المعهد التقني / النجف

بسمه تعالى

قسم تقنيات الكهرباء

محاظرات مادة المكائن الكهربائيه
للصف الثاني

اعداد:- اماني يحيى

لفهم مادة المكائن لابد من التعرف على اساسيات في العلاقة الكهرومغناطيسية وماهي العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية

وكيفيه ربط العلاقات الرياضية وطريقة العمل التي توصل لها العلماء والاستفادة من هذه الظاهرة .

عند مرور تيار كهربائي في داخل موصل طويل جدا تتكون خطوط مجال مغناطيسي حوله وهي عباره عن خطوط وهميه وليست حقيقيه تم التعرف على شكلها وهي عباره عن دوائر متحدة المركز تقع في مستوى عمودي على الموصل ومركزها هو تقاطع المستوى مع الموصل من خلال نثر برادة حديد ووضع بوصلات صغيره , تسمى هذه الخطوط بالتدفق المغناطيسي ويرمز له Ø فاي ويقاس بوحدة ال((ويبر)) ((wb)) .

اما كثافة التدفق المغناطيسي والذي يرمز له ((B)) flux density : فهي عباره عن كمية التدفق Ø المار بانتظام باتجاه عمودي على وحدة المساحه ولتكن((A)) لتصنع زاوية مقدارها θ .

$\emptyset = B\ A\ sin\theta$ ----(1,1) وبما ان وحدة قياس التدفق المغناطيسي سابقا يقاس ب ((wb)) وهي وحدة قديمه اذن وحدة قياس كثافة التدفق هي تيسلا ويرمز لها ((T)).

$T=wb/m^2$ ولهذا اذا وضع موصل طوله L ويحمل تيار مقداره I وكان الموصل يصنع زاويه θ مع المجال المغناطيسي ليكون كثافة التدفق مقدارها B فان الموصل يتعرض لقوة مقدارها F ضمن الθ علاقة التالية $F = BLI \sin \theta$ -----(2.1)

*** ملاحظة:- **Ø تعني تدفق خطوط المجال المغناطيسي**

θ تعني الزاوية المحصورة بين الموصل وخطوط المجال المغناطيسي

من هنا وجد من الضروري حركة موصل في مجال مغناطيسي الذي ينتج عنه **قوة دافعة كهربائية** (ق. د. ك) محتثة وهذا الذي توصل اليه العالم فراداي ((عندما يتغير مجال مغناطيسي الذي يتخلل دائرة ما فأن قوة دافعة كهربائيه سوف تحتث في تلك الدائرة ويتم ذلك اما بتحريك الملف بالنسبة الى مجال مغناطيسي ثابت او ان يتم ذلك بتغير التيار المنساب له مع بقاء الملف ثابت (ساكن).

القوانين الخاصة بحساب قيمة القوة الدافعة الكهربائية المحتثه هي:-

1- **قانون فراداي:- ينص القانون على ان قيمة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في دائرة ما هي نتيجة لتغيير في تدفق ويساوي متوسط معدل تغير الفيض خلال وحدة الزمن وكما في العلاقة التالية**

$$-e = \frac{d\emptyset}{dt}$$ -----(3.1)

2- قانون لينز :- ينص هذا القانون على ان قيمة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في دائرة ما نتايجة لتغير التدفق تكون بقطبية بحيث تحاول توليد تيار يعاكس تغير التدفق

$$e = -\frac{d\emptyset}{dt}$$ -----(4.1)

اما لو كانت الدائرة متكونه من N من اللفات $e = -N\frac{d\emptyset}{dt}$ او $e = -\frac{d(N\emptyset)}{dt}$ ---(5.1)

يسمى حاصل ضرب (NØ) بوصلية التدفق flux linnkge ويرمز لها (λ) ووحدتها (ويبر – لفه) wb-t

بالتعويض عن العلاقة (1.5)

$$e = -\frac{d(\lambda)}{dt}$$ ----(1,6)

وهنا e تقاس بوحدة الفولت اذن كل تدفق مقداره wb يقطع موصلا في الثانية الواحدة سوف يولد قوة دافعة كهربائية في ذلك الموصل مقداره فولت واحد

شدة المجال والقوة الدافعة المغناطيسية

تعريف شدة المجال (H) :- يعرف القوة التي تؤثر على وحدة القطب الموضوعه عند هذه النقطة والمقصود بالقوة هنا هي القوة الدافعة المغناطيسية (ق د غ) (m m f)

تعريف القوة الدافعة المغناطيسية :- تعرف بانها الشغل اللازم بذله لتحريك وحدة القطلب دورة كاملة L وطول موصل يحمل تيار مقداره I او بعبارة اخرى ينص القانون الشغل على ان الشغل الصافي المنجز من قبل وحدة القطب نتيجة لحركة مرة واحدة حول ممر كامل يساوي رقميا التيار مضروب في عدد لفات الموصل داخل الممر .

m m f =N. I = H. L --------(1.7)

وحدة قياس القوة الدافعة المغناطيسية هي (امبير –لفه)

الانفاذية :- permeability

تتناسب كثافة التدفق (B) عند نقطة في مجال مغناطيسي مع شدة المجال H عند تلك النقطة ويعتمد ثابت التناسب على نوع الوسط اذا كان الوسط هو الفراغ المطلق free space يسمى هذا الثابت انفاذية الفراغ المطلق ويرمز له μ_0 **اي ان**

(1.8)----- $B = \mu_0 H$

اما اذا كان الوسط غير الفراغ المطلق فان قيمة الانفاذية تتغير وفي هذه الحالة تكون الانفاذية غير الانفاذية المطلقة ويرمز لها μ **اي** **B= μ H ----(1.9)**

وللتعبير عن الانفاذية النسبيه μ_r **وهي نسبة الانفاذية الغير مطلقة مع الانفاذية المطلقة وكما في العلاقة التالية**

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad \text{(1.10)-----}$$

(11.1)---- B= $\mu_0 \mu r \ H$

ملاحظة:- تعتبر الانفاذية النسبيه للهواء واحد , وكذلك لبقية المواد الغير حديدية اما المواد الحديدية المغناطيسية فأن انفاذيتها النسبيه ذات قيم عاليه جدا (الحديد , النيكل , الكوبلت ....)

ولمعرفة الخصائص المغناطيسية للمواد يجب علينا دراسة التركيب الذري وما هي علاقتها مع حركة الالكترونات ومجالاتها المغناطيسيه والى غير ذلك وعلى هذا الاساس تقسمت المواد الى ثلاثة مجاميع هي :-

1. **المواد الفيرو مغناطيسيه :- وهي المواد التي تتمغنط بسهولة بالحث مثل (الحديد والنيكل)**
2. **المواد البارا مغناطيسية :- وهي المواد التي تكون قابليتها ضعيفة للتمغنط بالحث المغناطيسي وكمحصله تودي الى تقوية B (كثافة الفيض) مثل البلاتين , التنكستن والبوتاسيوم**
3. **المواد الدايا مغناطيسيه :- وهي المواد التي تكون قابليتها ضعيفة جدا للتمغنط وتؤدي الى اضعاف كثافة الفيض مثل النحاس والذهب**

والمجموعة التي تهمنا في دراسة المكائن الكهربائية هي المجموعة المغناطيسية الحديدية الفيرو مغناطيسيه وعناصرها البالغة الاهمية

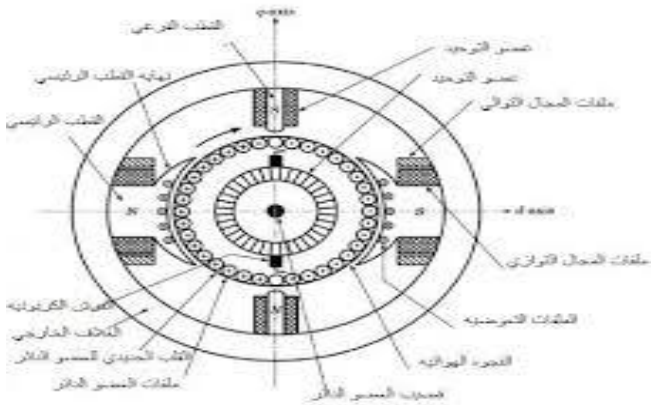
شدة المجال والقطبية :- يحدد عن طريق قاعدة اليد اليمنى حيث يشير الابهام اتجاه التيار في الموصل ولفة الاصابع اتجاه المجال المغناطيسي

العلاقة بين H.B في الفراغ المطلق علاقة خطية اما في اي مادة مغناطيسيه تكون غير خطية

مكونات مكائن التيار المستمر

1- **الجزء الثابت stator**
- **اقطاب المجال المغناطيسي (الاقطاب المغناطيسية) Main poles**
- **ملفات المجال (ملفات الأثارة)**
- **الاقطاب البينيه(المساعدة)**
- **الفرش الكاربونيه(الفحمات)**
- **الاغطيه الجانبيه او الهيكل الخارجي**

2- **الجزء الدوار Rotor**



- **لب المنتج**
- **ملفات المنتج**
- **الموحد (المعدل)**
- **محور الدوران (عمود الدوران)**
- **المروحه الكهربائية**

اقطاب المجال :- يتكون لب القطب من رقائق الصلب المعزولة وذات سمك (1 ملم) تقريبا وتكون لها خواص مغناطيسية وترص بعضها مع البعض وتثبت بواسطة مسامير خاصه عن طريق ثقوب وتصنع الاقطاب بحيث تكون مساحة القطب اصغر من مساحة حذاء القطب .

سؤال // لماذا تكون مساحة القطب اصغر من مساحة حذاء االقطب ؟

ملفات المجال :- تتكون الملفات من سلكين احدهما رفيع ويتحمل تيار صغير نسبيا تسمى ب ((ملفات التوازي)) **shunt field coil** اما الاخر يكون سميك ويتحمل تيار كبير نسبياتسمى ب ((ملفات التوالي))**series field coil**

الاقطاب البينيه :- وهي عباره عن اقطاب صغيره المقطع مقارنة مع الاقطاب المغناطيسيه توضع في منتصف المسافة مابين الاقطاب الرئيسية ولهذا السبب سميت بهذه التسميه , اما ملفاتها تتصل على التوالي مع المنتج

سؤال // ماهي فائدة موقع هذه الاقطاب بين الاقطاب الرئيسيه ؟

الفرش الكاربونية :- تتكون من خليط من مادة الكاربون (الفحم)ومسحوق من مادة موصلة مثل النحاس وتكون بأشكال مختلفة وغالبا ما تكون مستقله تثبت الفحمات بطريقة تضمن استلام التيار من المنتج الى الدائرة الخارجية .

الاغطية الجانبية او الهيكل الخارجي :- وهو مصنوع من الحديد المطاوع وفي بعض الآلات الصغيرة يصنع من رقائق من الصلب ووظيفته يعمل كمسار لاستكمال الدائره المغناطيسية وكذلك تثبيت الاقطاب به.

☑ **الجزء الدوار**

لب المنتج Armature core:- وهو احد الاجزاء الرئيسية للجزء الدوار في الماكنه ويتكون من مجموعه من الشرائح سمك الشريحة الواحدة (0.5mm) ترص بعضها مع البعض لتكون بشكل اسطواني مضغوطة ومعزولة كهربائيا بواسطه طبقة من الورنيش والسبب لتقليل التيارات الدوامه وعلى المحيط توجد ملفات المنتج وتربط على عمود الإدارة مروحة لغرض التبريد.

سؤال// لماذا يصنع لب المنتج من مجموعه شرائح وليس كتله واحده؟

ملفات المنتج **Armature windings**:- تمثل الجزء المهم من الماكنه سواء كانت مولد او محرك اذا كانت الماكنة مولد يتم توليد (ق. د.ك) اما لو كانت محرك يتم توليد العزم وهي عباره عن مجموعة من الاسلاك النحاسية المعزولة وتثبت داخل مجاري خاصة وتلحم بداية ونهاية الملف على قطع الموحد .

الموحد (المعدل)**Commutator** :- واحيانا يسمى بمبدل التيار و السبب لأنه يحول التيار المتردد المتولد في ملفات المنتج الى تيار موحد الاتجاه في الدائرة الخارجية وهو اسطواني الشكل مصنوع من قطع النحاس الصلد المسحوب والمعزولة مع بعضها البعض بمادة عازلة جيدا (الميكا) ومثبت عضو التوحيد على عمود الدوران للالله مع تلامس السطح العلوي بالفرش الكاربونيه ويتم توصيل جميع الطراف المنتج على الموحد .

الاجوبه:-

1- تقليل كمية الاسلاك المستخدمة
2- تثبيت الاسلاك
3- ضمان وجود ملفات الجزء الدوار تحت تأثير المجال المغناطيسي الرئيسي
4- لتقليل الثغرة الهوائية بين الجزء الثابت والجزء الدوار

يصنع لب المنتج من مجموعة شرائح بسبب
1- تقليل تأثير التيارات الدوامة
2- لتقليل الوزن

فائدة الاقطاب البينيه تساعد في توليد مجال مغناطيسي ولهذا يطلق عليها بالأقطاب المساعدة احيانا

الدوائر الكهربائية والدوائر المغناطيسية : (التشابه والاختلاف):

تتكون الدائرة المغناطيسية من مسارات للفيض المغناطيسي وهذه المسارات يمكن أن تكون توالي او توازي .

الدائرة الكهربية	الدائرة المغناطيسية
ق.د.ك e.m.f	ق.د.م m.m.f
المقاومة الكهربية $R=\frac{\rho L}{A}$	المانعة المغناطيسية $R_{mag}=\frac{L}{\mu A}$
التيار الكهربي $I=\frac{E}{R}$	التدفق المغناطيسي $\Phi=\frac{m.m.f}{R_{mag}}$
كثافة التيار $J=\frac{I}{A}$	كثافة التدفق $B=\frac{\Phi}{A}$

الفروقات :-

1. يمر التيار الكهربائي في أسلاك دون حدوث تسرب , بينما في الدائرة المغناطيسية يحدث تسرب للتدفق المغناطيسي .
2. ليس كل مادة موصلة للكهرباء مواد مغناطيسية , بل المواد جيدة التوصيل مثل الفضة والالمنيوم والنحاس غير مغناطيسية .
3. المقاومة الكهربائية ثابتة عند درجة الحرارة الواحدة اما المقاومة المغناطيسية فهي ليست ثابتة بسبب تغير معامل النفاذ النسبي للمادة الواحدة .

انواع مكائن التيار المستمر

يمكن تقسيم انواع مكائن التيار المستمر اعتمادا على نوع الملفات الى ثلاثة انواع

- **مكائن التوازي shunt wound**
- **مكائن التوالي series wound**
- **المكائن المركبة compound wound**

وهذا النوع ينقسم الى

☑ **مكائن مركبة توازي طويل (اي تربط الملفات التوازي على التوازي مع ملفات المجموعه)**

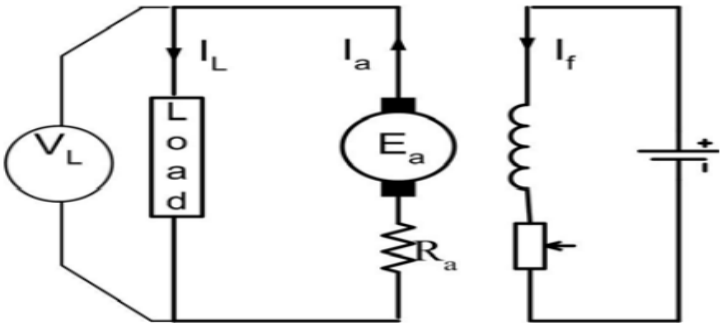
☑ **= = قصير (اي تربط ملفات التوازي على التوازي مع المنتج)**

او تقسم انواع مكائن التيار المستمر اعتمادا وحسب نوع التغذيه (تغذية الملفات) الى

1) **مكائن منفصلة التغذية :- وهي المكائن التي يتم تغذية ملفات المجال لها من مصدر منفصل**
2) **مكائن ذاتية التغذية :- وهي المكائن التي يتم تغذية ملفات المجال لها من نفس المنتج**

اولاً : المولدات ذات التغذية المنفصلة (Separately excited generators)

يوضح الشكل التالي مخطط الدائرة لتوصيل مولدات التغذية المنفصلة



1ذ

وتستخدم هذه التوصيلة عموما لحساب منحنى الخصائص الممغنطة للآلة أو منحنى الدائرة المفتوحة ، ويمتاز هذا النوع من المولدات وعدم ثبات تيار المجال اعتماده على تيار المنتج ، كذلك يمكن الحصول على مدى أوسع للجهد المتولد على أطراف الآلة ، حيث يمكن الحصول على تغيير الجهد من صفر إلى أقصى قيمة مقننة للآلة

معادلات الجهد والتيار :-

بتطبيق قانون كيرشوف على دائرة المنتج نحصل على المعادلة الاتية :-

$$E_a = V_L + I_a R_a$$

حيث V_L هو الجهد على أطراف المنتج (جهد الحمل) , E_a القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في المنتج وتحسب من المعادلة التالية :

$$E_a = \frac{2_P}{2_a} \emptyset Z_a N/60$$

أيضاً يمثل I_a تيار المنتج , R_a مقاومة ملفات المنتج , I_L تيار الحمل وهو يساوي تيار المنتج .

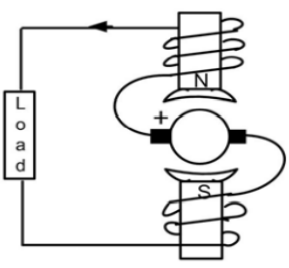
$$I_a = I_L$$

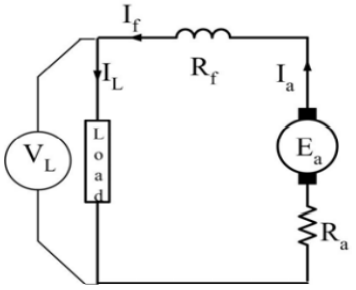
ثانياً : **مولدات التغذية الذاتية** (**Self excited generators**)

تنقسم التغذية الذاتية تبعا لطريقة توصيل ملفات المجال مع المنتج إلى ثلاثة أنواع : -

- تغذية توالي (series excitation) وتسمي الآلة في هذه الحالة مولد التوالي
- تغذية توازي (shunt excitation) وتسمى الآلة بمولد التوازي
- تغذية مركبة (compound excitation) وتسمي الآلة في هذه الحالة بالمولد المركب

1 – مولد التغذية التوالي (series excited generator) يتم توصيل ملفات المجال بالتوالي مع ملفات المنتج والحمل كما هو موضح بالشكل التالي :





معادلات الجهد والتيار:

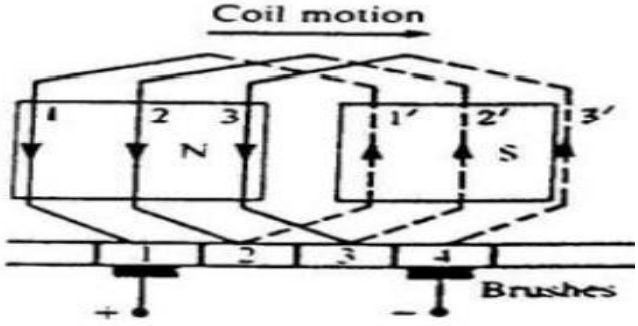
$$E_a = V_L + I_L(R_a + R_f)$$

$$Ia = IL = I\,f$$

ثالثاً : **طرق لف المنتج** (**Armature winding**) :-

تمثل ملفات المنتج أحد الأجزاء الرئيسية في آلة التيار المستمر وتوضع الملفات في مجاري المنتج ويراعي أن يكون توزيعها منتظم حول محيط المنتج وهذه الملفات توصل مع بعضها إما بالتوازي وذلك لزيادة الجهد الكهربائي أو بالتوالي لزيادة التيار المار بها تكون ملفات المنتج دائرة مغلقة متصلة مع الدائرة الخارجية بواسطة الفرش الكاربونية ، يجب أن تكون المسافة بين جانبي الملف مساوية للخطوة القطبية -وهي المسافة بين مركزي قطبين في الآلة - ويلاحظ أن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في موصلين بينهما مسافة تساوي الخطوة القطبية تكون معكوسة في أحدهم عن الآخر ، ويتم لحام أطراف الملفات مع أجزاء الموحد (commutator segments) ، وحسب طريقة التوصيل المتبعة فإنه يوجد هناك نوعان من اللف تستخدم بكثرة في لف المنتج : -

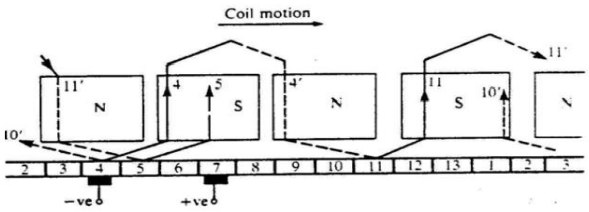
اللف الانطباقي (Lap winding) : في هذا النوع من اللف يوصل طرفا كل ملف إلى قطعتين موحد متجاورتين كما هو موضح في الشكل التالي :



كما يوضح الشكل أيضا طريقة توصيل ثلاثة ملفات مع بعضهما (ملفات 1,2,3) توصل نهاية الملف 1 مع بداية الملف ٢ وتوصل نهاية الملف ٢ مع بداية الملف 3 وهكذا وتوصل نهاية آخر ملف مع بداية أول ملف مكونا بذلك دائرة مغلقة . ومن المهم ملاحظته أن نهاية أي لفة وبداية اللفة التابعة يقعا تحت قطبين مختلفين في

القطبية . تقسم الملفات في حالة اللف الانطباقي إلى عدد من المسارات المتوازية المتماثلة يساوي عدد الأقطاب في الآلة . كما يوضح الشكل التالي اللف الكامل لآلة عدد أقطابها أربعة وعدد المجاري الكلية اثنتي عشر مجرى .

- **اللف التموجي (Wave winding)** : تختلف طريقة توصيل أطراف الملفات مع الموحد في هذا النوع من اللف عن النوع الانطباقي ، إذ تشى أطراف الملفات إلى الخارج ويوصل طرفا كل ملف بقطعتين من الموحد بينهما عدد محدود من القطع ، ويطلق على هذا العدد اسم خطوة الموحد (commutator pitch) كما هو موضح في الشكل التالي :
- وعدد المسارات المتوازية في حالة اللف التموجي اثنين فقط ، يحتوى كل منهما على نصف عدد الملفات الكلية.



وعدد المسارات المتوازية في حالة اللف التموجي اثنين فقط ، يحتوى كل منهما على نصف عدد الملفات الكلية.

المعهد التقني / النجف

قسم تقنيات الكهرباء

بسمه تعالى

محاضرات مادة المكائن الكهربائية
للمرحلة الثانية

اعداد / اماني يحيى

الفرق بين اللف الانطباقي واللف التموجي

اللف الانطباقي	اللف التموجي
1- عدد الفرش الكاربونية يساوي عدد الاقطاب	1- عدد الفرش الكاربونيه يساوي 2
2- عدد المسارات = عدد الاقطاب	عدد المسارات = 2
اذا كان التيار الرئيسي هو (Ia) فان تيار المسار $Ic=\frac{Ia}{p}$	3- اذا كان التيار الرئيسي هو (Ia) فان تيار المسار $Ic=\frac{Ia}{2}$
4-اذا كان عدد الموصلات المربوطة على التوالي هو (Z) فان عدد الموصلات المسار الواحد هو $(\frac{Z}{P})$	4-اذا كان عدد الموصلات المربوطة على التوالي هو (Z) فان عدد الموصلات المسار الواحد هو $(\frac{Z}{2})$
4- ال(ق.د.ك)المتولدة بين الطرفين الموجب والسالب= ق. د.ك لاي من المسارات	ال(ق.د.ك)المتولدة بين الطرفين الموجب والسالب= ق. د.ك لاي من المسارين

⁕انواع المفاقيد

1 / المفاقيد الدورانيه :- وتنقسم الى

- **المفاقيد الحديدية**
- **مفاقيد التيارات الدوامة**
- **مفاقيد الهستره المغناطيسية**

2/ المفاقيد الميكانيكية :- وتنقسم الى

- **مفاقيد كراسي التحميل**
- **مفاقيد الفرش الكاربونية**

- **مفاقيد الاحتكاك**

ملاحظة:- تعتمد المفاقيد الدورانيه على (سرعة الدوران , كثافة الفيض , سمك الشرائح , كمية الحديد)

3- المفاقيد الشاردة :-ومن اسباب هذا النوع من المفاقيد هي :-

1) **كبر قطع الموحد**
2) **تشويه المجال بسبب رد فعل المنتج**
3) **عدم انتظام تيارات المسارات المتوازيه**

5- المفاقيد النحاسية (الكهربائية) وتشمل :-

a) **مفاقيد المنتج** $Pa=Ia^2\ Ra$
b) **مفاقيد التوازي** $Pf= If^2Rf$
c) **مفاقيد التوالي** $Ise= Ise^2\ Ra$

الكفاءه:- وهي النسبة المئوية بين القدرة الخارجه الى القدرة الداخله وتكون خاليه من الوحدات ŷ

$$¥=\frac{pout}{pin}*100\%$$

$$P_{in}= p_{out}+ p_l$$

$$P_l=p_{fe}+p_{cu}$$

ملاحظة:- المسائل الخاصه ترسل اليكم بعد حلها في داخل الصف والتعرف على كيفية استعمال القوانين في حل اي سؤال

منحنيات الخواص لمولدات التيار المستمر (Characteristic Curves of DC Generators)

تتولد بين نهايتي مجموعات الفرش الموجبة ومجموعات الفرش السالبة - وهما اللتان يخرج منهما طرفا المنتج كما هو موضح في جميع الرسومات السابقة التي تمثل الآلة - **قوة دافعة كهربائية** تتوقف قيمتها على سرعة الماكنة، والفيض المغناطيسي لكل قطب ، وعدد الموصلات على المنتج وطريقة لفها ، كما **تتوقف قطبيتها** التي تحدد أي الطرفين هو الموجب ، والآخر هو السالب ، على اتجاه تيار الاثارة في ملفات المجال .

بالرجوع إلى معادلة القوة الدافعة المتولدة وباعتبار أن عدد الموصلات على المنتج في نفس الآلة ثابت القيمة ، وكذلك 2a,2p فإن قيمة القوة الدافعة الكهربائية $\mathbf{E_a}$تتناسب طرديا مع كل من الفيض المغناطيسي $\emptyset$ وسرعة الدوران N .

$$E_a = K\emptyset N$$

تستخدم المعادلة لرسم منحنيات الخواص للآلة الكهربائية ، بالإضافة إلى معادلة القوة الدافعة المتولدة كدالة في جهد الحمل $\mathbf{V_L}$.

يوجد أربعة منحنيات خواص تمثل أهم الخصائص لمولدات التيار المستمر وهم : -

- **منحنى خواص اللاحمل** :- No - Load Characteristic

$$, E_\circ = F(I_f) \text{ , N = constant}$$

ويعرف أيضا بمنحنى التمغنط للآلة أو منحنى الدائرة المفتوحة (o.c.c) وهو **يعطي العلاقة** بين القوة الدافعة المتولدة داخل المنتج في حالة اللاحمل $(E_\circ)$ وتيار المجال (I_f) عند ثبوت السرعة .

- **منحنى خواص الحمل** :- Load Characteristic

$$,V_L = F(I_F), \quad I_a \text{and } N = \text{constant}$$

وهو **العلاقة** بين الجهد على أطراف الحمل (V_L) وتيار المجال (I_F) عند تحميل المولد وذلك بثبوت السرعة وتيار الحمل .

- **منحنى الخواص الخارجية** :- External Characteristic

$$\mathbf{V_L = F(I_L) \quad , I_F \text{ and } N = \text{constant}}$$

يعطي **العلاقة** بين الجهد على أطراف الحمل (V_L) مع تيار الحمل (I_L) عند ثبوت السرعة وتيار المجال .

- **منحنى الخواص الداخلية** :- Internal characteristic

$$E_a = F(I_a) \quad , I_F \text{ and } N = \text{constan}$$

يعطي منحني الخواص الداخلية **العلاقة** بين القوة الدافعة الكهربية المتولدة داخل المنتج وتيار المنتج وذلك عند التحميل وأخذ رد فعل المنتج في الاعتبار.

منحنيات الخواص لمولدات التغذية المنفصلة:-

1 – منحنى خواص اللاحمل No - load characteristic :-

للحصول على منحنى الخواص في حالة اللاحمل تدار الآلة بسرعة ثابتة ، وبذلك تحصل على علاقة بين القوة الدافعة المتولدة (E_a) وبين الفيض المغناطيسي من المعادلة : -

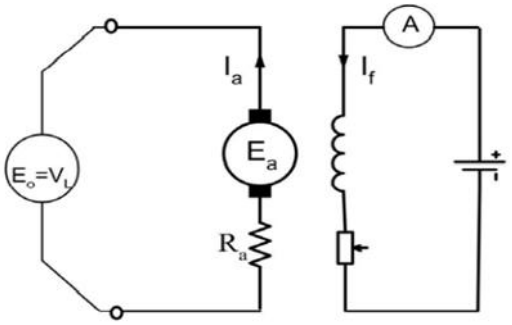
$$E_a = K \emptyset$$

وحيث إن المنتج لا يحمل تيار ، فيعتمد الفيض المغناطيسي على تيار المجال فقط (I_f) وبذلك يصبح :-

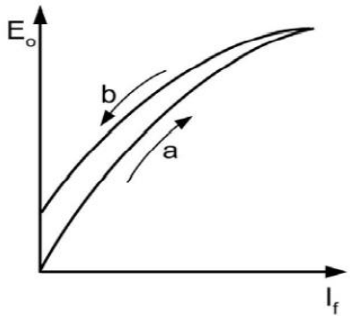
$$E_a = K' I_f$$

وهذه العلاقة تعطي منحنى الخواص في حالة اللاحمل حيث يعتبر الجهد الخارج على أطراف الآلة في هذه الحالة هو ، $\mathbf{E_o}$ وهو دالة في تيار المجال ، ويمكن الحصول على هذه العلاقة من خلال توصيل الآلة كما في الشكل التالي :-

حيث تدار الآلة بسرعة ثابتة وتؤخذ قراءات مختلفة للجهد على طرفيها بتوصيل فولتميتر بينهما ، وتؤخذ في نفس الوقت قراءات مناظرة لتيار المجال باستخدام أميتر موصل على التوالي مع ملفات المجال ، ويتم تغيير قيمة تيار المجال باستخدام مقاومة متغيرة موصلة على التوالي أيضا مع ملفات المجال ، وترسم العلاقة بين القوة الدافعة المتولدة في حالة اللاحمل $\mathbf{E_o}$ وتيار المجال ، والشكل التالي يوضح هذه العلاقة بالمنحنى (a) ، والمنحنى (b) يوضح العلاقة ذاتها عند تقليل تيار المجال ، ونتيجة لوجود المغناطيسية المتبقية في الآلة فإن المنحنيين لا ينطبقان على بعضيهما.



أ- الدائرة الكهربائية

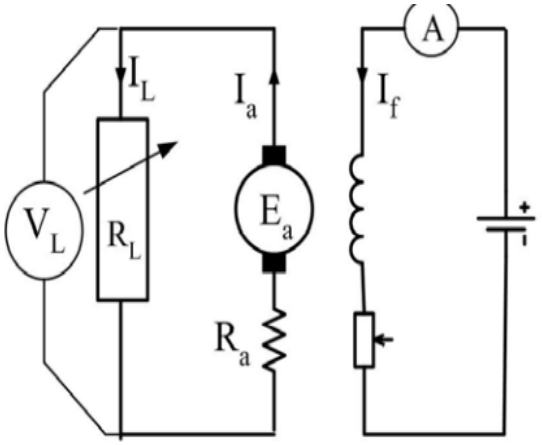


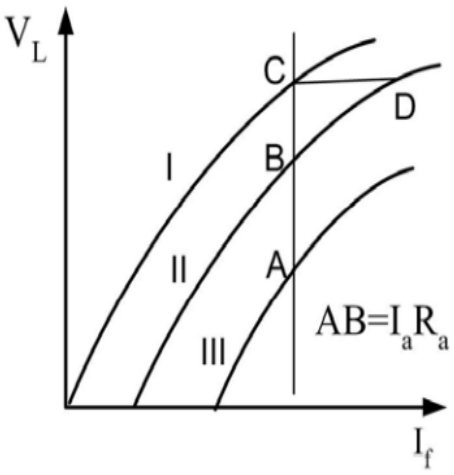
ب- منحني الخواص

2 - خواص الحمل Load characteristic :-

عند تحميل المولد فإن القوة الدافعة الكهربية المتولدة في المنتج تكون **أقل** من مثيلتها في حالة اللاحمل ($\mathbf{E_o}$) وذلك **نتيجة** رد فعل عضو الانتاج (armature reaction) ، وينعكس هذا على قيمة جهد الحمل ($\mathbf{V_L}$) حيث يقل عن القوة الدافعة المتولدة ($\mathbf{E_a}$) بمقدار الانخفاض في الجهد على مقاومة المنتج ($I_a\ R_a$) ، وإذا أمكن عن طريق تيارالاثارة (المجال) حفظ تيار الحمل ثابت على الرغم من تغيير قيمة مقاومة الحمل ($\mathbf{R_L}$) وتغيير الجهد الطرفي , $\mathbf{V_L}$ تبعا لذلك ، فإننا نحصل على منحنى يربط بين $\mathbf{V_L}$ (إحداثي رأسي) وتيار الاثارة (إحداثي أفقي) وذلك عند ثبوت السرعة ، يشبه هذا المنحنى منحنى التمغنط عند اللاحمل ويسمى منحنى تمغنط الحمل .

يبين الشكل التالي مخطط الدائرة المستخدمة :-





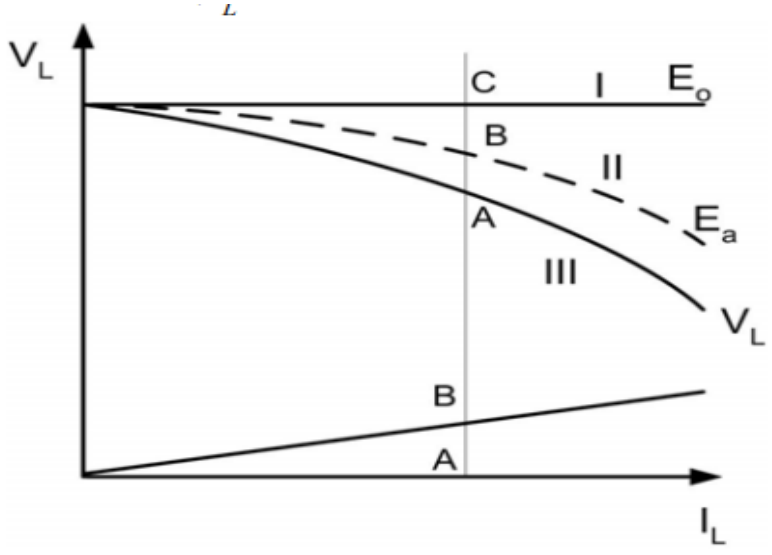
ب- الدائرة الكهربائية

أ- منحني الخواص

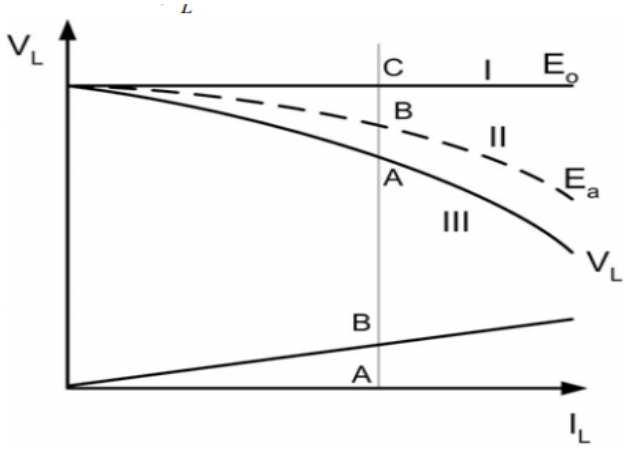
منحني III هو منحني خواص الحمل بينما منحني I هو المنحني في حالة اللاحمل لنفس الآلة ، إذا أضيفت AB ($I_a\ R_a$) إلى المنحني III ، فينتج المنحني II وهو يمثل القوة الدافعة المتولدة في المنتج نتيجة للفيض المحصل في الآلة ، وتمثل المسافة CB الفقد في الجهد نتيجة رد فعل عضو الانتاج ، ولكي نحفظ الجهد على أطراف الآلة ($\mathbf{V_L}$) مساويا الجهد في حالة اللاحمل ($\mathbf{E_o}$) يجب أن يزيد تيار المجال بمقدار (CD) لكي يعوض الفقد في الجهد نتيجة رد فعل عضو الانتاج

3 - منحني الخواص الخارجية (External characteristic) :-

يوضح الشكل أدناه منحني الخواص الخارجي للمولد ، ويعطي منحني هبوط الجهد في المنتج قيم هذا الهبوط عند تيارات الحمل المختلفة والمنحني المتقطع (II) يعطي قيمة $\mathbf{E_a}$ عند تيارات الحمل المختلفة ، ويكون الفرق بين الخط الأفقي (I) الممثل $\mathbf{E_o}$ وبين هذا المنحنى عند أي تيار حمل معين هو هبوط الجهد المكافئ لرد فعل



المنتج عند هذا الحمل ، فإذا طرحنا منه هبوط الجهد في دائرة المنتج باستخدام المنحنى المعطى نحصل على منحنى الخواص الخارجي كما هو موضح في الشكل بالمنحنى (III) ، وهو يمثل العلاقة بين الجهد على أطراف الحمل ($\mathbf{V_L}$) وتيار الحمل ($\mathbf{I_L}$) عند ثبوت السرعة وتيار المجال .



4 - الخواص الداخلية (Internal characteristic) :-

يمثل المنحنى II في الشكل اعلاه الخواص الداخلية للمولد $E_a = F(I_a)$ ، حيث يعطى العلاقة بين القوة الدافعة المتولدة في الآلة (E_a) في حالة التحميل وبين تيار المنتج (I_a) والذي يساوى تيار الحمل (I_L) للآلة ذات التغذية المنفصلة، وذلك عند ثبوت السرعة وتيار المجال .

وهذا المنحنى يتم الحصول عليه بإضافة الهبوط في الجهد AB إلى منحنى الخواص الخارجية ، ويمثل E_a القوة الدافعة الكهربية المتولدة في المنتج نتيجة الفيض المحصل في الثغرة الهوائية ,

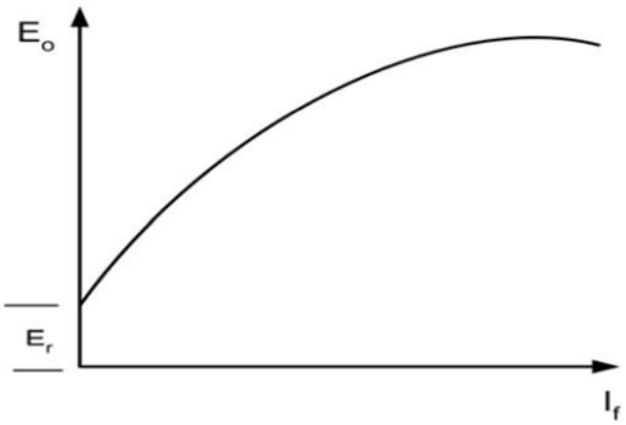
بالاستعانة بمنحنى الخواص الخارجية للآلة ، كما في الشكل اعلاه ، يمكن حساب تنظيم الجهد(V.R) للآلة من العلاقة التالية :-

$$\%\mathbf{V.R} = \frac{\boldsymbol{E_\circ - V_L}}{\boldsymbol{V_L}} * \mathbf{100}$$

منحنيات الخواص للمولدات ذاتية التغذية:-

لتوليد القوة الدافعة الكهربائية ، تحتاج إلى المجال المغناطيسي وتنشأ خطوط القوى المغناطيسية في الدائرة المغناطيسية للآلة بفعل التيار الذي يمر في ملفات المجال ، وفي آلات التغذية المنفصلة نحصل على تيار الاثارة (المجال) من مصدر مستقل ، بينما نحصل عليه في الآلات ذاتية التغذية من الآلة نفسها ، والسؤال الذي يتبادر للأذهان بخصوص هذا النوع الأخير من الآلات هو : كيف نحصل على تيار المجال في البداية ؟

عند خروج الآلة من المصنع يتم تشغيلها لأول مرة بالإثارة المنفصلة ، فيمر تيار من مصدر كهربائي خارجي في ملفات المجال لتوليد المجال المغناطيسي . وعند فصل هذا التيار عن ملفات المجال ، يترك وراءه مغناطيسية في أقطاب الآلة ، وهي التي يعتمد عليها في عملية بناء المجال المغناطيسي في الآلة ، يبين الشكل التالي منحنى التمغنط للآلة (Magnetization curve) والذي يربط بين قيمة تيار المجال في ملفات المجال (I_f) :-

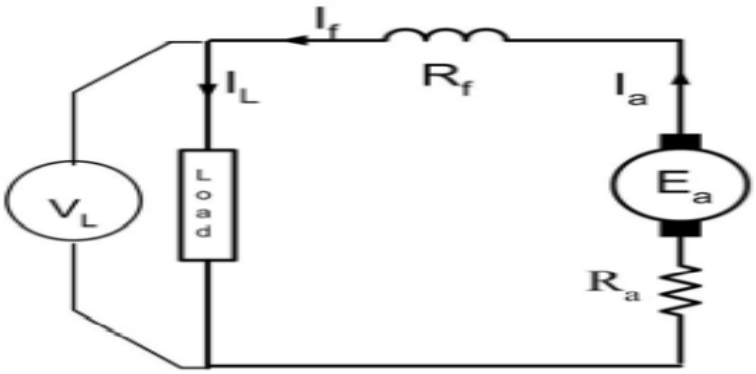


وقيمة القوة الدافعة الكهربية التي تعطيها الآلة ($E_\circ$) وهي التي تتناسب مع قيمة التدفق المغناطيسي لكل قطب عند ثبوت سرعة دوران الآلة ، ونظرا لوجود مغناطيسية متخلفة في الأقطاب ، تتولد في

الآلة عند دورانها بالسرعة المقننة قوة دافعة كهربية صغيرة (E_r) تتوقف قيمتها على مقدار عدد خطوط القوى الناشئة عن المغناطيسية المتخلفة , عندئذ يمر تيار في ملفات المجال تتوقف قيمته على كل من معامل الحث الذاتي لملفات المجال (L_f) ومقاومة هذه الملفات (R_f) ، وتنمو بناء على ذلك القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على أطراف الآلة حتى تصل إلى القيمة المقننة . ولكي يمكن للآلة أن تعطي القوة الدافعة الكهربية المطلوبة يجب أن يكون بناء المجال المغناطيسي في نفس اتجاه خطوط القوة الناشئة عن المغناطيسية المتخلفة في الأقطاب , E_r (Residual magnetism) .

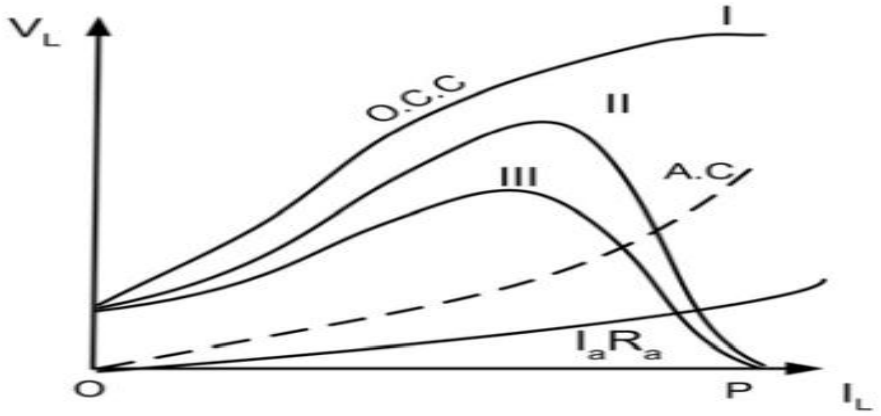
منحنيات الخواص لمولدات التوالي :-

السمة التي تميز مولد التوالي عن الأنواع الأخرى لمولدات التيار المستمر هي منحنى الخواص الخارجية . يبين الشكل التالي الدائرة الكهربائية لمولد تغذية توالي والمستخدمة للحصول على منحنى الخواص الخارجية :-



يتغير تيار الحمل عن طريق استخدام مقاومة حمل متغيرة (R_f) , في هذه المولدات ملفات المجال موصلة توالي مع ملفات المنتج وبالتالي فإنها تحمل تيار المنتج (I_a) ، وبناءا على ذلك فإن زيادة تيار المنتج يزيد من المجال الناتج وبالتالي القوة الدافعة الكهربية المتولدة وكذلك زيادة جهد الحمل (V_L) .

الشكل التالي يوضح منحنيات الخواص لمولد التوالي :-

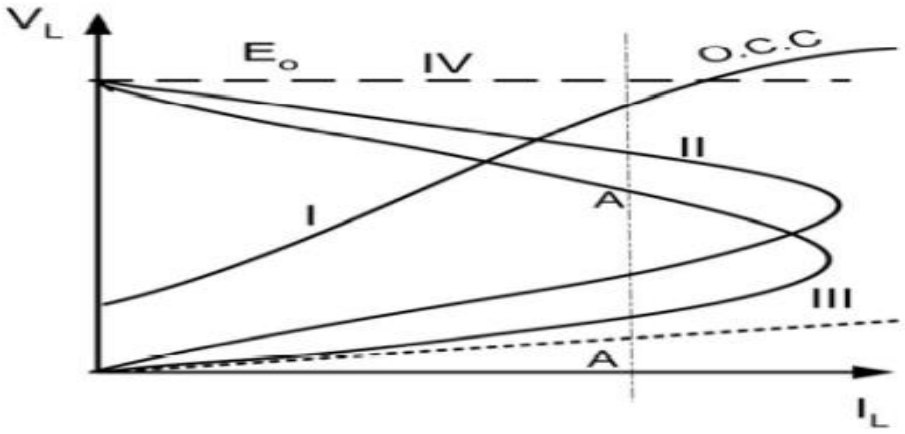


حيث يمثل المنحني I خواص الدائرة المفتوحة للآلة ، أما منحني III فيمثل منحني الخواص الخارجية وتحصل على هذا المنحني بمحصلة الفرق بين المنحني I والمنحني A.C .

يلاحظ من منحني الخواص الخارجية لمولد التوالي أن الجهد يزداد مع زيادة تيار الحمل ، ولكن عند زيادة الحمل عن حد معين ، فإن الجهد يبدأ في النقصان نتيجة لزيادة رد فعل عضو الانتاج والذي يتناسب هنا مع تيار الحمل I_L , وعند تيار حمل OP فإن الجهد على أطراف الحمل يساوي صفرا كما هو موضح بالشكل اعلاه , إذا تم إضافة منحني الهبوط في الجهد , $I_a\ R_a$ إلى منحني الخواص الخارجية (منحني III) فإننا نحصل على منحنى الخواص الداخلية (منحتي II) وهو يمثل علاقة القوة الدافعة المتولدة E_a كدالة في تيار المنتج (الحمل في هذه الحالة) ، والفرق بين

منحنى الدائرة المفتوحة I ، ومنحنى الخواص الداخلية II يمثل الفقد ي الجهد نتيجة رد فعل عضو الانتاج .

منحنيات الخواص لمولدات التوازي



يمثل المنحني I في الشكل اعلاه منحنى الخواص المولد التوازي في حالة اللاحمل كما يمثل المنحنى II الخواص الداخلية للمولد ، أما المنحنى III فيمثل الخواص الخارجية . يلاحظ على الرسم أنه عند قيمة محددة لتيار الحمل تسمى القيمة الحرجة، فإن منحني الخواص الخارجية يرتد مرة أخرى ويقل جهد الحمل حتى يصل إلى الصفر . أيضا المنحنى IV يمثل القوة الدافعة المتولدة في حالة اللاحمل, $E_\circ$ للآلة . ويمكن حساب معامل تنظيم الآلة من العلاقة التالية :-

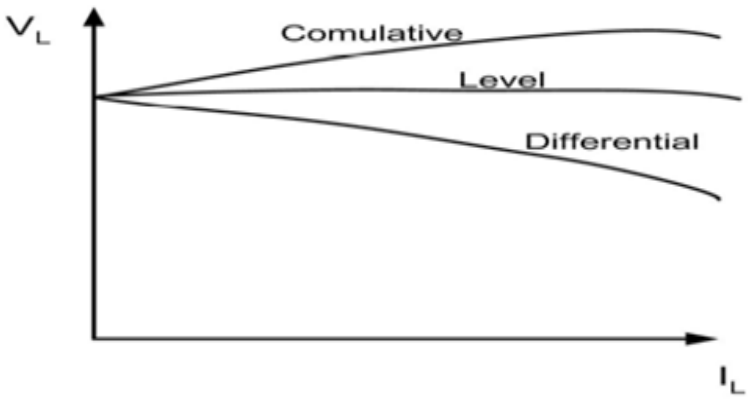
$$\%\mathbf{V.R} = \frac{\boldsymbol{E_\circ - AA}}{\boldsymbol{AA}} * \mathbf{100}$$

منحنيات الخواص للمولدات المركبة

وضحنا فيما سبق أنه يوجد نوعان من الآلات المركبة ، النوع الأول توازي طويل (long - shunt) بينما النوع الثاني توازي قصير (short - shunt) ولا يوجد فرق جوهري بين الاثنين ، فالاختلاف بينهما لا يتعدى أنه في الحالة الأولى يوصل أحد طرف ملفات التوازي مباشرة على الحمل ، بينما يوصل في الحالة الثانية مع طرف المنتج ، وهذا يؤثر تأثيرا طفيفا على قيم الجهد والتيار . يختلف منحنى الخواص الخارجي للمولد المركب (سواء كان قصيرا أو طويلا) على

حسب تأثير ملفات التوالي بالنسبة لملفات التوازي ، ويوجد من هذه الناحية ثلاثة أنواع من المولدات المركبة .

مركب تراكمي : تعطى ملفات التوالي مجالا مغناطيسيا في نفس اتجاه المجال المغناطيسي لملفات التوازي ، فتؤدي الزيادة 4 تيار الحمل إلى زيادة ملحوظة 4 عدد خطوط القوى المغناطيسية للمجال المحصل في الثغرة الهوائية مما يعمل على زيادة قيمة الجهد الطرفي على الحمل V_Lكلما زاد تيار الحمل كما يظهر في الشكل التالي :-



مركب مستوى : تعطي ملفات التوالي مجالا مغناطيسيا يعمل على تعويض أي نقص في عدد خطوط القوى المغناطيسية للمجال المحصل في الثغرة الهوائية نتيجة للمؤثرات المختلفة ، مثل رد فعل عضو الاستنتاج ، مما يؤدي إلى ثبوت قيمة الجهد الطري على الحمل , V_L مهما تغيرت قيمة تيار الحمل

مركب تفريقي : تعمل ملفات التوالي على إضعاف المجال المغناطيسي الناشئ عن ملفات التوازي ، مما يؤدي الزيادة إلى نقص كبير في عدد خطوط القوى المغناطيسية للمجال المحصل في الثغرة الهوائية كلما زاد تيار الحمل ، فينخفض الجهد انخفاضا ملحوظا كما يظهر في الشكل اعلاه .

رد فعل المنتج :- هو تأثير خطوط المجال المغناطيسي الجديد المتولد بملفات المنتج على خطوط المجال الرئيسي المتولد بملفات المجال ويظهر تأثيره واضح في حالة التحميل .

التأثيرات العامة :-

1. يعمل على اعادة توزيع خطوط المجال المغناطيسي يقويها في بعض المناطق ويضعفها في مناطق اخرى

2. يعمل على تشويه المجال المغناطيسي الرئيسي
3. يعمل على توليد عزم دوران مضاد لعزم المحرك المساعد

4- يعمل على ازاحة خط التعادل المغناطيسي مما يؤدي الى حدوث شراره بين الفرش والموحد

التأثيرات المغناطيسيه له:-

- تأثير مغناطيسي متعامد/يعمل على تشويه المجال
- تأثير مغناطيسي متعاكس / يعمل على اضعاف المجال

كيفية معالجة رد فعل المنتج :-

1) استخدام ملفات اضافيه تربط على التوالي مع ملفات المجال
2) استخدام ملفات تعويضية تربط على الفرش
3) استخدام ملفات اضافيه تربط مع ملفات الاقطاب البينية

استخدامات المولدات

مولد التوازي :-

1. يستخدم لأغراض الانارة الاعتيادية
2. يستخدم في امداد القدرة الكهربائية
3. يستخدم في شحن البطاريات

مولد التوالي :-

يستعمل كمعزز نتيجة ارتفاع فولتية الاطراف مع زيادة الحمل للتعويض عن النقص الحاصل في خطوط نقل القدرة

المولد المركب :- يستخدم في الحلات التي يتكرر فيها الفصل والتوصيل والتي تتطلب جهد ثابت تقريبا

حساب المركبة المضعفة والمركبة المشوهة للمجال

ذكرنا ان تأثير المجال المغناطيسي المتولد في ملفات المنتج وكذلك خطوط المجال المغناطيسي المتولد في ملفات المجال والذي يظهر تأثيره واضحا في حالة التحميل وعليه ان ق . د . ك المنتج تخضع تحت ظروف التحميل , عند اللاحمل ق . د . ك لكل قطب غير مساوية عنها في حالة الحمل معرفة عدد اللفات في الملف لكل قطب يمكن حساب الزيادة في تيار المجال حيث ان الفرش الكربونية في وضع التعادل المغناطيسي عند اللاحمل لكن تحصل ازاحة متقدمة اي في اتجاه الدوران في حالة المولد وفي عكس اتجاه الدوران في حالة المحرك .

تنقسم المركبات وحسب عدد الموصلات وزاوية الازاحة التي تكون مع محور المجال الرئيسي بمركبة ممغنطة رد فعل المنتج ((المضعفة للتمغنط)) ويرمز لها ((Fd)) de-magnetizing component of armature reaction

وهناك مركبة اخرى والتي يكون تاثيرها مستعرض وهو تاثير رد فعل المنتج نفسه والتي تسمى بالمركبة المشوهة وهذه من التاثيرات العامه التي تم ذكرها سابقا حيث تعمل على تشويه المجال المغناطيسي الرئيسي ويرمز لها ((qcrose – magnetizing component of armature reaction((Fq

$$Fd = Z * Ic * \frac{\propto m}{360}$$

$$Fq = Z * Ic * \left(\frac{1}{2*p} - \frac{\propto m}{360}\right)$$

اما الزاوية المحصورة بين قطبين متجاورين مختلفين بالقطبية تسمى ب((الزاوية الكهربائية)) ويرمز لها $\propto ele$

والزاوية الاخرى التي تحسب بدلالة قطع الموحد وعدد القطع المزاحة تسمى بالزاوية الميكانيكية ويرمز لها ($\propto m$) حيث ان :

$$\propto = \frac{\text{عدد القطع المزاحه}}{\text{عدد القطع الكلية}} * 360$$

$$m =$$

$$\propto m = \frac{\propto ele}{p} 2$$

قانون حساب الزاوية الميكانيكية

يمكن حساب الزاوية الكهربائية بدلالة الزاوية الميكانيكية

الزاوية الكهربائية = الزاوية الميكانيكية * $^1/_2$ عدد الاقطاب

ملاحظة يحسب تيار المسار (Ic) حسب نوع اللف

لو كان اللف انطباقي Ic= Ia/p

تموجي ***I*c=Ia/2**

$$\propto ele = \propto m * p/2$$

مثال*1* :- مولد تيار مستمر توازي ((*4*)) اقطاب , تيار الحمل التام ((*143*)) عدد الموصلات ((*492*)) موصل , تيار المجال ((*10*)) امبير , اذا اعطيت الفرش الكربونية ازاحة متقدمة مقدارها ((*10*)) درجات ميكانيكية احسب

1) المركبة المضعفة للمجال
2) المركبة المشوهه للمجال
3) عدد اللفات الاضافية التي يجب اضافتها على التوالي مع المجال لمعالجة المركبة المضعفة حالة اللف تموجي

الحل // $Fd= Z * Ic * \frac{\propto m}{360}$

***I*c=Ia/2 , Ia= IL+ If**

Ic=153/2 **= 143 +10 =153 A**

=76.5 A

Fd=492 * 76.5 *10/360 =1042

امبير – لفه / قطب

2) Fq =Z * Ic * $(\frac{1}{2*p} - \frac{\propto m}{360})$

=492 * 76.5 * ($\frac{1}{2*4} - \frac{10}{360}$)

= *3659.25* امبير – لفه / قطب

عدد اللفات الاضافية = $\frac{\text{المركبة المضعفة}}{\text{تيار المجال}}$

= $\frac{fd}{If}$ = $\frac{1046}{10}$ = *105* لفة

مثال 2 :- مولد توازي القدرة الداخله ((30 حصان)) , ((440 فولت)) , ((4 اقطاب)) , ((840 موصل)) , ((140)) قطعة موحد , الكفاءة عند الحمل ((88؟%)) تيار التوازي ((1.8 امبير)) ,اذا ازيحت الفرش الكربونية بمقدار 1.5 قطعة عن موقعها الاصلي احسب 1) المركبة المضعفة للمجال 2) المركبة المشوهه للمجال علما بان اللف تموجي

الحل // للتحويل من القدرة الحصانية الى القدرة الواطية يجب الضرب في *746*

Pin = 30 *746 = 22380 W

Ÿ=Pout/Pin *100%

88%= Pout/ 22380 * 100%

Pout=19694.4 W

Pout= IL * Vl

19694.4= IL * 440

IL= 44. 76 A

Ia= Il+If

= 44. 76+ 1.8 = 46.56 A , Ic= 46.56/ 2 =

23.28 A

$\frac{\text{عدد القطع المزاحه}}{\text{عدد القطع الكلية}}$ * 360

$\propto m =$

= 1.5 * 360 /140 = 3.85 °

$Fd= Z * Ic * \frac{\propto m}{360}$

$= 840 * 23.28 * \frac{3.85}{360}$

= 209. 132 (A-T/P)

$2) Fq = Z * Ic * (\frac{1}{2*p} - \frac{\propto m}{360})$

$= 840 * 23.28 * (\frac{1}{2*4} - \frac{3.85}{360})$

= 2237 (A-T/P)

محركات التيار المستمر

D.C Motors

المحرك الكهربائي :- وهو عبارة عن ماكنة تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية تظهر على شكل حركة دورانية يمكن استلامها من محور الدوران .

مبدأ العمل :- يعتمد عمل المحرك على اساس اذا وضع موصل حامل للتيار في مجال مغناطيسي فان قوة ميكانيكية ستؤثر عليه في اتجاه معين وتحدد قيمة هذه القوة من خلال العلاقة التالية

$$F = B * l * \sin \emptyset$$

حيث ان :- وتعني القوة F

طول الموصل L

التيار المار I

كثافة الفيض B

اللزاوية المحصورة بين الفيض والموصل Ø

تركيب المحرك :- لايوجد اي اختلاف بين الماكنات من حيث التركيب (المولدات والمحركات) وكذلك من حيث انواعها (التوازي والتوالي والمركب)

ولعمل مقارنة بينهما

المولد	المحرك
1- تيار المنتج يساوي حاصل جمع تيار الحمل + تيار المجال $Ia=IL+If$	تيار المنتج يساوي حاصل طرح تيار الحمل - تيار المجال $Ia=IL-If$
2- $Eg= Vt + IaRa$	$Eb= Vt - IaRa$
3- $Eg = \frac{Z N \emptyset}{60} * \frac{p}{A}$	$Eb = \frac{Z N \emptyset}{60} * \frac{p}{A}$
4- $Eg=k\emptyset N$	$Eb=k\emptyset N$

5- القدرة الكهربائية العامه Pe= Eg * Ia	القدرة الميكانيكية Pm = Eb* Ia

المراحل التي يمر فيها المحرك من حالة السكون الى حالة الدوران

1- مرحلة السكون :- وهي المرحلة قبل الدوران يتم تسليط جميع الجهد الكامل للمصدر على المنتج والمجال Vt= If * Rf

2- مرحلة العزم :- نتيجة لمرور التيار في موصلات المنتج ووجود مجال مغناطيسي في ملفات المجال ينشأ عزم دوران للمحرك

3- نظرا لحركة الموصلات داخل المجال المغناطيسي سوف تنشأ (ق . د . ك) ولكن تكون عكس اتجاه الفولتية الرئيسية للمصدر ولذلك تسمى بالفولتية العكسية والتي يرمز لها (Eb) وتحسب من خلال العلاقة التالية

$$Eb = \frac{Z\,N\emptyset}{60} * \frac{p}{A}$$

4- نتيجة لظهور (Eb) سوف يقل الجهد المسلط على المنتج من خلال العلاقة التالية

Eb= Vt – IaRa ⟹ $Ia = \frac{Vt-Eb}{Ra}$

القوانين الخاصة بالمحركات :-

1- حساب عزم المنتج Ta

$$Ta = \frac{Eb\,Ia\,60}{2\pi N} \quad , \quad Ta = \frac{Z\emptyset\,Ia}{2\pi} * \frac{P}{A}$$

$$Ta = k\emptyset\ Ia$$

2- حساب عزم محور الدوران (Tsh)

$$Tsh = \frac{Pout*60}{2\pi\,N}$$

3- حساب القوة الدافعة العكسية (Eb)

$$Eb = \frac{Z\,N\emptyset}{60} * \frac{p}{A}$$

4- حساب فولتية الاطراف (Vt)

$$Vt = Eb + IaRa + \Delta V$$

5- حسابالقدرة الداخلة (Pin) Pin= IL* Vt

6- حساب القدرة الخارجة من المحرك (Pout) Pout= Tsh * $\frac{2\pi N}{60}$

مثال :- محرك كهربائي توازي ذو (4) اقطاب , (250) فولت و (690) موصل الفيض المغناطيسي (20) mwb التيار المسحوب من المصدر (25) A, مقاومة المنتج (0.1) Ω، والمجال (125)Ω ، والمفاقيد الحديدية (810) W احسب :- عزم المنتج , عزم محور الدوران علما بان اللف انطباقي

الحل :-

Ta= , Eb= Vt – IaRa

$\frac{Eb\ Ia\ 60}{2\pi N}$

Ia=IL- If , , If=$\frac{250}{125}$

If= $\frac{Vt}{Rf}$

If= 2A Ia= 25-2= 23A

Eb= 250 – 23* 0.1 = 247.7 v

1- لحساب N من العلاقة Eb = $\frac{Z\ N\emptyset}{60}$ * $\frac{p}{A}$

247.7= $\frac{690*N*20}{60*1000}$ * $\frac{4}{4}$ = 773 r.p. m

Ta= $\frac{247*23*60}{2*3.14*773}$ =70. 4 N .m

Tsh = $\frac{Pout*60}{2\pi\ N}$

Pout= Pin – PL

PCU= $Ia^2Ra + If^2*Rf$

=(23)^2* 0.1 + (2)^2*125 =553 W

PL= Pcu + Pfe

= 553+ 810 =1363 W

Pin= IL*Vt

= 25* 250 =6250 W

Pout= 6250 – 1363

= 4887 W

Tsh = $\frac{Pout*60}{2\pi N}$ $\frac{4880*60}{2*3.14*773}$ **=60.4 N.m**

شروط اعظم قدرة كهرومغناطيسية

Eb= Vt – IaRa

vt=Eb + IaRa او **لو نضرب الطرفين في Ia**

$Vt*Ia = Eb* Ia +(Ia)^2Ra$

نحصل على القدرة الناتجة للمنتج = القدرة المتولدة في المنتج (اي قدرة ميكانيكية Pm) +

$Vt*Ia =Pm +Ra (Ia)^2$ **المفاقيد في المنتج**

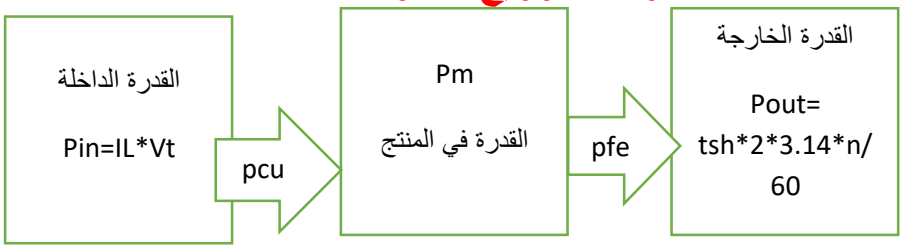
$$\frac{dpm}{dIa} = Vt - 2Ia\,Ra$$

نساوي المشتقة للصفر نحصل

نستنتج للحصول على اعظم قدرة كهرومغناطيسية في محركات التيار المستمر يجب ضياع نصف فولتية المصدر على شكل مفاقيد نحاسية وهذا السبب عدم انتشار هذا النوع من المحركات في الصناعة

$$IaRa=\frac{vt}{2}$$

مراحل توزيع القدرة



التحكم بسرعة محركات التيار المستمر

$Eb=k\emptyset N$

$Eb= Vt - IaRa$

$k\emptyset N= Vt - IaRa$

$$N=\frac{Vt - IaRa}{k\emptyset}$$

نستنتج ان التحكم بسرعة المحركات من ثلاث طرق هي

1. طريقة التحكم بالمجال
2. طريقة التحكم بالمنتج
3. طريقة التحكم بالجهد (وارد ليونارد) وتقسم الى جزئين a)الطريقة المباشرة

B) الطريقة الغير مباشرة

ملاحظة :- ابسط وارخص طريقة بالتحكم بوضع مقاومة في دائرة المجال بهذه الطريقة تزداد السرعة بنسبة 1:2 اي ان $Ta\propto Ia$ بثبوت الفيض .

مثال :- محرك تيار مستمر توازي له المواصفات التالية p=4,vt=220 v, z= 540 ,IL=32A تيار المصدر,IF=1A يعطي قدرة 6.2 KW , Ra= 0.09 ,Ø=30mwb احسب سرعة المحرك , عزم الدوران , عزم المنتج , الكفاءة علما بان اللف انطباقي

الحل

$Ia=IL-If$

=32-1

Ia=31A

Eb= Vt – IaRa

= 220-31*0.09

= 217.2 volt

Eb = $\frac{Z\ N\emptyset}{60}$ * $\frac{p}{A}$

N= 805 r.p.m

Tsh = $\frac{Pout*60}{2\pi\ N}$

Tsh= 73 n.m

Ta= $\frac{Eb\ Ia\ 60}{2\pi N}$,

Ta =81N.M

Pin= IL* Vt

88%= الكفاءة =7040 W

المحولة الكهربائية Electrical Transformer:- وهي ماكنة ليس لها اجزاء دوارة تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية بجهد وتيار معينيين الى جهد وتيار اخريين وبنفس التردد .

الاستخدام :-

1. تستخدم في نظم نقل الطاقة الكهربائية
2. = = الاجهزة الكهربائية بشكل عام
3. = = دوائر القياس والسيطرة والحماية
4. توجد انواع خاصة في بعض الاجهزة مثل ماكنة اللحام

المكونات (التركيب) :- الاجزاء الرئيسية وتشمل أ- القلب الحديدي : وهو يمثل الدائرة المغناطيسية

ب – الملفات النحاسية :- وتمثل الدائرة الكهربائية

الاجزاء الثانوية :- مثل أ- اسلاك التوصيل ب- العوازل ج – اناء الزيت د – البورسلين

ملاحظة :- تنقسم المحولات وحسب وضع الملفات بالنسبة الى القلب الحديدي الى

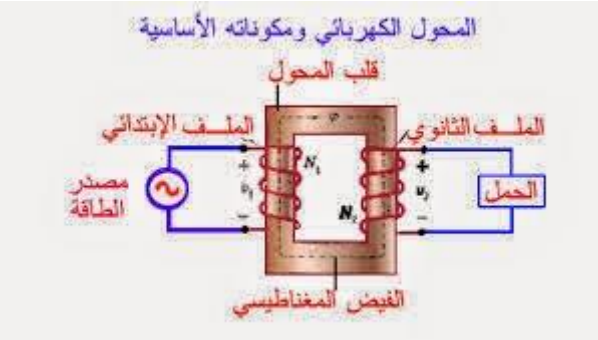
النوع الاول: - وهو النوع الذي يسمى ب ((core type)) وفي هذا النوع تلف الملفات حول القلب الحديدي

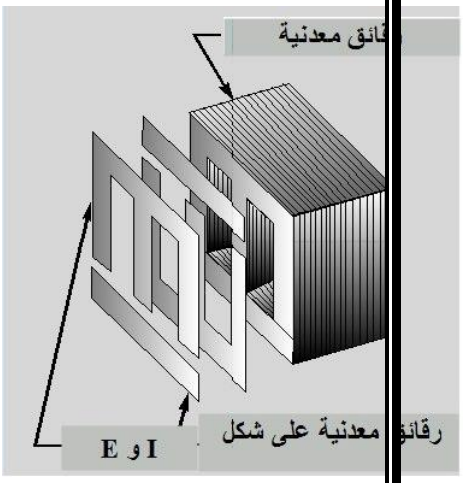
النوع الثاني :- وهو النوع الي يسمى ب ((shell type)) في هذا النوع القلب هو الذي يحيط بالملفات

القلب الحديدي :- يتكون من رقائق مصنوعة من الصلب معزولة عن بعضها البعض ومرصوصة سويا بحيث تكون الفجوات الهوائية اقل مايمكن والسبب لتقليل التيارات الدوامة .

الملفات :- وهي عبارة عن ملفين فقط غير متصلين كهربائيا وتربطهما الدائرة المغناطيسية , الملف الذي يتصل بالمصدر يسمى بالملف الابتدائي والملف الثاني يسمى ب الملف الثانوي

نظرية العمل :-





يصنع القلب الحديدي من صفائح رقيقة من الحديد المغناطيسي ذات سماكات قليلة من(0.35 - 0.5) مم ، وهي تشكل الدارة المغناطيسية للمحول التي يمر فيها خطوط الفيض المغناطيسي وتتركز فيها من الملف الإبتدائي إلى الثانوي ، بينما خطوط المجال التي تسير في محيط الملف فهي عبارة عن خطوط تسرب مغناطيسي غير مستفاد منها في عمل المحول.

ويتم تصنيع الصفائح على شكل رقائق وليس كقلب حديدي مصمت لتقليل المفاقيد الدوامية المسببة للحرارة في القلب الحديدي. ويتم ربط الصفائح معاً بواسطة أحزمة في المحولات الصغيرة أو ببراغي أو مسامير في المحولات الكبيرة حتى لا ينتج عنها طنين بسبب الإهتزازات الناشئة عن القوى المغناطيسية. ويبين الشكلين التاليين من أشكال صفائح القلب الحديدي

على قانون فرداي للحث الكهرومغناطيسي الذي ينص على المحول الكهربائي يقوم مبدأ عمل أن قيمة القوة المحركة الكهربائية (الجهد الكهربائي) تتناسب طرديا مع معدل تغير التدفق المغناطيسي و لهذا السبب فإن المحول لا يعمل في أنظمة التيار المستمر لإن التيار المستمر يخلق مجالا مغناطيسيا ثابتا مقدار تغيره يساوي الصفر فلا يمكن خلق جهد كهربي حينها بطريقة الحث و هذا أحد الأسباب الرئيسية لتفضيل التيار المتردد على المستمر .

يوصل طرفا الملف الابتدائي بمصدر التيار المتردد ويوصل الملف الثانوي بالحمل المستهلك للطاقة الكهربية
عند غلق دائرة الملف الثانوي فان التيار المار في الملف الابتدائي يحدث سيلا مغناطيسيا متناوبا في القلب الحديدي يولد في كل لفة من كلا الملفين ق ـ د ـ ك ـ واحدة للحث فاذا كان في الملف الابتدائي عدد ـ و1 ـ من اللفات وفي الملف الثانوي عدد ـ و2 ـ من اللفات فان القوة الدافعة الكهربية التأثيرية في كلا الملفين تكون متناسبة طرديا مع عدد اللفات فيهما.

ملاحظة

عند فتح دائرة الملف الثانوي فان تيار الملف الابتدائي يكاد ينعدم حيث أن الحث الذاتي للملف الابتدائي يعمل على توليد تيار تأثيري عكسي يكاد يكون مساويا ومعاكسا للتيار الأصلي فينعدم التيار في الابتدائي ولا يحدث استهلاك للطاقة ـ العمل العقيم للمحول ـ idling ـ
نستنتج من هذا أنه أثناء العمل العقيم للمحول يكون الجهد على الملفين متناسب طرديا مع عدد لفات الملفين.

علل// س1// ما هو الفرق بين ال ق. د. ك المحتثه في المولدات , المحولات الكهربائية ؟

ج // في المولدات يكون الفيض ثابت والموصلات هي المتحركة وحسب قانون فراداي الذي ينص تنشأ قوة دافعة محتثة من حركة موصل في مجال مغناطيسي بينما في المحولات تكون الملفات ثابته والفيض هو المتحرك قاطعا تللك الموصلات وعلية تنشا قوة دافعة محتثة

س2 // لماذا يصنع القلب الحديدي من رقائق وليس من كتله واحدة ؟

ج // وذللك لتقليل الطاقة المفقودة بسبب التيارات الدوامة وهذه النفاذية العالية تقلل الفقد النحاسي

ال ق . د . ك . المحتثة في المحولات

بما ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تنشأ في كلا الملفين الابتدائي والثانوي ويرمز لها E1, E2

حيث ان نسبة التحويل

$$K=\frac{N2}{N1}=\frac{E2}{E1}$$

علما بان

عدد ملفات الملف الثانوي N2, عدد لفات الملف الابتدائي N1

اذا كانت

اي المحولة رافعة N2>N1 K>1

المحولة خافضة N2< N1 K <1

ذ اعتبرنا ان المحولة مثالية

$$E_1 I_1 = E_2 I_2$$

معامل التحويل

$$K=\frac{N2}{N1}=\frac{E2}{E1}=\frac{I1}{I2}$$

طرق تبريد المحولات

1- تبريد طبيعي بالهواء

2-تبريد بدفع الهواء

3- تبريد طبيعي بالغمر بالزيت

كفاءة المحولة: تقاس كفاءة المحولة بالمفاقيد النحاسية (الاسلاك الكهربائية) والمفاقيد الحديدية التي تحدد كفاءة المحولة

$Pcu = I^2_1 * R_{eq}$; $R_{EQ} = R_1 + R_2$

$Pcu = I^2_1 * R_1 + I^2_2 * R_2$

P_{fe} (المتمثلة هسترة + التيارات الدوامة)

$Pin = I_1 * V_1 \ COS \ \Phi 1$

$P_{OUT} = I_2 * V_2 * COS \ \Phi_2$

$\eta = \frac{POUT}{PIN}$

$R_{EQ} = R_1 + R_2'$

ملاحظة لنقل المقاومة من جهة الثانوي الى جهة الابتدائي مثل المقاومة نقسم على مربع ثابت التحويل

$R_{EQ} = R1 + \frac{R2}{(K)2}$

ملاحظة :- للحصول على اعظم كفاءة للمحولات تتساوى المفاقيد الحديدية مع المفاقيد النحاسية P_{CU} = P_{FE}

مثال | محولة أحادية الطور ($\frac{440}{110}$) مقاومة الملف الابتدائي Ω (0.3) , مقاومة الثانوي Ω (0.02) , المفاقيد الحديدية W (150) احسب التيار الثانوي عند اعظم كفاءة ؟؟

$$K=\frac{V2}{V1} = \frac{110}{440}=0.25$$

PCU=PFE للحصول على اعظم كفاءة = W 150

$$R_{EQ} = R1 + \frac{R2}{(K)2}$$

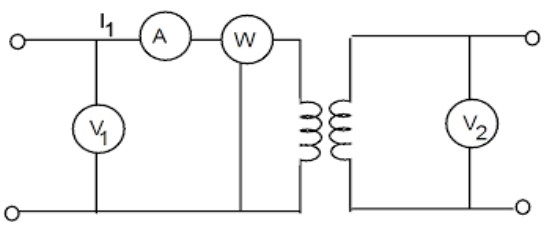
$$= 0.3 + \frac{0.02}{0.25)2}$$

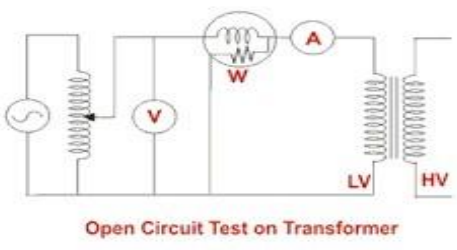
$$= 0.62\ \Omega \quad ; \quad I1=\sqrt{\frac{150}{0.62}}$$

= A 15.6

فحوصات المحولات أحادية الطور عند اللاحمل

1- فحص الدائرة المفتوحة عند اللاحمل (o\c) :- الغاية من الفحص هو حساب مكونات القلب الحديدي R_o , X_o التي تمثل المفاقيد الحديدية واهمال المفاقيد النحاسية بسبب مرور تيار واحد بدائرة الملف الابتدائي وربط جهاز فولطيميتر بجهة الملف الابتدائي والملف الثانوي للمحولة لذا فأن التيار المنساب قليل يهمل في حساب المفاقيد النحاسية وتحسب المفاقيد الحديدية المتمثله بقلب المحولة .





Open Circuit Test on Transformer

خصائص الدائرة :-

1- يجب ان تكون المحولة رافعة
2- قراءة الواطتمتر تمثل المفاقيد الحديدية
3- ربط فولتمميتر بجهة الثانوي
4- يوجد تيار رئيسي واحد هو I_o
5- يمكن حساب R_o , X_o

القوانين الخاصة بهذا الفحص

$R_o = \frac{Vo}{Ie}$ مقاومة القلب الحديدي

$X_o = \frac{vo}{Im}$ محاثة القلب الحديدي

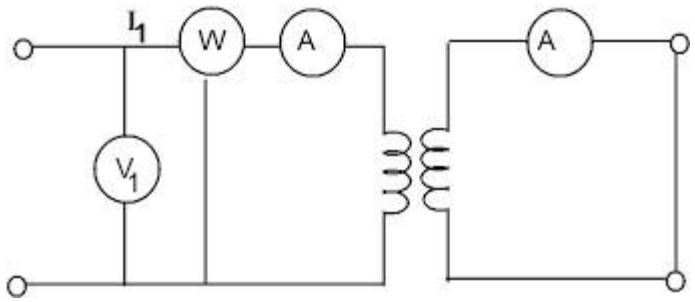
$Ie = Io * COS \Phi_o$ يمثل المركبة الفعالة للتيار

$Im = I_o * SIN\Phi_o$ يمثل المركبة الغير فعالة للتيار

$I_o = \sqrt{(Ie)2 + (Im)2}$ يمثل التيار الرئيسي لهذا الفحص

$Po = Io * Vo * COS \Phi_o$ تمثل القدرة للمحولة

2- فحص دائرة القصر عند اللاحمل :- (s/c) في هذا الفحص نستفاد منه حساب المفاقيد النحاسية لوجود تيارين بجهة الابتدائي والثانوي لذلك تمثل قراءة الواطتميتر المفاقيد النحاسية وتهمل المفاقيد الحديدية .



خصائص الدائرة :-

1- يجب ان تكون المحولة خافضة
2- قراءة الواطميتر تمثل المفاقيد النحاسية
3- يربط الاميتر في جهة الثانوي
4- التيار الرئيسي هو تيار القصر $I_{S.C}$
5- يمكن حساب مكافئات الملفات النحاسية R_{EQ}, X_{EQ}, Z_{EQ} المقاومة والمحاثة والممانعة للأسلاك

القوانين الخاصة بهذا الفحص

حساب المقاومة $R_{EQ} = \frac{PSC}{(ISC)2}$

حساب الممانعة $Z_{eq} = \frac{VSC}{ISC}$

حساب المحاثة $Xeq = \sqrt{(zeq)2 - (Req)2}$

حساب القدرة في هذا الفحص $Psc = (Isc)^2 * R_{eq}$

مثال \ محول احادي (500\250) , (KVA 10) علما R1= 0.5 Ω , R2 = 0.2 Ω , X1= 0.4 Ω ,X2=
0.1 Ω احسب قراءة الاجهزه اذا كان فحص محولة دائرة مقصورة

I=P\V =10000\500=20 A

1) تمثل قراءة الاميتر

K= V2\V1 = 250\500= 0.5

$V_{SC}=I_{SC} * Z_{SC}$

$R_{EQ} = R_1 + R_2' = 0.2+0.5\(K)2 = 0.2+ 0.5 \ (0.5)2 = 2.2$ Ω

$Xeq = X1+ X2' = X1 + X2\K^2 = 0.4+ 0.1 \ 0.5)2 = 0.8$ Ω

Zeq =

$$\sqrt{(req)2 + (xeq)2}$$

Zeq= $\sqrt{(2.2)2 + (0.8)2}$ = 2. 34Ω

Vsc= 20 * 2.34 = 46.8 voit

2) وتمثل قراءة الفولطميتر

$Psc= (Isc)^2 * R_{eq}$

3) $Psc= (20)^2 * 2.2 = 880$ W

وتمثل قراءة الواطميتر

التحكم بسرعة محركات التيار المستمر

$$Eb=k\emptyset N$$

$$Eb= Vt - IaRa$$

$$k\emptyset N= Vt - IaRa$$

$$N=\frac{Vt - IaRa}{k\emptyset}$$

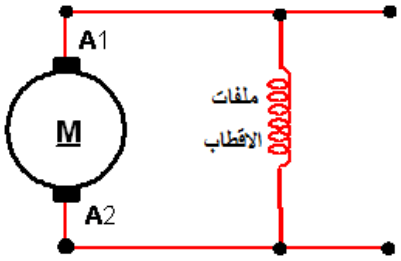
نستنتج ان التحكم بسرعة المحركات من ثلاث طرق هي

1. طريقة التحكم بالمجال
2. طريقة التحكم بالمنتج
3. طريقة التحكم بالجهد

1 – تحكم بالمجال:- ابسط وارخص طريقة بالتحكم بوضع مقاومة في دائرة المجال بهذه الطريقة تزداد السرعة بنسبة 1:2 اي ان $Ta \propto Ia$ بثبوت الفيض .

مثال:- محرك تيار مستمر توازي له المواصفات التاليه $Ra=0.25\Omega$, $Rf=250\ \Omega$, $vt=250v$ Ia= 20 A , n= 1000 r.p.m , اضيفت مقاومة الى دائره المجال على التوالي مقدارها 250 Ω عند عزم معين وظل العزم ثابت , احسب السرعة الجديدة بثبوت الفيض ؟

الحل :-



Eb 1= Vt1 – IaRa1

=250-(20 *0.25)= 245v

بما ان العزم ثابت اي ان

Ta1=Ta2

KØ1Ia1=KØ2Ia2 اي ان

يجب حساب Ø قبل اضافة المقاومة في المجال وبعد اضافتها وكالتالي :-

$$If1 = \frac{vt}{Rf}$$

$$\frac{250}{250} = 1\ A$$

$$If2 = \frac{250}{(250+250)} = 0.5\ A$$

Ø1∝ If1 Ø2 ∝ If2

نستنتج تيار منتج Ia 2 جديد بعد اضافة المقاومة الى دائرة المجال

$$Ia2 = \frac{\emptyset 1 * Ia1}{\emptyset 2}$$

$$= \frac{1*20}{0.5}$$

=40 A

Eb 2= Vt – IaRa 2

=250 – (40* 0.25)

=240 v

$$\frac{Eb1}{Eb2} = \frac{k\emptyset 1 N1}{K\emptyset 2 N2}$$

N2= 1959 r.p.m

2- التحكم بالمنتج :- تستخدم هذه الطريقة لخفض سرعة المحرك وذلك بوضع مقاومة على طرفي المنتج وعلى التوالي وتسمى بالمقاومة المتحكمة

مثال :- محرك توازي فولتية المصدر (220v) بسرعة 900 r.p.m, تيار الرئيسي 38.5A , If=2 A , Ra=0.08 Ω اضيفت مقاومة للمنتج على التوالي قلت السرعة الى 450 r .p. m احسب قيمة المقاومة المضافة علما ان العزم ظل ثابت ؟

الحل :-

بما ان Eb1= Vt – IaRa

Ia= IL- If

38.5 -2= 36.5 A

EB1= 220 – 36.5* 0.08

= 217 V

$$\frac{Eb1}{Eb2} = \frac{k\emptyset 1N1}{K\emptyset 2N2}$$

$$\frac{217}{EB2} = \frac{900}{450}$$

Eb2= 108.5 v

بما ان العزم ظل ثابت

Ta1=Ta2

kØIa1=kØ2Ia2

Ia2=36.5A

$$Eb2=220-36.5*Rt$$

$$108.5=220-36.5*Rt$$

$$Rt=\frac{111.5}{36.5}=3.05\Omega$$

$$Rt=Ra+Rx$$

$$Rx=3.05-0.08$$

$$Rx=2.97\Omega$$

3- التحكم بالجهد :- يمكن التحكم عن طريق التحكم بجهد المصدر سواء بزيادة السرعة او نقصانها من خلال زيادة الفولتية ونقصانها .

عكس اتجاه دوران محركات التيار المستمر

1. **عن طريق عكس اطراف المجال (عكس D1-D2) في التوالي او (F1- F2) في التوازي**
2. **عن طريق عكس اطراف المنتج (A1 –A2)**

كبح محركات التيار المستمر

1. **الكبح الميكانيكي**
2. **الكبح الكهربائي**

A. **الكبح الديناميكي**
B. **الكبح المعاكس**

C. كبح اعادة التوليد