

جامعة المنارة

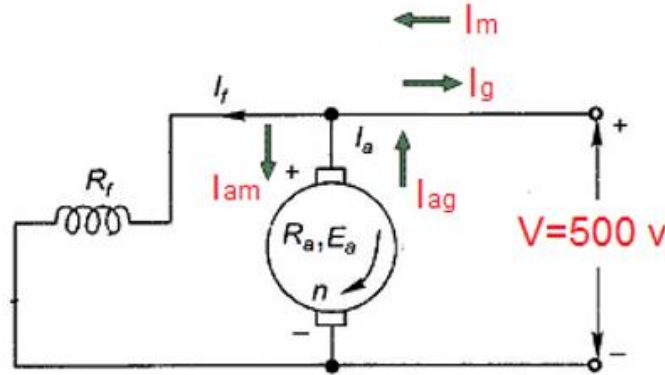


كلية الهندسة/قسم الميكاترونكس

عملي الآلات الكهربائية (المميزات الميكانيكية) جلسة آلات تيار مستمر

مسألة (1):

لدينا مولدة تيار مستمرة ذات تهييج تفرعي باستطاعة قدرها 100 Kw تدور بسرعة 800 r.p.m موصولة بشبكة كهربائية توترها 500 V. مقاومة ملف التهييج 100Ω وملف المتحرض $0,1 \Omega$. أحسب سرعة دوران الآلة كمحرك باستطاعة قدرها 100 Kw، ثم ارسم المميزات الميكانيكية الطبيعية للآلة في حالة العمل كمولدة وكمحرك.



الدائرة المكافئة للمثال المدروس في حالة العمل كمحرك وكمولدة

الحل:

١- في حالة العمل كمولدة : نحسب أولاً تيار التهيج من العلاقة التالية :

$$I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{500}{100} = 5 A$$

نحسب التيار المقدم إلى الشبكة الكهربائية من العلاقة التالية :

$$I_L = \frac{P}{V} = \frac{100000}{500} = 200 A$$

فيكون تيار المتحرض (التيار الخارج من المولدة) (الرمز g للمولدة و m للمحرك) :

$$I_{a.g} = I_f + I_L = 200 + 5 = 205 A$$

و القوة المحركة الكهربائية المتولدة :

$$E_{a.g} = V + I_a \cdot R_a = 500 + 205 \cdot (0,1) = 520,5 V$$

أما في حالة العمل كمحرك : يكون تيار المتحرض (التيار المسحوب من الشبكة) والقوة المحركة المتولدة :

$$I_{a.m} = I_L - I_f = 200 - 5 = 195 A \quad ; \quad E_{a.m} = V - I_a \cdot R_a = 480,5 V$$

بما أن الآلة تفرعية لذلك يكون تيار التهيج ثابت، وبالتالي فيض الآلة ثابت سواءً عند العمل كمحرك

أو كمولدة ($\phi_g = \phi_m$)، ومنه تكون نسبة القوى المحركة الكهربائية تساوي لنسبة السرعة :

$$\frac{E_{a.m}}{E_{a.g}} = \frac{n_m}{n_g} \rightarrow n_m = n_g \cdot \frac{E_{a.m}}{E_{a.g}} \rightarrow n_m = 738,5 \text{ r.p.m}$$

٢- لرسم المميمة الطبيعية للآلة في حالة العمل كمولد وكمحرك لابد من تحديد احداثيات نقطتين وهما:
 (T_n, ω_n) و $(0, \omega_0)$.

يعطى العزم الاسمي بدلالة الاستطاعة والسرعة الزاوية بالعلاقة الآتية :

$$T_n = \frac{P_n}{\omega_n} \quad ; \quad \omega_n = \frac{2\pi \cdot n_n}{60}$$

$$\omega_n = \frac{2\pi \cdot n_n}{60}$$

في حالة العمل كمولدة :

$$\omega_{ng} = \omega_n = \frac{2 * \pi * 800}{60} = 83,77 \text{ rad/sec}$$

$$T_{ng} = \frac{100000}{83,77} = 1193,66 \text{ N.m}$$

$$\omega_{0g} = \omega_{ng} * \frac{V}{V + I_{ag} \cdot R_a} = 80,47 \text{ rad/sec}$$

وفي حالة العمل كمحرك :

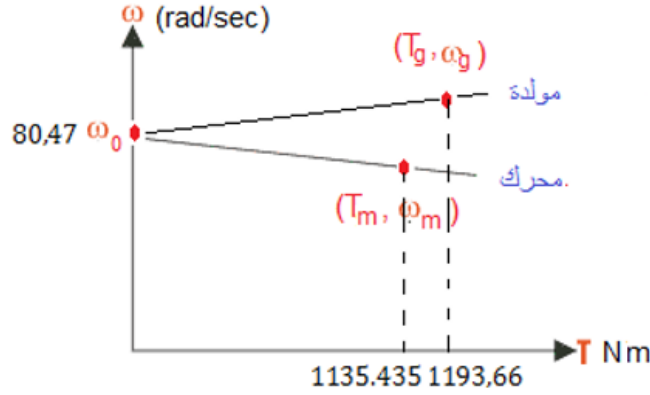
$$\omega_{nm} = \omega_n = \frac{2 * \pi * 738,5}{60} = 77,336 \text{ rad/sec}$$

نحسب عزم المحرك الاسمي من المساواة الآتية :

$$\frac{T_{nm}}{I_{nm}} = \frac{T_{ng}}{I_{ng}} \rightarrow T_{nm} = 1193,66 * \frac{195}{205} = 1135,435 \text{ N.m}$$

$$\omega_{0m} = \omega_{ng} * \frac{V}{V - I_{am} \cdot R_a} = 80,47 \text{ rad/sec}$$

بالاعتماد على احداثيات النقط السابقة يمكننا الآن رسم مميزة الآلة الميكانيكية عند عملها كمولدة وكذلك كمحرك.



المميزة الميكانيكية للمحرك والمولدة

مسألة (2):

محرك تيار مستمر ذو تهييج تفرعي يملك القيم الاسمية التالية:

$$V_n = 220 \text{ V}, I_n = 101 \text{ A}, P_n = 18 \text{ Kw}, n_n = 800 \text{ r.p.m}, R_a = 0,242 \Omega$$

والمطلوب رسم المميزة الميكانيكية الطبيعية والاصطناعية للمحرك عند اضافة مقاومة تسلسلية للمتعرض

قدرها $0,97 \Omega$.

الحل:

١- لرسم الممبزة الطبيعية نقوم بتحديد احداثيات نقطتين: الأولى توافق عمل المحرك على فراغ وهي $(T=0, n=n_0)$ والتي نحسبها من العلاقة الآتية :

$$n_0 = n_n * \frac{V}{V - I_{an} \cdot R_a} = 800 * \frac{220}{220 - 101.0,242} = 900 \text{ r.p.m}$$

فتكون احداثيات النقطة الاولى $(0, 900)$, وهي نفسها من أجل الاحداثيات الاصطناعية.

أما النقطة الثانية فهي الموافقة للحمولة الاسمية (T_n, n_n) .

$$T_n = 9,55 * \frac{P_n}{n_n} = 9,55 * \frac{18000}{800} = 214,875 \text{ N.m}$$

فتكون احداثيات النقطة الثانية للممبزة الطبيعية هي: $(214.8, 800)$.

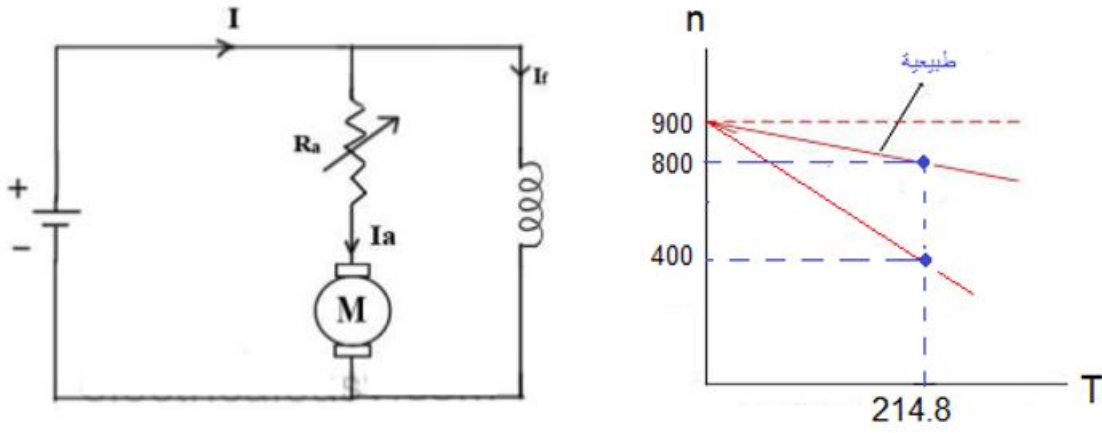
٢- لرسم الممبزة الاصطناعية يكفي تحديد احداثيات النقطة الثانية الموافقة لعمل المحرك عند الحمولة الاسمية (T_n, n_{nr}) . نقطة العمل على فراغ هي نقطة مشتركة لجميع المميزات لذلك يكفي أن نحسب السرعة الاسمية بعد اضافة المقاومة التسلسلية :

$$n_{nr} = n_0 \left[1 - \frac{I_n(R_a + R_r)}{V} \right] = 900 \left[1 - \frac{101(0,242 + 0,97)}{220} \right]$$

$$n_{nr} = 400 \text{ r.p.m}$$

نحدد النقطة ذات الأحداثيات $(214.8, 400)$.

يمكننا الآن رسم المميزتين الطبيعية والاصطناعية للمحرك على الشكل التالي :



الدائرة المكافئة والمميزتين الطبيعية والاصطناعية للمحرك التفرعي في المثال

مسألة(3):

لدينا محرك تيار مستمر ذو تجميع تفرعي يملك القيم الاسمية التالية :

$$V_n=250 \text{ V}, P_n=10 \text{ hp}, R_a=0,5 \Omega, R_f=250 \Omega$$

ويسحب تياراً قدره 5 أمبير عند العمل على فراغ، المطلوب :

- ١- حساب المردود الاسمي للمحرك.
- ٢- حساب استطاعة المحرك عند مردوده الأعظمي، وهل يمكن الحصول على هذه الاستطاعة ؟

الحل :

- ١- الاستطاعة المستهلكة على فراغ تمثل ضياعات المحرك الكلية على فراغ وهي :

$$P_o = \sum \Delta P_0 = V \cdot I_0 = 250 * (5) = 1250 W$$

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

$$I_{ao} = I_o - I_f = 5 - 1 = 4 A$$

وهو تيار المتحرض على فراغ.

نحسب الضياعات النحاسية للمحرك على فراغ :

$$\Delta P_{cuf} = 250 * (1) = 250 W$$

$$\Delta P_{cua} = 0,5 * (4)^2 = 8 W$$

يمكننا الآن حساب ضياعات المحرك الميكانيكية والحديدية الكلية :

$$\Delta P_{mec} + \Delta P_{Fe} = 1250 - (250 + 8) = 992 W$$

نحسب تيار المتحرض عند الحمل الكامل من المساواة التالية (معادلة توازن الاستطاعة) :

$$P_{in-n} = P_{out-n} + \Delta P_{cua} + \Delta P_{cuf} + \Delta P_{mec} + \Delta P_{Fe}$$

$$V \cdot (I_a + I_f) = (7460) + 0,5 * (I_a)^2 + 250 + 992 ; I_f = 1 A$$

ومنه نستنتج تيار المتحرض الاسمي :

$$I_a = 36,5 A$$

فيكون تيار المحرك الكلي المسحوب عند الحمل الكامل :

$$I = 36,5 + 1 = 37,5 A$$

فتكون استطاعة المحرك الاسمية :

$$P_{in-n} = 250 * (37,5) = 9375 W$$

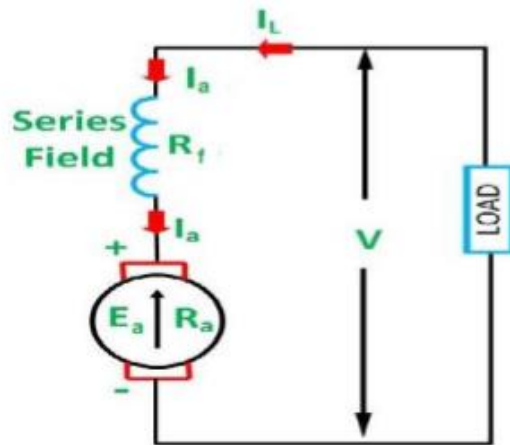
والمردود الاسمي :

$$\eta_n = \frac{P_{out-n}}{P_{in-n}} = \frac{7460}{9375} = 0,796$$

مسألة (4):

المطلوب استنتاج الميزة الميكانيكية الطبيعية لمحرك تيار مستمر ذي تهيج تسلسلي علماً بأن دارته المكافئة

موضحة بالشكل أدناه:



المعادلات الكهربائية والميكانيكية المميزة للمحرك المستمر ذي التهيج التسلسلي هي :

$$V_f = R_f \cdot I_f$$

$$I_L = I_f = I_a$$

$$V = E_a + (R_a + R_f).I_a$$

$$T_a = C_m \cdot \phi \cdot I_a$$

$$E_a = C_e \cdot \phi \cdot n$$

$$E_a = C_m \cdot \phi \cdot \omega$$

في المحرك التسلسلي يكون الفيض المغناطيسي تابع مباشرة لتيار الحمولة I_a ، باعتبار أن الآلة تعمل في المجال الخطي فقط :

$$\phi = \alpha \cdot I_a$$

يمكننا كتابة علاقة الجهد الكهربائي بالشكل الآتي :

$$V = C_e \cdot \phi \cdot n + (R_a + R_f).I_a$$

$$V = C_m \cdot \phi \cdot \omega + (R_a + R_f).I_a$$

$$n = \frac{V}{C_e \cdot \phi} - \frac{(R_a + R_f)}{C_e \cdot \phi} I_a$$

$$\omega = \frac{V}{C_m \cdot \phi} - \frac{(R_a + R_f)}{C_m \cdot \phi} I_a$$

المعادلتان الأخيرتان تمثلان المميزات الكهروميكانيكية الطبيعية لمحركات التيار المستمر التسلسلية، وهذه العلاقات هي علاقات غير خطية ومعقدة نسبياً نظراً لارتباط الفيض المغناطيسي بتيار الحمولة. إلا أننا ولتبسيط معادلات المميزات فرضنا سابقاً بأن العلاقة بين فيض الآلة المغناطيسي وتيار المتحرض هي علاقة خطية.

نظراً لارتباط الفيض المغناطيسي للمحرك ϕ مع تيار المتحرض I_a لذلك يمكننا كتابة معادلة عزم الآلة المستمرة على الشكل الآتي :

$$T_a = C_m \cdot \phi \cdot I_a = C_m \cdot \alpha \cdot I_a^2$$

ومنه فإن تيار المتحرض بدلالة العزم الكهربائي يعطى بالعلاقة الآتية :

$$I_a = \sqrt{\frac{T_a}{C_m \cdot \alpha}}$$

$$n = \frac{V}{C_e \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{T_a}{C_m \cdot \alpha}}} - \frac{(R_a + R_f)}{C_e \cdot \alpha}$$

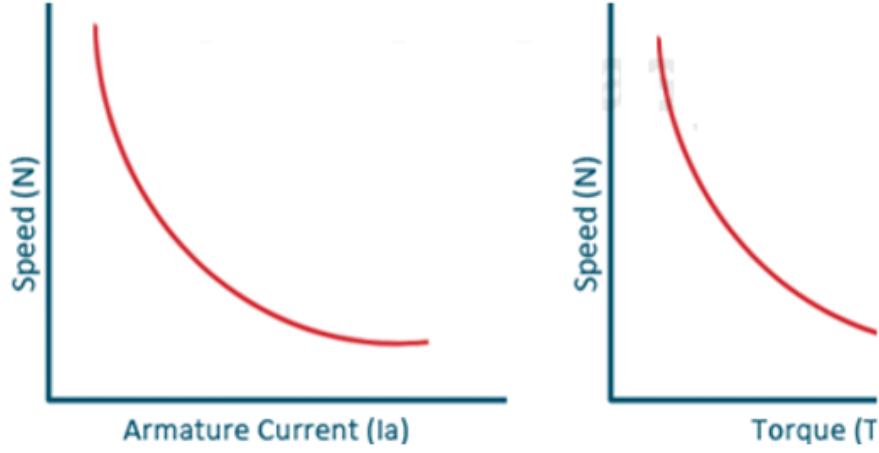
$$\omega = \frac{V}{C_m \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{T_a}{C_m \cdot \alpha}}} - \frac{(R_a + R_f)}{C_m \cdot \alpha}$$

المعادلتان الأخيرتان تمثلان معادلات المميزة الميكانيكية الطبيعية للآلة المستمرة التسلسلية، ونظراً لثبات العناصر $V, C_m, (R_a + R_f)$ و α فإن المعادلة السابقة يمكن إعادة كتابتها بالشكل المبسط

$$n = \frac{A}{\sqrt{T_a}} - B$$

$$A = \frac{V}{C_e} \sqrt{\frac{C_m}{\alpha}} \quad , \quad B = \frac{(R_a + R_f)}{C_e \cdot \alpha}$$

رياضياً فإن المعادلات المعبرة للمميزات الكهروميكانيكية والميكانيكية لها شكل قطع زائد يمكن تمثيله
بيانياً على الشكل :



إعداد: م. نزار سليمان – جامعة المنارة