الباب الأول

المحركات الحثية

الفصل الأول

المحرك الحثي الثلاثي الأوجه

3 Phase Induction Motor

محركات 3 **فاز** Three Phase AC Induction Motors

يتكون المحرك من الآتي:

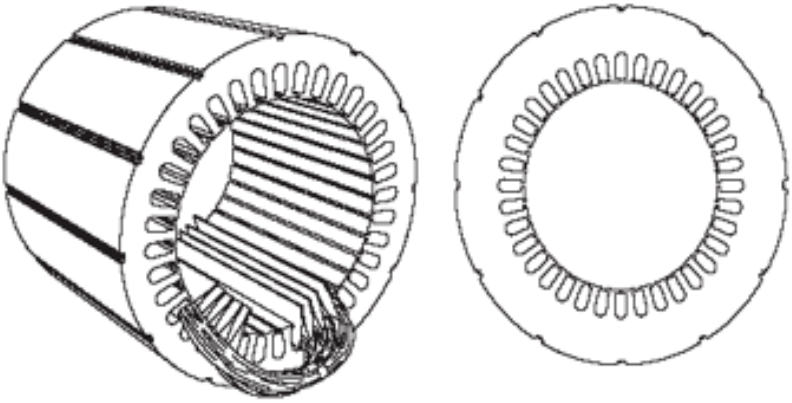
1- **العضو الثابت** Stator:

العضو الثابت يتكون من شرائح رقيقة جدا من الصلب معزولة بعضها عن البعض الآخر وذلك لتقليل التيارات الدوامية Eddy Current ، فلو تم صنع العضو الثابت من جزء واحد من المعدن فإن مساحته ستكون كبيرة وبتطبيق قانون حساب المقاومة

$$R = \rho L / A$$

نجد أن المقاومة تكون صغيرة، وبالتالي يكون التيار عاليا جدا، فيتم فقد جزء من الطاقة عن طريق الحرارة، ويتم ضغط هذه الشرائح معا داخل الجسم الخارجي للمحرك Enclusre، ويجب العلم بأن قدرة المحرك تعتمد على مساحة الشرائح وليس الجسم الخارجي، فقد تم صناعة أنواع من السبائك تعمل على مرور فيض مغناطيسي أكبر في مساحة أقل لذلك ستجد أن المحركات حديثة الصنع أصغر في الحجم من المحركات ذات نفس القدرة القديمة الصنع.

والشكل التالي يبين شكل الشريحة الواحدة والشرائح بعد تجميعها معا.



شكل (1) شرائح العضو الثابت

والفتحات التي بداخل الشرائح عندما تتجمع معا تكون مجاري بطول العضو الثابت تسمى Slots يتم وضع الملفات بداخلها بطريقة معينة بحيث تتولد مغناطيسيات كهربية لكل ملف (قطب شمالي وآخر جنوبي) ، وكل قطبين يطلق عليهما زوج من الأقطاب، وسرعة المجال المغناطيسي المتولد تعتمد على تردد المصدر وعلى عدد أزواج الأقطاب.

سرعة المجال المغناطيسي في الدقيقة = التردد x 60 / عدد أزواج الأقطاب

$$N = 60\,F / P \quad \text{or} \quad F = PN / 60$$

حيث:

N = سرعة المجال الدوار (لفة في الدقيقة)

F = تردد المصدر(ذبذبة في الثانية أو هيرتز)

P = عدد أزواج الأقطاب

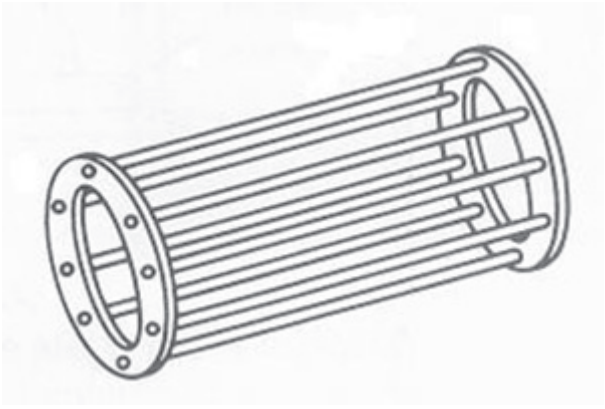
والجدول التالي يوضح سرعة المجال وسرعة العضو الدوار عند أعداد مختلفة من أزواج الأقطاب:

عدد أزوج الأقطاب	التردد	سرعة المجال	سرعة العضو الدوار
1	50	3000	2900
2	50	1500	1420
3	50	1000	910
4	50	750	680
5	50	600	520

2- **العضو الدوار** Rotor:

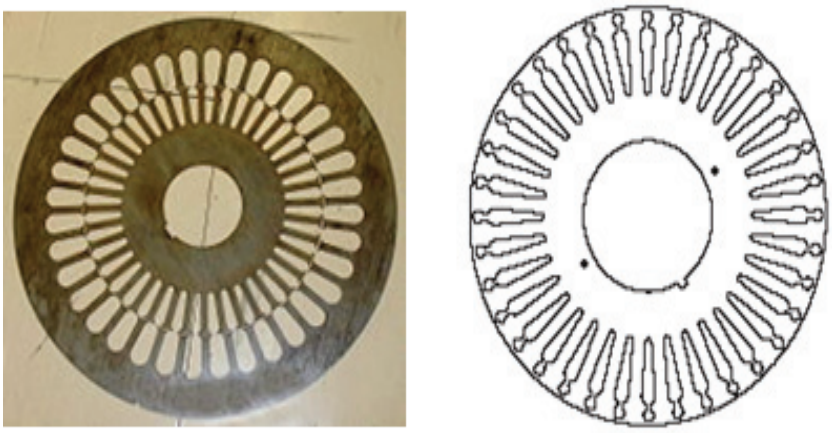
يتكون العضو الدوار من جزئين:

1- قضبان من الألومنيوم (في المحركات الصغيرة) أو قضبان من النحاس (في المحركات الكبيرة) ويتم قصر هذه القضبان معا عن طريق حلقات من الألومنيوم أو من النحاس ويصبح شكلها كالتالي:



شكل(2) قضبان العضو الدوار وهي مقصورة

2- رقائق من الصلب بها مجاري يتم وضع القضبان بداخلها.



شكل (3) شريحة العضو الدوار

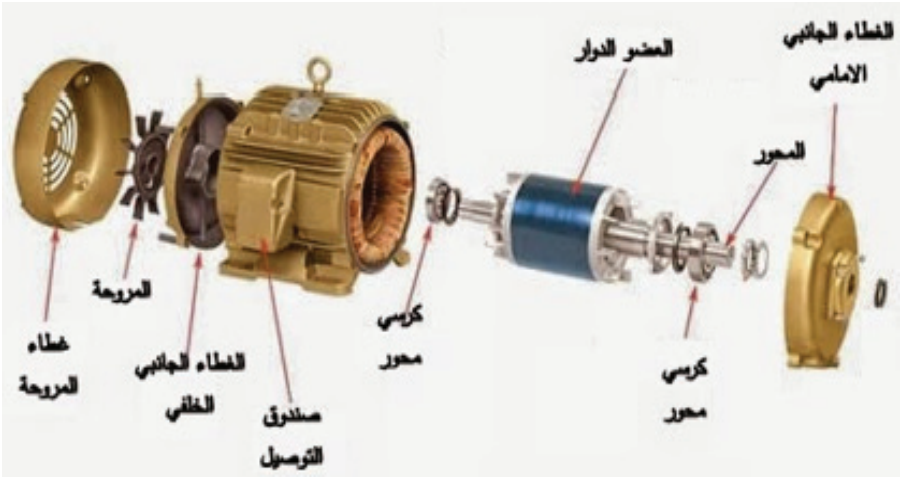
وبعد تركيب القضبان داخل الشرائح يكون الشكل النهائي للعضو الدوار كالتالي

شكل (4) العضو الدوار بعد تجميعه

3- المحتوى الخارجي (الجسم الذي يحوي العضو الثابت والعضو المتحرك) Enclosure.

4- كراسي المحور Bearing وهو ضروري لسهولة دوران العضو الدوار.

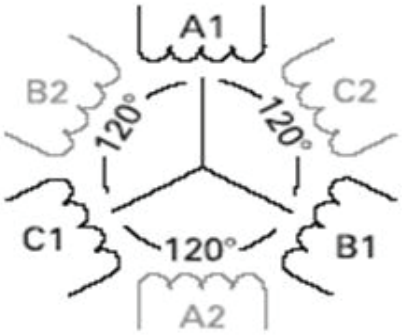
5- مروحة التبريد Cooling Fan.



شكل (5) مكونات المحرك

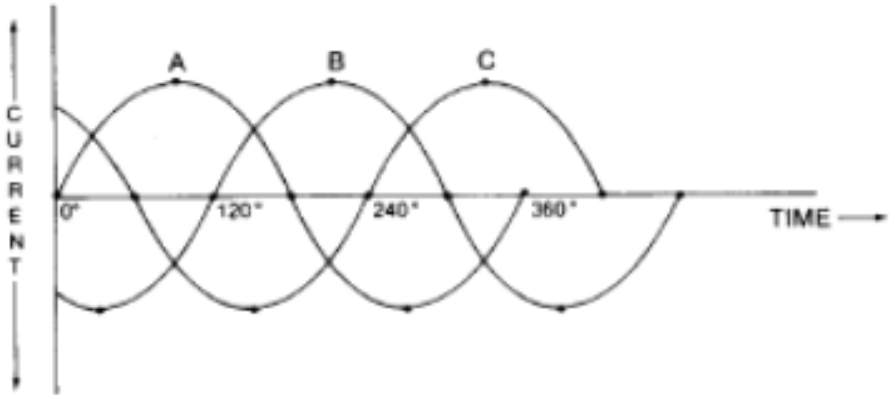
تكوين المجال الدوار:

لنفترض أن لدينا محرك 3 فاز، كل فاز يغذي ملفا له جانبان، الفاز الأول يغذي الملف (A2 &A1) و الفاز الثاني يغذي الملف (B2 &B1) و الفاز الثالث يغذي الملف (C2 & C1) كما في الشكل التالي، كما نلاحظ من الشكل أن الزاوية بين كل ملفين 120 درجة.



شكل (6) ملفات المحرك الثلاثي

فإذا تم تسليط مصدر ثلاثي الأوجه على ملفات العضو الثابت فإن المجال المغناطيسي المتولد في الملفات يعتمد على اتجاه التيار.



شكل (7) موجات التيار لمصدر ثلاثي

من خلال الشكل السابق نلاحظ أنه في كل زمن من موجة التيار يتولد فيض وهذا الفيض يكون محصلة الفيض المتولد في الثلاث فازات، ويكون ثابتا عند كل نقطة من الموجة (النقطة A، النقطة B، النقطة C) وهذا الفيض يدور بنفس تردد المصدر.

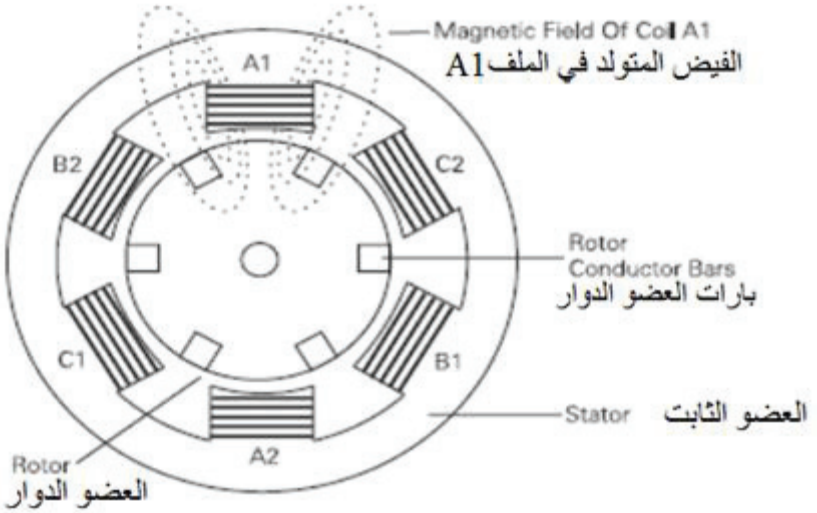
بعد هذه المقدمة عن الحث الكهربائي لندرس كيف يبدأ المحرك في العمل، فالشكل رقم (8) يوضح الآتي في المحرك الكهربي:

1- ملف الفاز الأول A وتتكون من الجانبين A1 & A2 .

2- ملف الفاز الثاني B وتتكون من الجانبين B1 & B2.

3- ملف الفاز الثالث C وتتكون من الجانبين C1 & C2 .

4- قضبان العضو الدوار .



شكل (8) ملفات العضو الثابت وبارات العضو الدوار

فعندما يتم توصيل المحرك بمصدر ثلاثي يحدث الآتي:

1- يتولد فيض دوار بنفس تردد المصدر ويكون ثابت الشدة عند كل زمن من أزمنة الموجة والشكل السابق يوضح الفيض المتولد عن الملف A1.

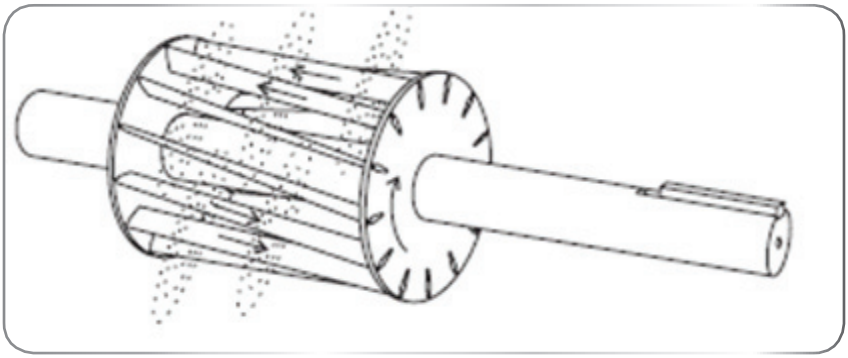
2- هذا الفيض يمر خلال الثغرة الهوائية ويتجه إلى العضو الدوار.

3- تقوم قضبان العضو الدوار القريبة من الملف A1 بقطع خطوط الفيض المتولدة في هذا الملف

4- يتولد في قضبان العضو الدوار قوة دافعة كهربية بالحث.

5- وحيث إن قضبان العضو الدوار تكون مقصورة على بعضها عن طريق حلقة فإنه يتولد مسار مغلق للتيار خلال قضبان العضو الدوار مارا بالحلقة التي تقصر القضبان معا .

6- هذا التيار المار في قضبان العضو الدوار يولد بالتالي فيض مغناطيسي كما في الشكل التالي:

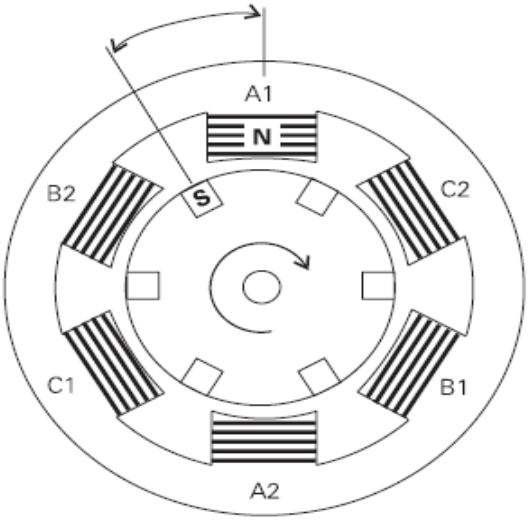


شكل (9) الفيض المتولد في بارات العضو الدوار

وقد وضح العالم لنز اتجاه التيار المتولد بالحث في قضبان العضو الدوار وبالتالي اتجاه الفيض المتولد بحيث يكون عكس الفيض الأساسي حيث ذكر لنز قاعدة مشهورة تسمى قاعدة لنز وتنص على:

التيار المستحث يتخذ في الملف اتجاها معينا بحيث يعاكس التغير المسبب له.

فإذا ولد التيار المار في ملفات العضو الساكن مجالا مغناطيسيا ذا قطب موجب فإن التيار التولد بالحث في قضبان العضو الدوار يولد مجالا مغناطيسيا ذا قطب سالب والعكس بالعكس كما في الشكل التالي:



شكل (10) توليد مجال مغناطيسي ذو قطب موجب وقطب سالب

وبالتالي تسبب قوى التجاذب بين الأقطاب المختلفة في دوران العضو الدوار.

- ففي البداية يكون العضو الدوار ساكنا، ويدور المجال المتولد في العضو الساكن بنفس تردد المصدر فيكون التردد النسبي أو السرعة النسبية بين العضو الثابت والعضو الدوار كبيرا جدا، ويكون الجهد المتولد بالحث كبيرا جدا، وبالتالي يمر تيار كبير جدا في قضبان العضو الدوار وهذا التيار الكبير ينتج عزما عاليا جدا.
- عندما يبدأ العضو الدوار في الدوران وتزيد سرعته يقل التردد النسبي أو السرعة النسبية (الفرق بين سرعة المجال الدوار وسرعة العضو الدوار) وبالتالي يقل الجهد والتيار المتولدان بالحث عن جهد وتيار المصدر وبالتالي يدور المحرك بسرعة أقل من سرعة المجال الدوار.
- ويجب العلم بأنه لا يمكن أن يدور العضو الدوار بنفس سرعة المجال المغناطيسي في العضو الثابت، لأنه في هذه الحالة يكون التردد النسبي (السرعة النسبية) بين العضو الدوار والسرعة النسبية يساوي صفرا، وبالتالي لا يتولد جهد ولا تيار بالحث، لأن شروط توليد جهد بالحث لا تتحقق، وهذه الشروط هي:

أ- يتولد جهد بالحث على موصل موضوع في مجال مغناطيسي متغير.

ب- يتولد جهد بالحث عندما يتحرك موصل في مجال مغناطيسي ثابت.

فإذا تم تسليط جهد مستمر على ملفات العضو الساكن، فإن العضو الدوار لا يدور لأن الفيض المتولد يكون ثابتا، وموصلات العضو الدوار تكون ثابتة، فلا تقطع موصلات العضو الدوار خطوط الفيض ولا يتولد به جهد بالحث، وكذلك إذا دار العضو الثابت والعضو الدوار بنفس السرعة فلا يحدث قطع لخطوط الفيض ويتوقف المحرك عن العمل.

من ذلك نلاحظ أنه يوجد فرق بين سرعة المجال الدوار التي تسمى السرعة التزامنية وسرعة العضو.

الدوار وهذا الفرق في السرعة يسمى الانزلاق.

$$S = NS - N / NS$$

حيث:

S = الانزلاق Slip

NS = السرعة التزامنية Speed Synchronous

N = سرعة العضو الدوار Speed Rotor

ويكون هناك علاقة بين تردد المجال في العضو الثابت وتردد الجهد المتولد بالحث في العضو الدوار كالتالي:

$$FR = S\,F$$

حيث:

FR = تردد الجهد والتيار المتولدين بالحث في العضو الدوار

F = تردد جهد وتيار المصدر وتردد الجهد والتيار المتولدين بالحث في العضو الثابت

S = الانزلاق

قضبان العضو الدوار لابد أن تكون مقصورة لأن الحلقة التي يتم بها قصر القضبان معا تكون هي المسار الوحيد لمرور التيار المتولد بالحث في مسار مغلق، وبالتالي يتولد الفيض الذي يتجاذب مع الفيض الأساسي، فلو كانت الملفات غير مقصورة معا فإن الوضع يكون أحد الحالتين:

1- القضبان غير مقصورة من الناحيتين، فعند تسليط الجهد الثلاثي على ملفات العضو الثابت يتولد الفيض الدوار الذي يخترق الثغرة الهوائية ويمر في شرائح العضو الدوار وبالتالي فإن كل قضيب من قضبان العضو الدوار يقوم بقطع خطوط الفيض ويتولد في القضيب فيض وبالتالي يصبح كل قضيب وكأنه مغناطيس كهربي.

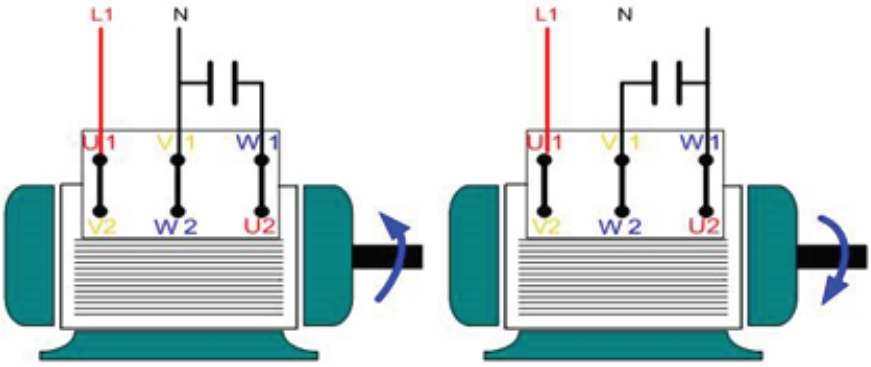
2- القضبان مقصورة من ناحية واحدة، فعند تسليط الجهد الثلاثي على ملفات العضو الثابت يتولد الفيض الدوار الذي يخترق الثغرة الهوائية، ويمر في شرائح العضو الدوار، وبالتالي فإن قضبان العضو الدوار تقوم بقطع خطوط الفيض ويتولد جهد بالحث بين كل قضيبين ويصبح العضو الدوار كملف ثانوي، أي أن المحرك في هذه الحالة يعمل كمحول، فإذا تم توصيل حمل بين أي قضيبين يمر تيار.

تشغيل المحركات الثلاثية الوجه على مصدر أحادي الوجه:

في بعض الأحيان يكون لدينا محرك 3 فاز (موصل ستار أو دلتا) ولكن لا يكون متوفر لدينا مصدر ثلاثي الجهد (380 فولت)، ففي هذه الحالة يمكن تشغيل المحرك على مصدر أحادي الوجه (220 فولت)، ويفضل ألا تتعدى قدرة المحرك على 3 كيلووات ويتم التشغيل طبقا للخطوات التالية:

1- يوصل مكثف بين أي طرفين من أطراف المحرك.

2- يوصل طرفي مصدر الوجه الواحد أحدهما مع الطرف الثالث للمحرك والطرف الثاني يوصل مع أحد طرفى المكثف، ولكي يتم عكس اتجاه حركة المحرك يتم توصيل الطرف الثاني للمصدر مع الطرف الثاني للمكثف، كما في الشكل التالى:



شكل (11) توصيل المحركات الثلاثية الوجه على مصدر أحادي الوجه

وسيعمل المحرك في هذه الحالة بقدرة أقل من قدرته عندما كان يعمل بمصدر ثلاثي الوجه (حوالي 75 %) وتتحدد سعة المكثف تبعا لقدرة المحرك، ويوجد قانون عن طريقة يمكن حساب قيمة تقريبية لسعة المكثف.

$$\text{سعة المكثف} = \frac{\text{وات}}{\text{تردد} \times ٢ \times ٣,١٤ \times (\text{فولت} \times \sqrt{٢})^{٢}}$$

$$\text{الناتج بالميكروفراد} = \text{الناتج فراد} \times ١٠٠٠٠٠٠$$