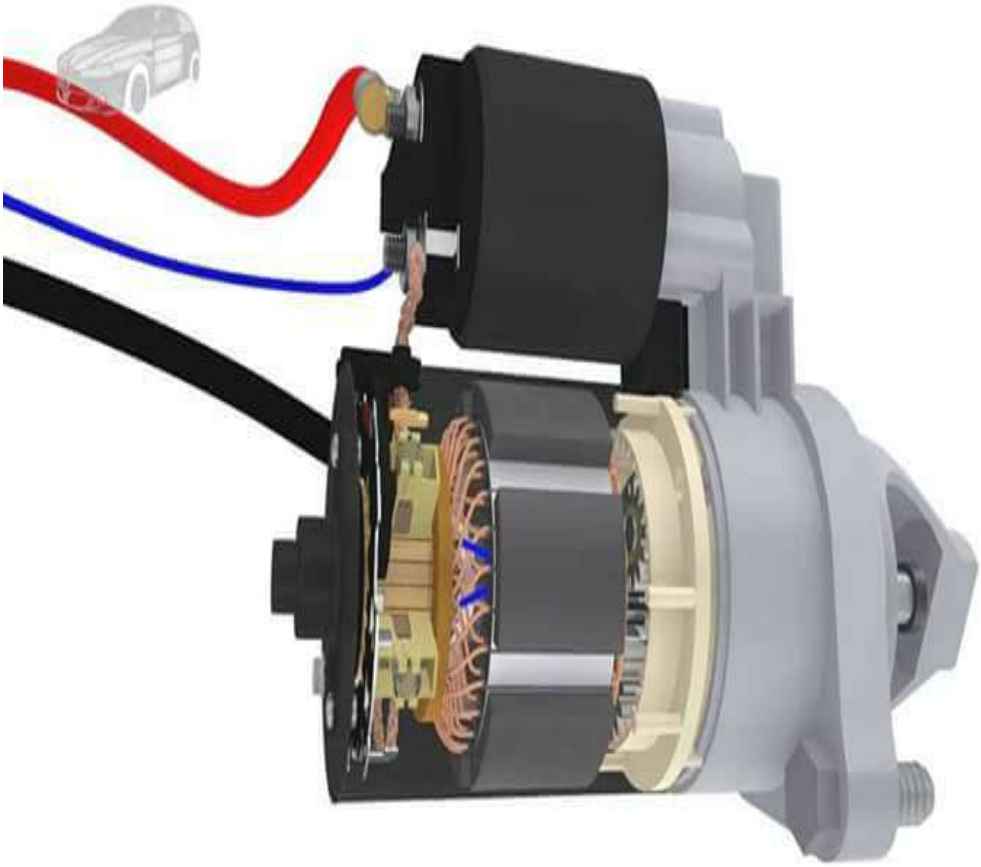
المختصر في
محركات التيار المستمر



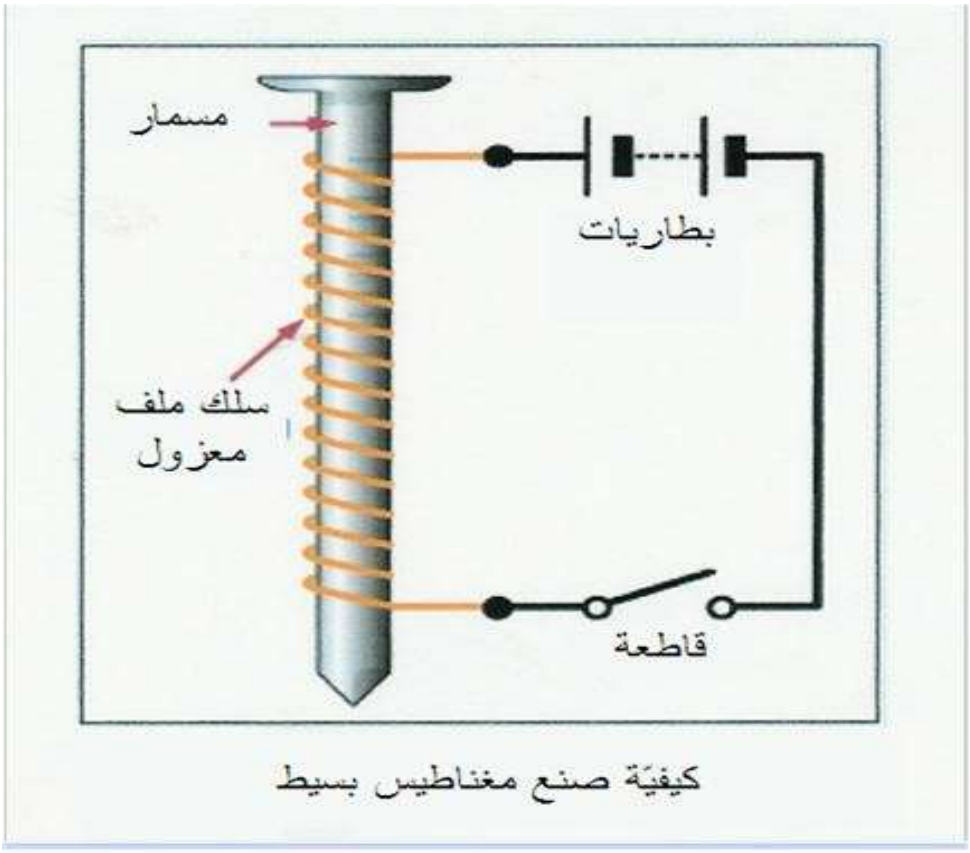
إعداد

عقيل محمد فني كهرباء

نبذة تاريخية عن تطور المحركات

بدأ تطوير المحركات الكهربائية في بداية القرن التاسع عشر باكتشاف المغناطيس الكهربائي

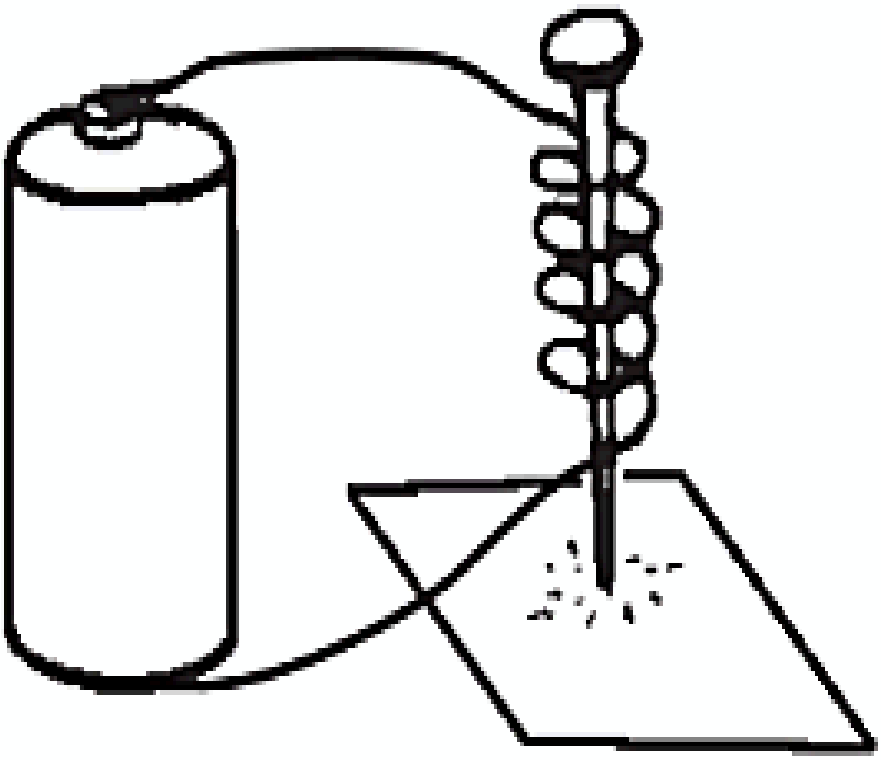
ففي عام 1820م اكتشف الفيزيائي الدنماركي هانز كريستيان أورستد أن السلك الذي يمر فيه تيار كهربائي يولد حوله مجالا مغناطيسيًا (حول التيار)



كيفيّة صنع مغناطيس بسيط

وعند مرور التيار في سلك حلقي (مشكل في هيئة حلقة) فيكون المجال المغناطيسي المتولد أكثر شدة في داخل الحلقة ويكون اتجاه المجال عموديا على مستوى الحلقة .

وفي أواخر العشرينيات من القرن التاسع عشر، أوضح الفيزيائي الأمريكي جوزيف هنري أنه يمكن ابتكار مغناطيس كهربائي أكثر قوة بلف عدة لفات من الأسلاك المعزولة حول قطعة من الحديد ، أي تسلك مسلك المغناطي

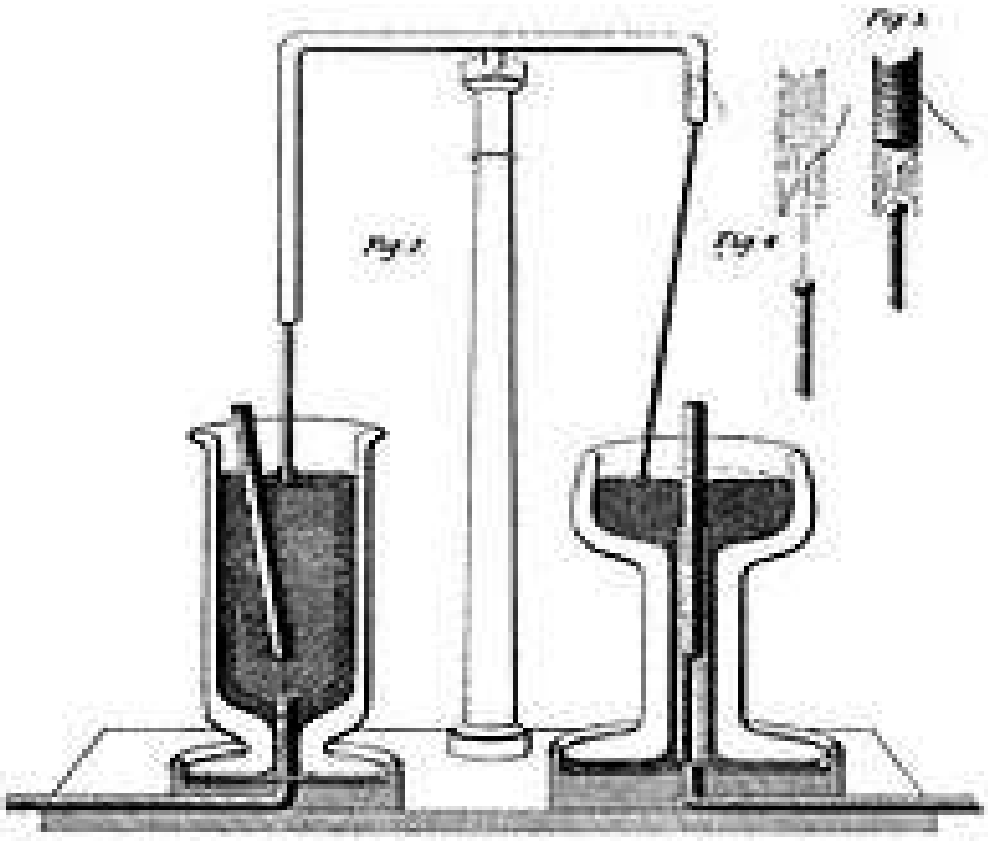


Simple Electro-magnet

عام 1821م ، قام الفيزيائي الإنجليزي مايكل فارادي بتعليق سلكا من النحاس وأغطسه في وعاء به زئبق ، وكان في الزئبق قضيب مغناطيسي

فلما مرر فاراداي تيارا كهربائيا في السلك فوجد أنه بدأ يدور حول المغناطيسي القائم في الزئبق

وتبين لفاراداي أن التيار الكهربائي تسبب في نشأة مجال مغناطيسي دائري حول السلك



وفي عام 1827 اجرى الفيزيائي المجري "أنيوش يدليك" تجربة استخدم فيه الملفات السلكية .

وقام بتعديل في التجربة بحيث تكون المحرك من

ثلاثة عناصر لمحرك يعمل بالتيار المستمر:

عضو ثابت و عضو دوار ، و مبادل كهربائي

هذا الجهاز لا يستخدم مغناطيسا ذاتيا ، وإنما ينتج المجالان المغناطسيان من التيارين الكهربيين المارين في لفات العضو الثابت ولفات العضو الدوار

وفي عام 1873م ، ظهر أول محرك تيار مستمر ناجح تجاريا، حيث عرضه مهندس كهربائي بلجيكي يُدعى زينوب ثيوفيل جرام في فيينا.

وقدم جرام أيضاً حافظة من شأنها تحسين كفاءة المحركات والمولدات الكهربائية البدائية

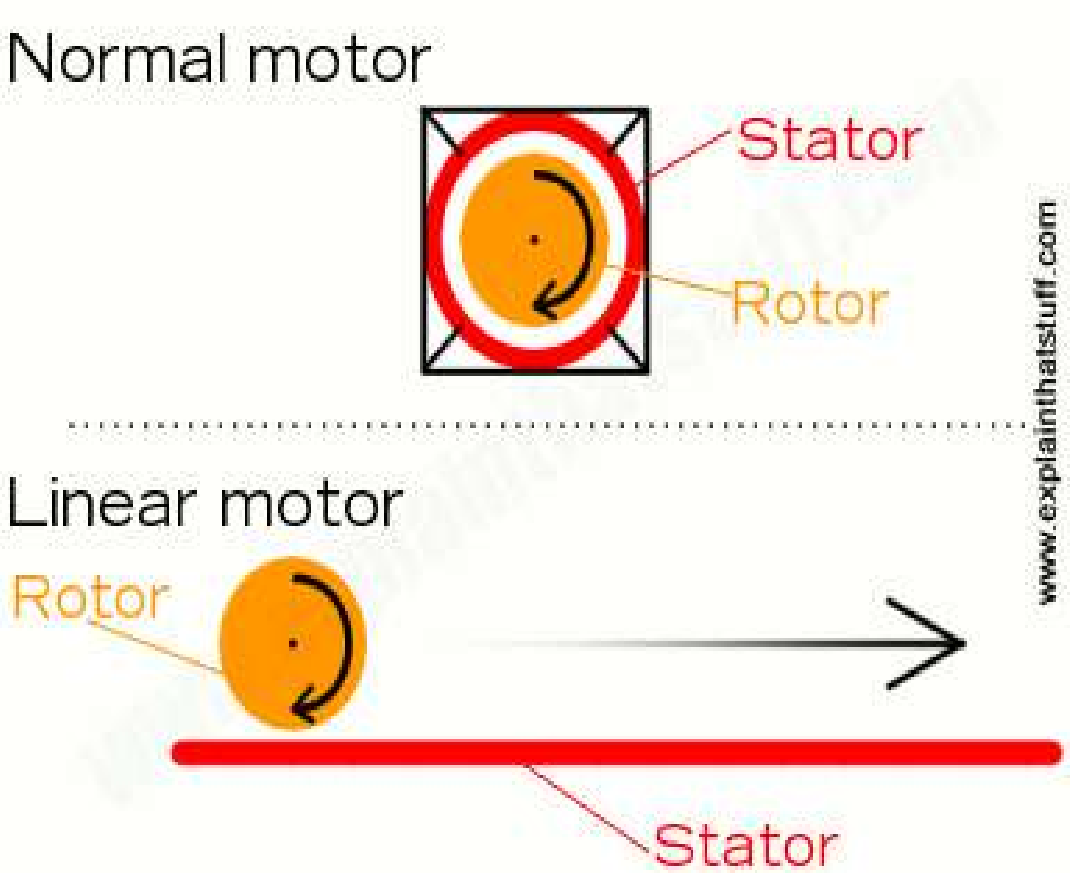
وفي عام 1888م ، اخترع مهندس صربي الأصل يدعى نيكولا تسلا محرك التيار المتناوب

وفي بداية القرن العشرين الميلادي، تم تطوير كثير من المحركات الكهربائية المتقدمة

وفي العقد الأول من القرن العشرين، أجرى العديد من المهندسين والمخترعين تجارب مع المحركات الكهربائية الخطية

فبدلا من الدوران تنتج مثل هذه المحركات موجة كهرومغناطيسية تستطيع مباشرة تسيير عربة.

وأصبح استخدام المحرك الخطي أكثر شيوعاً بفضل العمل الرائد للمهندس الكهربائي إيريك ليثويت في الخمسينيات والستينيات من القرن العشرين



محركات التيار المستمر

مكونات محرك التيار المستمر

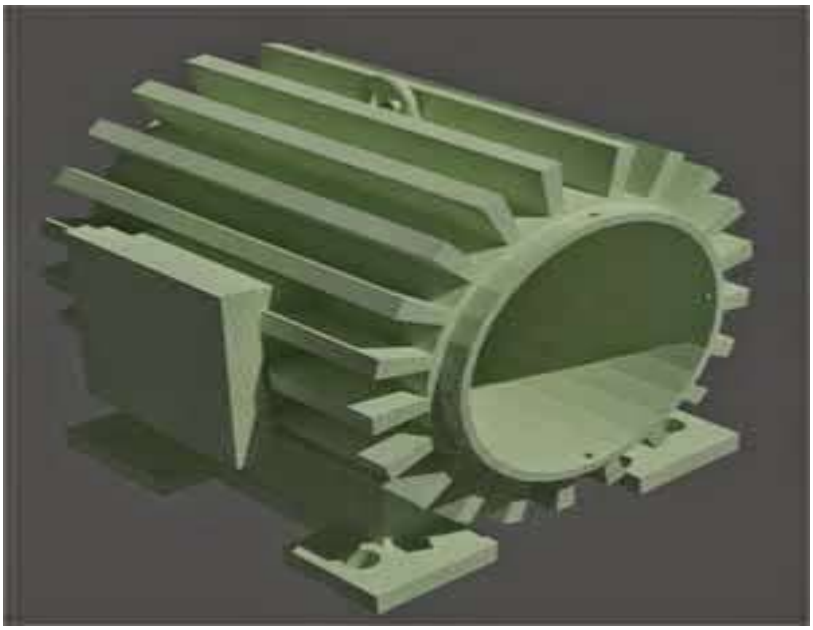
يتكون المحرك الكهربائي بشكل عام من :

1-العضو الساكن stator:

ويتكون من العناصر التالية:

الاطار الخارجي او الهيكل (الاطار)

وغالبا ما يتم صناعته من الحديد الزهر او المطاوع او من رقائق الصلب

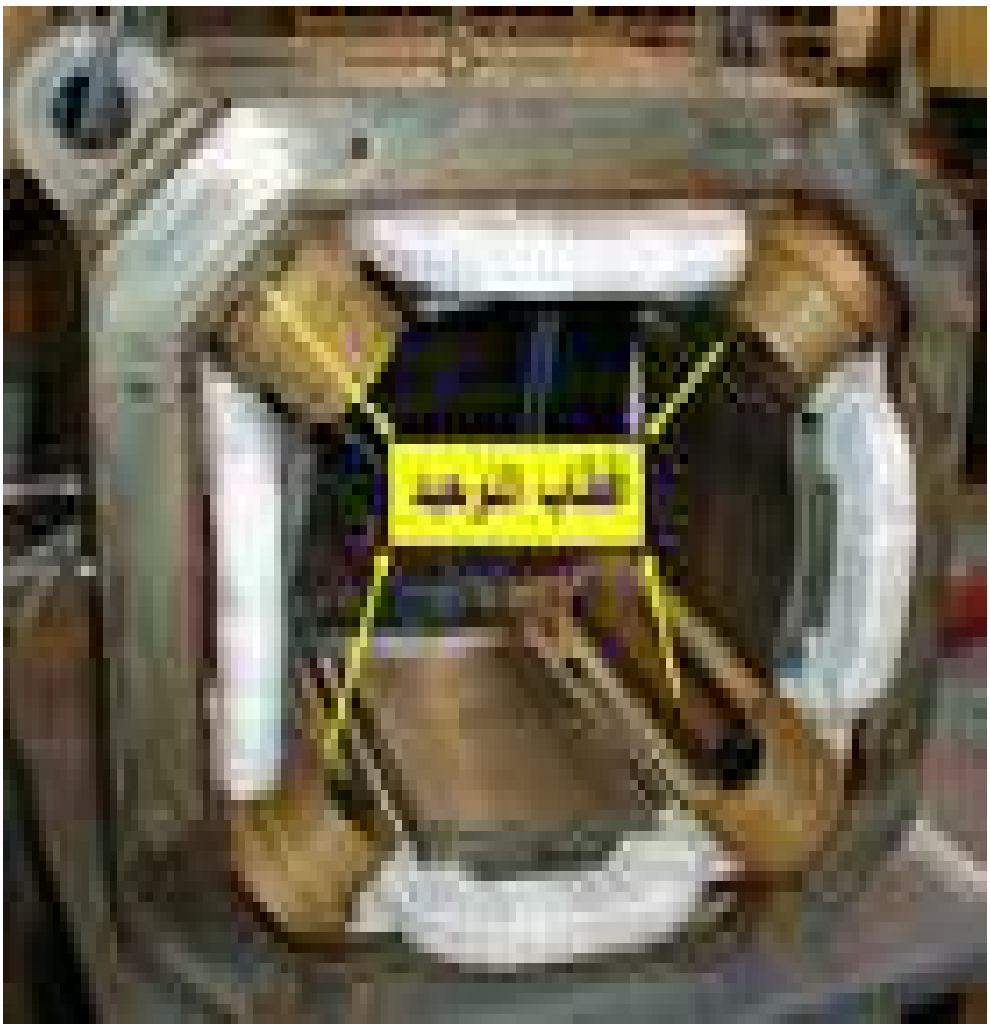


الأقطاب الرئيسية :

وتصنع من رقائق (صفائح) الصلب ويتم تثبيتها في الإطار الخارجي ويركب عليها واجهة للقطب تسمى (بحذاء) القطب Pole Face Shoe

أقطاب التوحيد :

تشابه الاقطاب الرئيسية ولكن حجمها اقل وتوجد في المسافة الواقعة بين الاقطاب الرئيسية وتثبت في الا طار الخارجي ويلف حولها ملفات تسمى بملفات التوحيد



ملفات المجال :

وتقسم هذه الملفات لنوعين :

ملفات مجال التوالي

ملفات مجال التوازي

ووظيفة هذه الملفات العمل على توليد المجال المغناطيسي عند مرور التيار الكهربائي بها، وتلف هذه الملفات حول القطب وتصنع هذه الملفات من اسلاك النحاس المعزولة بمادة الورنيش او من الشرائح النحاسية كما في المحركات الكبيرة.

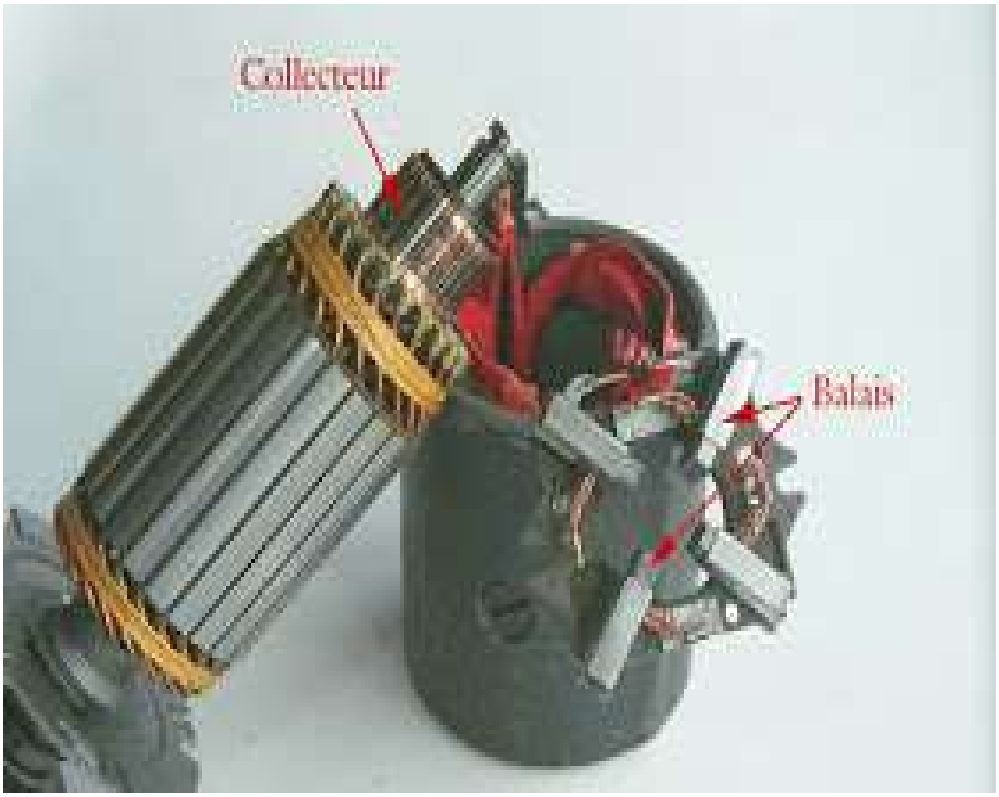
ملفات التوحيد :

ووظيفة هذه الملفات العمل على تقليل مشاكل التوحيد وهي تلف حول اقطاب التوحيد.

2-العضو الدوار المنتج (Armature) :

هو عنصر الحركة في محركات التيار المباشر ويصنع من الصلب على شكل رقائق تعزل لتقليل المفاقيد المؤدية لفقد جزء من قدرة الآلة على شكل حرارة والتي تسبب تلف المادة العازلة لملفات المنتج، وبالتالي تلف ملفات المنتج.

يركب المنتج على عمود الإدارة ويوجد على طول القلب المعدني مجاري (شقوق) توزع فيها ملفات نحاسية معزولة لتولد فيها القوة الدافعة الكهربائية (ق د ك)



ويتكون المنتج من الاجزاء الاتية :

عضو التوحيد (المبادل) :

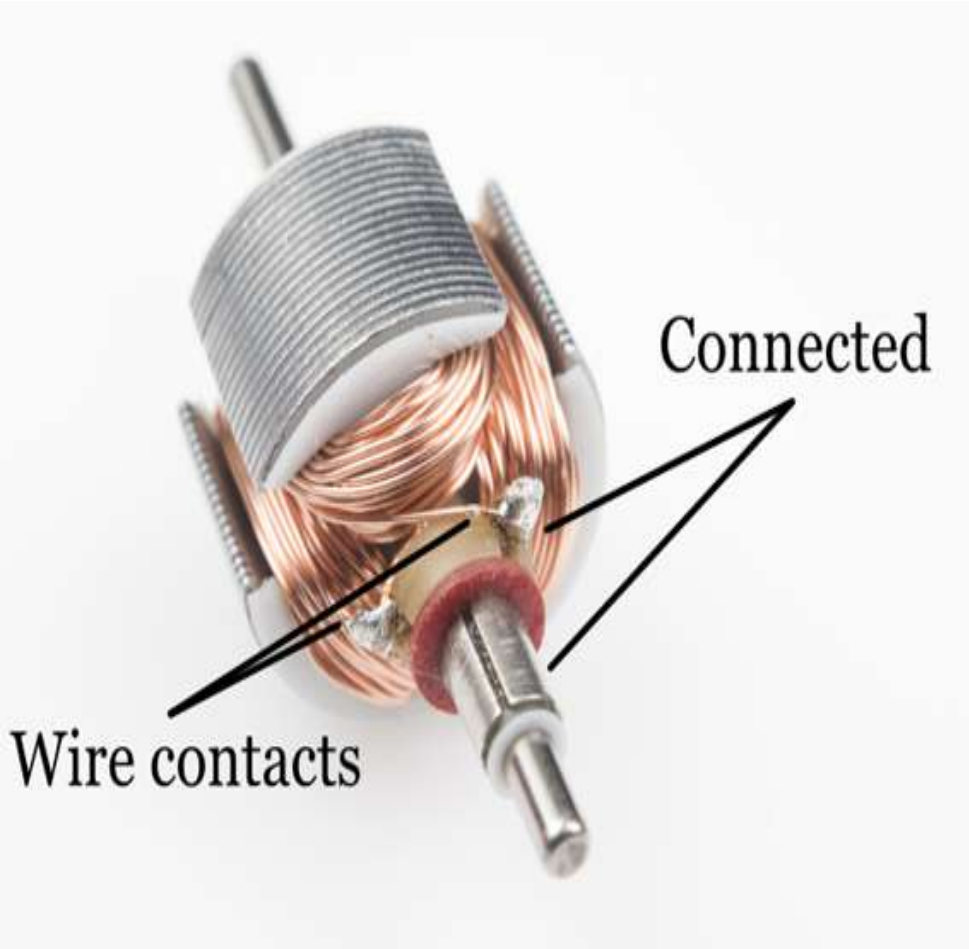
وهو عبارة عن مجموعة من القطع النحاسية المصنوعة من النحاس الاحمر الموصل الجيد للتيار الكهربائي، وفي نهاية كل نحاسة جزء صغير على شكل حرف u وفيه تثبت بداية ونهاية ملفين مختلفين من ملفات المنتج وتستخدم المايكا كمادة عازلة بين قطع الموحد

ووظيفة الموحد(المبادل) عكس اتجاه التيار في ملفات المحرك حتى يستمر في دورانه في اتجاه واحد.

يستخدم عادة نابض داخل حامل الفرش الكربونية ليضغط على الفرش ليعطي تلامسا جيدا بين الفرش وقطع المبادل.

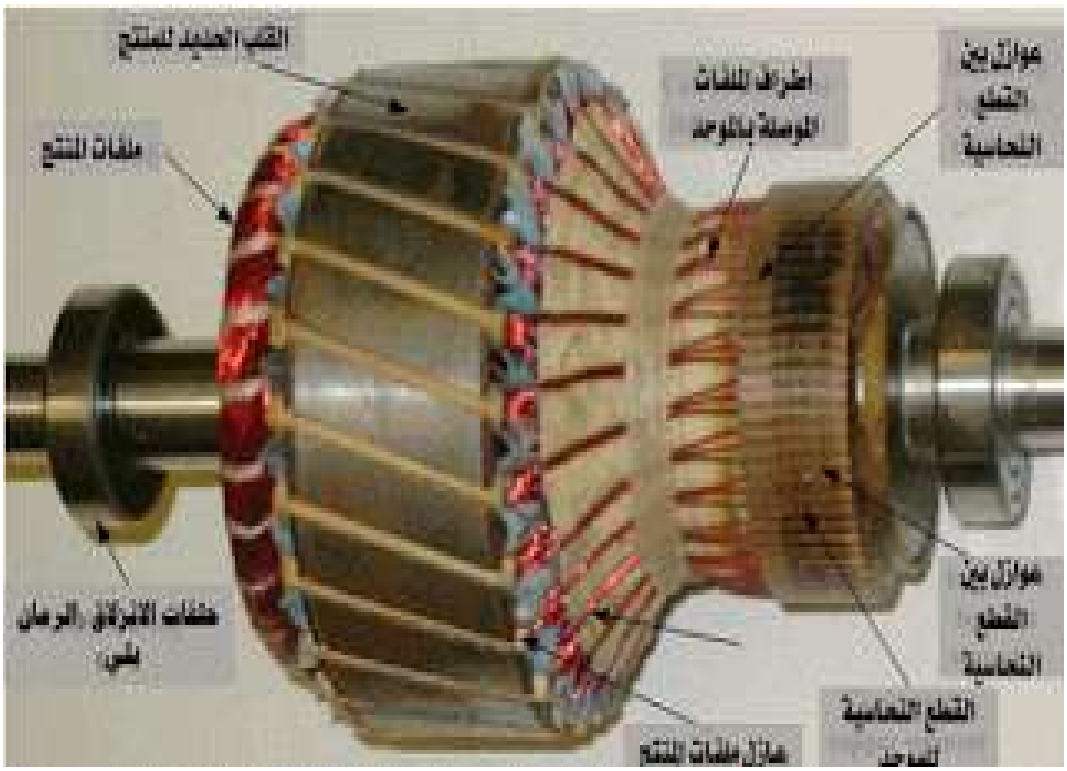
قلب المنتج :

وهو عبارة عن جزء اسطواني مصنوع من رقائق الصلب المضغوطة مع بعضها البعض ومعزولة كهربائيا بوساطة طبقة من الورنيش وذلك لتقليل مفاقيد التيارات الدوامية ، ويوجد على محيط المنتج مجاري توضع بها ملفات المنتج



ملفات العضو الدوار:

وهي عبارة عن مجموعة من الملفات والملف الواحد عبارة عن مجموعة من المصلات ويتم وضعها في مجاري المنتج وتثبت الملفات داخل المجاري بواسطة عوازل مناسبة وذلك لحمايتها من القوة الطاردة المركزية اثناء الدوران وحتى لا تخرج الملفات من المجاري ويراعى ان يكون توزيعها منتظما حول محيط العضو الدائر وتوصل نهايات هذه الملفات بالقطع النحاسية المكونة للموحد



الفرش الكربونية :

تعمل الفرش الكربونية على ايصال التيار الكهربائي الى ملفات المنتج عبر الموحد. وتصنع من الكربون النقي او خليط من النحاس الاحمر والكربون.
وتركب على حامل خاص بها ويضغط عليه بوساطة زنبرك (نابض) لضمان التلامس الجيد بينها وبين نحاسات الموحد(المبادل)

الغطاءان الجانبيان :

يصنع الغطاءان من نفس المعدن المصنوع من الهيكل الخارجي ويثبتان بوساطة براغي بصواميل والفائدة منهما حمل العضو الدوار (المنتج) بيحث يدور دوران منتظم ولا يحتك بالعضو الساكن ويحتوي كل من الغطاءان الجابينان على كراسي محور (بوكسات او بيل)

مروحة التبريد :

ووظيفتها تبريد ملفات المحرك.

وتركب احيانا خلف المحرك او امامه

كراسي المحور :

وتكون غالبا بالغطاءين الجانبيين وهي التي تحمل العضو الدوار وتعمل على اتزانه وتسهل حركة دورانه وتجعله في وضع يسمح له بحرية الحركة ويوجد نوعان لكراسي المحور:

أ- البوكسات (الجلب)

ب- البيل (رولمان البلي)

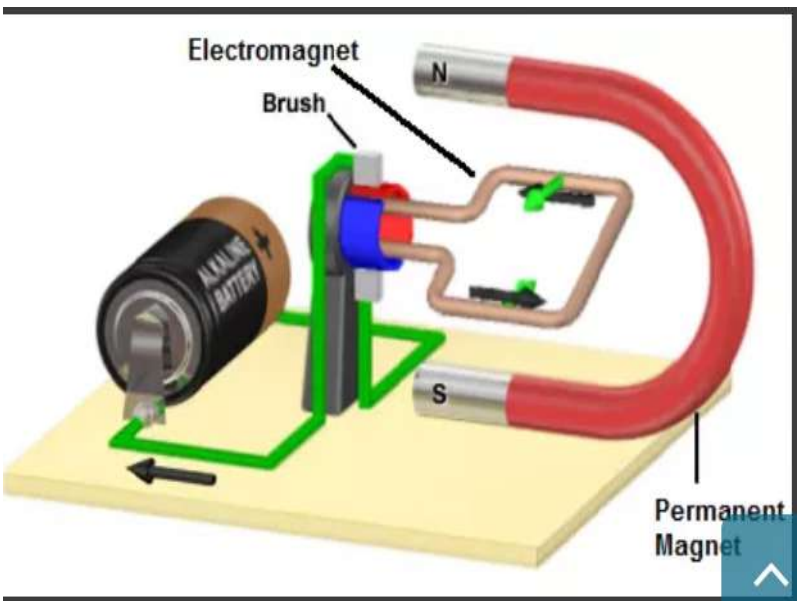
شرح نظرية عمل الأجزاء الرئيسية لمحرك التيار المستمر

يتكون المحرك الكهربائي البسيط من موصل كهربائي دوار (عضو دوار)، موضوع بين قطبين شمالي وجنوبي لمغناطيس ثابت في شكل حدوة الحصان

ويعرف الموصل باسم العضو الدوار (ويسمى أحيانا الحافظة: حافظة (غلاف الأرماتور)

بينما يعرف المغناطيس الثابت باسم بِنْيَة المجال (العضو الثابت)

و هناك أيضًا المبادل الكهربائي المثبت على محور العضو الدوار ويمد لفات العضو الدوار بالتيار



أقسام محركات التيار المستمر

تقسم محركات التيار المستمر من حيث العضو الدوار الى نوعين:

-عضو دوار مغناطيس منتج (ذات فرش)

-عضو دوار مغناطيس دائم (بدون فرش)

اولا :المحركات ذات العضو الدوار المغناطيس المنتج (ذات الفرش)

هناك ثلاثة أنواع رئيسية منها وهي:

1- محركات التوالي

2-محركات التوازي

3-المحركات المُركبة

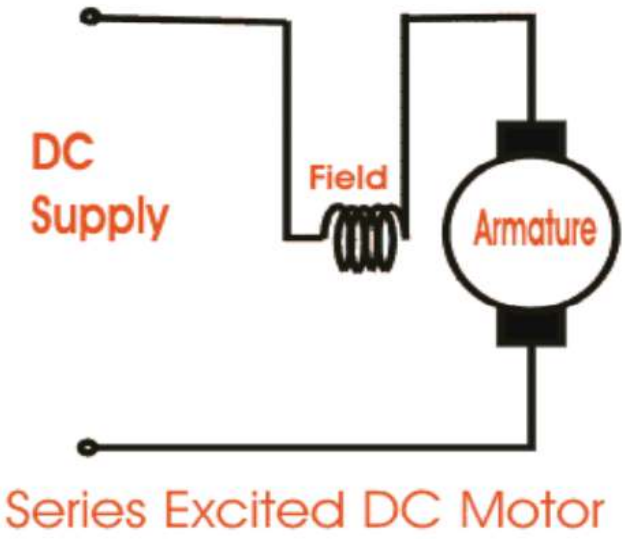
والاختلاف الرئيسي فيما بينها هو في ترتيب الدائرة بين العضو الدوار وبين العضو الثابت

ا- محركات التوالي:series dc motors

توصل ملفات المجال field winding ذات المقطع الكبير وعدد اللفات القليلة

على التوالي مع ملفات المنتج armature، وبالتالي فإن التيار الساري بالمنتج هو نفسه التيار الذي يسري بملفات المجال

وعندما يسري التيار خلال البنية بهذا الترتيب يزيد قوة المغانط. وتبدأ محركات التوالي العمل سريعاً ، حتى وإن كانت تعمل على حِمْل ثقيل ، رغم أن هذا الحمل سيقلل من سرعة المحرك



Series Excited DC Motor

عزم الدوران في محرك التوالي:

يتناسب عزم الدوران في هذا المحرك تناسبا طرديا مع مربع تيار المنتج

خواص محرك التوالي

1-عزم بدء الدوران كبير

2-سرعته تقل كلما زاد تيار الحمل وتزيد كلما قل

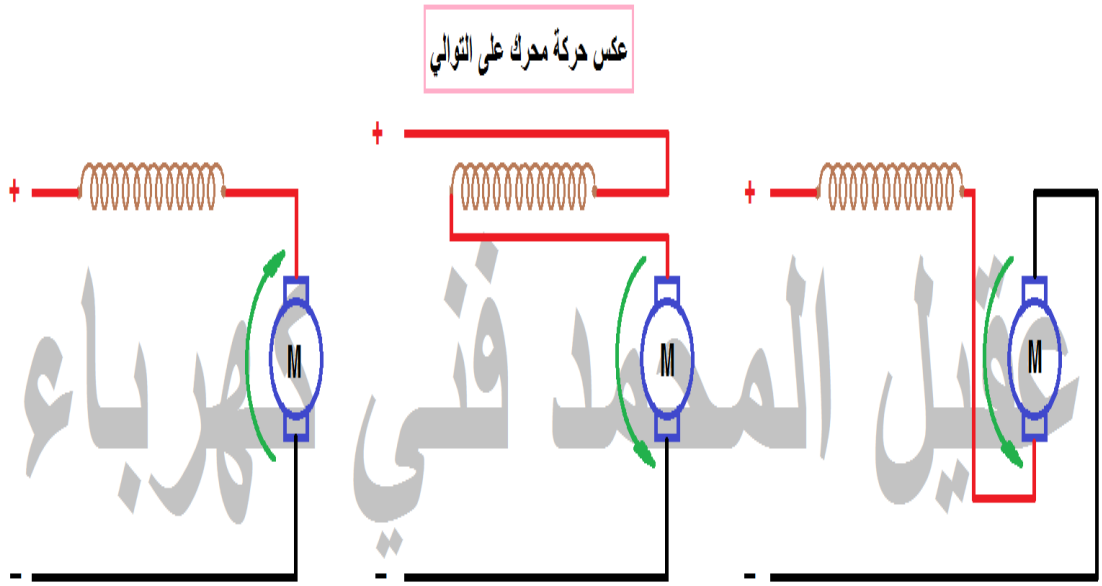
3-تتخطى سرعته السرعة المقننة عند اللا حمل ولذلك يجب عدم دورانه بدون حمل حتى لا يتعرض للتلف

عكس حركة محرك التوالي:

تعكس حركة هذا المحرك بطريقتين:

ا-بعكس اتجاه تيار المجال field current مع ثبات اتجاه تيار عضو الاستنتاج Armature current

ب- بعكس اتجاه تيار عضو الاستنتاج مع ثبات اتجاه تيار المجال



عقيل المعهد فني كهرباء

استخدامات محرك التوالي:

يستعمل في آلات الجر الكهربي مثل الترام و المصاعد والروافع

2- محرك التوازي :Shunt dc Motor

في هذا المحرك تكون ملفات المجال ذات مقطع صغير وعدد لفات كثيرة موصولة على التوازي مع ملفات المنتج

حيث يبقى الفيض المغناطيسي ثابتا مهما تغير تيار المنتج. وبما أن فولطية المصدر ثابتة، فإن التغير في السرعة يكون قليلا .

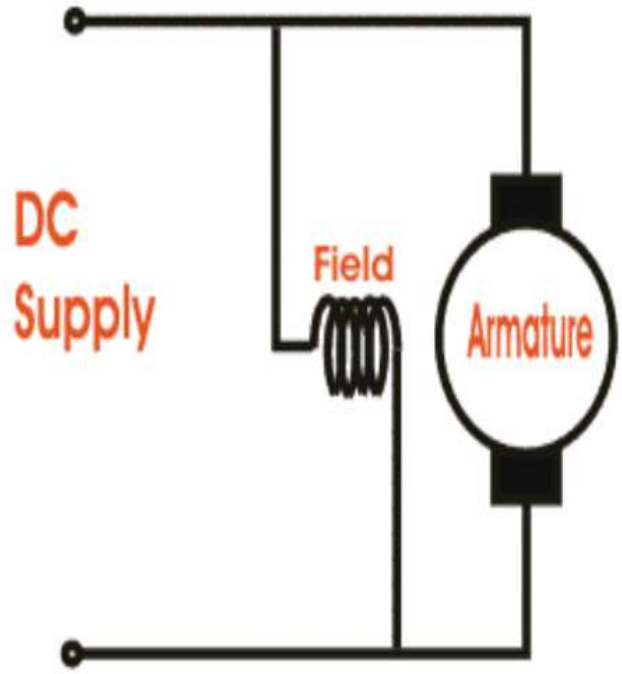
يُوصّل كل من مغناطيس المجال والعضو الدوارعلى التوازي ويسري جزء من التيار خلال المغناطيس الكهربائي بينما يسري الجزء الآخر خلال ملف العضو الدوار

يلف سلك رفيع معزول حول مغناطيس المجال عدة مرات من أجل زيادة مغناطيسيتة.

ويتسبب إنشاء المجال المغناطيسي بهذه الطريقة

مقاومة للتيار وتعتمد قوة التيار ودرجة المغناطيسية تبعاً لذلك، على مقاومة السلك بدلا من حِمْل المحرك.

ويعمل محرك التوازي بسرعة ثابتة بغض النظر عن الحِمْل، ولكن إذا كان الحمل كبيرا جداً تحدث مشاكل للمحرك عند بدء التشغيل



Shunt Excited DC Motor

عزم الدوران في محرك التوازي

يتناسب عزم الدوران في هذا المحرك تناسبا طرديا مع تيار المنتج اي انه يزيد كلما زاد تيار المنتج

خواص محرك التوازي

ا-سرعة دورانه ثابتة تقريبا لجميع الاحمال

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

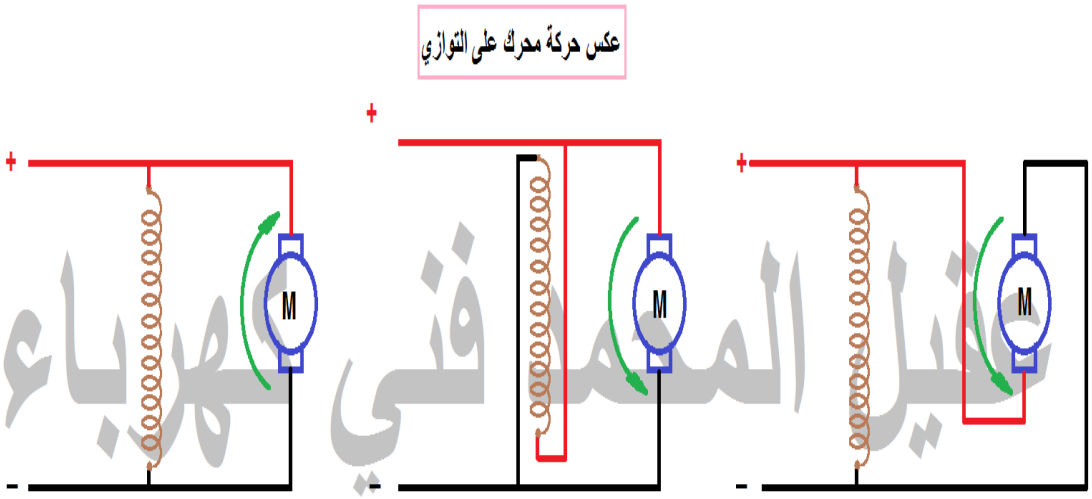
ج-لا يتخطى السرعة عند الدوران بدون حمل

عكس حركة محرك التوازي

يتم عكس حركة هذا المحرك بطريقتين:

ا-بعكس اتجاه تيار المجال بتبديل طرفي ملفات المجال

ب-بعكس اتجاه تيار عضو الاستنتاج وذلك بتبديل الطرفين من على حامل الفرش



استخدامات محرك التوازي

يستخدم في آلات الورش كالمخارط والمقاشط

وفي آلات الغزل والنسيج

ايضا يستخدم في ماكينات الورق والأخشاب و المضخات والدرفلة

3 - المحرك المركب

compound dc motors

يمتلك هذا المحرك مزايا محرك التوالي والتوازي

في هذا المحرك يوجد نوعين من الملفات على الاقطاب الرئيسية في العضو الثابت ملفات توالي وملفات توازي

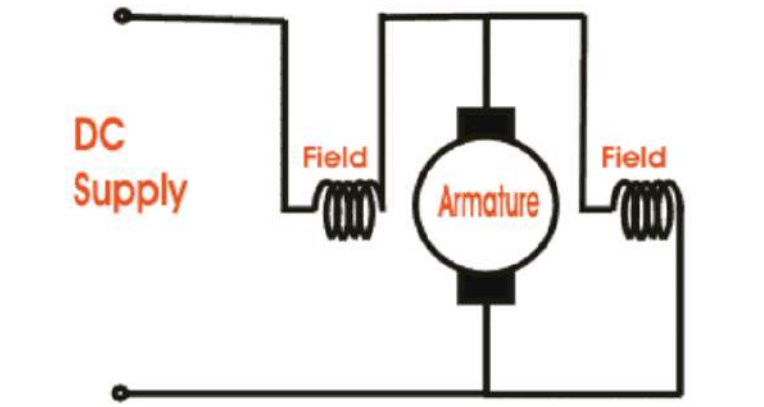
المحرك المركب هو اساسا محرك توازي اضيفت له ملفات على الاقطاب وذلك ليأخذ بعضا من مميزات محرك التوالي مثل الاستقرار في السرعة وزيادة عزم بدء الحركة

وينقسم الى نوعين حسب طريقة توصيل الملفات:

ا-محرك مركب قصير

short compound motor

اذا وصلت ملفات التوالي بحيث يمر فيها تيار المصدر

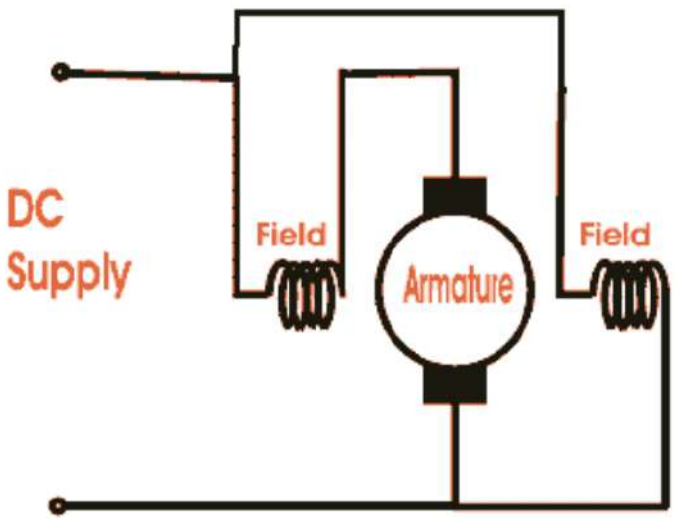


Cumulatively Compound Excited DC Motor

ب-محرك مركب طويل

Long compoud motor

اذا وصلت ملفات التوالي بحيث يمر فيها تيار المنتج



Long Shunt DC Motor

وينقسم المحرك المركب من حيث طريقة توصيل ملفات التوالي وتأثيرها على مجال ملفات التوازي الى نوعين:

أ - المحرك المركب التراكمي

Cumulative Motor

في هذا النوع يكون اتجاه التيار في ملفات التوالي بنفس اتجاه التيار في ملفات التوازي، وفي هذه الحالة يساعد المجال الناتج من ملفات التوالي المجال الناتج من ملفات التوازي ويضاف إليه.

خواص هذا المحرك:

له عزم دوران متوسط القيمة وذو سرعات عالية

استخدام هذا المحرك

يستخدم في الحالات التي تتطلب سرعات مرتفعة مثل ادارة الطلمبات والمراوح والدرافيل وآلات التجليخ

ب - المحرك المركب الفرقي

Differential Motor

وفي هذا النوع من المحركات يكون اتجاه التيار في ملفات التوالي معاكسا اتجاه التيار في ملفات التوازي، وبالتالي يعاكس المجال الناتج من ملفات التوالي المجال الناتج من ملفات التوازي.

خواص هذا المحرك

ا-له عزم دوران قوي عند بدء الحركة

ب-سرعته ثابتة تقريبا مهما تغير الحمل

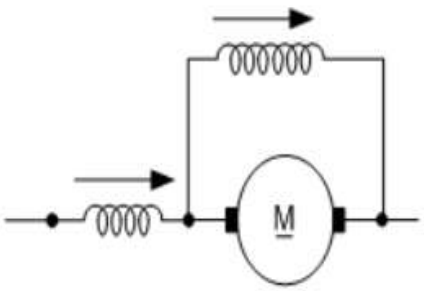
ج-يمكن تحميله فوق الحمل الكامل له

استخدام هذا المحرك:

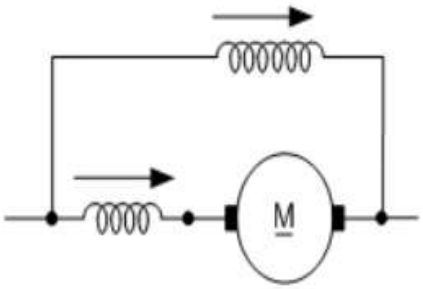
يستخدم في الحالات التي تتطلب سرعة ثابتة وعزم بدء قوي وذات احمال فجائية مثل الأوناش و المصاعد وآلات التجليخ وآلات الحفر

وتبعا لهذه التصنيفات يمكن تقسيم المحركات المركبة إلى أربعة أنواع:

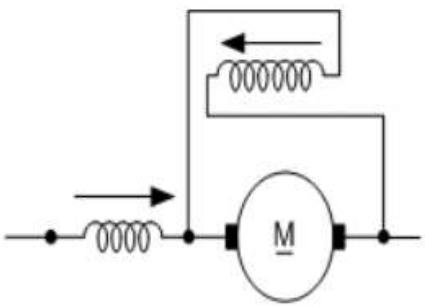
1. محرك مركب تراكمي قصير
2. محرك مركب تراكمي طويل
3. محرك مركب فرقي قصير
4. محرك مركب فرقي طويل



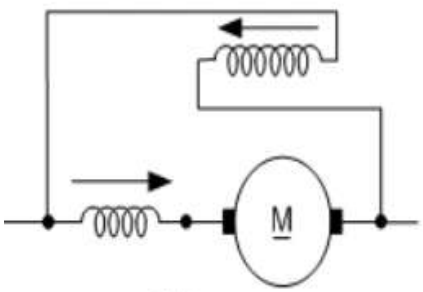
(أ): محرك تراكمي
قصير



(ب): محرك تراكمي
طويل



(ج): محرك فرقي
قصير



(د): محرك فرقي
طويل

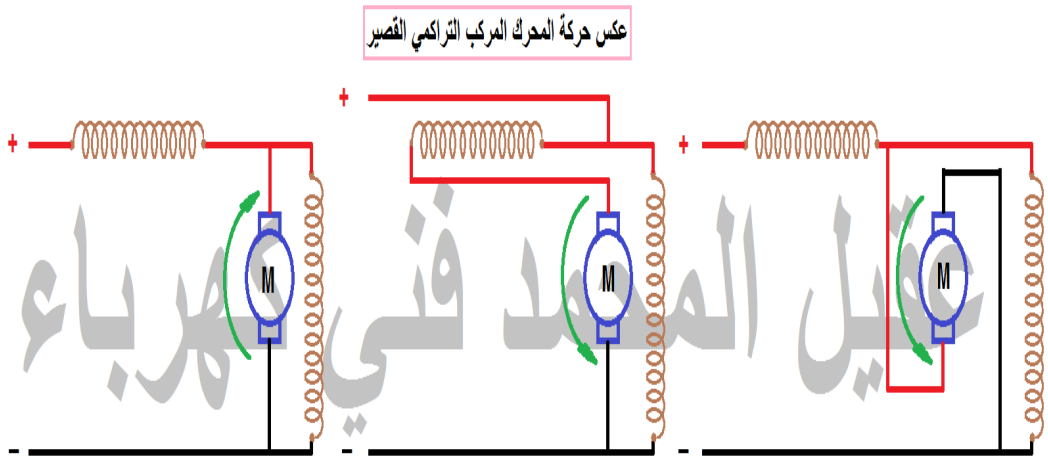
عكس حركة المحرك المركب:

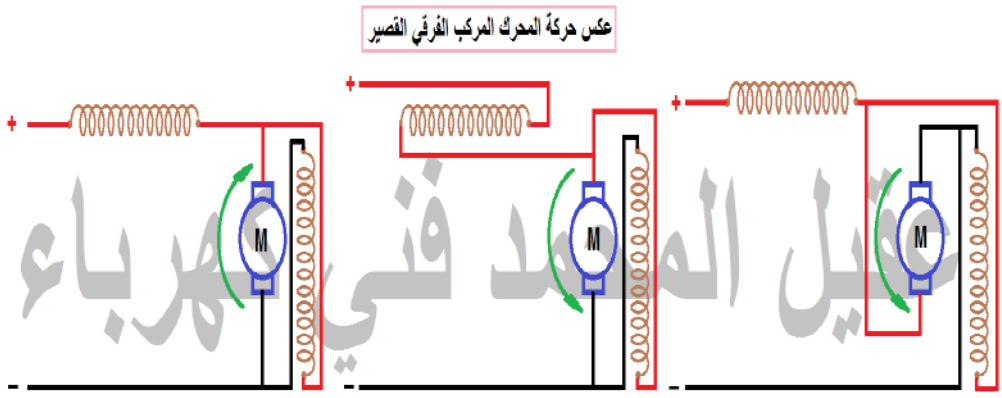
تعكس حركة هذا المحرك بطريقتين:

ا-بعكس اتجاه تيار ملف التوالي مع ثبات اتجاه تيار عضو الاستنتاج

وثبات اتجاه تيار ملف التوازي

ب- بعكس اتجاه تيار عضو الاستنتاج مع ثبات اتجاه تيار ملفي التوالي والتوازي



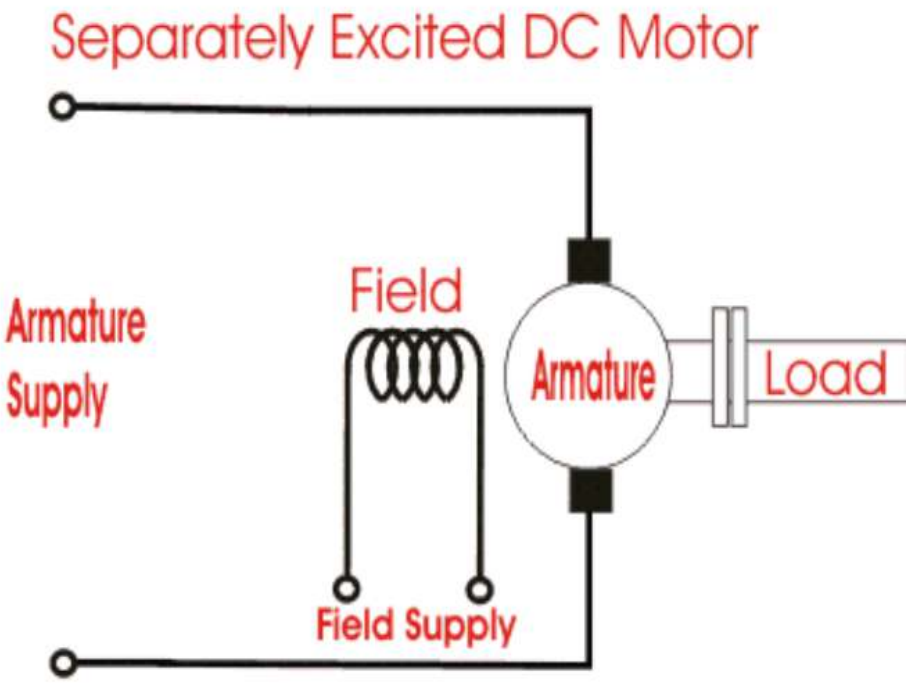


4-محرك تيار مستمر ذو تغذية منفصلة

D.C Motor With Permane Magnet

يتم تغذية كلا من المنتج وملفات الأقطاب لهذا المحرك من مصدري تغذية منفصلين بجهدين قد يكونان متساويين او مختلفين

وتشبه خصائص السرعة والعزم لهذا المحرك خصائص محرك التوازي



5-محرك تيار مستمر ذو مغناطيس دائم D.C

Motor With Separate Feed

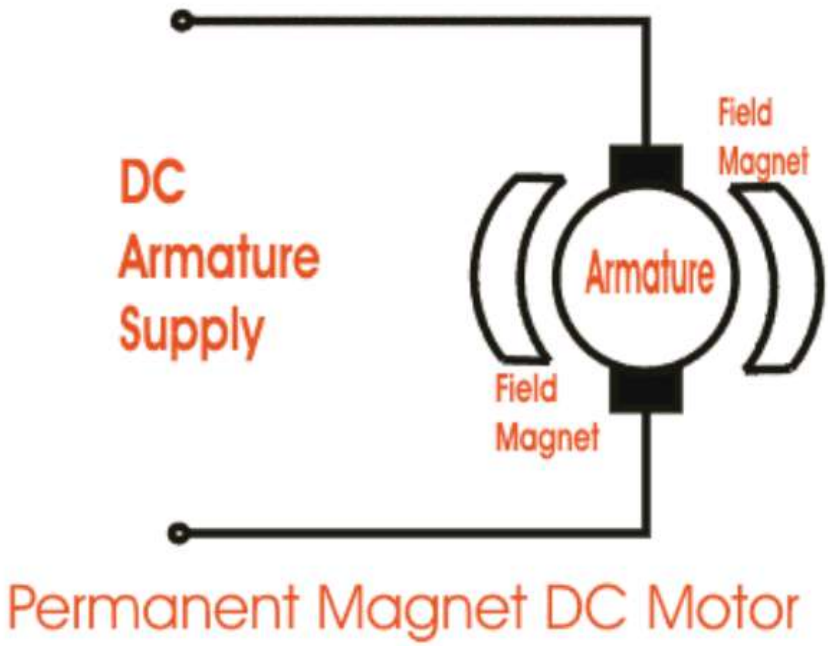
في التطبيقات منخفضة القدرة low-power applications فإن المجال المغناطيسي يتم إنتاجه من مغناطيس دائم وليس مغناطيس كهربي (بساطة التركيب)

في محركات المغناطيس الدائم يتم تقديم مجالات العضو الثابت عن طريق مغناطيسيات دائمة التي

لا تحتاج إلي تغذية خارجية وبالتالي لا تكون هناك حرارة مفقودة

يتناسب عزم محركات التيار المستمر مع الفيض وتيار المنتج وعندما يكون المحرك ذي مغناطيس دائم فإن الفيض يكون غير مؤثرا في العزم الذي يصبح معتمدا كليا على تيار عضو الإنتاج .

في حين أن القوة الدافعة الكهربية العكسية للمحرك تتناسب مع السرعة والفيض وحيث إن الفيض منفصل عن دائرة المنتج تصبح معتمدة فقط على السرعة. لذا يكون التحكم في سرعة المحرك فقط عن طريق جهد المنتج



Permanent Magnet DC Motor

يتميز محرك المغناطيس الدائم PM motor بأنه أخف وزناً وأصغر حجماً من محركات التيار المستمر الأخري المكافئة لأن قوة المجال للمغناطيسيات الدائمة عالية .

العرض القطري للمغناطيس الدائم النموذجي هو حوالي ربع قرينة ذو الملفات

عكس حركة هذا المحرك

يمكن عكس حركة محركات ال- PM بسهولة عن طريق تحويل قطبية الجهد المسلط علي المحرك لأن أي من التيار أو المجال كل منهما يغير اتجاه حركة المحرك

محرك ال- PM يكون مثاليا في تطبيقات تحكم الكمبيوتر بسبب خطية العلاقة بين عزمه وسرعته كونها خطية

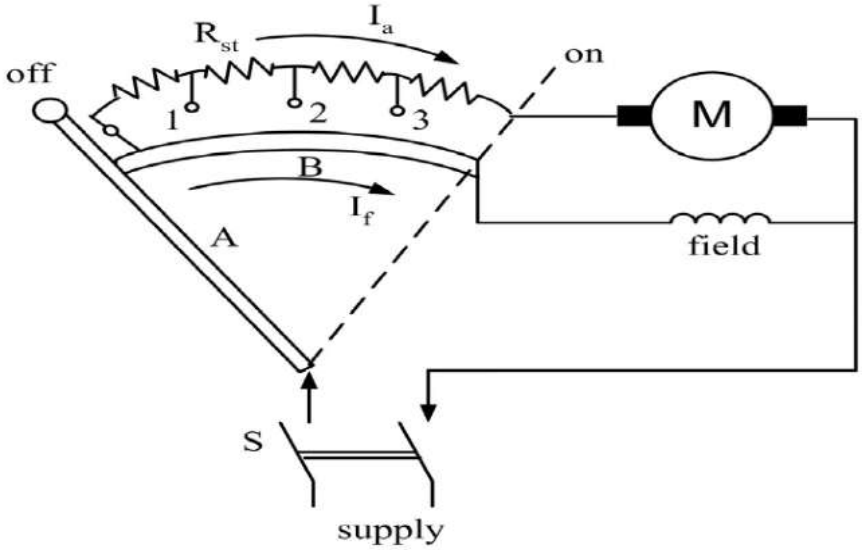
طرق بدء الحركة في محركات التيار المباشر

الهدف من بدء الحركة لمحركات التيار المباشر هو تقنين التيار المسحوب لحظة البداية حيث يكون هذا التيار مرتفع جدا ومن هذه الطرق:

1-بادئ الحركة اليدوي

في المحركات الصغيرة يستعمل بادئ حركة يدوي وهو عبارة عن مقاومة من عدة اجزاء تكون موصلة على التوالي مع المنتج وتخرج هذه المقاومة على مراحل حتى يصل المحرك سرعته النهائية وتكون هذه المقاومات قد اخرجت كليا من الدائرة وعندئذ يكون المحرك موصل مباشرة بمنبع الجهد

وعند فصل المحرك لابد من ارجاع الذارع يدوي الى وضع عدم التشغيل



شكل ٣- ١٧ مخطط بادئ حركة يدوي

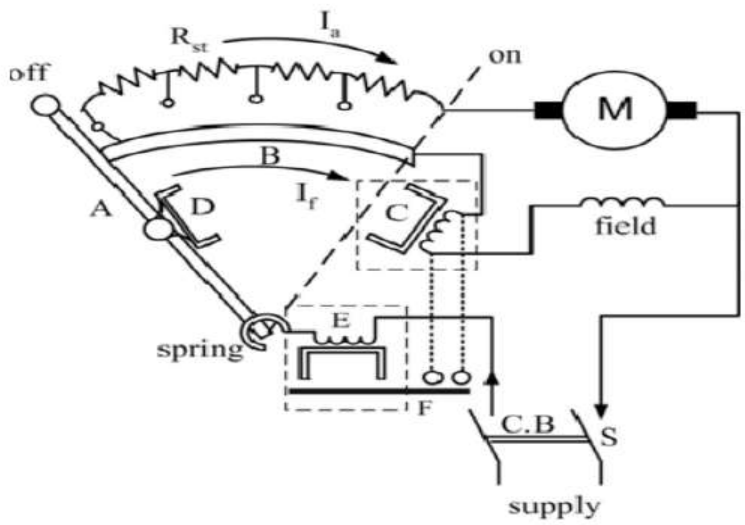
2-بادئ حركة اليدوي اوتوماتيكي الفصل

يستخدم في محركات التيار المستمر ذات قدرة اعلى من 20 حصان وهو مزود بملف متمم فوق الحمل (اوفر لود) الذي يفصل المحرك عن المنبع عند زيادة الحمل

كما يوجد قاطع اتوماتيكي للقيام بعمل المفتاح الرئيسي عند حدوث قصر في الدائرة

عند مرور تيار في الحافظة C فانها تنشأ مجالا مغناطيسيا يجذب الحافظة Dاليه مع الذراع

فاذا انقطع التيار بفعل الاوفر لود او المفتاح الا وتوماتيكي ينقطع المجال المغناطيسي ويعود الذارع الى وضع عدم التشغيل بواسطة ياي(زنبرك)

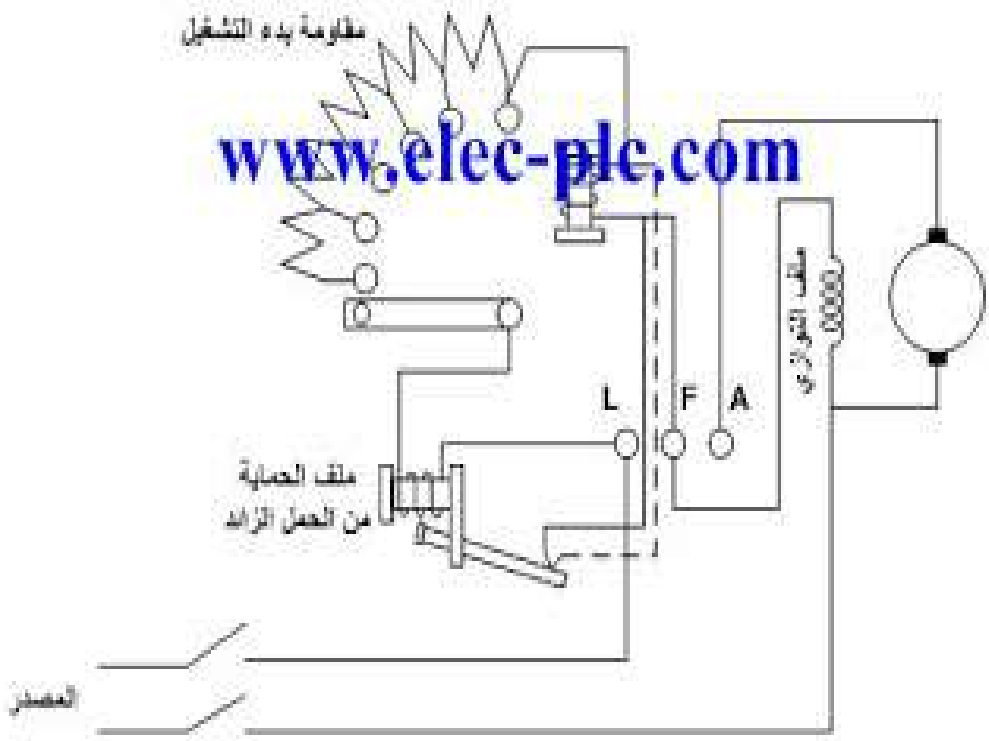


شكل ٣- ١٨ مخطط بادئ حركة يدوي البدء أتوماتيك الإعادة

3-بادئ تشغيل اوماتيكي

يتم وصل مقاومة بدء التشغيل وخروجها تدريجياً باستخدام المفاتيح المغناطيسية
(الكونتاكتورات)ومرحلات التأخير الزمني (التايمر)

يتغير تيار المنتج في فترة بدء التشغيل مع تغير قيمة مقاومة البدء وتتغير السرعة مع تغير قيمة المقاومة حتى الوصول لحالة الاستقرار وخروج المقاومة من الدائرة الكهربائية للمحرك.



التحكم في سرعة المحركات التيار المستمر

يتم التحكم في سرعة محركات التيار المستمر بعدة طرق هي :

1- التحكم في السرعة عن طريق تغيير جهد المصدر:

كل المحركات تشترك في أنه يمكن التحكم في سرعتها عن طريق التغيير في جهد المصدر حسب العلاقة الآتية: $n=(V-IaRa)/k\Phi$

حيث أن :

ال V: جهد المصدر

ال N :سرعة المحرك

ال Ia :تيار عضو الانتاج

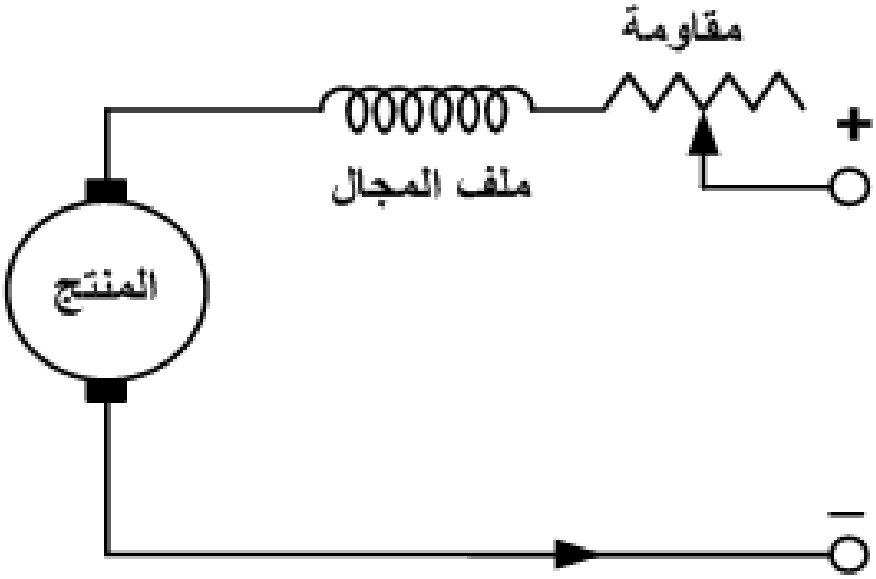
ال Ra: مقاومة ملفات عضو الانتاج

ال K :ثابت

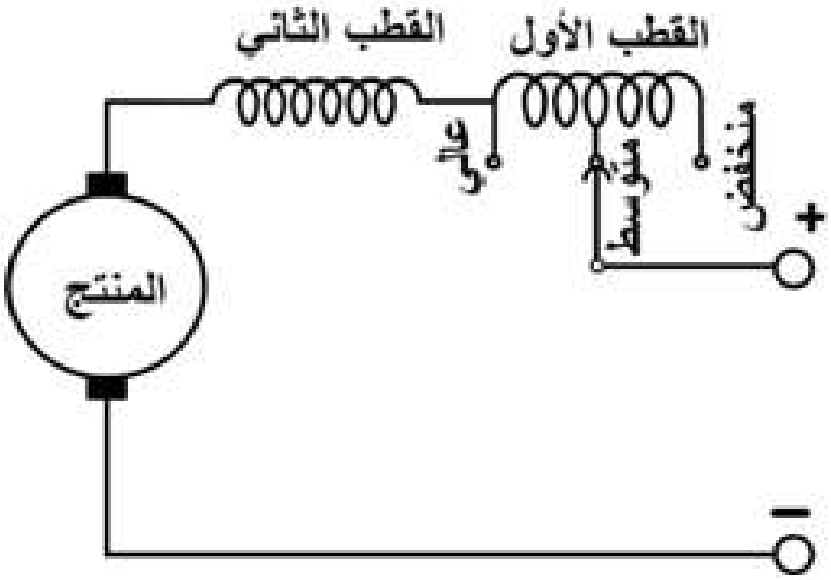
ال Φ : الفيض المغناطيسي

وهناك عدة طرق للتحكم في جهد المصدر منها:

توصيل مقاومة على التوالي مع دائرة المحرك



توصيل ملف خانق على التوالي مع دائرة المحرك

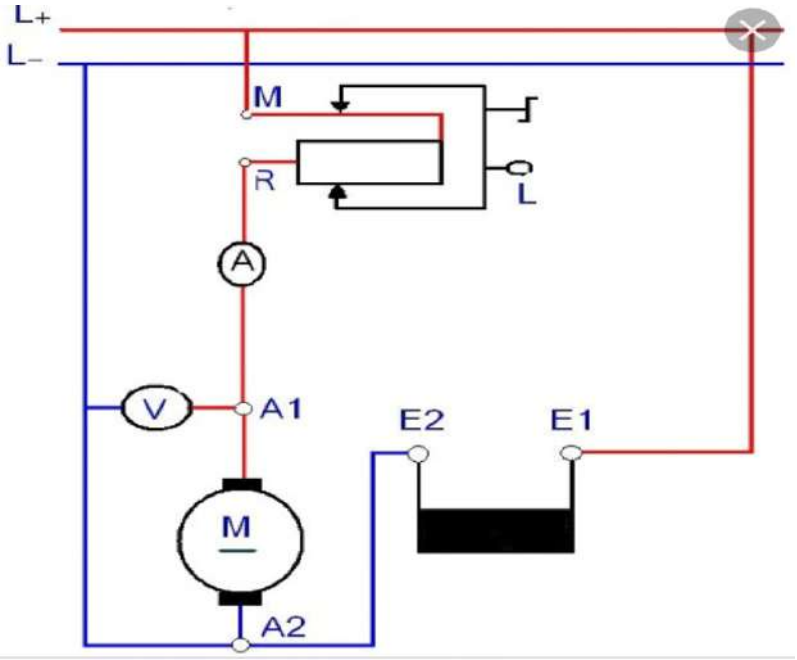


يمكن

التحكم بجهد المصدر من خلال جهاز pwm

2- التحكم في السرعة عن طريق ربط مقاومة على التوالي مع عضو الانتاج

من نفس المعادلة السابقة يمكن ملاحظة أنه يمكن التأثير على سرعة محركات التيار المستمر بربط مقاومة على التوالي مع عضو الإنتاج وبالتالي فإن الهبوط في الجهد سيرتفع مما يجعل من القوة الدافعة الكهربائية تنخفض فتنخفض سرعة المحرك، أي أن العلاقة عكسية بين هذه المقاومة وسرعة المحرك.

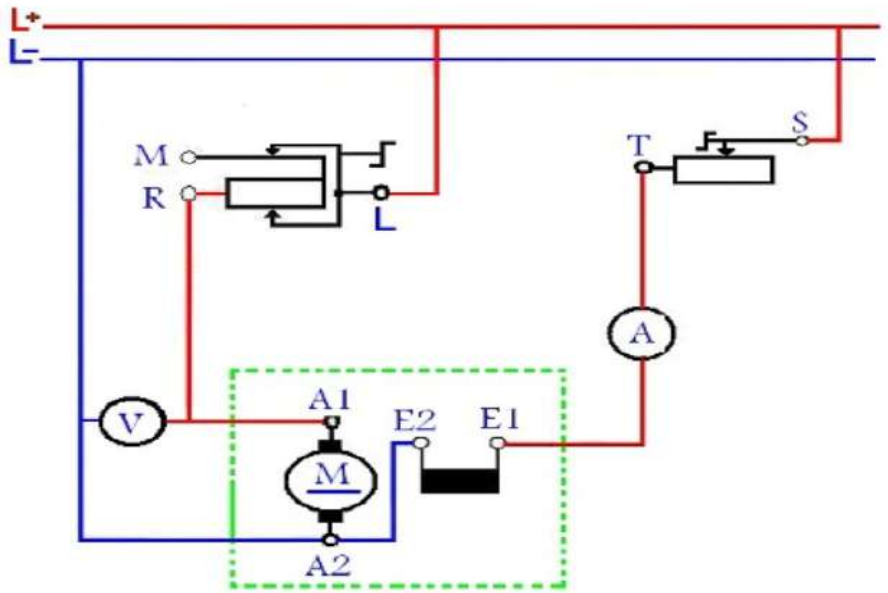


3- التحكم في السرعة عن طريق تغيير الفيض المغناطيسي

في حالة محرك التوازي

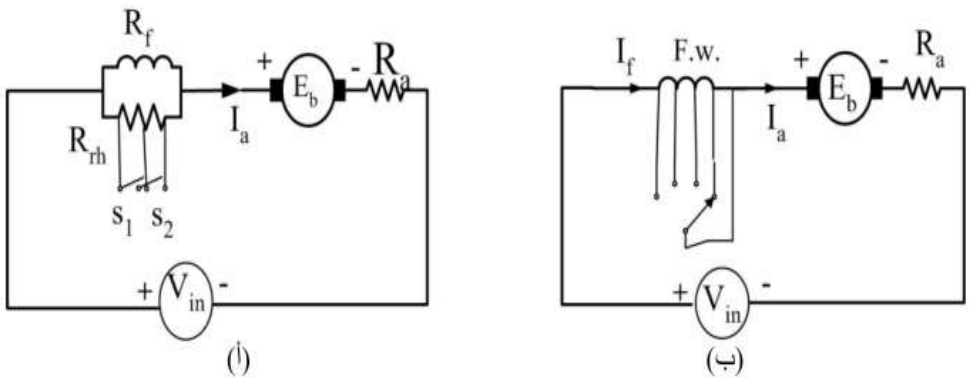
ربط مقاومة على التوالي مع ملفات المجال في محركات التوازي عند ربط هذه المقاومة فإن تيار المجال سوف يقل مما يسبب في خفض قيمة الفيض المغناطيسي ، وإذا لاحظت من المعادلة السابقة فإن العلاقة عكسية بين الفيض والسرعة وبالتالي فإن التخفيض في الفيض سيجعل من سرعة المحرك ترتفع

تيار التهيج {{IE	جهد المتحرض {{UA	السرعة {{n	مقاومة تنظيم المجال	مقاومة بدء الحركة
١٢٠	٢٢٥	٢١٧٠	٠	١٠٠
١٢٠	٢٤٥	٢٣٠٠	٠	٠
٨٠	٢٣٨	٢٦٠٠	٥٠	٠
٨٠	٢٣٠	٢٥٠٠	٥٠	٥٠
٥٥	٢١٥	٢٩٠٠	٥٠	٥٠



في حالة محرك التوالي

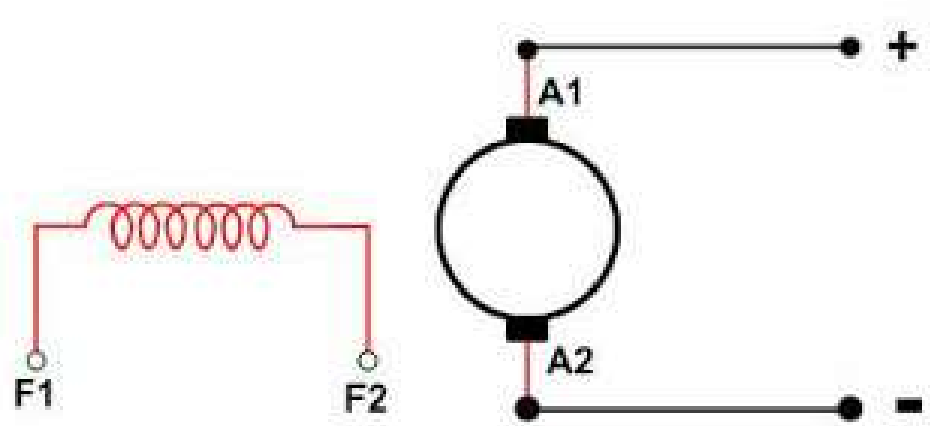
ربط مقاومة على التوازي مع ملفات المجال كلما زدنا من قيمة هذه المقاومة سيرتفع التيار المار في ملفات المجال ممايسبب في رفع الفيض وبالتالي التخفيض في سرعة المحرك.



شكل ٣- ١٥ تنظيم السرعة لمحرك التوالي

في حالة محرك منفصل التغذية

بما أن هناك مصدري جهد في هذا النوع من المحركات فإنه يمكننا أن نغير من قيمة الجهد بـ التغيير في جهد المجال المتصل مع ملفات المجال وبالتالي سيتغير تيار المجال الذي سيغير بدوره الفيض فتتغير سرعة المحرك.



4- طريقة وورد ليونارد للتحكم في السرعة :

يمكن التحكم بالجهد المسلط على أطراف المنتج

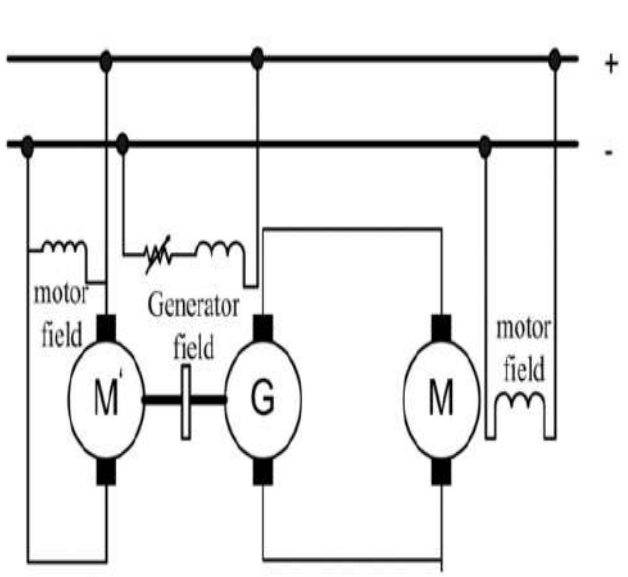
باستخدام طريقة وورد ليونارد

حيث يغذى المحرك المراد تنظيم سرعته M من مولد محكوم G وهذا المولد يدار بسرعة ثابتة من

خلال محرك تيار مستمر آخر ' M

وعن طريق التحكم في مجال المولد يمكن تغيير الجهد المتولد على أطرافه وبالتالي الجهد المغذي للمحرك المراد تنظيم سرعته

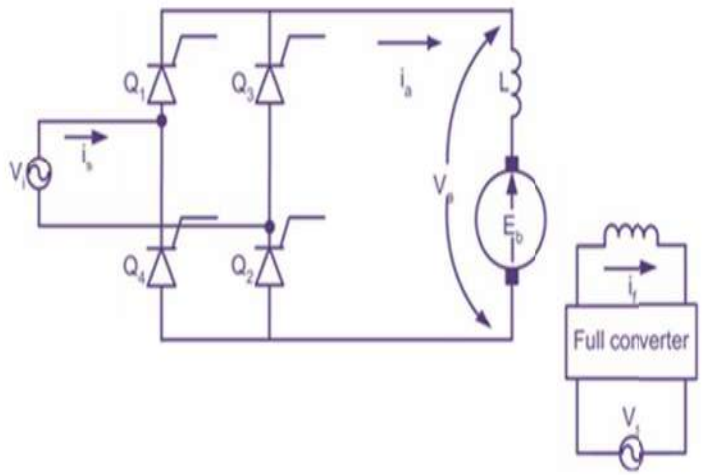
وعيوب هذه الطريقة التكلفة الكلية لنظام التحكم



شكل ٣- ١٤ تنظيم السرعة لمحرك توازي باستخدام طريقة "وورد ليونارد"

ولكن الآن تستخدم دوائر الكترونيات القدرة للتحكم في الجهد المستمر المغذي للمحرك مباشرة

حيث يتم استخدام موحد آحادي الوجه محكوما للسيطرة على الجهد المسلط على أطراف المنتج وذلك بالتحكم في زاوية اشعال الموحد



شكل ٣- ١٦ تنظيم السرعة لمحرك تغذية منفصلة باستخدام موحد محكوم في دائرة المنتج

طرق فرملة محركات التيار المستمر

عند إطفاء المحرك بفصل التيار الكهربائي عن المحرك سيبدأ المحرك بالتباطؤ وتتناقص سرعته إلى أن تصل إلى الصفر ويسمى الزمن اللازم حتى يتوقف المحرك تماماً بزمن الإيقاف وقد يصل حتى 20 ثانية أو أقل ويعتمد ذلك على عزم القصور الذاتي للمنتج والمفاقيد الداخلية

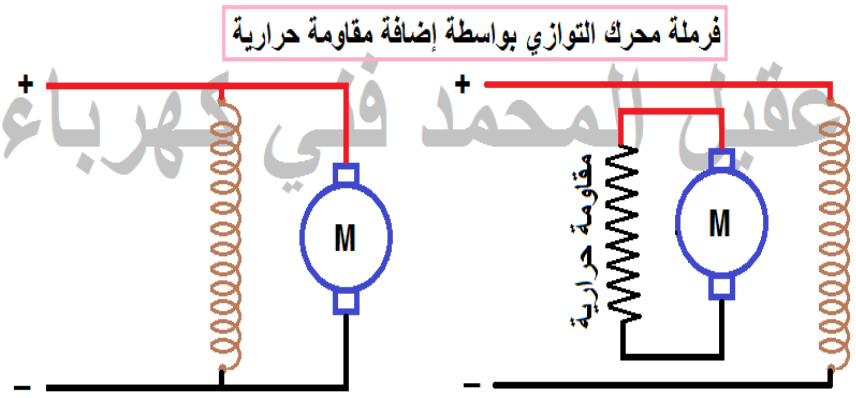
ومن الطرق المستخدمة لإقاف المحرك بشكل سريع:

1- الفرملة الديناميكية:

وهي مبنية على تحويل الطاقة الميكانيكية الناتجة من المحرك (بعد عملية الفصل) إلى طاقة كهربائية والتي يمكن امتصاصها أو تبديدها بسهولة حيث أن هناك طريقتان لإجراء هذه العملية:

ربط مقاومة على التوازي مع المنتج

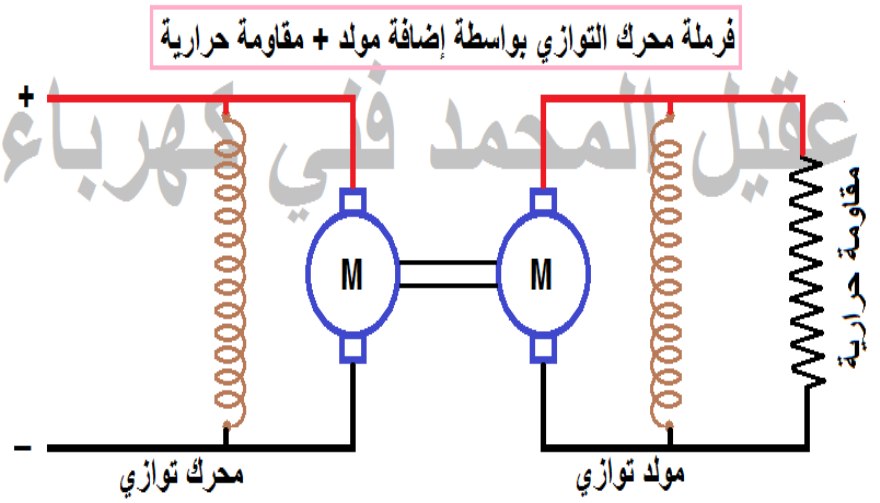
(عضو الإنتاج) بحيث تمتص القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بالمحرك (بعد عملية الفصل) من خلال هذه المقاومة لتتحول إلى حرارة.



عقيل المحمد في كهرباء

ربط عمود الدوران للمحرك بمولد كهربائي

حيث يتم اعتبار هذا المولد في حالة عمل المحرك ا لاعتيادي كحمل خفيف لا يؤثر على السرعة المقننة للمحرك ، وعند إعطاء أمر بإيقاف المحرك يتم ربط مقاومة مع أطراف المولد بحيث تسحب هذه المقاومة الطاقة الكهربائية الناتجة من المولد نتيجة لدوران المحرك بعد أمر الإيقاف ومن ثم تتحول هذه الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية على جسم المقاومة.



2-الفرملة الكهرومغناطيسية:

إذا كانت سرعة المحرك عالية جداً فإنه يتوجب إجراء عملية أخرى لفرملة المحركات ، يطلق على هذه العملية اسم (طريقة تغيير اتجاه الدوران).

يمكن أن نشبه هذه الطريقة بقيادة السيارة إلى الخلف فجاءة بينما هي تسير إلى الأمام، حيث يؤدي ذلك إلى عطل ناقل الحركة دون أن يحدث أي عطل بمحرك السيارة.

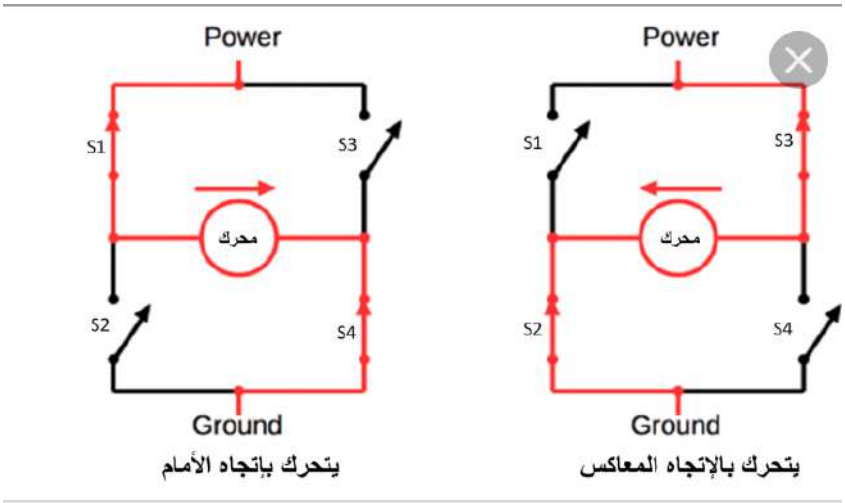
يمكن تغيير اتجاه الدوران عن طريق تغيير قطبية المنتج (عضو الإنتاج) ، وعندما يتغير اتجاه الدوران فجاءة فإن ذلك يسبب في إبطاء حركة المحرك بسرعة شديدة جداً ، وحالما يتوقف الدوران

وذلك قبل تغير اتجاه الدوران ؛ يفصل المحرك أتوماتيكياً عن مصدر التغذية

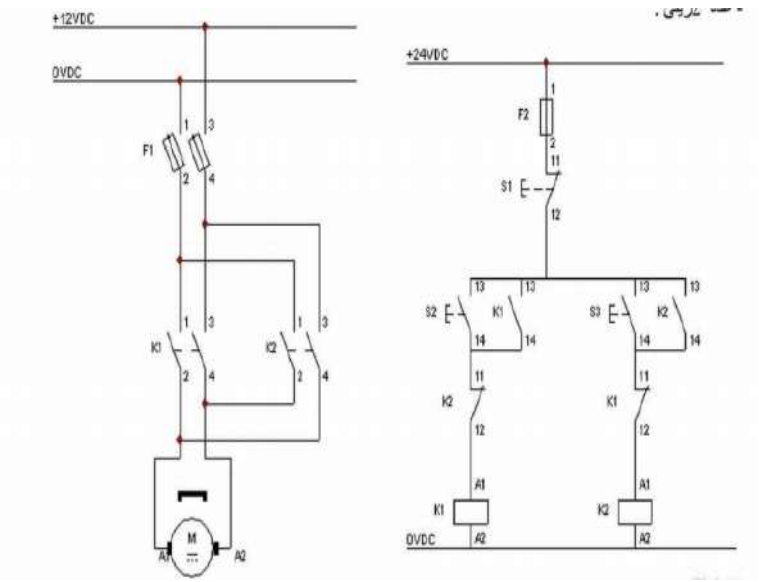
وتسمى عملية قلب اقطاب المنتج بدارة جسر (H)

و تتم هذه العملية بعدة طرق منها:

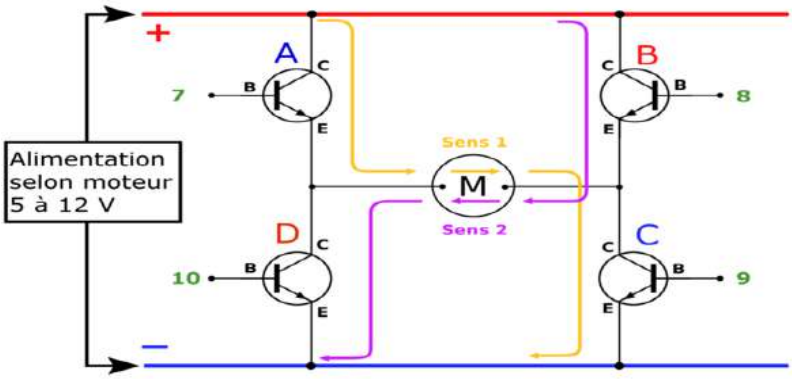
بواسطة مفاتيح يدوية قلابة :



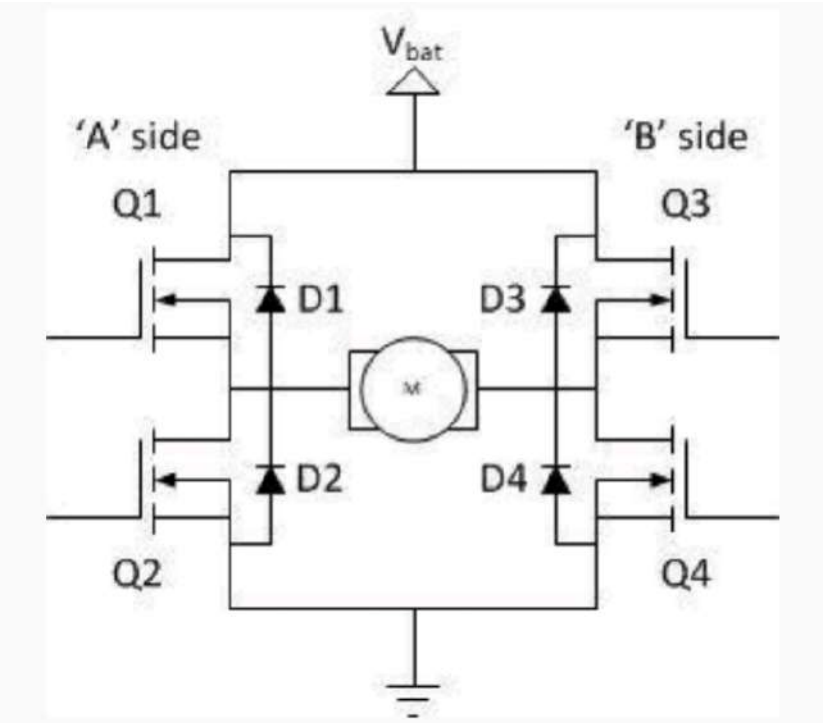
بواسطة مفاتيح مغناطيسية (كونتاكتورات):



بواسطة ترانزستورارت:

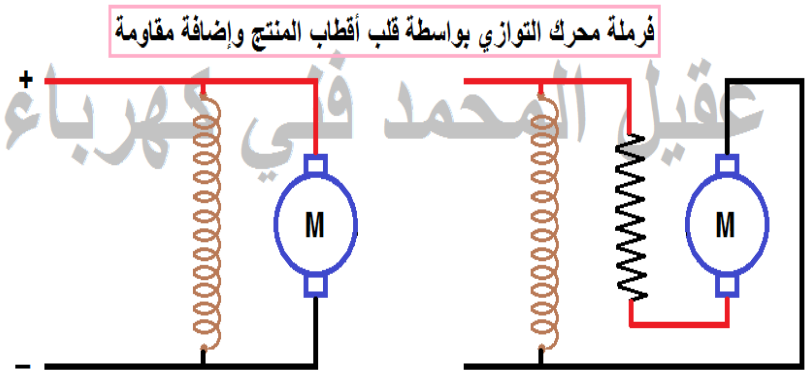


بواسطة ديودات:



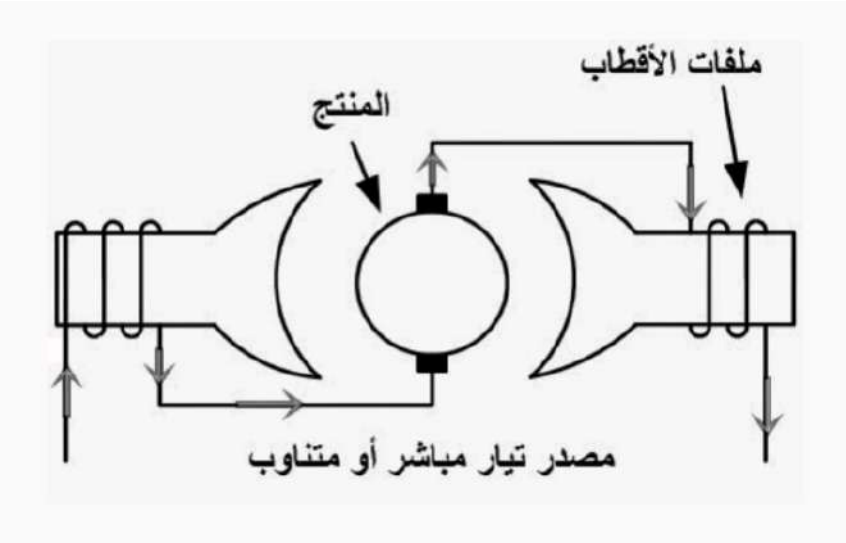
المشكلة الوحيدة في هذه الطريقة هو ارتفاع تيار المنتج عند تغيير القطبية وذلك بسبب تغير قطبية القوة الدافعة الكهربائية وبالتالي سوف يصبح تيار المنتج هو حاصل جمع القوة الدافعة الكهربائية وفولتية المصدر مما يؤدي إلى ارتفاعه بدرجة خطيرة تؤدي إلى تلف ملفات المنتج حتى ولو مر فيها لعشر الثانية.

هنا يتم استخدام مقاومة تربط على التوالي مع المنتج تقوم بنفس المهمة التي تقوم بها مقاومة بدء الحركة لتقليل تيار المنتج إلى قيمة آمنة، وبالتالي فإن استخدام هذه المقاومة يتم في البدء وفي نهاية التشغيل ولكن ليس بنفس القيمة لأننا نحتاج إلى مقاومة أكبر في حالة تغيير القطبية.



المحرك العام Universal Motor

وسبب تسمية المحرك بهذا الاسم لانه يمكن ان يعمل بالتيار المباشر او بالتيار المتناوب وبنفس السرعة تقريبا (وان كانت سرعته اعلى في حالة تشغيله على التيار المباشر)



يستخدم المحرك العام في التطبيقات المنزلية مثل

خلاطات الطعام وماكينات الخياطة والمكانس الكهربائية والغسالات الآلية والمقادح اليدوية (الشنيور)

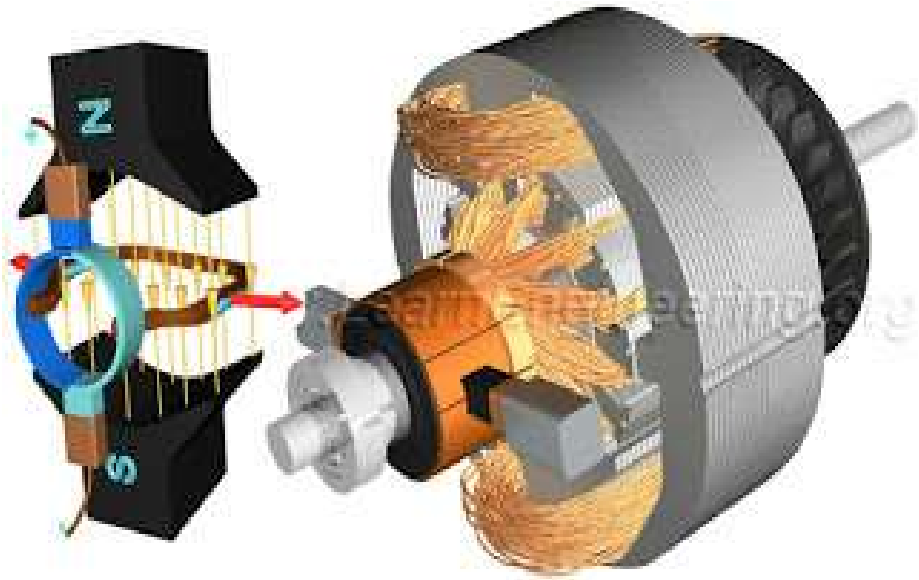
المحركات العامة هي محركات توالي ولها عزم

دوران ابتدائي عالي

وهي تدور بسرعة عالية تبلغ في ارتفاعها درجة الخطورة عندما لا تكون محملة

ولذلك فهي تعمل وهي محملة بالحمل الذي تعمل على ادارته

ومن سلبياتها انها متغيرة السرعة

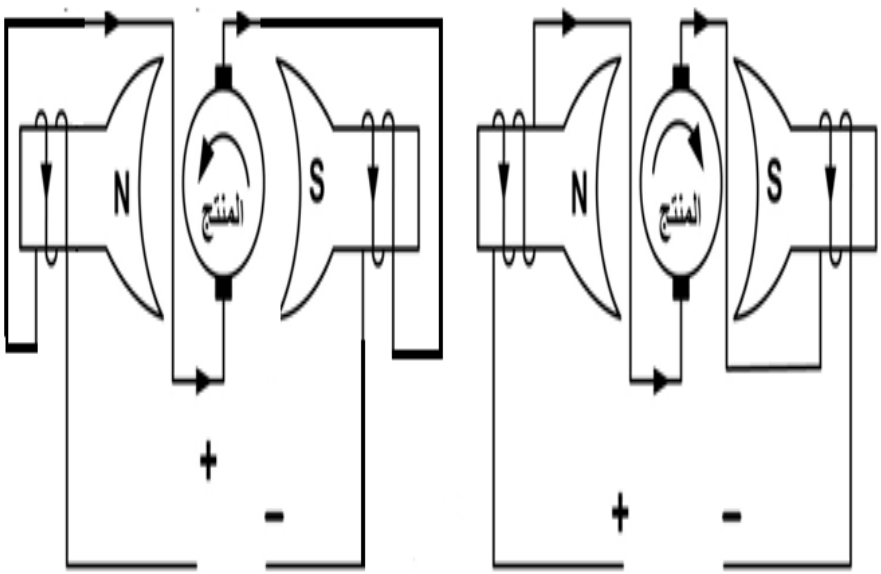


عكس اتجاه دوران المحرك العام

يتم عكس اتجاه الدوران باحدى الطريقتين التاليتين:

1-بعكس اتجاه التيار الذي يسري في ملفات

الاقطاب والشكل التالي يوضح ذلك:

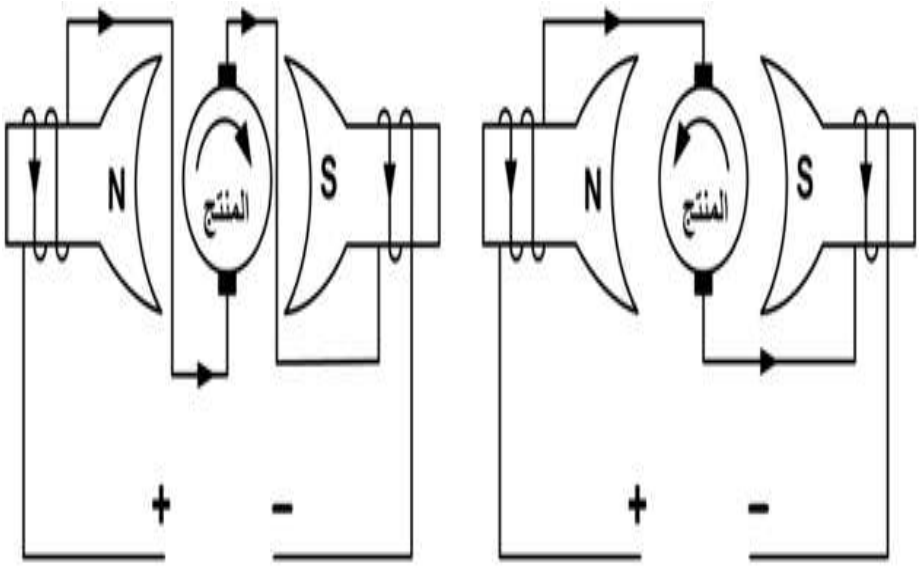


حيث يتم عكس اتجاه الاطراف الداخلة للاقطاب في المحرك العام، بحيث ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي

2-بعكس الاطراف على الفرش الكربونية

والشائع استخدامه لعكس اتجاه دوران المحرك العام هو الطريقة الموضحة بالشكل التالي والتي يتم من خلالها تغيير موقع الأسلاك على حوامل الفرش Brush holders.

(حيث يتم تبديل الطرفين الموصولين مع الفرشتين الكربونيتين) والشكل التالي يوضح ذلك:



7-محركات السيرفو Servo Motors

تعريف السيرفو موتور

هو عبارة عن محرك تيار مستمر مجهز بدائرة الكترونيه للتحكم بدقة فى اتجاة دوران عمود الموتور و وضعه و مجموعه تروس جير بوكس gear box

اهم انواع محركات السيرفو

1-محرك السرفو ذو العضو الدائر المفرغ (hollow rotor servo motor)

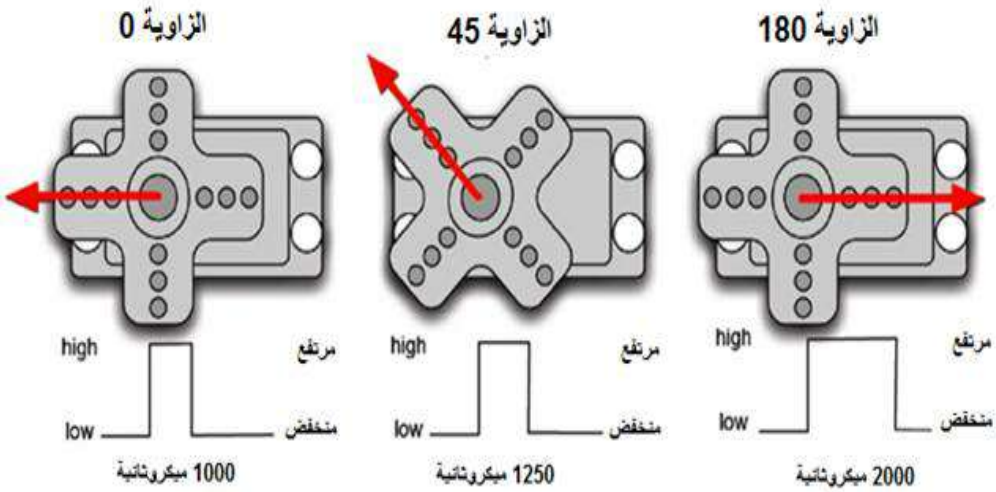
2-المحرك ذو العضو الدائر القرصى (disk armature dc servo motor)

3-محرك السرفو بدون فرش (bryshless dc servo motor)

4-محرك قابل للدوران في الاتجاهين : Standard Servo Motor : من 180˚ 120˚ 0˚

5-محرك قابل للدوران في

الاتجاهينContinuous Servo Motor من 0˚: 360˚



أجزاء محرك السيرفو

يحتوى السيرفو موتور على اربعه اجزاء :

1-دائرة التحكم: ووظيفتها استلام اشارة التحكم من الميكروكنترول و تشغيل الموتور

2-الموتور و وظيفته القيام بالحركة

3-مجموعة التروس و وظيفتها مضاعفه السرعة و زيادة العزم

4-المقاومة المتغيرة او ال potentiometer ووظيفته كما قلنا اعطاء قيمة جهد تناظر وضع عامود دوران المحرك بناء على قيمة مقاومتها و هي تتحرك مع عامود دوران المحرك

كيفية التحكم فى حركة السيرفو موتور

لمحرك السيرفو ثلاثة أقطاب :

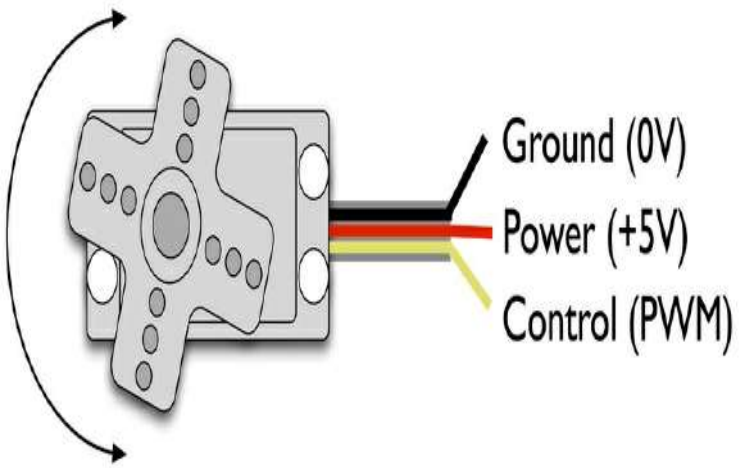
الأول يغذى ب 5 أو 6 فولت

الثاني هو الجهد المرجعي GND

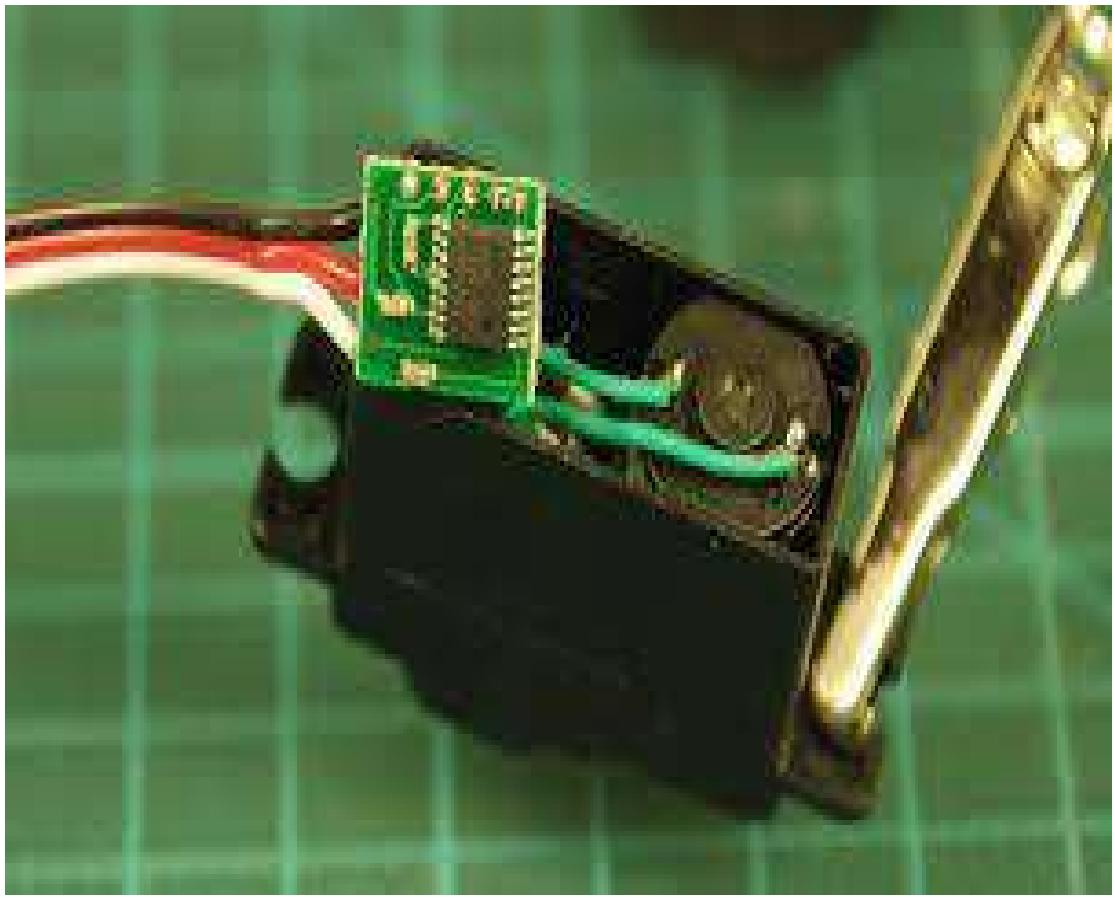
الثالث القطب الأخير فهو قطب التحكم.

يمرر إلى قطب التحكم نبضات متغيرة العرض PWM ذات عروض ضمن المجال 1 – 2 ms التي توافق دوران المحرك من 0 – 180 درجة

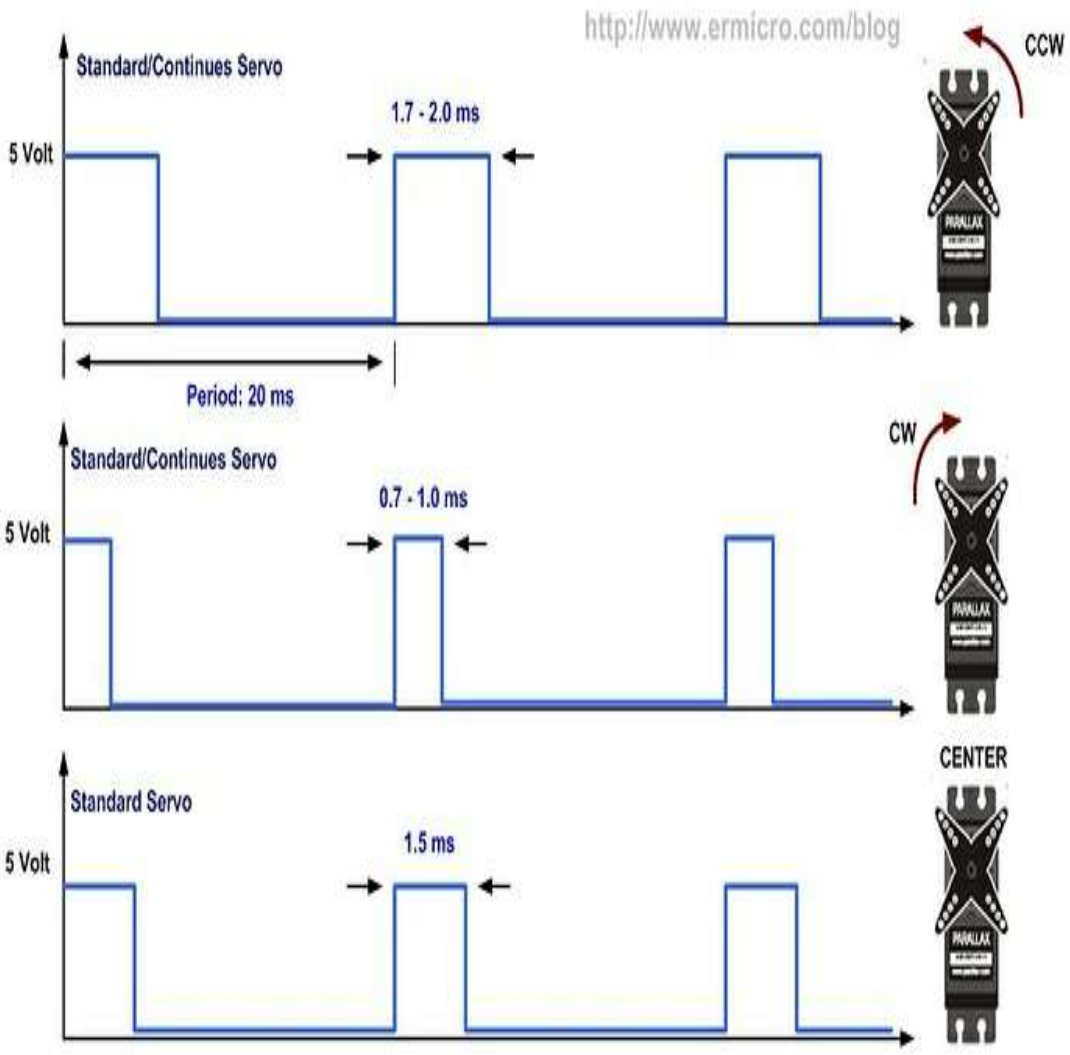
هذه النبضات تطبق بشكل مستمر على المحرك و بتردد 40 – 50 هرتز (لا يعمل المحرك بدون نبضات التحكم) , و تجدر الإشارة إلى أهمية حدود عرض النبضة و التردد الملازم لها لأن أي خروج عن المجالات المذكورة يؤدي إلى إتلاف المحرك.



يتكون محرك السيرفو داخلياً من دارة تحكم "تكون في الغالب مايكروكنترولر " , و عندما نعطي المحرك نبضات Pulses بثابت زمني معين يدور المحرك للزاوية حسب هذا الثابت الزمني .



في كل نوع يختلف الثابت الزمني من محرك إلى آخر حسب جهة التصنيع و النشرة الفنية التي تأتي مع محرك السيرفو .



Servo Motor PWM Timing Diagram

ميزات محرك السيرفو

1-إستجرار ضعيف للتيار نسبياً مقارنةً مع المحركات الخطوية.

2-عزوم قوية يمكن أن تصل إلى 40 kg .cm

وذلك لوجود علبة السرعة الميكانيكية المدمجة.

3-التوافر بأحجام مختلفة لتلائم جميع التطبيقات (الروبوتات الحشرية و الروبوتات البشرية).

4- إمكانية العمل لفترات طويلة دون ارتفاع في الحرارة

5-حساسيةكبيرة لتغيرات عرض النبضة المطبقة الأمر الذي يتطلب دقة هائلة في التحكم

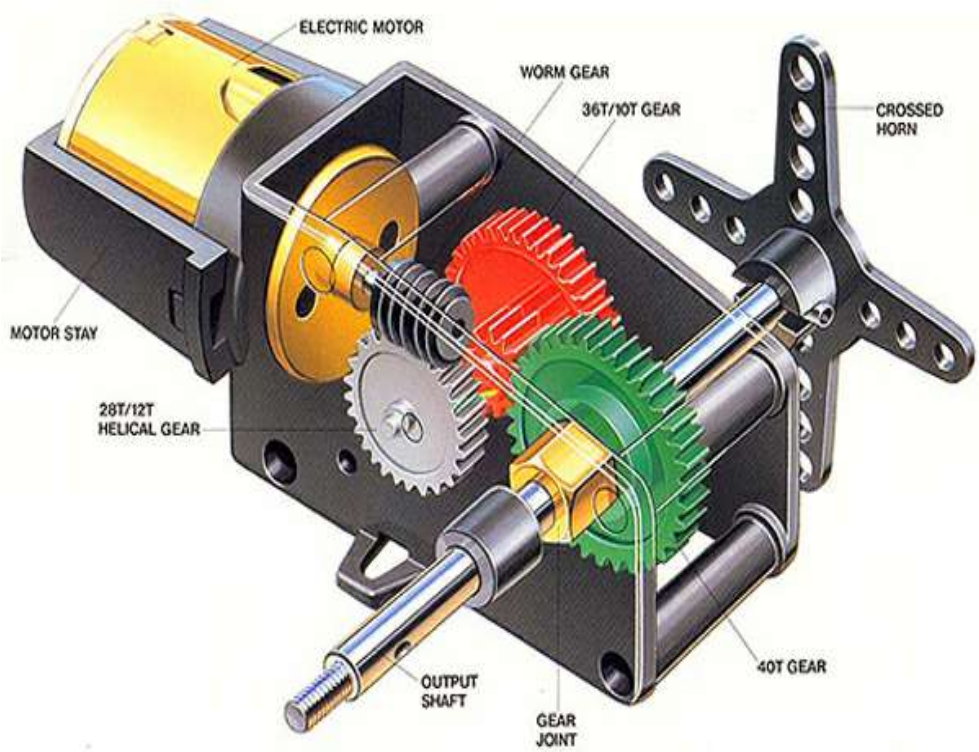
6-صغر دارة القيادة مقارنةً مع غيرها من المحركات

7-رد فعل سريعfast response

اي انه تصل سرعتة للقيمه المقننة فور توصيل المحرك بالكهرباء و يتوقف فور فصل الكهرباء عنه

8-العلاقة بين الجهد و السرعه علا قة خطية .(Linear)

9-يقبل تكرار عمليات الفصل و التوصيل مهما تعددت .



اقسام محركات السيرفو من حيث الجهد

ويقسم الى نوعين :

1-محرك سيرفو تيار مستمر: Dc Servo Motor

مميزاته:

ا-يتميز بالعلاقة الخطية بين الجهد و السرعة , وبين العزم و السرعه فهو ذو كفاءة عالية .

ب-أعلى سعرا ووزنا من Ac Servo Motor

ج-يحتاج الى صيانة ولايمكن استخدامه فى الاماكن الخطرة و ذلك بسبب الشرارة التى تحدث عند الفرش (brushes).

2-محرك سيرفو تيار متردد Ac Servo Motor

مميزاته:

بساطة التركيب وقوة التحمل و رخص سعرة

عيوبه:

ا- انه من الالات ال (High Coupled) حيث ان الزاوية بين ال (Rotor) و (Stator) ليست 90˚

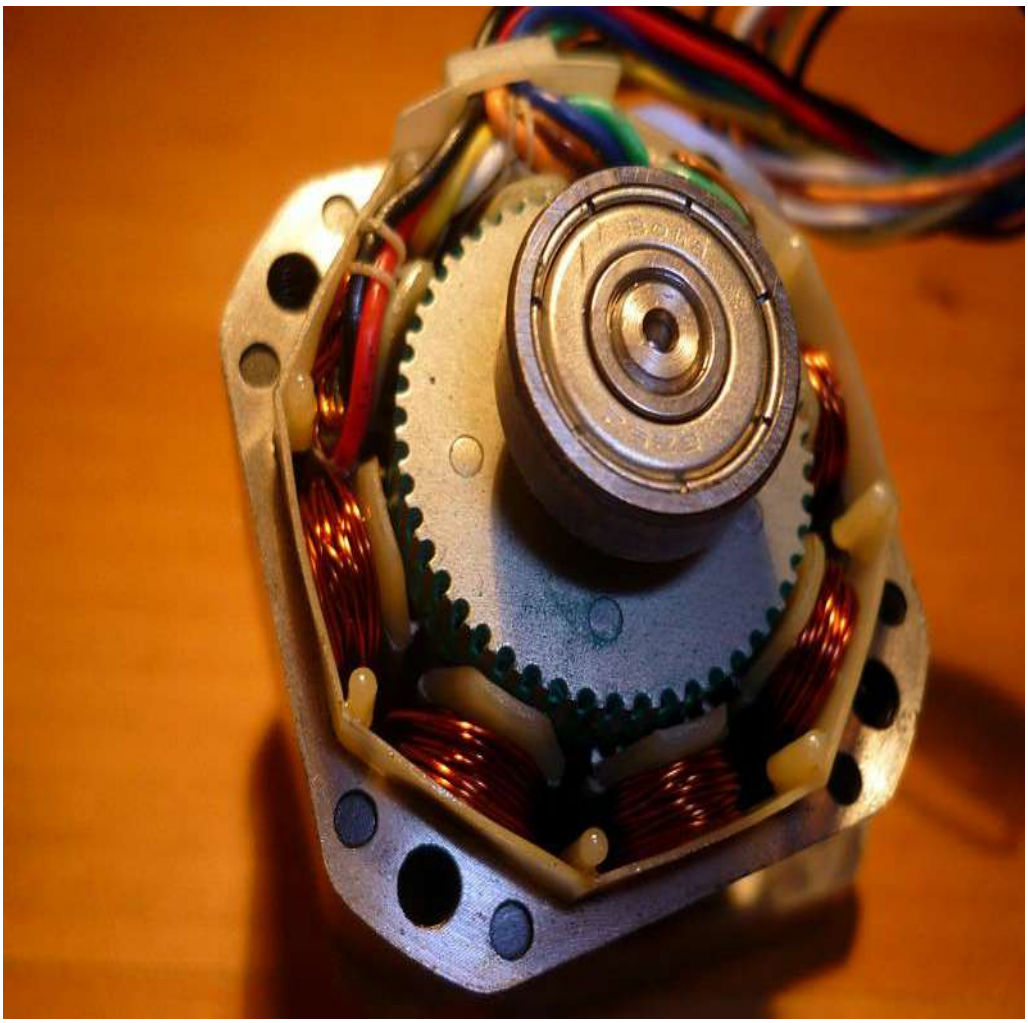
2-العلاقة بين العزم و السرعه ليست خطية .

استعمالات محركات السيرفو

تستعمل محركات السيرفو في تطبيقات الروبوتات الصغيرة و الميكانيزمات التي تتطلب دقة في التحريك و ذلك لما تمتاز به هذه المحركات من عزوم قوية و سهولة و دقة في التحكم.

محرك الخطوة Stepper Motor

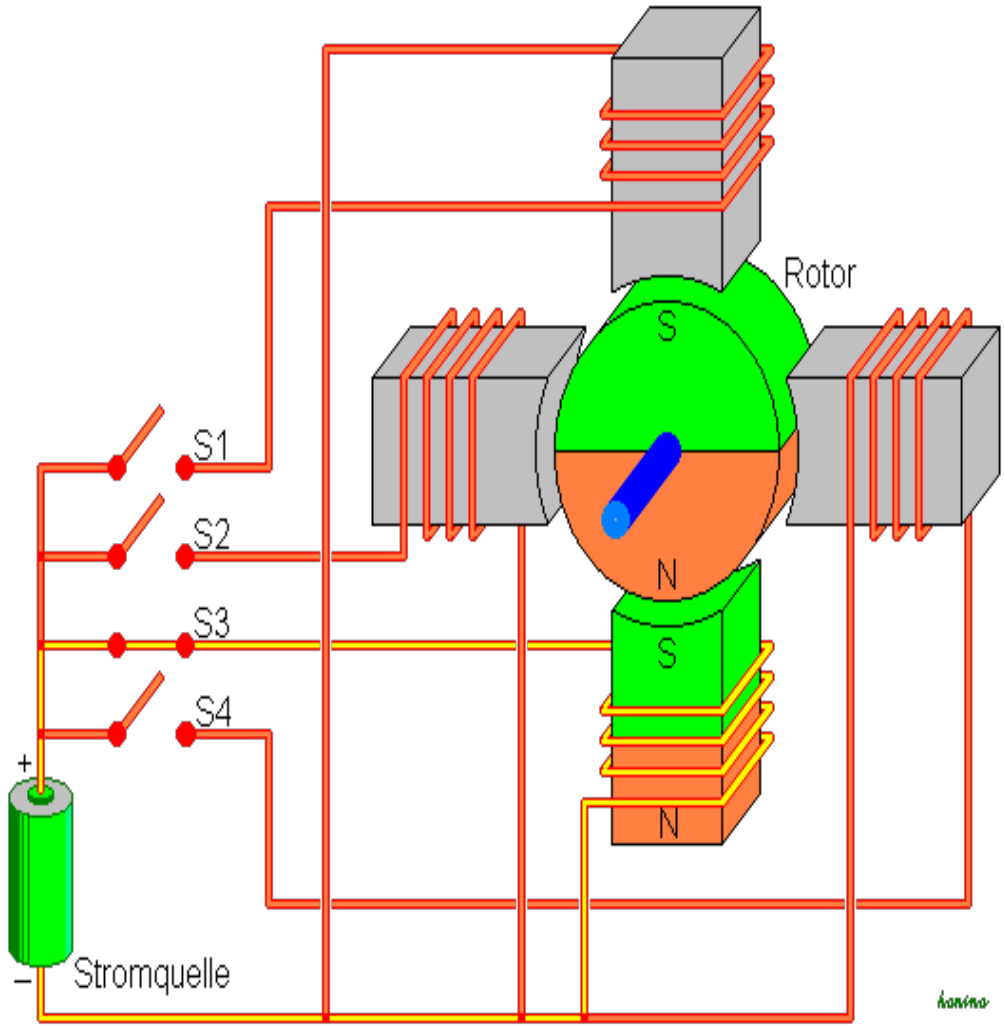
سميّ محرك الخطوة بهذا الاسم لأن هذا المحرك لا يدور باستمرار كبقية محركات التيار المستمر بل يدور بشكل خطوي بزوايا محددة



استخدامات المحرك

تستخدم محركات الخطوة في الحواسيب والطابعات والراسمات والروبوت وبشكل عام في أنظمة القيادة الرقمية

يتكون العضو الساكن من أقطاب على شكل ملفات بينما العضو الدوار فهو مادة حديدية مغناطيسية ولا يوجد فيه ملفات



زاوية الخطوة للمحركات (Angle Step):

وهي الزاوية التي يدورها المحرك لكل نبضة تحكم.
وهذه الزاوية يمكن أن تصل لقيمة صغيرة بحدود 0.72 درجة أو قيمة كبيرة حتى 90 درجة حيث تنحصر زاوية الخطوة للمحركات الخطوية بين 0.9 درجة حتى 90 درجة .

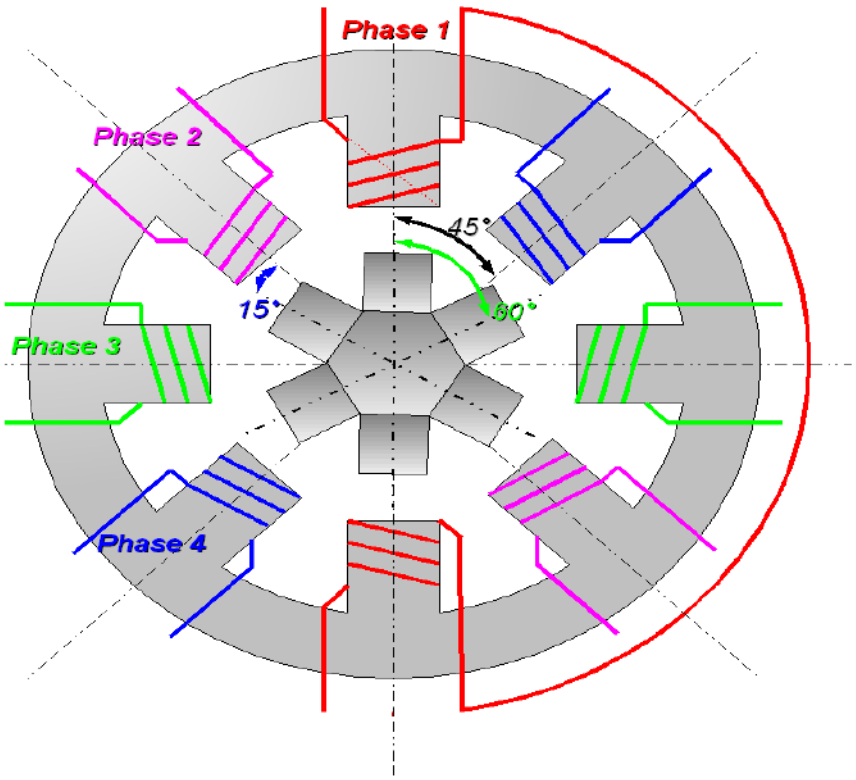
0.9 اي 400 خطوة في الدورة

1.8 اي 200 خطوة في الدورة

3.6 اي 100خطوة في الدورة

7.5 اي 48خطوة في الدورة

15 اي 400 خطوة في الدورة



أنواع محركات الخطوة

محركات الخطوة ذات الممانعة المغناطيسية المتغيرة

Variable Reluctance Stepper) :(motor

يتكون العضو الساكن من أقطاب على شكل ملفات بينما العضو الدوار فهو مادة حديدية مغناطيسية ولا يوجد فيه ملفات

المحرك ذو المغانط الدائمة

Permanent Magnet stepper) :(motor

يكون العضو الدوار عبارة عن أقطاب مغناطيسية دائمة ويتكون العضو الساكن من ملفات تشكل الأ قطاب

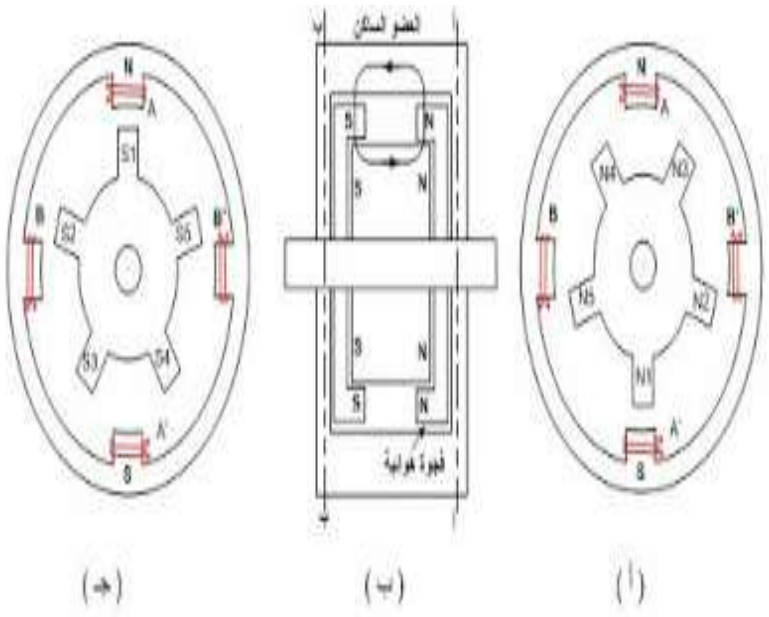
ويبين الشكل التالي تركيب هذا النوع من المحركات

محركات الخطوة الهجينة

(Hybrid stepper motor) :

يشبه محرك الخطوة ذو المغناطيس الدائم لكن يحتوي العضو الدوار على مجموعة أقطاب شمالية في الجزء الأمامي للعضو الدوار ويحتوي الجزء الخلفي للعضو الدوار على أقطاب جنوبية.

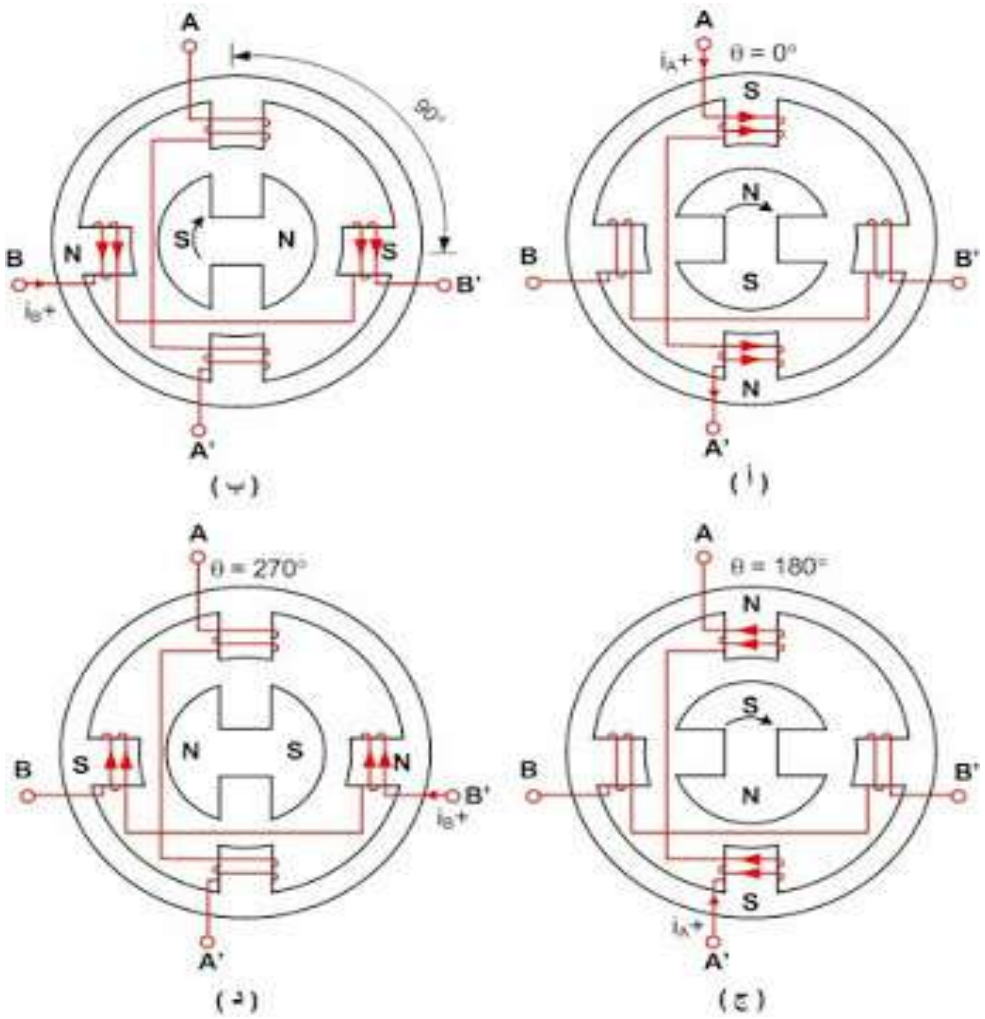
ويبين الشكل(أ) مقطعاً جانبياً ويبين العضو الدوار ذا الأقطاب الشمالية بينما الشكل (ب) يبين مسقطاً أماميا بين المغناطيس الدائم متصلا مع العضو الدوار ويبين الشكل(ج) مقطعاً جانبياً ويبين العضو الدوار ذا الأقطاب الجنوبية.



مبدأ عمل محرك الخطوة

عند سريان تيار كهربائي في الطور (A) كما يوضح الشكل سيتشكل قطبان قطب جنوبي وقطب شمالي في الملفين (A - A`).

وهذا يؤدي لجذب أقطاب العضو الدوار كما في الشكل (أ)



وعند فصل التيار عن الملفين (A - A`) وتوصيل التيار الكهربائي بالملفين (B – B`) كما يوضح الشكل (ج) سيتولد قطبان قطب جنوبي وقطب شمالي وسيحدث تجاذب بين أقطاب العضو الساكن والعضو الدوار كما يبين الشكل (ب)

وبعكس إتجاه سريان التيار الكهربائي في الملفين (A - A`) كما في الشكل(د) سيدور العضو الدوار (180 درجة)، وأيضاً بعكس اتجاه سريان التيار الكهربائي في الملفين(B – B`) كما في الشكل(د) سيدور العضو الدوار بزاوية (270 درجة)

محرك تيار مستمر بموحد الكتروني

هذا المحرك عمليا هو بعكس محرك المغناطيس الدائم

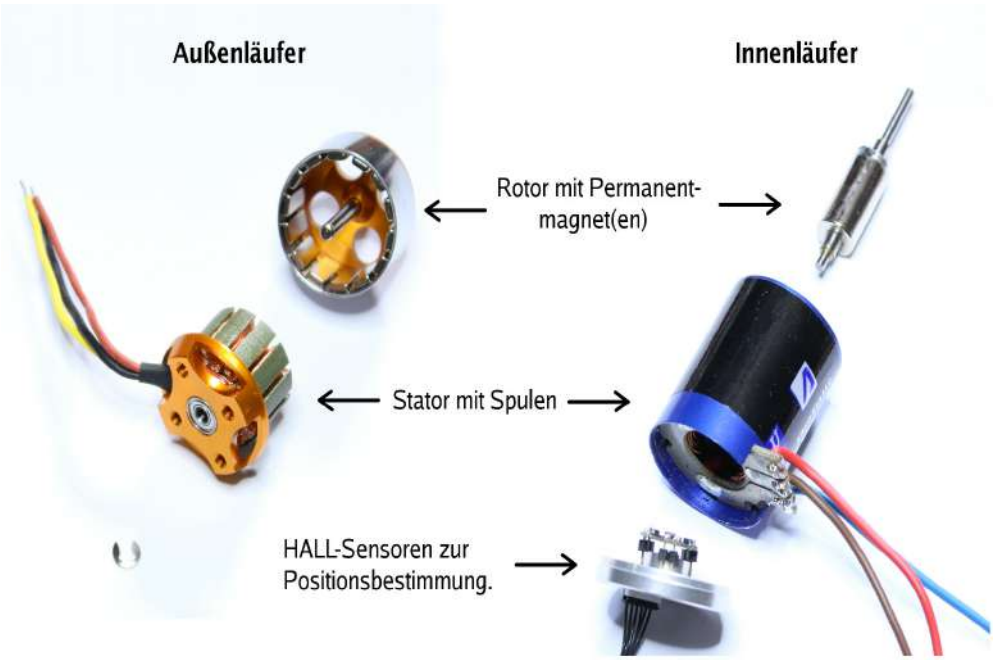
في محرك المغناطيس الدائم يكون المغناطيس دائم في العضو الثابت

اما هذا المحرك فان المغناطيس الدائم في العضو الدوار

يتألف العضو الساكن لهذا المحرك من ثلاث ملفات

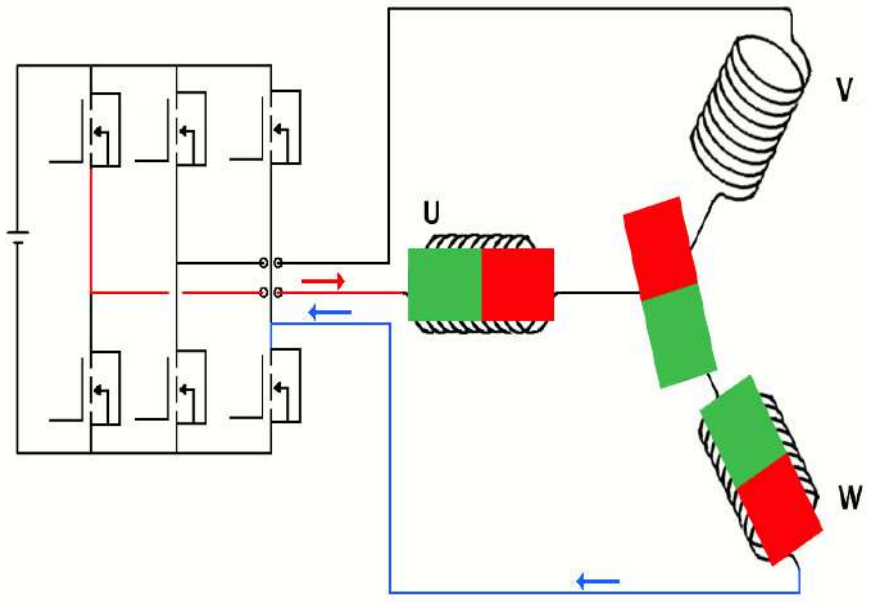
اما العضو الدوار فيثبت عليه أقطاب من مغانط دائمة تدور مع دورانه

حيث يدور المجال المجال المغناطيسي بينما الملفات ثابتةفي العضو الثابت

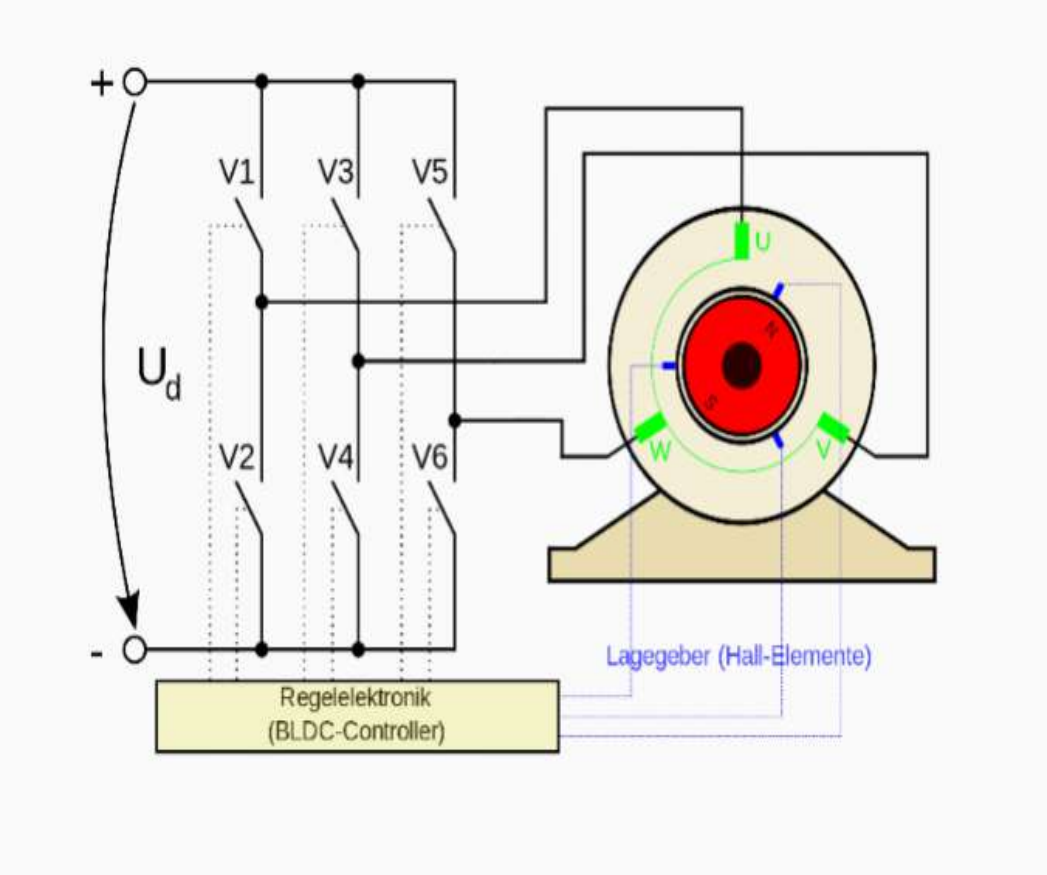


وفي محرك التيار المستمر يوجد موحد
(المبادل)يقوم بعكس اتجاه التيار في ملفات المنتج

اما في هذا فان عملية التحكم باتجاه التيار في ملفات العضو الثابت يتم التحكم بها الكترونيا بالتزامن مع وضع العضو الدائر



يحتوي هذا المحرك على مجسات لقياس موضع العضو الدوار والتي قد تكون مجسات ضوئية او مجسات مغناطيسة (مجسات هال)



محرك بادئ الحركة Strter Motor

او بادئ التشغيل ويسمى ايضا: المارش

ويسمى ايضا:السلف

هو محرك يعمل بالتيار المباشر وهو ذو عزم عالي جدا

يستخدم محرك بادئ الحركة في السيارات وفي مولدات الديزل والبنزين كبادئ تشغيل

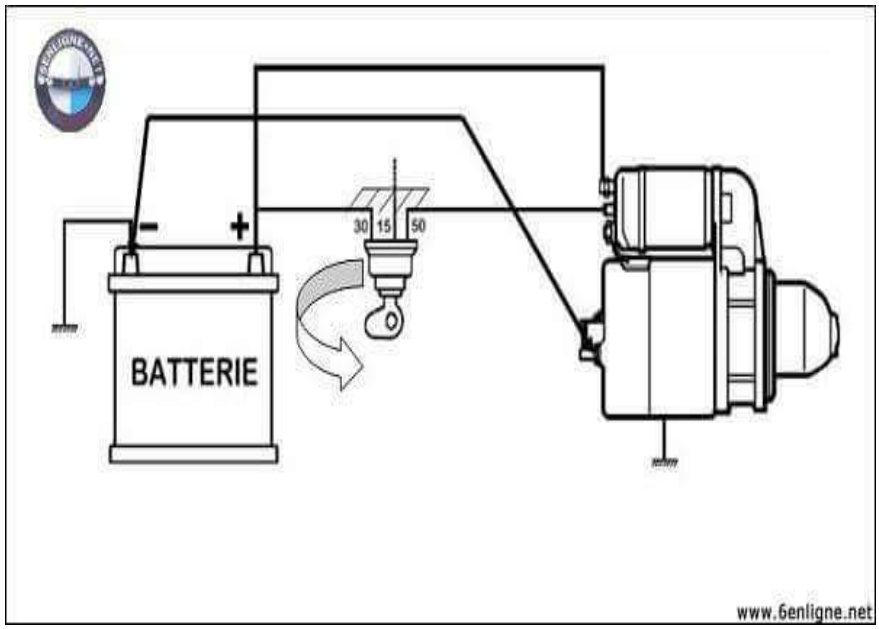
ومن أهم مميزات محرك بدأ الحركة هو حجمه الصغير فهو عبارة عن موتور كهربائي قوي جدا يقوم بتوفير قوة عالية في فترة زمنية

يقوم نظام بدأ تشغيل محرك السيارة او محرك المولد بتحويل الطاقة الكهربائية والتي تأتي من البطارية الى طاقة ميكانيكية وذلك من أجل ادارة المحرك

حتى تكون عملية بدأ التشغيل في السيارة ممكنة ويبدأ المحرك بالعمل

وتتم هذه العملية بواسطة محرك بدأ التشغيل حيث يجب أن تتراوح السرعة المطلوبة لبدأ تشغيل السيارة في مبدأ الحركة ما بين 60 الى 100 دورة في الدقيقة الواحدة بالنسبة لمحركات الديزل

أما بخصوص محركات البنزين ما بين 70 و 200 دورة في الدقيقة



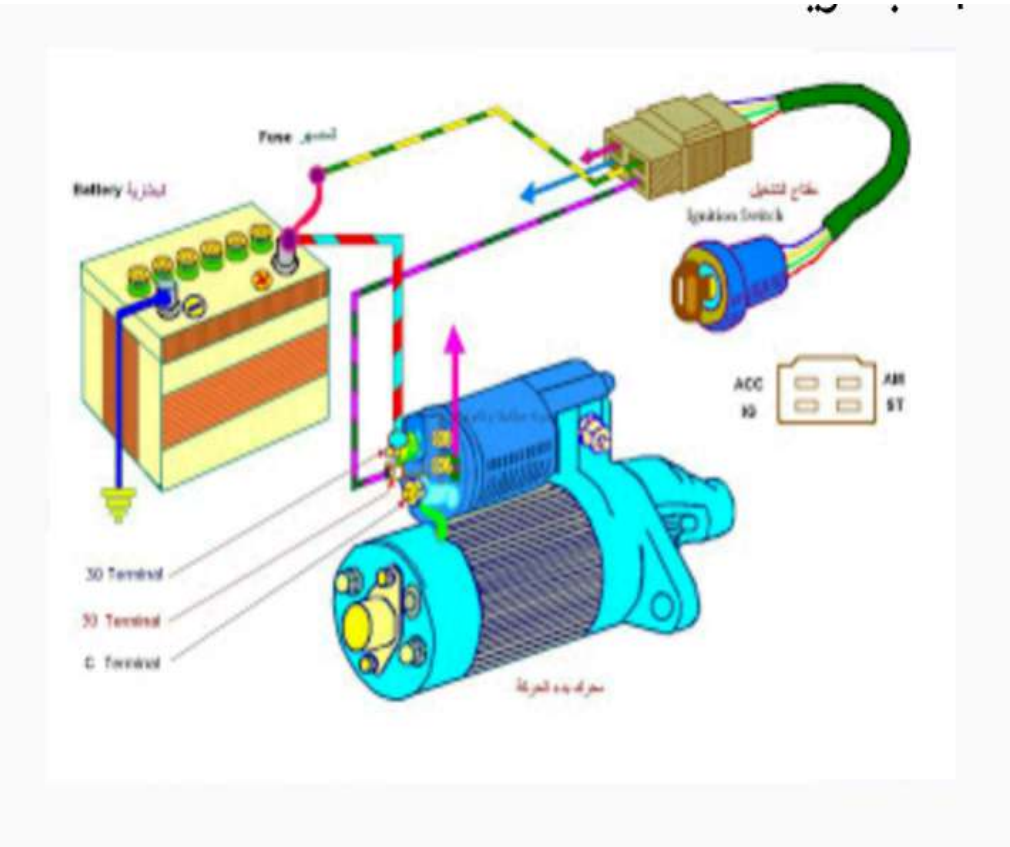
يتكون نظام بدء التشغيل من أربع مكونات رئيسية وهي :

1-مفتاح التشغيل

2- الملف اللولبي لبادئ التشغيل

3-محرك بدأ التشغيل

4-البطارية



طريقة عمل محرك بادئ الحركة

يقوم محرك بادئ التشغيل بتحويل الطاقة الكهربائية الواصلة إليه من البطارية عبر مفتاح التشغيل إلى طاقة ميكانيكية تقوم بادارة المحرك عند بداية التشغيل عبر حذاف المحرك (فلاوين) المعشق مع ترس بادئ الحركة وتبلغ نسبة نقل الحركة بين الترس بادئ وترس حذاف المحرك حوالي (1 : 20) وعندما يعمل المحرك يجب فصل التعشيق عند هذه النسبة من النقل بواسطة تجهيزات خاصة يعمل بها محرك بادئ التشغيل حيث مهمته فقط ادارة المحرك عند بداية التشغيل فقط لتزويده بالعزم اللازم لادارته