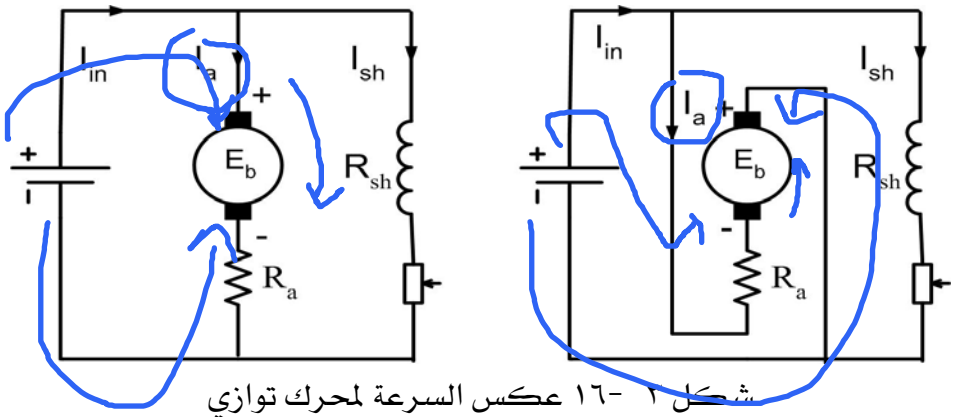
طريقة عكس اتجاه الدوران يكون بعكس الأقطاب للمصدر على المنتج بالتالي ينعكس اتجاه تيار المنتج



شكل ٣ -١٦ عكس السرعة لمحرك توازي

٣ -٦ طرق بدء الحركة Starting Methods

الهدف من بدء الحركة لمحركات التيار المستمر هو تقنين التيار المسحوب لحظة البداية. حيث يكون هذا التيار مرتفع جدا ويتضح ذلك من معادلات التيار الموضحة:

بالنسبة لمحرك التوازي:

٣-٣٩

$$I_a = \frac{V_{in} - E_b}{R_a}$$

قيمة التيار لمحرك التوازي

أما بالنسبة لمحرك التوالي:

٣-٤٠

$$I_a = \frac{V_{in} - E_b}{R_a + R_{se}}$$

قيمة التيار لمحرك التوالي

أثناء تشغيل المحرك يكون الفرق بين جهد المنبع والقوة الدافعة العكسية مقدار صغير وبالتالي تكون قيمة تيار المحرك هي القيمة التي يحددها الحمل. أما لحظة بدء الحركة تكون السرعة مساوية للصفر وبالتالي القوة الدافعة العكسية صفر أيضا (حيث تتناسب مع السرعة). وبالرجوع إلى المعادلات ٣-٣، ٣-٣٩، ٣-٤٠ نجد أن قيمة التيار عند البدء وهو عبارة عن الجهد المسلط مقسوما على مقاومة المنتج في حالة محرك التوازي ومقسوما على مقاومة المنتج ومقاومة ملفات التوالي في حالة محرك التوالي. وهذا التيار قيمته عالية جدا حسب المعادلات التالية:

بالنسبة لمحرك التوازي:

٣-٤١

$$I_{starting} = \frac{V_{in}}{R_a}$$

نلاحظ ان تيار البدء اقل في محرك التوالي لان ملفات المجال على التوالي مع ملفات المنتج مما يقلل تيار المنتج لحظة البدء

أما بالنسبة لمحرك التوالي:

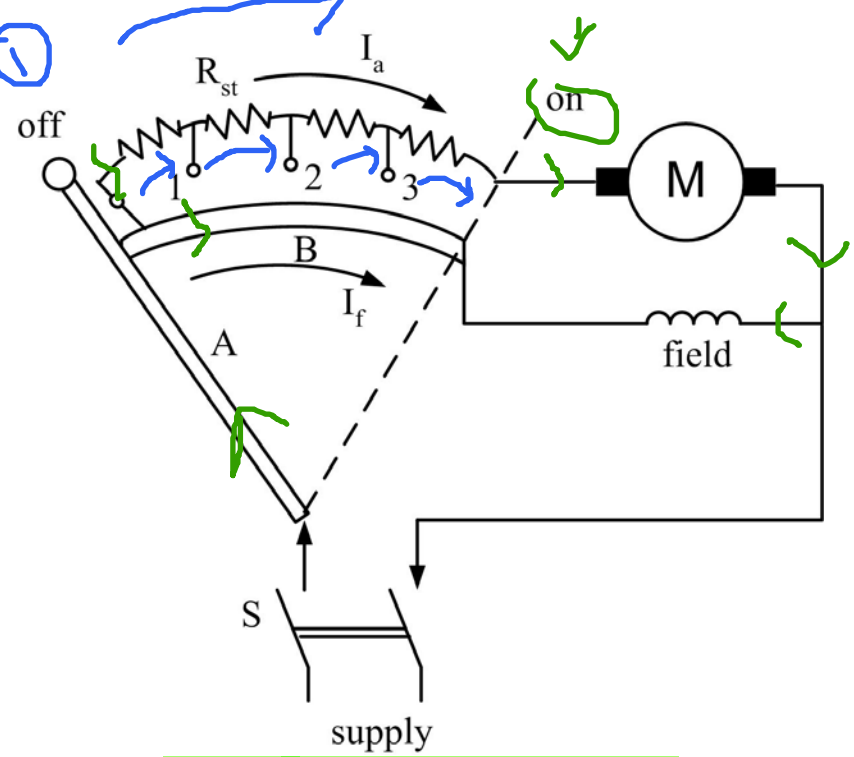
٣-٤٢

$$I_{starting} = \frac{V_{in}}{R_a + R_{se}}$$

وتبعا للمعادلات ٣ -٤١، ٣ -٤٢، ولو فرضنا على سبيل المثال أن جهد المنبع ٢٠٠ فولت ومقاومة المنتج ١, أوم (عادة أقل من ١ أوم) تكون بذلك قيمة تيار المنتج لحظة بدء الحركة ٢٠٠٠ أمبير وهذا التيار مرتفع جدا بالنسبة لقدرة المحرك. ولذلك يجب استخدام وسيلة بدء حركة أو ما يسمى ببادئ الحركة (starter) وهو عبارة عن مقاومة متغيرة توصل على التوالي مع المنتج وهذه المقاومة بدورها تحد من قيمة التيار إلى القيمة المسموح بها، فعندما يتحرك المنتج تتولد قوة دافعة عكسية (مضادة) تقلل من قيمة التيار المار وبالتالي تغير هذه المقاومة إلى قيمة أصغر حتى يصل المحرك إلى سرعته المقننة فتصل قيمة المقاومة إلى الصفر.

٣ -٦ -١ بادئ الحركة اليدوي

في المحركات الصغيرة يستعمل بادئ حركة يدوي وهو عبارة عن مقاومة من عدة أجزاء تكون على التوالي مع المنتج، وتخرج هذه المقاومة على مراحل حتى يصل المحرك إلى سرعته النهائية تكون هذه المقاومات قد أخرجت كليا من الدائرة، وعندئذ يكون المحرك موصل مباشرة بمنبع الجهد. يبين شكل ٣ -١٧ بادئ الحركة من هذا النوع لمحرك توازي، وفيه الزراع (A) يلامس نقطة التماس المتصلة بمقاومة بدء الحركة Rst وفي نفس الوقت يلامس القوس النحاس (B) الذي يغذي ملفات التوازي وبهذا الترتيب نجد أنه عند البداية تكون قيمة المقاومة الكلية مضافة إلى مقاومة المنتج وبذلك يقل تيار البدء، ثم بعد ذلك نبدأ في تحريك الزراع (A) ليصل إلى النقطة رقم ١ ثم ٢ ثم ٣ إلى أن يصل إلى الوضع on تكون المقاومة قد خرجت من الدائرة ويكون الجهد المسلط على المنتج هو جهد المنبع ويدور المحرك عند السرعة المقننة. ولكن من عيوب استخدام البادئ اليدوي أنه بعد فصل المفتاح الرئيسي (S) أي بعد فصل منبع الجهد عن المحرك لإيقافه يبقى الزراع عند وضع التشغيل (on) ويترتب على ذلك أنه عند بدء الحركة مرة أخرى يكون المنتج موصل مباشرة بالمنبع ولذا يجب بعد إيقاف المحرك إرجاع الزراع إلى وضع عدم التشغيل (off).



لحظة البدء الذراع على
الوضع Off
المقاومة Rst
كاملة يتم ادخالها من أجل تقليل
تيار البدء
بعد تحرك المحرك وزيادة سرعته
تدريجياً تتولد قوة دافعة عكسية
تدريجيا ويقل التيار لذلك لا حاجة
لمقاومةالبدء نحرك
الذراع A
الى 1 ثم 2 ثم 3
حتى نخرج كل مقاومة البدء من
الدائرة
عندها نصل الى قيمة التيار المقنن
والسرعة المقننة
ويكون الذراع على وضع
On

شكل ٣ -١٧ مخطط بادئ حركة يدوي

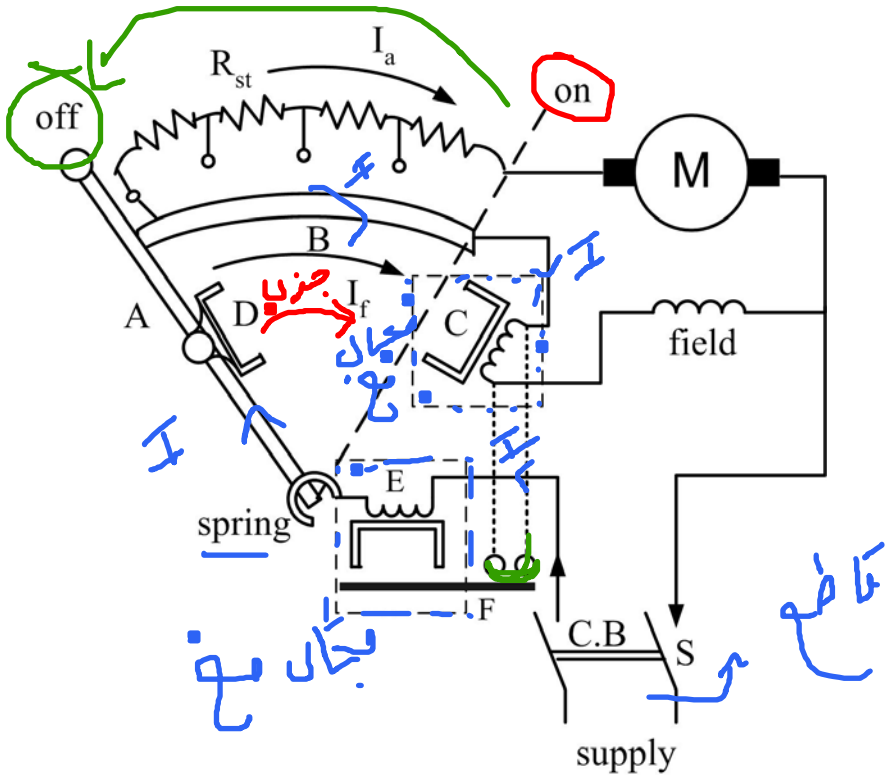
٣ -٦ -٢ بادئ الحركة الأوتوماتيكي

يستخدم في محركات التيار المستمر ذات قدرات أعلى من ٢٠ حصان وهو مزود بملف (متمم) فوق الحمل (overload) الذي يفصل المحرك عن المنبع عند زيادة الحمل كما يوجد أيضا قاطع أتوماتيكي (circuit breaker) للقيام بعمل المفتاح الرئيسي (s) عند حدوث قصر في الدائرة. الشكل ٣ -١٨ يبين مخطط لترتيب بدء حركة محركات التوازي والمركبة. في البداية يكون الزراع A عند الوضع off، عند توصيل المفتاح S يتصل منبع الجهد بالقاطع الأوتوماتيكي ويمر تيار في ملف المتمم E ومنه إلى الزراع A ثم القوس النحاس B فملف الجاذب C وأخيرا ملفات المجال وملفات المنتج، وعند هذه اللحظة تكون مقاومة البادئ الكلية موصلة على التوالي مع المنتج وبالتالي يقل تيار البدء. عند مرور تيار في ملف الجاذب C يتولد مجال مغناطيسي يعمل على جذب الحافظة D إلى الجاذب C وبالتالي يبدأ الزراع A في الحركة متجها إلى الجاذب C . ويبدأ خروج أجزاء من مقاومة البادئ Rst تدريجيا إلى أن يصل الزراع A إلى الوضع on تكون مقاومة البادئ قد خرجت كليا من الدائرة وأصبح جهد المنبع مسلط على المنتج.

عند فتح المفتاح الرئيسي S لإيقاف المحرك فإن المجال الناشئ عن مرور التيار في ملف الجاذب C يزول وينتج عن ذلك أن يترك المغناطيس الكهربي الحافظة D فيعود الزراع A من وضع التشغيل on إلى وضع عدم التشغيل off بواسطة زنبرك (spring) متصل بالزراع A وقاعدة البادئ. أيضا يوجد بالبادئ

متمم E يحتوى على ملف ومغناطيس كهربي وحافظة F ، يمر بالملف تيار الخط فعند زيادة الحمل تنجذب الحافظة F للمغناطيس الكهربي للمتمم E ، ومثبت بالحافظة قطعة من النحاس تعمل على قفل مسار توصيل فيحدث قصر على طرفي ملف الجاذب C ويترتب على ذلك أن يتلاشى المغناطيس الكهربي فيترك الحافظة D وبالتالي يعود الزراع A بفعل الزنبرك إلى وضع عدم التشغيل ويقف المحرك.

نتيجة ادخال قيمة Rst كاملة مما يقلل تيار المحرك ويقلل Eb ويقلل السرعة حتى يتوقف المحرك عن الدوران



شكل ٣ -١٨ مخطط بادئ حركة أوتوماتيكي

٣ -٧ المفقودات والكفاءة Losses and Efficiency

تنقسم المفقودات في محركات التيار المستمر إلى ثلاثة أنواع كما في حالة مولدات التيار المستمر:

- الفقد الميكانيكي Mechanical loss
- الفقد النحاسي Copper loss
- الفقد الحديدي Iron loss

كل هذه المفقودات تظهر في صورة حرارة تؤدي إلى رفع حرارة المحرك وقد تتسبب في تلفه، لذلك يجب دراسة تأثيرها وكيفية الحد منها. وقد سبق ذكرها بالتفصيل في الوحدة الثانية (المولدات).

٣ -٧ -١ مراحل القدرة للمحرك

مما سبق نعلم بأن المحرك وسيلة لتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية ولهذا يوصل المحرك على منبع تيار مستمر والذي يعطي المحرك قدرة أولية في صورة طاقة كهربية سنطلق عليها دخل المحرك Input power كما هو موضح في شكل ٣ -١٩ وهذه القدرة الداخلة تكون بالوات.(W) جزء من هذه القدرة يضيع من تعويض الفقد النحاسي والباقي يتحول إلى قدرة كهرومغناطيسية P_g، حيث إن P_g هي قدرة المنتج وتعطى بالعلاقة:

$$P_g = E_a I_a$$
$$P_g = P_{in} - P_{cu} \qquad ٣-٤٣$$

عند انتقال القدرة إلى المنتج Pg يفقد من هذه القدرة جزء كفقد ميكانيكي Pmech وجزء كفقد حديدي Pin وتكون القدرة المتبقية هي القدرة المستفادة للحمل أو كما تسمى أحيانا خرج المحرك Pout. ويعطي شكل ٣ -٢٠ مخطط انسياب القدرة في محركات التيار المستمر.

- الكفاءة:

بالرجوع إلى مراحل انتقال القدرة داخل محرك التيار المستمر، يمكن حساب الكفاءة وهي كالتالي:

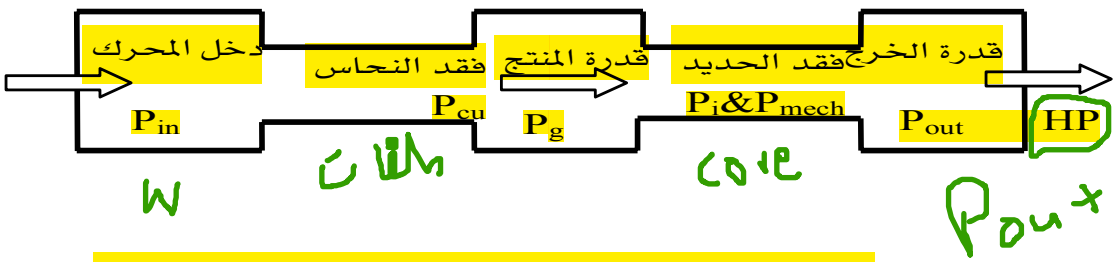
- الكفاءة الكلية

$$\eta = \frac{o/p}{i/p} = \frac{HP * 746}{V_{in} I_{in}} \qquad ٣\square٤٤$$

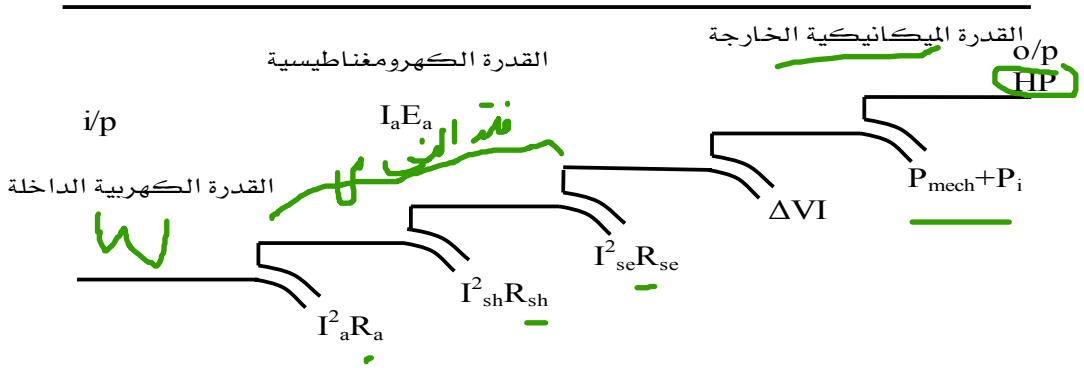
أيضا يمكن حساب الكفاءة الكلية من العلاقات

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + losses} \qquad ٣\square٤٥$$

$$\eta = \frac{P_{in} - losses}{P_{in}} \qquad ٣\square٤٦$$



شكل ٣ -١٩ مراحل انتقال القدرة لمحركات التيار المستمر



شكل ٣ -٢٠ مخطط انسياب القدرة لمحركات التيار المستمر

مثال٣ -٥_محرك تيار مستمر من نوع التوازي يغذى حمل قدرته ١٥٠ حصان عند الحمل الكامل ويدور عند سرعة ٩٦٠ لفه/دقيقة ، وموصل على منبع جهد ٥٥٠ فولت. وكانت الكفاءة ٩١٪ ومقاومة ملفات التوازي ٢٧٥ أوم ومقاومة ملفات المنتج ٠,١ أوم. أوجد الآتي:

-المفقودات الحديدية والميكانيكية وكذلك عزم الدوران عند الحمل الكامل

-سرعة المحرك إذا خفض العزم إلى ٦٠٪ من العزم عند الحمل الكامل ووصلت مقاومة ٠,٢ أوم على التوالي مع ملفات المنتج.

الحل HP=١٥٠ n=٩٦٠rpm V_{in}=٥٥٠V η=٩١٪ R_{sh}=٢٧٥Ω R_a=٠,١Ω

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$0.91 = \frac{150 * 746}{P_{in}}$$

pin
بقدر احسبها من الكفاءة
لكن لحساب المفقودات الحديدية والميكانيكية
نحتاج لايجاد المفقودات النحاسية
وبالتالي نحتاج لمعرفة تيار المنتج

$$P_{in} = \frac{150 * 746}{0.91} = 122967 \quad W$$

$$P_{in} = V_{in} I_{in} \qquad 122967 = 550 * I_{in} \qquad I_{in} = 122967/550 = 223.6 \quad A$$

$$I_{sh} = \frac{V_{sh}}{R_{sh}} = \frac{V_{in}}{R_{sh}} = \frac{550}{275} = 2 \quad A$$

$$I_a = I_{in} - I_{sh} = 223.6 - 2 = 221.6 \quad A$$

$$P_{cu} = I_a^2 R_a + I_{sh}^2 R_{sh} = (221.6)^2 * 0.1 + (2)^2 * 275 = 6011 \quad W$$

$$P_{losses} = P_{in} - P_{out} = 122967 - 150 * 746 = 11067 \quad W$$

$$P_{losses} = P_{mech} + P_i + P_{cu}$$

$$P_{mech} + P_i = P_{losses} - P_{cu} = 11067 - 6011 = 5056 \quad W$$

لحساب العزم
نحتاج لحساب
Eb

$$E_b = V_{in} - I_a R_a = 550 - 221.6 * 0.1 = 527.84 \, V$$

$$T = \frac{E_b I_a}{\omega} = \frac{E_b I_a}{\frac{2\pi n}{60}} = \frac{527.84 * 221.6 * 60}{2 * \pi * 960} = 1163.5 \quad N.m$$

$T \alpha \Phi I_a$

حيث إن تيار المجال ثابت، يكون Φ ثابت

$T \alpha I_a$

$$\frac{T_1}{T} = \frac{I_{a1}}{I_a} = 0.6$$

عند توصيل مقاومة على التوالي مع ملفات المنتج
يقلل ذلك من قيمة تيار المنتج
بالتالي تقل القوة الدافعة العكسية
ويقل العزم
وتقل السرعة

$$I_{a1} = 0.6 * I_a = 0.6 * 221.6 = 132.96 \quad A$$

$$E_{b1} = V_{in} - I_{a1}(R_a + R_{ad}) = 550 - 132.96 * (0.1 + 0.2) = 510.1 V$$

$$T_1 = \frac{E_{b1} I_{a1}}{\omega_1} = \frac{E_{b1} I_{a1}}{\frac{2\pi n_1}{60}}$$

$$0.6 * 1163.5 = \frac{510.1 * 132.96 * 60}{2 * \pi * n_1}$$

$$n_1 = \frac{510.1 * 132.96 * 60}{2 * \pi * 0.6 * 1163.5} = 928 \quad rpm$$