

جَامِعَة
الْمَنَارَة
MANARA UNIVERSITY

جامعة المنارة
قسم هندسة الميكاترونكس

الآلات الكهربائية

Electrical Machines

الدكتور المهندس

علاء الدين أحمد حسام الدين

8

مفردات المقرر

❖ مفاهيم عامة في الآلات الكهربائية.

❖ المحولات الكهربائية.

❖ آلات التيار المستمر.

❖ مبادئ عامة في آلات التيار المتناوب.

❖ الآلات التحريضية ثلاثية الأطوار.

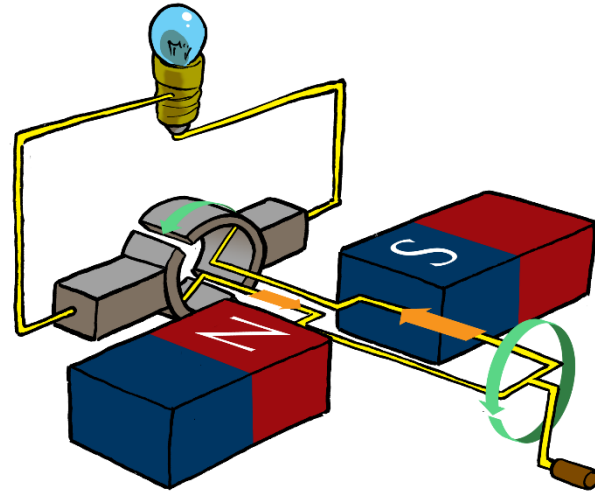
❖ محركات الخطوة.

❖ محركات السيرفو.



آلات التيار المستمر

Direct Current Machines



تنظيم سرعة محركات التيار المستمر وطرق عكس الحركة فيها:

$$n = \frac{V_{in} - I_a \cdot R_a}{C_e \cdot \Phi}$$

تفرعي

$$n = \frac{V_{in}}{\alpha \cdot I_a} - T \cdot \frac{(R_a + R_{se})}{\alpha^2 \cdot I_a^2}$$

تسلسلي

$$n = \frac{V_{in} - I_a \cdot R_a - I_{in} \cdot R_{se}}{C_e \cdot \phi}$$

مختلط قصيرة

$$n = \frac{V_{in} - I_a \cdot (R_a + R_{se})}{C_e \cdot \phi}$$

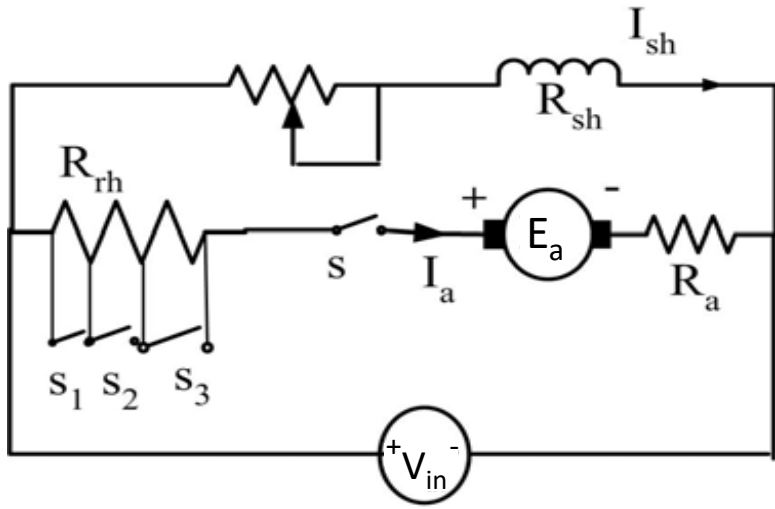
مختلط طويلة

تبين معادلات السرعة لمحركات التيار المستمر أن السرعة تتغير إما عن طريق مقاومة متصلة مع المتحرض، أو عن طريق الجهد المطبق على أطراف المحرك، أو عن طريق تغيير الفيض المغناطيسي (دائرة التهييج).

هناك تشابه بين المحرك التفرعي والمختلط في طرق تنظيم السرعة، لذلك سندرس تنظيم سرع المحرك التفرعي.

تنظيم محركات التيار المستمر ذات التهييج التفرعي :

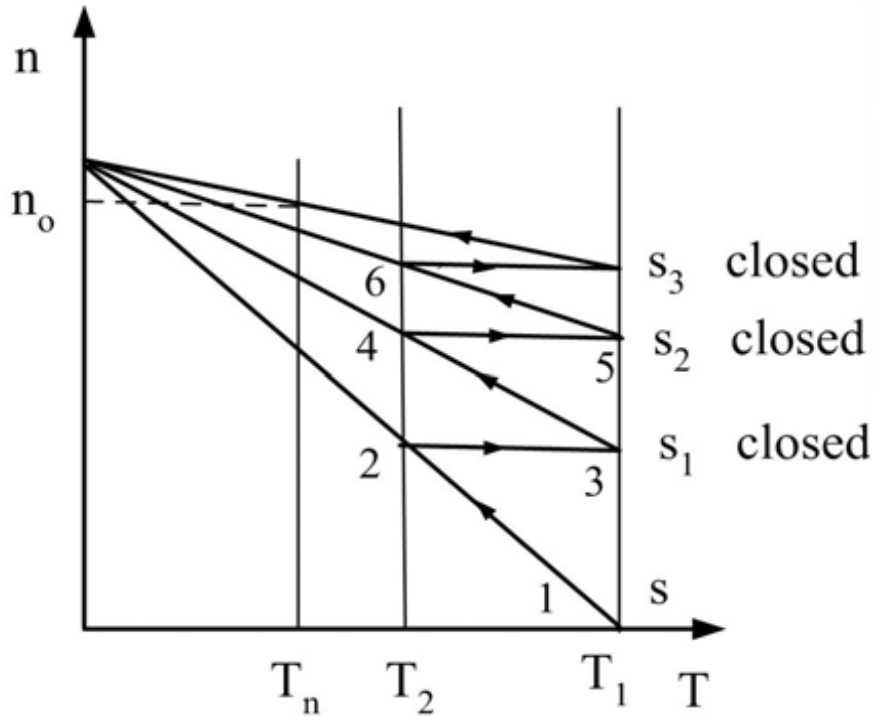
1. باستخدام مقاومة متغيرة:



يتم وصل مقاومة متغيرة على التسلسل مع دائرة المتحرض، ويتم تنظيم السرعة عن طريق فتح أو إغلاق المفاتيح S_1, S_2, S_3 ، وبذلك يدخل جزء من المقاومة في الدارة، مما يغير من قيمة المقاومة المحصلة للمتحرض.

يبين الشكل منحنى العزم مع السرعة (المميزة الميكانيكية). فعند حمل معين نجد ان السرعة تتغير بتغيير المقاومة، وحسب الدارة فإن المحرك يبدأ الحركة بإغلاق المفتاح S ثم بعد ذلك يتم إغلاق المفاتيح S_1, S_2, S_3 تباعاً بحيث يكون بينها فاصل زمني.

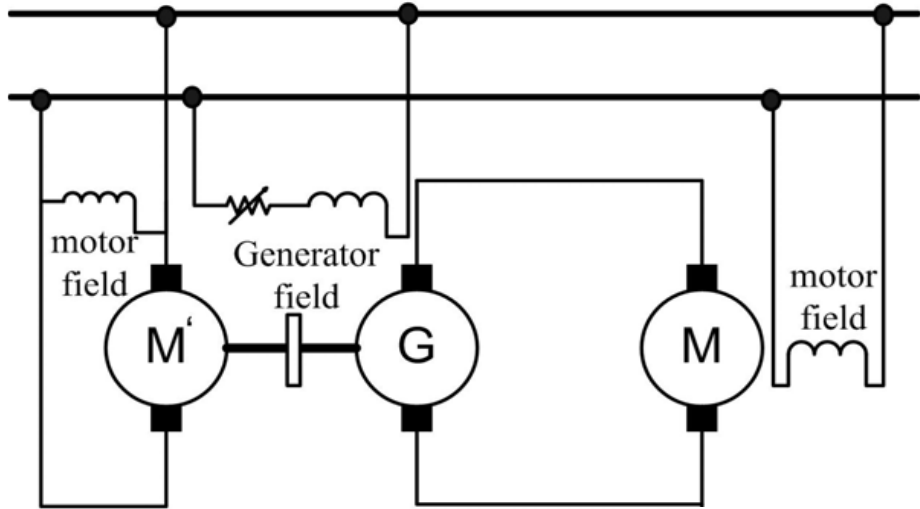
عيوب هذه الطريقة لتنظيم السرعة هو الضياعات في مقاومة تنظيم السرعة، مما يقلل من مردود المنظومة ككل.



تنظيم محركات التيار المستمر ذات التهييج التفرعي :

2. عن طريق التحكم بالجهد المطبق:

يمكن الحصول على مجال أوسع لتنظيم السرعة عن طريق الجهد المطبق على اطراف المحرك، ويمكن التحكم في هذا الجهد باستخدام طريقة **Ward Leonard** كما هو موضح بالشكل.



+ يغذي المحرك M المراد تنظيم سرعته من المولد G ، الذي يدار بسرعة ثابتة
- من خلال محرك تيار مستمر آخر M' ، وعن طريق التحكم بتهييج المولد
يمكن تغيير الجهد المتولد على أقطابه، وبالتالي الجهد المغذي للمحرك
المراد تنظيم سرعته.

عيوب هذه الطريقة التكلفة الكلية لنظام التحكم، ولكن الآن تستخدم طرق الكترونية للتحكم في الجهد المستمر المغذي للمحرك مباشرة.

تنظيم محركات التيار المستمر ذات التهييج التفرعي :

3. عن طريق حقل التهييج:

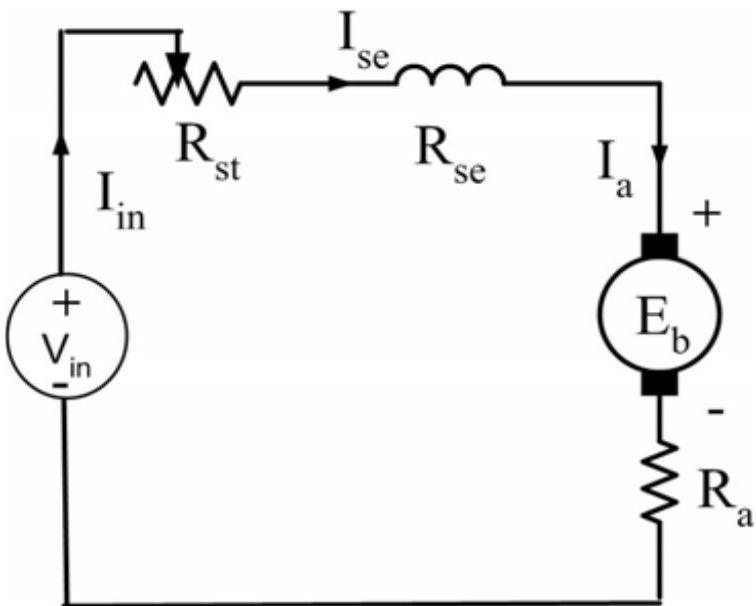
تعد هذه الطريقة من الطرق البسيطة قليلة التكلفة، حيث تستخدم مقاومة تنظيم التهييج بقدرة منخفضة، وعن طريقها يتم التحكم في تيار التهييج وبالتالي الفيض المغناطيسي وهذه الطريقة يمكن أن تعطي سرعات أعلى من السرعة الاسمية للمحرك، ولكن هذا يتسبب في زيادة الشرارة الكهربائية في المحرك وحدوث مشاكل ميكانيكية نتيجة زيادة السرعة.

تنظيم محركات التيار المستمر ذات التهييج التسلسلي:

1. باستخدام مقاومة متغيرة:

من المعادلة:

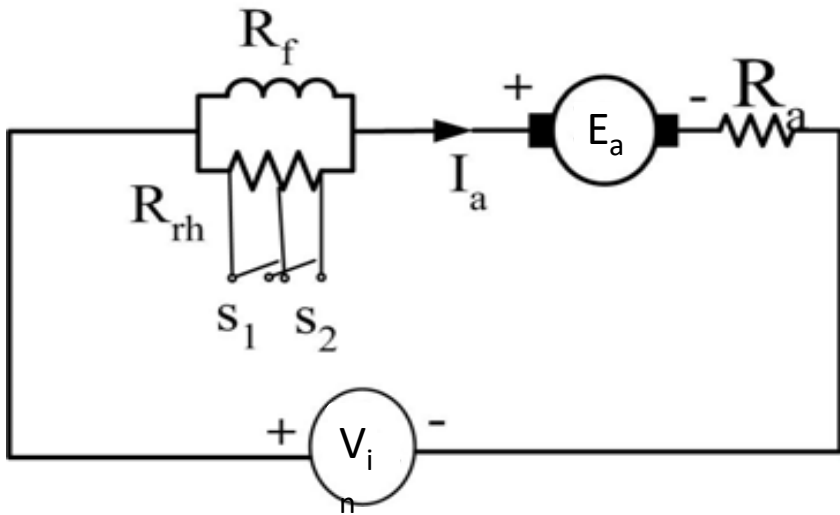
$$n = \frac{V_{in}}{\alpha \cdot I_a} - T \cdot \frac{(R_a + R_{se})}{\alpha^2 \cdot I_a^2}$$



نلاحظ أنه يمكن تغيير سرعة المحرك التسلسلي بإضافة مقاومة تسلسلية مع دائرة المتحرض، وذلك وفق ما رأينا في المحرك التفرعي.

تنظيم محركات التيار المستمر ذات التهييج التسلسلي:

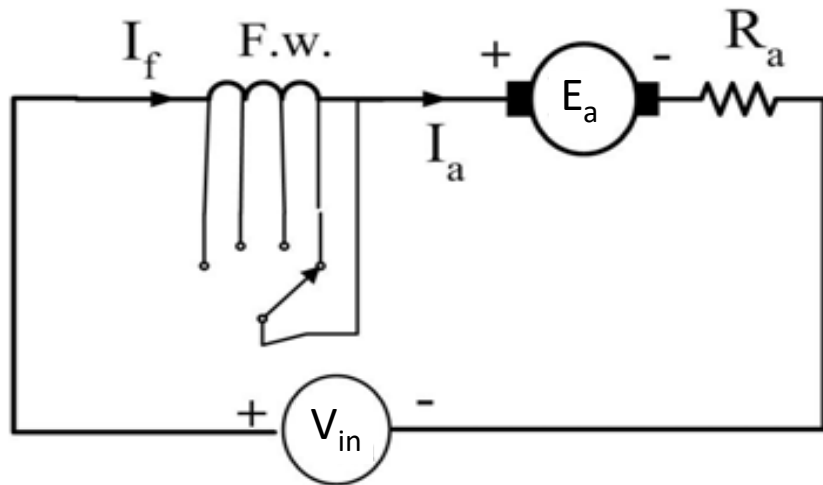
2. عن طريق وصل مقاومة على التفرع مع ملف التهييج:



كما نعلم فإن سرعة المحرك تتعلق بالفيض المغناطيسي ϕ ، وبالتالي تيار التهييج الذي يساوي تيار الحمل بالنسبة لهذا النوع من المحركات. ونظراً لأن التيار في هذا المحرك يتعلق بالحمل، فإن التحكم في قيمة تيار التهييج لا يتم إلا عن طريق وصل مقاومة على التفرع مع ملف التهييج، بحيث يمكن تغيير قيمة تيار التهييج عن طريق تغيير المقاومة، بينما تبقى قيمة تيار الحمل ثابتة.

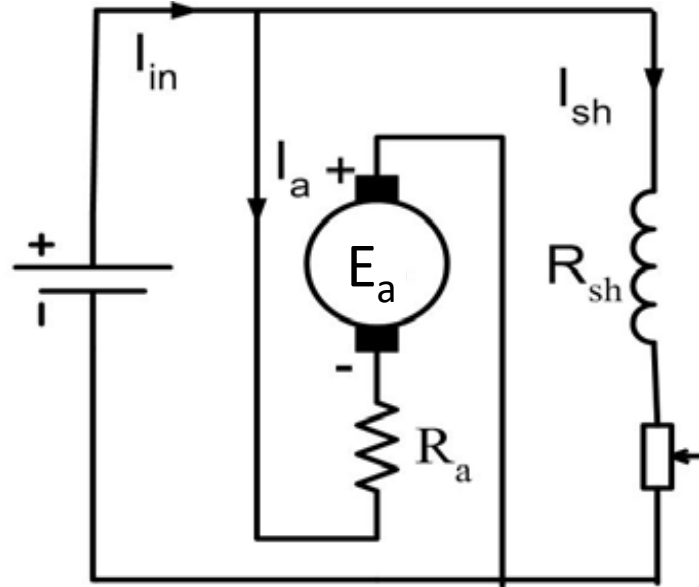
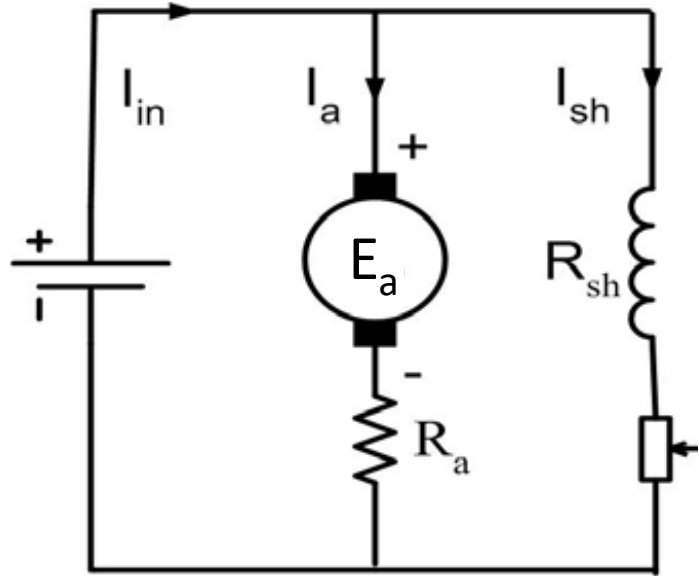
تنظيم محركات التيار المستمر ذات التهييج التسلسلي:

3. عن طريق تقسيم ملف التهييج:



يمكن التحكم في تيار التهييج بتقسيم ملف التهييج على الأقطاب إلى قسمين أو أكثر، ووصلهما على التفرع معاً بدلاً من وصل الملف بالكامل على الأقطاب على التسلسل، وهذه الطريقة نستطيع التحكم بتيار التهييج، وبالتالي التحكم بسرعة المحرك.

عكس جهة الدوران لمحركات التيار المستمر:



نحتاج في العديد من الاعمال إلى تغيير جهة دوران محرك التيار المستمر مثل الباص الكهربائي، والروافع، وغيرها. ويتم عكس جهة الدوران عن طريق عكس اتجاه التيار في ملف المتحرض، أو في ملف التهييج. يراعي أن يتم عكس الدوران بعكس التيار في أحد الملفين فقط. فإذا تم عكس التيار في الملفين معاً في نفس الوقت يبقى المحرك في نفس اتجاه دورانه. ويتم عكس اتجاه التيار في أحد الملفين عن طريق تغيير وصل الأقطاب. يبين الشكل طريقة تغيير قطبية ملف المتحرض لمحرك تفرعي، بحيث تبقى قطبية ملف التهييج كما هي بدون تغيير.

طرق إقلاع محركات التيار المستمر Starting Methods:

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

يعطى تيار المحرك التفرعي بالعلاقة:

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

وتيار المحرك التسلسلي بالعلاقة:

أثناء تشغيل المحرك يكون الفرق بين جهد المنبع والقوة المحركة الكهربائية العكسية صغيراً، وبالتالي تكون قيمة تيار المحرك هي القيمة التي يحددها الحمل. أما لحظة إقلاع المحرك وبدء الحركة تكون السرعة مساوية للصفر، وبالتالي تكون القوة المحركة العكسية مساوية للصفر أيضاً (تناسب مع السرعة)، وبالعودة للمعادلات السابقة نجد أن قيمة التيار عند الإقلاع تساوي قيمة جهد التغذية مقسوماً على مقاومة المتحرض بالنسبة للمحرك التفرعي، أو على مقاومة المتحرض وملف التهييج بالنسبة للمحرك التسلسلي، وقيمة هذا التيار ستكون كبيرة جداً:

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

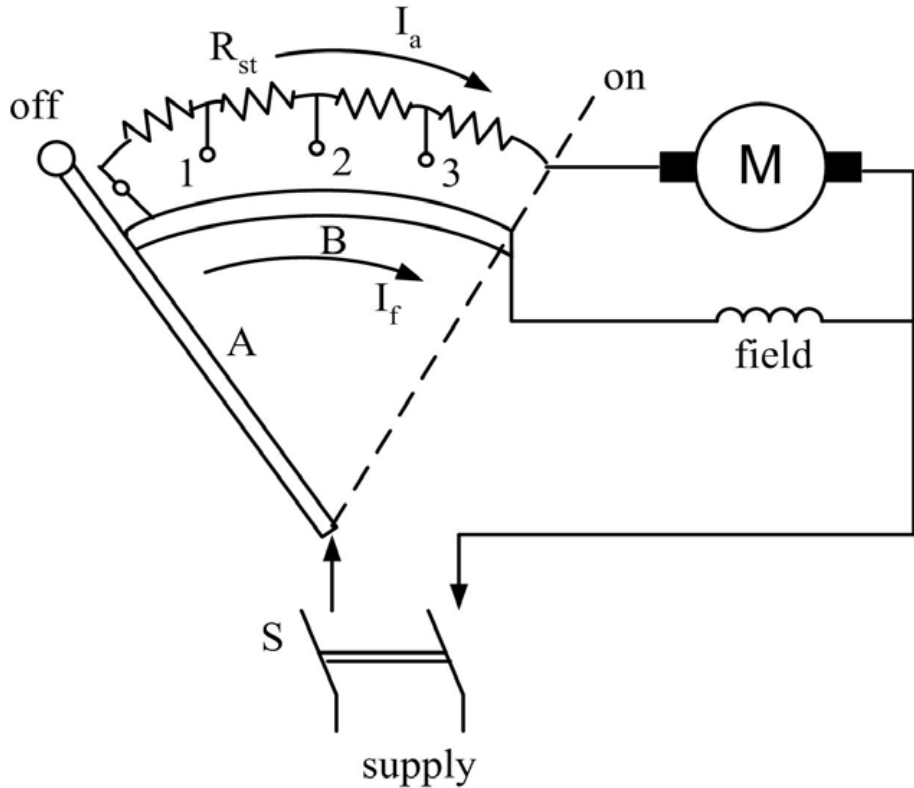
$$I_a = \frac{V_{in}}{R_a + R_{se}}$$

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

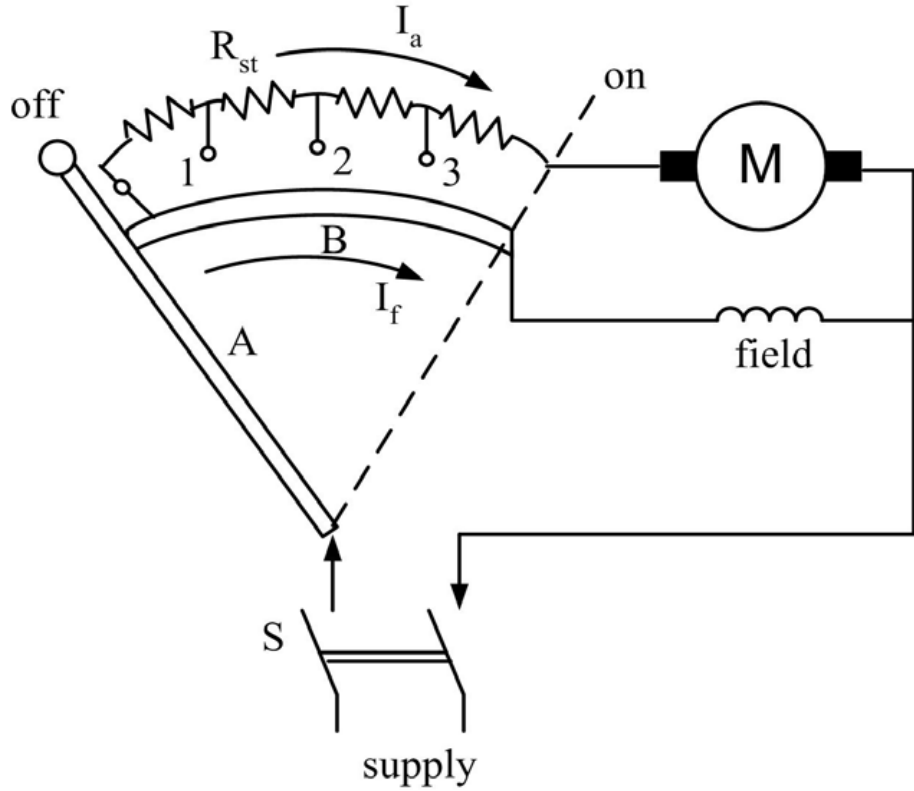
$$I_a = \frac{V_{in}}{R_a + R_{se}}$$

فإذا كان جهد التغذية للمحرك هو 200V مثلاً وكانت مقاومة المتحرض 0.1Ω فستكون قيمة تيار المتحرض لحظة بدء الحركة للمحرك التفرعي هي: $I_a = 200/0.1 = 2000A$ ، وهذا التيار كبير جداً بالنسبة لقدرة المحرك، لذلك لا بد من استخدام طريقة لإقلاعه أو بدء حركته.

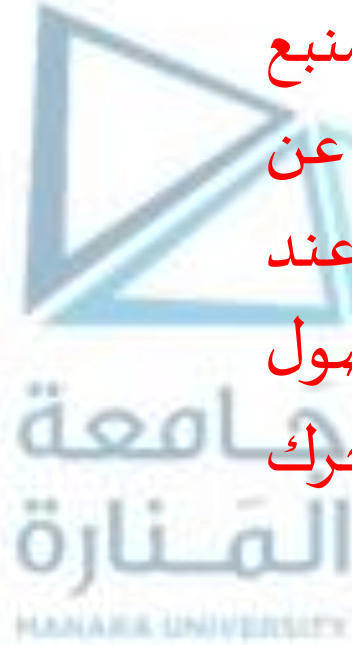
الإقلاع اليدوي:



في المحركات الصغيرة يتم الإقلاع باستخدام مقاومة من عدة أجزاء تكون على التسلسل مع المتحرض، ويتم إخراج هذه المقاومة على مراحل حتى يصل المحرك إلى سرعته النهائية تكون هذه المقاومة قد أخرجت كلياً من الدارة، وعندئذ يكون المحرك قد أصبح موصولاً بشكل مباشر مع منبع الجهد. يبين الشكل هذا النوع من وسائل الإقلاع لمحرك تفرعي، وفيه الذراع **A** يلامس نقطة التماس المتصلة بمقاومة الإقلاع R_{st} ، وفي نفس الوقت يلامس القوس النحاس **B**، حيث نجد أنه عند البداية تكون المقاومة الكلية مضافة إلى مقاومة المتحرض، وبذلك يقل تيار الإقلاع، ثم نبدأ في تحريك الذراع **A** ليصل إلى النقطة **1** ثم **2** ثم **3** إلى أن يصل إلى الوضع **on** تكون المقاومة قد خرجت من الدارة، ويكون الجهد المطبق على المتحرض هو جهد المنبع، ويدور المحرك عند السرعة الإسمية.



من عيوب استخدام الإقلاع اليدوي أنه بعد فصل المفتاح الرئيسي S أي بعد فصل منبع التغذية عن المحرك لإيقافه يبقى الذراع عن وضع التشغيل on، ويترتب على ذلك أنه عند الإقلاع مرة أخرى يكون المتحرض موصول مباشرة بالمنبع، ولذا يجب بعد إيقاف المحرك إرجاع الذراع إلى وضع الإيقاف off.



الضبياعات والمردود Losses and Efficiency

تقسم الضبياعات في محركات التيار المستمر إلى ثلاثة أنواع، كما في المولدات، وهي:

❖ الضبياعات الميكانيكية Mechanical loss.

❖ الضبياعات النحاسية Copper loss.

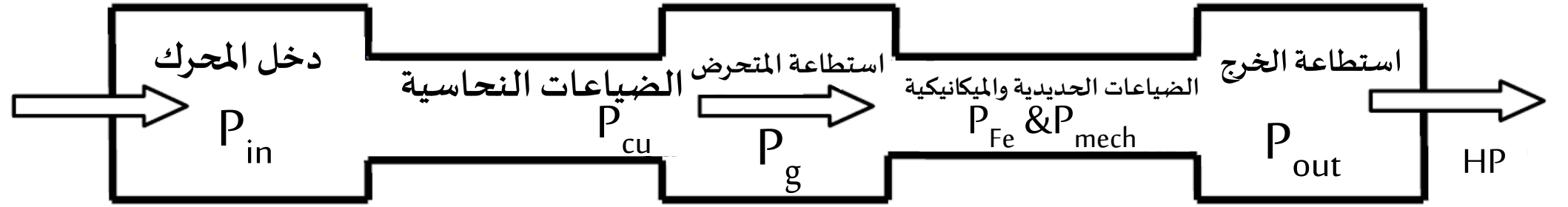
❖ الضبياعات الحديدية Iron loss.

تتجلى هذه الضبياعات بشكل حرارة وسخونة تؤدي إلى رفع حرارة المحرك، وقد تتسبب في تلفه، لذلك يجب دراسة تأثيرها وكيفية الحد منها... وهذه الضبياعات هي نفسها الواردة في المولدات.

سريان الاستطاعة للمحرك:

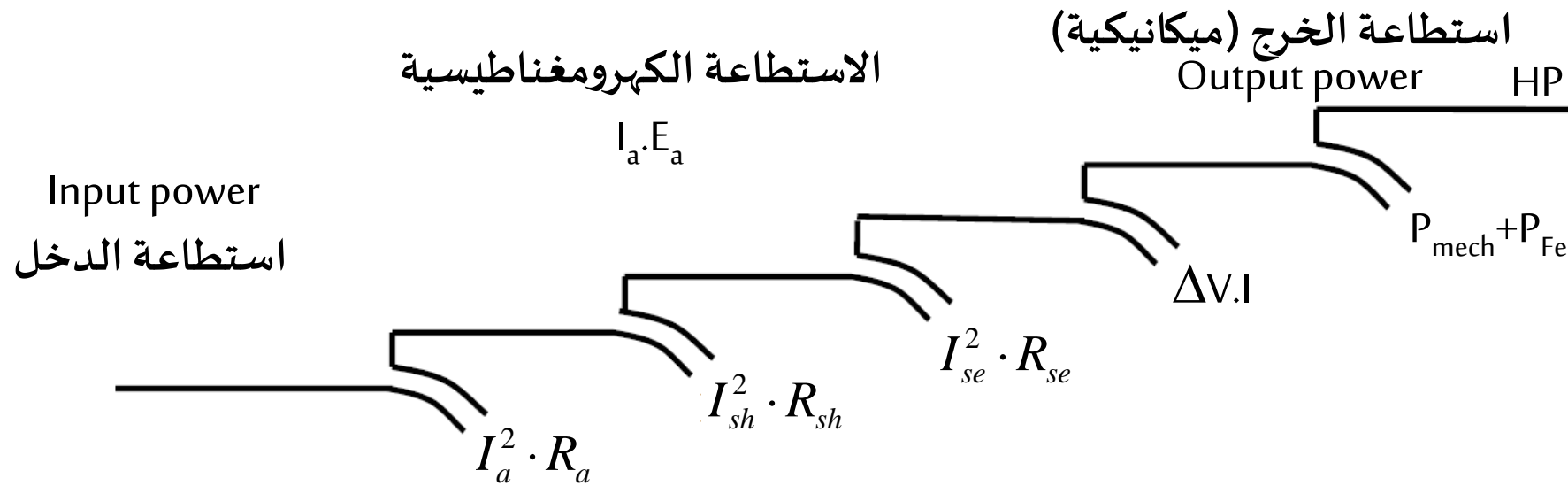
مما سبق نجد أن المحرك هو وسيلة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية، ولذلك يتم توصيله إلى منبع تيار مستمر يقدم للمحرك استطاعة أولية بشكل طاقة كهربائية هي استطاعة الدخل **Input Power [Watt]** كما في الشكل. يضيع جزء من هذه الاستطاعة يضيع في الوشائع (ضباعات نحاسية)، ويتحول الباقي إلى استطاعة كهرومغناطيسية P_g وهي استطاعة المتحرض، وتعطى بالعلاقة:

$$P_g = E_a \cdot I_a = P_{in} - P_{cu}$$



عند انتقال الاستطاعة إلى المتحرض P_g يضيع جزء منها بشكل ميكانيكي P_{mech} ، وجزء آخر بشكل ضياعات حديدية P_{Fe} ، وتكون الاستطاعة المتبقية هي الاستطاعة المفيدة للحمل، أو كما تسمى أحياناً خرج المحرك P_{out} .

يبين الشكل التالي مخطط سريان الاستطاعة في محركات التيار المستمر.



محرك تيار مستمر ذي تهبيج تفرعي يغذي حمل استطاعته **150 HP** عند الحمل الكامل ويدور عند سرعة **960rpm**، ويغذى من منبع جهد **550V**، فإذا علمت ان مردود المحرك **91%** ومقاومة ملف المتحرض **0.1Ω** ، ومقاومة ملف التهبيج **275Ω** ، المطلوب:

1. حساب استطاعة الدخل للمحرك.
2. حساب تيار الدخل، تيار التهبيج، تيار المتحرض.
3. حساب الضياعات النحاسية، ومجموع الضياعات الحديدية والميكانيكية.
4. حساب عزم الدوران عند الحمل الكامل.
5. حساب سرعة المحرك إذا خفضنا العزم بمقدار **60%** من العزم الكامل، ووصلت مقاومة مقدارها **0.2Ω** على التسلسل مع ملفات المتحرض.

