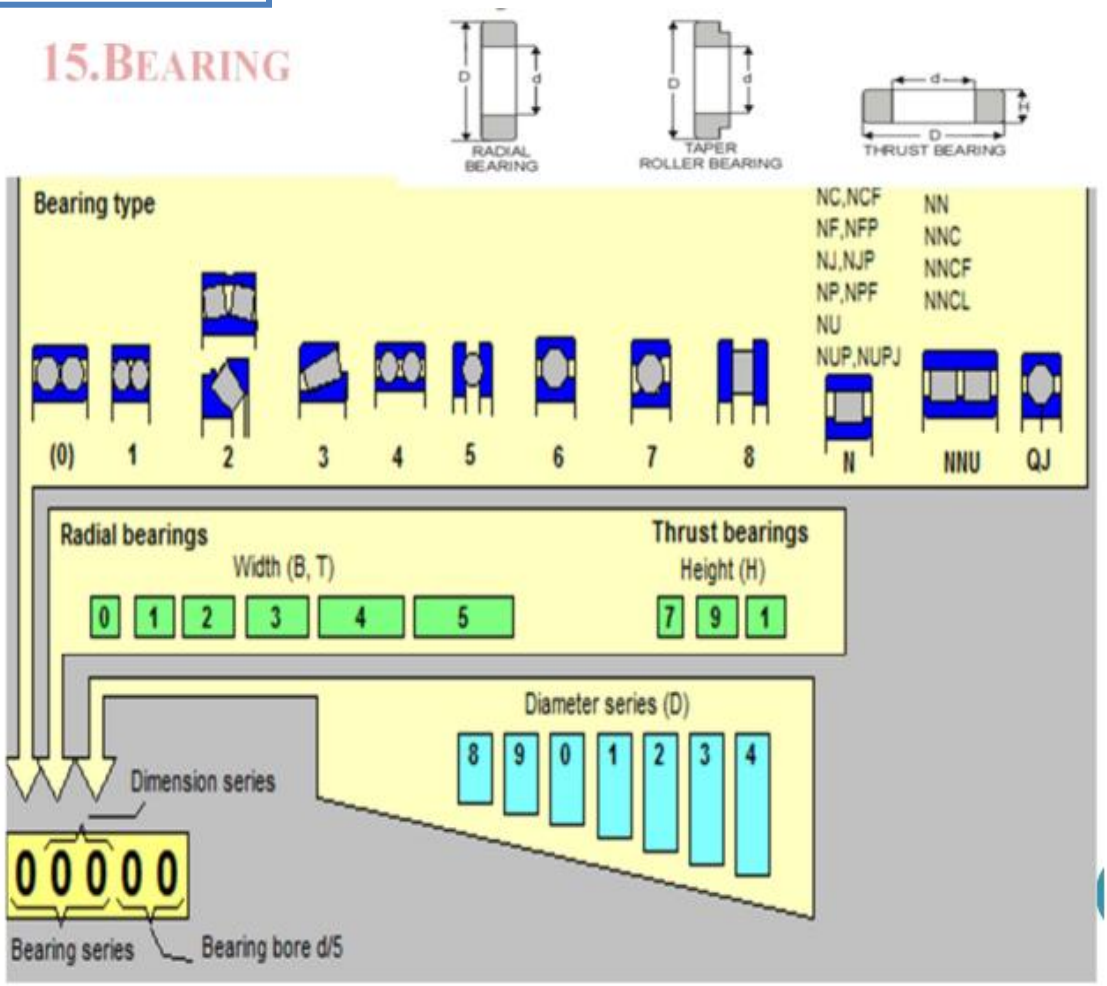
C FACE





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	7/309	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	7/309	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	5/912	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	5/912	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 3 3/8	4 3/4 8 1/2 8 1/2 10 1/8	3	21 11/16	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

كيفيه اختيار المحرك الكهربى

المحركات الكهربية وطرق اختيارها

فمنهـــا مـــا يعمـــل علـــي التيـــار المســـتمر مثـــل محركـــات التـــوالي - التـــوازي-المركـــب ومنها ما يعمل علي التيار المتردد ثلاثي الاوجة مثل المحرك التاثيرى (induction motor) والمحرك التزامنـــــــــــــــــــــــي (synchronousmotor)

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 ويفي بكل الاحتياجات بسعر مناسب وتكاليف تشغيل قليلة وحاجته للصيانة قليل . وبناءا علي ذلك فان كل محرك يتم تصنيعه يكون له خواص محددة ومزايا وعيوب تختلف من نوع إلى أخر 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 لتتحمل 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 خطا 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 اعلي عن النوعين

الآخرين او أن المحرك من النوع h يتحمل زيادة الحمل عليه أكثر من الآخرين والحقيقة أن أي من B او Fاو H تصل فيه الحرارة إلي أقصى قيمة (130 – 155- 180)

على الترتيب0

عندما يعمل بالحمل الكامل في درجة حرارة 40 درجة مئوية أما إذا ذاد الحمل عن الحمل الكامل فان الأنواع الثلاثة سوف تصبح درجة حرارتها اعلي من التي يتحملها اى 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 فان 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	اقصى درجة حرارة
Class A	105
Class E	120
Class B	130
Class F	155
Class H	180
Class C	180<

نوع المادة	اقصى درجة حرارة	المواد العازلة
Y	90	الياف طبيعية. قطن. حرير.ورق
A	105	الياف طبيعية. ورنيش .اوراق معزولة بورنيش
E	120	بولى الين - قطن
B	130	صوف زجاجي- اسبستوس- ميكا
F	155	مركب صوف زجاجي- اسبستوس - ميكا
H	180	سليكون - اسبستوس
G	BIGER THAN 180	مينى – خزف – زجاج

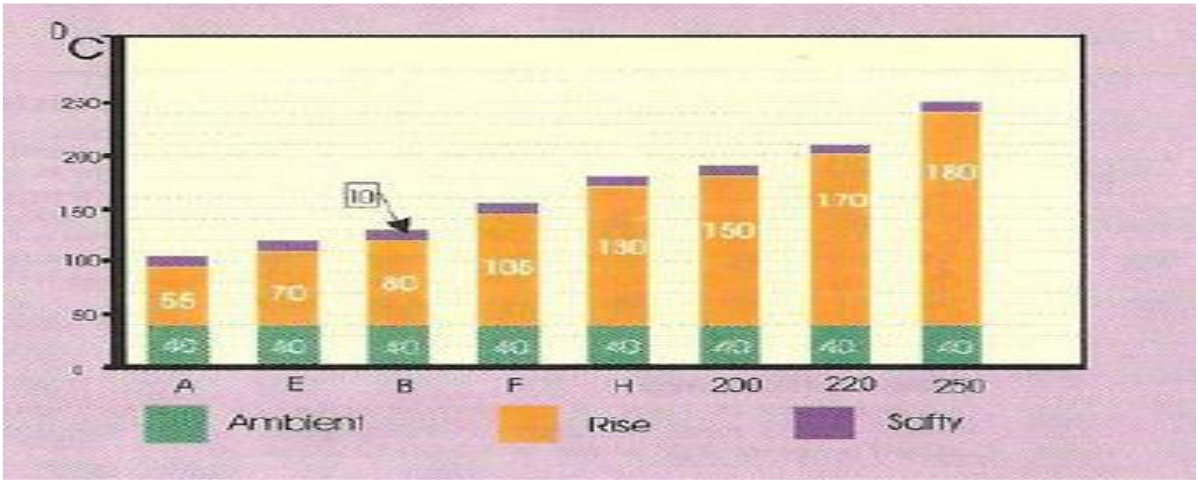
كيفية حساب أقصى درجة يتحملها المحرك الكهربى :-

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 فى درجة حرارة المحرك من بدء حركته إلى ما بعد استقرار درجة الحرارة =
- = 130 – (10+40) = 80م ْ

- أي أن أقصى درجة حرارة مسموح بها فى حرارة المحرك هى 80مْ عند درجة حرارة وسط محيط 40 م

العلاقة بين الـ Amblent ، 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 فانه إذا كان المحرك يتم توصيله وفصله من المنبع باستمرار (malty starting) كما في حالة المصاعد فان تكرار عملية البدء يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة المحرك وتعتبر عملية تكرار تشغيل وفصل المحرك من اشد المخاطر عليه ولذلك يجب تفاديها بقدر الإمكان والتقليل من أثارها ففي حالة المصاعد مثلا لا نستطيع إلغاء او تقليل مرات التشغيل والفصل لذلك وجب التقليل من أثارها وذلك عن طريق تركيب محرك أخر يدير مروحة كبيرة لتبريد المحرك الاصلى وتتوقف قدرة هذا المحرك علي عدد مرات الفصل والتوصيل للمحرك الاصلى كما انه في حالة المخرطة مثلا والتي يتم فيها فصل وتوصيل المحرك باستمرار ولكن بدرجة اقل من المصعد فانه يتم استخدام محرك قدرته اكبر من قدرة الحمل بكثير حتى يستطيع تحمل درجة الحرارة العالية هذا بالإضافة إلي استخدام احد طرق البدء المعروفة بالطبع مثل مفتاح نجمة ـ دلتا او تقليل الجهد او استخدام أجهزة البدء الناعم او استخدام انفر تر الخ.

الخلاصة أن عملية تكرار فصل وتوصيل المحرك من اشد العوامل خطورة عليه لذلك يجب تفاديها قدر الإمكان او التقليل من أثارها عن طريق زيادة التبريد او زيادة القدرة للمحرك او استخدام وسيلة بدء او 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 فانه يتم اختيار المحرك بحيث تكون قدرته مساوية او 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 فان درجة حرارة المحرك تكون اقل منها لو كان المحرك محمل بالحمل الكامل طول الوقت ويكون لمحرك غير مستغل بالكامل لذلك فان محرك قدرته اقل يمكن أن يدير هذا الحمل بكفاءة.

بمعنى أخر:

إذا كان الحمل الميكانيكي يتم تحميله على المحرك بقيم تختلف من وقت لأخر فانه يتم اختيار المحرك بحيث تكون قدرته اقل من اكبر قدرة للحمل الميكانيكي وتحسب قدرة المحرك كما يلي

p= square root (p1*p1*t1+ p2*p2*t2+ p3*p3*t3 + pn*pn*tn)

pهى 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 إطرافه وكل الأجزاء الميكانيكية التي تضمن هذه الحماية طبقا للمواصفات القياسية وتشمل:-

1- حماية الأشخاص عند لمس المحرك او الاقتراب من اى جزء فيه وكذلك الحماية من أن يمس الإنسان اى أجزاء دوارة بمعنى أن اى جزء من الإنسان مثل اليد او الأصابع لا تستطيع أن تدخل داخل المحرك او 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 Protectionأما 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 او 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 او مائلة بزاوية حتى 15 درجة
3. تعنى أن المحرك يتحمل نقاط الماء التي تسقط راسيا او مائلة بزاوية حتى 60درجة
4. تعنى أن المحرك يتحمل نقاط المياه التي ترش عليه من اى اتجاه

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

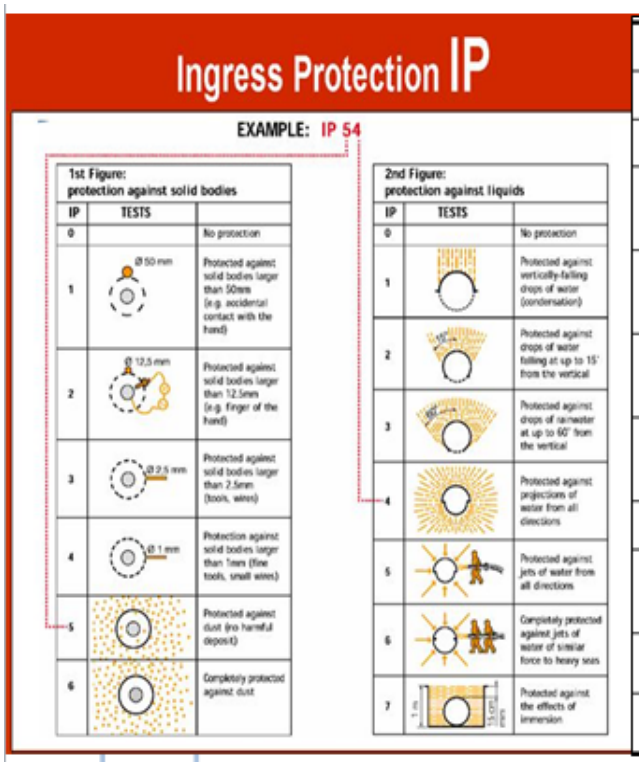
مواصفات رقم العشرات وهو الذي يحدد الحماية من تماس او دخول أجسام غريبة صفر تعنى انه لا توجد حماية

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 اى أتربة او أجسام غريبة

ونعطى مثال بسيط IP45

تعنى أن المحرك محمى ضد دخول الماء علي الرقم 5

وكذلك محمى من تماس او دخول الأجسام الغريبة علي الرقم 4



الرقم الأول الحماية ضد الأجسام الصلبة	
التفصيل	IP
بدون حماية	0
تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ٥٠ مم	1
تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ١٢ مم	2
تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ٢,٥ مم	3
تعنى الحماية ضد دخول اجسام غريبة ذات قطر اكبر من ١ مم	4
تعنى الحماية ضد دخول الاتربة	5
تعنى الحماية الكاملة ضد اى اتربة او اجسام غريبة	6

IP 55

الرقم الثانى الحماية ضد الأجسام السائلة	
التفصيل	IP
بدون حماية	0
تعنى ان المحرك يتحمل نقاط الماء التى تسقط راسيا	1
تعنى ان المحرك يتحمل نقاط الماء التى تسقط راسيا او مائلة بزاوية حتى ١٥ درجة	2
تعنى ان المحرك يتحمل نقاط الماء التى تسقط راسيا او مائلة بزاوية حتى ٦٠درجة	3
تعنى ان المحرك يتحمل نقاط المياه التى ترش عليه من اى اتجاه	4
تعنى أن المحرك محمى ضد التدفق الجرى للمياه من كل الإتجاهات	5
تعنى أن المحرك محمى ضد التدفق الجرى القوى للمياه من كل الإتجاهات	6
تعنى أن المحرك يتحمل الغمر فى المياه حتى ضغط محدود	7
تعنى ان المحرك يتحمل ان يغمر فى الماء حتى ضغط معين يحدده الصانع	8

و نلخص الخواص والمواصفات التي يجب أن يتمتع بها المحرك الكهربي 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 أحادى 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 وعيوب 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 إلي عزم بدء عالي تعتبر محركات التيار المستمر هي أفضل أنواع المحركات التي يمكن التحكم في سرعتها بكفاءة ودقة وحساسية عالية ومدي كبير للتغير في السرعة وثمن او سعر منظم السرعة اقل من اى نوع أخر 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 الأغلى
- تحتاج إلي صيانة متكررة
- تيار البدء عالي جدا مقارنة بباقي الأنواع حيث يصل إلي 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 متقدمleading 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 عالي نسبيا يصل إلي حوالي 250 % من عزم الحمل الكامل إلا أن عيبها الأساسي أنها تعتبر اعلي 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 الثاني 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 ثلاثي الاوجة فالأفضل استخدام الثلاثي.

كيفية أختيار المحرك بقدرة مناسبة للطلمبة :-

$$P_{h(kw)}=Q*\rho*g*h/3.6*10^6$$
$$=Q*P\backslash 3.6*10^6$$

Were:

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

Q $=FLOW(m^3\backslash h)$

ρ $=density\ of\ fluid(kg\backslash m^3)$

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

h **=differential head(m)**

p **= differential pressure($N\backslash m^2$,pa)**

the hydraulic horse power can be calculate as :

$P_{h(hp)}=P_{h(KW)}\backslash 0.746$

SHAFT PUMP POWER :

$P_{sh(kw)}=P_{h(kw)}\backslash ή$

Where:

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

ή **=pump efficiency**

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

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

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

Where :

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

Q =FLOW(l\s)

h =differential head(m)

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

max power =P_{sh}*1.2

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

MOTOR POWER=max power*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 غند بدء حركة المحرك الاستنتاجى؟

الثانى: ماهو تاثير ارتفاع التيار عند بدء حركة المحرك الاستنتاجى؟

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 $\left(R_2^{'}\left(\frac{1-1}{1}\right)=0\right)$ 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

لاجابة السؤال الثانى: 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 كالكيابل 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 وهى تخفيض الجهد على ملفات العضو الثابت ومن ثم تخفيض التيار على ملفات العضو الثابت تبعا لقانون اوم حيث يتناسب طرديا كل من الجهد والتيار وتنحصر هذه الطرق في

1- توصيل مقاومات بالتوالى مع ملفات العضو الثابت
2- توصيل مقاومات بالتوالى مع ملفات العضو الدوار بالنسبة للمحركات ذات العضو الدوار الملفوف
3- التوصيل المباشر على الخط
4- تغيير توصيل المحرك من نجمة الى دلتا
5- اجهزء 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 مدرسك

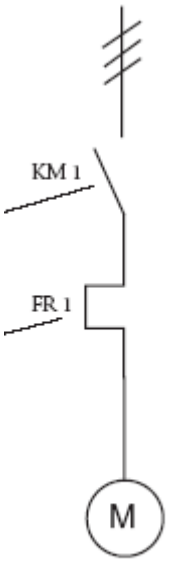
التوصيل المباشر على الخط D.O.L

أكثر الطرق شيوعاً، ويتكون من الكونتاكتور الرئيسي وأوفر لود حراري أو إليكتروني. 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.

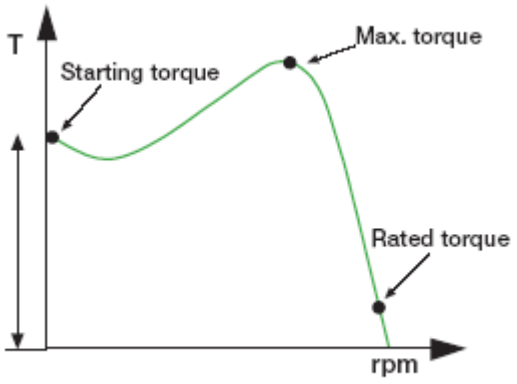
وإلى جانب ذلك يوجد قيمة تيار Peak التي قد يرتفع فيها قيمة التيار إلى 14 مرة من التيار المقرر لأن الموتور لا يشحن من أول لحظة لبدء التشغيل.

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

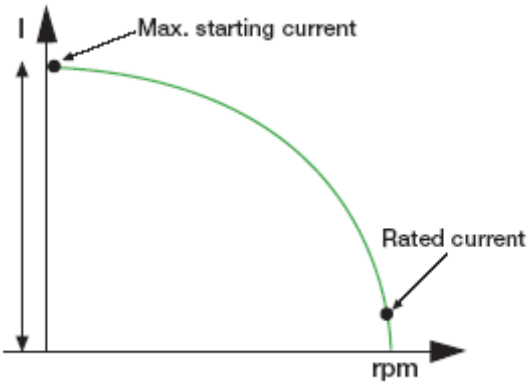
KM 1 Main contactor
FR 1 Overload relay



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 وربلبه 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.

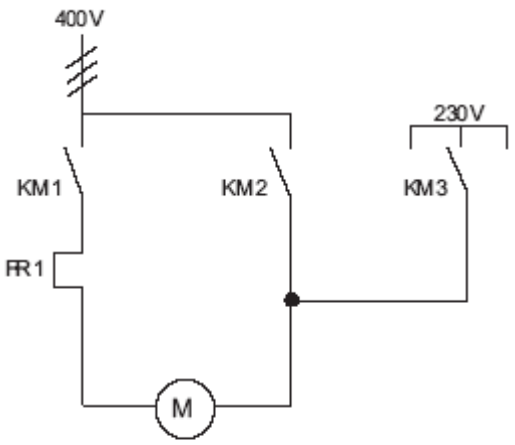
تيار البدء حوالي 30% من تيار D.O.L كما يقل عزم البدء بحوالي 25% من D.O.L.

تعمل هذه الطريقة في التطبيقات ذات التحميل الخفيف خلال البدء، أما لو كان الموتور محمل بحمل عالي جداً فلن يكون هناك عزم كافي لتعجيل accelerate سرعة الموتور قبل الانتقال إلى توصيلة " الدلتا" Δ.

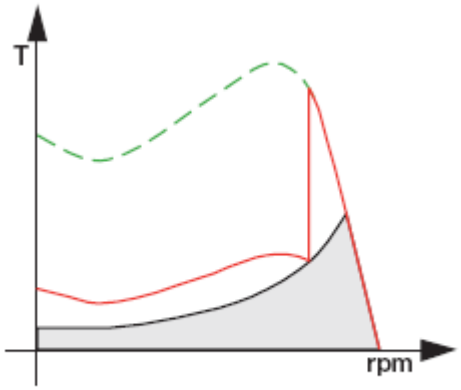
فمثلاً: عند تقويم الطلمبات والمراوح يكون عزم الحمل منخفض في البداية ويزيد مع مربع السرعة وعندما يصل إلى حوالي 80-85% من السرعة المقررة يكون عزم الحمل مساوي لعزم الموتور وتوقف العجلة The acceleration cases.

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.

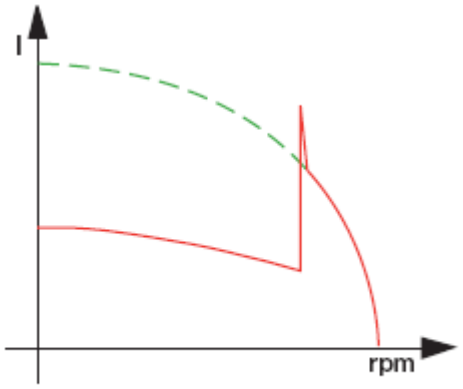
KM1	Main contactor
KM2	Delta contactor
KM3	Star contactor
FR1	Overload relay



Single line diagram for a Star-delta starter



Torque/speed curve at Star-Delta start



Current curve at Star-Delta start

محول التردد Frequency Converter

يسمى أحياناً VSD (variable speed drive) أو VFD (variable freq drive) أو Simply Drives، ويتكون مبدئياً من جزأين رأسيين 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 × In.

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.

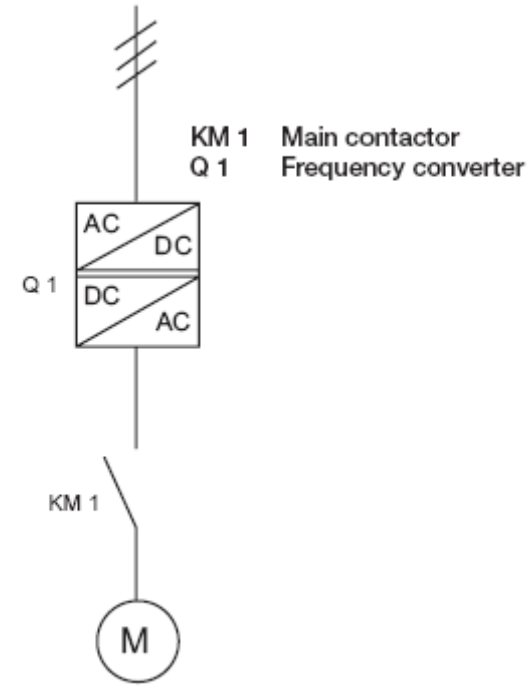
ومن الشائع جداً استخدام فلتر مع هذه الوحدة (drive) لتقليل مستوى الانبعاث والهرمونيات المتولدة.

= main contactor KM1

Q1 = frequency converter

)(variable speed drive

Frequency converter



Single line diagram for a frequency converter

البدء الناعم الاليكترونى Soft Starter

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

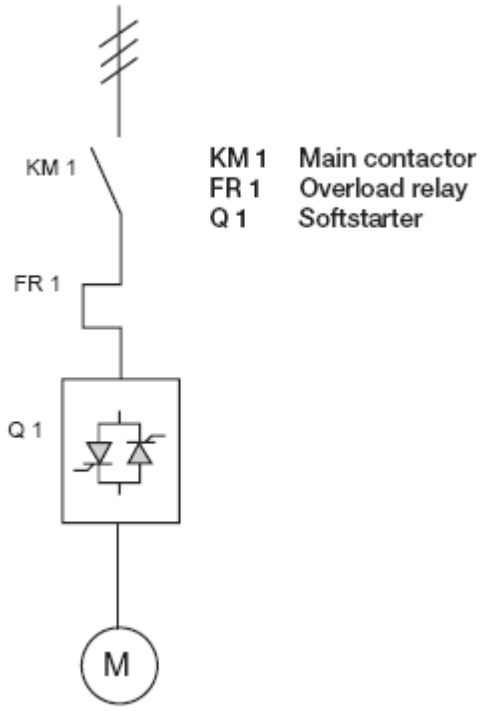
ويعتمد على الحقيقة التي مفادها أنه إذا كان جهد الموتور منخفض في بداية التشغيل يكون أيضاً التيار والعزم قليل خلال المرحلة الأولى من بدء التشغيل الموتور يكون الجهد قليل لدرجة أنه يكون قادر فقط على قلقلة التروس أو شد السيور أو السلاسل.. الخ. وبمعنى آخر لا يحدث هزة (رجة) خلال بدء التقويم.

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 لطلمبات 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	Drives	Soft starter
انزلاق السيور-تآكل شديد في كراسي التحميل	نعم	متوسط	لا	لا
تيار تدفق عالي high inrush	نعم	لا	لا	لا
تآكل شديد وتقاوم لصناديق التروس	نعم	نعم (البدء بحمل)	لا	لا
تلف البضائع والمنتجات أثناء التوقف	نعم	نعم	لا	لا
طرق مائي في المواسير عند التوقف	نعم	نعم	أفضل حل	المشكلة أقل
Transmission peaks قفزات عالية مفاجئة في التيار	نعم	نعم	لا	لا

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

التحكم في السرعة:

المحرك الحثي ثلاثي الأوجه يعتبر هو المحرك المثالي للتطبيقات التي لا تتطلب تغيراً 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 الطرقو بالرجوع إلى المعادلة رقم (7-1) نجد أن سرعة العضو الدوار يمكن التحكم فيها إما بتغيير الانزلاق أو بتغير السرعة التزامنية، والسرعة التزامنية يمكن أن تتغير إما بتغير عدد الأقطاب أو بتغير تردد المصدر وذلك طبقاً للمعادلة رقم (1-1). وبناءً عليه يمكن التحكم في سرعة المحرك الحثي ثلاثي الأوجه بإحدى ثلاث طرق: تغير الانزلاق أو تغيير عدد الأقطاب أو تغير تردد المصدر.

1- تغير 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 (36-1) وبالتالي تتغير السرعة مع تغير الانزلاق طبقاً للمعادلة رقم (7-1).

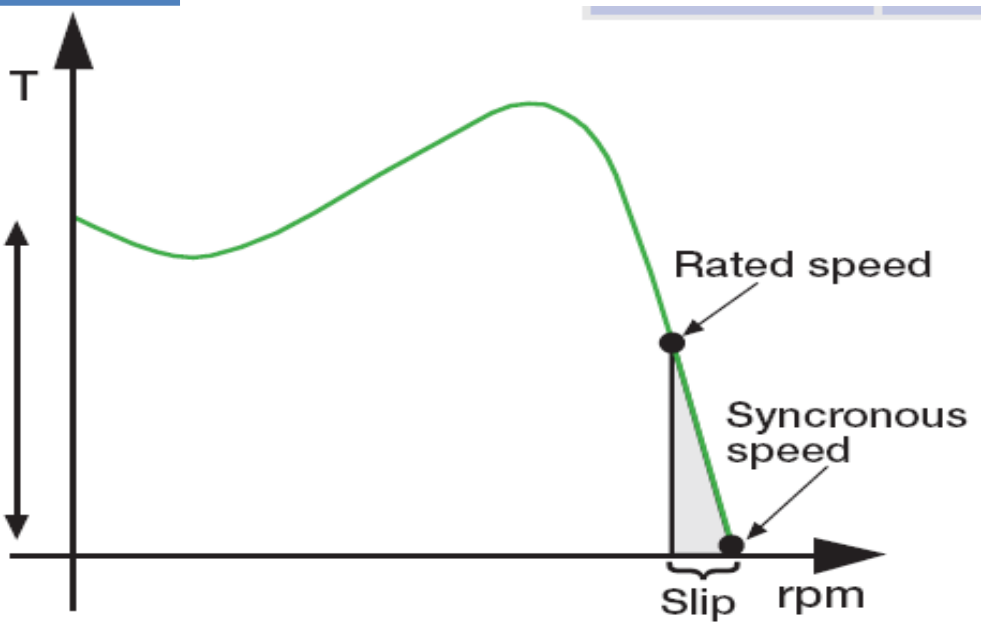
هذه الطريقة تعطي تحكماً محدوداً في السرعة ويحبذ أن لا يزيد عن 15% من السرعة التزامنية وذلك لأن زيادة هذه المقاومة تؤدي إلى زيادة المفاقيد النحاسية في العضو الدوار وبالتالي قلة كفاءة المحرك.

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 (36-1) يمكن إعادة التوصيل بحيث تصبح أربعة أقطاب كما هو موضح في الشكل رقم (37-1).

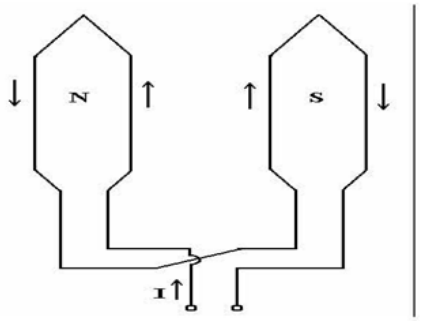
إذا كانت هذه الطريقة لا تعطي السرعة المطلوبة فإنه بالإمكان وضع طبقتين منفصلتين من الملفات في العضو الثابت كل طبقة ذات مختلف عدد من الأقطاب عن الآخر، مثلاً يمكن أن تكون الطبقة الأولى ذات ثمانية أقطاب بينما الثانية تكون ذات ستة أقطاب، كما أنه بالإمكان دمج الطريقتين معاً لنحصل على محرك ذي أربع سرعات.

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.

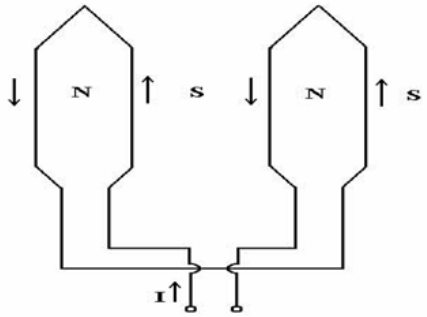


جدول السرعة التزامنية عند عدد من الأقطاب والترددات المختلفة

رسم يوضح السرعة التزامنيةVs والسرعة المقررة



الشكل رقم 36 – 1 : توصيل الملفات على شكل قطبين



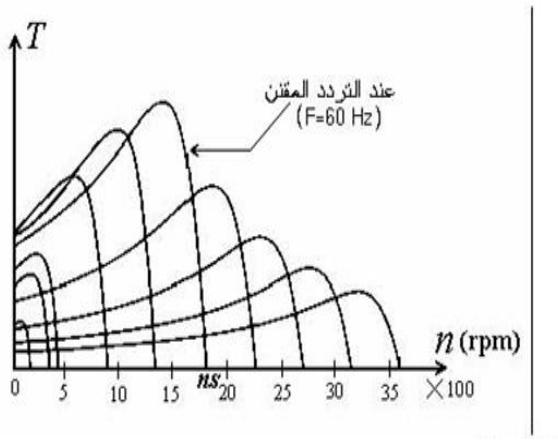
الشكل رقم 37 – 1 : توصيل الملفات على شكل أربعة أقطاب

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 (38-1) 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 38-1 : 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

اعمال الصيانة والفحص للمحركات الكهربية

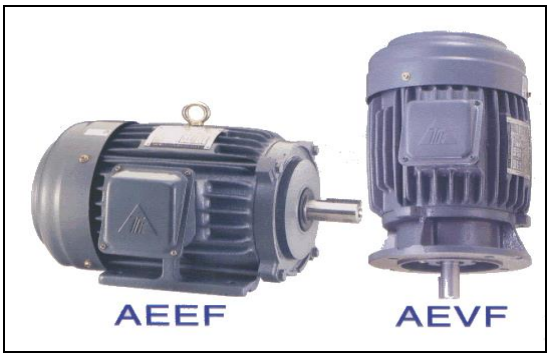
طريقة التخزين للمحركات والبلى

اولا: عند تخزين المحركات يراعى أن تكون

1-بعيده 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 تغير الشحم القديم والتأكد من مقاومة العزل.



ثانيا: 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 وإختيار رولمان البلى The Bearing

رولمان البلى من الأجزاء الاساسية 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 انواع البلى كما هو موضح بالشكل

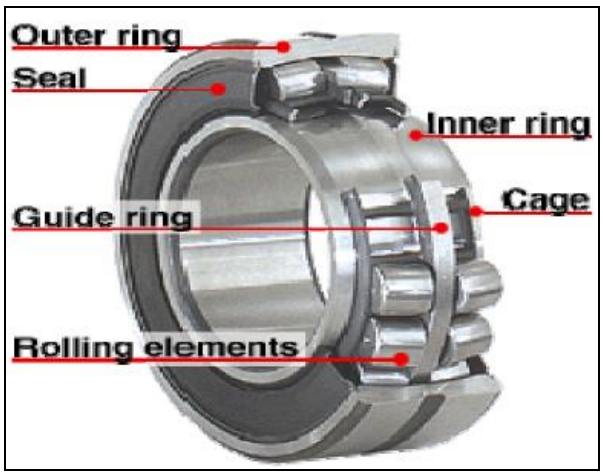
١-البلى الكرات

٢-البلى الأسطواني

٣-البلى الإبري

٤-البلى المخروطي الناقص

٥-البلى الكروي

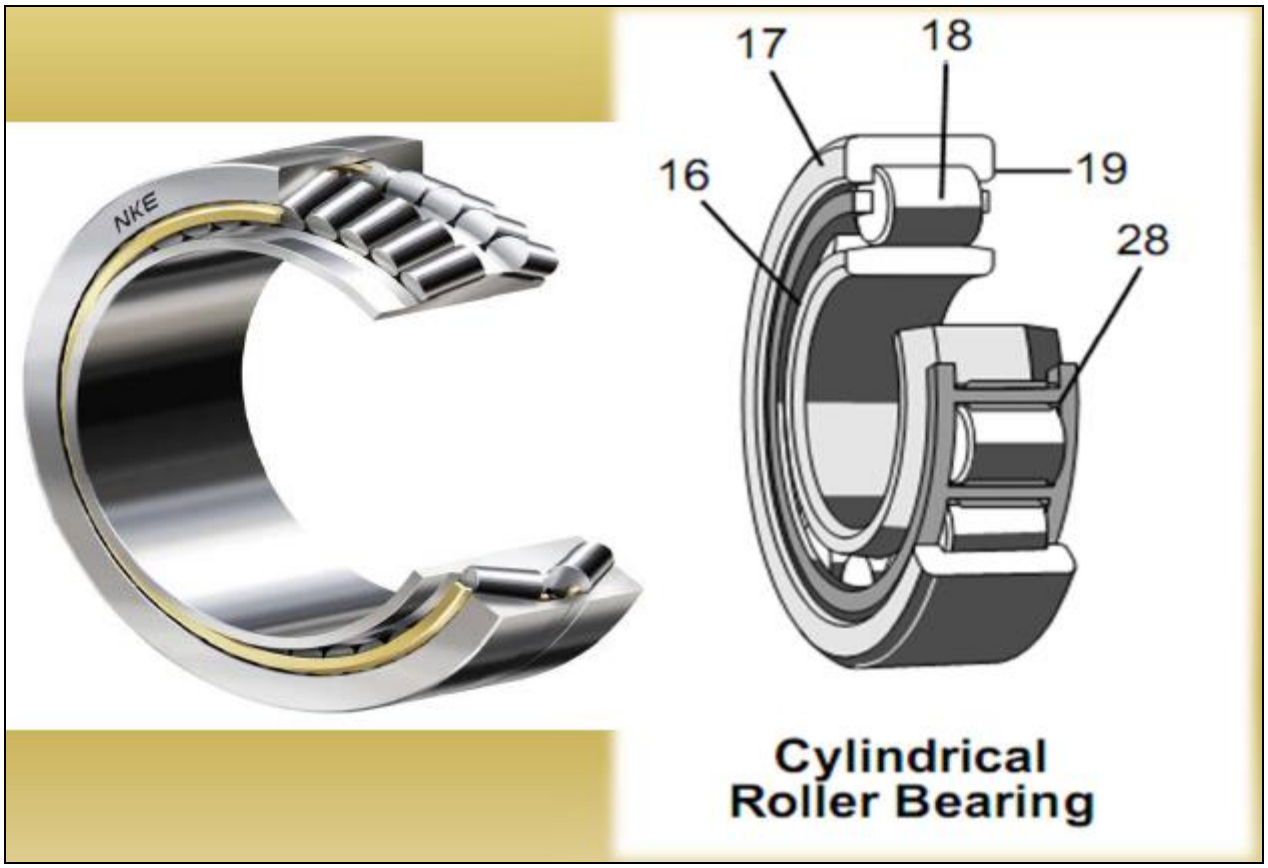


شكل يوضح تركيب البلية

البلى الكرات Deep Groove Ball Bearing

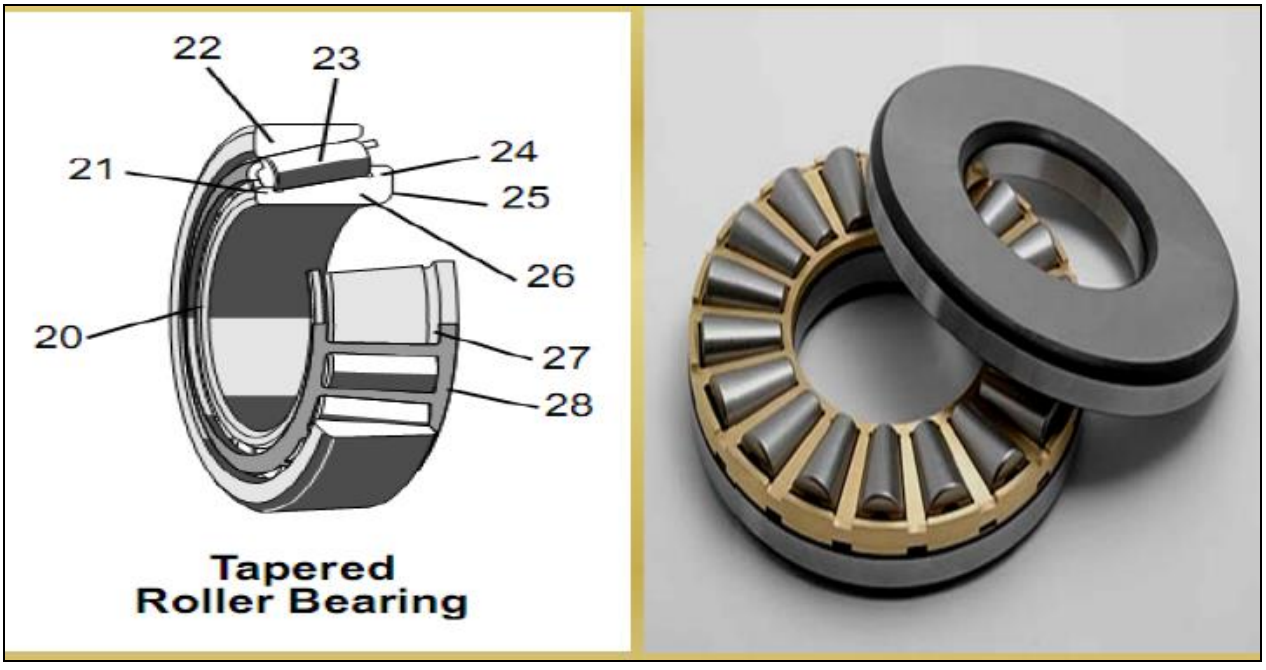
البلى الاسطوانى

Cylindrical Roller Bearing



بلى المخروط الناقص

Tapered Roller Bearing

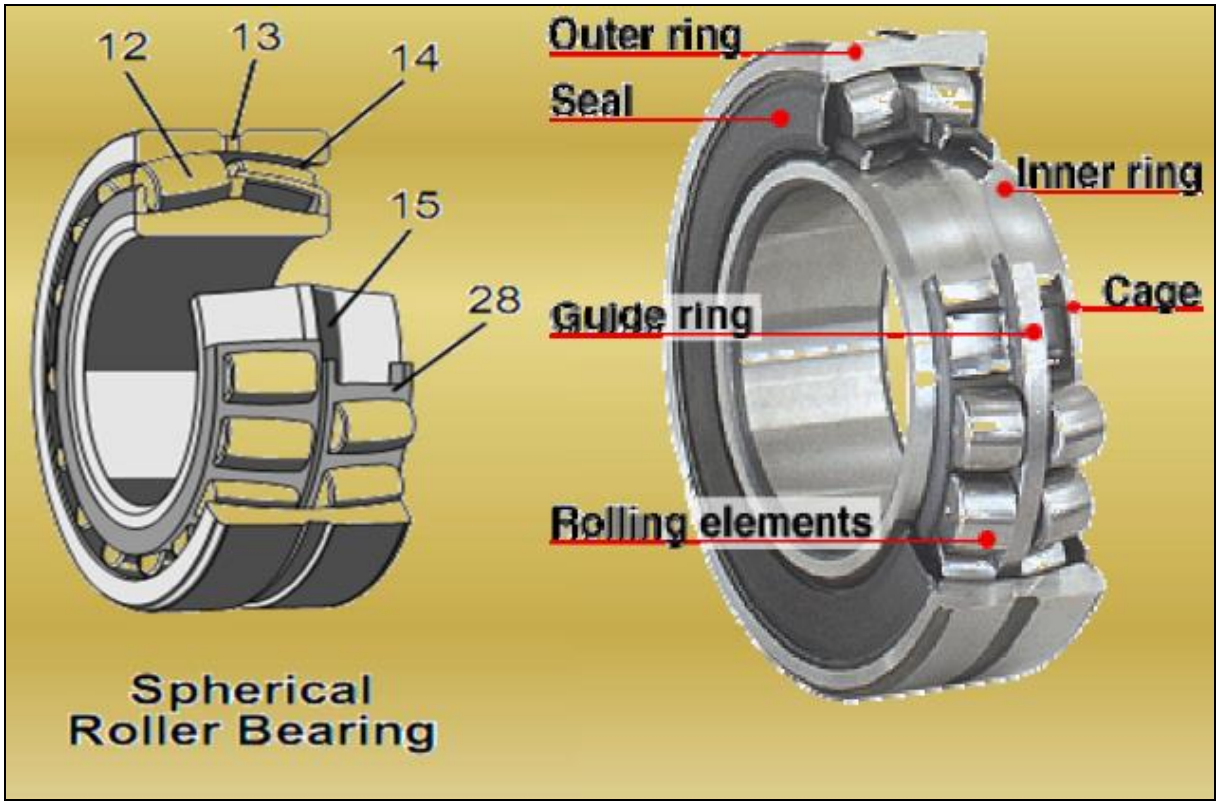


البلى الابرى

Needle Roller Bearing

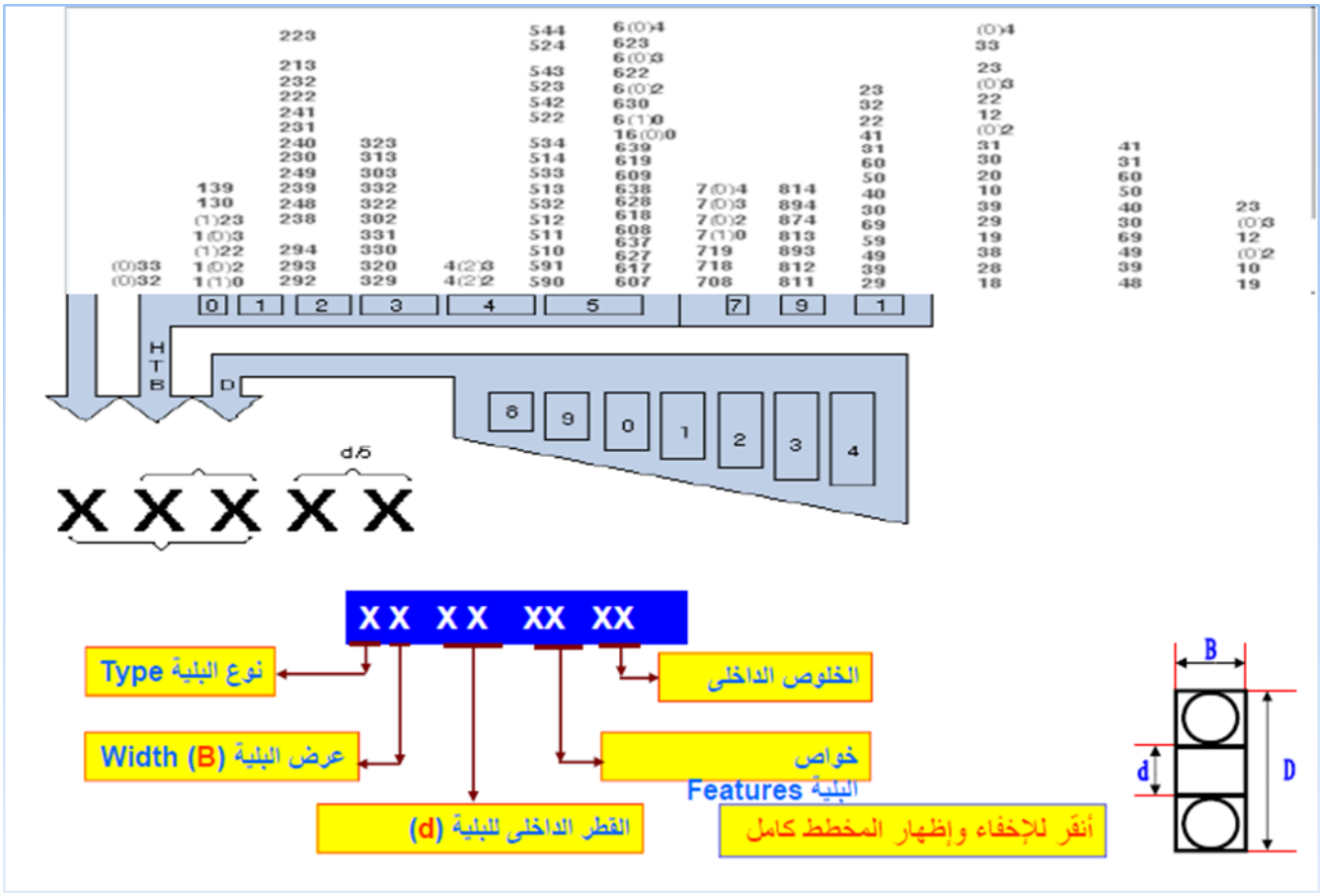
البلى الكروى

Spherical Roller Bearing



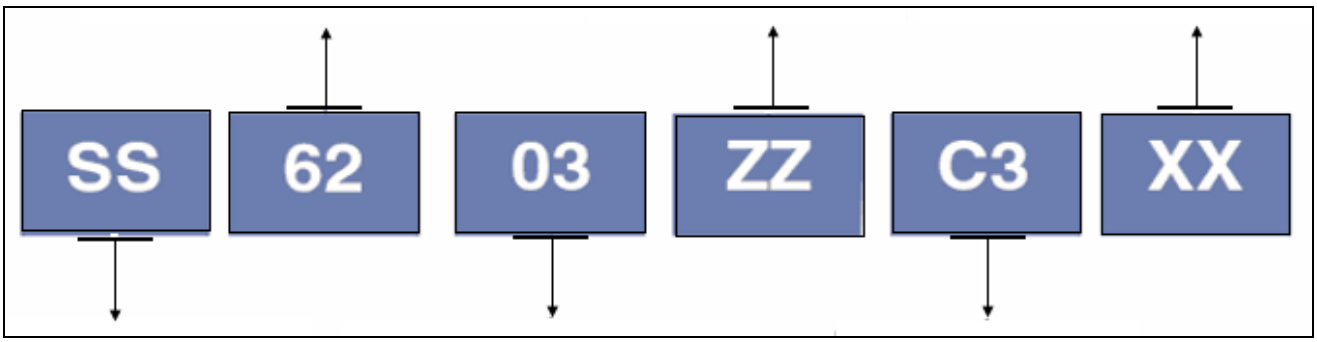
كيفية قراءة ارقام البلى

Bearing Type



مثال لقراءة رقم بلية

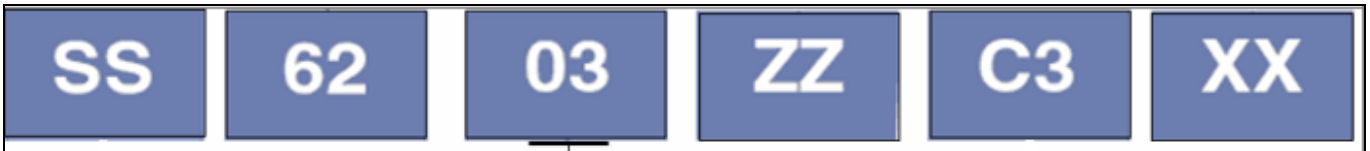
علامات أضافية تدل عل أبعاد خاصة أو نوع الشحم وكيفية ملؤه
NR Snap Ring
PRX Polyrex EM Grease
SRI2 SRI-2 Grease



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

لتوضيح الرقم التسلسلى لتصميم البلية

وهو يصف تصميم البلية من حيث الشكل والنوع

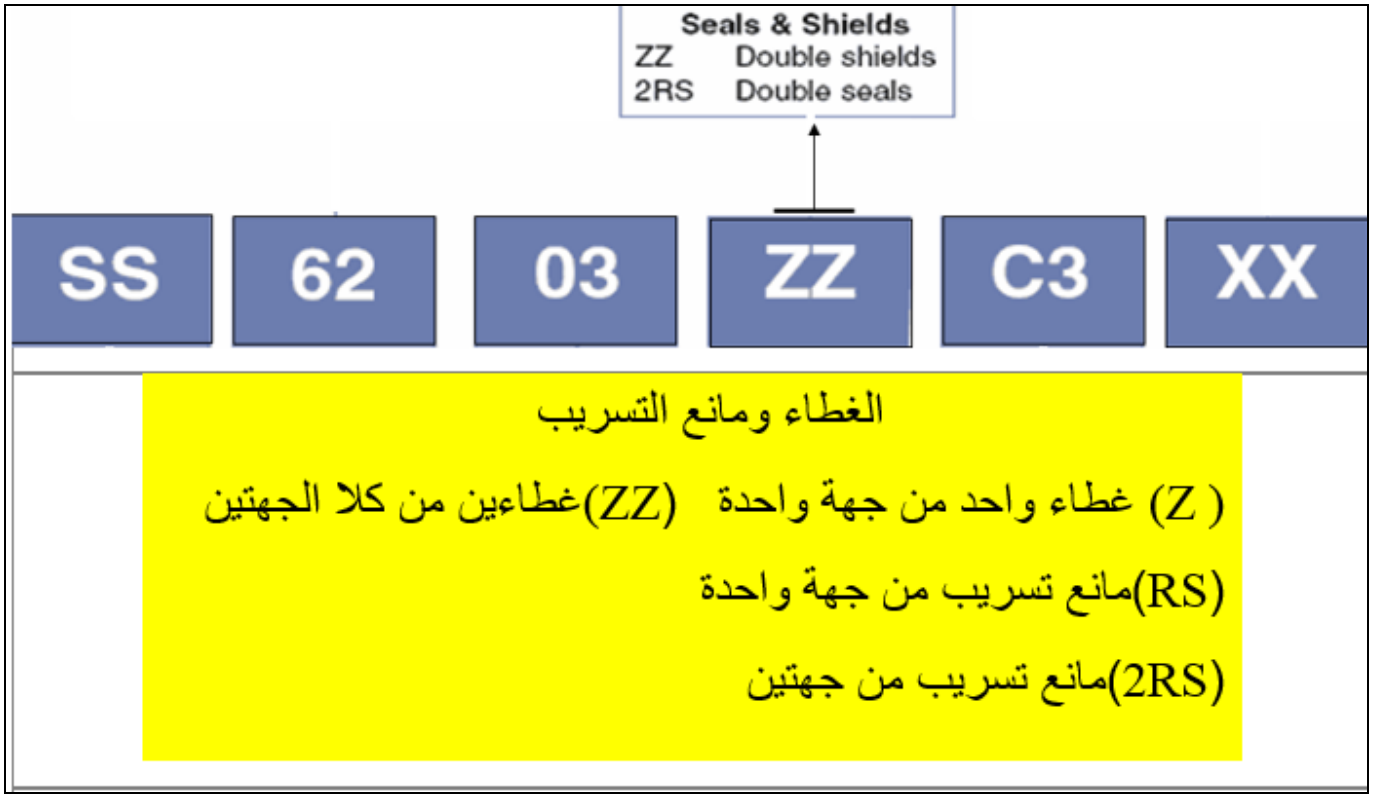


Bore Size	
Above 04, multiply by 5 to get the bore size in millimeters.	
00: 10mm	03: 17mm
01: 12mm	04: 20mm
02: 15mm	05: 25mm

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

00=10mm 01=12mm

02=15mm 03=17mm

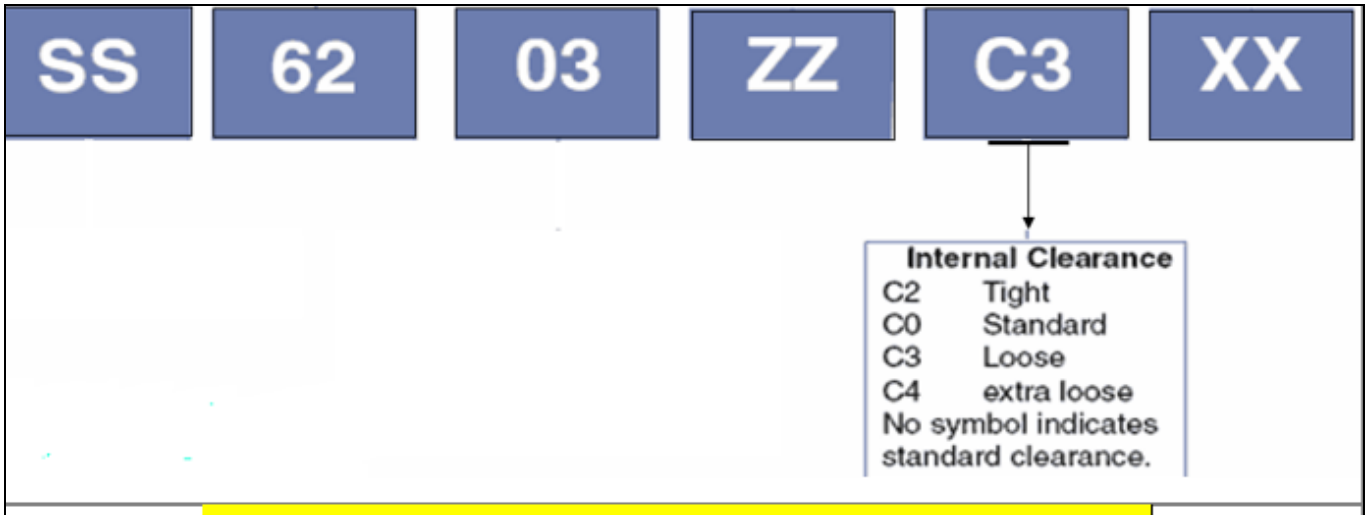


الغطاء ومانع التسريب

(Z) غطاء واحد من جهة واحدة (ZZ)غطاءين من كلا الجهتين

(RS)مانع تسريب من جهة واحدة

(2RS)مانع تسريب من جهتين



نسبة الخلوص الداخلى للبلية وتزيد مع زيادة سرعة الآله

(C0) أو (لا يوجد رمز) معناه نسبة قياسية

(C2)محكم (C3)نسبة خلوص بسيطة

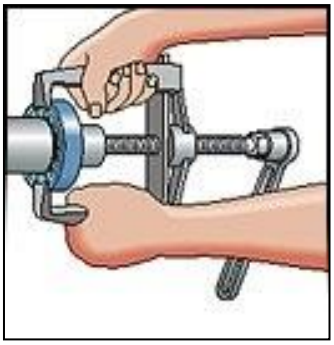
(C4)نسبة خلوص كبيرة

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 أضافية تدل عل أبعاد خاصة أو نوع الشحم وكيفية ملؤه
NR Snap Ring
PRX Polyrex EM Grease
SRI2 SRI-2 Grease

طرق عمليه خروج رولمان البلى Bearing Dismounting

هناك خمسة طرق لعملية خروج الرولمان بلي (Bearing)

1-الطريقة الميكانيكية:

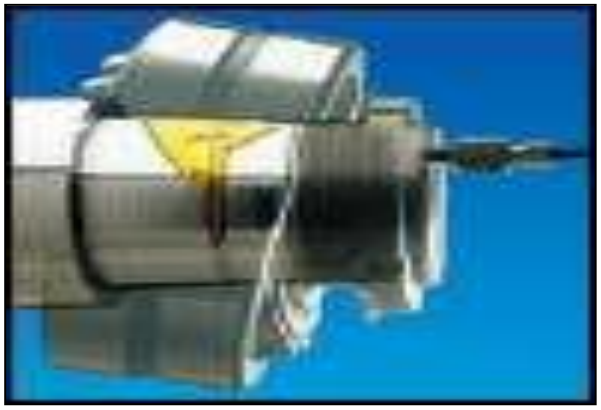


إذا كان مقاس عمود ال(rotor) صغير نستخدم الزرجينه بمقاساتها المختلفة

2-استخدام (Induction Heater):

وهو يكون بمقاسات تناسب مقاس الرولمان بلي

3--الطريقة الحرارية:

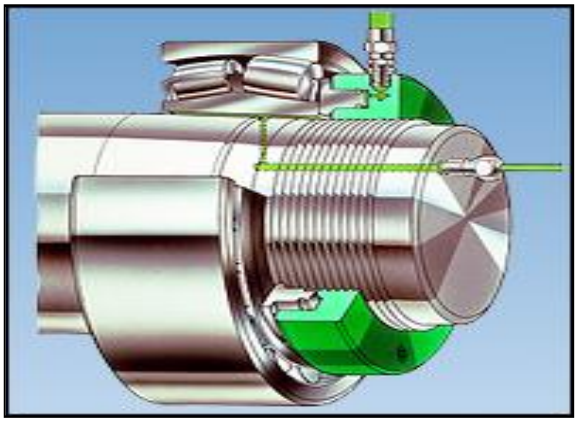


وذلك بتوصيل حلقة مثقوبة على الدائر حول ال bearing والتوصيل بخرطوم غاز الاشتعال وتسليط الحرارة على أجزاء bearing بحيث يكون التوزيع منتظم.

4-باستخدام (Hydraulic)

وذلك باستخدام الأجهزة اللازمة بما يتناسب مع كل حجم من إحجام 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 او يكون هناك اثار بقع على البلى.

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

طرق عمليه د خول(شحط) رولمان 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 اى خدوش أو أتربة ونظيفة تماما بقطعة قماش بالكيروسين او (WD4.) أيضا يتم تنظيف ال (bearing) داخل حوض الكيروسين ثم تجفيفه
3. يتم أيضا تنظيف أغطيه المحرك الامامى والخلفي جيدا والتأكد من ان ال (housing) الخاص بمكان الـ (bearing) ثم تنظيفه جيدا وعدم وجود تأكل او خدوش تؤدى إلى وجود بوش (كبر فى الخلوص) بين الـ (outer ring) وسطح الـ (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)

أولا: 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 الـ (bearing) وتعتبر هذه طريقه بدائية. وتستخدم الآن (fitting tools) بدلا من هذه طريقه.

ثانيا: باستخدام حمام زيت

وهي باستخدام حمام زيت وذلك بان يغمر الـ (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 ولابد من تعليق الـ (bearing) بعيدا عن أرضية هذا الحوض وذلك لضمان توزيع الحرارة.

ثالثا: باستخدام Induction Heater

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

رابعا: 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)- إطاله عمر المحرك -عدم الوصول بالمعدة إلى مرحله الاهتزازات العالية-عدم وصول المعدة لدرجه عالية من السخونة

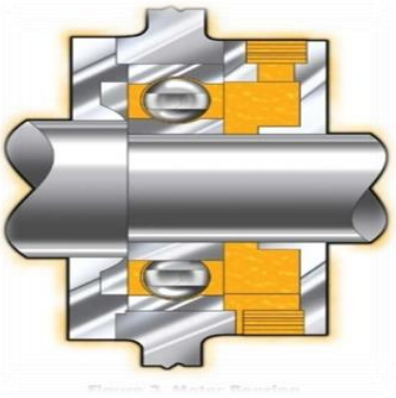
لذلك هناك نظام لعمليه التشحيم اما ان يكون

1- بعد عدد معين من الساعات.

2- كل أسبوع 3- كل شهر

4-كل 3 شهور أو ان يكون أكثر من ذلك

وهناك قانون لمعرفه الكمية المراد وضعها فى اى bearing



Quantity = D × B × X = 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 آلى 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

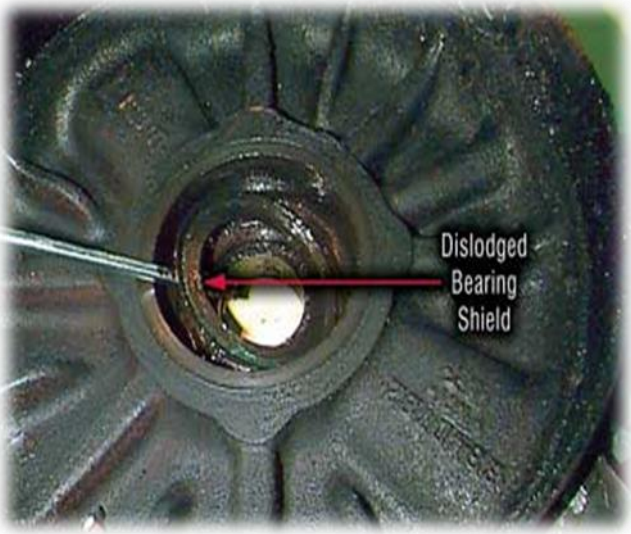
2-إتلاف الحشو seal

3-التسخين الزائد

4-الإقلال من عمر الرولمان بلي bearing

5- الإقلال من كفاءة المعدة

6-دخول الكمية الزائدة على ملفات القلب الساكن stator



2

عازلية المحرك: Motor Insulation

1-2 مفهوم العازلية Insulation

هي المادة التي تعمل على الفصل بين موصلين وعدم 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 بالميجا أوم (MΩ).

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

(P) قدرة المحرك بالكيلوات (KW).

(1000 – 0.01) قيم ثابتة.

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

3-2 العوامل التي تؤدي إلى خفض العازلية:

أ- الرطوبة.

ب- تراكم الزيوت.

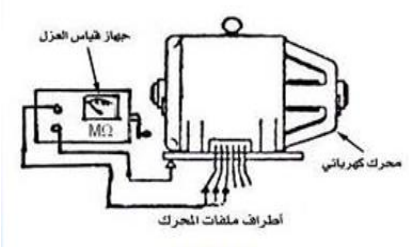
ج- الحرارة الزائدة.

د- المواد الكيمائية.

هـ- تعرض العازل إلى الصدمات الميكانيكة.

4-2 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 انحرف 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:

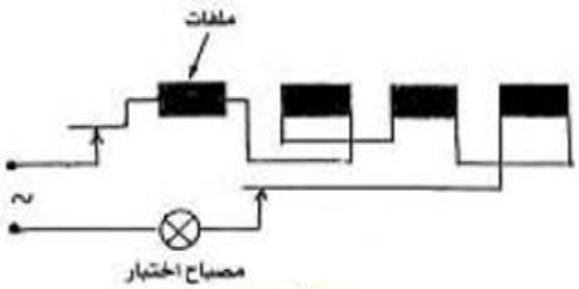
لفحص استمرارية ملفات العضو الثابت للمحرك نستخدم احدي الطرق التالية:

1-1-3 استخدام مصباح متوهج توالي:

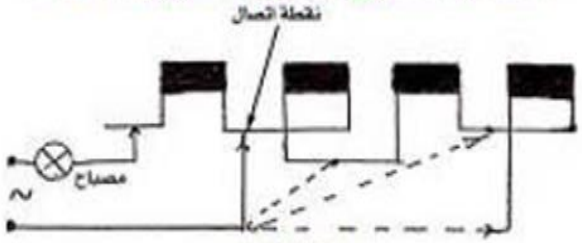
يوصل مصباح اختبار على التوالي مع ملفات أقطاب المحرك شكل (2).

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).



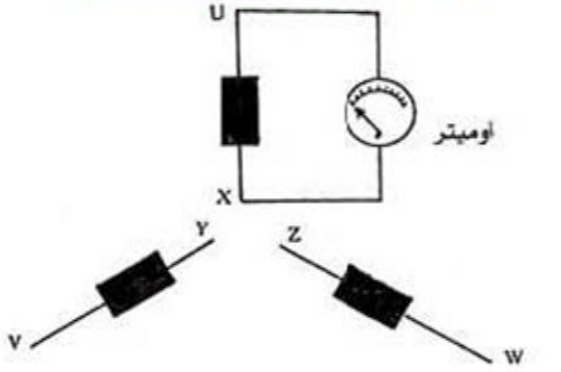
شكل (2)
استعمال المصباح لفحص استمرارية الملفات



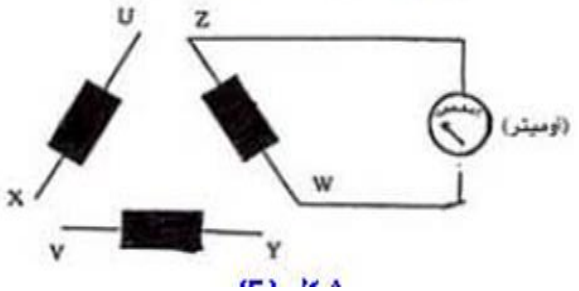
شكل (3)
البحث عن مكان القطع في التوصيلات

2-1-3 استخدام الأوميتر لفحص الاستمرارية:

- نفك ارتباط الأسلاك في نقطة النجمة شكل (4) ونقاط المثلث شكل (5).
- نوصل جهاز الأوميتر بين طرفي ملف الوجه الأول لقياس مقاومته.
- نوصل جهاز الأوميتر 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 (4)
استعمال الأوميتر لحفص الاستمرارية لمحرك (Y) توصيلة نجمي (3ph)



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 عل جميع خطوط المحرك؟	لا نعم	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 لا	قم بتغير 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 نعم	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 لا	قم بإعادة ضبط الجهد وقم بإعادة توصيله للمحرك
٥ أختبر أطراف توصيل المحرك هل يوجد أى تربيط غير جيد أو أى أطراف مقطوعة ؟	نعم لا	قم بإعادة التربيط وقم بإعادة توصيل أى وصلات مفصولة
٦ ربما يكون المحرك غير مناسب للحمل هل التحميل عند البدء عالى جدا ؟	نعم لا	استبدل المحرك بأخر ذو تصميم من نوع C or D أو أستبدل المحرك بمحرك أكبر
٧ هل الآله المتصلة بالمحرك غير حرة الحركة أو عليها حمل يعيق حركتها ؟	نعم لا	قم بتلين الآله المدارة بالمحرك أو قم بإزالة سبب أعاقتها 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 لا	يجب أن نقوم أولا بفصل الحمل عن المحرك وتحديد مشكلة الحمل والقيام بإصلاحها
٢. عدم استقامة المحرك مع الآله المتصلة به بسبب تلف البلى أو بسبب تلف أو خلل أو احتكاك فى وسط نقل الحركة من المحرك إلى الآله (الكبلنج أو تروس أو سيور أو ...)	نعم لا	قم بتغير البلى قم بصيانة أو أصلاح 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 نعم	قم بتغير البلى وقم بالكشف عل العضو الدائر وعمل أتزان له أو قم بتغير المحرك إن لزم الأمر
٤. أختبر ملفات العضو الثابت من أى فتح أو قصر أو اتصال بالأرضى	نعم لا	قم بزيادة العزل أو تغير الملفات التالفة او أعادة لف المحرك أو تغير 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 نعم	١. أعزل المحرك عن الحمل وقم بالكشف على الحمل وصيانته أو أصلاحه إن لزم الأمر
١. هل الجهد منخفض بدرجة كبيرة ؟	نعم لا	قم بضبط الجهد على الثلاث خطوط للمحرك
١. هل ملفات المحرك معزولة جيدا ومقاومتها صحيحة ؟	لا نعم	قم بقياس مقاومة الملفات ثم قم بعزلها أو اعادة لفها
١. بعد الكشف عل العضو الدائر هل يوجد أى تفكك بقضبان العضو الدائر ؟	نعم لا	قم بإعادة تثبيت القضبان المفككة أو غير المحرك

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 الآله المدارة او من وسط نقل الحركة بينهما ؟	نعم لا	تم تحديد الاهتزاز ومصدر الضوضاء يصدر من الحمل نقوم بعزل الحمل عن المحرك ونقوم بصيانة وإصلاح الآله المدارة أو وسط نقل الحركة
٢. تأكد من تثبيت المحرك بالقاعدة هل المسامير غير مربوطة جيدا ؟	نعم لا	قم بربط مسامير القاعدة جيدا وتأكد من استقامة المحرك مع القاعدة
٣. هل قاعدة المحرك مستقيمة مع عمود المحرك ؟	لا نعم	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 لا	قم بإصلاح المروحة أو تغيرها 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 ؟	نعم لا	قم بإعادة وسطنه 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 لا	قم بتشحيم البلى أو تغيره إن لزم الأمر
٧ هل أحد خطوط الجهد للمحرك غير موجود وهل الجهد بين الثلاث اوجه للمحرك غير متزن ؟	نعم لا	قم بإعادة الخط المفصول و أضبط الجهد بحيث يكون متساوى بين الثلاث أوجه

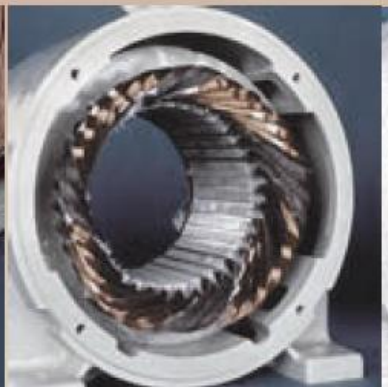
اكتشاف وتتبع أعطال المحركات ثلاثية الوجه وكيفية علاجها (5)

اكتشاف وتتبع أعطال المحركات ثلاثية الوجه وكيفية علاجها (6)

اكتشاف وتتبع أعطال المحركات ثلاثية الوجه وكيفية علاجها (7)

العطل السادس:- بلى المحرك يسخن أو يصدر منه صوت غير طبيعى		
١. أختبر الحمل هل هو زائد عن الحد مما يتسبب فى ضغط أو تحميل على البلي	نعم / لا	خفف الحمل أو أستبدل المحرك بمحرك اخر يتناسب مع الحمل
٢ بعد الكشف على البلي هل يوجد أى تلف أو تآكل بالبلى (الحركة أو الأسطح أو البلى الداخلى	نعم / لا	قم بتغير البلى ببلى أخر
٣. هل البلية مركبة بشكل خاطئ على العمود مما يتسبب فى 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 فى التحميل الخاطئ على البلى	لا / نعم	قم بعمل اتزان للعمود أو أستبدله ثم قم بعمل استقامة بين المحرك والحمل
٥. هل حدث تآكل أو تلف فى بيت البلية مما تسبب فى 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 البلي من النوع المفتوح ويحتاج إلى تشحيم؟	نعم / لا	قم بتشحيم البلى وحافظ على دورة التشحيم بالتدوين فى 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

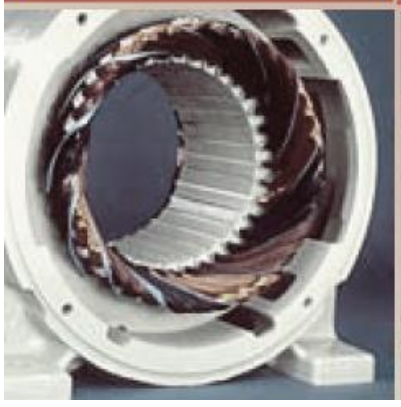
أعطال الملفات بمحركات الثلاثية الوجه (1)

احتراق ملفات وجهين نتيجة لفصل أحد خطوط مصدر الجهد ويحدث ذلك فى 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 الكونتاكتور أو توصيل سيئ	احتراق ملفات وجه واحد نتيجة لفصل أحد خطوط مصدر الجهد ويحدث ذلك فى 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 الكونتاكتور أو توصيل سيئ	احتراق ملف أو أكثر نتيجة قصر بين وجه ووجه أخر ويحدث ذلك بسبب انهيار العزل بين الأوجه والذى غالبا ما يكون ورق برسبان 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
		

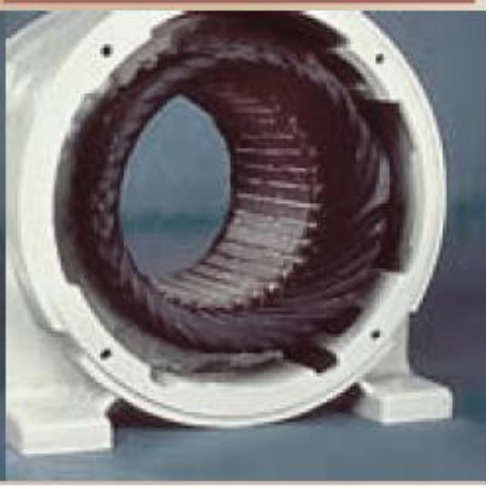
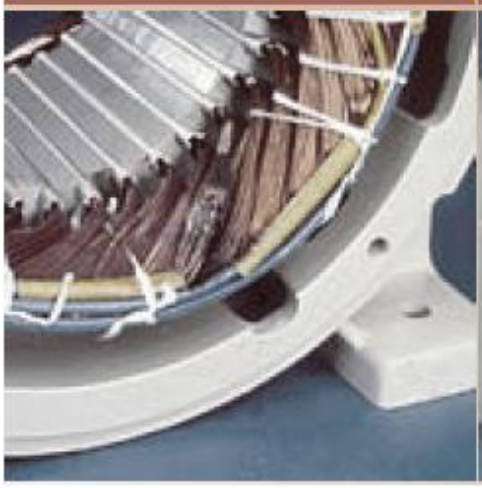
أعطال الملفات بمحركات الثلاثية الوجه (2)

احتراق عدد من اللفات 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	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 التربيط الجيد للملفات أو قد يحدث بسبب ارتفاع مفاجئ بالجهد فيتسبب في انهيار العازل فى بعض المناطق الضعيفة بالسلك فيؤدى لتلفها	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 تعريتها

أعطال الملفات بمحركات الثلاثية الوجه (3)

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 تعريتها	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 نضطر 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 ملفات وجه بالمحرك كنتيجة لعدم أتزان الجهد مما يؤدى إلى زيادة التيار بأحد الأوجه فتحترق ملفاته ويحدث عدم أتزان الجهد غالبا بسبب عدم أتزان الأحمال على مصدر الجهد وكذلك عدم التربيط 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%
		

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 يؤدى أيضا إلى زيادة التيار عن المعدل الطبيعى	احتراق ملفات المحرك كاملة كنتيجة لمرور تيار عالى 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 للارتفاع المفاجئ بالجهد ويحدث الارتفاع المفاجئ بالجهد عند التوصيل والفصل بدوائر تغذية المحرك وكذلك عند تفريغ المكثفات فى حالة تواجدها 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
		

المراجع

تم إعداد الإصدار الأول بمشاركة المشروع الألماني GIZ, ومشاركة 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/ مصطفي سبيع	شركة صرف صحي القاهرة
مهندس/ وحيد أمين أحمد	شركة مياه القاهرة
مهندس/ يحيى عبد الجواد	شركة مياه وصرف صحي الدقهلية

- تم تحديث الإصدارالثانى بمشاركة السادة :-

مهندس/ خالد سيد أحمد	شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى
مهندس / ريمون لطفى زاخر	شركة الصرف الصحي بالقاهرة
مهندس/ علاء عبد المهيمن الشال	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالغربية
مهندس/ محمد عطية يوسف	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس/ محمد محمد الشبراوى	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس/ محمد صالح فتحى	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس/ هانى رمضان فتوح	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس/ عادل عزت عبد الجيد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي ببنى سويف

تمت أعمال التنسيق والإخراج الفني لهذا الإصدار بواسطة كلا من :

الأستاذ/ علاء محمد المنشاوي	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الكيميائى/ محمود جمعه	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

حقوق الطبع محفوظة
الإدارة العامة للمسار الوظيفى – إدارة المناهج
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى