آلات التيار المستمر والمحولات

خواص المولدات

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

خواص المولدات

الجدارة: دراسة ومعرفة خواص الأنواع المختلفة لمولدات التيار المستمر.

الأهداف: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

١. معرفة أنواع المولدات من حيث طرق التغذية.
٢. دراسة منحنيات الخواص وتنظيم الجهد.
٣. مجالات استخدام الأنواع المختلفة للمولدات.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الوحدة بنسبة ٨٥٪

الوقت المتوقع للتدريب: ٩ ساعات.

الوسائل المساعدة: جهاز عرض (بروجيكتور).

متطلبات الجدارة: مقرر الدوائر الكهربية والقياسات والوحدة الأولى من هذا المقرر.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الوحدة الثانية : خواص المولدات Characteristics of DC Generators

تستخدم مولدات التيار المستمر للحصول على جهد ثابت القيمة. وتعتبر تلك الآلات من أول الآلات الكهربية التي تم تصنيعها للحصول على مصدر للطاقة الكهربية، حيث استخدمت في البداية لإغراض الإضاءة ثم امتدت استخداماتها بعد ذلك لتشمل تغذية شبكات التيار المستمر المستخدمة في القطارات الكهربية. كما تستخدم مولدات التيار المستمر أيضاً في محطات توليد الطاقة الكهربية وذلك لتغذية المجال لمولدات التيار المتردد. وعلى الرغم من استخدام التيار المتردد الآن في التوليد والنقل والتوزيع إلا أنه لا تزال آلات التيار المستمر تستخدم في كثير من الصناعات. وتعتمد فكرة عمل المولدات على تجربة "فارادي" الشهيرة.

سوف نستعرض في هذه الوحدة أنواع مولدات التيار المستمر بناءً على طريقة تغذية ملفات المجال. أيضاً سوف نتعرف على العلاقات والقوانين الرياضية ومنحنيات الخواص التي تصف الأنواع المختلفة لمولدات التيار المستمر والتي من خلالها يمكن الحكم على أداء وكفاءة الآلة. وأخيرا سوف نذكر مجالات الاستخدام لكل نوع.

٢- ١ طرق التغذية (التنبيه) لآلات التيار المستمر (Methods of Excitation)

من دراستنا للوحدة الأولي ونظرية عمل مولد التيار المستمر نعلم أن مولدات التيار المستمر تحتاج إلى وسيلة لتغذية (تنبيه) ملفات المجال (Field Windings) وذلك لتوليد الفيض المغناطيسي اللازم للحصول على القوة الدافعة الكهربية عند دوران المنتج وتستمد ملفات المجال التيار اللازم إما عن طريق مصدر جهد خارجي أو من الجهد المتولد من الآلة ذاتها، وتنقسم مولدات التيار المستمر من حيث طرق التغذية إلى نوعين:.

النوع الأول :- مولدات ذات تغذية مستقلة (منفصلة) (Separately excited) ويتم فيها تغذية المجال من منبع جهد خارجي (منفصل عن الآلة).

النوع الثاني :- مولدات ذات تغذية ذاتية (Self excited) وفيها تغذى ملفات المجال من الآلة نفسها، ويتم بناء الجهد نتيجة المغناطيسية المتبقية في الآلة والتي تنشأ نتيجة تغذية الآلة تغذية مستقلة.

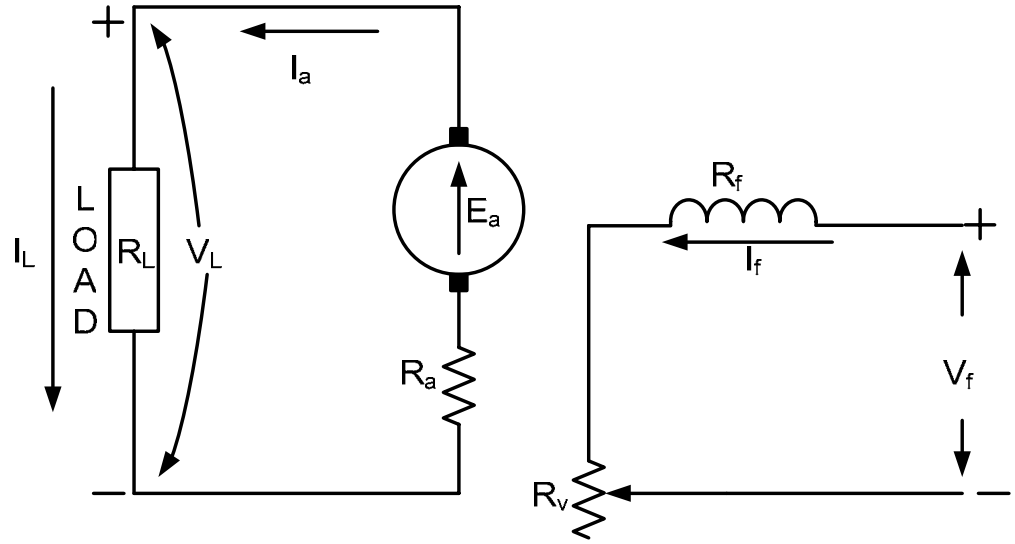
٢- ١- ١ المولدات ذات التغذية المستقلة (Separately excited generators)

يوضح شكل ٢- ١ مخطط الدائرة لتوصيل مولدات التغذية المستقلة، ويتكون من دائرتين منفصلتين، الدائرة الأولى هي دائرة المجال والدائرة الثانية هي دائرة المنتج، وتتغذى دائرة المجال من مصدر للتيار المستمر جهده V_f وتحتوي على مقاومة متغيرة R_v تستخدم لضبط قيمة تيار المجال على القيمة المطلوبة

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

وتستخدم هذه التوصيلة عموماً لحساب منحنى الخصائص المغنطة للآلة أو كما يسمى منحنى الدائرة المفتوحة. ويمتاز هذا النوع من المولدات بثبات تيار المجال وعدم اعتماده على تيار المنتج، كذلك يمكن الحصول على مدى أوسع للجهد المتولد على أطراف الآلة، حيث يمكن الحصول على تغيير الجهد من صفر إلى القيمة المقننة للآلة وذلك بتغيير تيار المجال من.صفر إلى القيمة المقننة

أما دائرة المنتج فتستخدم لتغذية الحمل بالقدرة الكهربائية المطلوبة وفيها يكون تيار الحمل مساوياً لتيار المنتج



شكل ٢- ١ مولد التغذية المستقلة

- **معادلات الجهد والتيار:**

أولا: دائرة المجال

$$V_f = I_f \cdot (R_f + R_V) \qquad (٢-١)$$

حيث : R_f: مقاومة ملفات المجال (أوم)

R_v: مقاومة متغيرة موصلة على التوالي مع ملفات المجال لضبط تيار المجال (أوم)

V_f: الجهد المسلط على أطراف دائرة المجال (فولت)

وفي حالة ما تكون المقاومة المتغيرة Rv مساوية للصفر تكون العلاقة بين تيار المجال وجهد المجال كما يلي:

$$V_f = I_f \cdot R_f \qquad (٢-٢)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ثانيا: دائرة المنتج:

بتطبيق قانون "كيرشوف" (Kirechhoff's Law) على دائرة المنتج نحصل على المعادلات الآتية:

$$I_a = I_L \qquad (٢\square٣)$$

$$V_L = I_L \cdot R_L \qquad (٢\square٤)$$

$$E_a = V_L + I_a \cdot R_a \qquad (٢\square٥)$$

حيث: R_a مقاومة ملفات المنتج

I_L تيار الحمل وهو يساوى تيار المنتج

I_a تيار المنتج

V_L هو الجهد على أطراف الحمل (جهد الحمل)

E_a القوة الدافعة الكهربية المتولدة في المنتج والتي سبق الحديث عنها في الوحدة الأولى

وتحسب من المعادلة التالية:

$$E_a = \frac{p}{a} Z \phi \frac{n}{60} \qquad (٢\square٦)$$

ويلاحظ أن القوة الدافعة المتولدة تتناسب مع كل من سرعة المحرك وقيمة الفيض المغناطيسي (تيار المجال).

$$E_a \ \alpha \ \phi$$

$$E_a \ \alpha \ n$$

$$E_a \ \alpha \ n\phi \qquad (٢\square٧)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

أى أنه إذا كان المولد يدور بسرعة ثابته فإنه يمكن التحكم في الجهد المتولد بالتحكم في تيار المجال، وعندما يكون تيار المجال ثابتاً فإنه يمكن التحكم في الجهد المتولد بالتحكم في سرعة المولد.

مثال ٢- ١

مولد تيار مستمر منفصل التغذية، يدور عند سرعة ١٢٠٠ لفه/دقيقة ويغذى حملاً مادياً عبارة عن مقاومة بتيار قيمته ٢٠٠ أمبير عند جهد ١٢٥ فولت. مقاومة ملفات المنتج ٠,٠٤ Ω احسب القوة الدافعة الكهربية المتولدة وقيمة مقاومة الحمل والقدرة الكهربائية الناتجة من المولد

الحل

V_L = ١٢٥ v, I_L = ٢٠٠ A, n=١٢٠٠ rpm

$E_a = V_L + I_a \cdot R_a$ = ١٢٥ + ٢٠٠(٠,٠٤) = ١٣٣ volt

$125 = 200 \cdot R_L$

R_L = ٠,٦٢٥ Ω

$P_{out} = V_L \cdot I_L = 125 \cdot 200 = 25$ kW

مثال ٢- ٢

في المثال السابق إذا تم تغيير السرعة إلى ١٠٠٠ لفة في الدقيقة بينما تمت المحافظة على تيار المجال ثابت. احسب كلا من الجهد على أطراف الحمل وتيار الحمل والقدرة المستهلكة في الحمل

الحل

I_f = const, n_2 =١٠٠٠ rpm

حيث إن تيار المجال ثابت فإن القوة الدافعة المتولدة تتناسب مع سرعة المولد

$E_a \propto n$

أي أن:

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{133}{E_{a2}} = \frac{1200}{1000}$$

$\therefore E_{a2}$= ١١٠,٨٣ Volt

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$I_a = I_L = \frac{E_{a2}}{R_L + R_a} = \frac{110.83}{0.04+0.625} = ١٦٦,٦٦ \quad \text{Amp.}$$

$$V_L = E_a - I_a \cdot R_a = ١١٠,٨٣ - ١٦٦,٦٦(٠,٠٤) = ١٠٤,١٦ \quad \text{Volt}$$

$$\text{Or } V_L = I_L \cdot R_L = ١٦٦,٦٦(٠,٦٢٥) = ١٠٤,١٦ \quad \text{Volt}$$

$$P_{out} = V_L \cdot I_L = 110.83 \cdot 166.66 = 12.264 \quad \text{kW}$$

مثال ٢- ٣

في المثال ٢- ١ إذا تم المحافظة على السرعة بينما زاد تيار المجال بنسبة ١٠٪. احسب كلا من الجهد على أطراف الحمل وتيار الحمل والقدرة المستهلكة في الحمل

الحل

$I_{f٢} = ١,١\ I_{f١}$ $\qquad n_٢ = \text{constant}$

حيث أن السرعة ثابتة فإن القوة الدافعة المتولدة تتناسب مع تيار المجال

$$E_a \propto I_f$$

أي أن

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{I_{f1}}{I_{f2}}$$

$$\frac{133}{E_{a2}} = \frac{1}{1.1}$$

$$\therefore E_{a٢} = ١٤٦,٣ \quad \text{Volt}$$

$$I_a = I_L = \frac{E_{a2}}{R_L + R_a} = \frac{146.3}{0.04+0.625} = ٢٢٠ \quad \text{Amp.}$$

$$V_L = E_a - I_a \cdot R_a = ١٤٦,٣ - ٢٢٠(٠,٠٤) = ١٣٧,٥ \quad \text{Volt}$$

$$\text{Or } V_L = I_L \cdot R_L = ٢٢٠(٠,٦٢٥) = ١٣٧,٥ \quad \text{Volt}$$

$$P_{out} = V_L \cdot I_L = 137.5 \cdot 220 = 30.25 \quad \text{kW}$$

مثال ٢- ٤

مولد تيار مستمر منفصل التغذية، يتم تغذية ملفات المجال من مصدر للجهد المستمر عند ٢٠٠ فولت، وكانت مقاومة ملفات المجال ٢٠٠ أوم ويدور عند سرعة ثابتة ١٢٠٠ لفه/دقيقة ويغذى حملاً مادياً عبارة عن مقاومة بتيار قيمته ٢٠٠ أمبير عند جهد ١٥٠ فولت. مقاومة ملفات المنتج ٠,٠٥ أوم.

أ. احسب القوة الدافعة الكهربية المتولدة وقيمة مقاومة الحمل والقدرة الكهربائية الناتجة من المولد.

ب. احسب قيمة المقاومة المتغيرة التي تضاف في دائرة المجال لتقليل جهد الحمل إلى ١٤٠ فولت.

الحل

$V_L = ١٥٠$ V, $I_L = ٢٠٠$ A $n=١٢٠٠$ rpm, $R_a = ٠,٠٥\Omega$,

$R_f = ٢٠٠\ \Omega$

$$E_a = V_L + I_a \cdot R_a = ١٥٠ + ٢٠٠(٠.٠٥) = ١٦٠ \quad \text{Volt}$$

$١٥٠ = ٢٠٠٠\ R_L$

□

$R_L = ٠.٧٥$ Ω

$$P_{out} = V_L \cdot I_L = 150 \cdot 200 = 30.0 \quad \text{kW}$$

لتقليل جهد الحمل إلى ١٤٠ فولت فإنه يجب تقليل تيار المجال حتى تقل القوة الدافعة المتولدة ويتم ذلك بإضافة مقاومة في دائرة المجال ويتم حسابها كالتالي

$V_{L2} = ١٤٠$ Volt

$$I_L = I_a = \frac{V_L}{R_L} = \frac{140}{0.75} = ١٨٦,٦٦٧ \quad \text{Amp.}$$

$$E_{a2} = V_{L2} + I_a \cdot R_a = ١٤٠ + ١٨٦.٦٦٧(٠.٠٥) = ١٤٩.٣٣ \quad \text{Volt}$$

□

حيث أن السرعة ثابتة فإن القوة الدافعة المتولدة تتناسب مع تيار المجال

$$E_a \propto I_f$$

أي أن:

$$\frac{E_a}{E_{a2}} = \frac{I_f}{I_{f2}}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{200}{200} = ١ \quad \text{Amp}$$

$$\frac{160}{149.33} = \frac{1}{I_{f2}}$$

$$I_{f2} = ٠,٩٣٣ \quad \text{Amp}$$

$$I_{f2} = \frac{V_f}{R_f + R_v} = \frac{200}{200 + R_v}$$

$$R_v = ١٤,٢٩ \quad \Omega$$

مثال ٢- ٥

مولد تيار مستمر منفصل التغذية، يتم تغذية ملفات المجال من مصدر للجهد المستمر عند ١٨٠ فولت، وكانت مقاومة ملفات المجال ٢٧٠ أوم ويدور عند سرعة ١٥٠٠ لفه/دقيقة ويغذى حملاً مادياً عبارة عن مقاومة بتيار قيمته ١٦٠ أمبير عند جهد ٢٤٠ فولت. مقاومة ملفات المنتج ٠,٠٥ أوم.

أ. احسب القوة الدافعة الكهربية المتولدة وقيمة مقاومة الحمل والقدرة الكهربائية الناتجة من المولد

ب. إذا كانت كفاءة المولد ٩٠٪ ، أهمل المفاقيد النحاسية في دائرة المجال و الفقد على الفرش احسب المفاقيد النحاسية في دائرة المنتج ومجموع المفاقيد الميكانيكية ومفاقيد الاحتكاك ثم احسب القدرة الميكانيكية الداخلة للمولد والعزم على عمود الدوران.

الحل

$V_L = ٢٤٠$ V, $I_L = ١٦٠$ A n=١٥٠٠ rpm,

$R_a = ٠,٠٥\Omega$, $R_f = ٢٧٠\ \Omega$, $V_f = ٢٤٠$ V, $\eta = 0.95$

$$E_a = V_L + I_a \cdot R_a = ٢٤٠ + ١٦٠(٠.٠٥) = ٢٤٨ \quad \text{Volt}$$

$$٢٤٠ = ١٦٠٠\ R_L$$

$$R_L = ١.٥ \quad \Omega$$

$$P_{out} - V_L \cdot I_L - 240 \cdot 160 - 38.4 \quad \text{kW}$$

$$P_{cua} = I_a^{٢} R_a = (١٦٠)^{٢}(.٠٥) = ١٢٨٠ \quad \text{watt}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{38400}{P_{in}} = 0.95$$

$P_{in} = ٤٠٤٢١$ watt

$P_{losses} = P_{in} - P_{out} = ٤٠٤٢١ - ٣٨٤٠٠ = ٢٠٢١$ watt

$P_i + P_{mech} = P_{losses} - P_{cu} = ٢٠٢١ - ١٢٨٠ = ٧٤١$ watt

$\omega = \frac{2\pi n}{60} = ١٥٧.٠٨$ rad/sec

$T_{sh} = \frac{P_{in}}{\omega} = \frac{40421}{157.08} = ٢٥٧.٠٣$ N.M.

٢- ١- ٢ المولدات ذاتية التغذية (Self excited generators)

تعتمد هذه المولدات على الجهد المتولد منها في تغذية ملفات المجال الخاصة بها، لذلك فهي تعتمد على المغناطيسية المستبقاة في أقطاب الآلة وهي التي تعتمد عليها الآلة في بناء المجال المغناطيسي في كل مرة يتم تشغيل الآلة فيها لتوليد الجهد، لذلك يجب أن يتم تشغيل المولد لأول مرة كمولد تغذية منفصلة حتى تتكون المغناطيسية المستبقاة في أقطاب الآلة.

تنقسم مولدات التغذية الذاتية تبعاً لطريقة توصيل ملفات المجال مع المنتج إلى ثلاثة أنواع:

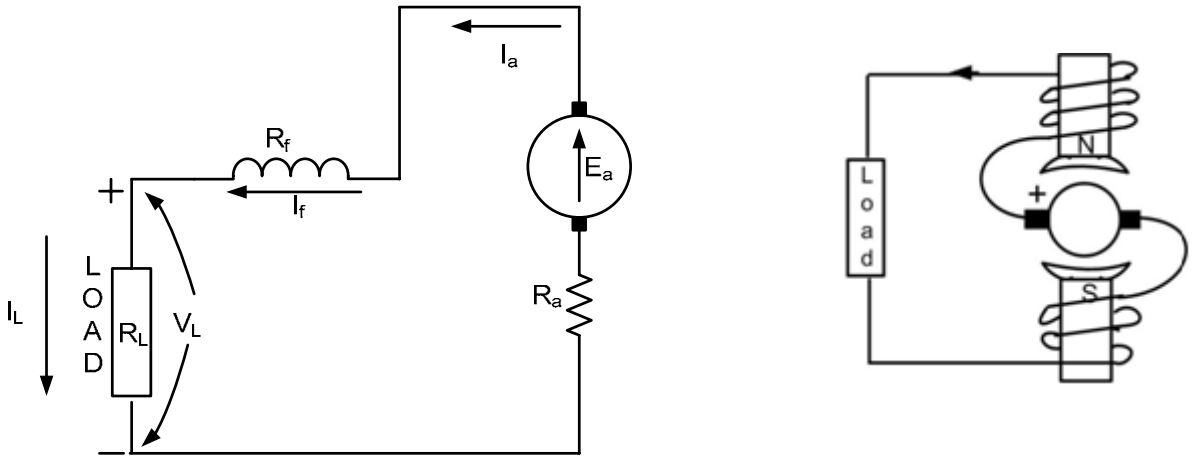
- موالدات توالي (Series Motors) حيث يتم توصيل ملفات المجال على التوالي مع ملفات المنتج (series excitation)
- مولدات توازي (Shunt Motors) حيث يتم توصيل ملفات المجال على التوازي مع ملفات المنتج (shunt excitation).
- مولدات مركبة (Compound Motors) حيث يتم توصيل جزء من ملفات المجال على التوازي (shunt windings) مع ملفات المنتج، ويتم توصيل جزء آخر من ملفات المجال على التوالي مع ملفات المنتج (series windings)

٢- ١- ٢- ١ مولد التوالي (series excited generator)

يتم توصيل ملفات المجال بالتوالي مع ملفات المنتج والحمل ولذلك يكون تيار الحمل مساوياً لتيار المنتج ومساوياً أيضاً لتيار المجال، لذلك نجد أن ملف المجال (ملف التوالي) يحتوي على عدد صغير من

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

اللفات ومساحة مقطعه كبيرة لتتحمل تيار الحمل كما يمكن استنتاج أن مقاومة ملفات التوالي تكون صغيرة شكل ٢- ٢ يوضح كيفية توصيل ملفات المجال على التوالي مع ملفات المنتج.



شكل ٢- ٢ مولد التوالي

معادلات الجهد والتيار:

$$I_f = I_a = I_L \qquad (٢\square٨)$$

$$R_m = R_f + R_a \qquad (٢\square٩)$$

حيث R_m هي مقاومة المحرك

$$E_a = V_L + I_a(R_{f+}R_a) = V_L + I_aR_m \qquad (٢\square١٠)$$

مثال ٢- ٤

مولد تيار مستمر من نوع التوالي ، عدد أقطابه ٤ والقدرة المقننة ١٨ كيلووات عند جهد ١٥٠ فولت وسرعة دوران ١٢٠٠ لفه/دقيقة. مقاومة ملفات المجال ١٢, أوم ومقاومة ملفات المنتج ١٨, أوم. احسب الجهد على أطراف المولد عندما يدور بسرعة ١٢٥٠ لفة/دقيقة ويغذى الحمل بتيار قيمته ١٢٥ أمبير. علماً بأن المجال المغناطيسي قد ارتفع بنسبة ٢٥٪.

الحل

P_{out}=١٨KW, V_L=١٥٠ V, n_1=١٢٠٠ rpm, R_f=٠,١٢Ω

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

R_a=٠.١٨Ω, N_2=١٢٥٠rpm, I_{L2}=١٢٥ Amp., ϕ_2= ١.٣ϕ

$$I_{L1} = \frac{P_{out}}{V_{L1}} = \frac{18000}{150} = 120 \text{ Amp.}$$

$$E_{a1} = V_L + I_L(R_f + R_a) = ١٥٠+١٢٠(٠.١٨+٠.١٢) = ١٨٦ \quad \text{Volt}$$

بتطبيق المعادلة (٧□٢)

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{n_1 \phi_1}{N n_2 \phi_2}$$

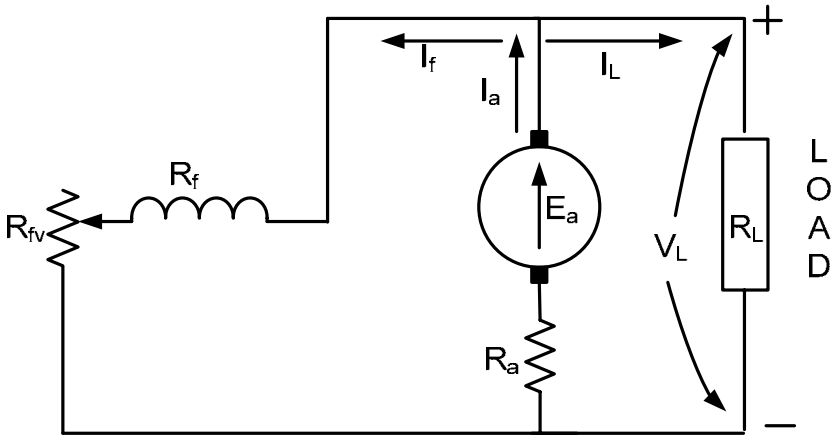
$$E_{a2} = \frac{\phi_2 n_2 E_{a2}}{\phi_1 n_1} = \frac{1.3\phi_1 \cdot 1200 \cdot 186}{\phi_1 \cdot 1250} = ٢٣٢.١٢٨ \quad \text{Volt}$$

$$V_{L2} = E_{a2} - I_{L2}(R_f + R_a) = ٢٣٢.١٢٨ - ١٢٥(٠.١٨+٠.١٢) = ١٩٤.٦٢٨ \text{ Volt}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢- ١- ٢- ٢ مولدات التوازي (Shunt excited generators)

في هذه الحالة يتم توصيل ملفات المجال بالتوازي مع ملفات المنتج كما هو مبين بالشكل ٢- ٣. ويجب مراعاة أن مقاومة ملفات المجال المستخدمة تكون كبيرة حيث يقع عليها الجهد المتولد على أطراف المنتج، ولذلك فإن ملفات التوازي تتكون من عدد كبير من اللفات ويكون مساحة مقطعها صغير والتالى فإن قيمة مقاومة ملفات التوازي تكون كبيرة مع ملاحظة أن قيمة المقاومة تحدد عند تصميم الآلة. كما يمكن ملاحظة أن قيمة تيار المجال تكون صغيرة بالنسبة لتيار المنتج حيث تتراوح قيمته بالنسب لتيار المنتج بين ١٪ إلى ٥٪ من قيمة تيار المنتج



شكل ٢- ٣ مولد التغذية التوازي

معادلات الجهد والتيار:

$$V_f = V_L = I_f(R_f + R_{fv}) = I_L R_L \qquad (٢-١١)$$

$$I_a = I_f + I_L \qquad (٢-١٢)$$

$$E_a = V_L + I_a R_a \qquad (٢-١٣)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثال ٢- ٥

مولد تيار مستمر من نوع التوازي يغذى حمل بتيار قيمته ٣٢٥ أمبير عند جهد مقداره ٢٢٠ فولت ، فإذا كانت مقاومة ملفات المنتج والمجال على الترتيب هي ٠,٠٢ أوم و٥٥ أوم. احسب القوة الدافعة المتولدة.

الحل

I_L=٣٢٥ Amp., V_L=٢٤٠ V, R_a=٠,٠٢Ω, R_f=٥٥Ω,

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{220}{55} = ٤ \quad \text{Amp.}$$

$$I_a = I_L + I_f = ٣٢٥ + ٤ = ٣٢٩ \quad \text{Amp.}$$

$$E_a = V_L + I_a R_a = ٢٢٠ + ٣٢٩(٠,٠٢) = ٢٢٦,٥٨ \quad \text{Volt.}$$

مثال ٢- ٦

مولد تيار مستمر من نوع التوازي ملفوف لفاً انطباقياً وعدد موصلات المنتج ٤٠٠ موصل، مقاومة ملفات المنتج ٠,٠١ أوم ومقاومة ملفات المجال ١٠٠أوم، يغذى ١٥٠ لمبة قدرة كل منها ٦٠ وات عند جهد ١٢٠ فولت. أوجد سرعة دوران المولد إذا كان الفيض المغناطيسي لكل قطب ٠,٠٢ ويبر.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الحل

$p=$ ٢a [lap winding], $Z=$٤٠٠, $R_a=$٠.٠١Ω $R_f=$١٠٠Ω

$P_{out}=$١٥٠×٦٠=٩٠٠٠watt, $V_L=$١٢٠ V, $\phi=$٠.٠٢ wb/pole

$$P_{out}=V_L \cdot I_L$$

$$I_L = \frac{P_{out}}{V_L} = \frac{9000}{120} = ٧٥ \quad \text{Amp.}$$

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{120}{100} = ١.٢ \quad \text{Amp.}$$

$I_a=I_L+I_f=$٧٥+١.٢=٧٦.٢ Amp.

$E_a=V_L+I_aR_a=$١٢٠+٧٦.٢(٠.٠١) =١٢٠.٧٦٢ Volt

Since $E_a = \frac{p}{2a}\phi Z\frac{n}{60}$,

$$n=\frac{(120.762)\cdot(60)}{(0.02)\cdot(400)} = ٩٠٥.٧١٥ \quad \text{rpm}$$

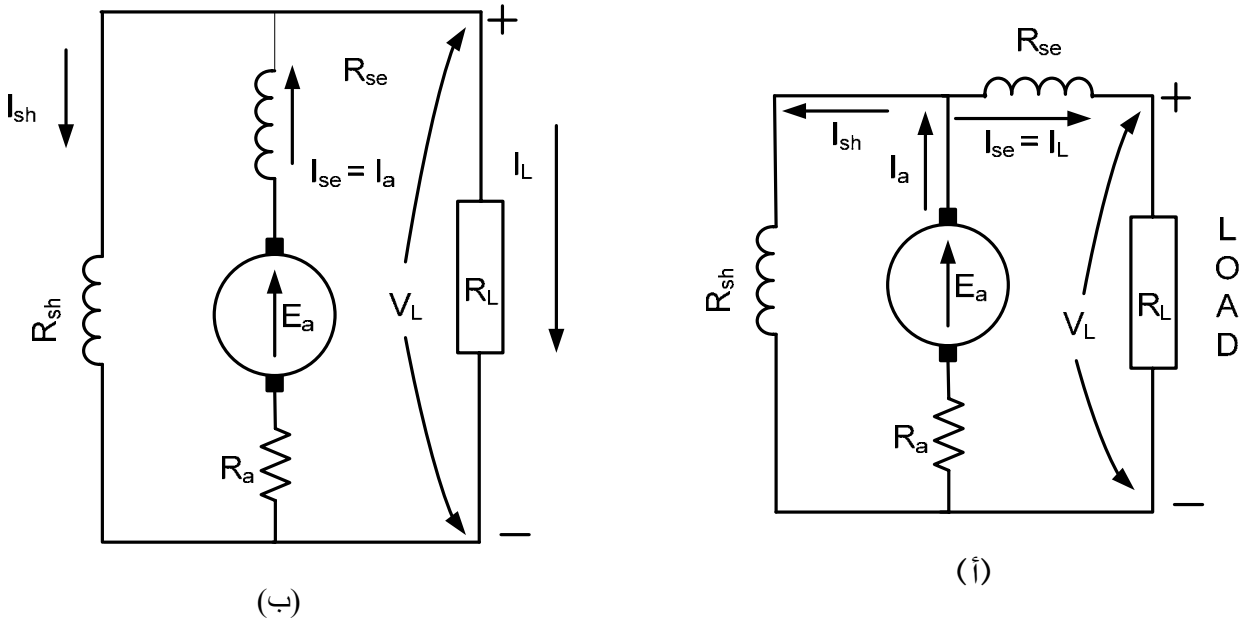
٢- ١- ٢- ٣ مولدات التغذية المركبة (Compound excited generators)

تحتوي المولدات ذات التغذية المركبة على ملفات التوالي (series windings) وملفات التوازي (shunt windings) معاً، ويمكن تقسيم المولدات على حسب اتجاه المجال المغناطيسي الناتج من ملفات التوالي، حيث يمكن توصيل ملفات التوالي مع المنتج بحيث يكون المجال المغناطيسي الناتج عنها في نفس اتجاه المجال المغناطيسي الناتج من ملفات التوازي، وتسمى طريقة التوصيل في هذه الحالة بالتوصيل التراكمي (cumulative compound) أو توصل بحيث يكون المجال المغناطيسي الناتج عنها مضاداً للمجال المغناطيسي الناتج من ملفات التوازي، وتسمى طريقة التوصيل في هذه الحالة بالتوصيل الفرقى (differential compound).

كما يمكن تقسيمها على حسب التوصيل الكهربائي لملفات التوازي والتوالي حيث يمكن توصيل ملفات التوازي إما مباشرة مع أطراف المنتج وتسمى طريقة التوصيل بتوصيل التوازي القصير (short-shunt)، أو توصل ملفات التوازي عبر الأطراف للدائرة الخارجية (المنتج مع ملفات التوالي) وتسمى طريقة التوصيل

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

بالتوصيل التوازي الطويل (long-shunt)، وشكل ٢- ٤ يوضح الفارق بين طريقة توصيل التوازي القصير وطريقة التوازي الطويل، حيث نرمز لملفات التوالي se وملفات التوازي sh .



شكل ٢- ٤ مولد التغذية المركب (أ)مركب قصير (ب) مركب طويل

معادلات الجهد والتيار للمولد القصير:

$$I_{se} = I_L \qquad (٢-١٤)$$

$$I_a = I_{sh} + I_L \qquad (٢-١٥)$$

$$E_a = V_L + I_a R_a + I_L R_{se} \qquad (٢-١٦)$$

$$V_{sh} - V_L + I_L R_{se} - E_a - I_a R_a \qquad (٢-١٧)$$

معادلات الجهد والتيار للمولد الطويل:

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$I_{se} = I_a \qquad (٢\square١٨)$$

$$I_a = I_{sh} + I_L \qquad (٢\square١٩)$$

$$E_a = V_L + I_a(R_a + R_{se}) \qquad (٢\square٢٠)$$

$$V_{sh} = V_L \qquad (٢\square٢١)$$

تعتمد قطبية المولدات ذاتية التغذية على المغناطيسية المتبقية في الآلة. وهذه المولدات تستطيع بناء الجهد عندما توصل ملفات المجال مع المنتج بحيث إن تيار المجال يساعد المغناطيسية المتبقية في الآلة، وأي توصيل معكوس لملفات المجال سوف يتسبب في إلغاء المغناطيسية المتبقية (demagnetize the machine) وبناءً عليه لا يتولد جهد على أطراف الآلة.

مثال ٢- ٧

مولد مركب طويل يغذي حمل بتيار قيمته ٥٠ أمبير عند جهد ٢٢٠ فولت . احسب القوة الدافعة الكهربية المتولدة، إذا كانت مقاومة المنتج ٠,٠٤ أوم، مقاومة ملفات التوالي ٠,٠١ أوم ومقاومة ملفات التوازي ١٢٥ أوم.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الحل

V_L=٢٢٠ v, I_L=٥٠ Amp, R_a=٠,٠٤ Ω, R_{se}=٠,٠١Ω,

R_{sh}=١٢٥Ω

$$I_{sh} = \frac{V_L}{R_{sh}} = \frac{220}{125} = ١,٧٦ \quad \text{Amp.}$$

$I_a=I_L+I_{sh}$=٥٠+١,٧٦=٥١,٧٦ Amp.

$E_a=V_L+I_a(R_a+R_{se})$=٢٢٠+٥١,٧٦(٠,٠٤+٠,٠١)=٢٢٠,٥٨٨ Volt

مثال ٢- ٨

مولد مركب طويل يغذي حمل بتيار قيمته ٥٠ أمبير عند جهد ٢٢٠ فولت. إذا كانت مقاومة المنتج ٠,٠٤ أوم، مقاومة ملفات التوالي ٠,٠١ أوم ومقاومة ملفات التوازي ١٢٥ أ وم. إذا كانت سرعة المولد ١٢٠٠ لفة في الدقيقة وكفاءة المولد ٨٥٪. احسب:

١. القوة الدافعة الكهربية المتولدة.
٢. قدرة الخرج
٣. قدرة الدخل
٤. العزم على عمود الدوران
٥. المفاقيد النحاسية في المولد
٦. المفاقيد الحديدية

الحل

V_L=٢٢٠ v, I_L=٥٠ Amp, R_a=٠,٠٤ Ω, R_{se}=٠,٠١Ω,

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

R_{sh}=١٢٥Ω, n = ١٢٠٠ rpm, η = ٠.٨٥

١. حساب القوة الدافعة المتولدة

$$I_{sh} = \frac{V_L}{R_{sh}} = \frac{220}{125} = ١,٧٦ \quad \text{Amp.}$$

$I_a=I_L+I_{sh}$=٥٠+١,٧٦=٥١,٧٦ Amp.

$E_a=V_L+I_a(R_a+R_{se})$=٢٢٠+٥١,٧٦(٠,٠٤+٠,٠١)=٢٢٠,٥٨٨ volt

٢. حساب قدرة الخرج

$P_{out} = V_L I_L = ٢٢٠(٥٠) = ١١$ kwatt

٣. حساب قدرة الدخل

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = ١٢,٢٢٢ \quad \text{kwatt}$$

٤. العزم على عمود الإدارة

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1200}{60} = ١٢٥,٦٦ \quad \text{rad/sec.}$$

$$T_{sh} = \frac{P_{in}}{\omega} = \frac{12222}{125.66} = ٩٧,٢٦ \quad \text{N.M.}$$

٥. المفاقيد النحاسية في المولد

المفاقيد النحاسية = المفاقيد النحاسية في المنتج +المفاقيد النحايسة في ملفات التوالى +المفاقيد النحاسية في ملفات التوازي

$P_{culosses} = P_{cua}+P_{cush}+P_{cuse}$

$P_{culosses} = I_a^{٢}(R_a)+ I_{sh}^{٢}(R_{sh}) + I_{se}^{٢}(R_{se})$

$P_{culosses}$=(٥١,٧٦)^{٢}(٠,٠٤) + (١,٧٦)^{٢}(١٢٥) + (٥١,٧٦)^{٢}(.٠١) = ٥٢١,١٥٥ watt

٦. المفاقيد الحديدية والميكانيكية

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

P_{losses} = ١٢٢٢٢ – ١١٠٠٠ = ١٢٢٢ watt

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$P_{mech} + P_i = P_{losses} - P_{culosses} = ١٢٢٢ - ٥٢١,١٥٥ = ٧٠٠,٨٤$ watt

مثال ٢- ٩

مولد مركب قصير يغذي حمل بتيار قيمته ٥٠ أمبير عند جهد ٢٢٠ فولت. إذا كانت مقاومة المنتج ٠,٠٤ أوم، مقاومة ملفات التوالي ٠,٠١ أوم ومقاومة ملفات التوازي ١٢٥ أوم. إذا كانت سرعة المولد ١٢٠٠ لفة في الدقيقة وكفاءة المولد ٩٠٪. احسب

١. القوة الدافعة الكهربية المتولدة.
٢. قدرة الخرج
٣. قدرة الدخل
٤. العزم على عمود الدوران
٥. المفاقيد النحاسية في المولد
٦. المفاقيد الحديدية

الحل

V_L=٢٢٠ v, I_L=٥٠ Amp, R_a=٠,٠٤ Ω, R_{se}=٠,٠١Ω,

R_{sh}=١٢٥Ω, n = ١٢٠٠ rpm, η = ٠.٨٥

١. حساب القوة الدافعة المتولدة

$V_{sh} = V_L + I_L R_{se}$ = ٢٢٠ + ٥٠(٠,٠١) =٢٢٥ Volt

$I_{sh} = \frac{V_{sh}}{R_{sh}} = \frac{225}{125}$ =١,٨ Amp.

$I_a=I_L+I_{sh}$=٥٠+١.٧٦=٥١.٨ Amp.

$E_a=V_L+I_a(R_a)$=٢٢٠+٥١,٨(٠,٠٤)=٢٢٢,٠٧٢ Volt

٢. حساب قدرة الخرج

$P_{out} = V_L I_L = ٢٢٠(٥٠) = ١١$ kwatt

٣. حساب قدرة الدخل

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = ١٢,٢٢٢$$ kwatt

٤. العزم على عمود الدوران

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1200}{60} = ١٢٥,٦٦$$ rad/sec.

$$T_{sh} = \frac{P_{in}}{\omega} = \frac{12222}{125.66} = ٩٧,٢٦$$ N.M.

٥. المفاقيد النحاسية في المولد

المفاقيد النحاسية = المفاقيد النحاسية في المنتج +المفاقيد النحايسة في ملفات التوالى +المفاقيد النحاسية في ملفات التوازي

$$P_{culosses} = P_{cua} + P_{cush} + P_{cuse}$$

$$P_{culosses} = I_a^{٢}(R_a) + I_{sh}^{٢}(R_{sh}) + I_{se}^{٢}(R_{se})$$

$$P_{culosses} = (٥١.٨)^{٢}(٠,٠٤) + (١,٨)^{٢}(١٢٥) + (٥٠)^{٢}(.٠١) = ٥٣٧,٣٣$$ watt

٦. المفاقيد الحديدية والميكانيكية

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

$$P_{losses} = ١٢٢٢٢ - ١١٠٠٠ = ١٢٢٢$$ watt

$$P_{mech} + P_i = P_{losses} - P_{culosses} = ١٢٢٢ - ٥٣٧,٣٣ = ٦٨٤,٦٧$$ watt

٢- ٢ منحنيات الخواص لمولدات التيار المستمر (Characteristic Curves of DC Generators)

تتولد قوة دافعة الكهربائية بين نهايتي مجموعات الفرش الموجبة ومجموعات الفرش السالبة- وهما اللتان يخرج منهما طرفا المنتج كما هو موضح في جميع ما سبق من أشكال تمثل الآلة- تتوقف قيمة القوة الدافعة المتولدة على سرعة الآلة، 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 التنبيه في ملفات المجال. بالرجوع إلى معادلة القوة الدافعة المتولدة وباعتبار أن عدد الموصلات على المنتج في نفس الآلة ثابت القيمة، وكذلك عدد الأقطاب (p)، عدد المسارات المتوازية (a) فإن قيمة القوة الدافعة الكهربية E_a تتناسب طردياً مع كل من الفيض المغناطيسي ϕ، وسرعة الدوران n .

$$E_a = k\phi n$$

تستخدم هذه المعادلة مع المعادلة التي تربط بين الجهد المتولد وجهد الحمل V_L لرسم منحنيات الخواص للآلة الكهربية.

يوجد أربعة منحنيات خواص تمثل أهم الخصائص لمولدات التيار المستمر وجميع هذه المنحنيات يمكن الحصول عليها معملياً بإجراء التجارب المناسبة وتلك المنحنيات تحتوي:

- منحنى خواص اللاحمل (No-load characteristic) يرسم العلاقة بين القوة الدافعة المتولدة E_o وتيار المجال I_f وذلك عند اللاحمل وعند ثبوت السرعة $N=constant$ ، ويعرف أيضاً بمنحنى التمغنط للآلة أو منحنى الدائرة المفتوحة (O.C.C.).
- منحنى خواص الحمل (Load characteristic) ويرسم العلاقة بين الجهد على أطراف الحمل (V_L) وتيار المجال (I_f) عند تحميل المولد وذلك بثبوت السرعة N وتيار الحمل. I_L بمعنى أن I_L and N=constant
- منحنى الخواص الخارجية (External characteristic) يعطي العلاقة بين الجهد على أطراف الحمل (V_L) مع تيار الحمل (I_L) عند ثبوت السرعة N وتيار المجال I_f.بمعنى أن I_f and N=constant
- منحنى الخواص الداخلية (Internal characteristic) يعطي منحنى الخواص الداخلية العلاقة بين القوة الدافعة الكهربية المتولدة داخل المنتج E_a وتيار المنتج I_a وذلك عند التحميل وأخذ رد فعل المنتج في الاعتبار بمعنى أن I_f and n=constant.

وسوف نكتفي بدراسة منحنى خواص اللاحمل والخواص الخارجية وسنتناول بالتفصيل كيفية الحصول على تلك المنحنيات للأنواع المختلفة لمولدات التيار المستمر شاملة مولدات التغذية المستقلة والذاتية.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢- ٢- ١ منحنيات الخواص لمولدات التغذية المستقلة

- منحنى خواص اللاحمل No-load characteristic

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

$$E_a = k\phi$$

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

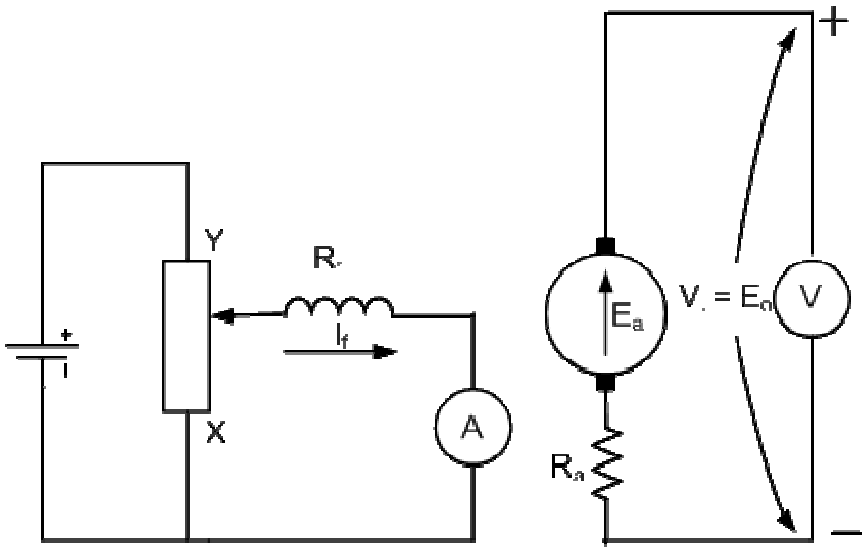
$$E_a = k'I_f$$

وهذه العلاقة تعطي منحنى الخواص في حالة اللاحمل حيث يعتبر الجهد الخارج على أطراف الآلة في هذه الحالة هو E_o وهو دالة في تيار المجال، ويمكن الحصول على هذه العلاقة من خلال توصيل الآلة كما في شكل ٢- ٥، ثم اتباع الخطوات التالية:

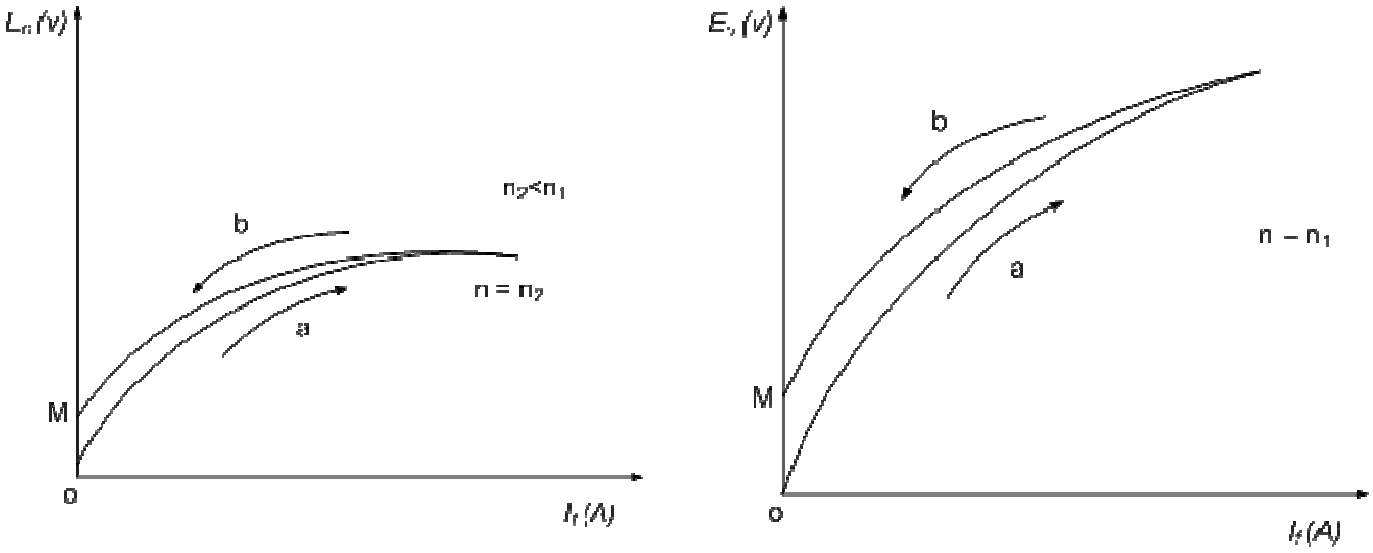
١. توصل الدائرة كما في الشكل ٢- ٥ مع الأخذ في الاعتبار أن يكون الطرف المنزلق (المتغير عند النقطة X لماذا؟
٢. تدار الآلة بسرعة ثابتة ولتكن السرعة المقننة وتؤخذ قراءة الجهد على طرفي الآلة بتوصيل فولتميتر بينهما.
٣. يتم زيادة قيمة تيار المجال بتحريك الطرف المنزلق قليلاً في اتجاه الطرف Y ويتم تسجيل قراءة تيار المجال باستخدام الأميتر في دائرة المجال والقيمة المناظرة لها من قراءة الجهد المتولد على أطراف الآلة باستخدام الفولتميتر.
٤. تكرر الخطوة ٣ عدة مرات حتى نصل بقيمة تيار المجال إلى القيمة المقننة.
٥. ترسم العلاقة بين تيار المجال (قراءة الأميتر) والقوة الدافعة المتولدة في حالة اللاحمل (قراءة الفولتميتر) لنحصل على الشكل ٢- ٦أ
٦. تكرر التجربة مرة أخرى عند سرعة أقل من السرعة المقننة ثم ترسم العلاقة بين تيار المجال (قراءة الأميتر) والقوة الدافعة المتولدة في حالة اللاحمل (قراءة الفولتميتر) لنحصل على الشكل ٢- ٦ب ،

يلاحظ أننا استخدمنا المقاومة المتغيرة في دائرة المجال على شكل مجزئ للجهد وليس كمقاومة متغيرة على التوالي في دائرة المجال حتى نتمكن من الحصول على تيار مجال مساوٍ للصفر.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل ٢- ٥ توصيل مولد التغذية المنفصلة للحصول على منحنى خواص اللاحمل



(أ)

(ب)

شكل ٢- ٦ منحنى خواص اللاحمل لمولد التغذية المنفصلة

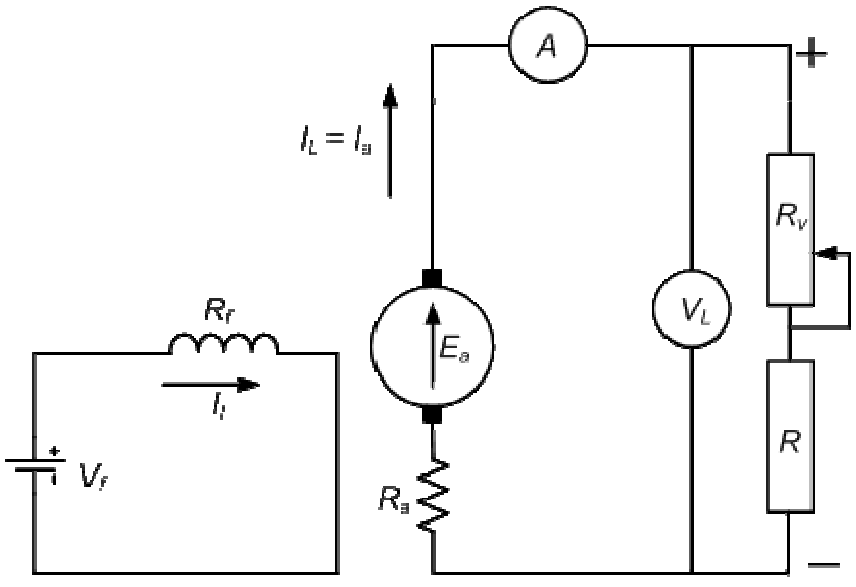
والشكل ٢- ٦أ يوضح هذه العلاقة عندما كانت تدار الآلة بسرعة مساوية للسرعة المقننة. بينما الشكل ٢- ٦ب يوضح نفس العلاقة عندما يدار المولد بسرعة أقل من السرعة المقننة. ويمكن ملاحظة عدد من الملاحظات نوجزها في النقاط التالية:

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

- المنحنى (a)،في الشكل ٢- ٦ يمثل العلاقة بين الجهد المتولد وتيار المجال عندما يزداد تيار المجال والمنحنى (b) في شكل ٢- ٦ يوضح العلاقة ذاتها عند تقليل تيار المجال، ونتيجة لوجود المغناطيسية المتبقية في المولد فإن المنحنيين لاينطبقان على بعضيهما
- يمكن ملاحظة أن الجزء OM في كلا المنحنيين هي القوة الدافعة المتولدة في المولد نتيجة لوجود المغناطيسية المستبقاة.
- يمكن ملاحظة أن القوة الدافعة المتولدة من المولد تزداد عند زيادة تيار المجال أو عند زيادة سرعة دوران المولد.

- منحنى الخواص الخارجية (External characteristic)

يوضح شكل ٢- ٧ يوضح الدائرة الكهربائية التي يمكن استخدامها للحصول على منحنى الخواص الخارجي للمولد، ومنحنى الخواص الخارجي للمولد هو العلاقة بين الجهد على طرفي المولد "V_L"وتيار الحمل "I_L" ويتم ذلك بتحميل المولد بحمل متغير (مقاومة متغيرة مثلاً) بحيث يمكن تغيير قيمة تيار الحمل من صفر إلى تيار الحمل المقنن وتسجيل قيمة تيار الحمل والقيم المناظرة من الجهد على أطراف المولد.ثم رسم منحنى الخواص الخارجي للمولد كما في شكل ٢- ٨.

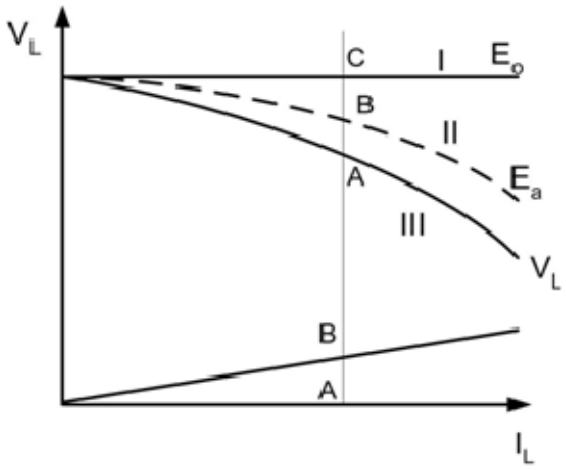


شكل ٢- ٧ توصيل مولد التغذية المنفصلة للحصول على منحنى الخواص الخارجية

يمكن ملاحظة استخدام مقاومة متغيرة ومقاومة ثابتة في دائرة الحمل. لماذا؟ كما يمكن ملاحظة استخدام جهاز فولتميتر لقياس الجهد على أطراف الحمل، واستخدام جهاز أميتر لقياس تيار الحمل ثم

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

رسم منحنى الخواص الخارجية الممثل بالمنحنى "III" بشكل ٢- ٨. ثم يمكن حساب قيمة هبوط الجهد I_aR_a المناظر لكل قراءة من قراءات التيار ويتم رسم الخط المستقيم الممثل لهبوط الجهد في مقاومة المنتج ومن ثم يمكن استنتاج المنحنى "II" الممثل لقيمة الجهد المتولد "E_a" ويمكن استنتاج .أن الفرق بين الخط الأفقي (I) الممثل E_o وبين هذا المنحنى (II) عند أي تيار حمل معين هو هبوط الجهد المكافئ لرد فعل المنتج عند هذا الحمل. فإذا طرحنا منه هبوط الجهد في مقاومة المنتج باستخدام المنحنى المعطى نحصل على منحنى الخواص الخارجي كما هو موضح في الشكل بالمنحنى (III)، وهو يمثل العلاقة بين الجهد على أطراف الحمل (V_L) وتيار الحمل (I_L) عند ثبوت السرعة وتيار المجال



شكل ٢- ٨ منحنى الخواص الخارجية

من شكل ٢- ٨ يمكن ملاحظة ما يلي:

- المسافة AB تساوي مقدار الفقد في الجهد على مقاومة المنتج
- المسافة BC تساوي مقدار الفقد في الجهد الناتج من رد فعل المنتج

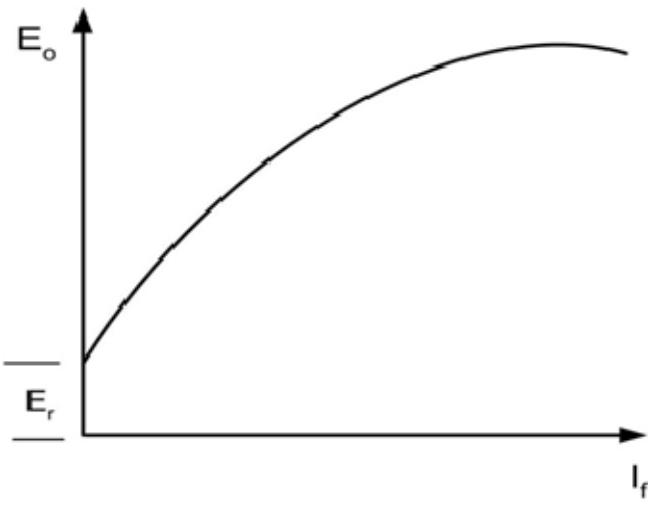
بالاستعانة بمنحنى الخواص الخارجية للمولد، شكل ٢- ٨، يمكن حساب تنظيم الجهد ε للمولد من العلاقة التالية:

$$\%\varepsilon = \frac{E_o - V_L}{V_L} \cdot 100 \qquad (٢-٢٢)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢- ٢- ٢ منحنيات الخواص للمولدات ذاتية التغذية

من المعروف أن جميع المولدات ذات التغذية الذاتية تعمل على المغناطيسية المتبقية (residual magnetism) لتوليد القوة الدافعة الكهربية، والسؤال الذي يتبادر إلى الذهن هو كيف نحصل على المغناطيسية المتبقية في آلات التغذية الذاتية؟ وللحصول على تلك المغناطيسية المتبقية فإن المولدات الجديدة و عند خروجها من المصنع يتم تشغيلها لأول مرة بالتنبيه المستقل، فيمر تيار من مصدر كهربائي خارجي في ملفات المجال لتوليد المجال المغناطيسي. وعند فصل هذا التيار عن ملفات المجال، يترك وراءه مغناطيسية مستبقاة في أقطاب الآلة، وهي التي يعتمد عليها في عملية بناء المجال المغناطيسي في الآلة، يبين الشكل ٢- ٩ منحنى التمغنط للآلة (Magnetization curve) والذي يربط بين قيمة تيار التنبيه في ملفات المجال (I_f)، وقيمة القوة الدافعة الكهربية التي تعطيها الآلة (E_o) وهي التي تتناسب مع قيمة التدفق المغناطيسي لكل قطب عند ثبوت سرعة دوران الآلة. ونظراً لوجود مغناطيسية متبقية في الأقطاب، تتولد في المولد عند دورانه بالسرعة المقننة قوة دافعة الكهربائية صغيرة (E_r) تتوقف قيمتها على مقدار عدد خطوط القوى الناشئة عن المغناطيسية المتبقية، عندئذ يمر تيار في ملفات المجال وتتوقف قيمته على كل من معامل الحث الذاتي لملفات المجال (L_f) ومقاومة هذه الملفات (R_f)، وتنمو بناء على ذلك القوة الدافعة الكهربية المتولدة على أطراف المولد 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 المتبقية في الأقطاب E_r (Residual magnetism) وعلى ذلك فإن منحنى خواص اللاحمل للمولدات ذاتية التغذية بأنواعها المختلفة عدا مولد التوالي تكون كما في شكل ٢- ٩.

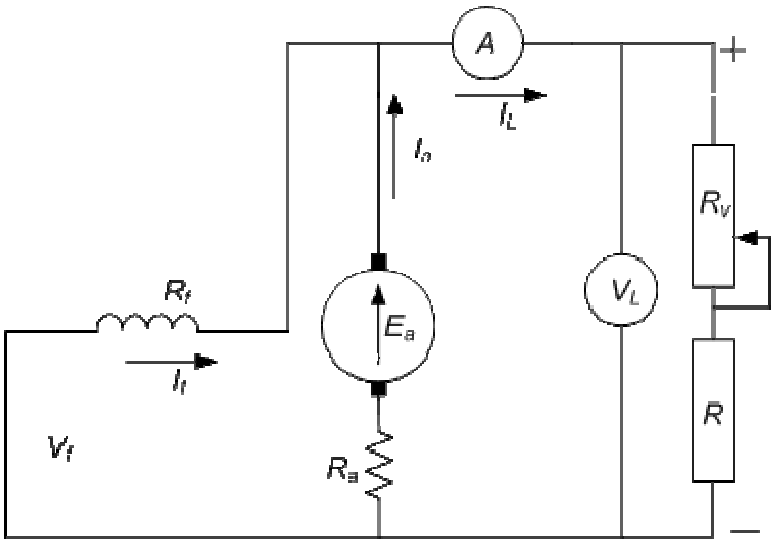


شكل ٢- ٩ منحنى التمغنط لآلات التغذية الذاتية

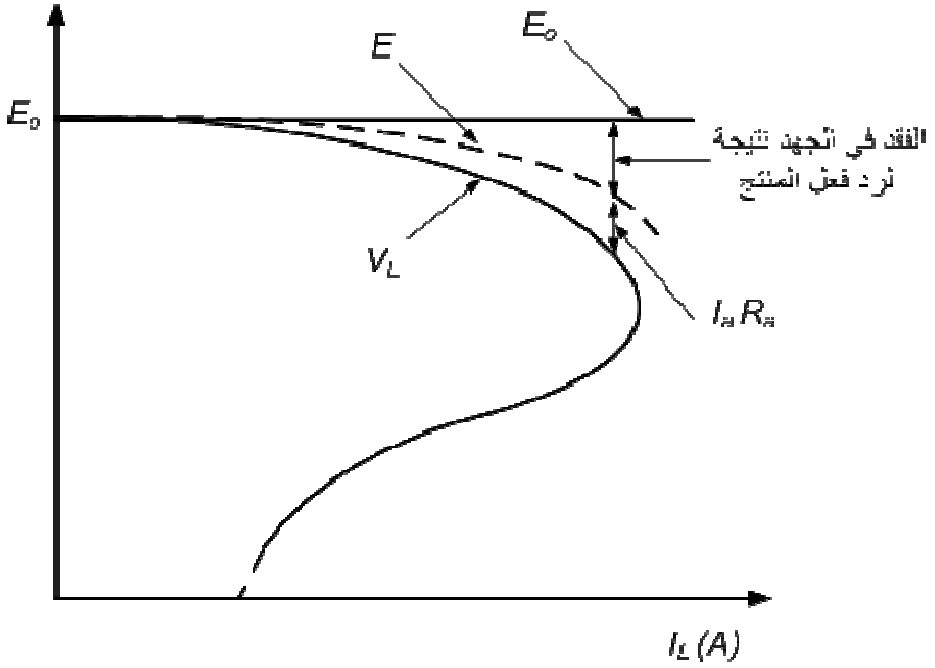
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢- ٢- ٢- ١ منحنيات خواص الحمل لمولدات التوازي

يمكن استنتاج منحيات الخواص لمولد التوازي بنفس الطريقة التي تم بها استنتاج منحنيات الخواص لمولد التغذية المنفصلة. الدائرة الموضحة بشكل ٢- ١٠ تمثل الدائرة المستخدمة لاستنتاج منحنى الخواص الخارجية للحمل لمولد التوازي. كما شكل ٢- ١١.



شكل ٢- ١٠ الدائرة المستخدمة لاستنتاج منحنى الخواص الخارجية لمولد التوازي



شكل ٢- ١١ منحني خواص الحمل لمولد التوازي

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

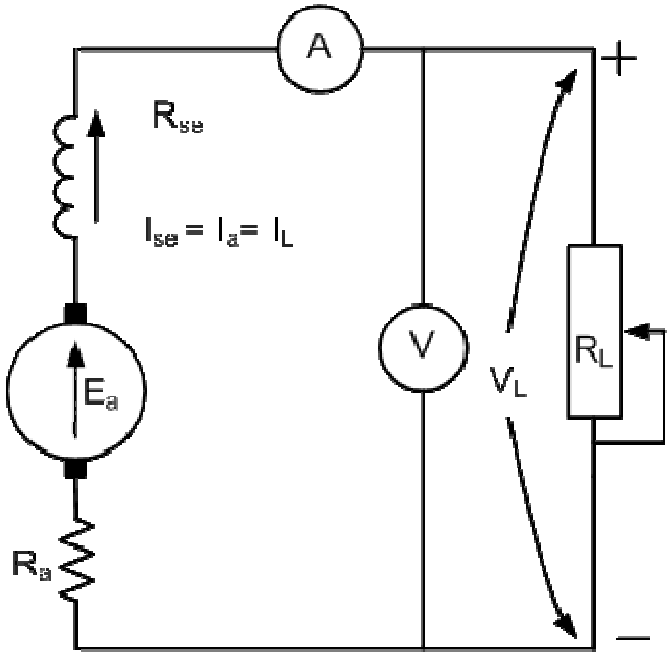
ويكمن الاستعانة بمنحنى الخواص الخارجية للمولد، شكل ٢- ١١، لحساب تنظيم الجهد ε للمولد من العلاقة التالية:

$$\%\varepsilon = \frac{E_o - V_L}{V_L} \cdot 100 \qquad (٢\square٢٣)$$

٢- ٢- ٢- ٢ منحنيات الخواص لمولدات التوالي

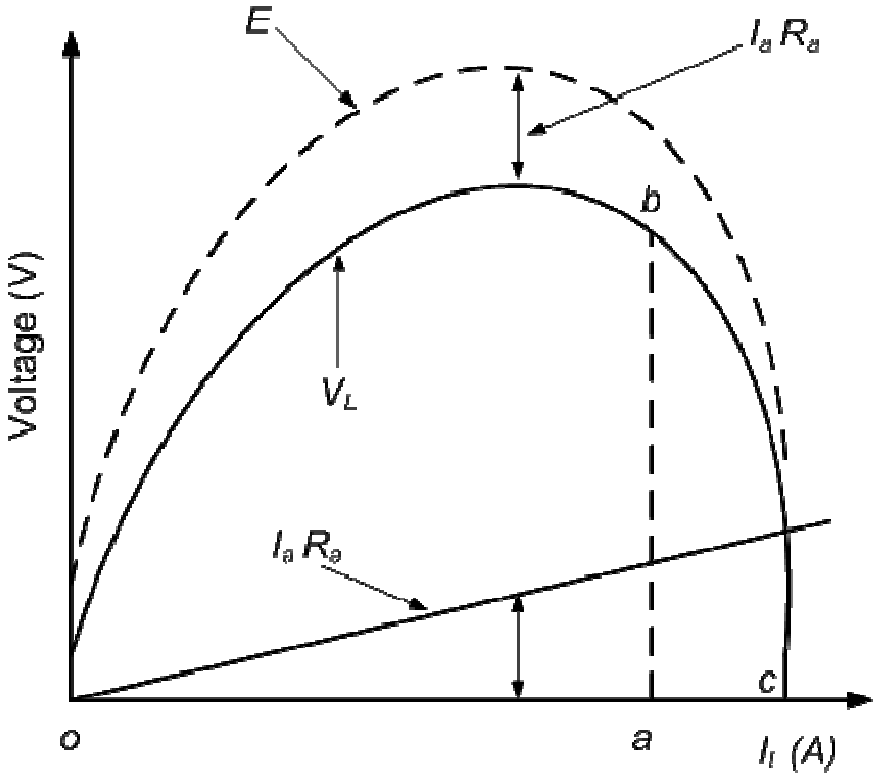
في مولدات التوالي توصل ملفات المجال على التوالي مع ملفات المنتج، أي أن تيار المجال هونفسه تيار المنتج هو نفسه تيار الحمل، لذلك فإن الجهد المتولد في حالة اللاحمل يكون صغيراً جداً ويعتمد على قيمة المغناطيسية المستبقاة في أقطاب المولد، ولكن في حالة توصيل الحمل على أطراف المولد يزيد المجال المغناطيسي ونحصل على خواص المولد. وعلى ذلك لايوجد لمولد التوالي منحنى خواص في حالة اللاحمل.ونحصل فقط على منحنيات الخواص لمولد التوالي في حالة التحميل

شكل ٢- ١٢ تبين الدائرة المستخدمة للحصول على منحنيات الخواص لمولد التوالي الموضحة في شكل ٢- ١٣.



شكل ٢- ١٢ الدائرة الكهربية لاستنتاج منحنيات الخواص مولد التوالي

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل ٢- ١٣ منحنيات الخواص لمولد التوالي

من شكل ٢- ١٣ الذي يعرض خواص مولد التوازي يمكن ملاحظة السمة التي تميز مولد التوالي عن الأنواع الأخرى لمولدات التيار المستمر وهي منحنى الخواص الخارجية.حيث يزداد الجهد المتولد مع زيادة تيار الحمل وذلك لأن تيار المجال هو نفسه تيار الحمل فمع زيادة الحمل يزداد تيار المجال وبالتالي تزداد القوة الدافعة المتولدة "E" وبالتالي يزداد الجهد على أطراف الحمل "V_L" ولكن عند زيادة الحمل عن حد معين، فإن الجهد يبدأ في النقصان نتيجة لزيادة رد فعل المنتج والذي يتناسب هنا مع تيار الحمل I_L . وعند تيار حمل oc فإن الجهد على أطراف الحمل يساوى صفراً كما هو موضح بالشكل

إذا تم إضافة منحنى الهبوط في الجهد I_aR_a إلى منحنى الخواص الخارجية "V_L" فإننا نحصل على منحنى الخواص الداخلية وهو يمثل علاقة القوة الدافعة المتولدة E_a كدالة في تيار المنتج (تيار الحمل في هذه الحالة).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢- ٢- ٢- ٣ منحنيات الخواص للمولدات المركبة

سبق وأن قسمنا المولدات المركبة على حسب طريقة توصيل ملفات التوازي والتوالي مع ملفات المنتج إلى نوعين هما: النوع الأول توازى طويل (long-shunt) بينما النوع الثاني توازى قصير (short-shunt). ولا يوجد فرق جوهري بين الاثنين، فالاختلاف بينهما لا يتعدى أنه في الحالة الأولى يوصل أحد طرفي ملفات التوازي مباشرة على الحمل، بينما يوصل في الحالة الثانية مع طرف المنتج، وهذا يؤثر تأثيرا طفيفا على قيم الجهد والتيار. ويمكن تقسيم المولدات المركبة من حيث منحنى الخواص الخارجية للمولد وبغض النظر عن طريقة التوصيل إن كانت طويلة أو قصيرة إلى نوعين:-

- **مركب تراكمي (Commulative Compound)**: في هذا النوع من المولدات المركبة يكون المجال المغناطيسي الناتج من ملفات التوالي في نفس اتجاه المجال المغناطيسي لملفات التوازي، أي أن المجال المغناطيسي المحصل في الثغرة الهوائية يكون مجموع المجال الناتج من ملفات التوازي والمجال الناتج من ملفات التوالي حسب المعادلة التالية:

$$\phi = \phi_{sh} + \phi_{se} \qquad (٢-٢٤)$$

وبالتالي فإن المركب التراكمي يمكن أن ينقسم إلى ثلاثة أنواع على حسب حجم تأثير المجال الناتج من ملفات التوالي في المجال الكلي:

١. **مركب تراكمي فوقي (Overcompound)**: في هذا النوع عندما تحدث زيادة في تيار الحمل تؤدي إلى زيادة ملحوظة في عدد خطوط القوى المغناطيسية للمجال المحصل في الثغرة الهوائية مما يعمل على زيادة قيمة الجهد الطرفي على الحمل V_L كلما زاد تيار الحمل كما يظهر في شكل ٢- ١٤.

٢. **مركب مستوى (Flat compound)**: في هذا النوع عندما تحدث زيادة في تيار الحمل تؤدي إلى زيادة في عدد خطوط القوى المغناطيسية للمجال المحصل في الثغرة الهوائية ولكن المجال الناتج عن ملفات التوالي يعمل فقط على تعويض أي نقص في الجهد على أطراف المنتج والذي يحدث عادة نتيجة لضعف المجال المغناطيسي في الثغرة الهوائية - نتيجة رد فعل المنتج- والفقد في الجهد في مقاومة المنتج، مما يؤدي إلى ثبوت قيمة الجهد الطرفي على الحمل V_L مهما تغيرت قيمة تيار الحمل كما في شكل ٢- ١٤.

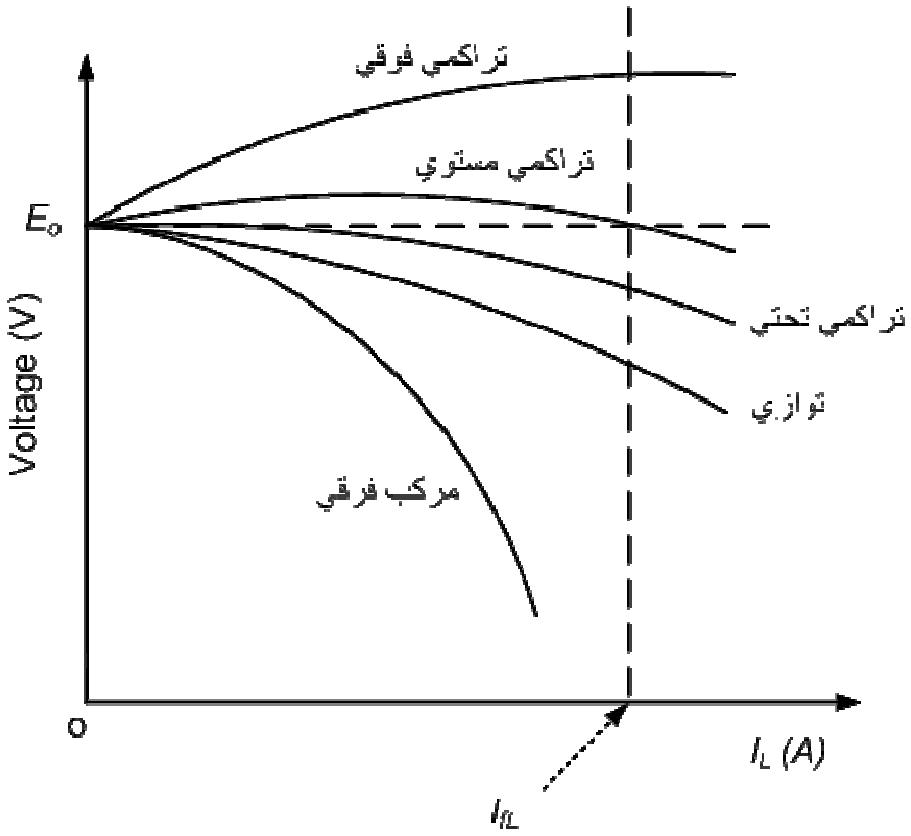
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٣. **مركب تراكمي تحتي (Undercompound)** : في هذا النوع يكون المجال الناتج عن ملفات التوالي ضعيفاً بحيث يعمل فقط على تقليل النقص في الجهد على أطراف المنتج بسبب زيادة الحمل فيكون منحنى الخواص الخارجية لهذا النوع أعلى قليلا منه في حالة مولد التوازي كما في شكل ٢- ١٤

.- **مركب فرقي (Differential Compound)**: في هذا النوع تعمل ملفات التوالي على إضعاف المجال المغناطيسي الناشئ عن ملفات التوازي، أي أن المجال المحصل في الثغرة الهوائية يكون الفرق بين المجال الناتج من ملفات التوازي والمجال الناتج من ملفات التوالي طبقاً للمعادلة التالية:

$$\phi = \phi_{sh} - \phi_{se} \qquad (٢-٢٤)$$

ولذلك فإن زيادة تيار الحمل ستؤدى إلى نقص كبير في عدد خطوط القوى المغناطيسية للمجال المحصل في الثغرة الهوائية، فينخفض الجهد انخفاضاً ملحوظاً كما يظهر في شكل ٢- ١٤.



شكل ٢- ١٤ منحنى الخواص الخارجية للمولد المركب

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثال ٢- ١٠

مولد تيار مستمر مركب طويل، يدور بسرعة ١٢٠٠ لفة/دقيقة ويغذي حمل قدرته ٥٠ كيلووات عند جهد ٢٥٠ فولت.، فإذا كانت مقاومة ملفات المنتج ٠,٠٥ أوم ومقاومة التوالي ٠,٠٢ أوم ومقاومة التوازي ٦٥ أوم. احسب الكفاءة لهذا المولد إذا كانت المفقودات الحديدية والميكانيكية ٣٥٠٠ وات.

الحل

n=١٠٠٠ rpm, P_{out}=٤٥ Kw, V_L=٢٤٠ V, R_a=٠,٠٥Ω,

R_{se}=٠,٠٢Ω, R_{sh}=٦٥Ω, P_i+P_{mech}=٣٥٠٠ W

$$I_L = \frac{P_{OUT}}{V_L} = \frac{50000}{250} = ٢٠٠ \quad \text{Amp.}$$

$$I_{sh} = \frac{V_{sh}}{R_{sh}} = \frac{V_L}{R_{sh}} = \frac{250}{65} = ٣,٨٥ \quad \text{Amp.}$$

$I_a=I_L+I_{sh}$=٢٠٠+٣.٨٥=٢٠٣,٨٥ Amp.

$P_{cu}=I_a^{٢}R_a+ I_a^{٢}R_{se}+ I_{sh}^{٢}R_{sh}= (٢٠٣,٨٥)^{٢}(٠,٠٥+٠,٠٢) + (٣,٨٥)^{٢}(٦٥)$

=٣٨٧٢,٣ watt

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

=٣٨٧٢,٣+٣٥٠٠=٧٣٧٢,٣ watt

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{OUT}+P_{losses}} = \frac{50000}{50000+7372.3} = ٠,٨٧١٥ = ٨٧,١٥٪$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثال ٢- ١١

مولد مركب قصير عدد أقطابه ٨ وملفوف لفاً تموجياً، عدد موصلاته ١٢٠٠ ويدور بسرعة ٦٠٠ لفة/دقيقة، تيار المنتج ٦٠ أمبير والفيض المغناطيسي لكل قطب ٠,٠٢٢ ويبر. مقاومة ملفات المنتج ٠٦, أوم ، مقاومة ملفات التوالي ٠,٠٤ أوم ومقاومة ملفات التوازي ٢٥٠ أوم. أوجد الكفاءة إذا كانت المفقودات الميكانيكية والحديدية ٤٥٠٠ وات.

الحل

p=٨, a=٢ [wave winding], Z=١٢٠٠, n=٦٠٠ rpm, I_a=٦٠ A,

ϕ=٠,٠٢٢ wb, R_a=٠,٠٦Ω, R_{se}=٠,٠٤Ω, R_{sh}=٢٥٠Ω, P_i+P_{mech}=٣٥٠٠W

$$E_a = \frac{p}{2a}\phi Z\frac{n}{60} = \frac{8}{2}\cdot 0.022\cdot 1200\cdot\frac{600}{60} = ١٠٥٦ \quad V$$

$E_a=V_a+I_aR_a$

$V_a=E_a-I_aR_a$=١٠٥٦□٦٠(٠.٠٦)=١٠٥٢,٤ V

$$I_{sh} = \frac{V_{sh}}{R_{sh}} = \frac{V_a}{R_{sh}} = \frac{1052.4}{250} = ٤,٢١ \quad Amp.$$

$I_L=I_a-I_f$=٦٠ - ٤,٢١=٥٥,٧٩ A

$V_L=V_a-I_LR_{se}$=١٠٥٢,٤□٥٥,٧٩(٠,٠٤) =١٠٥٠,١٦ V

$P_{out}=V_LI_L$=١٠٥٠,١٦(٥٥,٧٩)=٥٨٥٨٩ W

$P_{cu}=I_a^2R_a+ I_L^2R_{se}+ I_{sh}^2R_{sh}$

=(٦٠)^2(٠,٠٦)+(٥٥,٧٩)^2(٠,٠٤)+(٤,٢١)^2(٢٥٠)=٤٧٧١,٥ W

$losses=P_{cu}+P_i+P_{mech}$=٤٧٧١,٥+٣٥٠٠=٨٢٧١,٥ W

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + Losses} = \frac{58589}{58589 + 8271.5} = 0.876 = 87.6\%$$

٢- ٣ مجالات الاستخدام لمولدات التيار المستمر

بالرغم من أن جميع أنواع مولدات التيار المستمر تستخدم بهدف توليد التيار المستمر إلا أن استخداماتها تختلف باختلاف نوع المولد.

- **مولدات التغذية المنفصلة** تصلح للأحمال التي تحتاج إلى جهود منخفضة ثابتة القيمة حيث لاتستطيع مولدات التوازي أن تحتفظ بحالة الاتزان، فتفشل في توليد المجال ذاتيا ولاتعطي الجهد المطلوب
- **مولدات التوازي** تصلح للأحمال التي تحتاج إلى جهود ثابتة القيمة على وجه التقريب وتنخفض انخفاضاً قليلاً مع زيادة الحمل ومن هذة التطبيقات: مولدات التيار المستمر التي تستخدم في شحن البطاريات، كما يستخدم في محطات القوى الكهربائية و يستخدم أيضاً في عمليات التحليل الكيميائي.
- **مولدات التوالي** لاتستخدم بكثرة وتستخدم عندما تكون مقاومة الحمل صغيرة جداً ويكون تيار الحمل كبيراً جداً ومن أمثلة ذلك مصابيح أقواس الكربون وعند عمل فرملة بإعادة التوليد في محركات التوالي المستخدمة كمحركات جر. كما يمكن أن تستخدم كإضافات في خطوط نقل القدرة الكهربائية المستخدمة في الجر الكهربائي حيث يمكن باستخدامها رفع أو خفض جهد نقطة معينة بإضافة جهد المولد أو طرحه على حسب قطبية التوصيل عند تلك النقطة.
- **المولدات المركبة التراكمية** تلقى الموالدات المركبة التراكمية رواجاً في الاستعمال أكثر من النوعين السابقين لأن منحنى خواصه يناسب جميع الأحمال التي تتطلب جهداً ثابتاً حيث يستفاد بالزيادة في الجهد المتولد عند التحميل في تعويض الفقد في الجهد على خطوط النقل وبالتالى يكون الجهد عند الحمل للجهد المتولد في حالة اللاحمل.
- **المولدات المركبة الفرقية** تستخدم في أعمال اللحام حيث يزداد التيار إلى درجة كبيرة بسبب احتمالات حدوث قصر في فترات متقاربة في فترة التشغيل، ونظراً لأن زيادة التيار تؤدي إلى هبوط الجهد بدرجة كبيرة مما يحدد تيار القصر فلا يتعدى قيمة معقولة يمكن تحديدها على حسب منحنى الخواص الخارجية للمولد.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

أسئلة وتمارين على الوحدة الثانية

١- اذكر أنواع آلات التيار المستمر من حيث طرق تغذية المجال.

٢- ما أنواع مولدات التيار المستمر ذاتية التغذية؟

٣- ما الفرق بين المولد المركب من النوع القصير والنوع الطويل؟ اكتب معادلات الجهد والتيار لكل نوع.

٤- ما الفارق بين المولد المركب التراكمي والمولد المركب الفرقي؟

٥- ما أنواع المولد المركب التراكمي؟

٦- اشرح منحنيات الخواص لمولد تيار مستمر أ- منفصل التغذية ب- توالي.

٧- مولد تيار مستمر منفصل التغذية، القوة الدافعة الكهربية المتولدة ٢٤٠ فولت عند سرعة دوران ١٠٠٠ لفة/دقيقة وتيار مجال ١,٢ أمبير. أوجد:

أ. القوة الدافعة إذا تغيرت السرعة إلى ١٢٠٠ لفة/دقيقة وتيار المجال إلى ١,١ أمبير.

ب. السرعة إذا كانت القوة الدافعة ٢١٠ فولت وتيار المجال ١,٢ أمبير .

ت. تيار المجال عند سرعة ١٢٠٠ لفة/دقيقة وقوة دافعة ٢٠٠ فولت.

٨- إذا كانت القوة الدافعة الكهربية المتولدة في مولد تيار مستمر منفصل التغذية ١٢٥ فولت، أوجد هذه القوة الدافعة إذا قلت السرعة إلى ٩٥٪ وازداد تيار المجال إلى ١١٠٪ من قيمهم المقننة عند جهد ١٢٥ فولت.

٩- مولد تيار مستمر منفصل التغذية قدرته ٣٠ كيلو.وات وجهده ٢٥٠ فولت، ومقاومة ملفات المنتج ١٢٥, أوم. أوجد تيار المنتج عند الجهد المقنن وقوة دافعة مقدارها ٢٦٥ فولت. وإذا انخفض تيار المنتج إلى ١٠٠ أمبير مع ثبوت القوة الدافعة المتولدة ، أوجد القدرة المغذية للحمل.

١٠- مولد تيار مستمر توازي ٨ أقطاب يحتوي على ٩٦٠ موصل وملفوف لفاً تموجياً، يدور بسرعة ٥٠٠لفة/دقيقة يغذي حمل ٦,٥ أوم عند جهد ٢٨٠ فولت فإذا كانت مقاومة المنتج ٢٥,. أوم ومقاومة ملفات المجال ١٧٥ أوم أوجد:

أ. تيار المنتج.

ب. القوة الدافعة الكهربية المتولدة.

ت. الفيض المغناطيسي لكل قطب.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

١١- مولد تيار مستمر توازي ٤ أقطاب، مقاومة المنتج وملفات المجال هى ٨,. أوم، ١٠٠ أوم على الترتيب، ويحتوي على ٣٠٠ موصل وملفوف لفاً انطباقياً، فإذا كان الفيض المغناطيسي لكل قطب ٠,٠٣ ويبر، ومقاومة الحمل ١٢ أوم وسرعة الدوران ١٠٠٠ لفة/دقيقة أوجد قدرة الخرج للمولد.

١٢- مولد مركب طويل ٤ أقطاب ملفوف لف انطباقياً يغذي حمل ٢٥ ك.وات عند جهد أطراف ٥٠٠ فولت، فإذا كانت مقاومة المنتج ٠,٠٣ أوم ومقاومة ملفات التوالي ٠,٠٤ أوم ومقاومة ملفات التوازي ٢٠٠ أوم أوجد: أ- القوة الدافعة الكهربية ب- عدد الموصلات إذا كانت سرعة الدوران ١٢٠٠ لفة/دقيقة والفيض المغناطيسي لكل قطب ٠,٠٢ ويبر.

١٣- مولد مركب قصير ٢٥٠ فولت يغذي حملاً بتيار مقداره ٨٠ أمبير فإذا كانت مقاومة المنتج، وملفات التوالي وملفات التوازي هي ٠,٠٥. أوم، ٠,٠٣ أوم، ١٠٠ أوم على الترتيب، أوجد القوة الدافعة الكهربية المتولدة.

١٤- مولد تيار مستمر توالي عندما يدور بسرعة ١٥٠٠ لفة/دقيقة يعطي تيار مقداره ٣٠ أمبير ويكون الجهد على أطرافه ١٥٠ فولت، كم سيكون الجهد على الأطراف إذا دار بسرعة ١٨٠٠ لفة/دقيقة وزاد التيار إلى ٦٠ أمبير؟ مع العلم بأن زيادة التيار إلى ٦٠ أمبير تزيد الفيض بمقدار ٥٠٪ وأن مقاومة المنتج والمجال هي ١ , أوم، ١٥,. أوم على الترتيب.

١٥- مولد مركب طويل يدور بسرعة ١٠٠٠ لفة/دقيقة ويغذي حمل ٢٥ ك. وات عند جهد ٢٥٠ فولت فإذا كانت مقاومة المنتج، وملفات التوالي وملفات التوازي هي ٠,٠٥ أوم ، ٠,٠٦ أوم ، ١١٠ أوم على الترتيب ،والكفاءة عند الحمل الكامل ٨٨٪ أوجد: أ- المفقودات النحاسية ب- المفقودات الحديدية والميكانيكية.

١٦- مولد تيار مستمر مركب قصير يدور بسرعة ١٠٠٠ لفة/دقيقة ويغذي حمل قدرته ٤٥ كيلووات عند جهد ٢٤٠ فولت، فإذا كانت مقاومة ملفات المنتج ٠,٠٥ أوم ومقاومة التوالي ٠,٠٢ أوم ومقاومة التوازي ٦٥ أوم احسب الكفاءة لهذا المولد إذا كانت المفقودات الحديدية والميكانيكية ٣٥٠٠ وات.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM