المحركات الكهربائية

Electrical Motors

إعداد

عقيل محمد فني كهرباء

الجزء الرابع

المحركات التزامنية (Synchronous Motors)

المحرك التزامني:

هو محرك كهربي يقوم بتحويل الطاقة الكهربية الى طاقة حركية و يتكون من عضو ثابت (Stator) و عضو دوار(Rotor)

ويعتمد في فكرة بناءه على تحريض فرداي للحث الكهرومغناطيسي .

يشابه المحرك المتزامن المحرك الحثي في أن تيار ملفات العضو الساكن يُنتج مجالا مغناطيسيا يساهم إلى جانب المجال المستحث (نتيجة مرور تيار كهربي في دائرة الدوار) في إنتاج عزم دوران ، فيدور المحرك الكهربائي.

يحتوي العضو الساكن في محرك التزامن على مغناطيسات كهربائية تشكل مجالا مغناطيسيا دوارا وهذا المجال المغناطيسي يدور بنفس تردد التيار .

ويدور العضو الدوار تابعا لهذا المجال المغناطيسي بنفس المعدل .

المحرك الكهربائي المتزامن يجعل العضو الدوار يدور بسرعة ثابتة .

وتعتمد سرعة دورانه على عدد أزواج الأقطاب لكل طور وعلى تردد التيار كما في حالة المحرك الحثي ذو القفص السنجابي .

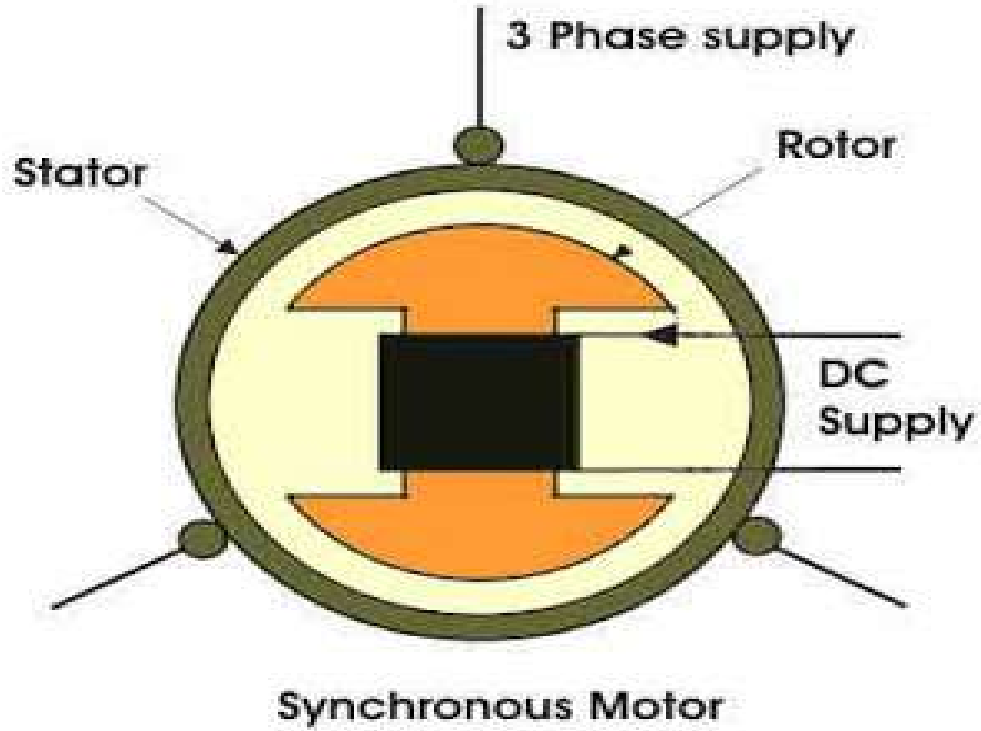
فعدد أقطاب الساكن و تردد تيار التشغيل يحدد سرعة المحرك الدائمة فهي لا تزيد أو تنقص ، مما يعني أن سرعته لا تتأثر بثقل التحميل .

تستخدم المحركات التزامنية الصغيرة في الساعات الكهربائية و منبهات الوقت وفي أجهزة الدوران الثابتة السرعة مثل أجهزة تسجيل الصوت وغيرها .

يمكن تشغيل المحرك التزامني بواسطة تيار متردد ذو طور واحد ، أو بواسطة تيار متردد ثلاثي الأطوار .

عندما يتم تغذية العضو الثابت بمصدر جهد ثلاثي الاوجه سيمر فيه تيار ثلاثي الاوجه فيتولد مجالا مغناطيسيا منتظما

وعندما تتغذى ملفات المجال بالتيار المستمر سيتولد مجال مغناطيسي ثابت فى العضو الدوار و بالتالي سيتواجد مجالان مغناطيسيان



Synchronous Motor

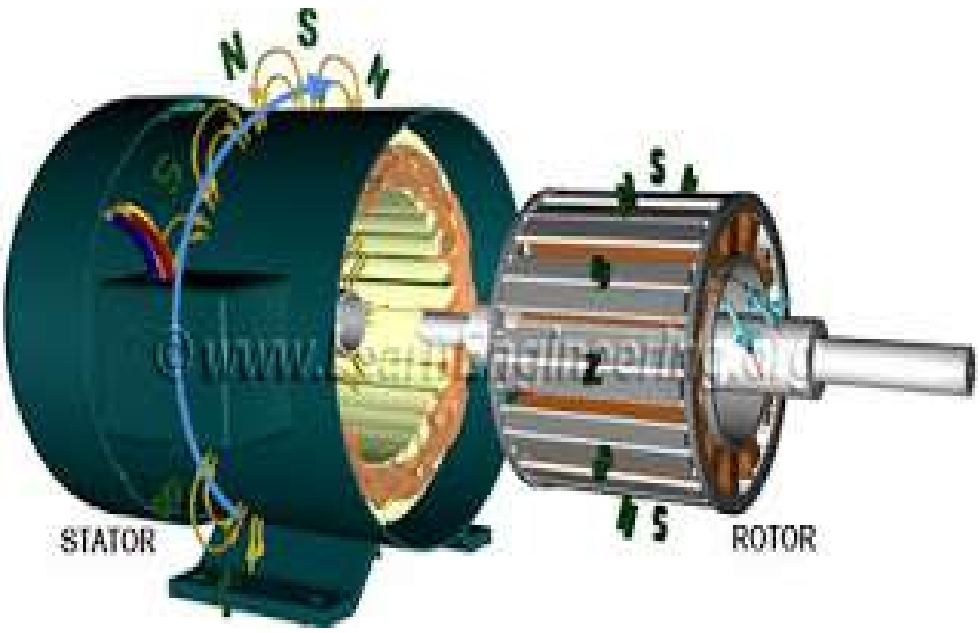
هما Br - Bs فمجال العضو الدوار Br سيحاول ان يكون متعامدا مع مجال العضو الثابت Bs فحيث ان مجال العضو الثابت يدور

فان مجال العضو الدوار سيحاول اللحاق به و معه العضو الداور نفسه ولكن لن يتمكن من ذلك بسبب اتساع الزاوية بينهما لذا

يجب ان يدار العضو الدوار بالسرعة التزامنية او القرب منها قبل توصيل التيار فى ملفاته

فعند التوصيل ستكون الزاوية صغيرة

فسيدوران بنفس السرعة ولا تتغير مهما تغير حمل المحرك مادام ضمن الحمل المقنن له .



أنواعه:

تنقسم المحركات التزامنية إلى فرعين كبيرين

1-محركات مستثارة بمصدر جهد خارجي:

و يفرق هذا النوع عن المحركات الحثية في أن استثارته تتطلب مصدر جهد مستمر خارجي و لذلك يلزمه فرش و حلقات انزلاق لتزويد الدوار بالتيار .

2-محركات غير مستثارة ذاتية البدء :

و لا تتطلب مصدر خارجي لإنها تملك دائرة كهربية داخلية تتولى عملية البدء ، بمعنى أن الدائرة المستلزمة في النوع الأول مدمجة داخل هياكل النوع الثاني .

و السبب في أن المحرك المتزامن يعتاز إلى دائرة بدء ذاتي سواء مدمجة أو خارجية هو أنه لا ينتج العزم إلا عندما تصل السرعة إلى السرعة التزامنية التي يحددها التردد و عدد الأقطاب .

أجزاء المحرك التزامني:

يتكون المحرك التزامني من الأجزاء الأساسية التالية:

1- العضو الساكن (Stator) :

ويشبه تركيب العضو الساكن للمحرك الحثي ثلاثي الطـور.

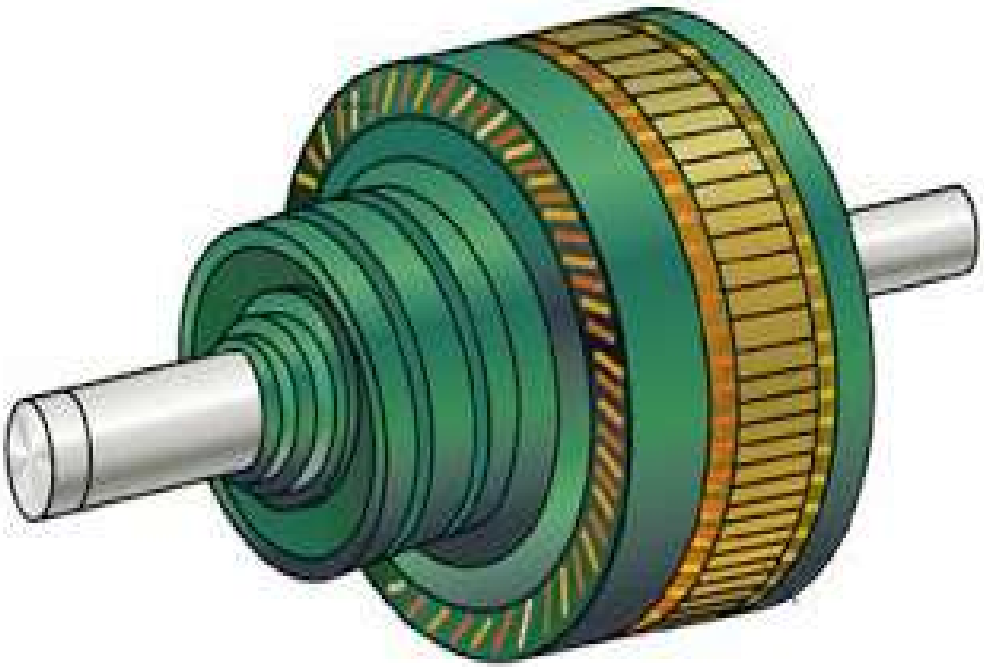
2-العضو الدوار(Rotor) :

يشبه العضو الدوار للمحرك التزامني العضو الدوار الملفوف باحتوائه على ملفات تشكل الأقطاب المغناطيسية الرئيسية ويكون عدد الأقطاب للعضو الدوار مساوياً لعدد الأقطاب للعضو الساكن بحيث توصل الأقطاب بشكل متعاقب شمالي – جنوبي، وكذلك يحتوي على حلقتي انزلاق عليها فرش كربونية لتغذية الأقطاب بـ التيار المباشر.

وتقسم أنواع العضو الدوار إلى نوعين:

- العضو الدوار ذو الأقطاب البارزة(Salient Pole)

- العضو الدوار الأسطواني (Cylindrical Rotor)

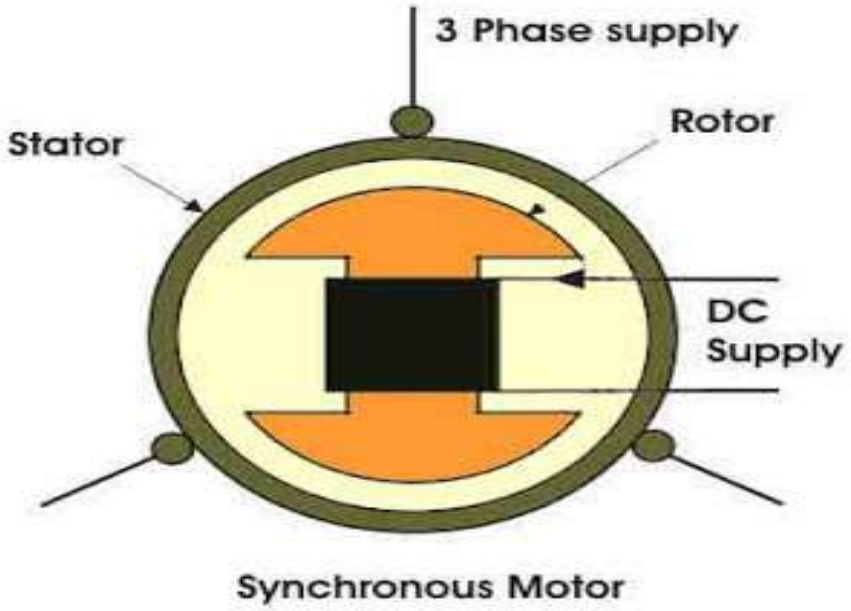


3-حلقات انزلاق (Slip Rings):

هناك حلقتا انزلاق مثبتة على محور دوران العضو الدوار ويتم توصيل التيار المباشر من خلالها إلى ملفات الأقطاب على العضو الدوار

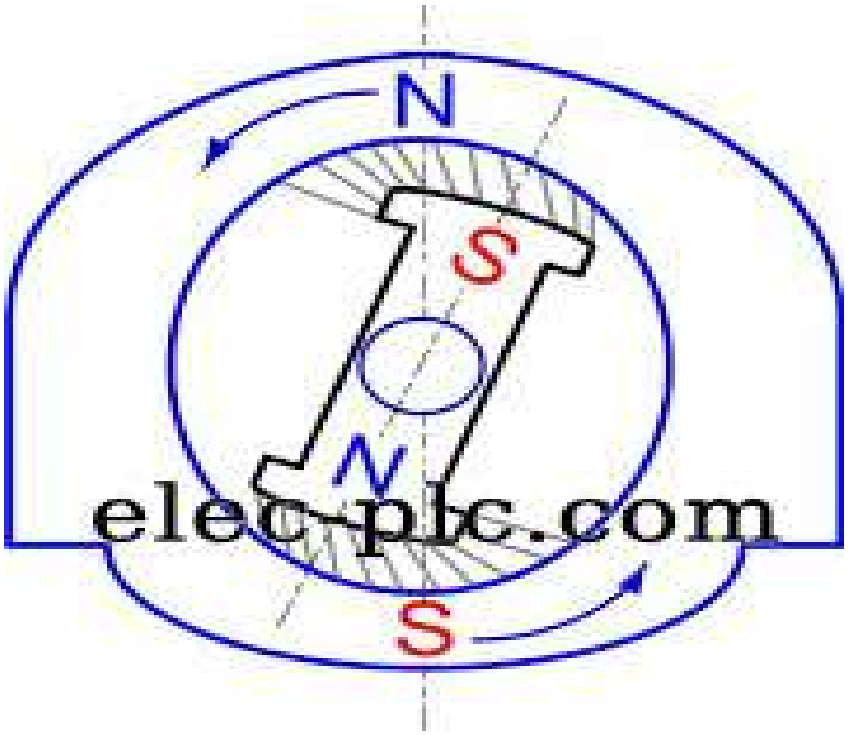
مبدأ عمل المحرك التزامني :

عند توصيل ملفات العضو الساكن مع المصدر والأقطاب الرئيسية للعضو الدوار مع التيار المباشر وهو في حالة السكون فإن كل قطب من أقطاب المجال المغناطيسي الدوار يحاول جذب القطب المخالف من الأقطاب الرئيسية في العضو الدوار الذي يتصادف مروره لحظة التوصيل مما يعطي العضو الدوار عزم دوران في اتجاه دوران المجال المغناطيسي الدوار.



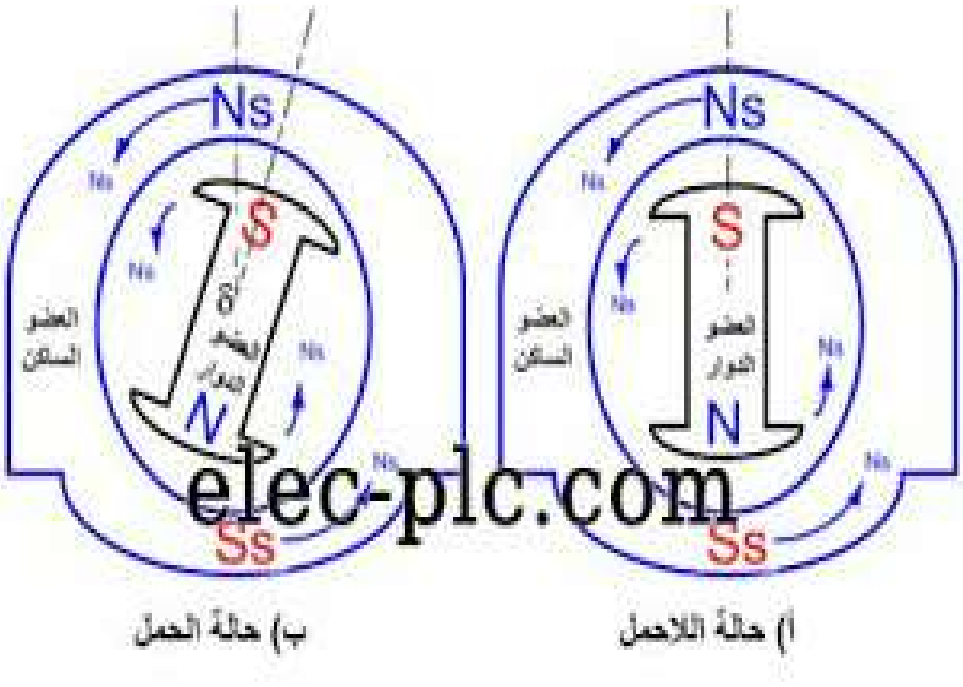
Synchronous Motor

ونظراً لعزم القصور الذاتي الكبير الذي يمتلكه العضو الدوار فإنه قبل أن يدور القطب المماثل من أقطاب المجال المغناطيسي الدوار يكون قد جاء أمام نفس القطب من الأقطاب الرئيسية (لان المجال المغناطيسي المتولد في العضو الساكن دوار والمجال المتولد في العضو الدوار ثابت لا يتغير) لكي يتنافر معه ويعطيه عزم دوران في الاتجاه المضاد لذا سيبقى ثابتاً بدون حركة.



ينشأ عزم الدوران الذي يعطيه المحرك على أساس الترابط بين مجموعة الأقطاب الرئيسية على العضو الدوار ومجموعة الأقطاب للمجال المغناطيسي الدوار الذي يعود إلى التأثير المغناطيسي لملفات العضو الساكن.

اذن لابد من تدوير العضو الدوار عند بدء التشغيل والا فإن المحرك لا يمكن ان يعمل من تلقاء نفسه.



حيث ينشأ عزم الدوران الضعيف الذي يعطيه المحرك على أساس الترابط بين مجموعة الأقطاب الرئيسية على العضو الدوار (ذو المجال الدوار) ومجموعة الأقطاب للمجال المغناطيسي للعضو الدوار (المجال الثابت) الذي يعود إلى التأثير المغناطيسي لملفات العضو الساكن وعندما تدور المجموعتان بسرعة التزامن (ns) (synchronous speed)فإن المحرك لا يمتلك عزم بدء الدوران ولابد من تدوير العضو الدوار عند بدء التشغيل.

حيث انه يلاحظ عند عمل المحرك التزامني انطباق محوري أقطاب العضو الساكن والعضو الدوار، وعند تحميل المحرك فإن محور أقطاب العضو الدوار سيتأخر بزاوية مقدارها (d) وتسمى بزاوية العزم، وتعتمد قيمة الزاوية على مقدار الحمل بحيث تزداد الزاوية كلما زاد الحمل، ويصل عزم الحمل إلى القيمة القصوى عندما تكون d=90° وبزيادة الحمل إلى حد كبير سيؤدي ذلك لخروج المحرك عن التزامن أو توقفه عن الدوران.

تأثير تغير تيار التحريض في خصائص المحرك التزامني:

عند مرور تيار التحريض (التيار المستمر) في ملفات العضو الدوار سيتولد مجال مغناطيسي يقطع ملفات العضو الساكن فتتولد بها (ق.د.ك) تعاكس فولتية المصدر ويعتمد تيار المصدر على محصلة هاتين الفولتيتين (فولتية المصدر و ق.د.ك العكسية المتولدة).

حيث يعد تيار التحريض الذي يولد (ق.د.ك العكسية) التي تساوي فولتية المصدر تيار التحريض اللازم، وإذا نقص التيار عن هذه القيمة يعد تيار التحريض ناقصا (Under-Excitation)، وإذا زاد عنها يعد تيار التحريض زائدا (Over-Excitation).

في حالة التحريض الناقص تكون ق.د.ك العكسية اقل من فولتية المصدر، ويكون التيار المسحوب متأخر عن الفولتية المحصلة وكذلك متأخراً عن فولتية المصدر بزاوية q (حيث cos q هي معامل القدرة).

وعند التحريض الزائد فإن التيار المسحوب يتقدم على فولتية المصدر بزاوية q .

وعندها نحصل على معامل قدرة متقدم.

الاستخدامات:

يستخدم المحرك التزامني للسرعات المنخفضة والقدرات العالية، ويكون المحرك التزامني إقتصادياً أكثر من غيره في هذه الحالة.

يستخدم المحرك التزامني لتدوير ضاغطات الهواء والأمونيا وفي المضخات المائية والمطاحن والمداحل وفي صناعة الأقمشة والأسمنت والمناجم، كما يستخدم في السفن الكبيرة لتدوير العنفات. كذلك تستخدم لتصحيح معامل القدرة كما اشرنا سابقاً.

مساوئ المحركات التزامنية:

بالرغم من المميزات الجيدة للمحركات التزامنية في تصحيح معامل القدرة والحصول على سرعة ثابتة والعمل بكفاءة عالية إلا إن هناك عدة سلبيات لها ومنها:

- تحتاج لمصدر تيار مباشر من أجل الحصول على تيار التحريض.

- عزم البدء للمحرك ضعيف إذا لم يزود بوسيلة بدء.

- الحساسية الزائدة لأي اضطراب على الشبكة ولأي تغييرات مفاجئة في الشبكة.

- ميل المحرك إلى التذبذب (Hunting) بسبب عدم استقرار التردد

- توقف المحرك عند التحميل الزائد.

طرق بدء الحركة للمحركات التزامنية:

تبين معنا في الدروس السابقة ان المحرك التزامني لا يبدء حركته من تلقاء نفسه ولذلك لا بد من بدء حركة المحرك التزامني بشكل مختلف عن المحركات الكهربائية الاخرى وسنقدم لك طرق بدء حركة المحركات التزامنية :

من أشهر طرق بدء الحركة للمحرك التزامني:

1- البدء عن طريق محرك حثي أو محرك تيار مباشر:

ويعمل هذا المحرك الخارجي على إدارة العضو الدوار للمحرك التزامني ليصل إلى السرعة التزامنية أو قريباً منها، مع مرعاة عدم تحميل المحرك عند البدء بتشغيله.

في المحركات التزامنية الكبيرة جداً يوجد على محور دورانها مولد تيار مباشر يمكن استخدامه أيضاً كمحرك بدء.

2-بدء الحركة كمحرك حثي:

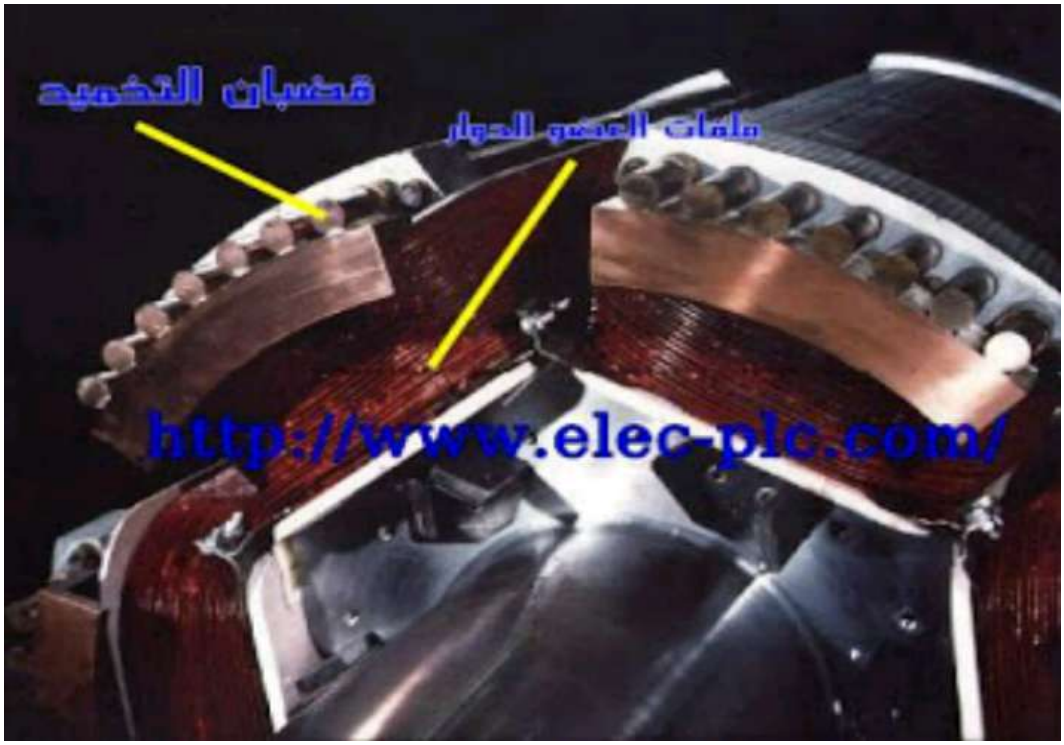
وتوجد طريقتين رئيسيتان لبدء الحركة بجعل المحرك التزامني كمحرك حثي عند بدء دورانه:

أ- الطريقة الاولى: وضع قضبان على الاقطاب البارزة للعضو الدوار.

هذه الطريقة هي الطريقة الاكثر انتشارا حيث توجد في بعض أنواع المحركات التزامنية قضبان نحاسية أو من الألمنيوم موضوعة داخل مجاري خاصة على الأقطاب البارزة للعضو الدوار وتكون هذه القضبان مقصورة من طرفيها وتسمى بملفات التخميد (Damper winding) وهي تشبه الى حد كبير القضبان الموجودة بمحرك القفص السنجابي ويسمى هذا النوع بالمحركات التزامنية الحثية (Synchronous Induction)

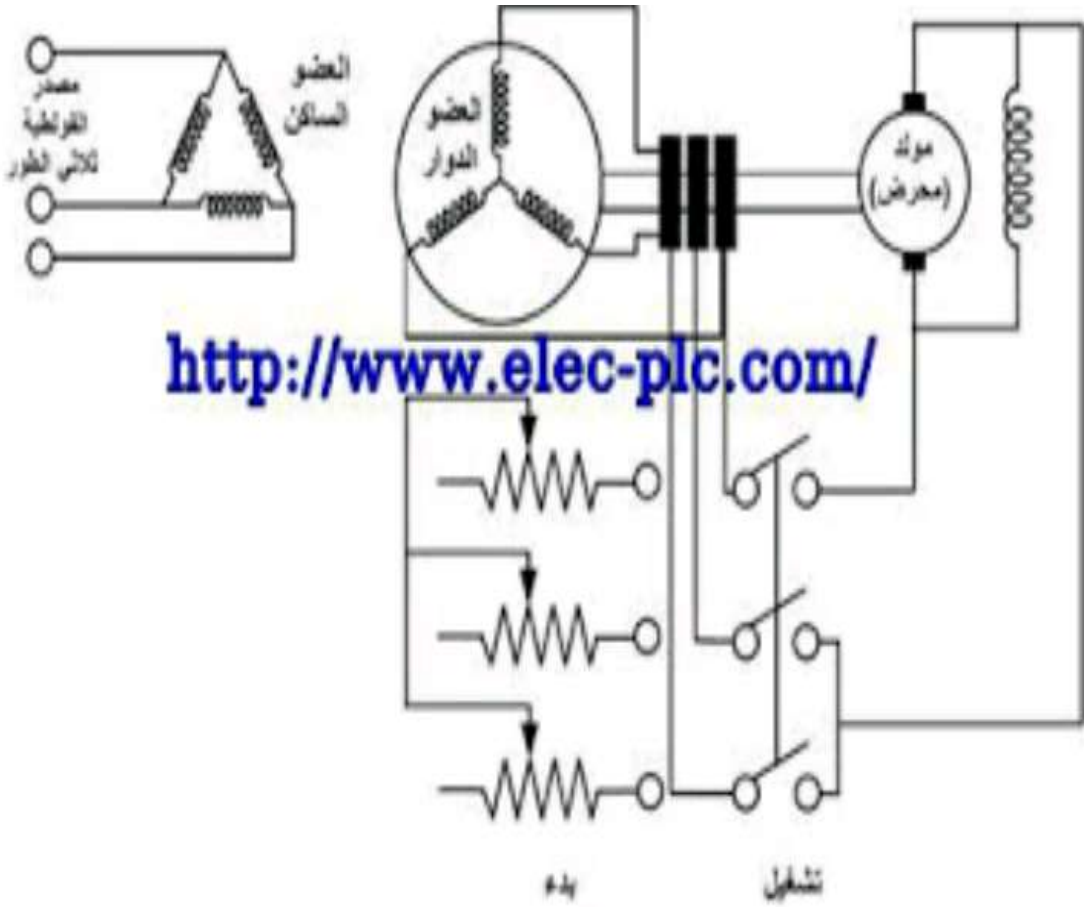
وقضبان التخميد (Damping Winding) عبارة عن قضبان نحاسية أو من الألمنيوم مقصورة من طرفيها وتشبه القفص السنجابي، وتستخدم في المحركات التزامنية ذات الأقطاب البارزة؛ بحيث عند بدء دوران المحرك يزود العضو الساكن بالتيار الكهربائي وتكون ملفات العضو الدوار مفصولة من الدارة مما يؤدي لتوليد قوة دافعة حثية في القضبان وبالتالي مرور تيار حثي فيها وتولد مجال مغناطيسي فيها سيتفاعل مع المجال الرئيسي ويؤدي لوصول سرعة المحرك لسرعة قريبة من سرعة التزامن

وعند وصول سرعة المحرك لحوالي 95% من سرعته يتم توصيل مصدر التيار المباشر لملفات العضو الدوار وعمل المحرك التزامني.



ب- الطريقة الثانية عمل المحرك كمحرك حثي ذو العضو الدوار الملفوف:

طريقة البدء كمحرك حثي حيث في البداية تكون ملفات التحريض مفصولة عن مصدر التيار المباشر وتوصل ملفات العضو الدوار مع مقاومات بدء خاصة لتقليل تيار البدء العالي للمحرك ويتم توصيل فولتية ثلاثية الطور للعضو الساكن ويدور المحرك كمحرك حثي ذوالعضو الدوار الملفوف وعندما تصل سرعة دوران المحرك إلى 95% من سرعته الأسمية يتم فصل مقاومات البدء وتوصيل أطراف العضو الدوار عبر حلقتي الانزلاق مع مصدر التيار المباشر بشكل فوري.



3-باستخدام مصدر جهد متغير التردد :

يمكن بدء دوران المحرك التزامني بمصدر جهد متغير التردد فيتم ذلك بخفض التردد الى ان تصبح سرعة المجال المغناطيسى الدوار قليله جدا بحيث يتمكن العضو الدوار ان يلحق به فعندما يبدا العضو الدوار فى الدوران يتم رفع التردد تدريجيا حتى يصل المحرك الى السرعة المطلوبة فيستمر العضو الدوار بالدوران بنفس سرعة المجال .

4-باستخدام ظاهرة التيارات الدوامية :

توجد محركات تزامنية ذات عضو دوار مصمت تبدا حركتها بحيث ان التيارات الداومية المتولدة في العضو الدوار المصمت لها عزم مشابة العزم في المحرك الحثى

فعندما يدور العضو الدوار وتصل سرعتة قرب السرعة التزامنية سيعلق بالمجال المغناطيسى الناتج من العضو الثابت وسيدور معه بنفس السرعة وعندئذ تتلاشى التيارات الدوامية .

ويلاحظ فى الطرق السابقة اثناء عمليه البدء و قبل توصيل التيار المتردد الى ملفات المجال لابد ان تكون ملفات المجال مقصوره عبر مقاومة لان تعرضها للمجال المغناطيسى الناتج من العضو الثابت سيؤدي الى تولد جهد عالي جداعلى اطرافها مما

يؤدي الى انهيار العزل او تولد شرارة بين حلقات الانزلاق .

عكس حركة المحرك التزامني:

اتجاه دوران المحرك يحددها اتجاه دوران المجال المغناطيسي للعضو الثابت .

ولكي نعكس اتجاه دوران المحرك فلابد من استبدال توصيلة طورين من الثلاثة أطوار على العضو الثابت

المحرك التزامني الدائم المغناطيس

Permanent Magnet Synchronous Motors

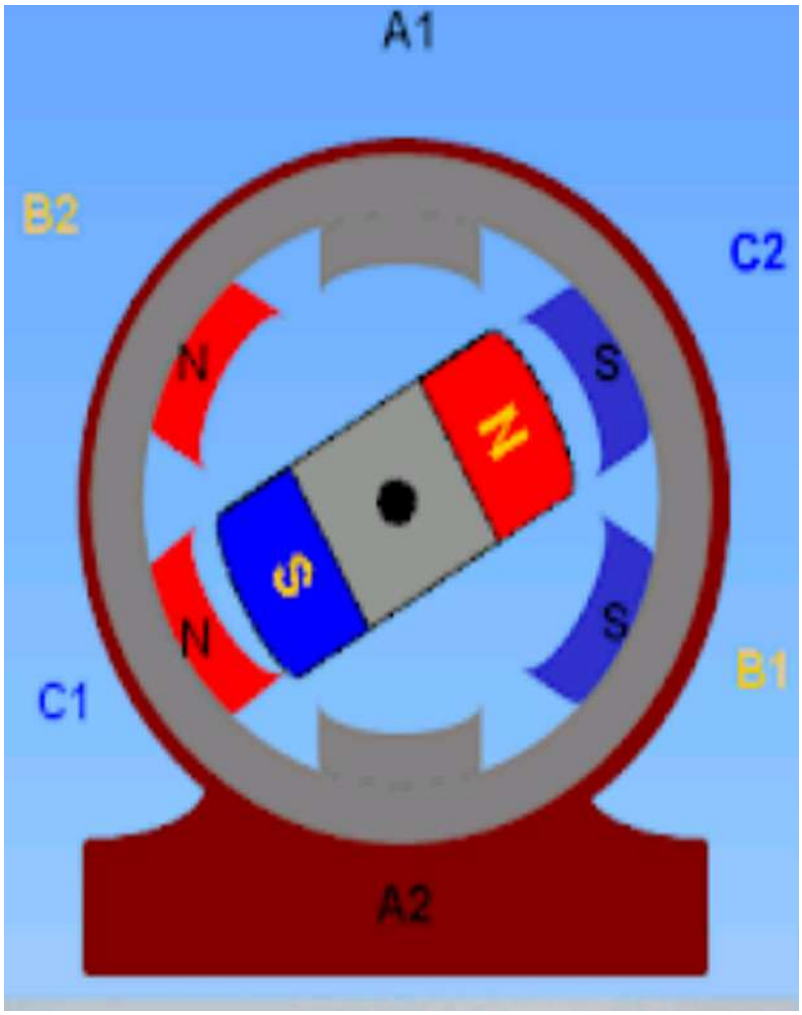
ويعتبر من انواع المحركات التزامنية ولكن تم استبدال عضوه الدائر الملفوف بمغناطيس دائم على شكل اسطواني وبذلك تم الا ستغناء عن جهد التيار المباشر واضافاته.

نظرية دوران المحرك :

عندما يزود العضو الساكن بالتيار الكهربائي يبدء توليد المجال المغناطيسي وتبدأ اقطاب العضو الساكن في جذب اقطاب العضو الدائر .

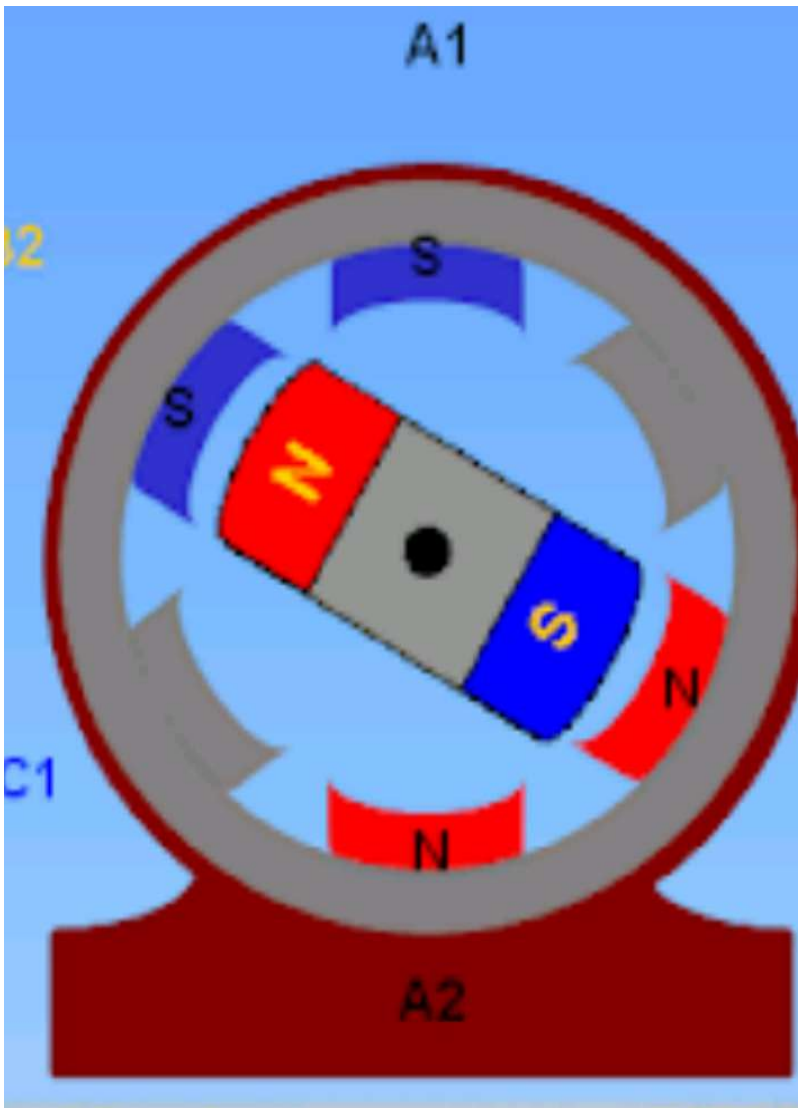
حيث يمر المحرك بالمراحل التالية:

1. حيث يلاحظ ان القطب الجنوبي للعضو الثابت(C2) يجذب القطب الشمالي للعضو المتحرك. والقطب الشمالي للعضو الثابت (C1) يجذب القطب الجنوبي للعضو المتحرك.



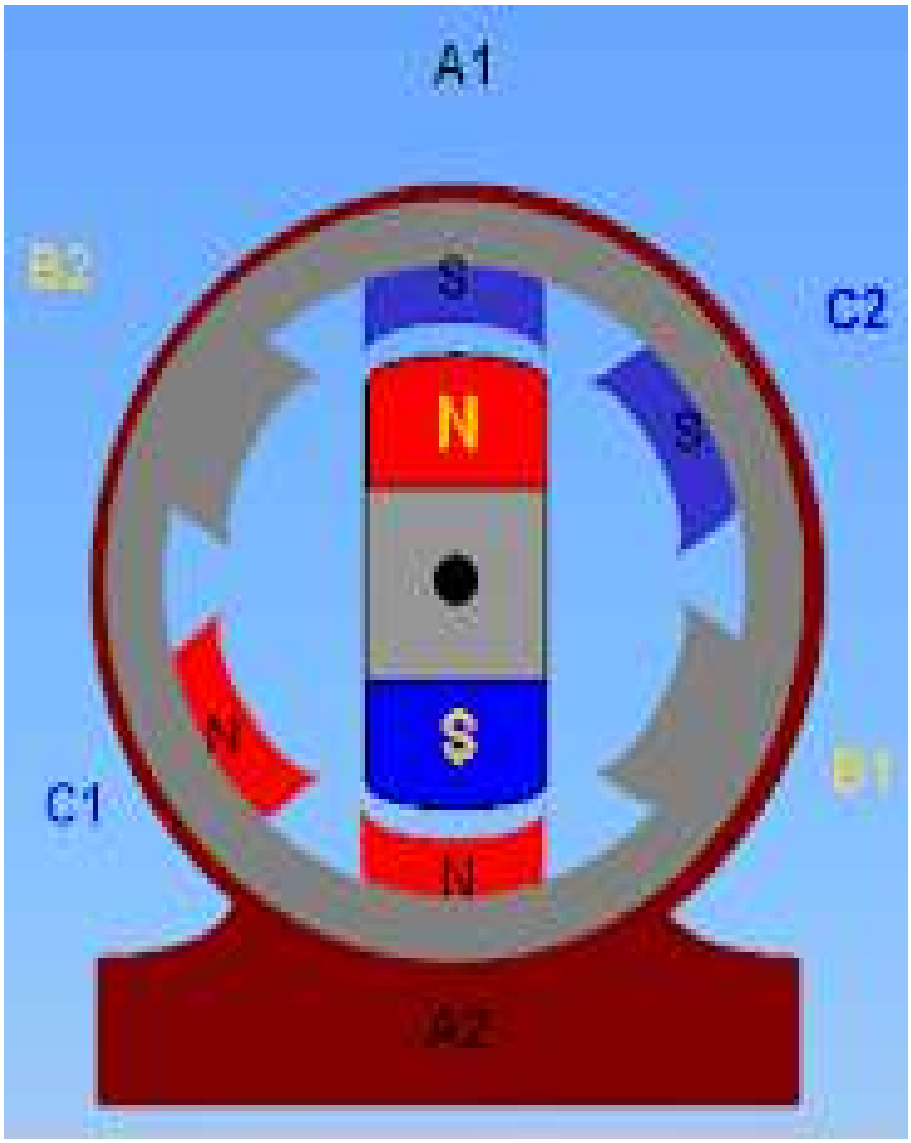
2. وإن القطب الجنوبي للعضو الساكن (B1) يجذب القطب الشمالي للعضو الدوار.

والقطب الشمالي للعضو الساكن (B2) يجذب القطب الجنوبي للعضو الدوار.



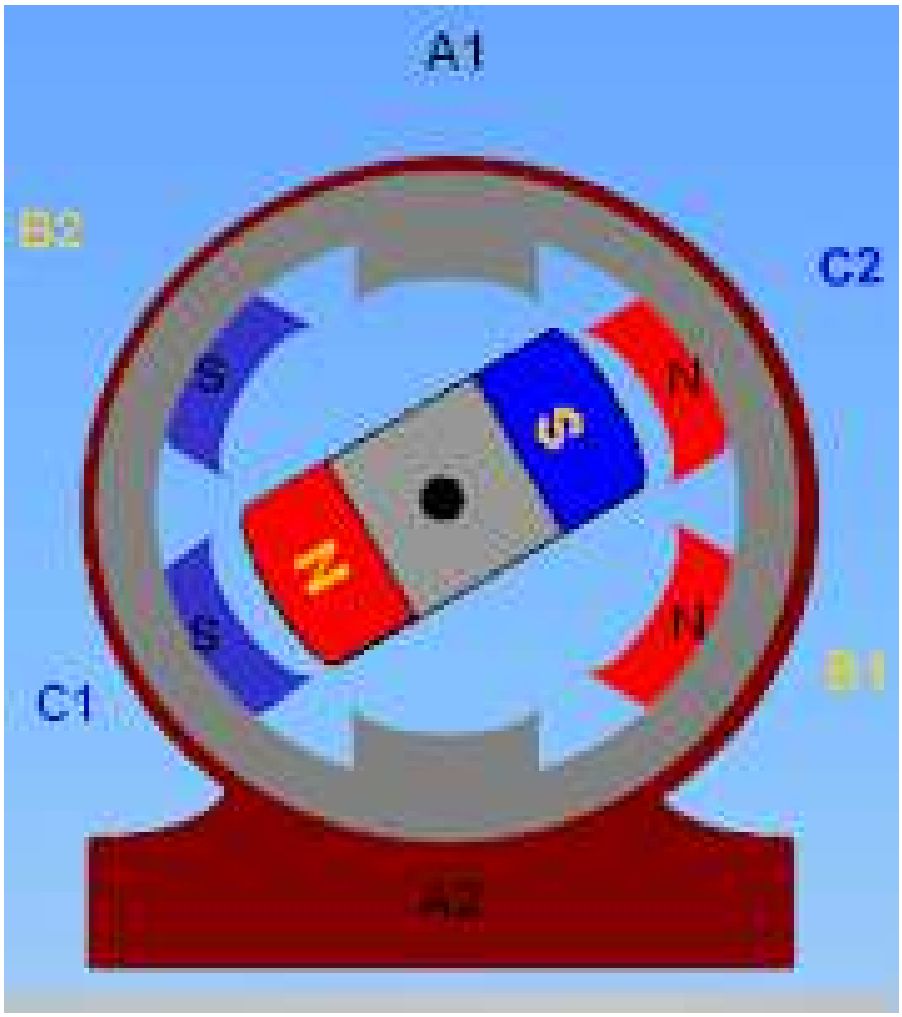
3. وإن القطب الجنوبي للعضو الساكن(A2) يجذب القطب الشمالي للعضو الدوار.

والقطب الشمالي للعضو الساكن (A1) يجذب القطب الجنوبي للعضو الدوار.



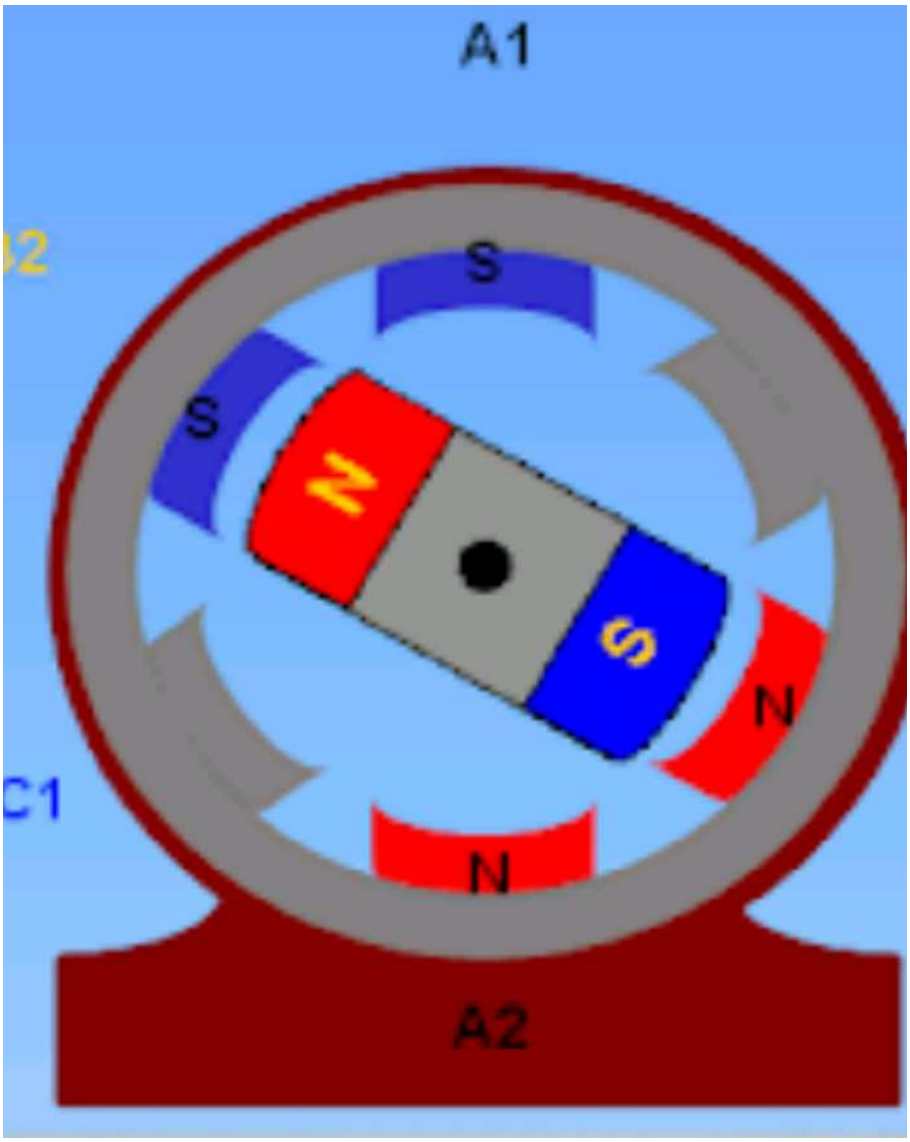
4. وإن القطب الجنوبي للعضو الساكن (C1) يجذب القطب الشمالي للعضو الدوار.

والقطب الشمالي للعضو الساكن (C2) يجذب القطب الجنوبي للعضو الدوار.



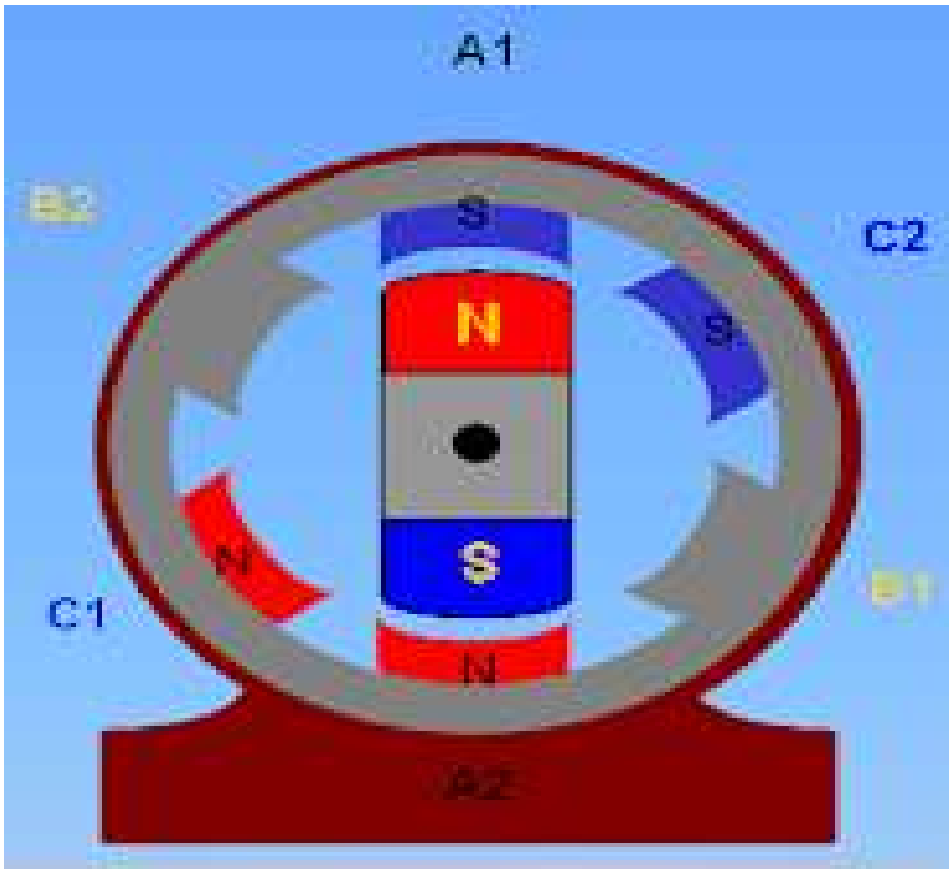
5. وإن القطب الجنوبي للعضو الساكن (B2) يجذب القطب الشمالي للعضو الدوار.

والقطب الشمالي للعضو الساكن (B1) يجذب القطب الجنوبي للعضو الدوار.



6. و ان العضو الدوار دار دورة كاملة حيث القطب الجنوبي للعضو الساكن (A1) يجذب القطب الشمالي للعضو المتحرك.

والقطب الشمالي للعضو الساكن (A2) يجذب القطب الجنوبي للعضو الدوار.



وبذلك تستمر حركة اقطاب العضو الساكن في جذب أقطاب العضو الدوار لتسمر حركة المحرك ما دام التيار يسري في ملفات العضو الساكن

ميزات المحرك التزامني الدائم المغناطيس:

1-لا يوجد فقد قدرة في الملفات النحاسية.

2- قدرة وكفاءة عالية.

3-زيادة مساحة وحجم الثغرة الهوائية لانتظام سطح العضو الدائر.

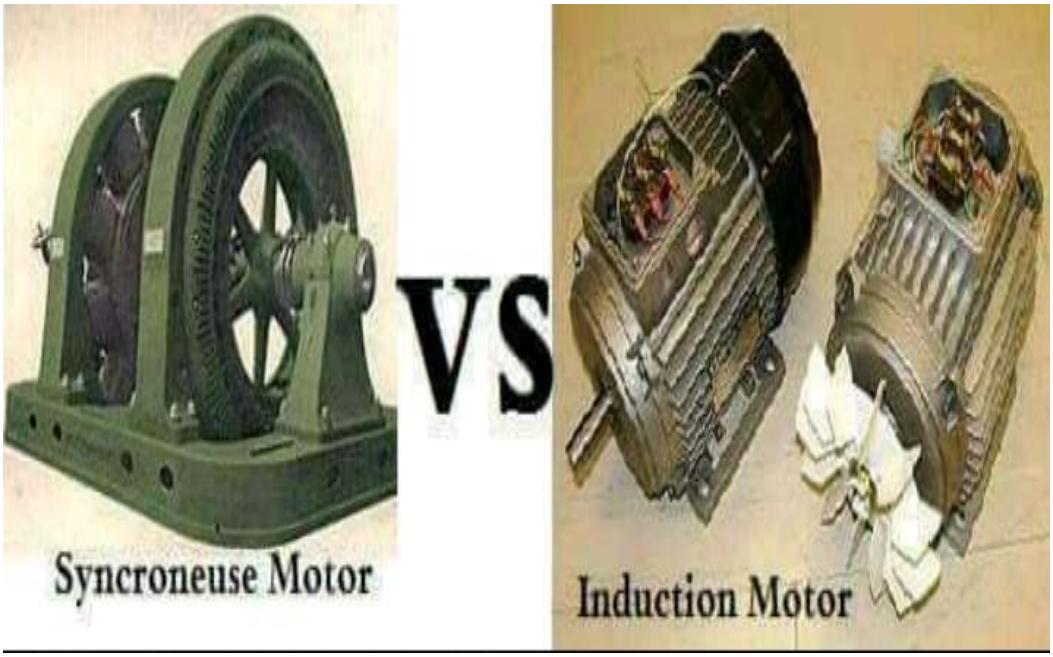
عيوب المحركات التزامنية الدائمةالمغناطيس:

1. صعوبة التحكم في المجال المغناطيسي للعضو الدوار.

2. تغير الخواص المغناطيسية للعضو الدوار مع الزمن.

3. يوجد فقد في مغناطيسية العضو الدوار بسبب الحرارة الناتجة من ملفات العضو الساكن.

اهم الفروق بين المحركات الحثية و المحركات التزامنية .



اولا المحرك الحثي :

1-يحتاج الى مصدر تغذية واحد وذلك بتغذية العضو الثابت بتيار ثلاثي الأوجه

2- لايوجد اتصال كهربائي بين المصدر و الجزء الدوار .

انما يعمل بالحث و لذلك يسمى الحثي Induction Motor .

و يعتمد في عمله على الانزلاق Slip .

3-ذاتي البدء اي لا يحتاج الى وسائل مساعدة لبدء الحركة

4- التيار المتولد في المنتج (الجزء الدوار) يكون متناوب و يدور في موصلات مغلقة من الالمنيوم تصب داخله .

5- سرعة الجزء الدوار (المنتج) تكون اقل من سرعة الجزء الثابت (الفيض المغناطيسي) .

و هذا الفرق بالسرعتين ضروري لتوليد الانزلاق و بالتالي استمرارية المحرك بالدوران .

حيث انه بدون انزلاق يتوقف المحرك .

لذلك نجد ان المحرك يكتب عليه 1425 دورة / دقيقة .

بينما سرعة الجزء الثابت هي 1500 دورة / دقيقة .

6-سرعته متغيرة تتغير مع تغير الحمل حيث تقل سرعته مع زيادة الحمل وبالتالي يعتبر variable speed motor

7-يمكن التحكم في سرعته على مدى واسع وذلك اما بتغيير عدد الأقطاب في العضو الثابت او باستخدام الDrives التي تتحكم إما في الجهد او بالتردد او بالإثنين معا

8- معامل القدرة يكون دائما متأخر Lagging Power Factor

.

ولا يمكن استخدامه في تحسين معامل القدرة بل ان معامل القدرة له سيء ويحتاج الى تحسين

9- يستخدم لتدوير المكائن ذات السرعات البطيئة و المتوسطة التي لا تتجاوز سرعتها 3000 دورة / دقيقة .

و العزوم المتوسطة ايضا .

10-رخيص الثمن ولا يحتاج الى صيانة كثيرة

ثانيا المحرك التزامني :

1-يحتاج الى مصدرين للتغذية حيث يتم تغذية العضو الثابت بتيار ثلاثي الأوجه ويتم تغذية العضو الدوار بتيار مستمر

2- يوجد اتصال كهربائي بين المصدر (جهد مستمر) و الجزء الدوار و يكون من خلال حلقتي الانزلاق Slip Ring .

لان الجزء الدوار يحتاج الى جهد و تيار مستمر .

3-غير ذاتي البدء وذلك لان المجال المغناطيسي الدوار الناشيء من العضو الثابت يدور بالسرعة التزامنية بينما المجال المغناطيسي الناشيء من العضو الدوار ثابت لا يدور لذلك لا يمكن عمل ربط بين المجالين لفرق السرعة الكبير بينهما وبالتالي يحتاج المحرك الى وسائل لبدء الحركة

4- التيار المار في الجزء الدوار يكون مستمر و يسري في ملفات نحاسية و ليست موصلات مغلقة كما في المحركات الحثية .

5- سرعة الجزء الدوار تساوي سرعة الجزء الثابت و لذلك سميت بالتزامنية Syncroneuse Motor .

6-سرعته ثابتة تقريبا لا تتغير مع تغير الحمل

7-يصعب التحكم في سرعته

8- معامل القدرة يكون متقدم Leading Power Factor
.ويمكن استخدامه في تحسين معامل القدرة وذلك بزيادة التيار المستمر المغذي لملفات العضو الدوار الى القيمة التي تجعل تيارات العضو الثابت عند معامل قدرة متقدم وبالتالي يمد الحمل الموصل على اطرافه بقدرة غير فعالة بينما يسحب قدرة فعالة فقط

9- هذا النوع من المكائن يفضل استخدامه كمولدات و هو ناجح جدا في هذا المجال .

و السبب يعود الى امكانية التحكم بالجهد و التردد بصورة منفصلة .

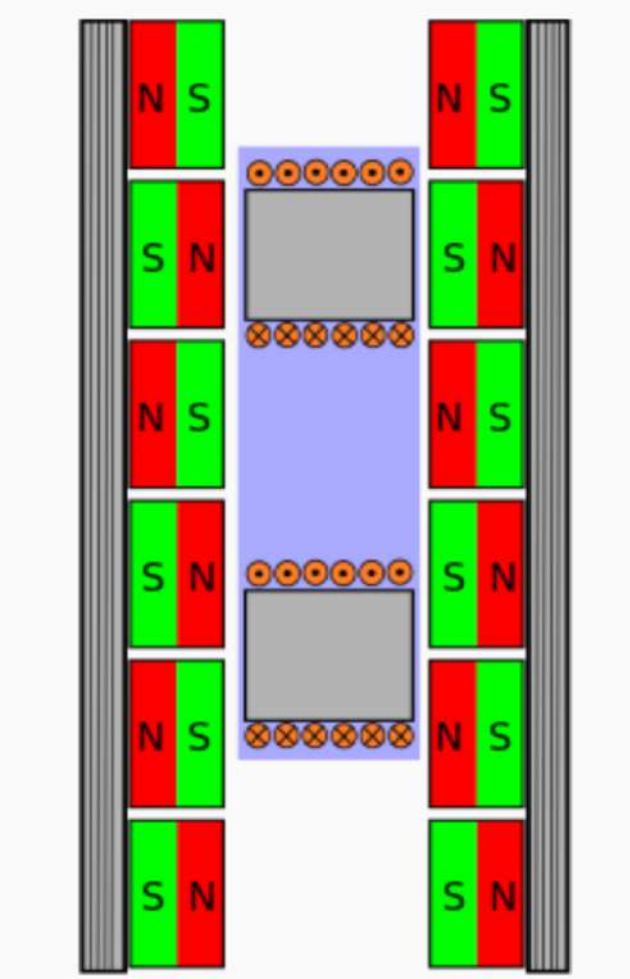
كما يمكن استخدامه في تصحيح معامل القدرة بدلا من المكثفات لان معامل القدرة له يكون متقدم كما اشرنا

وكما انه يستخدم في المحركات العالية القدرة التي تصل احيانا الى kw 50000

10- سعره مرتفع ويحتاج الى صيانة متكررة نظرا لوجود حلقات انزلاق وفرش كربونية

محركات كهربائية منوعة

المحرك الخطي Linear Motor



أو محرك الحث الخطي هو محرك كهربائي ذو تيار متناوب عضوه الثابت غير ملفوف وبالتالي بدلا من أن يكون خرجه عزم

يمكنه إنتاج قوة خطية غالبا بقوة لورنتز.

يمكن تعريف المحركات الخطية على انها المحركات التي يكون اتجاه حركتها خطي و ليس دوراني و من هذل التعريف ندرك ان اي تصميم نستطيع منه الحصول على عزم حركة خطي يمكن ان يسمى محرك خطي

أقسامه:

تقسم المحركات الخطية الى نوعين رئيسيين حسب التسارع :

1-محركات عالية التسارع

2-محركات منخفضة التسارع

المحركات العالية التسارع high acceleration lm

تستخدم عادة لفترات قصيرة و هى المحركات التي تحتاج الى انطلا قة حركة سريعة لكن كفاءتها مخفضة و صعب استمرارها فى العمل بسبب سحبها لتيار عالي للغاية و فى الغالب تستخدم لا غراض بحثية كمدفع اطلاق لاختبار تصادم الاجسام او لاطلاق الطائرات فى حاملات الطائرات الحديثة .

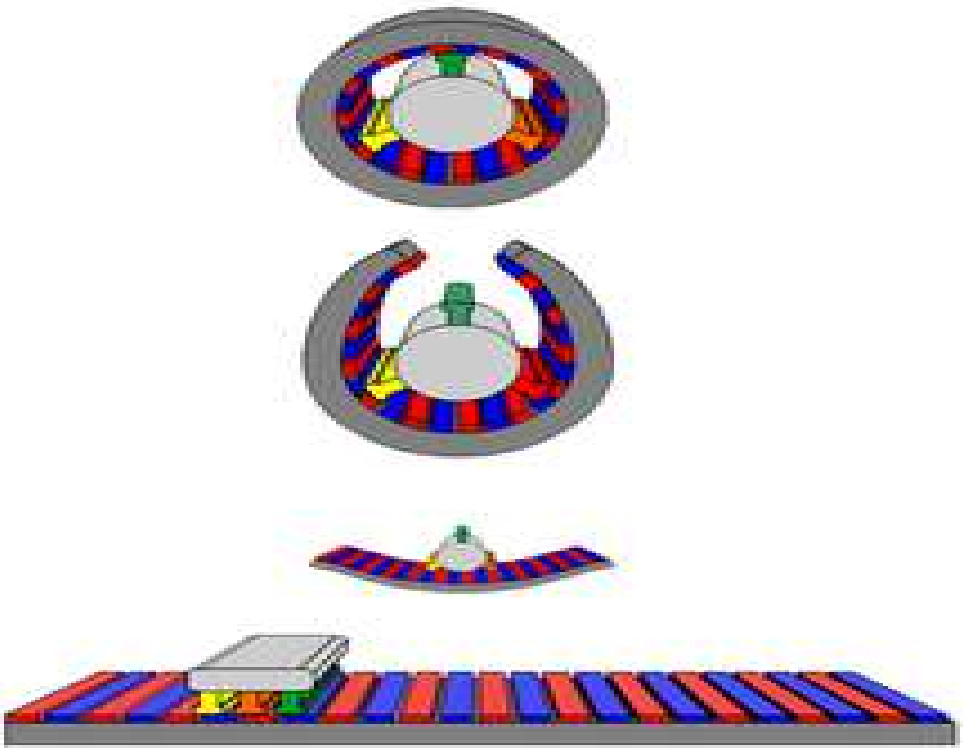
المحركات المنخفضة التسارع low acceleration lm

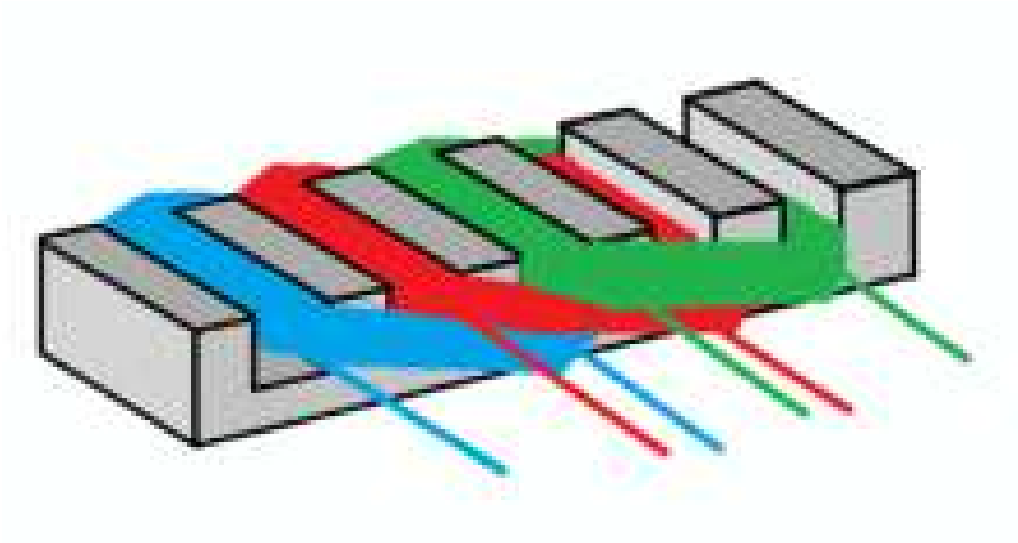
تستخدم تجاريا فى العديد من التطبيقات كوسائل النقل مثل القطار الطائر او maglev train الموجود باليابان و الصين او كالابواب المنزلقة الموجودة فى بعض المستشفيات او المولات

النوعين الرئيسيين للمحركات الخطية هما نفس النوعين الرئيسيين للمحركات فهناك :

1- النوع الحثي induction :

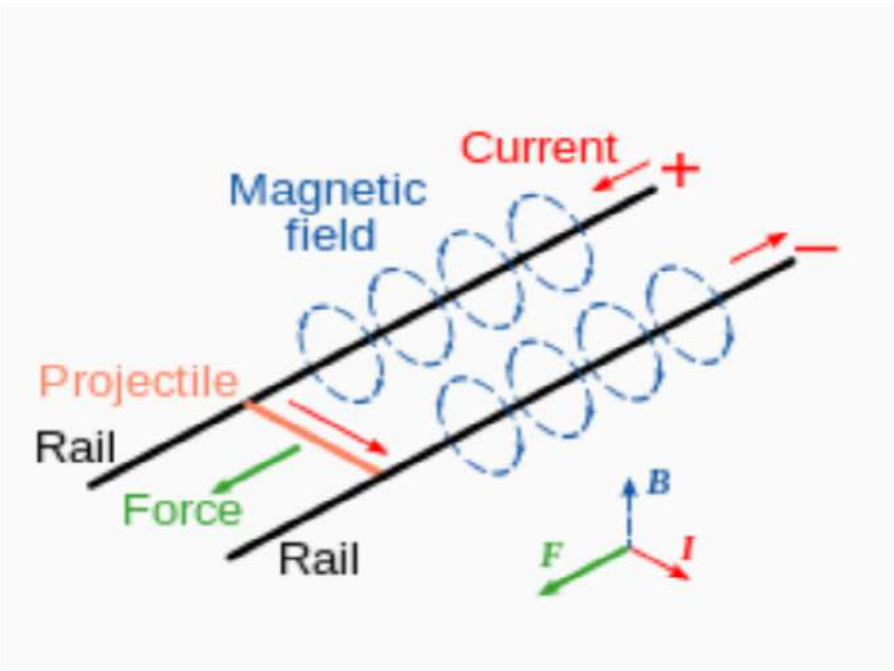
و هو نفس تكوين المحرك الحثي من حيث جزء ثابت و جزء متحرك الجزء الثابت يكون ملفوف على مسار مستقيم و الجزء المتحرك يكون عبارة عن عربة بها شرائح معدنية و يحدث نفس التنافر و التجاذب بين الجزء المتحرك و الثابت و لكن الفرق الوحيد ان حركة المجال هنا تكون موجية مستطيلة و ليست دورانية مما يؤدي الى تحرك الجزء المتحرك للامام مولدا زخم حركة خطي و يقابل امامه قوة معاوقة forward و خلفه قوة جذب tail مما يؤدي الى خفض كفاءته بدرجة كبيرة لذا يتم التغلب عليها بتصميم خاص لمقدمة و مؤخرة المركبة .



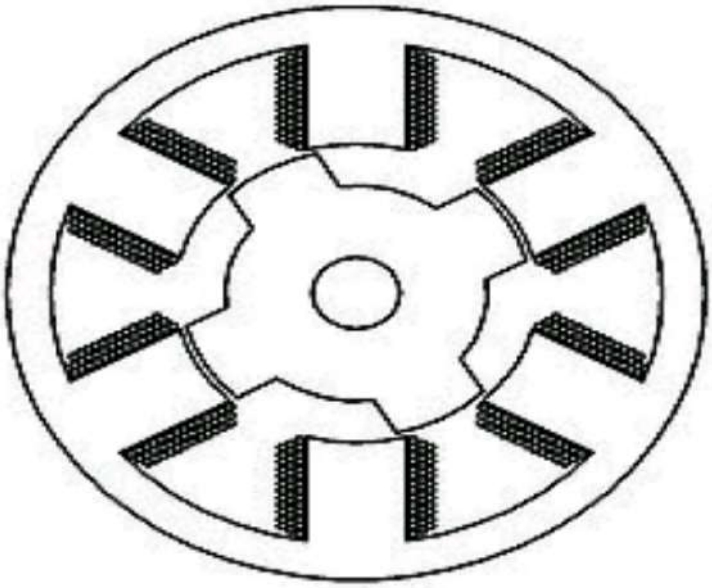


2-المحرك التزامني الخطي و هو يتكون من نفس المسار المذكور فى المحرك الحثي و لكن الجزء المتحرك يتكون من اقطاب يتم اثارتها بتيار مستمر بغرض التحكم فى السرعة و هو انسب من حيث الاستخدام التجاري

لوسائل النقل و اقل فى استهلاك الطاقة و امكانية الوصول لسرعات عالية و حمل احمال كبيرة .



محرك الممانعة :



هو إحدى أنواع المحركات الكهربية التي تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية (طاقة ميكانيكية،)

وهو محرك خطوة ، ويقوم مبدأ عمل هذا المحرك على ظاهرة عزم البروز (حيث يشتد المجال المغناطيسي على الجزء المدبب من القطب أكثر من أن يكون سطح القطب مسطحا) .

وتكون حركة قطعة مغناطيسية أو قطعة حديدية المغنطة فإنها تلجأ إلى سلوك أيسر الطرق وأقلها ممانعة لمرور خطوط المجال المغناطيسي ومعاكسة له .

" الممانعة " هي المكافئء المغناطيسي للمقاومة الكهربية ، فيمكننا القول "محرك الممانعة المغناطيسية" .

في محرك الممانعة ينشأ عزم الدوران في العضو الدوار عن طريق قوة الممانعة وليس بصفة أساسية بسبب قوة لورنتز كما هو الحال في محركات الإثارة .

أي أن محرك الممانعة لايحتوي على مغناطيسات ذاتية ولا يوجد ملف كهربائي في العضو الدوار.

لهذا يتميز محرك الممانعة بعدم وجود استهلاك للفرش الناقلة للتيار أو استهلاك لحلقات مبادل كهربائي .

يتكون العضو الدوار فيه من عدة أقطاب (غير ممغنطة) مصنوعة من مادة حديدية قابلة للمغنطة مثل رقائق من الحديد .

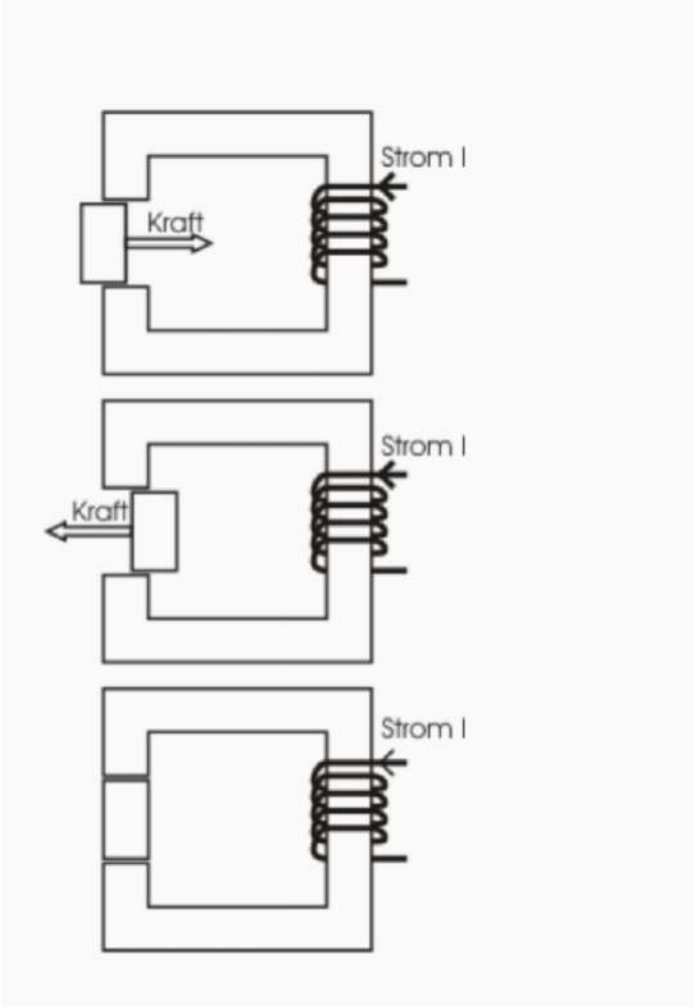
ويتحرك العضو الدوار في اتجاه أقل ممانعة .

بالمقارنة بالمحرك الذي يعمل بمغناطيس ذاتي مثل محرك تزامن تكون كثافة عزم الدوران في محرك الممانعة أقل .

أي أن عزم الدوران الناتج منه يكون أقل بالنسبة لحجم المحرك..

ولكن يمكن تشغيل محرك الممانعة بطريقة تزامنية بواسطة محول تردد ، بذلك ترتفع كفاءته عن المحركات الاخرى من محركات تزامن و والمحركات غير التزامنية ، ويكون بذلك أقل تكلفة .

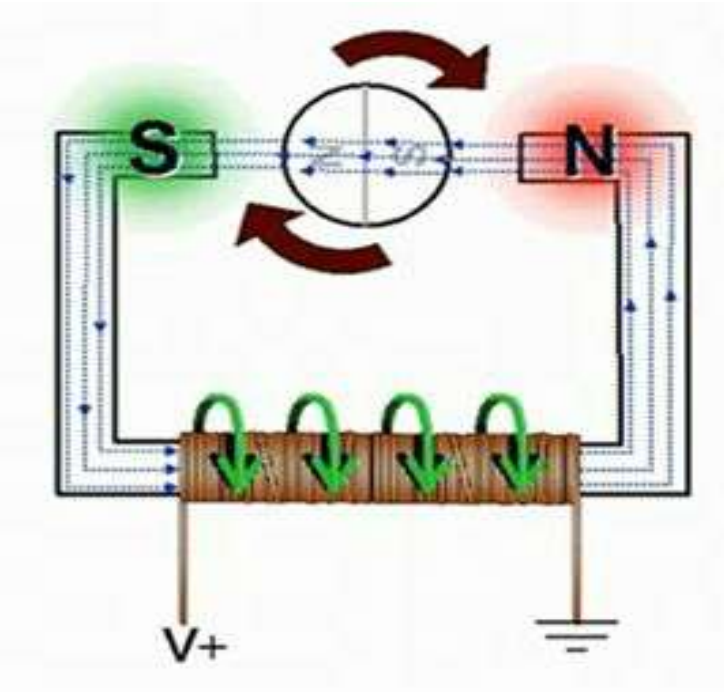
مبدأ عمله



تتحرك قطعة الحديد بين القطبين في أتجاه أقل ممانعة مغناطيسية (أقصر خطوط مغناطيسية).

تنشأ الحركة من كون العضو الدوار يتبع اتجاه أقل ممانعة مغناطيسية.

ويمكن تصور ملف كهربائي على حدوة حصان وتوجد قطعة حديد بين قطبيه



فبسبب قوة الممانعة فإن قطعة الحديد سوف تتخذ الموضع الذي تكون فيه الممانعة المغناطيسية أقل ما يمكن (أي يصل الـتأثير المغناطيسي أشده) .

ويشكل في محرك الممانعة قطبين في العضو الثابت وقطبين في العضو الدوار "حلقة" (مثلما في مثالنا) حيث يتحرك العضو الدوار بحيث تكون الممانعة المغناطيسية أقل ما يمكن (أي يكون القطبان موازيين لخطوط المجال المغناطيسي لأقطاب العضو الثابت).

الميزات

لمحرك الممانعة ميزة أن استهلاك الكهرباء يكون في العضو الثابت فقط ، وسهولة تبريده من الخارج .

ولذلك تستطيع محركات الممانعة العمل بشدة إذا لزم ذلك بين حين وآخر.

ونظرا للبنية البسيطة للعضو الدوار من دون ملفات أو مواد خاصة (مثلما تحتاجها مغناطيسيات ذاتية تدخل في موادها عناصر أرضية نادرة) ، فيمكن تكوين العضو الدوار من مادة صلبة تتحمل الدوران بأكثر من معدل الدوران الإسمي من وقت لآخر.

المساويء

من مساويء محرك الممانعة هو عزم دورانه النابض ، وهذا يختص بالمحرك الذي يكون فيه عدد الأقطاب صغيرا .

كما تنشأ فيه قوى شعاعية نابضة أيضا بين أقطاب العضو الثابت واقطاب العضو الدوار ، مما يؤثر على المحملات علاوة على بعض الضجيج الذي ينشأ بسبب النبض.

أنواعه

لمحرك الممانعة عدة أنواع تخضع لنفس نظرية العمل ولكنها تختلف في أجزاء وأهم أنواعه هو :

1-محرك الممانعة التزامني

و هو عملي وفعال بالنسبة إلى التطبيقات والأجهزة الصغيرة

2-محرك الممانعة المتناوب

مميزاته وعيوبه

يمتاز هذا المحرك بإن تركيبه بسيط ويخلو من الفرش والمغانط

يملك موثوقية عالية مقارنة بمحرك التيار المستمرومحرك التيار المتردد

يتمتع بعزم ابتدائي عال

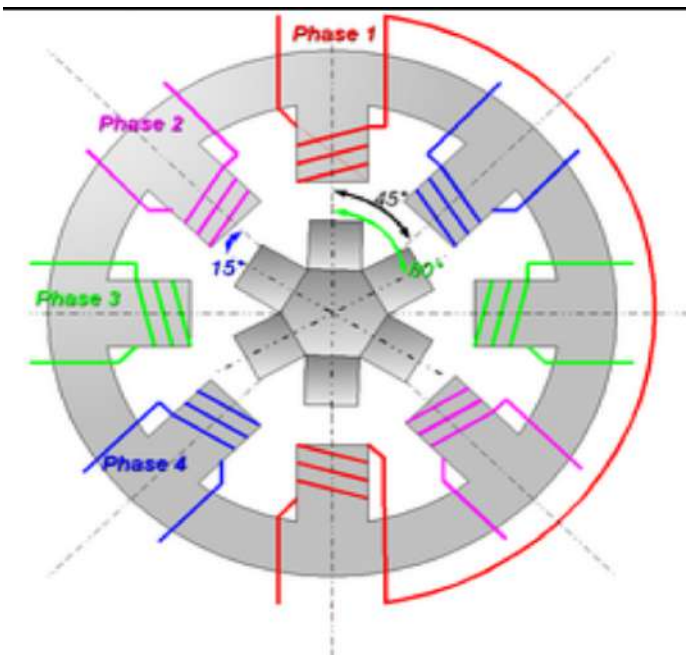
قدرته الكبيرة على التكيف وتحمل درجات الحرارة.

أما أبرز عيوبه فهي :

علاقة التيار مع العزم غير خطية, الأمر الذي يسبب مشاكل في عملية التحكم.

يسبب ضجيجا عاليا.

استخداماته



تناسب محركات الممانعة الاحجام المتوسطة من المحركات (بين 100 مليمتر إلى 300 مليمتر) و تحتاج إلى وقت قصير لتشغيلها .

ونظرا لبساطتها وبنيتها القوية فهي تناسب الأعمال في أوساط صعبة .

وهي لا تصلح كمحركات صغيرة الحجم حيث أن كثافة قوتها قليلة نسبيا وبهذا تكون كفاءتها منخفضة (نسبة عزم دورانها إلى حجمها)

ولا تصلح أيضا كمحركات كبيرة حيث أن كفاءتها منخفضة .

وحاليا توجد منها أنواع تعمل حتى 400 كيلو فولت أمبير.

يكثر استخدامها في صناعة المنسوجات حيث تقوم بامداد الخيوط بطريقة متزامنة .

كما تستخدم في السيارات الهجين التي تعمل فترة بمحرك كهربائي وتسير فترة بالبنزين .

ومن ميزات محرك الممانعة التزامني قلة تكلفة تصنيعه .

كذلك ما تحتاجه من إجزاء إلكترونية فقد انخفضت تكاليفا أيضا.
ويستخدم منها محركات للأجهز المنزلية مثل الغسالات الكهربائية و المكانس الكهربائية .

محرك الجر Traction motor:

هو نوع محرك كهربائي يقوم بتدوير مباشر لزوج من عجلات قاطرة أو عربة .

فهو محرك يستخدم في تحريك القطارات وعربات الترام و الترولييباص .

وهو يستخدم تيار ثلاثي الأطوار .

الأنواع

عندما كانت السرعات منخفضة في البداية اختلفت انواع محركات الجر بحسب نوع التيار الكهربائي المستخدم في تحريكها .

وكانت هناك أنواع تسير بالتيار المستمر أو بالتيار المتردد ذو الطور الواحد بتردد 17 هرتز أو 50 هرتز وكذلك نوع يسير بتيار ثلاثي الأطوار.

هذا التصنيف لا يستخدم الآن بالنسبة إلى القطارات الكهربائية الحديثة حيث يسود نظام واحد للتيار الكهربائي ، وبناء علي ذلك فتصنع محركات الجر لكي تناسبه .

وتختلف أنواع القطارات أكثر باختلاف الأجزاء الميكانيكية المصممة لها ، مثل نظام التعليق وأنظمة العجلات ، وكذلك الخصائص المتعلقة بنقل الحركة من المحرك إلى العجلات .

تصنيف بحسب التيار الكهربائي

طبقا للتطور التاريخي لابتكار الترام كان التيار الكهربائي يولد بحيث يلائم محركات الجر .

وبعد ذلك بابتكار الإلكترونيات التي تتحمل القدرات العالية فقد فقد هذا المطلب فاعليته ، حيث اصبح تحريك محركات الجر يستعين بمقومات التيار المتردد بصرف النظر عن نوع التيار المستخدم سواء كان تيارا مستمرا أم مترددا أم غير ذلك .

وتصف الفقرات التالية الحال طبقا للتطور التاريخي.

محرك تيار مستمر

يتمير محرك التيار المستمر بقوة عزمة الدوراني عند بدء الحركة .

ونظرا لانخفاض عدد دورات العجلات في الدقيقة فلا تنشأ صعوبات كثيرة بالنسبة إلى المبادل الكهربائي والتي تزداد مشاكلها بارتفاع السرعة .

يستمد محرك التيار المستمر التيار مباشرة من كابل كهربائي معلق ، واحيانا يمر التيار لوحدات تنظيم .

ولم تظهر تلك الطريقة اي مشاكل عند تشغيل الترام و مترو الأنفاق حيث توفر جهد كهربائي في حدود عدة مئات فولط عبر مسافات قصيرة .

أما بالنسبة إلى تسيير القطارات الكهربائية فكان من الأنسب لها استخدام جهود كهربائية عالية ، مع تطوير لمحركات الجر.

وارتفع جهد التشغيل بين 5و1 كيلوفولط و 3 كيلو فولط .

وفي حالة استخدام جهد كهربائي 3 كيلوفولط فهو يوصل بمحركين متتاليين بغرض خفض الجهد إلى النصف فيهما .

ولكن مع ذلك تبين أن تشغيل القطارات الكهربائية بالتيار المستمر عبر مسافات طويلة ليس اقتصاديا .

محرك التيار المتردد

يتميز محرك التيار المتردد أيضا بعزم دوراني كبير مثل محرك الجر التي يسير بالتيار المستمر . وقد أدى استخدامه لتشغيل القطارات إلى ابتكار محرك جر خاص يعمل بالتيار المتردد ، ويخفض من التكلفة حيث يمكن معه خفض الجهد الكهربائي للكبل الناقل المعلق .

يلزم لذلك تزويد القاطرةبمحول كهربائي كبير ، ومفتاح لتدرج الجهد بغرض خفض الجهد من 15كيلوفولط أو 25 كيلوفولط إلى جهد يناسب تشغيل المحرك .

وكان انتشار التيار المتردد المتداول في تشغيل المصانع يعد مشكلة بالنسبة إلى تشغيل القطارات .

فبالنسبة إلى محركات الجر الكبيرة كان هذا التردد يتسبب في جهد حث كبير في ملفات "المنطقة المتعادلة" ينتج منه أحيانا شرارات شديدة ، تستهلك فرش المبادل الكهربائي سريعا .

في عام 1912 تبين أن تلك المشكلة يمكن حلها عن طريق خفض التردد.

وبالفعل قامت في البلاد المتحدثة بالألمانية (ألمانيا والنمسا وسويسرا) باختيار تيار متردد بجهد 15كيلوفولط للقطارات بتردد ثلث التردد 50 هرتز ، أي 66و 16هرتز . وتلى ذلك أخذ البلاد ا لإسكندنافية بهذا التطوير في أنظمتها .

كما استخدمت بعض البلاد الأخرى جهود وترددات أعلى من ذلك ، مثلما في نظام 50 كيلوفولط ، وتردد 25 هرتز .

محرك تيار ثلاثي الأطوار

يتميز محرك تيار ثلاثي الأطوار الغير تزامني ببساطة تكوينه حيث لا يلزم توصيل التيار إلى العضو الدوار .

لهذا بدأ تشغيل محركات الجر منذ عام 1900 بتيار ثلاثي الأ طوار . ولكن ذلك اقترن بعدة مساويء: فمن جهة يمكن تشغيل محرك التيار ثلاثي الأطوار عند عدد دورات معينة في الدقيقة (سرعة معينة) تعتمد على تردد التيار ثلاثي الأطوار وعلى عدد أزواج الأقطاب لملفات المحرك .

وأمكن التحكم في السرعة عن طريق تدريج قدرة المحرك وتقسيمها إلى 7 مراحل كحد أقصى .

ومن الوجهة الأخرى كان توفير خط النقل المكون من ثلاثة كبلات أو كبلين اثنين (مع اتخاذ قضيب السكك الحديدية كقطب ثالث) من المسائل التي تلتزم عملا وتكلفة كبيرة .

كما أن من الوجهة التقنية فكان من الصعب مد كبلات النقل المعلقة عبر التفرعات والتقاطعات

وعلى الرغم من ذلك فقد بدأ نظام تشغيل القطارات بالتيار ثلاثي

الاقطاب في إيطاليا في عام 1904 ، وظل يعمل حتى عام 1976

.

منذ عام 1990 أمكن عن طريق مقومات التيار الحديثة مع تقدم تقنية الضبط الخاصة بقطارات الجر استخدام تيار ثلاثي الاطوار بترددات مختلفة ، ويستمد تيارها من تيار مستمر أو تيار متردد ذو طور واحد .

أدى ذلك إلى إمكانية تشغيل محركات جر ذات قدرة عالية وعالية ا لاستدامة مع تنظيم مستمر سلس لسرعة الدوران .

آلة قطب ذراعي :(Salient pole machine

هي آلة كهربائية دوارة تعمل عادة كآلة تيار ثلاثي الأطوار

ونادرا ما تعمل بتيار ذو طور واحد (التيار الكهربائي المنزلي ذو طور واحد)

وهي مصممة لكي تعمل بعدد دورات قليلة في الثانية .

وتنتمي آلة القطب الذراعي إلى أكبر أنواع الآلات الكهربائية .

منها الآلات الكهربائية الكبيرة الضخمة التي تستخدم في توليد الكهرباء من السدود المائية مثلا .

وطبقا لبنيتها البسيطة فهي تعتبر أقل تكلفة من آلة تزامن.

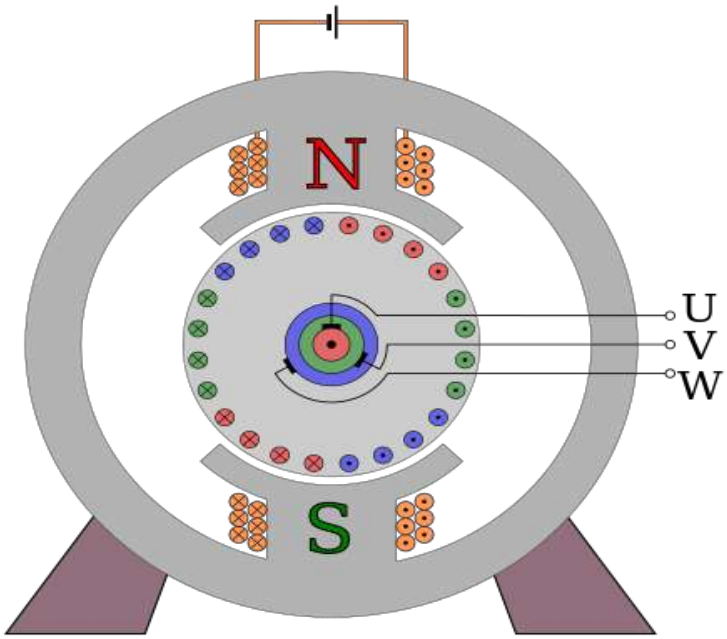
ولذلك فهي كثيرة الاستعمال (منها الكبير والصغير) من بين الآلات التزامنية وهي تعمل ب إثارة مغناطيسية.

تتكون الآلة من عضو ثابت و عضو دوار كما هو الحال في المحرك الكهربائي .

ويوجد منها نوعان :

آلة ذات قطب خارجي:

ال Uو V, و W هي ثلاثة ملفات موزعة دائريا بينها زاوية 120° . تيار ثلاثي الطور يغذي العضو الدوار.



وهي تشبه في بنيتها بنيةمحرك تيار مستمر.

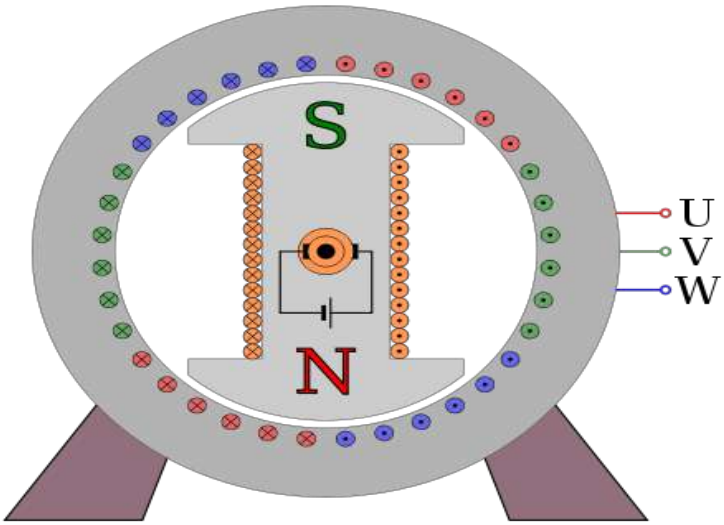
يوجد المغناطيس الذي يحدث الإثارة في العضو الثابت .

وبناء على ذلك توجد الأقطاب التي تعمل بتيار مستمر في العضو الثابت ، وأما ملفات التيار ثلاثي الأطوار فهي موجودة في العضو الدوار.

وتوزع ملفات الاقطاب على دائرة العضو الثابت لزيادة الكفاءة.

ويتكون العضو الدوار من شرائح حديدية. وتوصل التيارات ثلاثية ا لأطوار إلى ملفات العضو الثابت عن طريق حلقات معدنية .

آلة ذات قطب داخلي:



ال Uو V, و W هي ثلاثة ملفات موزعة دائريا بينها زاوية 120° تيار ثلاثي الطور يغذيالعضو الثابت. (المغناطيس

S; N كالذراعين ، ومنه تأتي تسمية الآلة).

يتكون عضو الثابت من ملفات موزعة عليه دائريا وهي تغذى بتيار ثلاثي الأطوار . ، و يوجد القطب المغناطيسي الذي ينتج الإ ثارة في العضو الدوار . ويتكون العضو الدوار من قضيب سميك

من الحديد تمثل ذراعين يشكلان قطبي المغناطيس. ملفوف عليه ملفات إثارة .

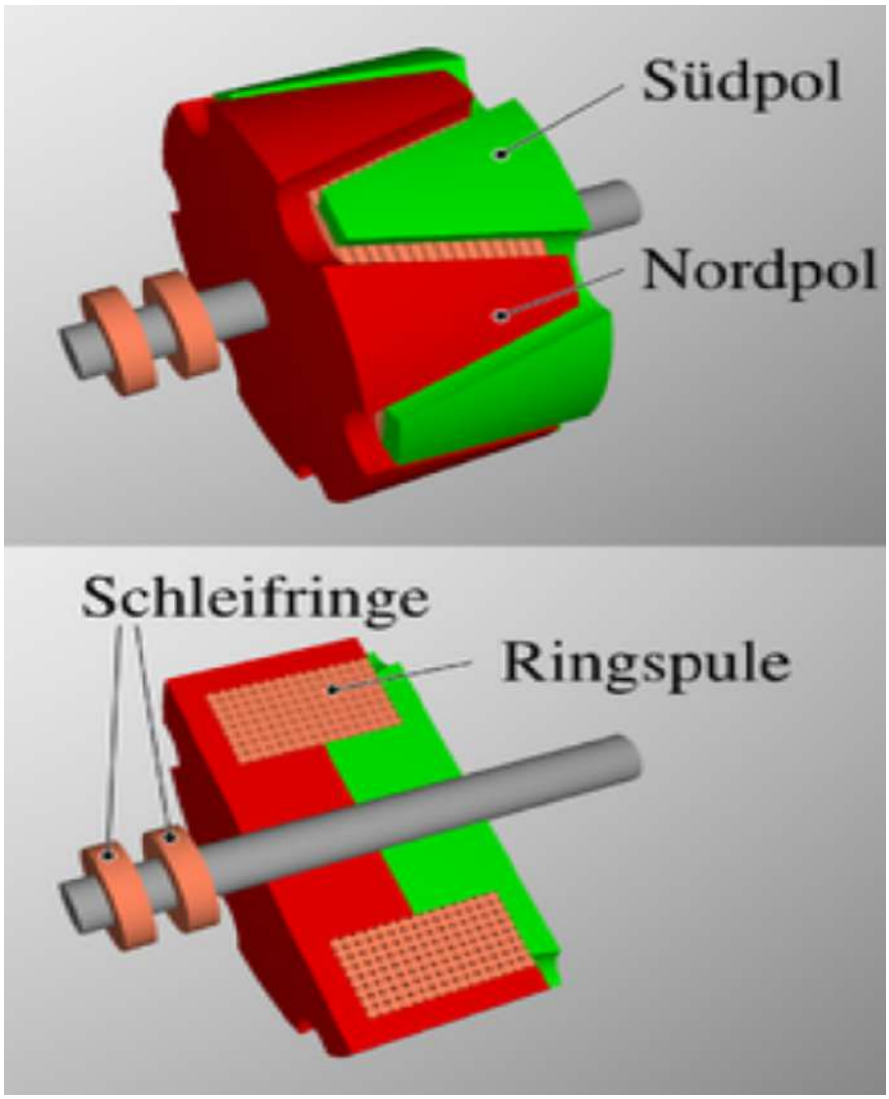
هذا القضيب يمثل ذراعي دائرة مغناطيسية

كما يمكن زيادة عدد أزواج الأقطاب

يغطي قطب العضو الدوار قطب العضو الساكن بنسبة بين 55و 0 في الآلات الصغيرة إلى 75و 0للآلات الكبيرة .

ولا تستخدم نسب أكبر من 75و0 لأنها تسبب في الأقطاب .

وتستخدم الآلة ذات القطب الداخلي مثلا في السيارة.



بالنسبة إلى نوع الآلة ذات القطب الداخلي فهي تستخدم في الآلات الكبيرة حيث أن توصيل التيار ثلاثي الأطوار عن طريق حلقات التلامس تكون غير عملية .

تركب على القطب الذراعي للمحركات ملف بغرض بدء التحريك ، وأما في مولد كهربائي فيزود القطب الذراعي أحيانا بملف بغرض تهدئة الدوران .

تستخدم لملفات العضو الثابت كبلات مغطاة (معزولة) بألياف مجدولة من بولي إثيلين لبذلك يمكن انتاج مجال مغناطيسيا يصل إلى 10 كيلوفولط / مليمتر.

فيمكن لمولد كهرباء بتلك الكبلات في العضو الثابت إنتاج كهرباء عالية الجهد .

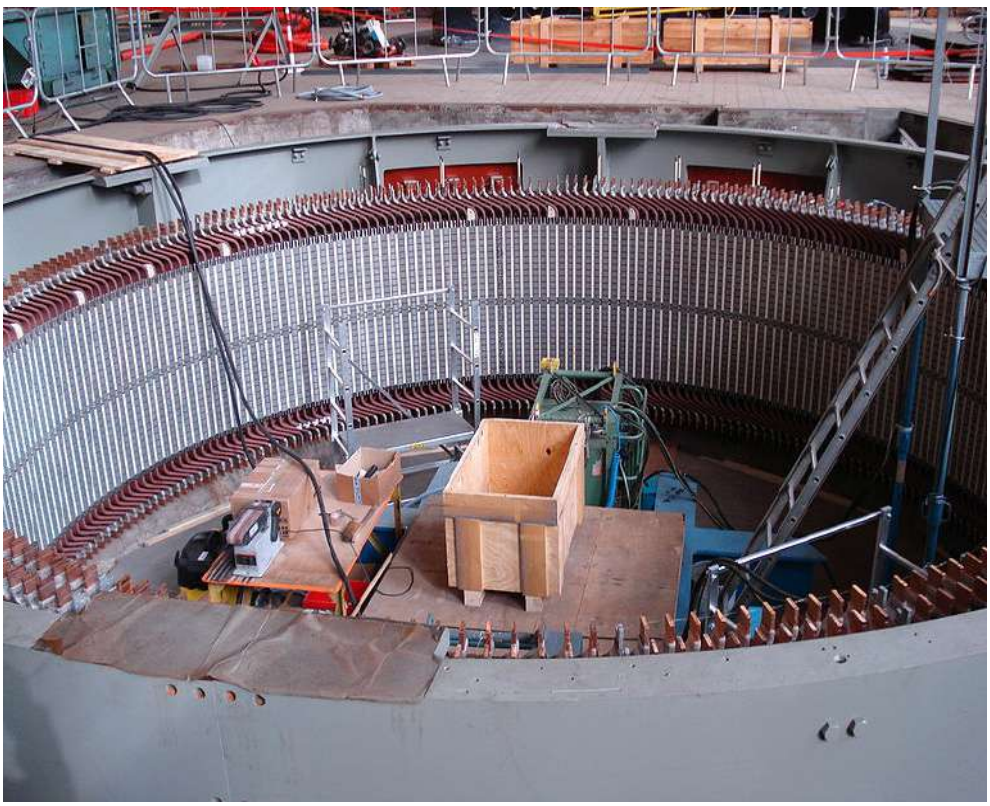
ولكي تعمل الآلة بسرعة بطيئة (عدد دورات منخفض/الدقيقة) تزود الآلة بعدد كبير من عدد أزواج الأقطاب .

وأقل عدد أزواج الأقطاب تستخدم في تلك الآلة هو 3 أزواج أقطاب ، واقصى عدد هو 50 من أزواج الأقطاب.

يحتاج مثل هذا العدد الكبير من أزواج الأقطاب إلى مكان كبير .

ولهذا نجد أن آلات القطب الذراعي لها أقطارا كبيرة ، تصل أحيانا إلى 15 متر .

ولذلك يكون وضع الآلة أفقيا وأما محور الدوران فيكون رأسيا . (سواء عند توليد الكهرباء أو إدارة ماكينات أخرى).



سرعة الدوران

تصمم آلات القطب الذراعي غالبا يتكمون سرعتها 1000 دورة في الدقيقة على الأكثر.

ويمكن أن يكون التصميم لسرعات منخفضة حتى 60 دورة في الدقيقة .

وتصنف آلات القطب الذراعي بحسب سرعاتها ، فمنها دو عضو دوار بطيئ بسرعات أقل من 125دورة في الدقيقة ، وعضو دوار سريع يدور بسرعات اٰلى من 125 دورة في الدقيقة .

في حالة مولد كهربائي لتوليد الكهرباء من سد مائي تكون سرعة الدوران 250 دورة في الدقيقة وهي تعد من النوع السريع . .

كما توجد أنواع من الآلة تصل سرعاتها إلى 20.000 دورة في الثانية وهي تسمى "مولد قطب مخلبي " .

هذا النوع تكون صغيرة الحجم . .

الأحجام

عندما تصمم آلات القطب الذراعي البطيئة فيمكن بسبب سرعة الدوران البطيئة بناء العضو الدوار بقطر يصل نظريا إلى 20 متر ، إلا هذا الحجم يصعب التحكم في درجة صلابته ودرجة تمدده .

وبسبب الصلابة الميكانيكية للعضو الدوار فتحدد سرعته بين 70 إلى 90 متر في الثانية.

كما تركب مثل تلك الآلات في الموقع الذي ستعمل فيه حيث أن نقلها وهي جاهزة غير ممكن .

وبالنسبة إلى آلات يمكن نقلها فيلعب وزن العضو الدوار وحجمه دورا مهما .

تعد أكبر آلات قطب ذراعي في العالم هي الـ 14 مولدات كهربائية لسد الممرات الثلاثة في الصين . تبلغ قدرة كل مولد منها 750 ميجا واط أمبير عند الدوران بسرعة 75 دورة/دقيقة .

يبلغ القطر الخارجي للدوار 22 متر ويزن نحو 1800 طن.

مولدات السدود المائية

بغرض تشغيل ألة قطب ذراعي لتوليد الكهرباء من سد مائي ، تبنى الآلة بحيث يكون محور دورانها رأسيا ، ويوصل بمحور الآلة التوربين المائي الذي يدير العضو الدوار .

وأحيانا يكون التوربين المائي فوق المولد ومتصلين ببعضهما البعض بواسطة المحور .

من هذا الصنف من الآلات مولد سد هوفر في الولايات المتحدة.

ويوجد نوع خفيف وتكلفته أقل ويسمى "المولد المظلي" وفيه يتصل محوري التوربين و الدوار ، ويبدو فيه المولد كما لوكان " مظلة " .

المولدات المظلية تكون عادة من ذوي القدرة الصغيرة نسبيا ، بقدرة نحو 30 ميجا واط أمبير.

وتأتي تكلفته البسيطة من أن التوربين متعلق بمحور الدوار للآلة المظلية .

بالتالي تكون تحميل المحور أقل .

إلا أن المولد المظلي يحتاج لعملية صيانة كبيرة حيث يكون ليسم السهل استبدال المحمل .

تم بحمد الله ومنه وكرمه الإنتهاء من كتاب المحركات الكهربائية

فما كان من صواب فمن الله وما كان خطأ فمني ومن الشيطان

كتبه وأعده

أخوكم عقيل محمد فني كهرباء