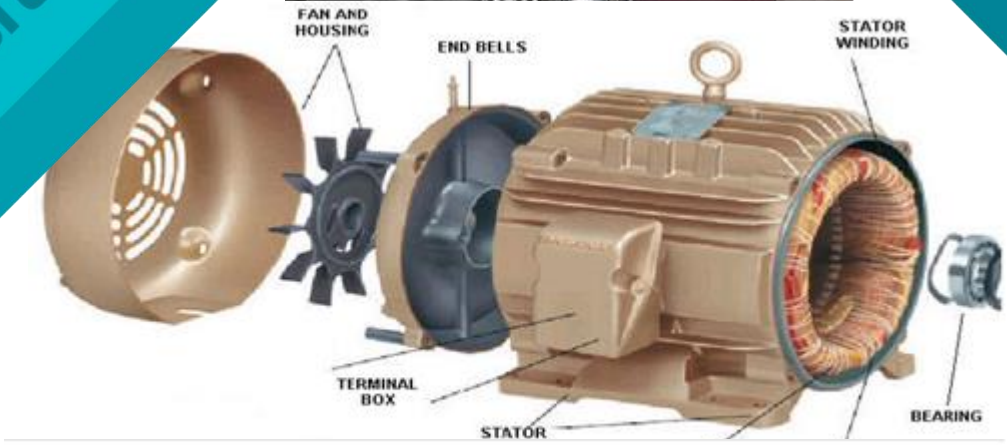
الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي



دليل المتدرب

مبادئ الصيانة الكهربية
الجزأ الثانى

مهندس صيانة كهربائية– حديث

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
الإدارة العامة للمسار الوظيفي - إدارة المسارات

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

المحتويات

المحتويات 1
الفصل الأول : المحركات الكهربية 3
مقدمة 3
تعريف المحرك الكهربى 3
تصنيف المحركات 4
MOTORS Classification 4
محركات التيار المتغير 5
AC MOTOR 5
القدرة والعزم 19
القدرة بالحصان- Horsepower 21
عزم المحرك وانواعه 22
لوحة بيانات المحرك- Nameplate 25
الفصل الثانى : المحولات الكهربية 39
صيانة وفحص المحولات الكهربية 39
أولا: الصيانة الدورية للمحولات 39
ثانيا الفحص الخارجي للمحولات 42
ثالثا: خصائص الزيت الجيد للمحولات 43
رابعا: مواعيد فحص الزيت ومواصفاته 44
خامسا : طريقة إجراء الفحص الكهربي للزيت 45
الفصل الثالث : مقدمة عن المولدات 46
تعريف المولدات 46
- تصنيف المولدات 47
نظرية العمل 48
مكونات وحدات التوليد 50

الفصل الأول : المحركات الكهربية

مقدمة

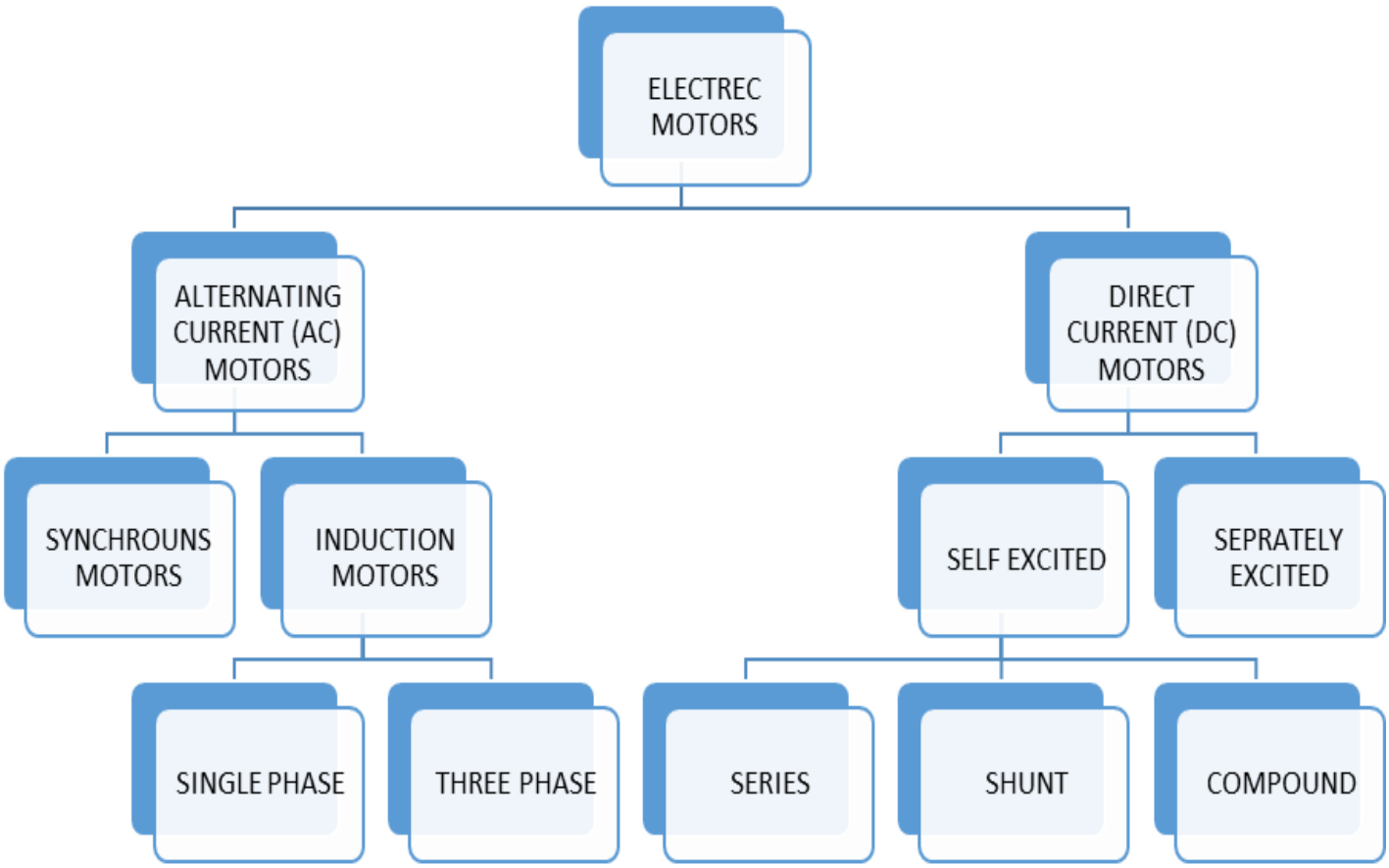
- هناك ثلاث أنواع رئيسية من المحركات (D.C – Induction – Synchronous)التي تعتمد على ظاهرتين من الـ Electromagnetic phenomena
- عند تحريك ملف في مجال مغناطيسى يتولد فولت على أطراف الموصل (مولد).
- عند مرور تيار الكهربي بالموصل الموضوع فى مجال مغناطيسى يتأثر بقوة يقوم تحريكه (محرك).
- ويوجد تنوع كبير في 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 :
- مجال مغناطيسي ويم الحصول عليه من ملفات العضو الثابت .
- موصلات تحمل تيار كهربي وهي ملفات العضو الدوار.

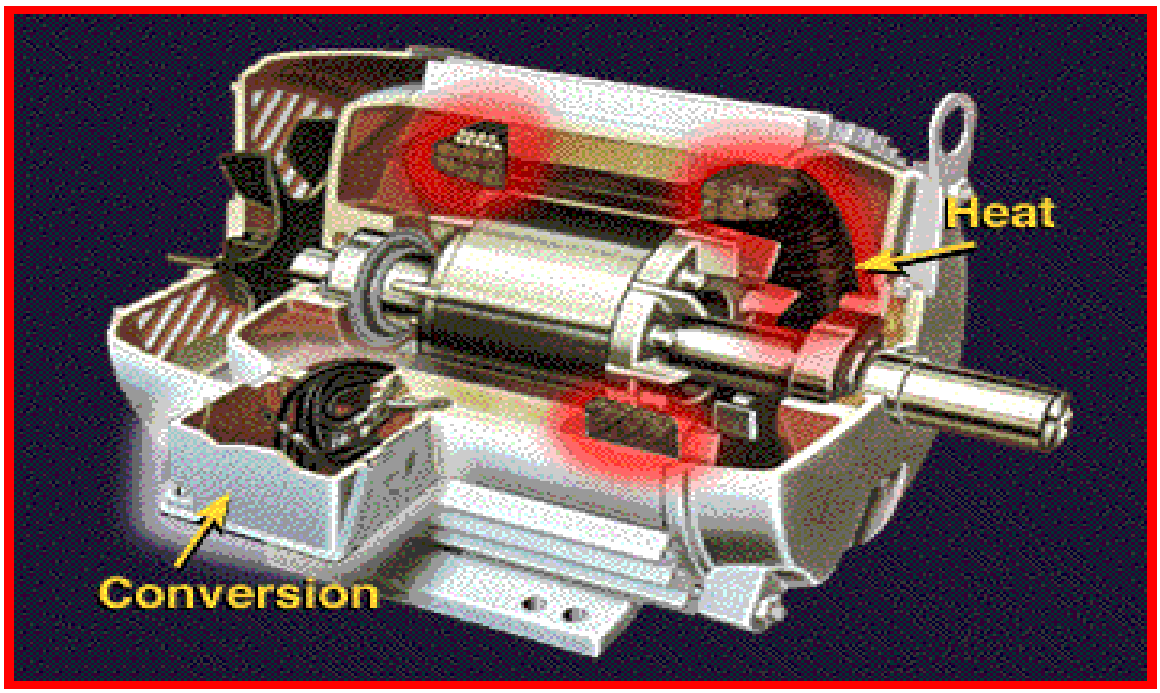
تصنيف المحركات

MOTORS Classification



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 المتردد إلى قسمين أولاهما المحرك الحثي أو التحريضي ومخترعه هو نيكولا تسلا وهو أكثر المحركات الكهربية انتشارا على الإطلاق واختراعه شكل ما يعرف بالثورة الصناعية الثانية.

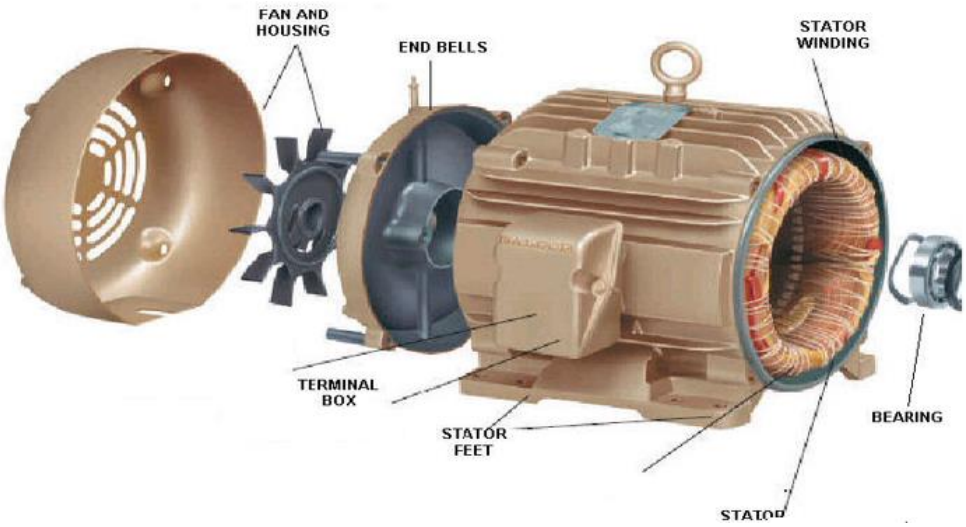
أما ثانيهما فهو المحرك المتزامن وفيه ينتقل مباشرة إلى دائرة الدوار.

يتركب محرك التيار المتردد بنفس طريقة تركيب محرك التيار المستمر من حيث أنه يتكون من عضو ساكن وعضو دوار. ويعمل محرك التيار المتردد بواسطة مجال مغناطيسي ناتج من التيار 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 مجالا مغناطيسيا مترددا يغمر العضو الدوار. هذا المجال المغناطيسي المتردد ينتج تيارا كهربائيا في دائرة العضو الدوار بالحث. في نفس الوقت ينشيء التيار المستحث في دائرة الدوار مجالا مغناطيسيا تعمل على تدوير العضو الدوار.

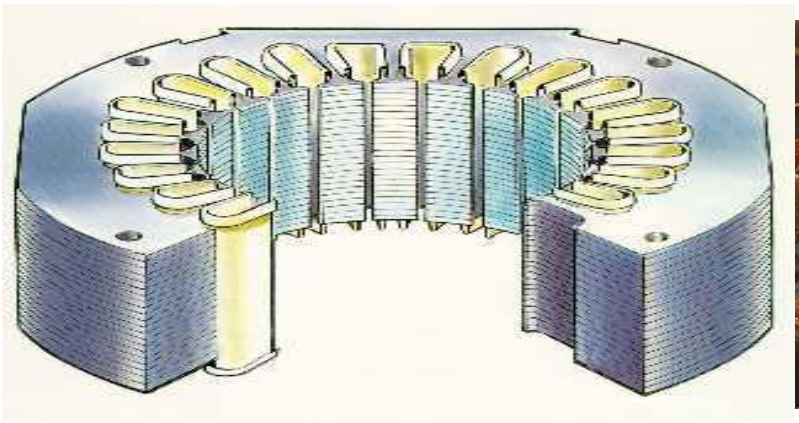
تركيب المحرك الاستنتاجى ثلاثى الأوجه:

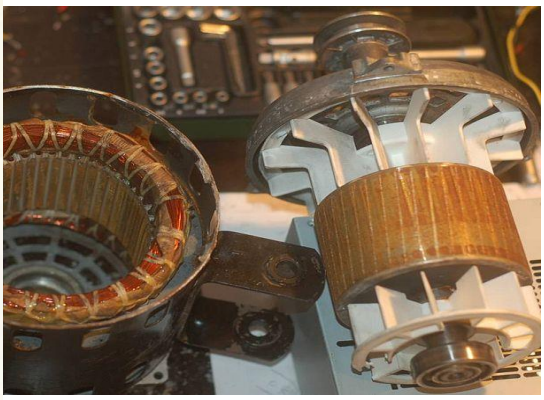


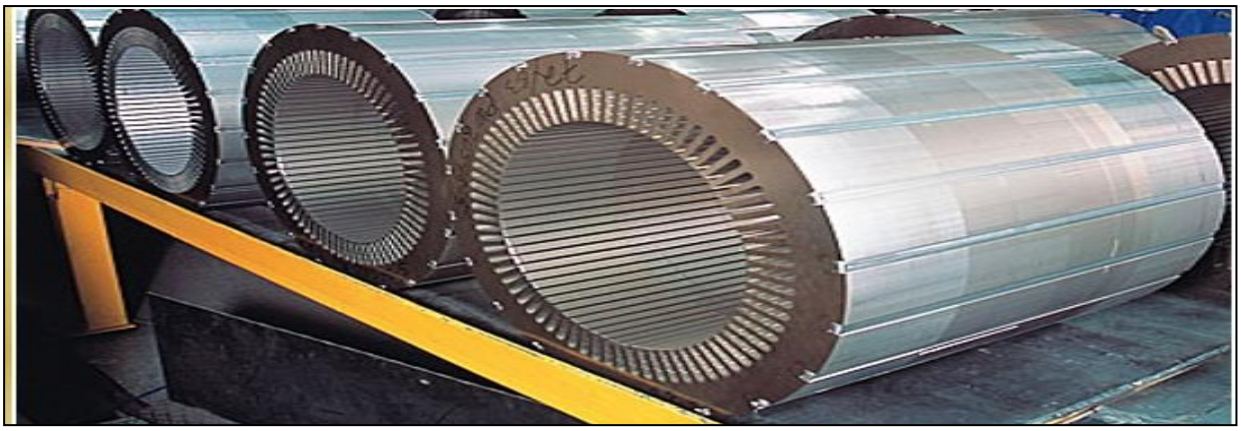
العضو الثابت:

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







ملفات العضو الثابت

Coils of Stator Core

وتصنع من أسلاك نحاسية معزولة بالورنيش أو بارات معزولة بشرائط من القطن تلف على فرم خاصة بمقاس وبعدد لفات يتناسب مع قدرة المحرك ويتم وضعها بالمجاري المعزولة في ثلاث مجموعات تسمى كل مجموعة وجه بحيث يكون بين كل وجه 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 أما نجمة فقط أو دلتا فقط أو أن يخرج الستة أطراف إلى علبة تجميع النهايات ليتم تحديد طريقة التوصيل داخل العلبة حسب احتياج ظروف التشغيل.

بعض أشكال ملفات المحركات ثلاثية الأوجه

العضو الدوار:

يوجد منه نوعان مختلفان في التركيب ومتقاربان في الخواص الكهربائية، 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):

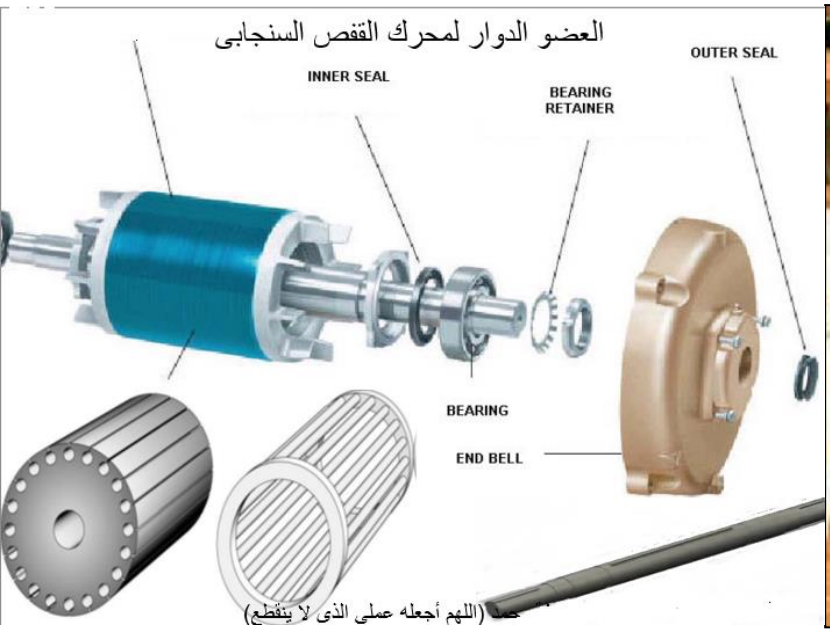
العضو الدوار الملفوف Wound Rotor يتركب من شرائح متراصة من الحديد المغناطيسي معزولة عن بعضها البعض مركبة على عمود المحرك ومحفور عليها عدد من المجاري لتركيب الملفات.

يقسم العضو الدوار إلى عدد من الأقطاب مساو لأقطاب العضو الثابت الذي سيركب فيه وتقسم المجاري في كل قطب إلى ثلاثة أقسام كل قسم يركب فيه ملفات أ؛د 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 .



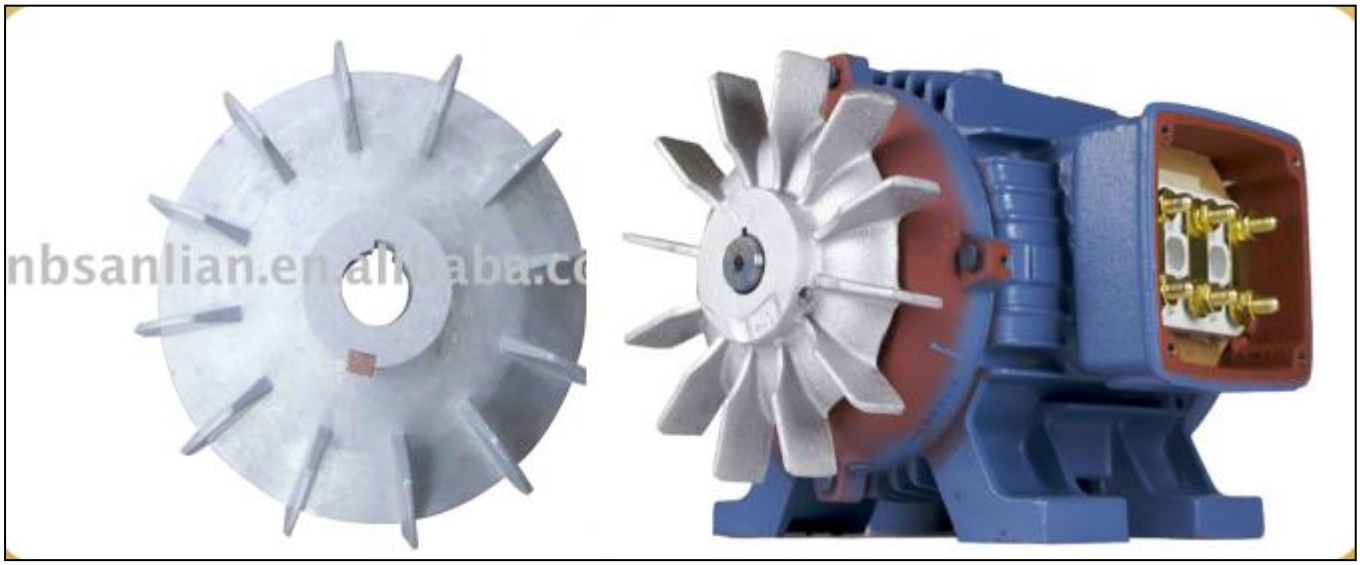
الغطاءان الجانبيان:

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 اتزان العضو الدائر وتسهل حركة دورانه وجعله في وضع يسمح له بحرية الحركة.

غطائي المحرك ثلاثي الأوجه

مروحة التهوية:Ventilation Fan

وهي جزء مهم حيث تصنع من 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:

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

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:

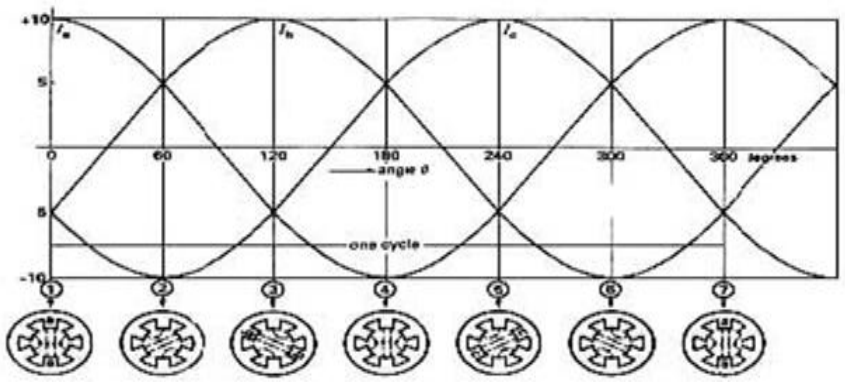
$Fs = Ns \cdot Is$ المعادلة $(1-2)$

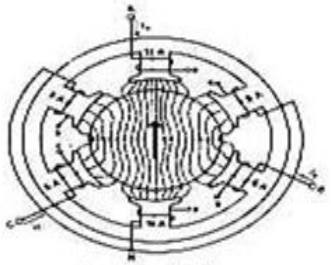
حيث :

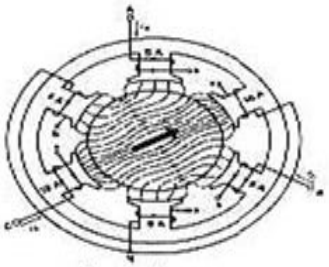
Fs : شدة المجال المغناطيسي في العضو الثابت.

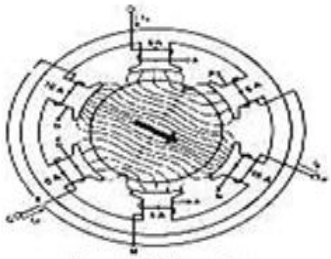
Ns : عدد لفات العضو الثابت لكل قطب.

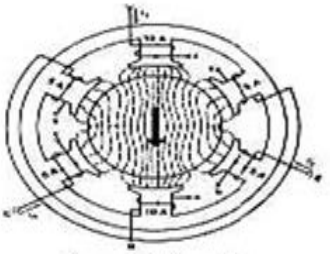
Is : القيمة الفعالة لتيار الوجه في العضو الثابت.

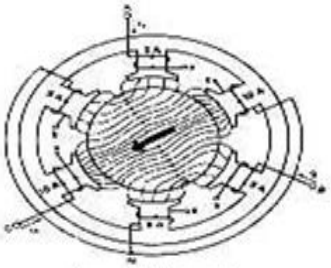


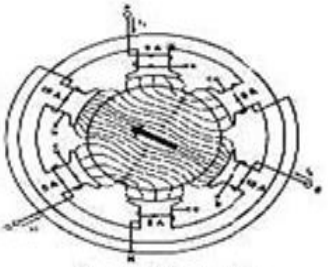

عند الزاوية صفر


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

$$T \propto Fs \cdot Fs \cdot Sin(\delta sr)$$ المعادلة (3−1)

حيث :

T: العزم.

Fs: شدة المجال المغناطيسي في العضو الثابت.

Fr: شدة المجال المغناطيسي في العضو الدوار.

δsr : 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:

$$nf = ns - n$$ المعادلة (4−1)

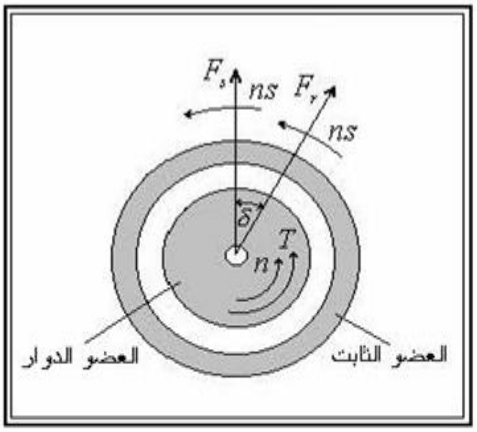
حيث:

nf: 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) وتسمي سرعة الانزلاق Slip speed:

nslip = ns – n المعادلة (1-5)

حيث: nslip 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:

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

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 (1-6) كما يلي:

$$n = ns\ (1 - S)$$ المعادلة (1- 7)

تردد الجهود والتيارات في العضو الدوار:

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

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

عندما $(n= 0)$ $(S =I)$ والتردد $(fr = fs)$

وعندما $(n = ns)$ فإن $(S= 0)$ والتردد $(fr=0)$

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:

$$fr = S.fs$$ المعادلة (1-8)

أمثلة محلولة:

مثال (1-1):

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

السرعة التزامنية لهذا المحرك.

سرعة العضو الدوار عند الحمل الكامل.

تردد التيارات في العضو الدوار عند الحمل الكامل.

الحل:

من المعادلة (1-1) :

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

من المعادلة (1-7):

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

من المعادلة (1-8):

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

مثال (1-2):

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

الحل:

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

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

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

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

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

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

مثال (3-1):

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 (8-1):

$$S = \frac{fr}{fs} = \frac{2.5}{50} = 0.05$$

لحساب سرعة العضو الدوار:

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

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

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

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

طرق توصيل المحركات الاستنتاجية ثلاثية الاوجه

طريقة توصيل المحركات ثلاثية الاوجه (Connection Methods)

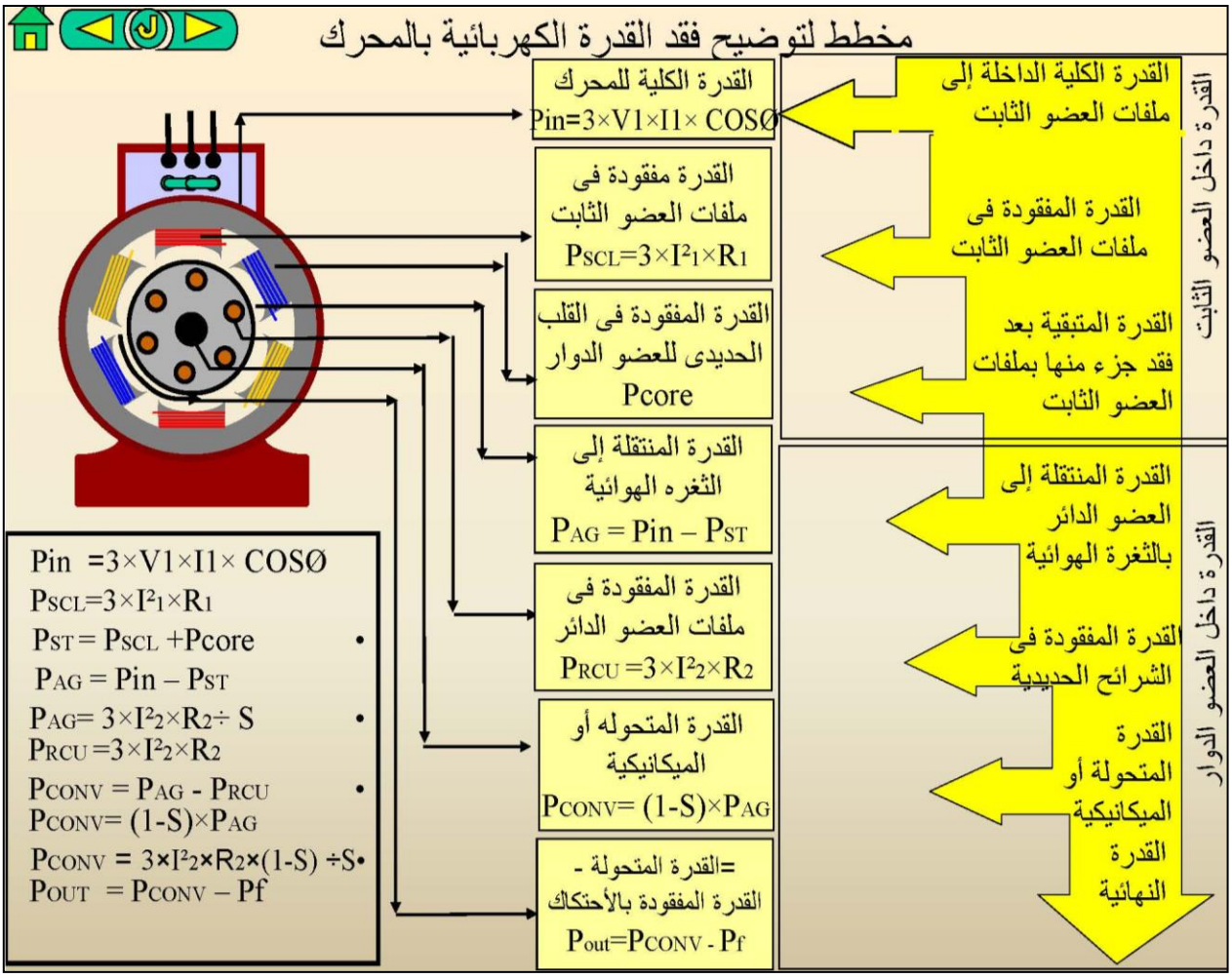
وجه المقارنة	توصيلة نجمة (Y)	توصيلة دلتا (Δ)
جهد الخط	يكون جهد الخط مطبق على ملفات وجهين معا	يكون جهد الخط مطبق على ملفات وجه واحد فقط
جهد الخط	$VL = Vph \times \sqrt{3}$ جهد الخط=جهد الوجه ×√3	$VL = Vph$ جهد الخط=جهد الوجه
تيار الخط	$I L = I ph$ تيار الخط = تيار الوجه	$I L = \sqrt{3} \times Iph$ تيار 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_1 والتيار I_1 ومعامل القدرة COSØ وتحسب من المعادلة التالية $P_{in}=\sqrt{3}\times V_1\times I_1\times COS\emptyset$ أو $P_{ph}= 3\times V_{ph}\times I_{ph}\times COS\emptyset$
- ومن الطبيعى ان نجد مفاقيد لهذه القدرة متمثلة الحرارة الناتجة من العضو الثابت R1 وتسمى 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 $P_{AG} = P_{in} - P_{ST}$ 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 P_f لينتج القدرة الخارجة النهائية P_{OUT} والتى يتم حسابه كالتالى $P_{OUT} = P_{CONV} - P_f$ 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} وكذلك عند $P_{RCU}=P_{AG}\times S$ 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



القدرة بالحصان- Horsepower

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

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

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

ولتحويل هذه القدرة بالوات يتم الضرب x ..1.

P (KW) =1...W

ولتحويل هذه القدرة بالحصان يتم القسمة ÷ 746

الحصان = 746 وات

القدرة بالحصان=القدرة بالكيلو وات x 1.34

القدرة بالكيلوواط=القدرة بالحصان x 746.

عزم المحرك 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

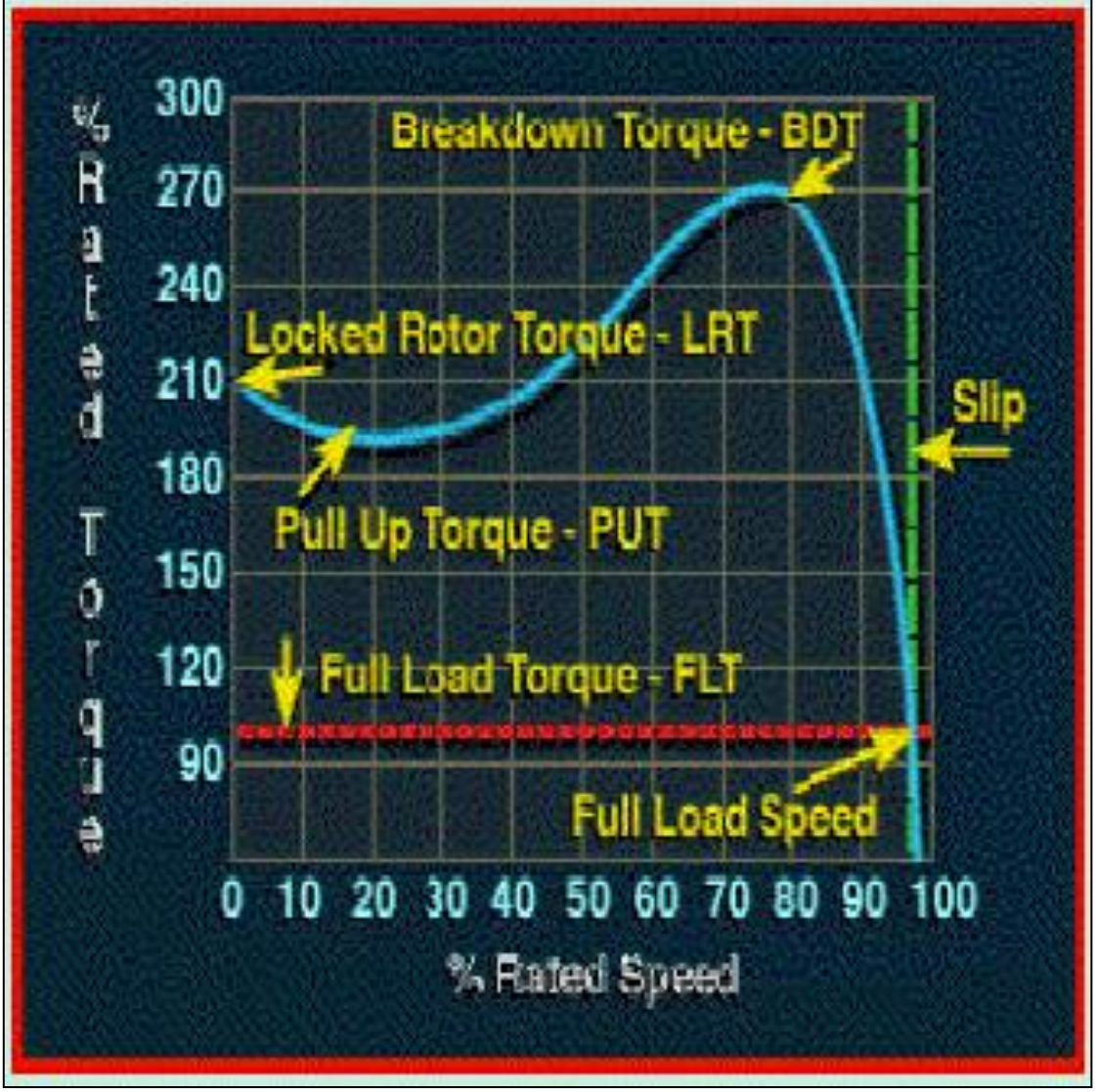
حساب قيمة العزم بمعلومية القدرة بالحصان والسرعة

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 = ١,٣٥٥٨نيوتن لكل متر



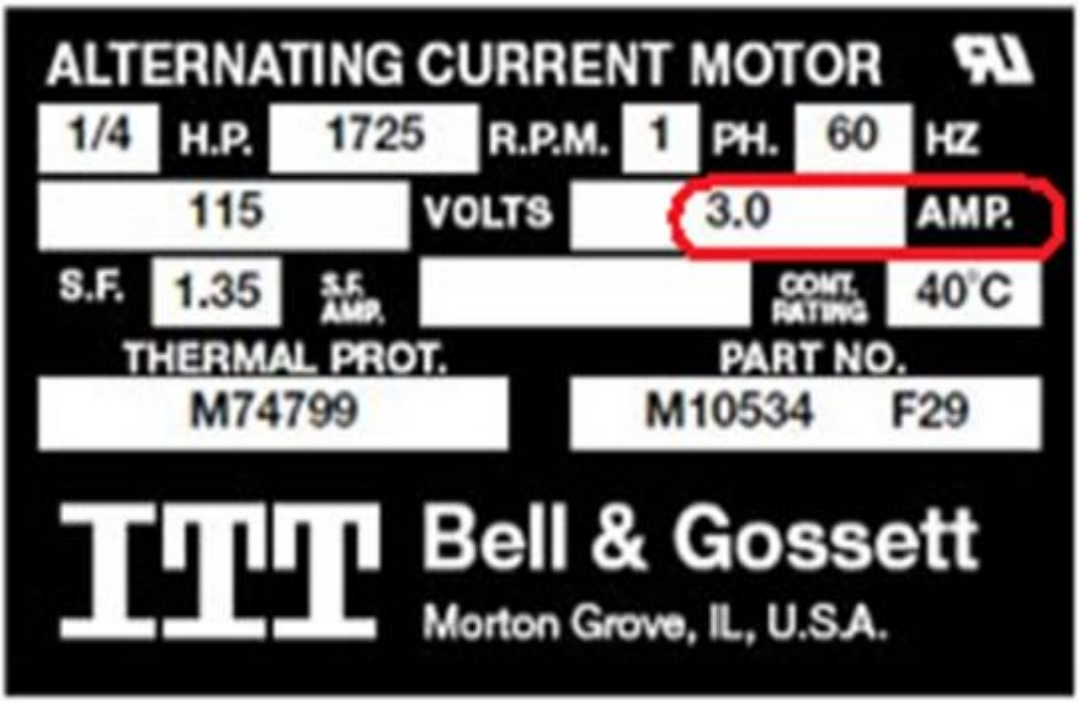
لوحة بيانات المحرك- Nameplate

بعض نمازج من لوحة بيانات المحرك الاستناجى

1.VOLTAGE الجهد
2.CURRENT التيار

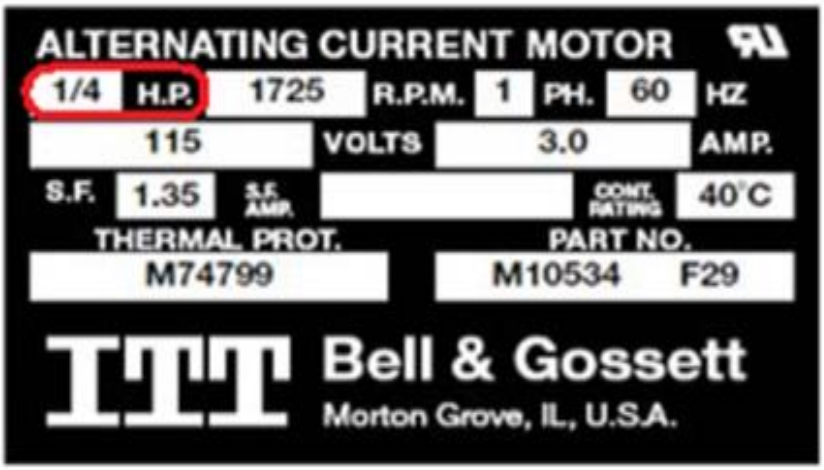
Is the current draw of the motor connected to the nameplate voltage, loaded at nameplate horsepower and running at name plate speed.

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

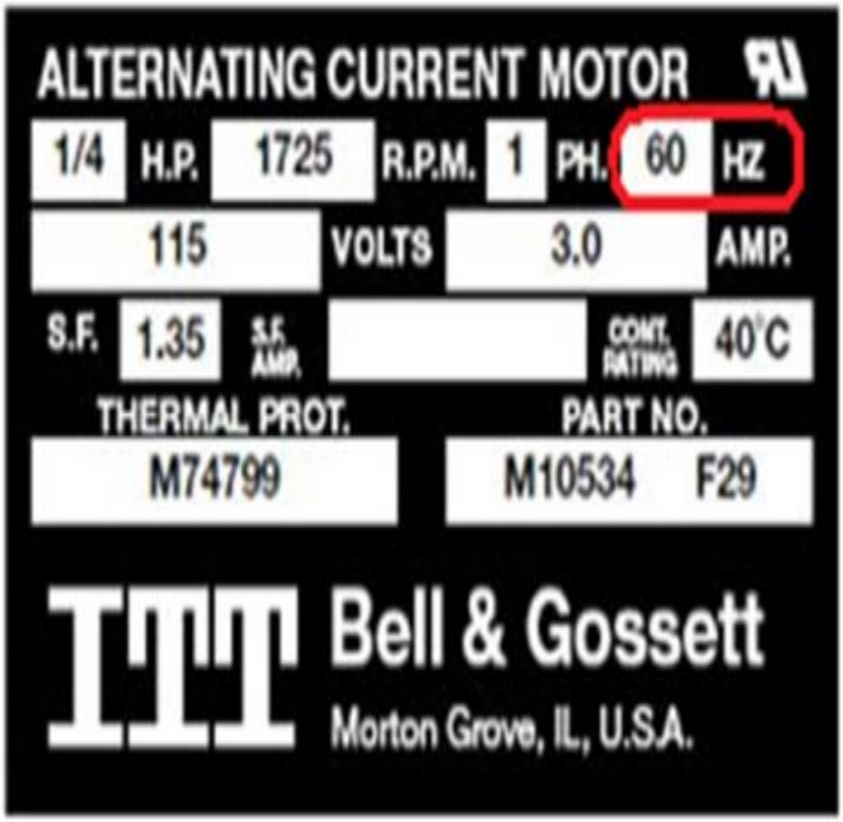
- This is the rated mechanical horsepower or full load kilowatt
- (KW) rating output of the motor is the power the motor is capable of putting out continuously ,Continuously in this context means that at the correct operating load and voltage specified, under standard ambient conditions, the motor will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

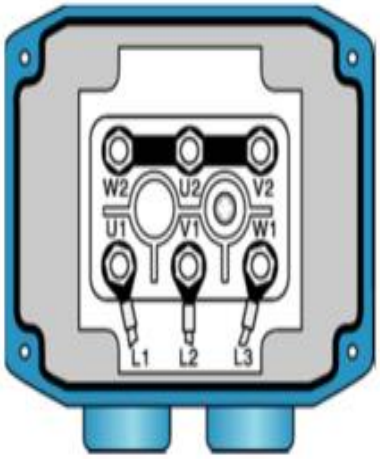
50 or 60 Hz, it necessary to nameplate a frequency ranges.

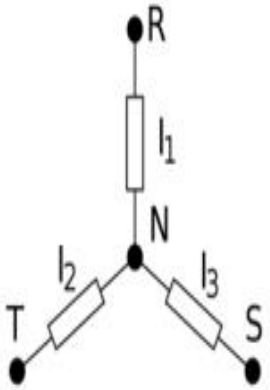
تكون 50 أو 60 هريتز و ذلك حسب النظام المعمول به بالدولة و يجب أن يتم ذكر التردد المطلوب فى لوحة البيانات .



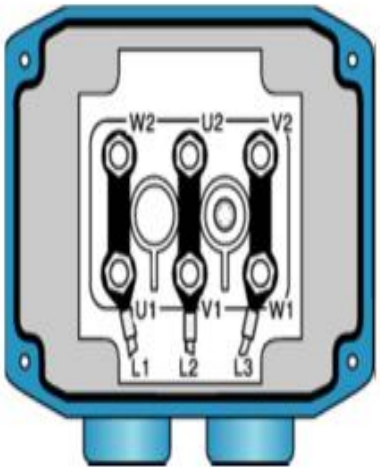
5.CONNECTION التوصيل

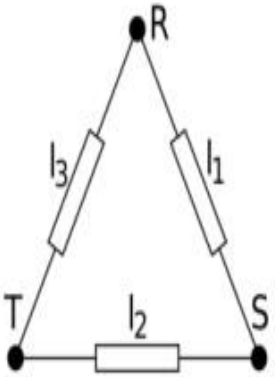
Star نجمة





or Delta. دلتا



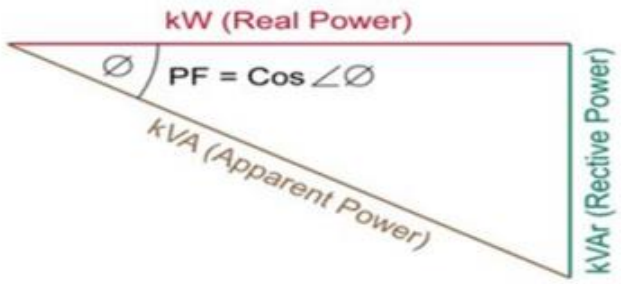


6.POWER FACTOR معامل القدرة

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

حماية ضد التصادم الميكانيكى

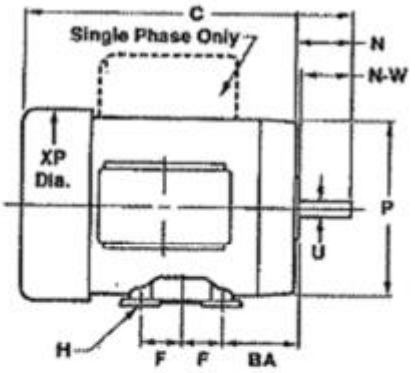
0	لاتوجد حماية
1	حماية ضد تصادم ميكانيكى 0.225j (مثلا 150 جرام تسقط من على ارتفاع 10 Cm)
2	حماية ضد تصادم ميكانيكى 0.375j(مثلا 250 جرام تسقط من على ارتفاع 10 Cm)
3	حماية ضد تصادم ميكانيكى 0.5j(مثلا 250 جرام تسقط من على ارتفاع 20 Cm)
4	حماية ضد تصادم ميكانيكى 2j(مثلا 500 جرام تسقط من على ارتفاع 20 Cm)
5	حماية ضد تصادم ميكانيكى 6j(مثلا 1.5 كيلو جرام تسقط من على ارتفاع 40 Cm)
6	حماية ضد تصادم ميكانيكى 20j(مثلا 5 كيلو جرام تسقط من على ارتفاع 40 Cm)

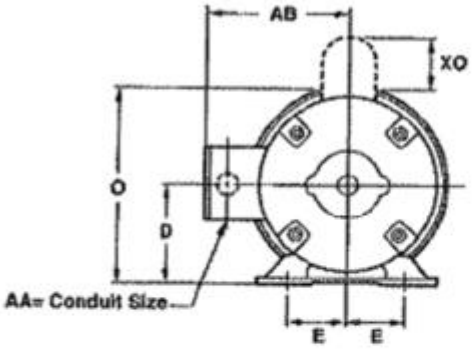
10.DUTY CYCLE

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.

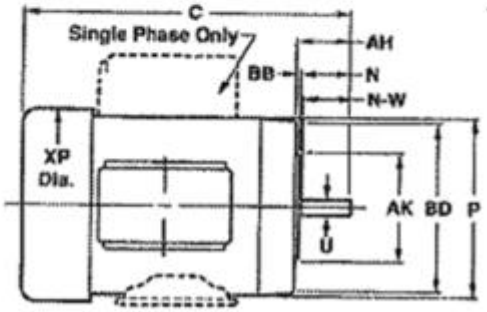
13.FRAME SIZE

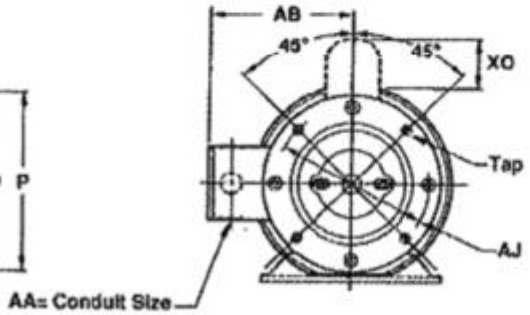
RIGID BASE





C FACE



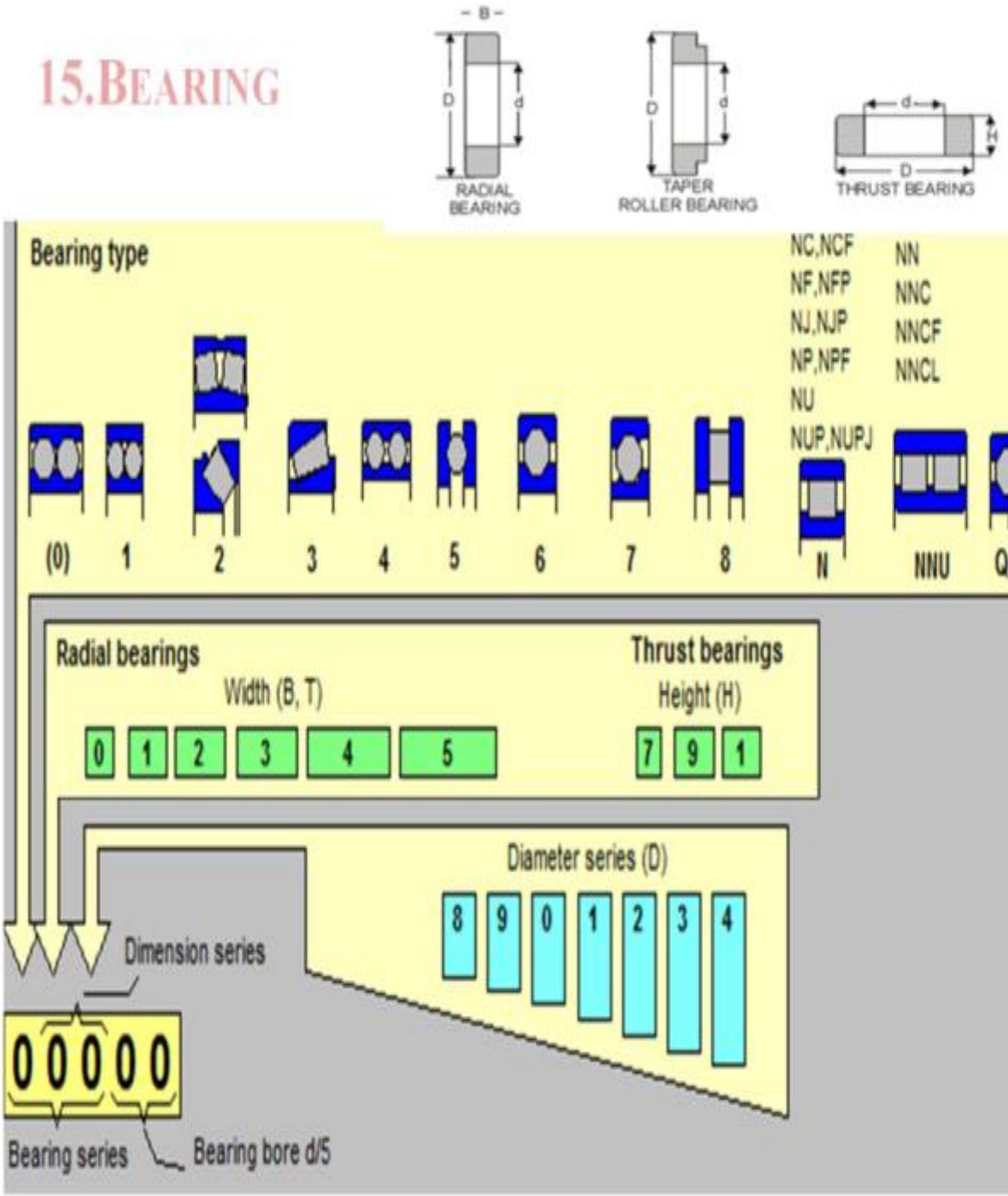


NEMA Frame Sizes	D	E	F	H	N	O	P	U	N-W	AA	AB	AH	AJ	AK	BA	BB	BD	XO	XP	TAP ***	KEY
42	2 5/8	1 3/4	27/32	9/32 Slot	1 1/4	5 1/16	4 7/8	3/8	1 1/8	3/8	4 1/2	1 5/16	3 3/4	3	2 1/16	1/8	4 7/8	1 5/8	5 1/8	7309	3/64 Flat
48	3	2 1/8	1 3/8	11/32 Slot	1 9/16	5 13/16	5 19/32	1/2	1 1/2	1/2	4 7/8	1 11/16	3 3/4	3	2 1/2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

Temperature Class (Max Surface Temp)

T1	≤450
T2	≤300
T3	≤200
T4	≤135
T5	≤100
T6	≤85

15.BEARING


- B -
D
d
RADIAL BEARING
TAPER ROLLER BEARING
H
THRUST BEARING
Bearing type
NC,NCF
NF,NFP
NJ,NJP
NP,NPF
NU
NUP,NUPJ
NN
NNC
NNCF
NNCL
(0) 1 2 3 4 5 6 7 8 N NNU QJ
Radial bearings
Width (B, T)
0 1 2 3 4 5
Thrust bearings
Height (H)
7 9 1
Diameter series (D)
8 9 0 1 2 3 4
Dimension series
0 0 0 0 0
Bearing series
Bearing bore d/5

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

الفصل الثانى : المحولات الكهربية

صيانة وفحص المحولات الكهربية

من دراسة طرق وبرامج الصيانة الخاصة بالمحولات وجد انه لابد من عمل الفحوصات والاختبارات المختلفة بالدقة المطلوبة وعند تجميع المحول وقبل تشغيله يجب ملاحظة الأمور الآتية:

- صوت المحول
- مستوى الزيت ولونه وخلوة من الشوائب
- سلامة العوازل الخارجية والتأكد من استمرارية الأرضي
- التأكد من ربط المصهرات وصحة وجودة عمل أجهزة الوقاية
- صحة ربط مخارج الملفات وتوزيعها السليم على الأوجه الثلاثة وعمل مفتاح تحويل الضغط للرفع او الخفض
- تسجيل درجة الحرارة المحول عند التشغيل وكذا بعد مرور 10 دقائق من التشغيل للتأكد من صحة عمله
- فحص الزيت للتأكد من قوة عزله كهربيا ومكوناته الكيماوية وملاحظة مستوى الزيت ولونه

أولا: الصيانة الدورية للمحولات

<u>هناك نوعان من الصيانة الدورية للمحولات</u>

الأول لا يحتاج إلى إخراج المحول من خزانه الرئيسي وفترة الصيانة مرة واحدة في السنة تقريبا. والنوع الثاني الذي تتطلب الصيانة فيه الى إخراج المحول من الخزان ويتم ذلك مرة واحدة كل 10 سنوات على وجه التقريب

وتتلخص أعمال الصيانة التي تجرى مرة واحدة في السنة على تنظيف وملاحظة الأجزاء الخارجية التالية للمحول وهي:

1. خلو عوازل مخارج التيار من أضرار الكسر أو التشقق أو التصدع وازالة الأتربة والأوساخ المتراكمة واستبدال غير الصالح منها.

2. تنظيف وضبط ملامسات مصهرات الضغط العالي واستبدال المعطوب منها.
3. انعدام رشح الزيت من مناطق اللحام والتأكد من الإحكام الجيد لها.

تسريبات الزيت Oil Leaks

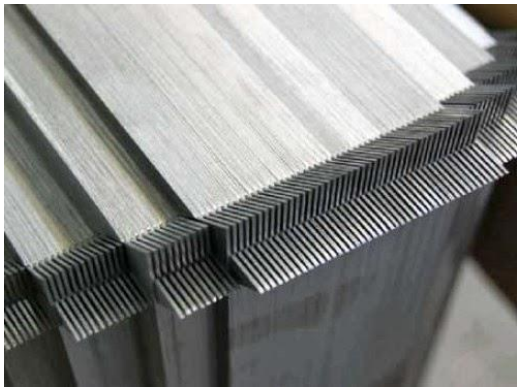
4. ملاحظة عدم ارتفاع درجة حرارة الزيت عن المعدلات المسموح بها.

مبينات درجة الحرارة المتصلة دائماً

5. التأكد من سلامة عمل مراوح التهوية ونظافة أنابيب التبريد والمشعاع (الريدياتير).
6. يجب أن تكون التهوية جيدة في المحولات العاملة داخل غرف مسقوفة.
7. يجب تسجيل الحمل بواسطة أجهزة القياس التابعة للمحول
8. التأكد من سلامة عمل أجهزة الحماية وإشارات التحذير وكذا الإنارة الخارجية
9. يجب التأكد من مطابقة مكونات المحول وأداءه للمواصفات والخصائص المذكورة في كتيب الشركة المصنعة.

أما الصيانة التي تجرى مرة واحدة كل 10 سنوات فتشمل العمال التالية:

1. إخراج جسم المحول (القلب الحديدي) من خزانه الرئيسي وإجراء الفحوصات الكهربية علي ملفات المحول للتأكد من مقدار المقاومة وقوة العزل وعدم تواجد حالات قطع كاملة أو ناقصة .



.

2. عند إخراج الملفات مت القلب الحديدي يتطلب فك الصفائح الحديدية السليكوني وتنظيفها والتأكد من سلامة عزلها ومن ثم تجميعها وربطها بإحكام.
3. إعادة ربط التأريض بإحكام والتأكد استمرارية وتنظيف الدعامة الأمامية للمحول وربطها بإحكام.
4. تجفيف الملفات وتستبدل عوازلها التالفة وتنظف من رواسب الزيت ويعاد تركيبها
5. فك مفتاح تحويل الضغط وتنظيف ملامساته
6. تنظيف نهايات الملفات واستبدال عوازلها التالفة والتأكد من متانة لحاماتها.

7. تنظيف الخزان الرئيسي من رواسب الزيت وإعادة صب جدرانه الخارجية والداخلية بورق التنظيف الخاص والتأكد من عدم تواجد لحامات رديئة والتأكد من عمل عجلات الخزان واستبدال العزل المطاطي على حافة فوهته العلوية
8. تنظيف الغطاء العلوي والخزان المساعد من الزيت والشوائب والتأكد من سلامة مبين درجة الحرارة ومستوى الزيت.
9. فحص أجهزة الوقاية وملاحظة مدى انتظام عملها واستبدال الأجزاء التالفة منها

ثانيا الفحص الخارجي للمحولات

وفيه يتم الفحص على الأجزاء الظاهرية للمحول وفق نظام معين وبعناية ودقة عالية وتشمل فحص الأجزاء الآتية:

1. **الخزان الرئيسي:** يقوم الفاحص بملاحظة وتسجيل حالة آداة الربط من الصواميل وسلامة سطح الخزان من الانبعاج تحت تأثير قوى خارجية وكذا سطح وأنابيب الإشعاع. أما اذا كان الخزان قد جري استبداله تحت ظروف معينة في هذه الحالة يجب التأكد من القياسات والأبعاد من ارتفاع وعرض وسمك الخزان وكذا عدد مواسير التبريد من أعدادها وترتيبها وأقطارها، تعطى اهمية متزايدة للتأكد من عدم تواجد شقوق او ثقوب حتى وان كانت ضئيلة وبسيطة يحتمل رشح الزيت منها إلى جانب طلاء الخزان وتناسقه كوحدة كاملة.

2. **الشعاع :** عند استبدال التالف منها بآخر جديد يجب أن يركز الاهتمام بعرفة عدد الأنابيب وقطرها والمسافة بين بعضها البعض ، خلو الرشح من مواضع الربط وكذا مواضع اللحام وسلامة عمل الصنابير.

3. **الخزان المساعد:** يقوم الفاحص بملاحظة موقع الخزان المساعد والمسافة بينه وبين الأجزاء الحاملة للتيار ، خلو الخزان من الضرر الميكانيكي الخارجي ، عدم رشح الزيت في مواضع الربط واللحام وكذا ملاحظة سلامة مبين الزيت والصنابير والشكل العام للخزان
4. **ماسورة الحماية الغازية:** ملاحظة أبعادها وزاوية ميلها وغطائها الزجاجي وكذا عدم رشح الزيت من مواضع الربط عند قاعدتها، وملاحظة جودة أدوات الربط.
5. **غطاء المحول:** ويشمل على ملاحظة الغطاء نفسه والتأكد من خلوه من الانبعاج أو أي ضرر ميكانيكي آخر وكذلك مناطق اللحام واحتمالات رشح الربط الى جانب فحص أجزاء المحول الأخرى القائمة على غطاء المحول مثل مخارج التيار للضغطين الابتدائي والثانوي خاصة سلامة العزل من التشقق أو الخدش أو التصدع وربطه وإحكامه.
6. **ربط أطراف المخارج:** التأكد من نوعية العزل المستخدم للضغط الابتدائي وكذا للضغط الثانوي وعددها وخلو الأطراف من آثار الانصهار (القوس الكهربي) أو القطع أو الحرارة العالية غير العادية وكذا وضع اللحام ونظافة العزل.
7. **مفتاح التحويل للضغط:** تفحص ميكانيكية عمل المفتاح وسهولة تمييز أوضاعه الثلاثة
8. **نظام التبريد:** إذا كان نظام التبريد يعتمد على الهواء المضغوط فتفحص محركات المراوح ويتم التأكد من سلامة عملها في ظروف الأحمال.
9. **أجهزة الحماية ومعداتها:** ونعنى بالمتمم الغازي (بوخهلز) والمصهرات والمنبه الصوتي(الإنذار) الحراري ، فيجري التأكد من سلامتها وصحة عملها في الظروف المطلوبة حيث يتم فحص كل جهاز أو معدة على حدة وكذا التأكد من سلامة عمله.
10. **مفاتيح التشغيل:** هل تشغل يدويا أو بواسطة محركات كهربية ، فعندما تفحص جيدا ويتأكد من سلامة عملها بحرية تامة وخلوها من الأضرار الميكانيكية الخارجية، تدون هذه الملاحظات في سجل الفحص الخارجي الدوري للمحول ويسجل تاريخ إجراء تلك الفحوصات وتاريخ ابتداء الفحص القادم مسبقا.

ثالثا: خصائص الزيت الجيد للمحولات

تتوقف جودة زيت المحولات على الأمور الآتية:

1. **جهد انهيار العزل للزيت:** يحدد هذا الجهد الخواص الكهربية للزيت كمادة عازلة ،اذ أن هذا الضغط الى حدود معينة يدل على ارتفاع نسبة الرطوبة والأحماض بالزيت فالضغط يجب ألا يقل عن 35 ك. فولت للزيت الجديد الذي لم يستعمل بعد للمحولات ذات الجهد من 10 الى 35

ك.ف ، ويجب الأ يقل عن 40 ك.ف للمحولات جهد 220 ك.ف ، و50 ك.ف للمحولات جهد 500 ك.ف.

2. **درجة حرارة اشتعال الأبخرة والغازات:** درجات حرارة اشتعال الأبخرة والغازات الناتجة من الزيت حيث أن انخفاض هذه الدرجات يشير الى تحلل الزيت واحتمال اشتعاله، لذا يجب أن لا تقل حرارة اشتعال الأبخرة عن 135 درجة مئوية.
3. **لزوجة الزيت :** إن زيادة هذه اللزوجة تعوق دورة التبريد وتحد من سرعته، لذا يجب ألا تتعدى درجة اللزوجة 4.2 وذلك عند 20 درجة مئوية ، ولا تتعدى درجة اللزوجة 1.8 وذلك عند 50 درجة مئوية.
4. **حمضية الزيت :** ينتج عن هذه الأحماض تلف العوازل للملفات ، وأكسدة وتآكل القضبان والصفائح الحديدية . ويجب ألا يتعدى الرقم الحمضي للزيت عن 0.05 ملليجرام [مقدار الملليجرام من ايدروكسيد البوتاسيوم التي تعادل حمضية واحد كيلوجرام من الزيت .
5. **الشوائب الميكانيكية المختلفة:** الشوائب الميكانيكية كثيرة ومختلفة ، الناتجة عن اتساخ الملفات ، ومجاري الزيت من جسيمات الكربون والشوائب الأخرى.

رابعا: مواعيد فحص الزيت ومواصفاته

تختلف مواعيد فحص الزيت من فترة لأخرى تبعا لاختلاف جهد المحولات بالطرق التالية:

1. يجرى فحص الزيت مرة واحدة كل ثلاث سنوات للمحولات والمعدات ذات الجهد 11 ك.ف.
2. بالنسبة للمحولات التي جهدها 35 ك.ف تختبر قوة العزل مرة واحدة في السنة ، ويجرى التحليل الكامل مرة كل ثلاث سنوات.
3. يجرى تحليل الزيت للمعدات مرة كل سنة لجهد اكبر من 35 ك.ف.
4. يجرى تحليل الزيت مرة كل سنة بالنسبة لمخارج حاملة التيار المملوءة بالزيت.
5. يجرى تحليل الزيت عقب كل عمرة للمحولات والمعدات الأخرى.

أما الحدود التالية للجهد الكهربي الذي يجب أن يتحمله الزيت قبل انهياره فتعتبر حدود صغرى يجب المحافظة عليها بحيث بدونها يعتبر الزيت غير صالح للاستخدام:

- يجب ألا يقل جهد الانهيار عن 20 ك.ف للمحولات ذات الجهد حتى 11 ك.ف.
- يجب ألا يقل جهد الانهيار عن 25 ك.ف للمحولات ذات الجهد حتى 35 ك.ف.
- يجب ألا يقل جهد الانهيار عن 35 ك.ف للمحولات ذات الجهد حتى 220 ك.ف.
- يجب ألا يقل جهد الانهيار عن 45 ك.ف للمحولات ذات الجهد حتى 500 ك.ف.

خامسا : طريقة إجراء الفحص الكهربي للزيت

1. اختبار عزل زيت المحولات:

اختبار عزل الزيت

- الغرض من الاختبار:

قياس جهد الانهيار الكهربي (B.D.V) لزيت المحولات.

- الأجهزة المستخدمة:

جهاز اختبار عزل الزيت (Oil Tester).

- الاحتياطات الواجب مراعاتها قبل عمل الاختبار:

أ. التأكد من أن جهد تشغيل الجهاز 220 فولت (إذا كان الجهاز يعمل على المصدر مباشرة بدون شحن).

ب. التأكد من توصيل ارضي الجهاز جيداً.

ت. قراءة تعليمات الجهاز جيداً.

ث. يجب أن يكون مستوى الزيت أعلى من الأقطاب بمسافة 40 مم.

- خطوات الاختبار: -

1. تنظيف " بوتقة " اختبار الزيت بقطعة قماش جافة قبل اخذ عينة الزيت.
2. تغسل " البوتقة " بالزيت المراد اختباره مرتين.
3. تؤخذ العينة بعد تسريب الزيت من المحبس بحوالي 3 لتر.
4. يصب الزيت في " البوتقة " بحذر وببطء تفادياً لتكوين فقاعات هوائية.
5. تترك العينة مغطاة في الجهاز لمدة عشرة دقائق قبل بدء الاختبار.
6. يتم التأكد من ضبط ثغرة الجهاز على 2.5 مم.
7. يتم عمل الاختبار على عينة الزيت بزيادة الجهد بالتدريج بمعدل 2 ك. ف / ثانية حتى ينهار عزل الزيت.

8. يتم عمل الاختبار على عينة الزيت ستة مرات متتالية بين كل مرة والأخرى خمس دقائق يتم خلالها تقليب عينة الزيت.
9. تسجيل قراءات جهد الانهيار الكهربي (B.D.V).
10. جهد الانهيار الكهربي للزيت هو عبارة عن متوسط القراءات الخمسة الأخيرة بعد إهمال القراءة الأولى.

- **أقل قيم مسموح بها بجهد الانهيار الكهربي لزيت المحولات**

جهد التشغيل	جهد الانهيار الكهربي (B.D.V)	
	زيت جديد	زيت مستعمل
اكثر من 35 ك. ف	40 ك. ف	35 ك. ف
من 6 – 35 ك. ف	30 ك. ف	25 ك. ف

- **ملحوظة:**

يجب أن تكون الثغرة بين قطبي جهاز الاختبار (2.5 مم).

الفصل الثالث : مقدمة عن المولدات

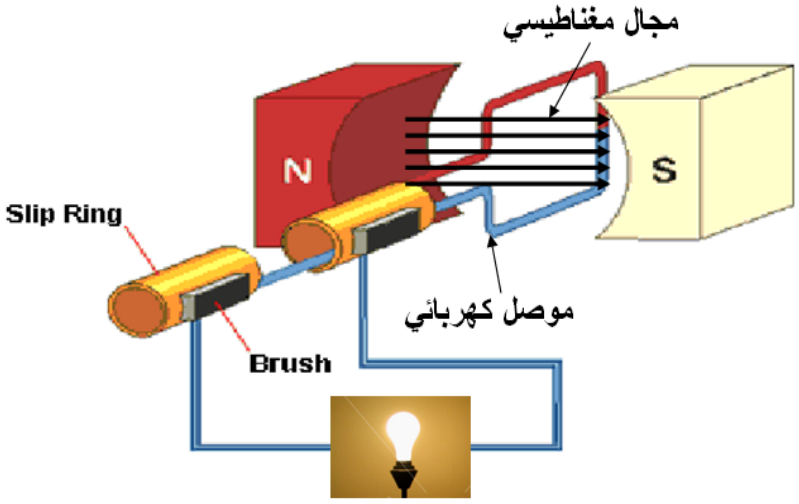
تعريف المولدات

المولد الكهربائى هو الآلة التى تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربية وذالك عن طريق دوران موصل فى مجال مغناطيسى فيقطع المجال الموصل وينتج عن ذالك تولد قوة دافعة كهربية داخل هذا الموصل.

ولكى تتم عملية التوليد يلزم وجود-:

- مجال مغناطيسى.
- ملف تتولد فيه القوة الدافعة - عنصر الاستنتاج.
- حركة سواء للملف أو للمجال.

شروط توليد التيار الكهربائي



- موصل كهربائي
(نحاس ، فضة ، ذهب ، حديد .....معادن أخرى)
- مجال مغناطيسي (ينتج من مغناطيس دائم مثلا)
- حركة ميكانيكية (تدوير باليد ، بالبخار ، بمساقط المياه ، بالرياح ..... الخ)

ـ تصنيف المولدات

تنقسم المولدات من حيث التصنيف العام الى عدة تقسيمات-:

من ناحية القدرة:

- مولدات ذات قدرات عالية.
- مولدات ذات قدرات متوسطة.
- مولدات ذات قدرات منخفضة.

من ناحية الجهود:

- مولدات ذات خرج جهد منخفض 380 / 220 /110) فولت.
- مولدات ذات خرج جهد متوسط 11000 / 3300) فولت.

من ناحية التشغيل - أدارة المولد:

- مولدات تعمل بوحدة ديزل.
- مولدات تعمل بطقة الرياح.
- مولدات تعمل بالغاز الطبيعى.
- مولدات تعمل بالبخار.

- مولدات تعمل بظام الوحدة المركبة.
- مولدات تعمل بنظام المد والجزر.

من ناحية سرعة الدوران

- المولدات المتزامنة
- المولدات الغير متزامنة

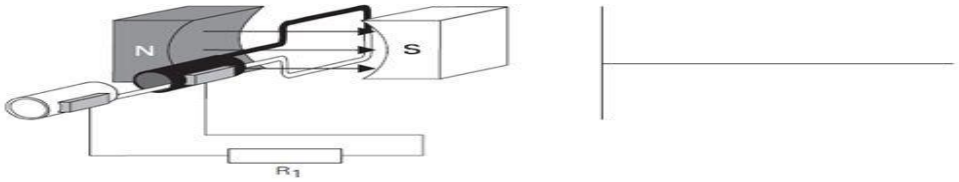
نظرية العمل

اولا:نظرية المولد الكهربائى احادى الاوجه

1. يدور العضو الدوار خلال المجال المغناطيسي .

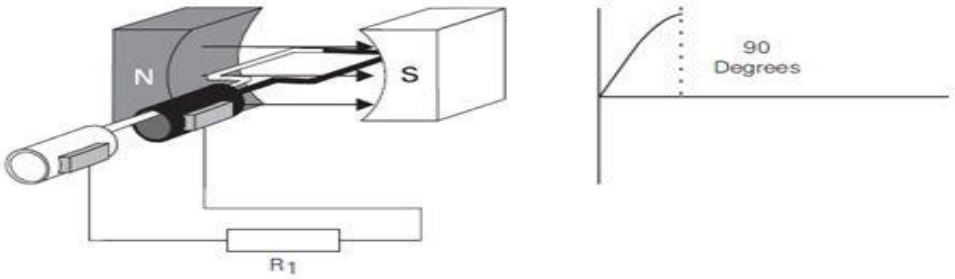
فى الوضع الابتدائي عند صفر درجة تكون موصلات العضو الدوار موازية للمجال المغناطيسي ولا تقطع أي خط من خطوط الفيض المغناطيسي

فى هذا الوضع لا يتولد جهد .



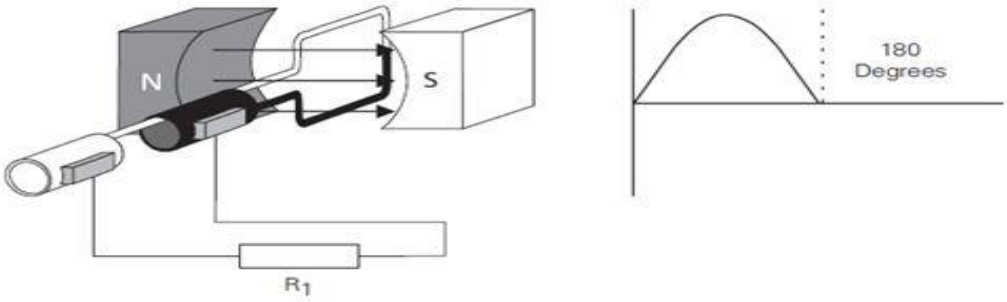
2. - يدور العضو الدوار من صفر إلى 90 درجة .

الموصلات تقطع خطوط فيض أكثر فأكثر ويزداد بناء الجهد المتولد حتى يصل إلى أقصى قيمة فى الاتجاه الموجب .



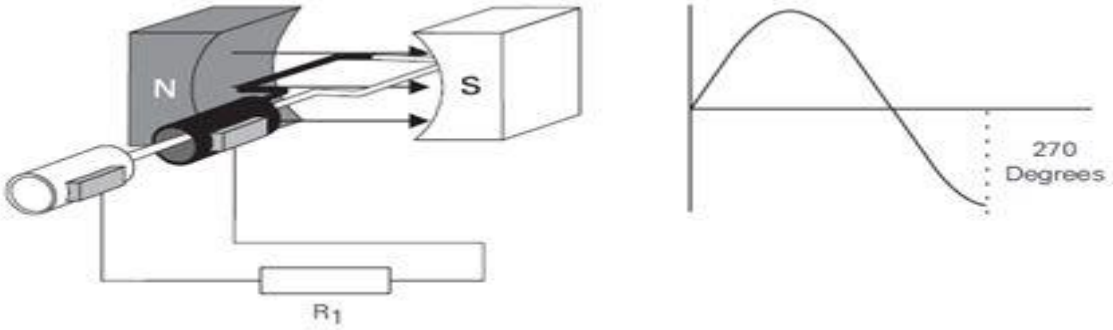
3. - عمل مولد من 90 إلى 180 درجة :

يستمر العضو الدوار فى الدوران من 90 إلى 180 درجة والموصلات تقطع خطوط فيض أقل فأقل ويقل الجهد المتولد من القيمة القصوى الموجبة إلى الصفر .



4. - عمل المولد من 180 إلى 270 درجة :

يستمر العضو الدوار فى الدوران من 180 إلى 270 درجة والموصلات تقطع خطوط فيض أكثر فأكثر لكن فى الاتجاه المضاد ويزداد بناء الجهد المتولد حتى يصل إلى أقصى قيمة فى الاتجاه السالب عند 270 درجة .



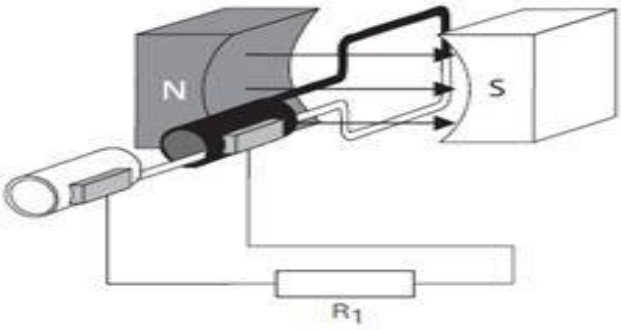
5- عمل المولد من 270 إلى 360 درجة :

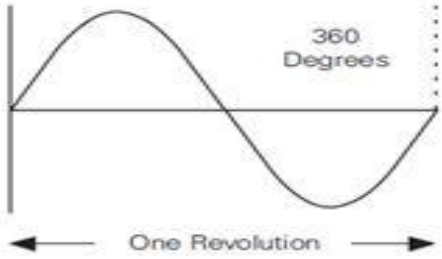
يستمر العضو الدوار فى الدوران من 270 إلى 360 درجة.من 270 إلى 360 درجة يقل الجهد المتولد من أقصى قيمة سالبة إلى الصفر .

وبهذا تتم دورة .

يستمر العضو الدوار فى الدوران بسرعة ثابتة .

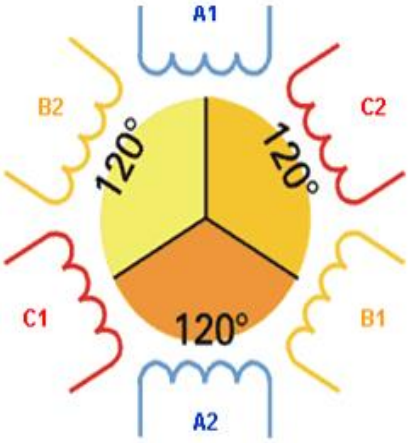
يستمر تكرار الدورات طالما أن العضو الدوار يدور .

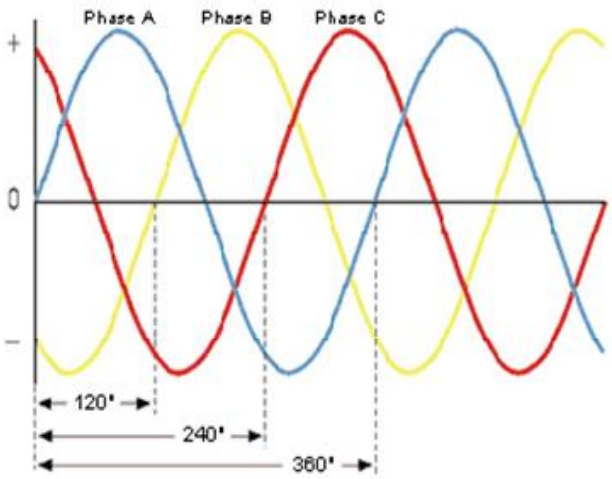




ثانيا :المولدات الكهربائية ثلاثى الاطوار

يتولد ثلاث موجات جيبيه من هذا المولد عن طريق ثلاث ملفات منفصله عن بعضها يتم توزيعها داخل العضو الثابت بحيث تكون الدرجة الكهربائية بين الملف والذى يليه 120درجة كهربائية ويخرج من هذا الملف سته اطراف توصل بطريقه النجمه او استار





مكونات وحدات التوليد

يتكون نظام التوليد من عناصر رئيسية وأخرى مساعدة وأهم عناصرة الرئسية هى:

1- ماكينات الديزل.

2- مولد تزامنى ثلاثة أوجه بدون فرش مع نظام الاثارة.

المـولــد الرئـيســى

ويتكون المولد من-:

1- العضو الثابت 2- العضو الدوار

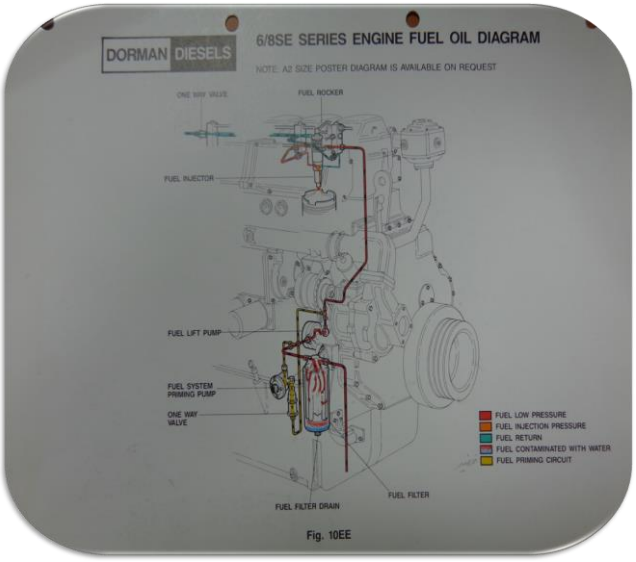
شكل رقم (2) مولد ديزل

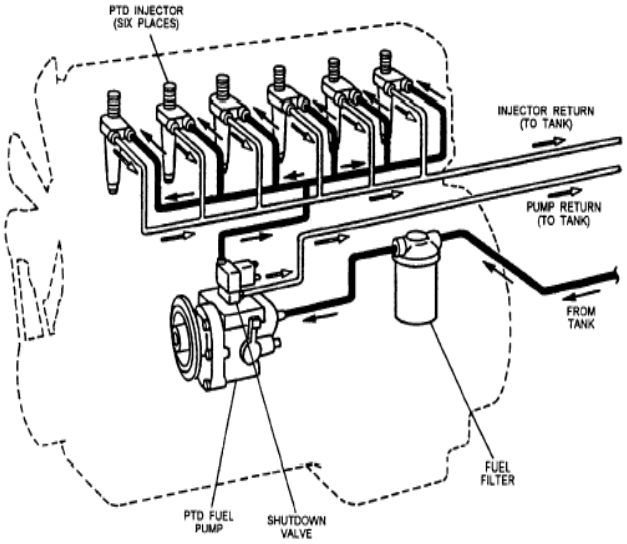
اولا : دورة الوقود Fuel System

الوقود هو العامل الأساسى فى تشغيل محركات الديزل لأنه المصدر الرئيسى لتدفق الطاقة فى غرفة الإحتراق ومنها يتم دوران عمود الكرنك الذى بدوره يدور مجموعة ملفات كهربية لتنتج فى النهاية من الطاقة الحرارية طاقة حركية وتنطلق بعدها الطاقة الكهربية التى يمكن نقلها وإستغلالها فى أوجه عديدة ,وعلى الرغم من أهمية دور الوقود (السولار) فى المحرك إلا أن دائرة الوقود تعتبر من ابسط الدوائر فى محرك الديزل ولكنها أغلى قطع فى المحرك لأنها تصنع من خامات خاصة جدا .

تنقسم انواع ماكينات الديزل من حيث نوع حقن الوقود

اولا : ماكينات ديزل ذات حقن ميكانيكى (عادى)





* **وتتكون دائرة الوقود من الآتى:**

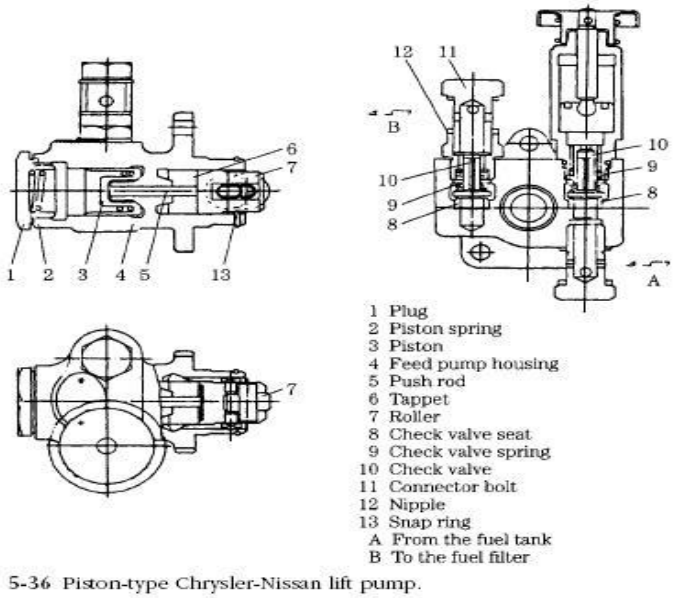
1- تانك الوقود (السولار) Fuel Tank

ويجب أن يصمم الخزان اليومى بحيث يم
سحب كمية المياه التى تتراكم أسفل الس
أسفل منسوب من هذا التانك.
ومن أخطر المشاكل فى دائرة الوقود و
السولار ولذلك يجب التخلص من
المياه المتراكمة أول بأول ولذلك يوض
الإبتدائية عند أول الخط يسمى
بفاصل المياه (Water Separator) يتم التخلص من المياه
من خلاله يوميا بواسطة محبس أسفله

2- الكاركة Manual Pump

فى حالة توقف المحرك فترة زمنية طويلة يتم سحب السولار من التانك بواسطة الكاركة (طلمبة يدوية) وضغطه فى خطوط دائرة الوقود ويطلق على هذه العملية تحضير السولار يدويا وبهذه الطريقة يتم التخلص من الهواء المتواجد فى دائرة الوقود الذى يتسبب فى عدم إمكانية تشغيل المحرك.

3- طلمبة الضغط المبدئى



5-36 Piston-type Chrysler-Nissan lift pump.

وهذه الطلمبة تعمل عندما يبدأ المحرك فى الدوران ويتم إلغاء العمل بالكاركة تماما

وهى المسئولة عن رفع الضغط الإبتدائى فى دائرة الوقود بحيث يستطيع ان يتدفق

داخل فلاتر السولار حتى يصل إلى طلمبة الحقن وهناك نوعان من الطلمبات يستخدمان

فى هذه المهمة.

الأولى طلمبة بستميةPiston Pump

والثانية طلمبة ترسيةGear Pump

ويتم التحكم فى الضغط داخل دائرة الوقود بوجود بلف على الخط الراجع

للتانك

ويختلف التصميم حسب الضغط
المطلوب فى الدائرة وهذا يتوقف على نوع
الحقن

فى دائرة الوقود.

4- مجموعة فلاتر السولار Fuel Filter

تعتبر من الأجزاء الهامة جداً فى دائرة الوقود حيث أن
قيمة الفلاتر تقدر بمدى مساميتها

وقدرتها على عدم التأثير على ضغط السولار فى
الدائرة بصورة كبيرة حيث درجة

المسامية للفلاتر ذات الجودة العالية تصل لحوالى من
15-12 ميكرون وتصنع هذه الفلاتر

من ألياف نباتية وتقوم الفلاتر بحجز الشوائب
والعوالق التى تتواجد فى السولار وعدم

السماح لها بالمرور وذلك لحماية الأجزاء الحساسة

(الكباسات والرشاشات) ,وهناك

نوعان من فلاتر السولار الأول يتم تغييره كوحدة
مجمعة الحشو بالجسم الخارجى والثانى

عبارة عن حشو داخلى يتغير ويبقى جسم الفلتر مكانه

.طلمبة حقن السولار Fuel Injection Pump

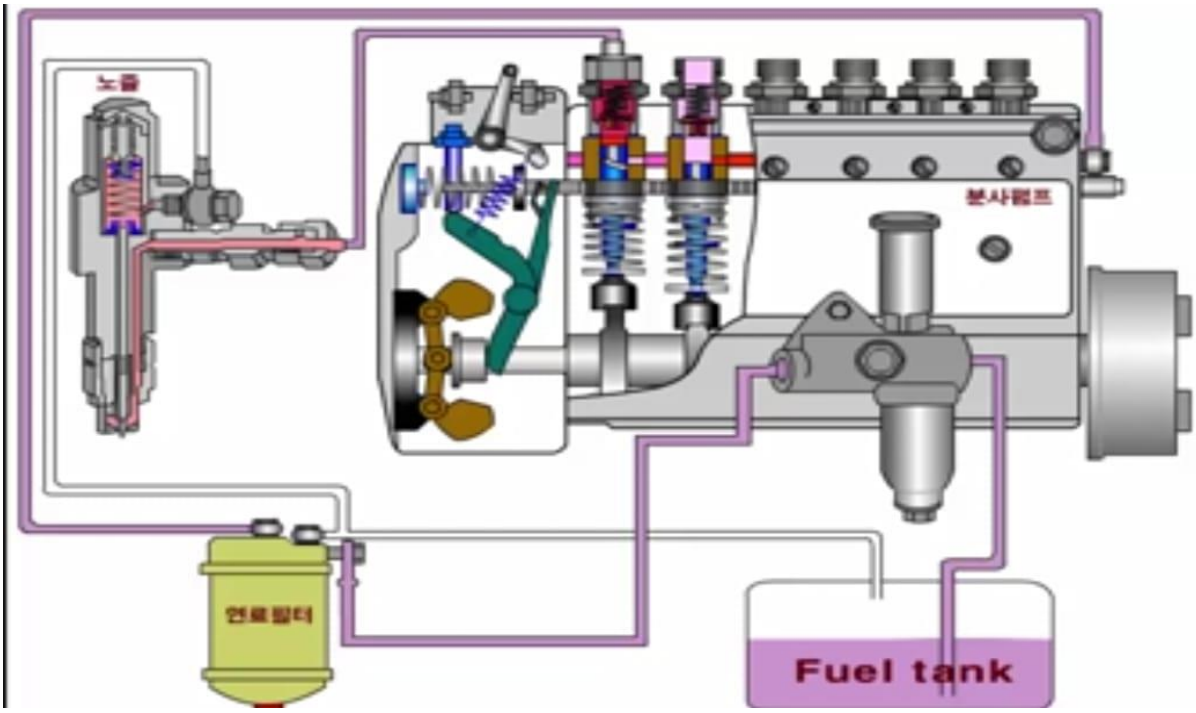
يتدفق السولار بعد خروجه من الفلاتر إلى طلمبة حقن الوقود والتى تختص برفع ضغط الوقود لدرجة عالية تصل إلى حوالى 250 بار (Piston Pump) والذى بدوره يتدفق إلى الرشاشات التى بها تركيبه مجمعه لرفع ضغط السولار ومنه الى الفتحات التى منها يصب على وش البستم فى شوط الحريق حسب الوقت والزاوية المعدة له وإرتفاع ضغط السولار وتغلبه على المقاومة المتواجدة فى الفتحة يجعله يتحول إلى رذاذ يسهل إشتعاله مع إرتفاع درجة حرارة الهواء الموجود حتى يتم حدوث حريق فعال لكل جزيئات الوقود ,وتعمل طلمبة الحقن بإتصالها من مجموعة وش التقسيمة وبداخلها عمود كامات مخصص لكل بستم كامة من داخل الطلمبة.

وفى بعض المحركات تكون طلمبة الحقن والرشاش قطعة واحدة تتمثل فى رشاشات بداخله كباس يأخذ حركته مباشرة من تاكيه مثل تاكيهات الصبابات داخل كل عين وهذا التاكيه يتحرك بموجب كامة خاصة مع عمود الكباسات الخاص بالتاكيهات (صبابات الهواء والعادم).

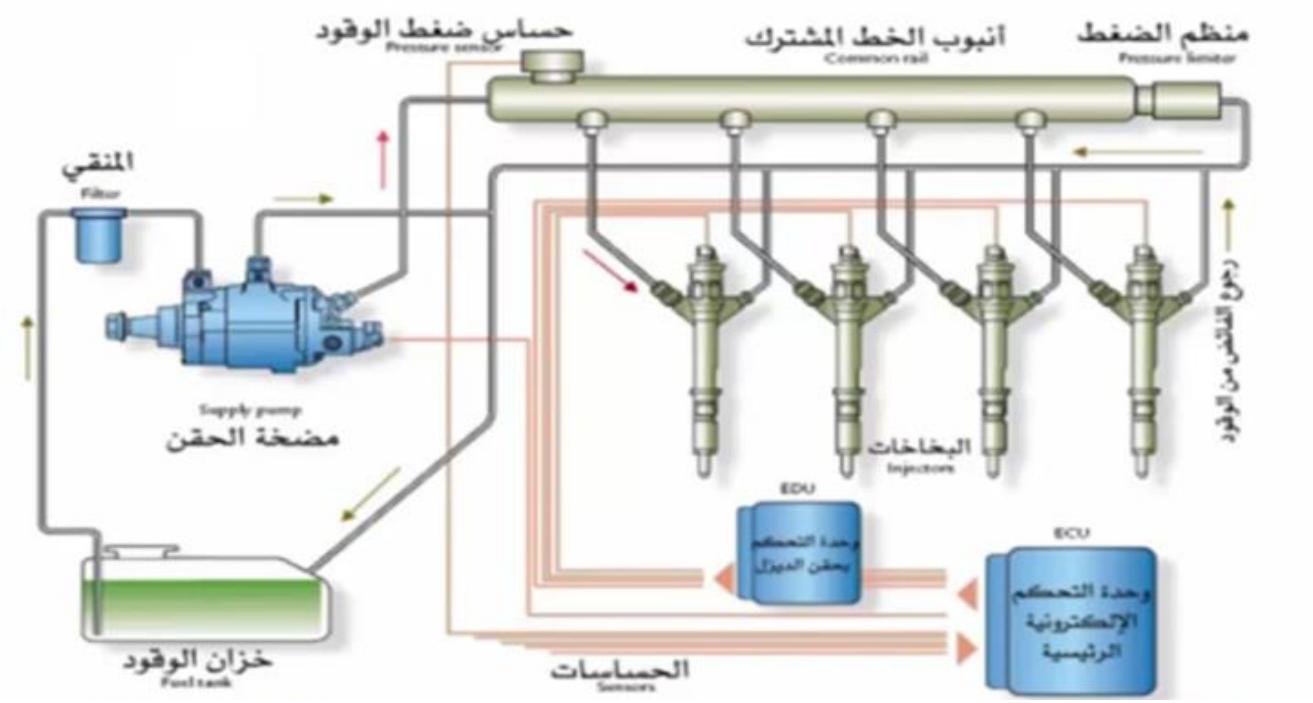
ويتم ضخ السولار إلى طلمبة الحقن سواء كان حقن مباشر أو غير مباشر بكمية من السولار أكثر مما نحتاج فى الحقن وتعمل هذه الكمية الزائدة على تبريد الكباسات داخل طلمبة الحقن.

هناك فرق فى الضغط الذى يصل إلى عملية الحقن المباشر وعملية الحقن الغير مباشر:

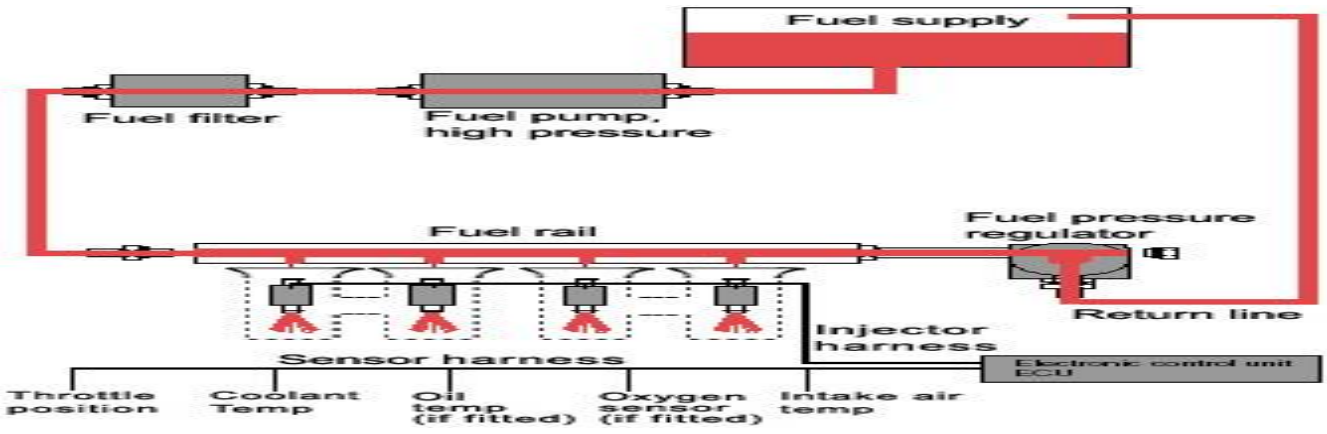
- فى عملية الحقن المباشر يصل الضغط إلى 120 PSI.
- فى عملية الحقن الغير مباشر يصل الضغط إلى 40 PSI.
-



ثانيا : ماكينات ديزل ذات حقن اليكترونى Diesel Engine Electronic Injection



تتشابة دورة الوقود لماكينات الديزل ذات الحقن الاليكترونى بالنسبة للمكونات الاساسية من (تانك الوقود , الفلاتر) مع ماكينات الديزل ذات الحقن العادى او الميكانيكى ولكن الاختلاف الاساسى يتمركز فى اختلاف منظومة الحقن من مضخة الحقن حيث تحتوى على خط سحب وطرد واحد مع توزيع الوقود على الرشاشات خلال انبوبة خط مشترك ويتم التحكم فى تقسيمة الرشاشات او تشغيل الرشاشات بواسطة اشارة كهربية منظمة من خلال وحدة تحكم اليكترونية تسمى ECM والتى بدورها تقوم بترتيب توزريع الحقن للماكينة طبقا لمعايير تحكم من خلال حساسات متعددة من (حساس ضغط , حساس بالعادم والهواء.....) وهناك بعض الماكينات يحتوى على طريقة اتصال بين كارته ECM وكارته التحكم فى تشغيل الماكينه .



ثانيا : دورة الزيت Oil Lubrication System

يقوم الزيت بالمحرك بعدة وظائف هامة وهى كالاتى:

- محاولة منع الاحتكاك بين الاجزاء المتحركه قدر المستطاع
- تبريد الاجزاء التى لا يمكن أن تقوم المياه بتبريدها مثل البساتم
- يجعل الحريق متعادل لانه يحتوى على T.B.N.
- يقوم بتنظيف المحرك من أثار الوقود من على الشمايز

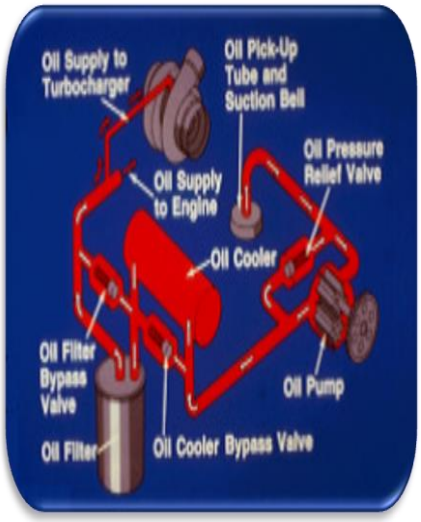
لذلك يعتبر الزيت من المكونات الاساسية لقيام المحرك بوظيفته لان سريانه فى المحرك كسريان الدم فى جسم الانسان

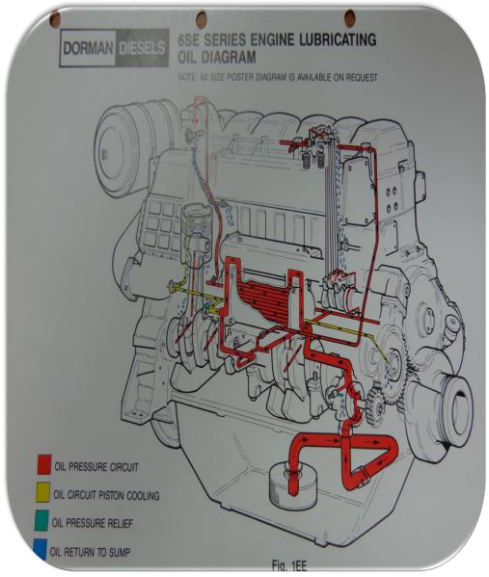
تبدأ دورة الزيت من الكارتيره حيث يتجمع الزيت بداخله من كل انحاء المحرك فالزيت لا يتوقف فى مكان طالما المحرك يعمل فهو فى حالة حركة مستمرة مع حركة المحرك مدفوعاً من طلمبة الزيت لاستمرار تدفقه فى جميع أجزاء المحرك.

وتتكون دورة الزيت فى المحرك من الاجزاء الاتية:

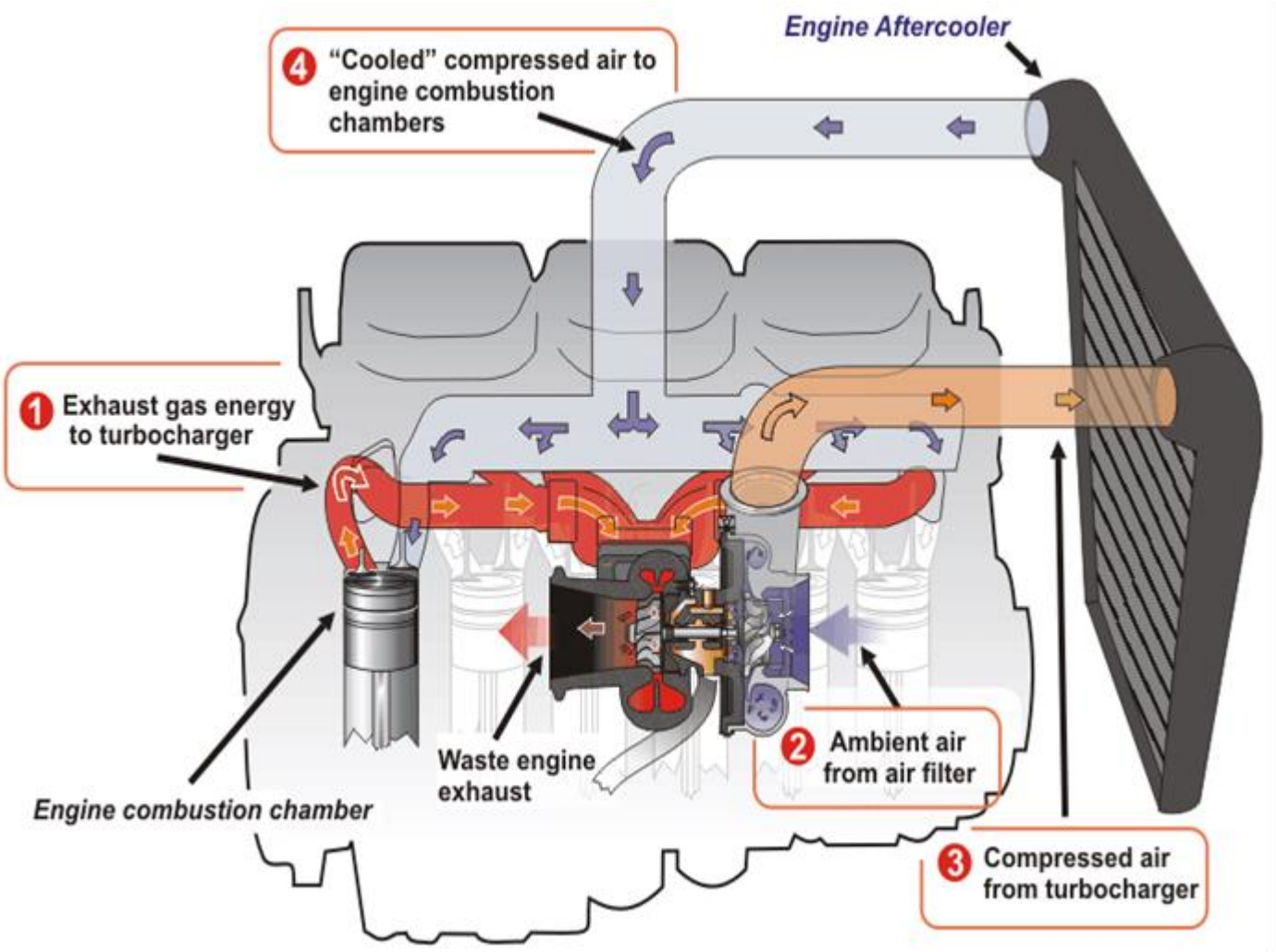
طلمبة الزيت Oil Pump.

مبرد الزيت Oil Cooler





دورة التبريد (المياة) Cooling System



دورة التبريد فى محرك الديزل هى المسئوله عن تبريد الزيت و المحرك بصورة كامله و تتكون الدائرة من :

- سائل التبريد (coolant)

تم تصميم محركات الديزل لكى تعمل فى درجات حراره مرتفعه (75-85) و ذلك للحصول على اعلى كفاءه للاداء للمحرك

- طلمبة المياه (water pump)

عباره عن طلمبه طارده مركزيه عاديه جدا تاخذ حركتها اما مباشرة من تحرك بوش التقسيمه من عمود الكرنك او عن طريق سير و طمبوره على عمود الكرنك و تضغط على المياه لحوالى 1 بار

يتم سحب المياه عن طريق ماخذين الاول من اسفل الرديياتير بعد الانتهاء من تبريده و الاخر من ماسورة القادمه من الترموستات فى حاله المحرك لا يزال باردا و تدفع المياه الى داخل مبرد الزيت و مبرد الهواء

Cooler-مبرد الزيت

هو الجزء فى دائرة التبريد بامتصاص الحراره فيه من الزيت و يتم التبادل الحرارى بين الزيت و سائل التبريد عن طريق مواسير يسير سائل التبريد داخلها و يتحرك الزيت من خارجها و يتم التبادل على سطح المواسير الداخلى و الخارجى

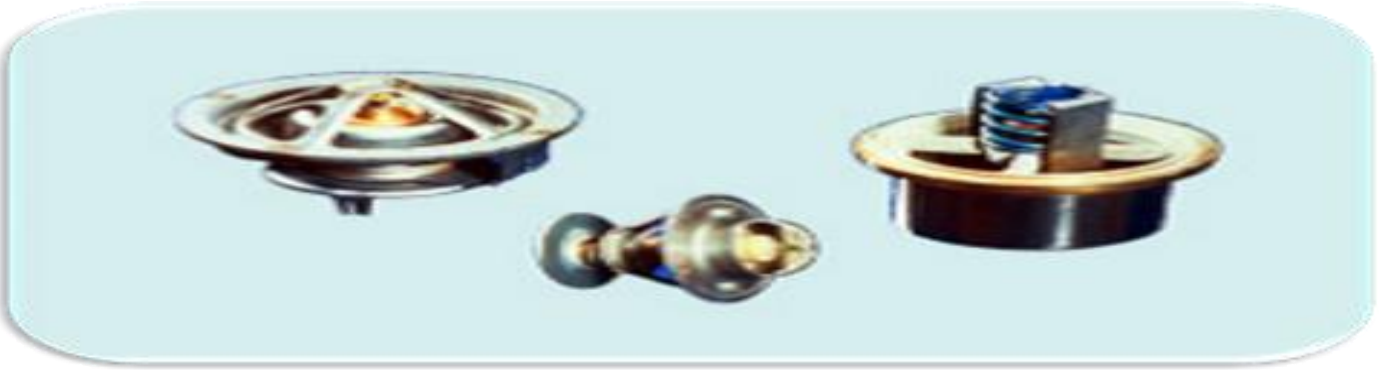
- **After cooler-مبرد الهواء**

- يتم تدفق سائل التبريد اما على التوالى مع مسار المياه او على التوازى معه حسب تصميم المحرك الى مبرد الهواء حيث ترتفع درجه حراره الهواء المضغوط عن طريق التربوتشارجر و بالتالى تقل كثافته و يقل فيه كميه الاكسجين اللازم للحريق فيتم تبريد الهواء قبل دخوله لغرفة الحريق لزيادة كثافته وزيادة كمية الاكسجين به و بذلك تزداد قدرة المحرك حوالى 10-7 %

و مبرد الهواء من الداخل عبارة عن سربنتينه مثل الراديياتير يتحرك الهواء من خارجها و يتحرك سائل التبريد من داخلها حيث يتم التبادل الحرارى عنheat exchauger طريق تلك السربنتينه

الترموستات

الترموستات هى الجزء المنظم لدرجه حراره سائل التبريد فى الدائره و المحافظه على ثباتها عند 82-85 درجه مئويه فى كل ظروف التشغيل حيث تقوم باغلاق الطريق لتدفق سائل التبريد الى الرديياتير فى حاله انخفاض درجه الحراره و تفتح له الطريق فى حاله ارتفاع درجه الحراره و يتم ذلك تدريجيا بحيث تثبت درجه حراره المحرك و فى حاله الارتفاع فى درجة الحراره تزداد كميه المياه المتجهه للرديياتير و العكس فى حالة انخفاض درجة الحراره تقل كميه المياه المتجهه للرديياتير .



-Radiatorالرديياتير

هذا الجزء وظيفته التخلص من الحرارة التى اكتسبها سائل التبريد اثناء دورته فى دائرة التبريد

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

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

المراجع

- تم إعداد الإصدار الأول بمشاركة المشروع الألماني GIZ
- و مشاركة السادة :-

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

- **تم التحديث V2**

بمشاركة السادة :-

- **مهندس/ خالد سيد أحمد — شركة مياه القاهرة**
- **مهندس / ريمون لطفى زاخر — شركة صرف صحي القاهرة**
- **مهندس/ علاء عبد المهيمن الشال — شركة مياه وصرف صحي الغربية**
- **مهندس/ محمد عطية يوسف — شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**
- **مهندس/ محمد محمد الشبراوى — شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**
- **مهندس/ محمد صالح فتحى — شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**
- **مهندس/ هانى رمضان فتوح — شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**
- **مهندس/ عادل عزت عبد الجيد — شركة مياه وصرف صحي بنى سويف**

❖ **تمت أعمال التنسيق بواسطة كل من :**

- **الأستاذ/ علاء محمد المنشاوي — الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**
- **المهندسة / بسمة فوزى — الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**
- **الأستاذ / سيد محمود سيد — الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**