

التجارب العملية في آلات التيار المستمر وتصميمها



كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية

السنة الثالثة

الفصل الأول



التجارب العملية في آلات التيار المستمر وتصميمها

الجزء العملي





منشورات جامعة حلب
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية

التجارب العملية في آلات التيار المستمر وتصميمها

المهندس

زبير الربيعي

مشرف على الأعمال

في قسم هندسة القيادة الكهربائية

الدكتور

عبد القادر جوخدار

المدرس في قسم هندسة الميكاترونيكس

مديرية الكتب والمطبوعات

١٤٣١ هـ - ٢٠١٠ م

لطلاب السنة الثالثة

قسم هندسة القيادة الكهربائية



الفهرس

الصفحة	الموضوع
7	مقدمة
9	التجربة الأولى
27	التجربة الثانية
35	التجربة الثالثة
41	التجربة الرابعة
51	التجربة الخامسة
55	التجربة السادسة
61	التجربة السابعة
67	التجربة الثامنة
71	التجربة التاسعة
77	التجربة العاشرة
83	المراجع العلمية
85	المصطلحات العلمية



بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

يقدم هذا الكتاب تجارب عملية في آلات التيار المستمر، ويأتي هذا الكتاب ليؤمن منهجية جديدة في دراسة تجارب آلات التيار المستمر وفق الخطة الدراسية لطلاب السنة الثالثة قسم هندسة القيادة الكهربائية، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية جامعة حلب.

يتألف الكتاب من عشر تجارب متنوعة موزعة كما يلي:

تقدم التجربة الأولى دراسة مولدة التيار المستمر ذات التهيج المستقل

أما التجربة الثانية فتقدم دراسة مولدة التيار المستمر ذات التهيج الذاتي

في التجربة الثالثة تم دراسة مولدة التيار المستمر ذات التهيج المختلط

التجربة الرابعة تشرح محرك التيار المستمر ذو التهيج التفرعي

التجربة الخامسة محرك التيار المستمر ذو التهيج التسلسلي

ونشرح في التجربة السادسة كيفية حساب الضياعات

التجربة السابعة تتضمن الطريقة غير المباشرة لاختبار محركات التيار المستمر

التجربة الثامنة اختبار الكبح **Brake Test**

التجربة التاسعة اختبار التباطؤ

تقدم التجربة العاشرة اختبار هوبكينسون

تم إيراد قائمة بالمراجع العلمية المستخدمة بالإضافة إلى قائمة بالمصطلحات العلمية ومرادفاتها باللغة الإنكليزية.

أخيراً وليس آخراً، أتمنى أن يحقق هذا الكتاب الغرض الذي وضع من أجله.
جامعة حلب، حزيران 2010.

المؤلفان

المهندس	الدكتور
زبير الربيعي	عبد القادر جوخدار
قسم هندسة القيادة الكهربائية	قسم هندسة الميكاترونكس



التجربة الأولى

دراسة مولدة التيار المستمر ذات التهيج

المستقل

1. **الغاية من التجربة:** تدريب الطالب على التشغيل العملي لمولدات التيار المستمر والحصول على ميزات مولدة التيار المستمر ذات التهيج المستقل. وخصائصها .

2. الهدف من التجربة:

1. التعرف على مولدات التيار المستمر
2. التعرف على بنية مولدات التيار المستمر
3. دراسة مبدأ العمل
4. دراسة خصائص التشغيل والعمل على فراغ لمولدة تيار مستمر ذات تهيج مستقل

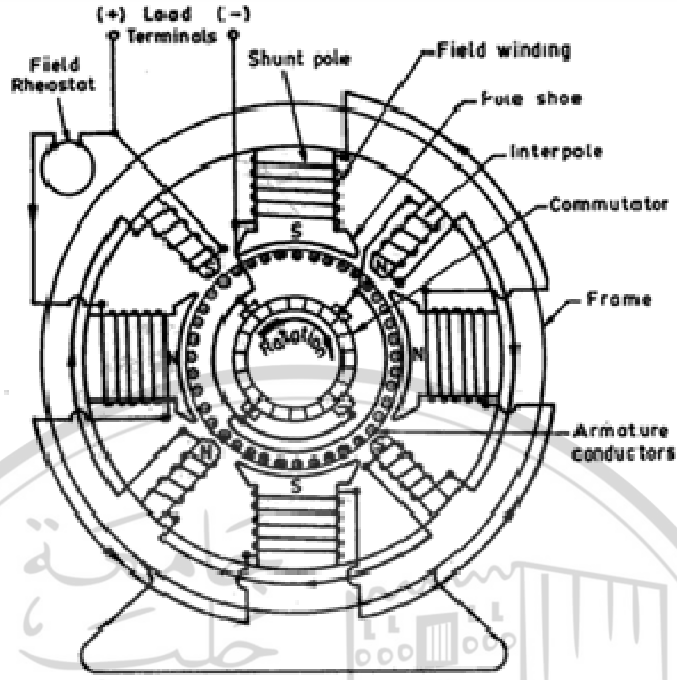
3. مقدمة :

تقسم آلات التيار المستمر إلى مولدات ومحركات.
المحرك: هو آلة كهربائية دوارة تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية بشرط وجود حقل ربط مغناطيسي في الآلة.
المولد: هو آلة كهربائية دوارة تقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية بشرط وجود حقل ربط مغناطيسي في الآلة.

4. أجزاء آلة التيار المستمر

آلة التيار المستمر سواء كانت مولداً أو محركاً لها نفس البنية الرئيسية المبينة في

الشكل 1.



الشكل 1 بنية آلة التيار المستمر

تتكوّن آلة التيار المستمر من الأجزاء الآتية:

1. الثابت:

الثابت في آلة التيار المستمر يتألف من جزأين رئيسين هما:

(a) الغلاف الخارجي وهو على شكل إسطواني

(b) الأقطاب المغناطيسية

(a) الغلاف الخارجي

1. يقدم الدعم الميكانيكي للأقطاب.

2. يشكل جزءاً من الدارة المغناطيسية، ويؤمن مساراً ذا مقاومة مغناطيسية منخفضة

للتدفق المغناطيسي. المسار ذا المقاومة المنخفضة مهم لتجنب فقد الاستطاعة لتأمين

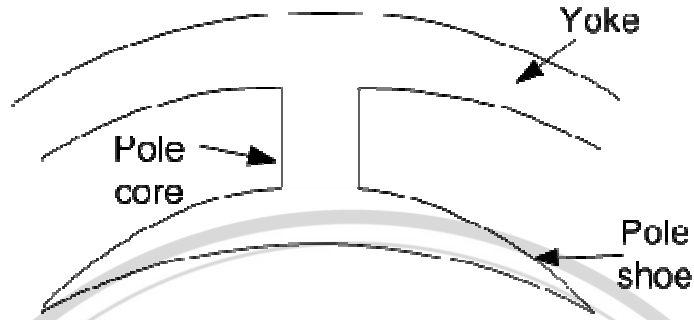
نفس التدفق.

(b) الأقطاب

كل قطب يقسم إلى جزأين رئيسين كما موضح في الشكل 2، هما:

I. نواة القطب Pole core

II. طرف القطب Pole shoe



الشكل 2 جزء من قطب الثابت

2. المتحرض (الدوار):

يقسم إلى قسمين، هما:

(a) نواة المتحرض Armature core

(b) ملف المتحرض Armature winding

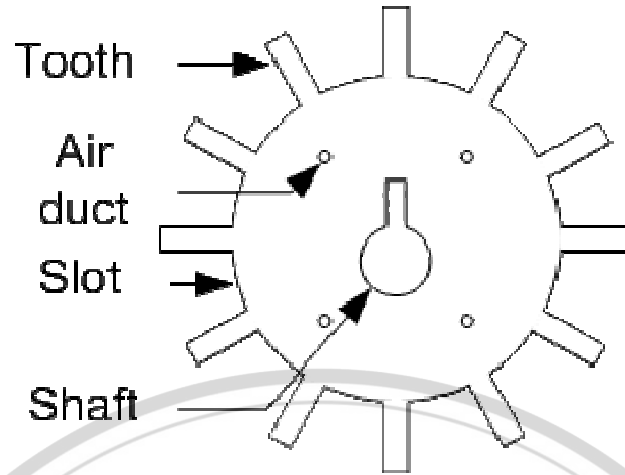
(a) نواة المتحرض:

وهي ذات شكل اسطواني مثبتة على محور دوران الآلة، وتتألف من أحاديث على سطحها الخارجي ومن فتحات تهوية تسمح بتدفق الهواء خلال المتحرض مما يؤمن تبريد الآلة. الشكل 3 يبين إحدى صفائح المتحرض.

وظيفة نواة المتحرض:

1. نواة المتحرض تؤمن مكاناً لتوضع ملف المتحرض، أي نواقل المتحرض armature conductors.

2. تؤمن للتدفق المغناطيسي الذي ينتجه ملف الحقل مساراً ذا مقاومة مغناطيسية منخفضة.



الشكل 3 مقطع عرضي لصفحة المتحرض

(b) ملف المتحرض Armature winding

ملف المتحرض يعبر عن الارتباط بين نواقل المتحرض المتوضعة ضمن الأحاديث الموجودة على السطح الخارجي لنواة المتحرض. عندما يدور المتحرض، في حالة المولد، فإن نواقل المتحرض تقطع التدفق المغناطيسي وتتحرض في النواقل قوة محرّكة كهربائية .e.m.f.

وظيفة ملفات المتحرض :

1. توليد قوة e.m.f. تأخذ مكان في ملف المتحرض في حالة المولدات.
2. حمل تيار التغذية في حالة محركات التيار المستمر.
3. القيام بالعمل المفيد في الدارة الخارجية.

5. المبدّل Commutator :

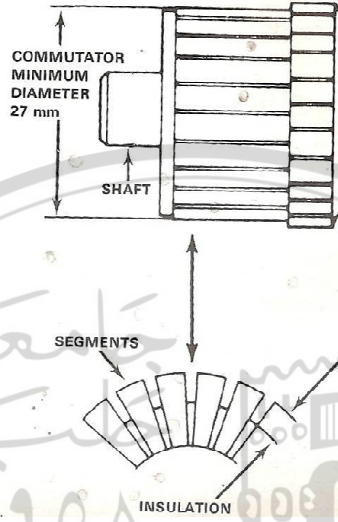
مرّ معنا سابقاً أن طبيعة القوة e.m.f. المتحرضة في نواقل المتحرض تكون متناوبة، وهذا يحتاج إلى تقويم في حالة مولد التيار المستمر ويتم ذلك بواسطة أداة تدعى المبدّل الشكل 4 يبين مقطعاً عرضياً للمبدّل في آلات التيار المستمر.

وظيفة المبدّل :

1. تسهيل تجميع التيار من نواقل المتحرض.

2. تحويل القوة المحركة الكهربائية e.m.f. المتناوبة الناشئة داخلياً إلى قوة e.m.f. أحادية الاتجاه (d.c).

3. إنتاج عزم أحادي الاتجاه في حالة المحركات.



الشكل 4 المبدل Commutator

6. المسفرات ومعشق المسفرة Brushes and Brush Gear

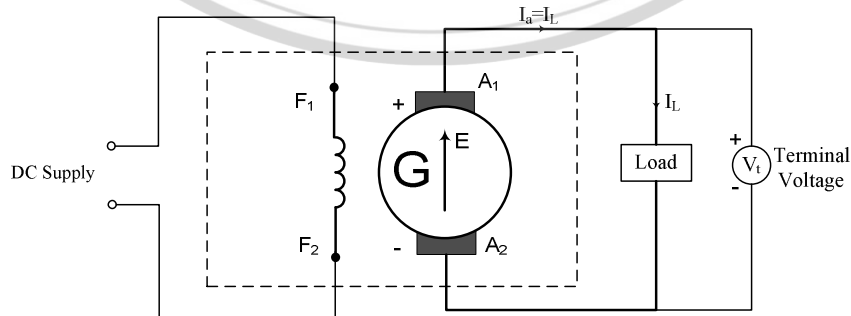
المسفرات تكون ثابتة ومتوضعة على سطح المبدل.

وظيفة المسفرات

تجميع التيار من المبدل وجعله متاحاً للدائرة الخارجية الثابتة.

7. تصنيف آلات التيار المستمر من حيث التهيج

• آلات التيار المستمر ذات التهيج المستقل :



الشكل 5 التهيج المستقل للآلة

عندما يتم تغذية ملفات الحقل المغناطيسي من منبع تيار مستمر مستقل فإنه في هذه الحالة يسمى المولد بمولد تيار مستمر ذي تهيج مستقل. الشكل ٥ يوضح هذا النوع من المولدات. ملفات الحقل لهذا النوع من المولدات تملك عدد لفات كبير بمساحة مقطع صغير، وبالتالي طول الوشعة التهيج في مثل هذه الحالات من أنظمة التهيج يكون أكبر مع تناقص مساحة مقطع النواة. وبالتالي مقاومة ملفات الحقل المغناطيسي تكون كبيرة كي تحد من ارتفاع تيار التهيج.

معادلة الجهد لمولد تيار مستمر ذي تهيج مستقل يمكن كتابتها كما يلي:

$$E = V_t + I_a R_a + V_{brush} \quad [1]$$

$$E = \frac{\phi P Z N}{60 A} \quad [2]$$

أما علاقة التيار فتعطى كما يلي:

$$I_a = I_L \quad [3]$$

• آلات التيار المستمر ذات التهيج الذاتي

بالاعتماد على طريقة وصل ملفات التهيج مع المتحرض لتأمين التهيج، فإن مولدات التهيج الذاتي تصنف إلى ثلاثة أصناف:

1. المولد التفرعي

2. المولد التسلسلي

3. المولد المختلط

8. المولد التفرعي Shunt DC Generator :

عندما يتم وصل ملفات التهيج على التوازي مع المتحرض وكذلك وصل مجموعة المحرض والمتحرض مع الحمل عندئذ يسمى المولد بالمولد التفرعي.

ملفات التهيج يكون لها عدد لفات كبير بمساحة مقطع ناقل صغير وبالتالي تملك ملفات التهيج مقاومة كبيرة، يرمز لمقاومة ملفات التهيج التفرعية بـ R_{sh} .

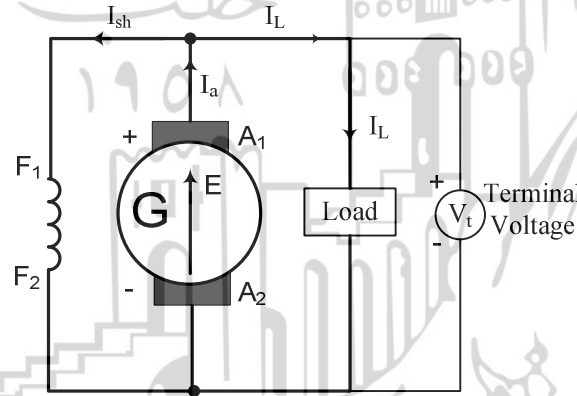
9. علاقات الجهد والتيار Voltage & Current Relations

من الشكل 6 الذي يوضح دائرة مولد تيار مستمر تفرعي يمكن كتابة علاقة التيارات التالية:

$$I_a = I_L + I_{sh} \quad [4]$$

الجهد عند طرفي الحمل V_t هو نفس الجهد المطبق عند ملفات التهيج كون كل من الحمل وملفات التهيج موصولة مع بعضهما على التوازي. وبالتالي فإن تيار التهيج يعبر عنه بالعلاقة التالية:

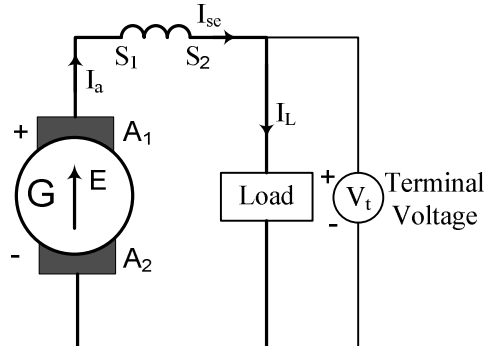
$$I_{sh} = \frac{V_t}{R_{sh}} \quad [5]$$



الشكل 6 مولد تيار مستمر تفرعي

10. المولد التسلسلي Series DC Generator

عندما توصل ملفات الحقل على التسلسل مع ملفات المتحرض بينما الأخير يغذي الحمل يسمى عندئذ المولد بالمولد التسلسلي كما هو موضح في الشكل 7. ترمز أطراف ملفات الحقل التسلسلية في هذه الحالة بـ S_1 , S_2 ، مقاومة ملفات الحقل التسلسلية تصمم بحيث تكون صغيرة جداً وبشكل طبيعي يكون لملفات الحقل عدد لفات قليل بمساحة مقطع كبيرة كما هو ملاحظ في الشكل 3.4. يرمز بالرمز R_{se} للدلالة على مقاومة ملفات الحقل التسلسلية.



الشكل 7 مولد تيار مستمر تسلسلي

11. علاقات التيار والجهد : Voltage & Current Relations

بما أن ملفات المتحرض وملفات المحرض (الثابت) والحمل يشكلان دائرة تسلسلية وبالتالي يحملان نفس قيمة التيار أي:

$$I_a = I_{se} = I_L \quad [6]$$

حيث I_{se} = التيار المار في ملفات الحقل التسلسلية.

بالإضافة إلى هبوط الجهد في مقاومة المتحرض $I_a R_a$ ، القوة المحركة الكهربائية عليها أيضاً أن تغذي هبوط الجهد عبر ملفات التهيج التسلسلية أي $I_{se} R_{se}$ وبالتالي معادلة جهد الأطراف V_t تكتب بالشكل التالي:

$$E = V_t + I_a R_a + I_a R_{se} + V_{brush} \quad [7]$$

أو كما يلي:

$$E = V_t + I_a (R_a + R_{se}) + V_{brush} \quad [8]$$

حيث تعطى القوة المحركة الكهربائية E بالعلاقة التالية:

$$E = \frac{\phi P Z n}{60 A}$$

12. المولد المركب Compound DC Generator :

في هذا النوع من المولدات يتم وصل جزء من ملفات الحقل على التوازي مع ملفات المتحرض بينما يتم وصل الجزء الآخر على التسلسل مع المتحرض. كل من ملفات الحقل التفرعية والتسلسلية يتم توضعها على نفس الأقطاب المغناطيسية. بناءً

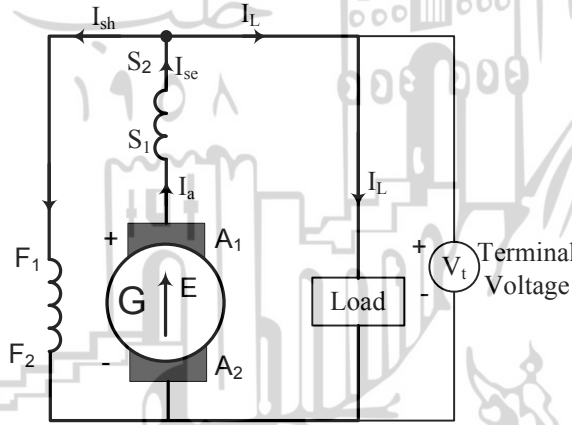
على طريقة توصيل ملفات الحقل التفرعية والتسلسلية تصنف المولدات المركبة إلى نوعين:

1. مولد مركب تفرعي طويل Long Shunt Compound Generator

2. مولد مركب تفرعي قصير Short Shunt Compound Generator

13. **مولد مركب تفرعي طويل** Long Shunt Compound Generator

في هذا النوع من المولدات توصل ملفات الحقل التفرعية على التفرع مع مجموعة الوصل التسلسلي لكل من ملفات الحقل التسلسلية وملفات المتحرض كما موضح في الشكل 8.



الشكل 8 مولد تيار مستمر مركب طويل

علاقات الجهد والتيار لهذا المولد تعطى كما يلي بالاعتماد على الشكل 3.5 :

$$I_a = I_{se} \quad [9]$$

تيار المتحرض هو مجموع تيار الحمل وتيار التهيج التفرعي أي:

$$I_a = I_L + I_{sh} \quad [10]$$

الجهد عبر ملف الحقل التفرعي V_t وبالتالي تيار التهيج التفرعي I_{sh} يعطى كما يلي:

$$I_{sh} = \frac{V_t}{R_{sh}} \quad [3.10]$$

حيث R_{sh} = مقاومة ملفات الحقل التفرعية.

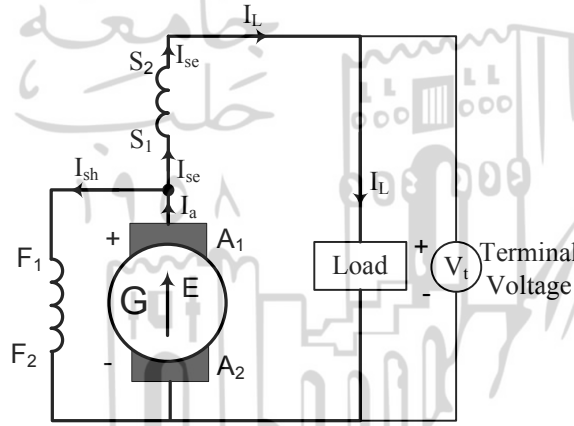
الجهد المتحرض في المولد يعطى كما يلي:

$$E = V_t + I_a(R_a + R_{se}) + V_{brush} \quad [11]$$

حيث R_{se} = مقاومة ملفات الحقل التسلسلية

14. مولد مركب تفرعي قصير Short Shunt Compound Generator :

في هذا النوع، توصل ملفات الحقل التفرعية على التفرع مع ملفات المتحرض فقط، بينما يتم وصل ملفات الحقل التسلسلية على التسلسل مع مجموعة التوصيل التفرعية المؤلفة من ملفات المتحرض وملفات الحقل التفرعية كما موضح في الشكل (9).



الشكل 9 مولد تيار مستمر مركب تفرعي قصير

علاقات الجهد والتيار لهذا المولد تعطى كما يلي بالاعتماد على الشكل 3.6 :

$$I_a = I_{se} + I_{sh} \quad [12]$$

تيار التهيج التسلسلي يساوي تيار الحمل أي:

$$I_{se} = I_L \quad [13]$$

وبالتالي:

$$I_a = I_L + I_{sh} \quad [14]$$

الجهد عبر ملف الحقل التفرعي V_{sh} وبالتالي تيار التهيج التفرعي I_{sh} يعطى كما يلي:

$$I_{sh} = \frac{V_{sh}}{R_{sh}} = \frac{E - I_a R_a - V_{Brush}}{R_{sh}} \quad [15]$$

حيث R_{sh} = مقاومة ملفات الحقل التفرعية.

الجهود المتعرض في المولد يعطى كما يلي:

$$E = V_t + I_a R_a + I_L R_{se} + V_{brush} \quad [16]$$

بتعويض العلاقة [16] في العلاقة [15] نجد أن تيار التهيج التفرعي يحسب كما يلي:

$$I_{sh} = \frac{V_{sh}}{R_{sh}} = \frac{E - I_a R_a - V_{brush}}{R_{sh}} \quad [17]$$

أي يمكن استخدام العلاقتين [15] أو [17] لحساب تيار التهيج التفرعي وذلك تبعاً للمعطيات المتوفرة أثناء حل مسألة ما ومعالجتها.

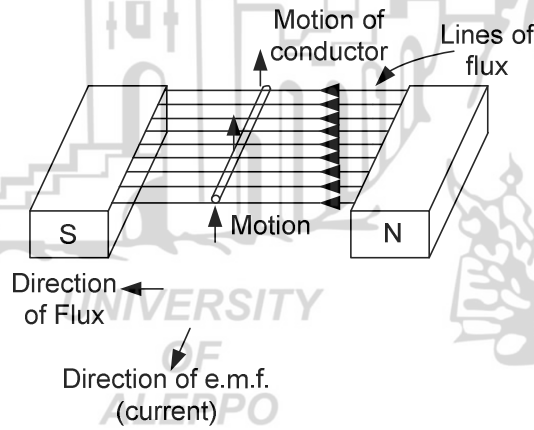
15. مبدأ عمل مولد التيار المستمر

جميع المولدات تعمل على مبدأ التحريض الديناميكي للقوة المحركة الكهربائية e.m.f. إن هذا المبدأ ليس إلا قانون فاراداي في التحريض الكهرومغناطيسي، والذي ينص على: "عندما يتغير عدد من الخطوط المغناطيسية لقوة، أي تدفق مرتبط بناقل أو ملف، فإن قوة محركة كهربائية سوف تنشأ في ذلك الناقل أو الملف". إن التغير في التدفق المترافق مع الناقل يمكن أن يوجد فقط عندما يكون هناك حركة نسبية بين الناقل والتدفق. هذه الحركة النسبية يمكن أن تحدث بتدوير الناقل بالنسبة للتدفق أو بتدوير التدفق بالنسبة للناقل. إذاً فإن الجهد يتولد في الناقل طالما أنه توجد حركة نسبية بين الناقل والتدفق. إن القوة المحركة الكهربائية المتحيزة بسبب الحركة الفيزيائية للملف أو الناقل بالنسبة للتدفق أو بسبب حركة التدفق بالنسبة للملف أو الناقل تدعى القوة المحركة الكهربائية المتحيزة الديناميكية dynamically induced e.m.f.

نقطة رئيسية: إذاً حادثة التوليد تتطلب وجود العناصر الأساسية التالية:

- i. الناقل أو الملف.
- ii. التدفق.
- iii. الحركة النسبية بين الناقل والتدفق.

في المولد العملي تدور النواقل لتقطع التدفق المغناطيسي مع بقاء التدفق ثابتاً. وللحصول على جهد كبير في الخرج فإن عدداً من النواقل يتم وصلها مع بعضها بطريقة خاصة لتشكيل ملف، هذا الملف يدعى ملف المتحرض armature winding لآلة تيار مستمر، والجزء الذي يتوضع فيه ملف المتحرض يدعى متحرض آلة تيار مستمر armature of d.c. machine. وللحصول على دوران للنواقل فإن النواقل المتوضعة في المتحرض تدور بواسطة أداة خارجية، وهذه الأداة تدعى المحرك الأولي (المحرك القائد) prime mover. المحركات الأولية الأكثر استخداماً هي محركات الديزل، المحركات والعنفات البخارية، العنفات المائية... الخ. التدفق المغناطيسي الأساسي يتم توليده من ملفات حاملة للتيار تدعى ملفات الحقل field winding. اتجاه القوة المحركة الكهربائية المتحرضة يحدد باستخدام قاعدة اليد اليمنى لـ Fleming.



الشكل 11 مبدأ قاعدة اليد اليمنى

16. قاعدة اليد اليمنى لـ Fleming

إذا كانت ثلاثة أصابع من اليد اليمنى، أي الإبهام والسبابة والوسطى، ممتدة بحيث يكون كل إصبع متعامداً مع الإصبعين الآخرين، وإذا كانت السبابة تشير إلى اتجاه خطوط التدفق، والإبهام يشير إلى اتجاه حركة الناقل بالنسبة للتدفق عندها فإن

اتجاه الإصبع الوسطى يدل على اتجاه القوة المحركة الكهربائية المتحرضة في الناقل. هذه القاعدة مبينة بشكل واضح في الشكل 11.

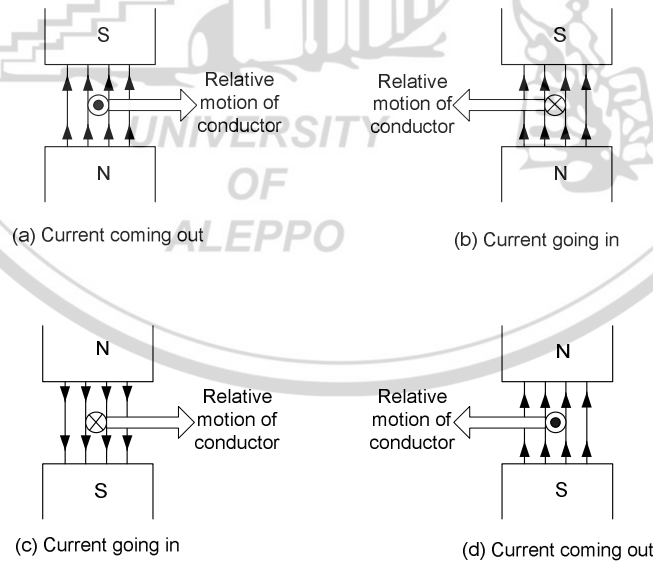
هذه القاعدة تعطي بشكل أساسي اتجاه التيار الذي يحرّض القوة المحركة الكهربائية في الناقل عندما يُؤمّن له مسار مغلق. تغير اتجاه التيار المار عبر الناقل مبین في الحالات الأربعة في الشكل 12 باستخدام قاعدة اليد اليمنى لـ Fleming.

ملاحظة مهمة: كما هو واضح من الشكل 12 أن اتجاه الحركة النسبية للناقل إذا انعكس مع بقاء اتجاه التدفق نفسه أو اتجاه التدفق إذا انعكس مع بقاء اتجاه الحركة النسبية للناقل نفسها فإن اتجاه القوة e.m.f. المتحرضة واتجاه التيار في الدارة الخارجية سوف ينعكسان. مطال القوة e.m.f. المتحرضة يعطى بالعلاقة:

حيث:

l : الطول الفعال للناقل بالمتر m.

v : مركبة السرعة الخطية للناقل بـ m/s في اتجاه عمودي على اتجاه التدفق.



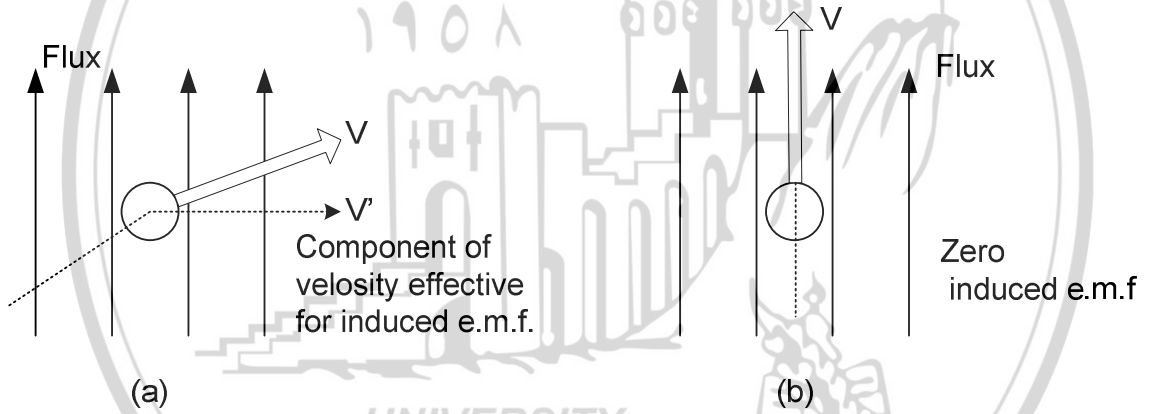
الشكل 12 اتجاه القوة المحركة الكهربائية e.m.f.

الطول الفعال يعني طول الناقل الواقع تحت تأثير الحقل المغناطيسي. في جميع الحالات السابقة كان اتجاه حركة الناقل عمودياً على سطح التدفق.

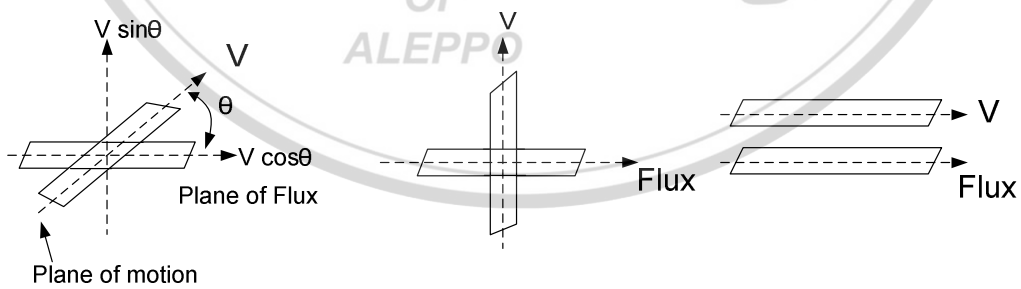
لكن في حالة عدم التعامد فإن مركبة السرعة العمودية على سطح التدفق هي فقط المسؤولة عن تحريض القوة e.m.f. في الناقل، وهذا مبين في الشكل 13 (a).

في الشكل 13 (a) السرعة هي v ، ومركبتها v' العمودية على خطوط التدفق هي المسؤولة عن تحريض القوة e.m.f.

إذا كان مستوي الدوران للناقل موازياً لمستوي التدفق فلن يكون هناك أي قطع للتدفق وبالتالي لا يمكن أن توجد قوة e.m.f. في الناقل، وهذا مبين في الشكل 2.8 (b).



الشكل 13 القوة المحركة الكهربائية المتحيزة



الشكل 14 مركبات القوة المحركة الكهربائية e.m.f

ملاحظة مهمة: من أجل الحصول على قوة e.m.f. متحيزة في الناقل فإنه لا يكفي فقط وجود حركة نسبية بين الناقل والتدفق وإنما من الضروري ألا يكون

مستوي الدوران موازياً لمستوي التدفق. إذا كانت θ هي الزاوية بين مستوي الدوران ومستوي التدفق والمقاسة من محور مستوي التدفق فإن القوة المتحرضة e.m.f. تعطى بالعلاقة:

حيث $v \sin \theta$ هي مركبة السرعة المتعامدة مع مستوي التدفق وبالتالي المركبة المسؤولة عن تحريض القوة e.m.f.، وهذا مبين في الشكل 14.

من علاقة القوة e.m.f. المتحرضة يمكن ملاحظة أنّ الطبيعة الأساسية للقوة e.m.f. المتحرضة في مولد d.c. هي طبيعة جيبيّة، أي متناوبة. وللحصول على جهد مستمر فإنه يتم استخدام أداة تدعى المحمّع commutator. المنوبة عبارة عن آلة تنتج قوة e.m.f. متناوبة ولا تمتلك مجمّعاً، وبالتالي المنوبة مع مجمّع هي مولد d.c. وبشكل عملي فإنه يوجد اختلاف بين بنية المنوبة وبنية المولد d.c. على الرغم من أنّ المبدأ الرئيسي في العمل هو نفسه.

دائرة التجربة:

الدائرة هي في الحقيقة عبارة عن دائرة المولدة والمرتبطة ميكانيكياً مع المحرك عن طريق محور، ندورّ المولدة عن طريق هذا المحرك الذي هو محرك تيار مستمر تهيّج ذاتي تفرعي.

R_{st} : هي مقاومة إقلاع في دائرة المحرك مهمتها تخفيض تيار الإقلاع خلال فترة الإقلاع (هي الفترة التي تبدأ من الصفر وحتى السرعة الاسمية)، ويجب أن تكون أكبر ما يمكن خلال فترة الإقلاع باعتبار أن $I_{st} = (15 - 20)I_n$ ، وبعد الإقلاع نلغي مقاومة الإقلاع.

حيث:

I_{st} : تيار الإقلاع

I_n : التيار الاسمي

العناصر اللازمة لتنفيذ التجربة:

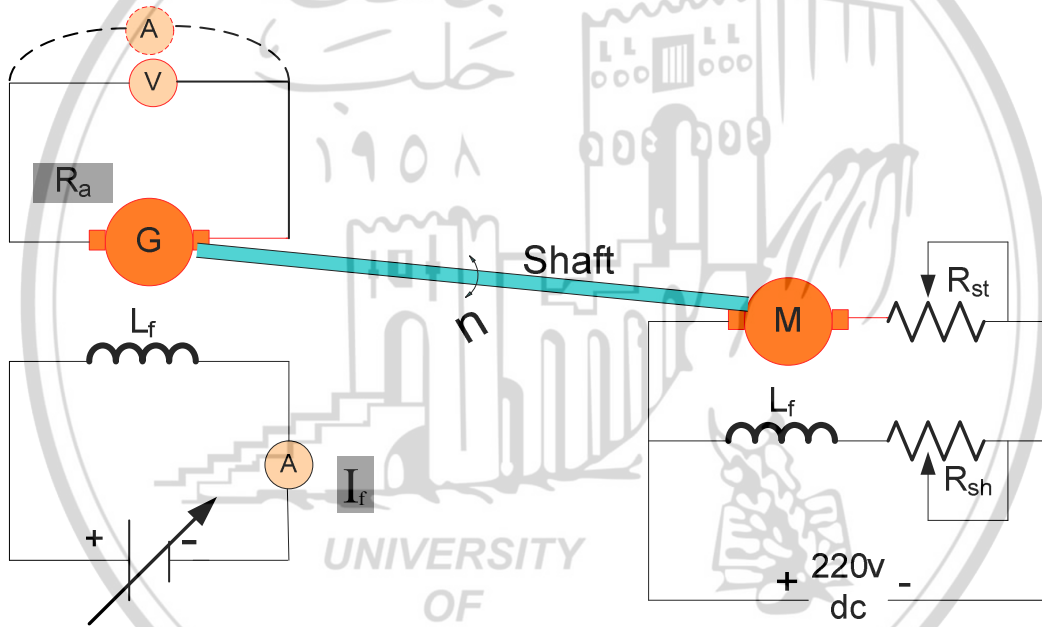
1. آلة تيار مستمر عدد (2)، الأولى تعمل كمحرك قائد والثانية تعمل كمولد مقاد

بنظام تهييج مستقل

2. مقاس أمبير عدد (2)

3. مقياس فولت عدد (2)

4. مقياس سرعة (تاكو ميتر)



الشكل 15 دائرة التجربة

R_{sh} : هي مقاومة تنظيم لسرعة المحرك. وهي تكون أصغر ما يمكن في بداية الإقلاع حتى تكون السرعة في بداية الإقلاع أصغر ما يمكن.

ازدياد R_{sh} يؤدي إلى إنقاص I_f وكذلك إنقاص Φ وهذا يسبب زيادة في سرعة المحرك n .

$$n = \frac{V}{C_e \Phi} - \frac{R_a}{C_e \Phi} I_a \quad \text{علاقة السرعة } n \text{ مع الفيض المغناطيسي:}$$

المرحلة الأولى: عمل المولدة على فراغ (بدون حمل)

كما هو مبين في دائرة التجربة: نصل في البداية مقياس الفولت، وهو ذا ممانعة لانهائية وكأن الدارة مفتوحة.

$$V = f(I_f) \quad n=1500\text{rpm}, I_L=0$$

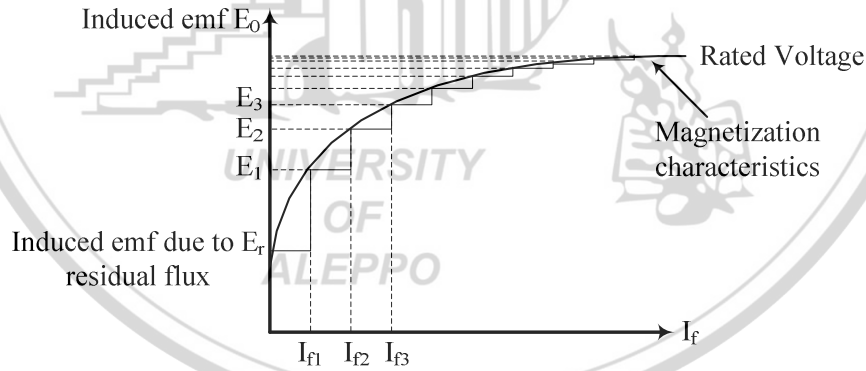
بعد تثبيت قيمة السرعة، نزيد التهييج حتى الوصول إلى الجهد الاسمي للآلة 220V، ثم نقوم بإنقاص تيار التهييج ونسجل القيم ضمن الجدول [1]:

الجدول 1

V(V)	E_0				
$I_f(A)$	0				

E_0 : هي قيمة الجهد المتحرض في دائرة المتحرض تحت تأثير الفيض المغناطيسي المتبقي في النواة الحديدية للثابت.

نقوم برسم المنحني وفق القيم المسجلة في الجدول السابق .



الشكل 16 بناء الجهد في مولدات التهييج المستقل

المرحلة الثانية: عمل المولدة على قصر

نستبدل مقياس الفولت بمقياس أمبير (مقاومته صغيرة جداً).

$$I_s = f(I_f) \quad n=1500\text{rpm}, V=0$$

حيث:

I_s : تيار القصر

I_f : تيار التهيج

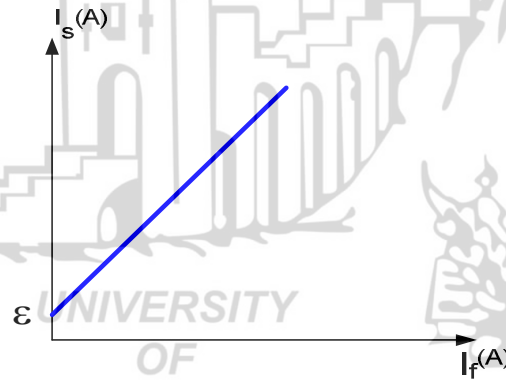
نرتب الجدول التالي ونسجل القيم :

الجدول 2

$I_s(A)$	10	6	4	2	ε
$I_f(A)$	—	—	—	—	0

ε : تيار الدارة القصيرة من أجل $I_f=0$.

بسبب المغناطيسية المتبقية في النواة يتعرض في ملفات المتحرض قوة محرقة كهربائية E_0 تسبب مرور تيار قدره ε .
نرسم العلاقة وفق القراءات السابقة:



الشكل 17 علاقة تيار القصر وتيار التهيج

المطلوب من الطالب:

- 1- إجراء التوصيلات اللازمة لتنفيذ التجربة (تحت إشراف مهندسي المخبر)
- 2- تشغيل التجربة وتسجيل النتائج
- 3- رسم المنحنيات ومناقشة النتائج

التجربة الثانية

دراسة مولدة التيار المستمر ذات التهيج الذاتي

1. الغاية من التجربة:

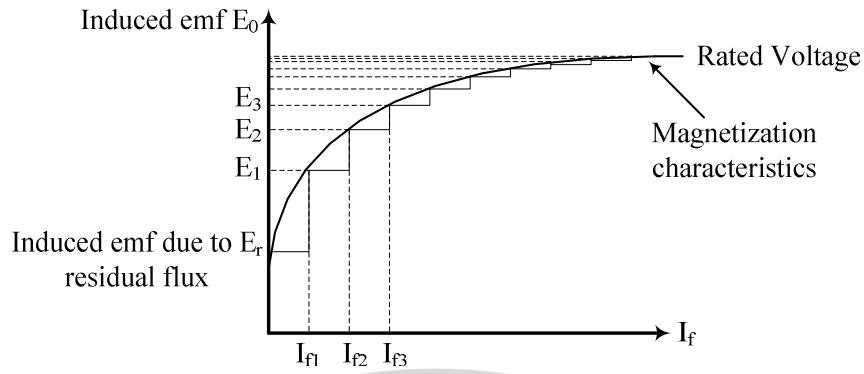
تدريب الطالب على التشغيل العملي لمولدات التيار المستمر والحصول على ميزات مولدة التيار المستمر ذات التهيج التفرعي وخصائصها.

2. الهدف من التجربة:

1. دراسة مبدأ العمل لمولدات التهيج الذاتي التفرعي
2. دراسة خصائص التشغيل والعمل على فراغ لمولدة التيار المستمر ذات التهيج التفرعي

3. بناء الجهد في مولدات التهيج الذاتي

كل المولدات التي تستخدم كمولدات تهيج ذاتي يجب أن تتوفر فيها فيض مغناطيسي متبق. عند دوران المتحرض، فإن نواقل المتحرض تقطع الفيض المتبقي لتنتج بذلك قوة محرّكة كهربائية emf ويرمز لها بالرمز E_r . تسبب هذه القوة الحركة الكهربائية تمرير تيار في ملفات المحرض (التهيج) وبالتالي تيار التهيج I_f سينتج تدفقاً مغناطيسياً إضافياً أكبر من التدفق المغناطيسي المتبقي السابق. عند هذه الحالة تتحرض قوة محرّكة كهربائية أكبر في ملفات المتحرض. وهذا بدوره سيسبب مرور تيار تهيج أكبر في ملفات المحرض والذي سيؤدي إلى زيادة أعلى في التدفق المغناطيسي في الثغرة الهوائية. تستمر هذه العملية بشكل جمعي تراكمي إلى أن يصل الجهد على أطراف المتحرض إلى قيمته الاسمية كما هو موضح في الشكل 1.



الشكل 1 بناء الجهد في مولدات التهيج الذاتي

4. أسباب فشل التهيج في مولدات التهيج الذاتي :

أسباب فشل التهيج، وطريقة تحديد الخطأ، والحل المناسب موضح في الجدول 1.

الجدول 1 أسباب فشل التهيج في مولدات التهيج الذاتي

الرقم	طريقة كشف الخطأ	السبب	الحل
1	قراءة صفيرية لمقياس الفولت المربوط على أطراف المتحرض أثناء دورانه	غياب المغناطيسية المتبقية بسبب القدم	شغل المولد كمولد تهيج مستقل أولاً وبعد ذلك كتهيج ذاتي
2	قراءة مقياس الفولط تتناقض عوضاً عن أن تتزايد	أطراف ملفات التهيج موصولة بشكل خاطئ، هذا يسبب بأن الفيض المنتج يعاكس اتجاه الفيض السابق وبالتالي الفيض المتبقي يلغي الفيض المنتج.	قم بتبديل وصلات ملفات التهيج
3	مقياس الجهد يشير إلى قيمة صفيرية	مقاومة التهيج R_{sh} أكبر من القيمة الحدية	تصغير مقاومة التهيج R_{sh}
4	إلغاء المغناطيسية المتبقية وفشل في التهيج	المولد يدور في الاتجاه العكسي	عكس اتجاه دوران المولد عن طريق عكس اتجاه دوران المحرك القائد

5. دائرة التجربة:

العناصر اللازمة لتنفيذ التجربة:

1. آلة تيار مستمر عدد (2)، الأولى تعمل كمحرك قائد والثانية تعمل كمولد مقاد بنظام

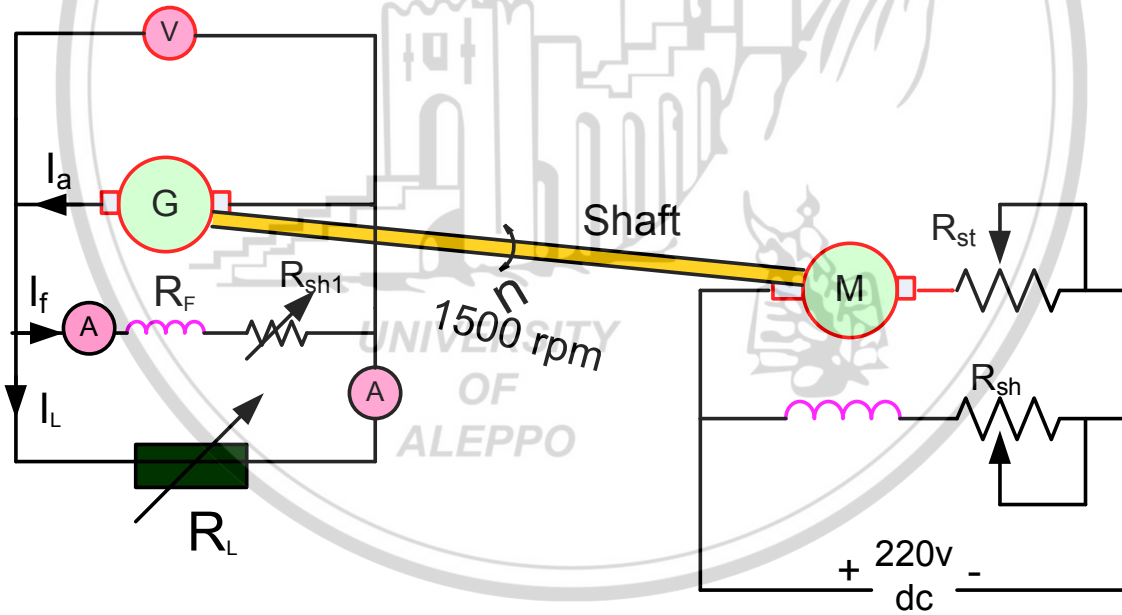
تهيج تفرعي

2. مقاس أمبير عدد (2)

3. مقياس فولت عدد (1)

4. قياس سرعة (تاكو ميتر)

ملاحظة: في هذه التجربة ليس من الضروري إجراء أية قياسات على دائرة المحرك بل الاكتفاء بمعرفة أن سرعة الدوران للمحرك يمكن ضبطها عن طريق تيار التهيج للمحرك مع بقاء جهد المحرك ثابتاً.



الشكل 2 تجربة المولد ذا التهيج التفرعي

6. شروط تشغيل المحرك:

$$R_{st} = \infty \text{ و } R_{sh} = 0$$

عند دوران المولد يجب أن تكون $R_{sh1} = \infty$

نبدأ بتخفيض مقاومة التهييج للمولدة ونراقب مقياس الفولت، فإذا ارتفع المؤشر كانت الشروط الأربعة محققة، وإذا لم يزد الجهد فإن الفيض الجديد يكون بعكس الفيض المتبقي، وهنا يجب أن نعكس اتجاه الدوران أو نعكس قطبية ملف التهييج، ويكون الأسهل هو عكس قطبية ملف التهييج.

قبل أن نعكس قطبية ملف التهييج للمولدة نعيد مقاومة التهييج R_{sh1} إلى قيمتها الأعظمية وذلك لتحقيق التابع التالي:



وبالتالي نحصل على قيمة صغيرة للقوة المحركة الكهربائية $E = C_e \cdot \Phi \cdot n$. ثم نعكس قطبية ملف التهييج ونبدأ بتخفيض قيمة مقاومة التهييج للمولد فنلاحظ ارتفاع الجهد. لذلك تكون آلية ازدياد الجهد على طرفي المولدة:

فيض متبقي Φ_{f0} وسرعة كافية ينتجان قوة محركة كهربائية

$$E_0 = C_e \cdot \Phi_{f0} \cdot n \text{ صغيرة ، ومن العلاقة } I_f = \frac{E - I_a R_a}{R_f + R_{sh1}} \text{ نجد أن نقصان}$$

المقاومة R_{sh1} يؤدي إلى زيادة التيار I_f وبالتالي زيادة الفيض المغناطيسي والذي يؤدي إلى زيادة القوة المحركة الكهربائية . أي زيادة الجهد بين طرفي المولدة.

• عمل المولدة بوجود الحمل (ميزة الخرج):

7. شروط تنفيذ التجربة:

$$V = f(I_L)$$

$$n = ct$$

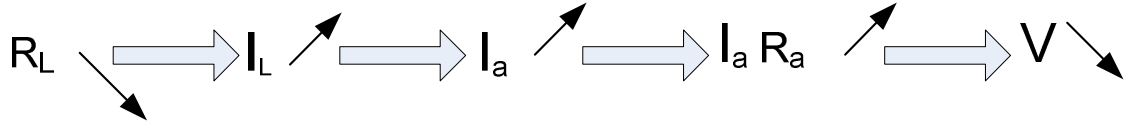
$$I_f = ct$$

وينتج عن ذلك $E = C_e \cdot \Phi \cdot n = \text{constan } t$. نعلم أن علاقة القوة المحركة

الكهربائية المتحرضة في المولدة هي:

$$V = E - R_a \cdot I_a$$

نلاحظ أنه من أجل E ثابتة ، فإن V تنقص كلما زاد الحمل ، يتم التغيير وفق المخطط الآتي:



نرتب الجدول التالي بعد عملية تنفيذ التجربة وإجراء القياسات اللازمة:

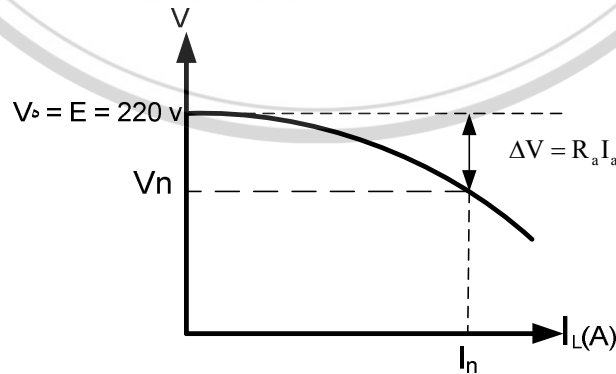
الجدول 2

$V_L(V)$								
$I_L(A)$		0						

نرسم العلاقة بين الجهد والتيار الحمل وفق النتائج التي سجلناها في الجدول ونسجل ملاحظتنا حول انخفاض الجهد، حيث أن هناك عدة أسباب لهبوط الجهد:

- هبوط الجهد في مقاومة الدوار (المقاومة الداخلية للمتحرّض).
- رد فعل المتحرّض (الفعل هو توليد حقل ثابت ، ولكن الدوار يولد حقلاً يعاكس حقل الثابت مما يؤدي لنقصان القوة المحركة الكهربائية ونقصان الجهد).

يُحسب هبوط الجهد الاسمي من العلاقة: $\Delta V = \frac{V_0 - V_n}{V_0}$



الشكل 3 مميزة التحميل للمولد ذا التهيج التفرعي

- الميزة العيارية (ميزة التنظيم)

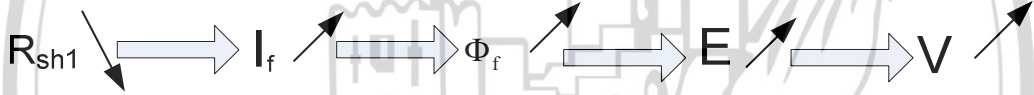
8. شروط التجربة:

$$I_f = f(I_L)$$

$$n = ct$$

$$V = ct$$

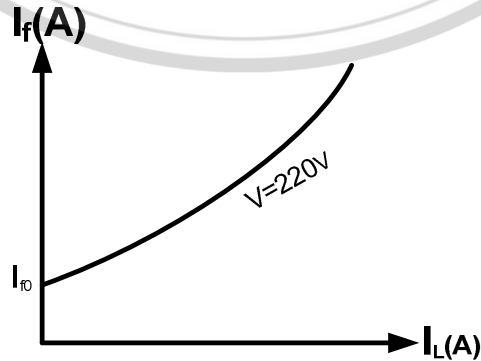
لقد ذكرنا في الفقرة السابقة أن زيادة الحمل تؤدي إلى نقصان الجهد وذلك من أجل قيمة ثابتة للقوة المحركة الكهربائية، وللمحافظة على جهد ثابت يجب إعادة الجهد إلى قيمته الأصلية (لأن المستهلك بحاجة إلى جهد ذي قيمة ثابتة)، ويتم ذلك عن طريق زيادة القوة المحركة الكهربائية عن طريق زيادة الفيض المغناطيسي الذي يتم عن طريق زيادة تيار التهييج I_f ، أي تصغير مقاومة التهييج، وبالتالي زيادة الجهد. التابع التالي يوضح الآلية:



إذاً يمكننا القول إن أي انخفاض في قيمة الجهد سيتم تعويضه عن طريق زيادة قيمة E ، على أن تكون قيمة الزيادة ضمن القيمة الاسمية للآلة.
نرتب الجدول التالي:

الجدول 3

$I_L(A)$.						
$I_f(A)$							



الشكل 4 الميزة العيارية

9. المطلوب من الطالب:

1. إجراء التوصيلات اللازمة لتنفيذ التجربة (تحت إشراف مهندسي المخبر)
2. تشغيل التجربة وتسجيل النتائج
3. رسم المنحنيات ومناقشة النتائج





التجربة الثالثة

مولدة التيار المستمر ذات التهيج المختلط

1. مقدمة

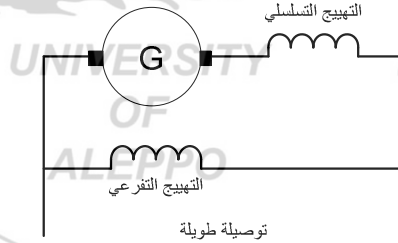
في المولدة ذات التهيج المختلط يوجد ملفي تهيج:

ملف تهيج تسلسلي: يكون بعدد لفات قليلة ومقطع كبير وبالتالي مقاومته صغيرة جداً.

ملف تهيج تفرعي: يكون بعدد لفات كثيرة ومقطع صغير وبالتالي مقاومته كبيرة جداً.

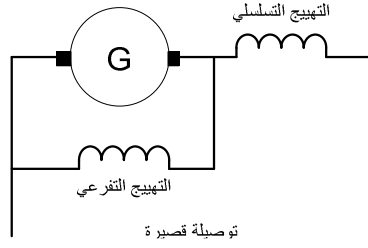
للهيج المختلط نوعان هما:

تهيج مختلط بتوصيلة طويلة: يوصل ملف التهيج التفرعي على التفرع مع ملفي المتحرض والملف التسلسلي، كما في الشكل 1.



الشكل 1 مولد تيار مستمر مختلط (توصيلة طويلة)

تهيج مختلط بتوصيلة قصيرة: يوصل ملف التهيج التفرعي على التفرع مع ملف المتحرض، كما هو مبين في الشكل 2.



الشكل 2 مولد تيار مستمر مختلط توصيلة قصيرة

- إذا كان الفيض المغناطيسي الذي يولده ملف التهيج التسلسلي يتفق بالصفحة مع الفيض الذي يولده ملف التهيج الفرعي، عندها يكون التهيج جمعياً:

$$\Phi = \Phi_s + \Phi_f$$

- إذا كان الفيض المغناطيسي الذي يولده ملف التهيج التسلسلي يعاكس الفيض الذي يولده ملف التهيج الفرعي، عندها يكون التهيج طرحياً:

$$\Phi = \Phi_f - \Phi_s$$

عملية التبديل من التهيج الجمعي إلى التهيج الطرحي تتم بتبديل قطبية ملف التهيج التسلسلي مع المتحرض.

إذا كان التهيج جمعياً نحصل على قوة محرّكة كهربائية أكبر منها في التهيج الفرعي.

إذا كان التهيج طرحياً نحصل على قوة محرّكة كهربائية أقل منها في التهيج الفرعي.

يستخدم التهيج الجمعي في حالة الأحمال التي تسبب هبوطاً كبيراً في الجهد، حيث يقوم التهيج الجمعي بتعويض هبوط الجهد وذلك من أجل الحصول على جهد ثابت.

يستخدم التهيج الطرحي في الحالات التي تحتاج إلى جهد صغير مثل اللحام الذي يحتاج إلى جهد صغير وتيار كبير.

2. القسم العملي:

العناصر اللازمة لتنفيذ التجربة:

1. آلة تيار مستمر عدد (2)، الأولى تعمل كمحرك قائد والثانية تعمل كمولد مقاد

بنظام تهيج مختلط

2. مقاس أمبير عدد (2)

3. مقياس فولت عدد (1)

4. مقياس سرعة (تاكو ميتر)

3. التهيج الجمعي:

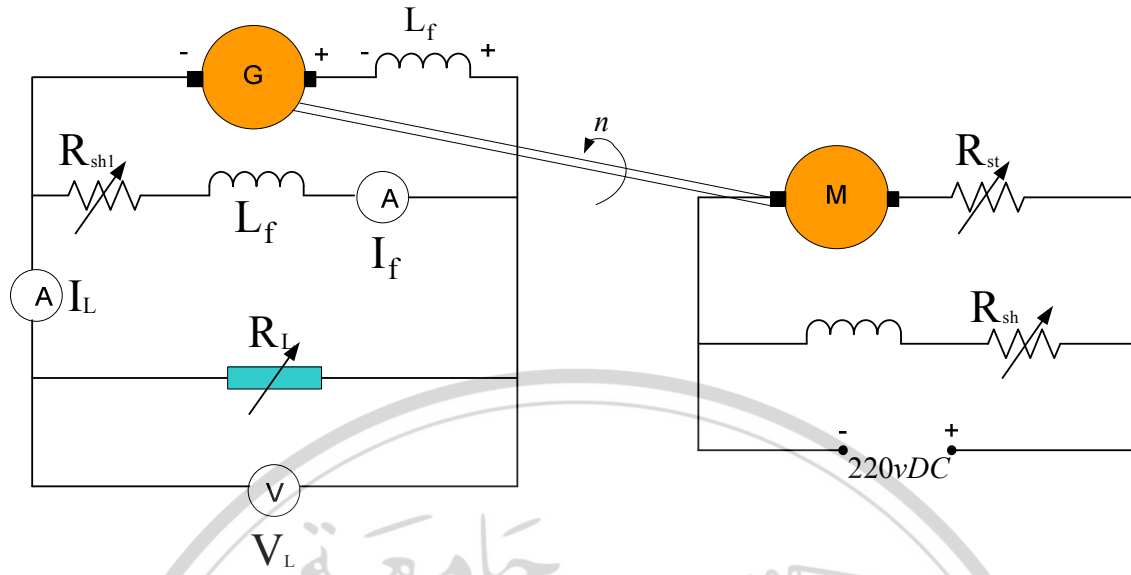
يتم في هذه التجربة دراسة ومناقشة الميزة التالية: $V = f(I_L) \Big|_{\substack{n = \text{const} \\ I_{fn} = \text{const}}}$

يتم تنفيذ التجربة وفق الدارة الموضحة في الشكل 3.

تُملأ البيانات في الجدول 1.

الجدول 1

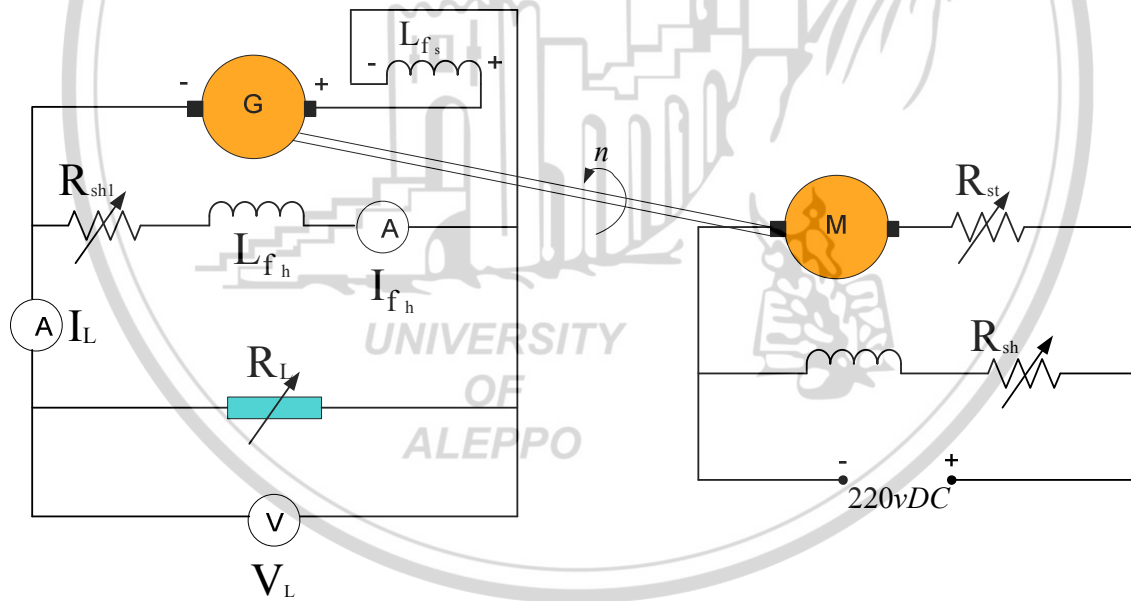
$V_L(V)$								
$I_L(A)$								



الشكل 3 تجربة مولد تيار مستمر مختلط (توصيلة طويلة جمعي)

4. التهييج الطرحي:

قم بتبديل قطبية ملف التهييج التسلسلي كما في الشكل 4.



الشكل 4 تجربة مولد مختلط (توصيلة طويلة طرحي)

الجدول 2

$V_L(V)$								
$I_L(A)$								

5. المطلوب من الطالب:

1. إجراء التوصيلات اللازمة لتنفيذ التجربة (تحت إشراف مهندس المخبر)
2. تشغيل التجربة وتسجيل النتائج.
3. رسم المنحنيات ومناقشة النتائج.





التجربة الرابعة

محرك التيار المستمر ذا التهيج الفرعي

1. مبدأ عمل محرك التيار المستمر

يمكن تلخيص مبدأ عمل المحرك بعبارة واحدة كما يلي: إذا تم تمرير تيار كهربائي في ناقل موجود تحت تأثير مجال مغناطيسي فإن قوة ما ستؤثر على الناقل". عملياً، في آلة التيار المستمر تنتج ملفات التهيج الحقل المغناطيسي اللازم بينما نواقل المتحرض تؤدي دوراً مهماً في حمل تيار المتحرض وبالتالي تنتج نواقل المتحرض قوة كهرومغناطيسية. بما أن نواقل المتحرض متوضعة في مجاري المتحرض فإن القوة الناتجة عن نواقل المتحرض ستعمل عمل المزدوجة twisting or turning force على المتحرض وتسمى بالعزم. العزم هو جداء القوة بالذراع، وبالتالي فإن كامل المتحرض سينتج عزماً كلياً يسعى لتدوير المتحرض.

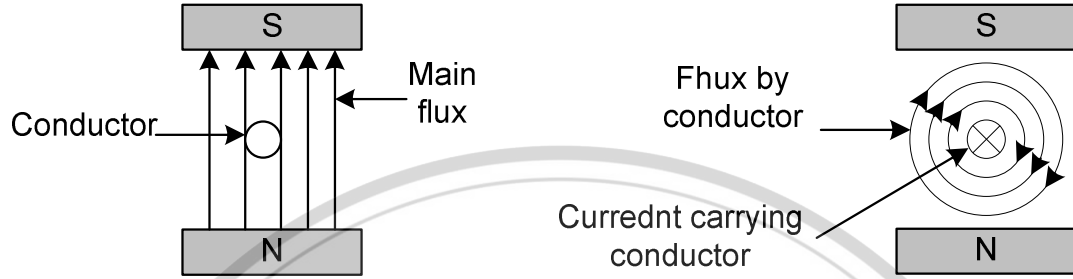
بفرض أنه لدينا ناقل متوضع في حقل مغناطيسي ذي شدة ثابتة كما موضح في الشكل (1.a)، بفرض أنه تم حقن تيار مستمر من مصدر خارجي في هذا الناقل باتجاه ما كما هو موضح في الشكل (1.b)، أي ناقل يحمل للتيار ينتج حقلاً مغناطيسياً على شكل دوائر متمركزة حول الناقل، كما هو واضح في الشكل 1 فإن هناك حقلين مغناطيسيين:

حقل مغناطيسي ناتج عن ملفات المحرض (أو عن مغناط دائمة)

حقل مغناطيسي ناتج عن نواقل المتحرض

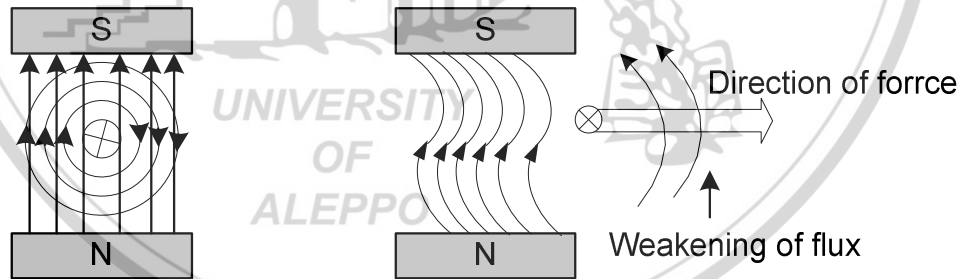
هذه الفيوض مرة أخرى موضحة في الشكل (2.a) من الواضح أن على أحد أطراف الناقل يملك كلا الفيضين اتجاهاً واحداً، في هذه الحالة وعلى يسار الناقل هناك

تجمع لخطوط الفيض المغناطيسي كون أن كلا الفيضين يساعدان بعضهما البعض. بينما على يمين الناقل كلا الفيضين متعاكسان في الاتجاه وبالتالي يحاولان إلغاء بعضهما البعض.



الشكل 1.b. توزيع الفيض المغناطيسي الناتج عن ناقل يحمل تياراً شدته I الشكل 1.a. وجود ناقل في حقل مغناطيسي منتظم

بسبب ذلك فإن الفيض المغناطيسي في هذه المنطقة سيضعف وبالتالي سيشكل على يسار الناقل كثافة تدفق مغناطيسي مرتفعة بينما على يمين الناقل ستكون كثافة التدفق المغناطيسي منخفضة. توزع الفيض المغناطيسي حول الناقل سيعمل كقطعة مطاط مضغوطة وبالتالي ستولد قوة ميكانيكية تؤثر على الناقل ابتداءً من منطقة كثافة التدفق المغناطيسي المرتفعة إلى منطقة كثافة التدفق المغناطيسي المنخفضة (من اليسار إلى اليمين).



الشكل 2.a. التأثير المتبادل للفيض الناتج عن الناقل والفيض الناتج عن الأقطاب

الشكل 2.b. القوة المؤثرة على ناقل

2. اتجاه دوران المحرك :Direction of Rotation of Motor

مطال القوة الكهرومغناطيسية الناتجة عن المحرك يعطى بالعلاقة التالية:

$$F = BLI$$

N (Newton)

[1]

B: كثافة التدفق المغناطيسي الناتجة عن ملفات المتحرض

L: طول الناقل

I: مطال التيار المار في الناقل

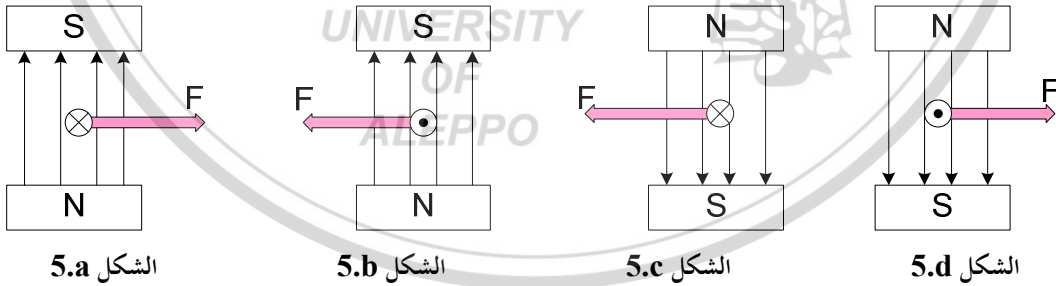
اتجاه القوة، أو بمعنى آخر اتجاه الدوران يمكن أن يحدد باستخدام قاعدة اليد اليسرى أو ما يعرف بـ Fleming's Left Hand Rule.

3. قاعدة اليد اليسرى Fleming's Left Hand Rule

تحدد قاعدة اليد اليسرى بأن أصابع اليد اليسرى (الإبهام، السبابة والوسطى) عند وضعهم بشكل متعامد كما موضح في الشكل 4 بحيث تشير السبابة إلى اتجاه الحقل المغناطيسي بينما تشير الوسطى إلى اتجاه التيار وبالتالي فإن الإبهام ستشير إلى اتجاه القوة التي تؤثر على حركة الناقل.

بتطبيق قاعدة اليد اليسرى لاختبار اتجاه القوة على الناقل المتوضع في حقل مغناطيسي ويحمل تياراً ما كما هو موضح في الشكل (a), (b), (c) & (d).

كما هو واضح من الشكل 5، إذا تم الحفاظ على اتجاه الحقل المغناطيسي كما في الشكل (a) & (b) بينما تم عكس اتجاه التيار فإنه في هذه الحالة ستعكس القوة التي تؤثر على حركة الناقل.



إذا ما تم الحفاظ على اتجاه التيار المار في الناقل كما في الشكل (c) & (d) بينما تم عكس اتجاه الحقل الكهرومغناطيسي، في هذه الحالة ستعكس القوة الكهرومغناطيسية الذي يؤثر على حركة الناقل. إذا تم عكس كل من التيار المار في

الناقل واتجاه الحقل المغناطيسي التي تؤثر على الناقل في هذه الحالة لا يتغير اتجاه القوة الكهرومغناطيسية التي تؤثر على اتجاه الناقل.

إذاً عملياً، من أجل عكس اتجاه حركة الدوران في محرك التيار المستمر، فإنه يكفي إما عكس اتجاه التيار المار في نواقل المتحرض وإما عكس اتجاه الحقل المغناطيسي الرئيس الناتج عن ملفات التهيج في الآلة.

يتم عكس اتجاه الحقل المغناطيسي في آلة التيار المستمر وذلك بعكس اتجاه التيار المار في نواقل ملفات التهيج وهذا يتم بعكس قطبية جهد التهيج. باختصار، للحصول على عزم كهرومغناطيسي والمسبب لحدوث عزم حركي يجب أن يتوفر فيضان مغناطيسي (الأول ناتج عن ملفات الحقل المغناطيسي، بينما الآخر ناتج عن نواقل المتحرض) التفاعل بين هذين الفيضين سيؤدي إلى حدوث عزم كهرومغناطيسي يؤدي بدوره إلى حدوث حركة دورانية.

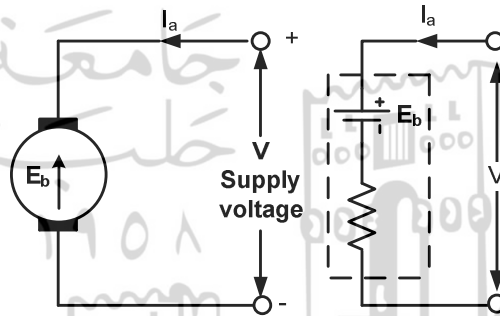
4. أهمية القوة المحركة الكهربائية العكسية: Significance of Back emf

كما هو ملاحظ أثناء دراستنا لمبدأ عمل مولدات التيار المستمر (راجع الفصل الثالث) حيث تتحرض قوة محركة كهربائية بين طرفي ناقل عندما يقطع هذا الناقل خطوط الحقل المغناطيسي. السؤال الذي يطرح نفسه هو، في محرك التيار المستمر وبعد حدوث الدوران فإن نواقل المتحرض ستقطع خطوط الحقل المغناطيسي. وبالتالي هل ينشأ فعل التوليد في المحرك؟ الجواب عن هذا السؤال (نعم تنشأ قوة محركة كهربائية في نواقل المتحرض أثناء عمل آلة التيار المستمر كمحرك). حيث تتحرض في نواقل المتحرض قوة محركة كهربائية وفقاً لقانون فارادي Faraday's Law في التحريض الكهرومغناطيسي. القوة المحركة الكهربائية المتحرضة في نواقل المتحرض تعاكس قطبية جهد التغذية وفقاً لقانون Lenz's Law الذي يحدد اتجاه القوة المحركة الكهربائية المتحرضة. تسعى القوة المحركة الكهربائية العكسية في محركات التيار المستمر لتمرير تيار في نواقل المتحرض بشكل معاكس للتيار المار في نواقل المتحرض والناتج عن جهد

المتحرض V_t . بما أن القوة المحركة الكهربائية العكسية تعاكس جهد المتحرض V_t لذلك تسمى بالقوة المحركة الكهربائية العكسية ويرمز لها بـ E_b ، يحدد مطال القوة المحركة الكهربائية العكسية كما في المولدات بالعلاقة التالية:

$$E_b = \frac{\phi P Z n}{60 A} \quad \text{volt} \quad [2]$$

الشكل 6(a) يوضح القوة المحركة الكهربائية العكسية المتحرضة في نواقل المتحرض والدارة الكهربائية المكافئة موضحة في الشكل 6(b)



الشكل 6(a) القوة المحركة الكهربائية في محرك تيار مستمر

الشكل 6(b) الدارة الكهربائية المكافئة

5. معادلة الجهد في محرك تيار مستمر

في حال عمل آلة التيار المستمر كمولد، فإن القوة المحركة الكهربائية المتحرضة يجب أن تغطي هبوط الجهد في مقاومة المتحرض وهبوط الجهد في المسفرات، الجهد المتبقي سيغطي جهد الحمولة. في حالة عمل الآلة كمحرك فإن جهد التغذية أو جهد المتحرض يجب أن يغطي جهد القوة المحركة الكهربائية المتحرضة E_b Back emf التي تعاكس جهد المتحرض V_t بالإضافة إلى هبوط الجهد في مقاومة المتحرض وهبوط الجهد عند المسفرات. معادلة توازن الجهد في آلة التيار المستمر في حالة العمل لمحرك تعطى كما يلي:

$$V_t = E_b + I_a R_a + \Delta V_{BrT} \quad [3]$$

ΔV_{BrT} : هبوط الجهد الكلي عند المسفرات

IaRa: هبوط الجهد في مقاومة المتحرض الفعلية

بإهمال هبوط الجهد عند المسفرات فإن معادلة توازن الجهد في آلة التيار المستمر عند العمل كمحرك تعطى كما يلي:

$$V_t = E_b + I_a R_a \quad [4]$$

القوة المحركة الكهربائية العكسية في حالة العمل كمحرك دائماً أصغر من جهد المتحرض أي $(E_b < V_t)$. ولكن مقاومة المتحرض R_a صغيرة جداً وبالتالي في ظروف عمل المحرك الطبيعية فإن الفرق بين جهد المتحرض والقوة المحركة الكهربائية العكسية E_b سيكون أيضاً صغيراً، الجهد المكافئ المطبق على دائرة المتحرض بعد الإقلاع يساوي الفرق بين جهد المتحرض والقوة المحركة الكهربائية العكسية E_b والذي من خلاله يتحدد تيار المتحرض. انطلاقاً من معادلة توازن الجهد [4] فإن تيار المتحرض يحسب كما يلي:

$$I_a = \frac{V_t - E_b}{R_a} \quad [5]$$

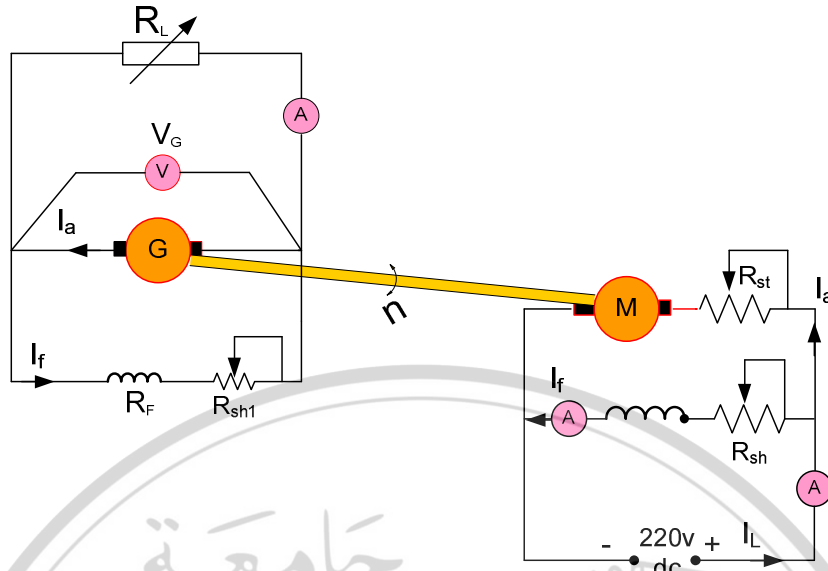
معادلة توازن الجهد [3] يمكن أن تكتب بأشكال مختلفة طبقاً لنوع التهيج وطريقة تعويض رد فعل المتحرض المستخدمة في الآلة.

UNIVERSITY
OF
ALEPPO

6. دائرة التجربة

العناصر اللازمة لتنفيذ التجربة:

1. آلة تيار مستمر عدد (2)، الأولى تعمل كمحرك قائد والثانية تعمل كمولد مقاد بنظام تهيج تفرعي
2. مقاس أمبير عدد (3)
3. مقياس فولت عدد (1)
4. مقياس سرعة (تاكو ميتر)



الشكل 7 تجربة محرك تيار مستمر تفرعي

كما هو مبين في الدارة السابقة، فإن محرك التيار المستمر ذا التهيج التفرعي موصول ميكانيكياً مع المولدة، وهي بدورها موصولة إلى حمل أومي متغير، لهذا تشكل المولدة مع الحمل الأومي حملاً على المحرك، وهذا التحميل يدعى التحميل غير المباشر. نقوم بتنفيذ التوصيل للدارة السابقة، وهنا التوصيل لا يختلف عن التوصيل في الجلسات السابقة، ولكن سنركز اليوم على دراسة مميزات التشغيل للمحرك. في هذه التجربة يتم دراسة المميزات الآتية:

$$n, T, \eta, I = f(P_2) \begin{cases} V = \text{const} \\ I_f = \text{const} \end{cases}$$

لنوجد أولاً علاقة مردود المحرك:

إن مردود المحرك يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\eta_M = \frac{P_{2M}}{P_{1M}}$$

حيث: $P_{1M} = V_M \cdot I_M$ ، هي استطاعة الدخل للمحرك

P_{2M} : استطاعة الخرج للمحرك

كما أن مردود المولدة يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\eta_G = \frac{P_{2G}}{P_{1G}}$$

حيث: $P_{2G} = V_G \cdot I_G$ ، استطاعة الخرج للمولد

P_{1G} : استطاعة الدخل للمولد وتساوي P_{2M}

نأخذ جداء علاقتي المردود فنجد:

$$\eta_M \cdot \eta_G = \frac{P_{2M}}{P_{1M}} \cdot \frac{P_{2G}}{P_{1G}} = \frac{P_{2G}}{P_{1M}} = \frac{V_G \cdot I_G}{V_M \cdot I_M}$$

حيث أن $P_{2M} = P_{1G}$

ولكن مردود المحرك يساوي تقريباً مردود المولدة، تصبح علاقة المردود الأخيرة:

$$\eta^2 = \frac{V_G \cdot I_G}{V_M \cdot I_M} \Rightarrow \eta = \sqrt{\frac{V_G \cdot I_G}{V_M \cdot I_M}}$$

العلاقة الأخيرة تمكننا من حساب المردود.

وبالتالي يمكننا حساب استطاعة خرج المحرك من العلاقة التالية:

$$P_{2M} = P_{1M} \cdot \eta = V_M I_M \cdot \eta$$

نحسب الآن عزم المحرك من العلاقة التالية:

$$T = \frac{P_{2M}}{\omega} = \frac{P_{2M}}{2\pi \frac{n}{60}} = \frac{60}{2\pi} \times \frac{P_{2M}}{n} = 9.55 \times \frac{P_{2M}}{n}$$

حيث أن n هي سرعة المحرك المقاسة باستخدام مقياس التاكو ميتر.

تسجل النتائج في الجدول 1.

7. المطلوب من الطالب:

1. إجراء التوصيلات اللازمة لتنفيذ التجربة (تحت إشراف مهندس المخبر)

2. تشغيل التجربة وتسجيل النتائج

3. رسم المنحنيات ومناقشة النتائج

الجدول 1

V_G (V)	I_G (A)	V_M (V)	I_M (A)	n (rpm)	$\eta(\%)$	P2M (Watt)	T (N.M)



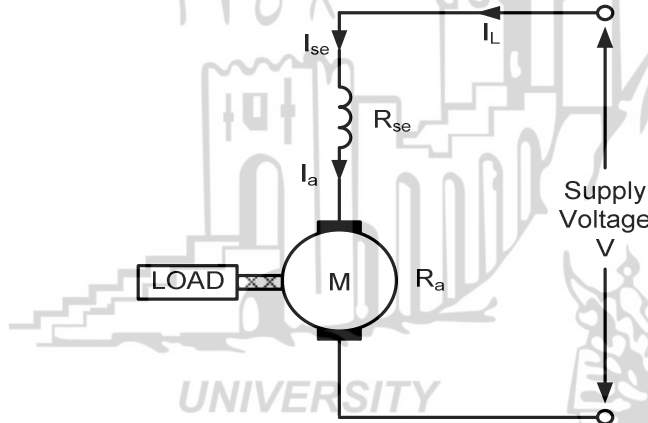


التجربة الخامسة

محرك التيار المستمر ذا التهييج التسلسلي

1. محرك التيار المستمر التسلسلي

هذا النوع من المحركات موضح في الشكل 1، حيث يتم وصل ملفات التهييج على التسلسل مع ملفات المتحرض ويتم وصل المجموعة إلى مصدر التغذية. R_{se} هي مقاومة ملف التهييج التسلسلي. قيمة مقاومة ملفات التهييج R_{se} صغيرة لذا يتم تصميم هذا النوع من الملفات من ناقل ذي سطح مقطع كبير وعدد لفات قليلة.



الشكل 1 محرك تسلسلي

2. علاقات الجهد والتيار لمحرك تسلسلي

في محرك التيار المستمر التسلسلي، تيار الخط (تيار المحرك) يساوي تيار المتحرض وتيار التهييج أي:

$$I_L = I_a = I_{se} \quad [1]$$

علاقة جهد المتحرض يمكن استنتاجها استناداً إلى الشكل 1 كما يلي:

$$V_t = E_b + I_a(R_a + R_{se}) + \Delta V_{BrT} \quad [2]$$

في محركات التيار المستمر التسلسلية فإن الفيض المغناطيسي للآلة يتناسب مباشرة مع تيار المتحرض. وبالتالي كلما زاد تيار المتحرض زاد التهيج أي:

$$\Phi \propto I_a$$

يجب أن نذكر أنه لا يمكن إقلاع محرك التيار المستمر التسلسلي بدون حمل (أي يجب أن يقلع محرك التيار المستمر تحت الحمل).

معادلة القوة المحركة الكهربائية العكسية تعطى بالشكل التالي: $E_b = C_e \Phi n$
 بالتعويض في معادلة الجهد بعد إهمال هبوط الجهد في مقاومة ملفات المتحرض وملفات التهيج:

$$U_T = C_e \Phi n + I_a (R_a + R_s)$$

تصبح علاقة سرعة المحرك بالشكل التالي:

$$n = \frac{U_T - I_a (R_a + R_s)}{C_e \Phi}$$

العلاقة الأخيرة هي الميزة الكهروميكانيكية لمحرك التيار المستمر التسلسلي. شكل هذه الميزة عبارة عن قطع زائد.

إن المحرك التسلسلي يعطي عزمًا أكثر لكل أمبير من أي محرك تيار مستمر آخر، ولذلك يستخدم في التطبيقات التي تحتاج إلى عزوم عالية جداً، كمحركات الإقلاع في السيارات، ومحركات المصاعد والمحركات الجارية في القطارات.

يتم في هذه التجربة دراسة مميزات التشغيل التالية:

$$n, T, P_1, P_2, \eta = f(I_2) \Big|_{V=\text{const}}$$

يتم حساب العزم كما يلي:

$$\eta_M = \frac{P_{2M}}{P_{1M}} \quad \text{مردود المحرك:}$$

$$\eta_G = \frac{P_{2G}}{P_{1G}} \quad \text{مردود المولدة:}$$

$$\eta_M \cdot \eta_G = \frac{P_{2G}}{P_{1M}} \text{ : جداء المردودين :}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{V_G \cdot I_G}{V_M \cdot I_M}} \text{ : وبالتالي يكون المردود :}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta \text{ : تصبح علاقة الاستطاعة بالشكل :}$$

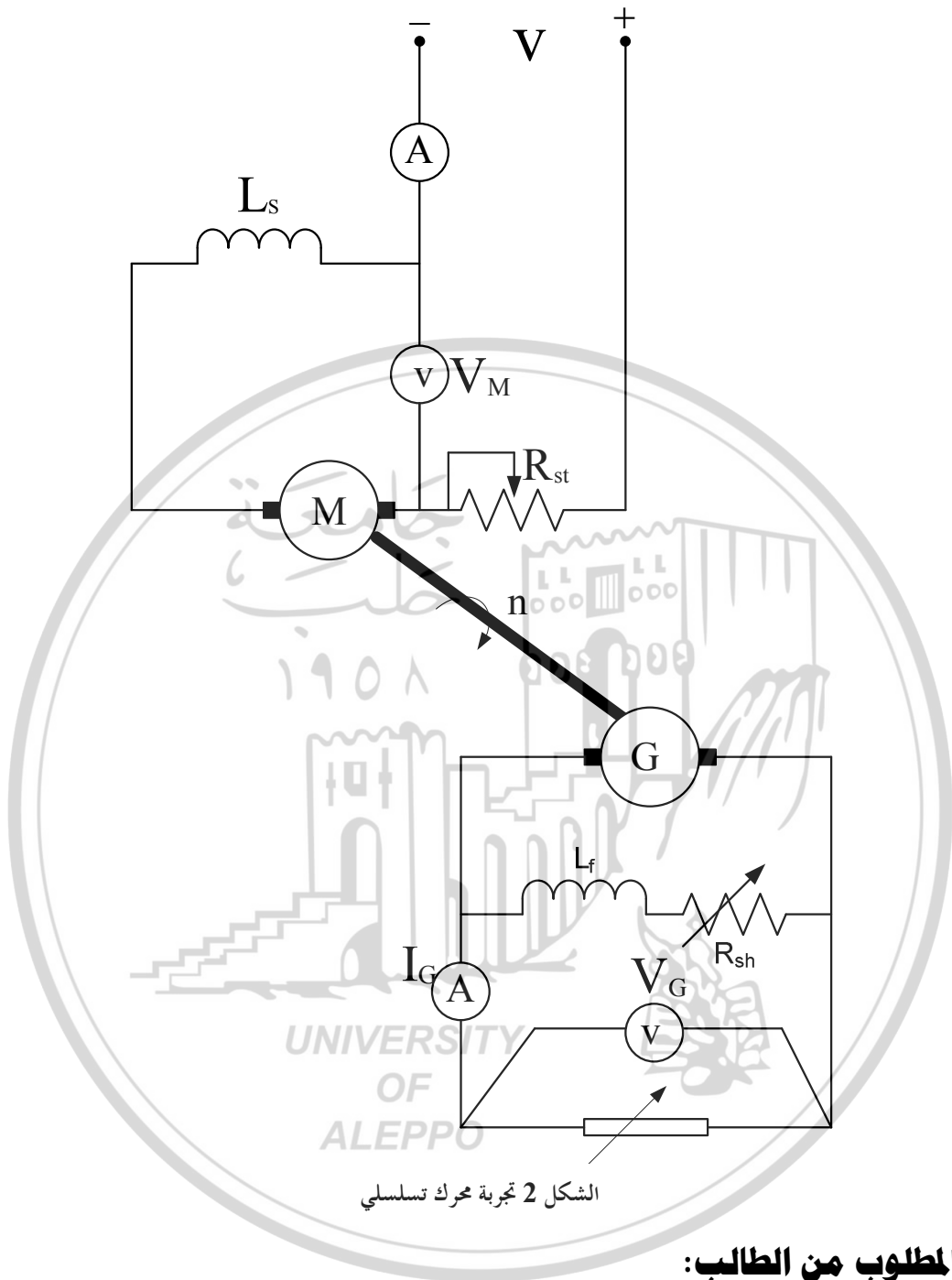
$$T = 9.55 \frac{P_2}{n} \text{ : وبالتالي يمكن حساب العزم :}$$

يتم أخذ النتائج وتسجيل القياسات والحسابات في الجدول 1 كما يلي:

الجدول 1

V_G (V)	I_G (A)	V_M (V)	I_M (A)	n (rpm)	$\eta(\%)$	P_{2M} (Watt)	T (N.M)

UNIVERSITY
OF
ALEPPO



3. المطلوب من الطالب:

- 1- إجراء التوصيلات اللازمة لتنفيذ التجربة (تحت إشراف مهندسي المحبر)
- 2- تشغيل التجربة وتسجيل النتائج
- 3- رسم المنحنيات ومناقشة النتائج

التجربة السادسة

حساب الضياعات

1. مقدمة Introduction :

من أجل آلة تيار مستمر، سواء في حالة العمل كمولد أو كمحرك، يعد مردود هذه الآلة مهماً، يجب أن تعمل الآلة بمردودية عالية. هذا يعني أن الضياعات يجب أن تكون صغيرة قدر الإمكان في آلات التيار المستمر. تعبر الضياعات في الآلة عن مستوى التسخين الذي يحصل في الآلة بسبب التحميل وبالتالي يمكن في النهاية تحديد استطاعة الخرج التي يمكن الحصول عليها دون أن يحصل عطل ما أو فشل في التشغيل أثناء التحميل.

2. الضياعات في آلات التيار المستمر Losses in DC Machines

يمكن إجراء عدة اختبارات على آلة التيار المستمر وذلك بهدف الحصول على معلومات تمكن المستخدم من تحديد مختلف الضياعات في آلة التيار المستمر. تصنف الضياعات في آلات التيار المستمر سواء كانت مولداً أو محركاً إلى مايلي:

1. ضياعات نحاسية

2. ضياعات النواة أو ضياعات حديدية

3. ضياعات ميكانيكية

4. الضياعات النحاسية Copper losses

الضياعات النحاسية هي الضياعات التي تنشأ في آلات التيار المستمر بسبب مرور التيار في ملفات المحرض وملفات المتحرض. تتناسب الضياعات النحاسية طردياً مع مربع التيار المار في هذه الملفات. وبالتالي في آلات التيار المستمر يمكن التعبير عن مختلف الضياعات النحاسية كما يلي:

الضياعات النحاسية في دائرة المتحرض Armature Copper Loss، وتعطى كما يلي حسب قانون جول Joule's Law $I_a^2 R_a$ ، حيث R_a مقاومة المتحرض و I_a تيار المتحرض.

الضياعات النحاسية في دائرة المحرض Stator Copper loss وتقسم إلى:

- الضياعات في ملف التهيج التفرعي وتعطى كما يلي $I_{sh}^2 R_{sh}$ ، حيث R_{sh} مقاومة ملف التهيج التفرعي، و I_{sh} تيار التهيج التفرعي.

- الضياعات في ملف التهيج التسلسلي وتعطى كما يلي $I_{se}^2 R_{se}$ ، حيث R_{se} مقاومة ملف التهيج التسلسلي، و I_{se} تيار التهيج التسلسلي.

في آلات التيار المستمر ذات التهيج المركب (المختلط) كل من ضياعات التهيج التسلسلية والتفرعية تكون موجودة في الآلة.

إضافة إلى الضياعات النحاسية، ينشأ في آلات التيار المستمر ضياعات بسبب مقاومة التماس مع المسفرات، في بعض الحالات تدمج مقاومة التماس مع المسفرات مع مقاومة المتحرض، وبالتالي تعتبر الضياعات بسبب مقاومة التماس مع المسفرات متضمنة مع الضياعات النحاسية في مقاومة المتحرض.

5. الضياعات الحديدية :Iron or Core Losses

تدعى هذه الضياعات بالضياعات المغناطيسية. تشمل هذه الضياعات على ضياعات البطء المغناطيسي Hysteresis Loss وضياعات بسبب تيارات فوكو الإعصارية Eddy Current Loss.

تناسب ضياعات البطء المغناطيسي طرداً مع التردد ومع كثافة التدفق الأعظمية وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\text{hysteresis loss} = \eta B_{\max}^{1.6} f V \quad \text{Watts}$$

حيث:

η : معامل البطء لـ Steinmetz

V : حجم النواة وتقدر بـ m^3

f : تردد دورة البطء المغناطيسي

ضياعات البطء المغناطيسي هي بسبب تغير اتجاه التدفق المغناطيسي في نواة المتحرض.

ضياعات فوكو الإعصارية تنشأ بسبب تيارات فوكو الإعصارية. عند دوران نواة المتحرض فإنها تقطع خطوط الفيض المغناطيسي وهذا يسبب تحريض قوة محرقة كهربائية في نواة المتحرض. تسبب هذه القوة المحركة الكهربائية نشوء تيارات داخل النواة تسبب هذه التيارات ضياعات تسمى بضياعات فوكو الإعصارية. تقدر قيمة هذه الضياعات بالعلاقة التالية:

$$\text{eddy current loss} = K B_{\max}^2 f^2 t^2 V$$

حيث:

K : ثابت

V : حجم النواة وتقدر بـ m^3

f : تردد البطء المغناطيسي

t : سماكة الصفيحة المستخدمة في النواة

يتم تقليل ضياعات البطء المغناطيسي من خلال اختيار مواد معدنية للنواة ذات η معامل البطء لـ Steinmetz منخفض.

بينما يتم تقليل قيمة الضياعات بسبب تيارات فوكو الإعصارية باختيار صفائح معدنية ذات سماكة صغيرة.

تعتبر الضياعات المغناطيسية ثابتة في آلات التيار المستمر.

6. الضياعات الميكانيكية Mechanical Losses:

تتألف الضياعات الميكانيكية من ضياعات الاحتكاك والضياعات الهوائية بسبب اصطدام شفرات مروحة التبريد مع الهواء. تصرف جزءاً من الطاقة المقدمة للآلة للتغلب على الضياعات الميكانيكية. تعتبر الضياعات الميكانيكية ثابتة في آلات التيار المستمر.

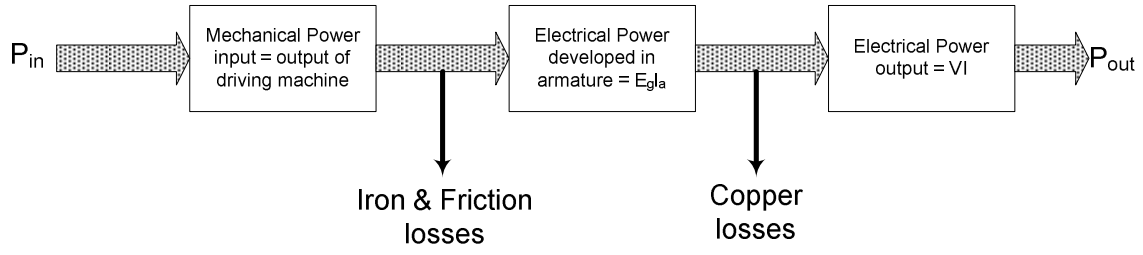
تسمى الضياعات المغناطيسية والضياعات الميكانيكية بالضياعات الإضافية Stray Loss. في آلات التيار المستمر ذات التهيج التفرعي والمختلط حيث يكون تيار التهيج ثابتاً تعتبر الضياعات النحاسية ثابتة. بالتالي فالضياعات الإضافية وضياعات التهيج تسمى بالضياعات الثابتة. بينما تيار المتحرض يعتمد على الحمل وبالتالي تدعى الضياعات الكهربائية في المتحرض بالضياعات المتغيرة.

باختصار الضياعات الكلية في آلات التيار المستمر هي:

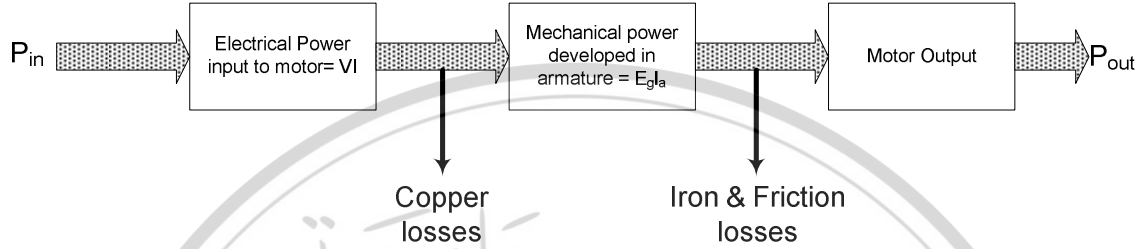
$$\text{Total losses} = \text{Constant losses} + \text{Variable losses}$$

مخطط جريان الاستطاعة وتحويل الطاقة لآلات التيار المستمر وعند مراحل

مختلفة لعمل آلة التيار المستمر (مولد أو محرك) موضحة في الشكل 1.



الشكل 1 (a) حالة العمل كمولد



الشكل 1 (b) حالة العمل كمحرك

7. المردود في آلات التيار المستمر Efficiency of DC Machines

يعطى المردود الكلي لآلة التيار المستمر بالعلاقة التالية:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

حيث:

P_{out} : استطاعة الخرج الكلية للآلة

P_{in} : استطاعة الدخل الكلية للآلة

P_{cu} : الضياعات المتغيرة

P_i : الضياعات الثابتة

بالتالي فإن استطاعة الدخل تساوي:

$$P_{in} = P_{out} + P_{cu} + P_i$$

إذاً المردود الكلي:

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{cu} + P_i} \times 100$$

8. اختبار محركات التيار المستمر Testing of DC Motors

المردود في محركات التيار المستمر يعطى كما يلي:

$$\% \eta = \frac{\text{Power Output } (P_{\text{out}})}{\text{Power Input } (P_{\text{in}})} \times 100$$

مختلف أنواع الضياعات في محركات التيار المستمر يمكن حسابها بإجراء بعض الاختبارات على محرك التيار المستمر.

يوجد عدة طرق لاختبار محركات التيار المستمر، تصنف هذه الطرق إلى:

1. الطريقة المباشرة

2. الطريقة غير المباشرة

9. الطريقة المباشرة لاختبار محركات التيار المستمر

Direct Method of Testing

يتم في هذه الطريقة تحميل المحرك ويتم قياس استطاعة الدخل والخرج ويحسب المردود بالتالي باستخدام العلاقة التالية:

$$\% \eta = \frac{\text{Power Output } (P_{\text{out}})}{\text{Power Input } (P_{\text{in}})} \times 100$$

تطبق في العادة هذه الطريقة للمحركات ذات الاستطاعة الصغيرة، يتم تحميل المحرك بوساطة كابح كهرومغناطيسي. المشكلة الرئيسية لهذه الطريقة تكمن في محدودية الدقة في قياس استطاعة الخرج الميكانيكية للمحرك، المشكلة الأخرى هي صعوبة تأمين عزم حمولة للمحركات ذات الاستطاعة الكبيرة.

التجربة السابعة

الطريقة غير المباشرة لاختبار محركات التيار المستمر

1. مقدمة

في هذه الطريقة لا يتم تحميل المحرك مباشرة ولكن يتم تخمين الضياعات والمردود بشكل غير مباشر. من بين عدة طرق لحساب المردود في آلات التيار المستمر. تبرز طريقة Swinburne's وطريقة Hopkinson's من أكثر الطرق انتشاراً من الناحية العملية وتطبق من أجل اختبار محركات التيار المستمر التفرعية والمختلطة ويتعذر تطبيقها على محركات التيار المستمر التسلسلية حيث في هذا النوع من المحركات لا يمكن إقلاع المحرك بدون حمل.

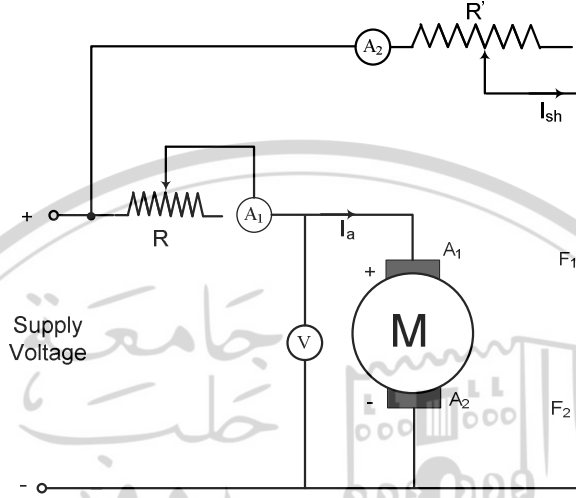
تتلخص هاتان الطريقتان بتحديد الضياعات والمردود عند أحمال مختلفة ودون اللجوء لتحميل المحرك بشكل كامل حيث يتعذر تحقيق ذلك في المحركات ذات الاستطاعات الكبيرة.

2. اختبار اللاحمل أو اختبار Swinburne's

هذه الطريقة تعدّ من الطرق غير المباشرة لاختبار محركات التيار المستمر. في هذا الاختبار نحافظ على تهييج ثابت وبشكل خاص عند اختبار محركات التيار المستمر التفرعية أو المختلطة. بدون تحميل المحرك يمكن تحديد الضياعات والمردود عند أحمال مختلفة.

يتم تشغيل المحرك بجهد اسمي بدون حمل. عند الإقلاع يتم وصل مقاومة على التسلسل مع دائرة المتحرض ويتم إخراج هذه المقاومة من دائرة المتحرض عندما تصل

سرعة المحرك إلى قيمة قريبة من السرعة الاسمية. يتم في هذه الحالة ضبط سرعة المحرك إلى قيمة مساوية للسرعة الاسمية وذلك بضبط تيار التهيج عن طريق ضبط مقاومة تنظيم الفيض المغناطيسي كما موضح في الشكل 1.



الشكل 1. اختبار Swinburne's

تيار المتحرض عند اللاحمل I_a يقاس بوساطة مقياس الأمبير A_1 بينما تيار التهيج يقاس بوساطة مقياس الأمبير A_2 .

استطاعة الدخل عند اللاحمل تحسب كما يلي:

$$\text{Power Input at No Load: } V(I_a + I_{sh})$$

سيكون هناك ضياعات نحاسية في ملفات التهيج والتفرعية وتحسب كما يلي:

$$= V \times I_{sh} \text{ Field copper loss}$$

أما الضياعات النحاسية في دائرة المتحرض فتحسب كما يلي:

$$\text{Armature copper loss} = I_a^2 R_a$$

وبالتالي الضياعات الإضافية P_{IFW} التي تشمل على الضياعات الحديدية

والاحتكاك وضياعات مروحة التبريد يمكن الحصول عليها كما يلي:

$$P_{IFW} = V(I_a + I_{sh}) - V \times I_{sh} - I_a^2 R_a$$

بسبب مرور التيار في ملفات التهيج وملفات المتحرض سينشأ ضياعات نحاسية وتسبب نشوء حرارة في المحرك. تؤثر هذه الحرارة على مقاومة ملفات التهيج وملفات المتحرض.

وبالتالي القيمة الجديدة لمقاومات ملفات التهيج والمتحرض تصبح على التوالي R_a' و R_{sh}' ويمكن اعتبار أنه تم تغييرهما عند درجة حرارة $40C^0$. إذا كان α_1 معامل درجة حرارة المقاومة عند حرارة الغرفة بالتالي فإن مقاومة المتحرض الجديدة تحسب كما يلي:

$$R_a' = R_a (1 + \alpha_1 \times 40)$$

وبشكل مماثل عند درجة حرارة الغرفة تحسب مقاومة التهيج التفرعية كما يلي:

$$I_{sh} = V/R_{sh}$$

وعند درجة حرارة $40C^0$ تحسب مقاومة التهيج التفرعية كما يلي:

$$R_{sh}' = R_{sh} (1 + \alpha_1 \times 40)$$

تيار التهيج عند تغير مقاومة التهيج:

$$I_{sh}' = \frac{V}{R_{sh}'}$$

إذاً ضياعات التهيج الجديدة :

$$\text{Field copper losses} = I_{sh}'^2 R_{sh}'$$

إذا أردنا، مثلاً، إيجاد مردود المحرك عند 0.25 من الحمولة الاسمية، يمكن إيجاد

ذلك كما يلي:

بفرض أن:

I_{FL} : تيار الحمل الكلي للمحرك

W_F : الضياعات الكهربائية في ملفات التهيج

W: الضياعات الإضافية أو P_{IFW}

تيار الحمل عند 0.25 من الحمولة الاسمية = $I_{FL}/4$

استطاعة الدخل للمحرك عند 0.25 من الحمولة الاسمية = $V \times I_{FL}/4$

تيار المتحرض عند 0.25 من الحمولة الاسمية:

$$I'_a = \frac{I_{FL}}{4} - I'_{sh}$$

ضياعات المتحرض عند 0.25 من الحمولة الاسمية:

$$\text{Armature copper loss} = I_a'^2 R_a = \left(\frac{I_{FL}}{4} - I'_{sh} \right)^2 R_a$$

استطاعة الخرج للمحرك عند 0.25 من الحمولة الاسمية:

$$P_{out} = P_{in} - \text{losses}$$

$$P_{out} = V \times \frac{I_{FL}}{4} - \left(\frac{I_{FL}}{4} - I'_{sh} \right)^2 R_a - W_F - W$$

المردود عند 0.25 من الحمولة الاسمية:

$$\% \eta = \frac{\text{Power Output } (P_{out})}{\text{Power Input } (P_{in})} \times 100$$

$$\% \eta = \frac{V \times \frac{I_{FL}}{4} - \left(\frac{I_{FL}}{4} - I'_{sh} \right)^2 R_a - W_F - W}{V \times \frac{I_{FL}}{4}} \times 100$$

وهي بالتالي علاقة المردود للمحرك عند 0.25 من الحمولة الاسمية، يمكن بشكل

مشابه حساب المردود عند قيم أحمال مختلفة.

3. مزايا طريقة اختبار Swinburne's

1. باعتبار أن الضياعات الثابتة معروفة، فالمردود يمكن تحديده عند أي قيمة للحمل

2. تعتبر هذه الطريقة اقتصادية وملائمة كونها لا تحتاج لطاقة كبيرة لإجراء الاختبار، وحتى في المحركات ذات الاستطاعة الكبيرة يكفي تغذية المحرك باستطاعة اللاحمل.
3. لاداعي لتحميل المحرك، يتم إجراء الاختبار بدون حمل

4. مساوئ طريقة اختبار Swinburne's

Disadvantages of Swinburne's Method

1. في هذه الطريقة تم اعتبار الضياعات الحديدية ثابتة وهذا غير دقيق كون الضياعات الثابتة تتغير من حالة الحمل إلى حالة اللاحمل. تحت تأثير رد فعل المتحرض عند الحمل الكامل سيكون هناك تشوه في التدفق المغناطيسي وهذا يسبب زيادة في الضياعات المغناطيسية
2. الاختبار الذي يتم إجراؤه على المحرك هو اختبار اللاحمل، وبالتالي من الصعب معرفة فيما إذا كانت عملية التبديل عند الحمل الكامل تتم دون ضياعات إضافية
3. لقد تم اعتماد فرضية أن درجة حرارة المحرك ترتفع حتى 40°C عند الحمل الكامل، وهذا الأمر لم يتم التأكد منه حيث إنه فعلياً لم يتم تحميل المحرك عند الحمولة الكاملة ومعرفة درجة الحرارة الفعلية.
4. لا يمكن إجراء هذا الاختبار من أجل محركات التيار المستمر التسلسلية، كون أن أحد شروط إجراء الاختبار هو عمل المحرك عند اللاحمل.



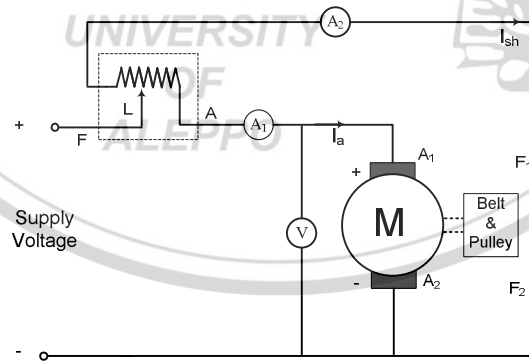
التجربة الثامنة

اختبار الكبح Brake Test

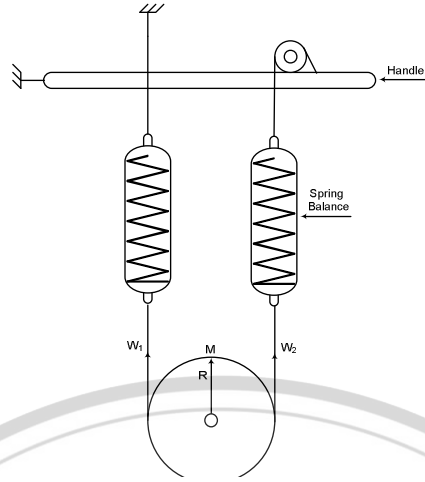
1. مقدمة

طريقة أخرى لاختبار محركات التيار المستمر تدعى باختبار الكبح، هذه الطريقة من إحدى الطرق المباشرة لاختبار محركات التيار المستمر. تتلخص هذه الطريقة بربط المحرك مباشرة بالحمل عن طريق سير وبكرات كما موضح في الشكل 1(a)، من خلال ضبط شد السير المتحرك يتم عندها ضبط الحمل ليعطي قيماً مختلفة للتيارات. في النهاية يضبط الحمل بحيث يستجر المحرك تيار الحمل الكامل. الطاقة التي يطورها المحرك تصرف للتغلب على ضياع الاحتكاك بين سير الناقل ومحور المحرك. بسبب فعل الكبح لسير الناقل لذلك تسمى التجربة باختبار الكبح.

الشكل 1(a) يوضح تفصيلات إجراء اختبار الكبح لمحرك تيار مستمر بتهييج تفرعي. الشكل 1(b) يوضح ترتيبات سير الناقل والبكرة المثبتين على محور المحرك.



الشكل 1(a) طاولة تجارب اختبار الكبح



الشكل 1(b) ترتيبات سير الناقل والبكرة

عزم الشد (الإجهاد) لسير الناقل يمكن ضبطه باستخدام الذراع الموجود. عزم الشد يعطى بـ kg يمكن الحصول عليها من خلال قراءة مؤشر النابض المجهز مع التجربة.

بفرض أن:

R: نصف قطر البكرة تقدر بـ m

n: سرعة المحرك تقدر بـ rpm

W₁: قراءة النابض في الطرف المضغوط تقدر بـ kg

W₂: قراءة النابض في الطرف الحر (غير المضغوط) تقدر بـ kg

السحب الصافي على سير الناقل بسبب الاحتكاك عند البكرة يحسب على أنه

الفرق بين قراءات النوابض في كلا الطرفين أي:

$$\text{Net Pull} = W_1 - W_2 \text{ kg} = 9.81(W_1 - W_2) \quad \text{N}$$

بما أن نصف قطر البكرة وسرعة الدوران معلومان، العزم المطور على محور

المحرك يحسب كما يلي:

$$T_{\text{sh}} = \text{net pull} \times R = 9.81(W_1 - W_2)R \quad \text{N-m}$$

استطاعة الخرج يمكن أن تحسب كما يلي:

$$P_{out} = T_{sh} \times \omega = 9.81(W_1 - W_2)R \times \frac{2\pi n}{60} \quad W$$

بفرض أن:

V: الجهد المطبق يقدر بـ V

I: التيار الكلي المستجر من منبع التغذية

إذاً:

استطاعة الدخل:

$$P_{in} = VI \quad \text{Watts}$$

إذا تم أخذ القراءات عند الحمل الكامل بالتالي فإن مردود المحرك يمكن أن يحسب كما يلي:

$$\% \eta = \frac{\text{Power Output } (P_{out})}{\text{Power Input } (P_{in})} \times 100$$

بضبط الحمل تدريجياً وصولاً للحمل الكامل، يمكن بذلك الحصول على عدة قراءات.

يمكن قياس السرعة باستخدام مقياس سرعة (Tacho Generator)، وبالتالي يمكن الحصول على منحنيات التشغيل للمحرك بشكل كامل.

2. مزايا اختبار الكبح Advantages of Brake Test

مزايا اختبار الكبح تتلخص بما يلي:

1. يمكن تحديد مردود المحرك تحت شروط العمل الطبيعية

2. تعتبر هذه الطريقة سهلة التنفيذ

3. يمكن تنفيذها من أجل أي آلة تيار مستمر

3. مساوئ اختبار الكبح Disadvantages of Brake Test

مساوئ اختبار الكبح تتلخص بما يلي:

1. ينشأ في المحرك حرارة بسبب الاحتكاك وبالتالي هذا يسبب في تبديد أكبر للطاقة
2. يحتاج النظام لترتيبات إضافية للتبريد
3. تعتبر الطريقة مناسبة من أجل الحركات الصغيرة وذلك بسبب ترتيبات أجهزة التبريد الإضافية
4. تعتبر الطاقة التي طورها المحرك مبددة وبالتالي هذه الطريقة مكلفة
5. يعتبر مردود هذه الطريقة منخفضاً



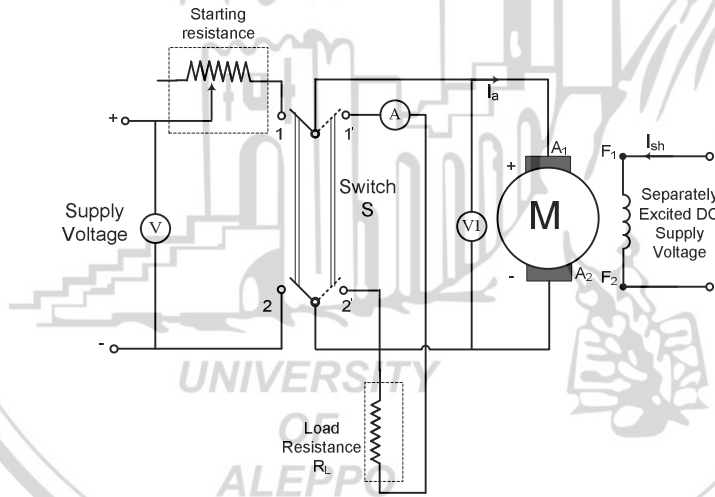
التجربة التاسعة

اختبار التباطؤ

1. مقدمة

تطبق هذه الطريقة بشكل عام لاختبار محركات ومولدات التيار المستمر التفرعية. من خلال هذه الطريقة يمكن الحصول على الضياعات الإضافية. وبالتالي إذا كانت الضياعات الكهربائية للمتعرض وللمحرض عند أي قيمة لتيار الحمل معلومة يمكن عندها تحديد مردود الآلة بسهولة.

الدارة في الشكل 1 توضح طريقة إجراء الاختبار



الشكل 1 اختبار التباطؤ

يتم تدوير الآلة المراد اختبارها عند سرعة أعلى بقليل من السرعة الاسمية، يتم فصل جهد التغذية عن المحرك مع الحفاظ على جهد تهيج ثابت. عند هذه الشروط يتباطأ المحرك، الطاقة الكامنة التي يكتزنها الجزء الدوار تعمل على تغطية الضياعات الإضافية وضياعات الدوران.

بفرض أن J عزم العطالة للجزء الدوار و ω هي السرعة الزاوية للجزء الدوار،
إذا فإن الطاقة الكامنة في الجزء الدوار يعبر عنها كما يلي:

$$\text{Kinetic energy of armature} = \frac{1}{2} J \omega^2$$

ضیاعات الدوران تحسب على أنها معدل التغير في الطاقة الكامنة أي:

$$\text{Rotational losses, } W = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} J \omega^2 \right) = J \omega \frac{d\omega}{dt}$$

السرعة الزاوية:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

بالتعويض في المعادلة السابقة نجد:

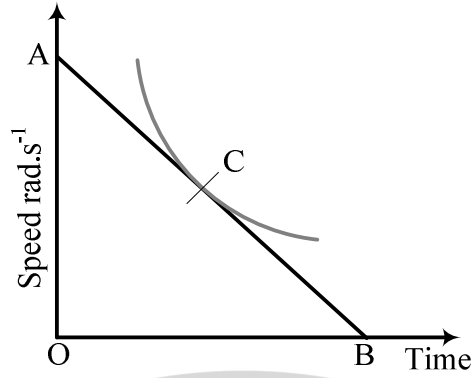
$$W = J \left(\frac{2\pi n}{60} \right) \frac{d}{dt} \left(\frac{2\pi n}{60} \right) = \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 J n \frac{dn}{dt}$$

وبالتالي لحساب ضیاعات الدوران يجب معرفة عزم العطالة J ومعدل تغير
السرعة dn/dt .

يمكن تحديد معدل تغير السرعة وعزم العطالة كما يلي:

2. تحديد معدل تغير السرعة dn/dt Determination of dn/dt

مقياس الفولت المربوط على طرفي المتحرض يشير إلى القوة المحركة الكهربائية
العكسية، بما أن emf تتناسب مباشرة مع السرعة يمكن عندئذ تعيير مقياس الفولت
بحيث يشير إلى سرعة المحرك مباشرة.



الشكل 2 تحديد dn/dt

عندما يتم قطع التغذية عن المحرك، تتناقص بالتالي سرعة المحرك، الزمن اللازم لتناقص السرعة حتى الصفر يتم تحديده من خلال ساعة توقف زمنية. المنحني في الشكل 7.5 يبين العلاقة بين السرعة والزمن. عند أي نقطة C تمثل العمل عند السرعة الاسمية يتم رسم المماس AB، بالتالي فإن التغير في السرعة يحسب كما يلي:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{OA(\text{in rpm})}{OB(\text{in seconds})}$$

القيمة التي يتم الحصول عليها من المعادلة السابقة يتم تعويضها في معادلة حساب ضياعات الدوران W.

3. تحديد ثابت عزم العطالة J Determination of moment of inertia J

الطريقة الأولى: استخدام الدولاب المعدل

يتم أولاً فصل التغذية عن دائرة المتحرض ويتم مراقبة الزمن اللازم حتى حصول تغير في السرعة كما تم في الفقرة السابقة، يتم بعد ذلك رسم المنحني البياني لتغير السرعة مع الزمن كما في الشكل السابق 7.5، يتم الآن ربط دولاب معدل على محور المحرك ذي عزم عطالة معروف وليكن J_1 ، يتم رسم منحني السرعة مع الزمن بوجود الدولاب المعدل بنفس الطريقة المشروحة في الفقرة السابقة. زمن التباطؤ سيكون أطول كون أن عزم عطالة الجملعة أصبح أكبر بوجود الدولاب المعدل.

عند أي قيمة لسرعة الدوران يتم تحديد معدل تغير السرعة كما يلي: dn/dt_1 و dn/dt_2 ، يمكن ملاحظة أن الضياعات في كلتا الحالتين ثابتة كون أن الدولاب المعدل لن يضيف أية ضياعات إضافية للجملية.

في الحالة الأولى: عندما لا يكون الدولاب المعدل مربوطاً مع محور المحرك فإن ضياعات الدوران:

$$\text{Rotational losses, } W = \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 J n \frac{dn}{dt_1}$$

في الحالة الثانية: عندما يكون الدولاب المعدل مربوطاً مع محور المحرك فإن ضياعات الدوران:

$$\text{Rotational losses, } W = \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 (J + J_1) n \frac{dn}{dt_2}$$

بما أن ضياعات الدوران في الحالتين متساوية فإن:

$$\begin{aligned} \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 J n \frac{dn}{dt_1} &= \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 (J + J_1) n \frac{dn}{dt_2} \rightarrow \\ \frac{(J + J_1)}{J} &= \frac{dn/dt_1}{dn/dt_2} \rightarrow J = [(J + J_1) dn/dt_2] / (dn/dt_1) \\ J &= J_1 \times \frac{dn/dt_2}{(dn/dt_1) - (dn/dt_2)} = J_1 \times \frac{dt_1}{dt_2 - dt_1} = J_1 \times \frac{t_1}{t_2 - t_1} \end{aligned}$$

باعتبار أن:

$$dt_1 = t_1 - t_0$$

$$dt_2 = t_2 - t_0$$

حيث:

t_0 : القيمة البدائية للزمن $t_0 = 0 \text{ sec}$

t_1 : القيمة النهائية للزمن عند حساب معدل تغير السرعة في الحالة الأولى

t_2 : القيمة النهائية للزمن عند حساب معدل تغير السرعة في الحالة الثانية

الطريقة الثانية: بدون استخدام الدولاب المعدل Without Using Flywheel

في هذه الطريقة يتم مراقبة الزمن عندما تهبط سرعة المحرك بنسبة 5%، ثم يتم تطبيق عزم تباطؤ على المحرك إما عن طريق حمل ميكانيكي أو حمل كهربائي. يفضل استخدام مجموعة حمل كهربائي (مقاومة أمية تربط على طرفي المتحرض يمكن الاستفادة من الشكل 7.4) أثناء التباطؤ يتم مراقبة زمن التباطؤ خلال تباطؤ السرعة حتى 5% من السرعة الاسمية، عند استخدام الدارة في الشكل 7.4 فإن الطاقة المبذولة في المقاومة R_L تعمل على زيادة سرعة تباطؤ المحرك. الضياعات الإضافية في مقاومة الحمل R_L تساوي جداء التيار المار في المقاومة والقيمة الوسطية للجهد المقاس على طرفي المقاومة، عندما تهبط قراءة مقياس الفولت بنسبة 5% يتم عندها مراقبة زمن التباطؤ. بما أن تيار الحمل يتغير أثناء تباطؤ المحرك لذا يجب أخذ القيمة الوسطية لقراءة مقياس الأمبير.

وبالتالي فإن الضياعات الإضافية هي $I_a^2(R_a + R)$. بفرض أن t_1 هي الزمن تباطؤ المحرك بشكل حر (بدون ربط مقاومة حمل على طرفي المتحرض)، t_2 هي زمن تباطؤ المحرك عند وصل مقاومة R على طرفي المتحرض، بفرض V هي الجهد الوسطي على طرفي المقاومة R و I_a هي تيار المتحرض الوسطي المار في المقاومة R ، وبفرض أن W' هو عزم التباطؤ الإضافي الذي يقدمه المحرك، إذاً

$$W = \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 J n \frac{dn}{dt_1}$$

$$W + W' = \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 J n \frac{dn}{dt_2}$$

إذا كان معدل التغير في السرعة في الحالتين متساوياً ($dn/dt_1 = dn/dt_2$) بالتالي

يمكن استخدام المعادلتين السابقتين لتحديد عزم العطالة J ، أي:

$$\frac{W + W'}{W} = \frac{1/dt_2}{1/dt_1} = \frac{dt_1}{dt_2} = \frac{t_1}{t_2} \Rightarrow W = W' \frac{t_2}{t_1 + t_2}$$



التجربة العاشرة

اختبار هوبكينسون

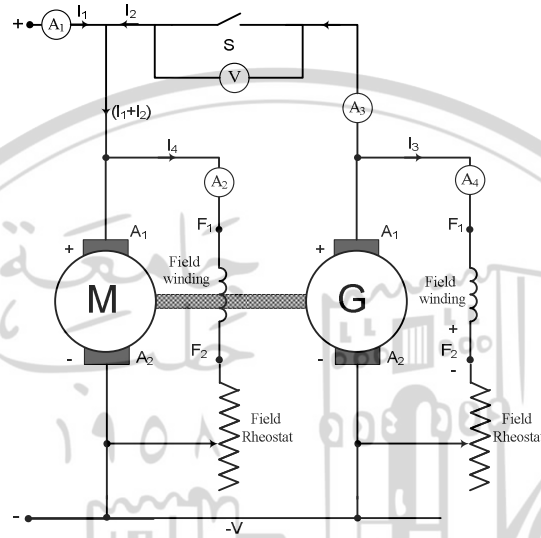
1. مقدمة

يسمى هذا الاختبار باختبار إعادة التوليد الذي يمكن إجراؤه على آلتين للتيار المستمر متماثلتين مرتبطتين ميكانيكياً ويتم اختبارهما بآن معاً. وبالتالي يتم إجراء اختبار الحمل الكامل على محركين بتهييج تفرعي دون أن يتم هدر طاقة الخرج لكل منهما. إحدى هاتين الآلتين تعمل كمحرك بينما تعمل الأخرى كمولد. الطاقة الميكانيكية الناتجة عن المحرك الأول تستخدم لقيادة المولد، الذي يعمل على تأمين القسم الأكبر من طاقة دخل المحرك الأول. يتم وصل المحرك إلى مصدر تغذية وذلك لتأمين طاقة الضياعات لهذا المحرك. نظرياً وعند انعدام الضياعات في كل من مجموعة مولد- محرك فإن الطاقة التي يولدها المحرك تكفي لقيادة المولد والطاقة التي يولدها المولد تكفي لقيادة المحرك. ولكن بسبب الضياعات طاقة الخرج للمولد لا تكفي لقيادة المحرك وبالتالي يستجر المولد تياراً إضافياً من منبع التغذية لتغطية الضياعات في المحرك.

الشكل 1 يوضح مخطط التوصيل لدائرة اختبار هوبكينسون، يتم وصل الآلتين على التوازي، إحدى الآلتين تجهز لتعمل كمحرك.

يتم الحفاظ على القاطع S مفتوحاً، الآلة الثانية والمربوطة مع المحرك تعمل كحمل للمحرك، وبالتالي الآلة الثانية تعمل كمولد، يتم ضبط سرعة المولد عند السرعة الاسمية بوساطة مقاومة تنظيم المجال المغناطيسي، يتم كذلك مراقبة قراءة مقياس الفولت (الوصول على التوازي مع القاطع S)، يتم ضبط جهد الخرج للمولد عن طريق مقاومة التهييج التفرعية بحيث تصبح قراءة مقياس الفولت الموصول على التوازي

مع القاطع S مساوية للصفر، هذا يعني أن جهد المولد يساوي جهد التغذية المغذي للمحرك مع الحفاظ على نفس القطبية، إن تأثير اختلاف القطبية يؤدي إلى مرور تيار كبير في دائرة المتحرض لكلا المولدين وذلك عند إغلاق القاطع S، كلا الآلتين يتم وضعهما عند أية حالة من التحميل وذلك من خلال ضبط مقاومة التهييج لكل منهما.



الشكل 1 اختبار هوبكنسون

تيار المولد I_2 يمكن ضبطه من خلال ضبط مقاومة تنظيم الفيض المغناطيسي للمولد نفسه أو من خلال ضبط مقاومة تنظيم المجال المغناطيسي للمحرك.

مثلاً لزيادة التيار I_2 ، يجب أن تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة في المولد أكبر من الجهد المغذي للمحرك، يتم زيادة القوة المحركة للمولد عن طريق زيادة الفيض المغناطيسي للمولد وهذا يتم بضبط مقاومة تنظيم المجال للمولد، الطريقة الأخرى لزيادة القوة المحركة الكهربائية هي بزيادة سرعة المحرك الذي يقود المولد، يتم زيادة سرعة المحرك عن طريق إنقاص الفيض المغناطيسي للمحرك وكلا الطريقتين تؤدي لنفس الغرض.

استطاعة الدخل للمحرك هي الطاقة التي يولدها المولد بالإضافة إلى جزء صغير يؤمن من مصدر التغذية لتأمين استطاعة الضياعات في المحرك. الطاقة الميكانيكية التي

ينتجها المحرك تصرف لقيادة المولد وذلك بعد صرف جزء منها لتغطية الضياعات الميكانيكية في المحرك.

بفرض أن:

V : جهد التغذية

I_1 : التيار المستجر من منبع التغذية

I_2 : التيار المقدم من المولد

I_3 : تيار التهيج للمولد

I_4 : تيار التهيج للمحرك

R_a : مقاومة المتحرض لكل آلة

η : المردود (مولد أو محرك)

استطاعة الدخل للمحرك:

$$P_{in_motor} = V(I_1 + I_2)$$

استطاعة الخرج للمحرك:

$$P_{out_motor} = \eta \times P_{in_motor} = \eta \times V(I_1 + I_2)$$

استطاعة الخرج للمحرك ستقدم كاستطاعة دخل للمولد:

$$P_{in_generator} = P_{out_motor} = \eta \times V(I_1 + I_2)$$

استطاعة الخرج للمولد:

$$P_{out_generator} = \eta \times P_{in_generator} = \eta \times (\eta \times P_{in_motor}) = \eta^2 \times V(I_1 + I_2) \quad [1]$$

استطاعة الخرج للمولد يمكن أن تحسب كما يلي:

$$P_{out_generator} = V \times I_2 \quad [2]$$

من المعادلتين 1 و 2 نجد:

$$\eta^2 \times V(I_1 + I_2) = V \times I_2 \rightarrow \eta = \sqrt{\frac{I_2}{I_1 + I_2}}$$

إن فرضية تساوي المردود لكل من المولد والمحرك تبقى صحيحة في حالة استخدام آلات باستطاعة خرج كبيرة بحيث أن الفرق في تيارات المتحرض لكل منهما لا يكون كبيراً. كذلك الأمر بالنسبة لتيارات التهيج لكل من المولد والمحرك، يجب أن يكون الفرق في تيارات التهيج لكل منهما صغيراً بحيث لا يؤثر على الضياعات الحديدية لكل منهما.

في حالة استخدام آلات تيار مستمر باستطاعة خرج صغيرة سيكون عندئذ الفرق بين تيارات المتحرض وتيارات المتحرض لكل منهما كبيراً نسبياً وبالتالي لا يمكن اعتبار فرضية تساوي المردود لكلتا الآلتين.

من أجل حساب المردود لكل آلة على حدا نفرض أن الضياعات الإضافية متساوية لكل من الآلتين بينما الضياعات الكهربائية في المتحرض والضياعات الكهربائية في المحرض غير متساوية.
في هذه الحالة:

الضياعات النحاسية في دائرة المتحرض للمولد:

$$\text{Armature copper loss in generator} = (I_2 + I_3)^2 R_a$$

الضياعات النحاسية في دائرة المتحرض للمحرك:

$$\text{Armature copper loss in motor} = (I_1 + I_2 - I_4)^2 R_a$$

الضياعات النحاسية في دائرة المحرض للمولد:

$$\text{Filed winding copper loss in generator} = V I_3$$

الضياعات النحاسية في دائرة المحرض للمحرك:

$$\text{Filed winding copper loss in motor} = V I_4$$

بما أن الضياعات الكلية في المولد والمحرك متساوية وتساوي الطاقة المستجرة من

منبع التغذية، إذاً

$$\text{Power drawn from supply} = V I_2$$

الضياعات الإضافية لكل من المولد والمحرك تحسب كما يلي:

نرمز بـ W_s للضياعات الكلية في كل من المولد والمحرك.

Total stray loss for both machines W_s

$$W_s = VI_2 - [(I_2 + I_3)^2 R_a + (I_1 + I_2 - I_4)^2 R_a + VI_3 + VI_4]$$

نفرض أن الضياعات الإضافية توزع بالتساوي بين المولد والمحرك إذاً:

الضياعات الكلية لكل آلة:

$$\text{Stray loss for each machine} = W_s/2$$

الضياعات الكلية في الآلة التي تعمل كمحرك:

$$\text{Total losses} = (I_1 + I_2 - I_4)^2 R_a + VI_4 + W_s/2$$

استطاعة الدخل للمحرك:

$$P_{in_motor} = [(I_1 + I_2)V]$$

وبالتالي مردود المحرك:

$$\% \eta_m = \frac{\text{Power Output } (P_{out})}{\text{Power Input } (P_{in})} = \frac{\text{Input} - \text{Losses}}{\text{Input}} \Rightarrow$$

$$\% \eta_m = \frac{V(I_1 + I_2) - [(I_1 + I_2 - I_4)^2 R_a + VI_4 + W_s/2]}{V(I_1 + I_2)}$$

الضياعات الكلية في الآلة التي تعمل كمحرك:

$$\text{Total losses} = (I_1 + I_2)^2 R_a + VI_3 + W_s/2$$

استطاعة الخرج للمولد:

$$P_{out_generator} = V I_2$$

وبالتالي مردود المولد:

$$\% \eta_g = \frac{\text{Power Output } (P_{out})}{\text{Power Input } (P_{in})} = \frac{\text{Output}}{\text{Output} + \text{Losses}} \Rightarrow$$

$$\% \eta_g = \frac{VI_2}{VI_2 + [(I_2 + I_3)^2 R_a + VI_3 + W_s/2]}$$

2. مزايا اختبار هوبكينسون Advantages of Hopkinson's Test

تتلخص مزايا اختبار هوبكينسون في النقاط الآتية:

1. الاستطاعة اللازمة لإجراء الاختبار تعدّ صغيرة بالمقارنة مع استطاعة الحمل الكامل للآلتين
2. بما أن الآلتين تعملان بحمل كامل فإن التغير في الضياعات الحديدية بسبب تشوه الفيض المغناطيسي عند الحمل الكامل سيؤخذ بعين الاعتبار عند إجراء الحسابات
3. بما أن الآلتين يجري الاختبار عليهما ضمن شروط الحمل الكامل، فإنه من الممكن مراقبة ارتفاع درجة الحرارة وجودة التبديل لكلتا الآلتين
4. يعد اختبار هوبكينسون اقتصادياً حيث أن الطاقة اللازمة لإجراء الاختبار صغيرة جداً بحيث تغطي الضياعات في المحرك.
5. لا يوجد داعٍ لترتيبات حمل ميكانيكي لإجراء الاختبار، فمن خلال تغير تيارات التهيج لكل من الآلتين يمكن بذلك تغير تيار الحمل وبالتالي يمكن أخذ قراءات متعددة عند أحمال مختلفة.

3. مساوئ اختبار هوبكينسون Disadvantages of Hopkinson's Test

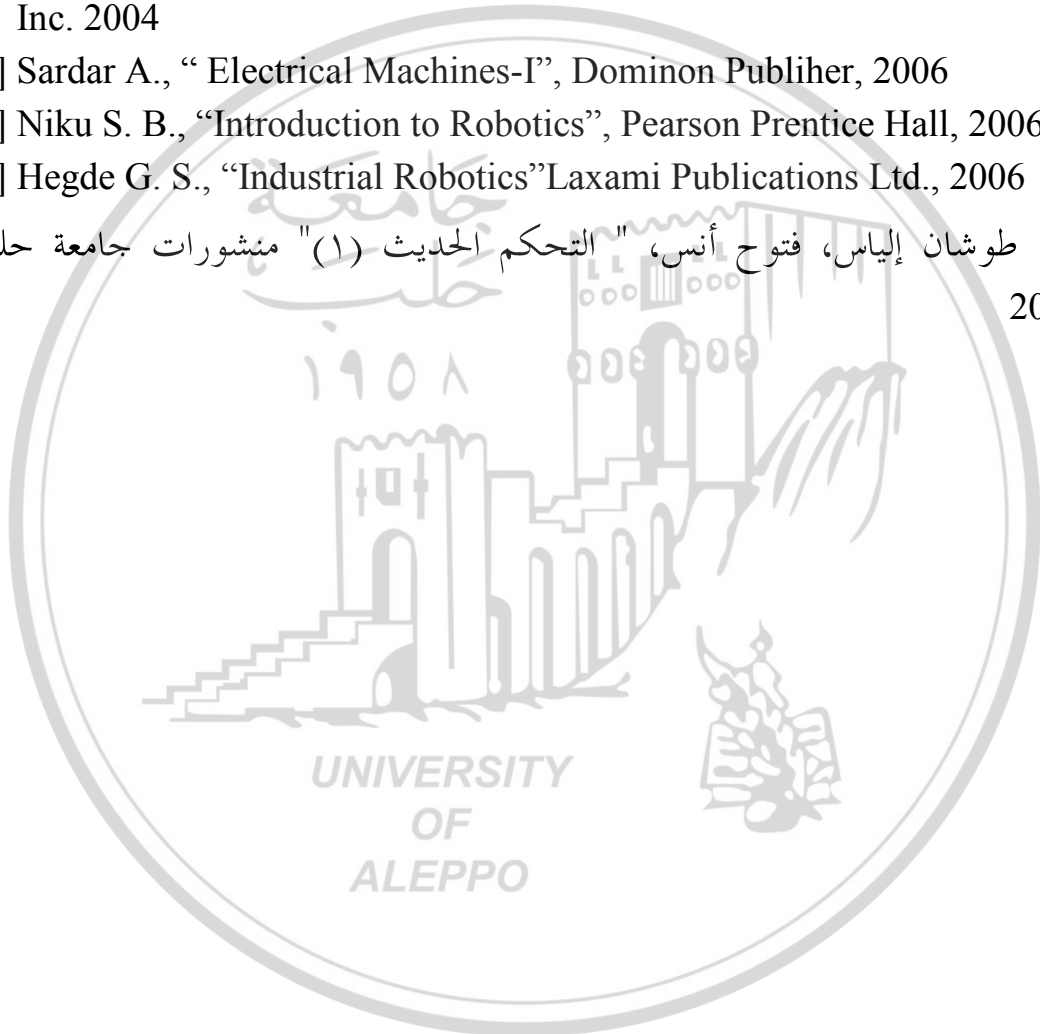
تتلخص مساوئ اختبار هوبكينسون في النقاط الآتية:

1. هناك صعوبة في توفير آلتين متماثلتين
 2. الضياعات الحديدية لكلتا الآلتين لا يمكن فصلهما، الضياعات الحديدية مختلفة في كلتا الآلتين وذلك بسبب اختلاف تيار التهيج لكل منهما
 3. في حالة اختبار آلات باستطاعة صغيرة يتعذر تحميل الآلتين بحمولتين متساويتين وهذا سيؤدي إلى صعوبة في التحليل
- بشكل عام يفضل إجراء اختبار هوبكينسون من أجل آلات التيار المستمر باستطاعات كبيرة.

المراجع العلمية

References

- [1] Cathey J. J., “ Electricmachines, Analysis and Design applying MATLAB”, McGRAW-HILL Companies, 2001
- [2] Chapman S. J., “Electric Machinery Fundamental”, McGraw Hill, Inc. 2004
- [3] Sardar A., “ Electrical Machines-I”, Dominon Publiher, 2006
- [4] Niku S. B., “Introduction to Robotics”, Pearson Prentice Hall, 2006
- [5] Hegde G. S., “Industrial Robotics”Laxami Publications Ltd., 2006
- [6] طوشان إلياس، فتوح أنس، "التحكم الحديث (١)" منشورات جامعة حلب 2007





المصطلحات العلمية

A

Absolute Speed Drop (Rice)	الزيادة المطلق للسرعة
Absolute Speed Variation	التغير المطلق للسرعة
Acceleration Constant of Machine	ثابت تسارع الآلة
Acceptance Tests	الاختبارات عند الاستلام
Air- Cooled Machine	محرك ذو تبريد هوائي
Air Gap	تفرجه هوائية
Air Tight Machine	آلة محكمة الإغلاق
Ampere Conductors	أمبير لفة
Amplifying Winding	ملف التضخيم
Non-periodic Component	المركبة غير الدورية
Armature	المتحرض
Armature Reaction	رد فعل المتحرض
Armature Winding	ملف المتحرض
Asynchronous Machine	آلة غير متوافقة
Asynchronous Motor	محرك غير متوافق
Auto-Transformer	محولة ذاتية
Auxiliary Poles	أقطاب مساعدة

B

Back To Back Method	طريقة التفاد
---------------------	--------------

Bi-Polar Machine	آلة ذات قطبين
Booster Transformer	محولة التصحيح (التنظيم)
Braking Torque	عزم الفرملة (الكبح)
Brush	مسفرة
Brush Displacement	زاوية محور المسفرات
Brush Holder	حاملة المسفرات
Brush Rocker	قاعدة حاملة المسفرات
Brush Shift	إزاحة المسفرات
Build-Up of a Self-Excited Generator	نمو الجهد لمولدات التهيج الذاتي
Cascade Set	مجموعة متسلسلة
Ceiling Voltage of An Exciter	توتر المهيج الاعظمي
Characteristic Curves	المنحنيات المميزة
Clock Hour Figure of The Vector Group	التمثيل الزمني لاشعة دارات التوصيل
Closeness of Winding	عامل إملاء الملف
Coil	ملف
Coil Pitch	خطوة الوشيجة
Coil (Section) Side	طرف الوشيجة
Commutating Pole	قطب مساعد
Commutating Winding	ملف التبديل
Commutation	التبديل

Commutator	المبدلة المجمع
Commutator Lug (Riser)	وصلة صفيحة المجمع
Commutator Pitch	خطوة المجمع
Compensated Motor	محرك ذو ملف تعويض (تعديل)
Compensating Winding	ملف التعويض (التعديل)
Compound Excitation	تهييج مركب (مختلط)
Connected Winding	ملف مركزي
Conductor Element	سلك ناقل
Constant Losses	الضياعات الثابتة
Continuous Duty	التحميل المستمر
Continuously-Running Duty	التحميل المستمر المتغير
Continuously-Running Duty With Intermittent Loading	التحميل المستمر المنقطع
Control Winding	ملف التحكم
Convertor	المبدلة
Core Loss	الضياع الحديدي
Core-Type Transformer	محولة ذات القضبان
Critical Build –Up Resistance	المقاومة الحرجة للتهييج
Critical Build–Up Speed	السرعة الحرجة
Critical Speeds	السرعات العظمى الحرجة
Cumulative Compound Excitation	التهييج المختلط الجممي

Current Ratio

عامل تحويل التيار

D

Demagnetizing Turns

لفات التمهيط الإضافية

Determine Of Efficiency By Total

تحديد المروود من الضياعات الكلية

Diamond Winding

ملف موزع متناظر

Differential Excitation

تهييج طرحي

Direct Axis Component

الحركة الطولية

Direct Axis Sub transient

فوق العابر الطولية

Direct Axis Transient

العابر الطولي

Direct Coupling

وصلة مباشرة

Direct Current

تيار مباشر

Dispersion Coefficient

عامل التسرب

Distributed Winding

ملف موزع

Distribution Factor

عامل التوزيع

Drip-Proof

نصف مغلقة

Drip-Proof Screen Protected

مغلقة ومحمية

Drum Winding

ملف طبلي

Dust-Proof

محمية من الغبار

Duty

تحميل

Dynamo

مولدة تيار مستمر

Dynamotor

آلة تيار مستمر ذات المتحرضين

E

Earthing Terminal

مربط أرضي

Eddy-Current Loss

الضياع بفعل التيارات الإعصارية فوكو

Electric Motor

محرك كهربائي

Electric Terminals

مرباط كهربائية (نهايات)

Electrical Angle

زاوية كهربائية

Electro-motor

محرك كهربائي

Embedded Temperature
Detector

رأس الملف

Equalizer

وصلة الكمون

Excitation Winding

ملف التهيج

Exciter

مهيج

Exciter Set

مجموعة التهيج

Explosion-Proof

ضد الانفجار

External Characteristic

مميزة الخرج

F

Field Magnet

محرض (مغناطيس)

Field Pole

القطب المغناطيسي

Fractional –Pitch Winding

ملف ذو الخطوة المختصرة أو المطولة

Frame

هيكل

Frequency Convertor

مبدلة التردد

Frequency Transformer محولة التردد

Frog–Leg Winding ملف ضفدعي

Full Pitch ملف ذو الخطوة الكاملة

G

Gas–Proof ضد الغاز (محمي من تأثير الغاز)

Generating Set مجموعة كهربائية

Generator مولدة

Grounding Terminal مربوط أرضي

Hose-Proof محمية من تساقط الماء

Hunting تأرجح

Hydro –Electric Generating Set مجموعة مائية

Hysteresis Loss الضياع بفعل البطء المغناطيسي

Indirect غير مباشر

Induction Motor محرك تحريضي

Induction Voltage Regulator منظم تحريضي

Intermittent Duty تحميل متقطع

Insulators مواد غازية

Iron Core نواة حديدية

Iron Losses ضياعات حديدية

L

Losses	ضباعات
Lap Winding	ملف متطابق
Lap-Wave Winding	ملف مختلط
Layer	طبقة
Load	حمولة
Load Diagram	مخطط الحمولة
Machine	آلة
Motor	محرك
Magnetic Hysteresis	العروة المغناطيسية
Magnetic Flux	الفيض المغناطيسي
Magnetic Flux Density	التحريض المغناطيسي
Mechanical Rectifier	مقوم ميكانيكي
Nominal	اسمي
Norm	نظام

O

Out Put	خرج - مخرج
Out Put Characteristic	المنحني المميز للخروج
Over Load	تحميل وسطي
Overage Losses	الضباعات الوسطية

P

Paraffin	مادة البارفين العازلة
Phase	طور
Protection of Machine	حماية الآلات
Permeability	السماحية المغناطيسية
Power	قدرة
Power Amplification	مضخمات القدرة
Principles	مبدأ عمل
Poles	أقطاب
Polarization	قطبية
Pole Pitch	الخطوة القطبية
Pump	مضخة
Periodic Duty	حمولة متكررة
Power Diagram	مخطط قدرة
Plugging Current-Current Braking	كبح بالتضاد

R

Rotating Machine	آلة دوار
Rotor	دائر
Rating	تحميل
Rectification	التقويم
Rectifier	مقوم

Reaction	رد فعل
Regenerative Braking	كبح اعادة القدرة
Rheostat	مقاومة متغيرة
Regulation	تنظيم
Reactive Power	استطاعة رد فعلية
Ratio	عامل
Stator	ثابت
Silicon	مادة السيلكون العازلة
Short-Time Rating	تحميل قصير الزمن
Segments	صفائح المبدلة
Simple Lap Winding	الملف المتطابق البسيط
Simple Wave Winding	الملف المتموج البسيط
Simple Lap-Wave Winding	الملف المركب البسيط
Shunt	تفرعي - على التوازي
Series	تسلسلي - على التسلسل
Speed	سرعة
Speed-Torque Characteristic	منحني ميكانيكي
Soft Speed-Torque Characteristic	منحني ميكانيكي لين
Short Circuit Current	التيار على القصر
Starting Rheostat	مقاومة إقلاع

Starting Torque	عزم إقلاع
Speed Control	تنظيم سرعة الدوران
Synchronous	توافقي
Synchronous Speed	السرعة التوافقية
Synchronous Machines	الآلات التوافقية
Selection	اختيار
System	نظام
Squirrel Cage	قفص سنجالي
Standard	نظامي
Short- Time Duty	حمولة قصيرة الزمن
Synchro-scope	جهاز توقيت كهرومغناطيسي
Synchronous Motor	محركات توافقية
Span	خطوة
Single Phase	وحيد الطور
Transformers	محولات
Transposition	تبادل الأوضاع
Torque	عزم
Thyristors	ثايرستور
Transmission System	نظام النقل - وسيط حركي
Transient Condition	الحالات العابرة

V

Variable متغير

Variable Speed Motor محرك ذو سرعة متغيرة

W

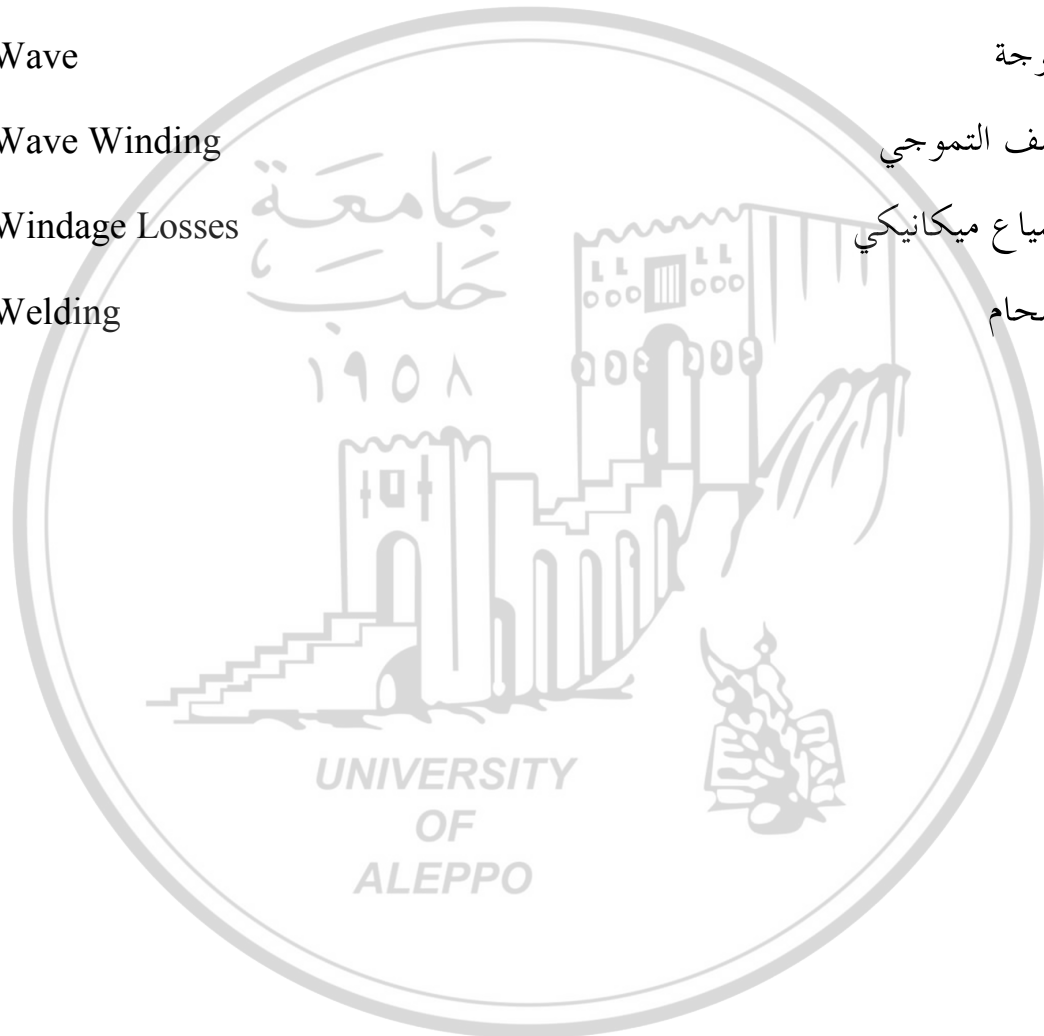
Winding ملفات - ملف

Wave موجة

Wave Winding اللف التموجي

Windage Losses ضياع ميكانيكي

Welding اللحام





تم تدقيق الكتاب علمياً من قبل

الأستاذ المساعد الدكتور الأستاذ المساعد الدكتور الأستاذ الدكتور
فاتح رشيد بسو مالك محمود العلي محمد بشير الرفاعي

التدقيق اللغوي

الدكتورة

بتول دحدوح

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة

لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية