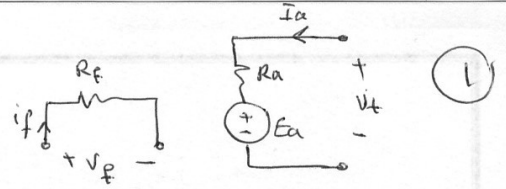


$R_a = 0.02 \Omega$

$128^V = E_a = V_t \leftarrow$ رجعت مدار از که جریان $I_t = I_a$ منفرجه است پس



* چون جهت حرکت نسبت به جهت رجعت مدار است و جهت رجعت مدار با جهت حرکت مخالف است پس E_a نیز با جهت رجعت مخالف است.

ا) $V_t = E_a + R_a I_a \rightarrow 128 = 128 + 0.02 I_a \rightarrow I_a = 150 A$

$P_{in} = V_t \cdot I_a = 128 \times 150 = 19.2 kW$

پس توان ابرج $P_{ar} = E_a \cdot I_a = 128 \times 150 = 19.175 kW \rightarrow T = \frac{E_a I_a}{\omega} = \frac{19.175 kW}{2\pi \times \frac{1200}{60}} = 59.17 \text{ (N.m)}$

در این حالت چون ولت ترسیم $V_t = 128^V$ از ولت $E_a = 128^V$ کمتر است پس موتور بار می کشد.

$V_t = E_a - R_a I_a \rightarrow I_a = \frac{128 - 128}{0.02} = 50 A$

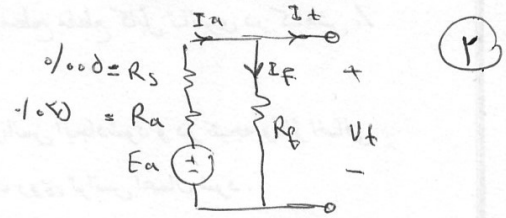
$P_{out} = V_t \cdot I_a = 128 \times 50 = 6.4 kW$, $P_{ar} = E_a I_a = 6.4 kW$

$T = \frac{6.4 kW}{2\pi \times \frac{1200}{60}} = 19.9 \text{ N.m}$

جریان نامی ترسیم $I_n = 400 A$, $i_f = 6V(A)$, $\omega = 1150 \text{ rpm}$

$\rightarrow V_t = ?$

جریان ابرج $I_a = I_t + I_f = 400 A + 61.7 A = 461.7 A$



جریان حرکتی $I_a = 461.7 A$

تعداد درجه سیم پیچ $I_a = I_f + \frac{N_s}{N_f} I_s$

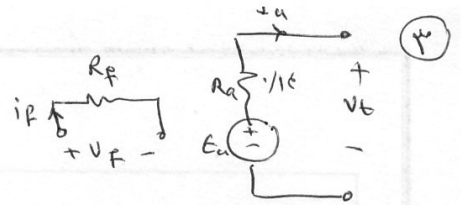
$\rightarrow I_f = 41.7 + \frac{4}{1150} 461.7 = 51.9 A \xrightarrow{\text{اصح}}$ $E_a = 274 (V)$

پس جهت موتور $51.9 A$ می کشد و ولت را در سرعت 1200 rpm تولید کند. و چون سرعت موتور 1150 rpm است پس باید ولت 274 را اصلاح کنیم. همین جهت حرکت را در سرعت 1150 rpm ولت 274 را اصلاح می کنند.

$\frac{E_a}{274} = \frac{1150 \text{ rpm}}{1200 \text{ rpm}} \rightarrow E_a = 262 (V)$

$V_t = E_a - (R_a + R_s) I_a = 251 (V)$

الف)
$$I_a = \frac{P_{out}}{V_t} = \frac{20 \text{ kW}}{200 \text{ V}} = 100 \text{ A}$$



ب) $\omega = 1200 \text{ rpm}, I_a = 100 \text{ A} \rightarrow P_{out, max} = ?$

$I_f = 1 \text{ A} \rightarrow E_a = 150 \text{ V} \rightarrow V_t = 150 + 0.14 \times 100 = 164 \text{ V}$
 $\rightarrow P_{out} = 164 \text{ (V)} \times 100 \text{ (A)} = 16.4 \text{ (kW)}$

$I_f = 2.5 \text{ A} \rightarrow E_a = 270 \text{ V} \rightarrow V_t = 284 \text{ V} \rightarrow P_{out} = 28.4 \text{ kW}$

ج) چون سرعت بار کم است 900 rpm و مشخصه در 1200 rpm داده شده پس باید
 و آن‌ها را با مقادیر متناسب در 900 rpm انتقال بدهیم.

$I_f = 1 \text{ A} \rightarrow E_{a, 1200} = 150 \text{ V} \rightarrow E_{a, 900} = \frac{900}{1200} \cdot 150 \text{ V} = 112.5 \text{ V}$
 $\rightarrow V_t = 124 \text{ V} \rightarrow P = 12.4 \text{ kW}$

$I_f = 2.5 \text{ A} \rightarrow E_{a, 1200} = 270 \text{ V} \rightarrow E_{a, 900} = 202.5 \text{ V} \rightarrow V_t = 214 \text{ V} \rightarrow$
 $P_{out} = 21.4 \text{ kW}$

$P_{out} = E_a I_a = E_a (V_t - E_a) / R_a \rightarrow P_{out} = \frac{E_a V_t}{R_a} - \frac{E_a^2}{R_a}$

که معادله درجه دوم در E_a داریم $\rightarrow E_a = \frac{V_t + \sqrt{V_t^2 - 4 P_{out} R_a}}{2}$

آنست که برای بدست آوردن توان خروجی و ولتاژ افت E_a مشخص شود.

$\frac{E_{a, max}}{E_{a, rated}} = \frac{P_{out, max}}{P_{rated}} \cdot \frac{\omega_{rated}}{\omega_{max}}$

و آنجا که $P_{out, max}$ و ω_{max} مشخص است پس ω_{rated}

$\omega_{max} = \omega_{rated} \cdot \frac{E_{a, max}}{E_{a, rated}}$

همواره ثابت است پس:

$\omega_{rated} = 1200 \text{ rpm}, V_t = 250 \text{ V}$
 $E_{a, rated} = 250 \text{ V} \rightarrow \omega = 1200 / 250 \cdot \left(\frac{250 + \sqrt{250^2 - 4 P_{out} \cdot 0.12}}{2} \right)$

آنند را به منبع سرعت و توان یعنی شده و از روی آن نمودار قابل رسم است.

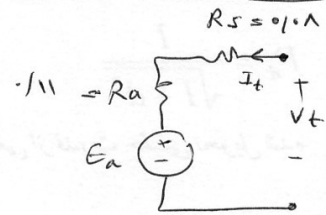
ب) رز آنجایی که رابطه منبع جریان حرکت و ولتاژ آری حرکت رابطه خطی است، پس میتوان نوشت:

$$I_f = \frac{E_a}{k}, \quad k = 150 \text{ V/A} \rightarrow$$

با جایگزینی این رابطه در رابطه تبدیل به جای E_a میتوان رابطه را برای I_f تعیین کرد.

در سرعت 960 rpm $\rightarrow V_t = E_a + (R_a + R_s) I_a$

$\rightarrow V_t = E_a = 220 - (0.19) \times 9.0 = 212.19 \text{ (V)}$



در سرعت 900 rpm
3. A

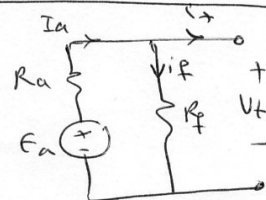
$\rightarrow E_a = 220 - (0.19) \times 3.0 = 214.13$

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_2} \cdot \frac{\omega_1}{\omega_2} \rightarrow \frac{212.19}{214.13} = \frac{0.19 \Phi_0}{\Phi_0} \cdot \frac{\omega_1}{975 \text{ rpm}}$$

$\omega_1 = 2160 \text{ (rpm)}$

در حالت (NL): $V_t = 220 \text{ V}$, $\omega = 2180 \text{ rpm}$, $I_a = 4.25 \text{ A}$

در حالت (FL): $V_t = 220 \text{ V}$, $I_a = 118 \text{ A}$, $\omega = ?$, $\Phi = 1.94 \Phi_{NL}$



در حالت (NL): $E_a = 220 - 4.25(0.19) = 219.13 \text{ (V)}$

در حالت (FL): $E_a = 220 - 118 \times 0.19 = 217.68 \text{ (V)}$

$$\frac{E_{aFL}}{E_{aNL}} = \frac{\Phi_{FL}}{\Phi_{NL}} \cdot \frac{\omega_{FL}}{\omega_{NL}} \rightarrow \frac{217.68}{219.13} = \frac{1.94 \Phi_{NL}}{\Phi_{NL}} \cdot \frac{\omega_{FL}}{2180 \text{ rpm}}$$

$\omega_{FL} = 2148 \text{ (rpm)}$

✓

(الف)

$$E_a = \frac{N_1}{a} e_t \Rightarrow \frac{E_{a_1}}{E_{a_2}} = \frac{N_1 a_2}{N_2 a_1} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{120}{240} \Rightarrow a_1 = 2a_2$$

و این در صورتی امکان پذیر است که ماشین اول به صورت حلقوی (Lap) و ماشین دوم به صورت حلقوی سیم پیچی شود.

(ب)

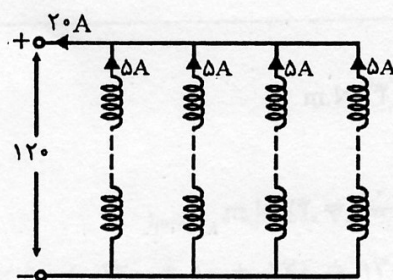
$$\text{ماشین اول: } \frac{N_1}{4} e_t = 120 \Rightarrow \frac{N_1}{4} \times 4 = 120 \Rightarrow N_1 = 120 \text{ (تعداد کلاف های ماشین اول)}$$

$$\text{ماشین دوم: } \frac{N_2}{2} e_t = 240 \Rightarrow \frac{N_2}{2} \times 4 = 240 \Rightarrow N_2 = 120 \text{ (تعداد کلاف های ماشین دوم)}$$

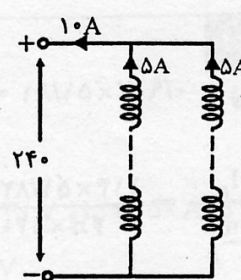
(ج) با توجه به شکل های زیر:

$$P_1 = 120 \times 20 = 2400 \text{ KW}$$

$$P_2 = 240 \times 10 = 2400 \text{ KW}$$



اتصال الکتریکی آرمیچر
ماشین اول



اتصال الکتریکی آرمیچر
ماشین دوم

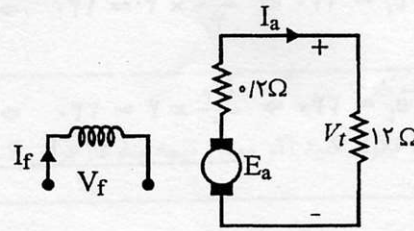
(الف)

$$I_f = 0.8 \text{ A} \Rightarrow E_a = 114 \text{ V} \Rightarrow K_a \phi = \frac{E_a}{\omega_m} = \frac{114}{\frac{(2\pi \times 1200)}{60}} = 0.907 \text{ V/rad.s}$$

(ب) از جدول:

$$I_f = 0.8 \Rightarrow E_a = 114 \text{ (از جدول)}$$

$$E_a = R_a I_a + V_t \Rightarrow I_a = \frac{114}{0.2 + 2} = \frac{114}{2.2} = 51.82 \text{ A}$$



(ج)

$$T = K \phi I_a = 0.907 \times 51.82 = 47 \text{ N.m}$$

و یا

$$T = \frac{E_a I_a}{\left(\frac{2\pi n}{60}\right)} = \frac{114 \times 51.82 \times 0.01}{2\pi \times 1200} = 47 \text{ N.m}$$

$$P_L = R_L I_a^2 = 2 \times 51.82^2 = 5370.6 \text{ W (توان تحویلی به بار)}$$

(الف) ماکزیمم ولتاژ در سرعت ثابت هنگامی است که جریان تحریک ماکزیمم شود و این در وضعیتی رخ می‌دهد که رثوستا در صفر تنظیم شود و برعکس مینیمم ولتاژ هنگامی است که جریان تحریک مینیمم باشد و این در وضعیتی که رثوستا در ماکزیمم مقدارش (150 Ohm) تنظیم شود، لذا در شرایط بی‌باری:

$$I_{fmax} = \frac{120}{100 + 0} = 1.2 \text{ A} \xrightarrow{\text{از جدول}} E_{amax} = 125 \text{ V} = V_{tmax}$$

$$I_{fmin} = \frac{120}{100 + 150} = 0.48 \text{ A} \xrightarrow{\text{از جدول}} E_{amin} = 90.2 \text{ V} = V_{tmin}$$

(ب)

$$E_a = V_{tNL} = 120 \text{ V} \Rightarrow I_f = 1 \text{ A} \Rightarrow R_{fc} + R_{fw} = \frac{120}{1 \text{ A}} = 120 \text{ Ohm} \Rightarrow R_{fc} = 20 \text{ Ohm}$$

■ بدون در نظر گرفتن واکنش آرمیچر:

$$I_a = 50 \text{ A} \Rightarrow V_t = E_a - R_a I_a \Rightarrow V_t = 120 - 0.2 \times 50 = 110 \text{ V}$$

■ با در نظر گرفتن واکنش آرمیچر:

$$I_{feff} = I_f - I_{f(Ar)} = 1 \text{ A} - 0.1 \text{ A} = 0.9 \text{ A} \xrightarrow{\text{از جدول}} E_a = 117.5 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_t = E_a - R_a I_a = 117/5 - 10 = 107/5 \text{ V}$$

-۱۰

(الف)

$$I_{a1} = 7 \text{ A} \Rightarrow E_{a1} = 240 - 0.75 \times 7 = 235/5 \text{ V}$$

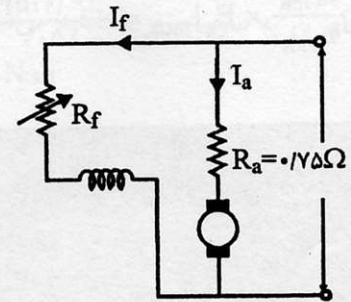
$$T = K\phi I_a \propto n$$

$$\text{مدار خطی فرض می شود} \Rightarrow \frac{I_{f2}}{I_{f1}} \times \frac{I_{a2}}{I_{a1}} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\text{از طرفی: } \frac{E_{a2}}{E_{a1}} = \frac{I_{f2}}{I_{f1}} \times \frac{n_2}{n_1} = \frac{I_{f2}}{I_{f1}} \times \left(\frac{I_{f2}}{I_{f1}} \times \frac{I_{a2}}{I_{a1}} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{E_{a2}}{E_{a1}} = \left(\frac{I_{f2}}{I_{f1}} \right)^2 \cdot \frac{I_{a2}}{I_{a1}} \Rightarrow \frac{240 - 0.75 I_{a2}}{235/5} = 0.7^2 \frac{I_{a2}}{6}$$

$$\Rightarrow I_{a2} = 12/0.1 \Rightarrow n_2 = 0.7 \times \frac{12/0.1}{6} \times 1200 = 1681/47 \text{ rpm}$$



(ب) همان طور که در قسمت (الف) معین شده است:

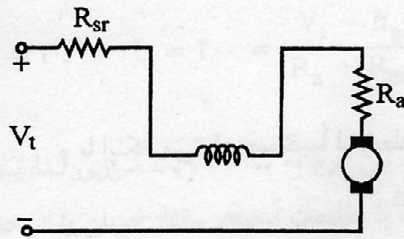
$$I_t = I_{a2} + I_{f2} = 12/0.1 + 0.7 = 127/1 \text{ A}$$

$$E_{a2} = 240 - 0.75 \times 12/0.1 = 230/99 \text{ V} \Rightarrow \text{توان حاصله} = 2774/22 \text{ W}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P_{\text{out}} = E_{a2} I_{a2} - P_{\text{rot}} = 2624/22 \\ P_{\text{in}} = V_t (I_{a2} + I_{f2}) = 240 \times 127/1 = 3050/4 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{Eff} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{2624/22}{3050/4} = 0.8602 \Rightarrow \% \text{Eff} = \%86/02$$

-۱۱



(الف) در حالت سکون، $E_a = 0$ ، لذا:

$$R_a + R_{sr} = \frac{5V}{5A} = 1\Omega$$

سیستم مغناطیسی، خطی فرض می‌شود:

$$T = K_1 I_a^2 \Rightarrow 5 = K_1 \times 25 \Rightarrow K_1 = \frac{1}{5}$$

$$I_a = 10A \Rightarrow T = \frac{1}{5} I_a^2 \Rightarrow T = \frac{1}{5} \times 100 = 20 \text{ N.m}$$

(ب)

$$\text{توان حاصله} = T\omega = 20 \times 2\pi \times \frac{300}{60} = 628/32W = E_a I_a$$

$$\Rightarrow E_a = \frac{628/32}{10} = 62/832V \Rightarrow R_{tot} = \frac{V_t - E_a}{I_a} = \frac{120 - 62/832}{10} = 5/717\Omega$$

$$\Rightarrow R_{aqd} + R_{sr} + R_a = 5/41 \Rightarrow R_{ad} = 4/717\Omega$$

لذا مقاومت R_{ad} بین منبع و موتور قرار دارد و جریان را محدود کرده است.

(الف)

$$N = 1500 \text{ rpm} \Rightarrow n = \frac{2\pi N}{60} = 157/0.8 \text{ rad/sec}$$

$$\begin{cases} \text{معادله ولتاژ: } 600 = (K\phi) 157/0.8 + 0/5 I_a \\ \text{معادله گشتاور: } 300 = (K\phi) I_a \end{cases}$$

$$\Rightarrow 0/5 I_a^2 - 600 I_a + 47124 = 0 \Rightarrow \begin{cases} I_a = 84/488A \\ K\phi = 3/55 \text{ V/rad/sec} \end{cases}$$

(ب)

در این حالت نیز باید ماشین بتواند گشتاور 300 N.m را تولید کند.

$$T = (K\phi) I_a \Rightarrow 300 = 0/9 \times 3/55 \times I_a \Rightarrow I_a = 93/896A$$

و از معادله ولتاژ داریم:

$$E_a = 600 - 0/5 \times 93/896 = 553/0.516$$

$$E_a = (K\phi)\omega \Rightarrow 553/0.516 = 0/9 \times 3/55 \times \omega \Rightarrow \omega = 173/0.99 \text{ rad/sec}$$

$$\Rightarrow n = 1652/97 \text{ rpm}$$

(الف)

$$E_a = V_t - R_a I_a = 230 - 0.2 \times 200 = 190 \text{ V}$$

$$P_{\text{ind}} = E_a I_a = 190 \times 200 = 38000 \text{ W}$$

(ب)

$$P_{\text{out}} = E_a I_a - P_{\text{rot}} = 38000 - 500 = 37500 \text{ W}$$

لذا گشتاور بار به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Rightarrow T_{\text{out}} = \frac{P_{\text{out}}}{\omega_m} = \frac{37500}{2\pi \left(\frac{1200}{60}\right)} = 298.41 \text{ N.m}$$

(ج)

$$\begin{cases} P_{\text{in}} = V_t (I_a + I_f) = 230 \times (200 + 2) = 46460 \text{ W} \\ P_{\text{out}} = 37500 \text{ W} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{Eff} = \frac{37500}{46460} = 0.807 \Rightarrow \% \text{Eff} = 80.71\%$$