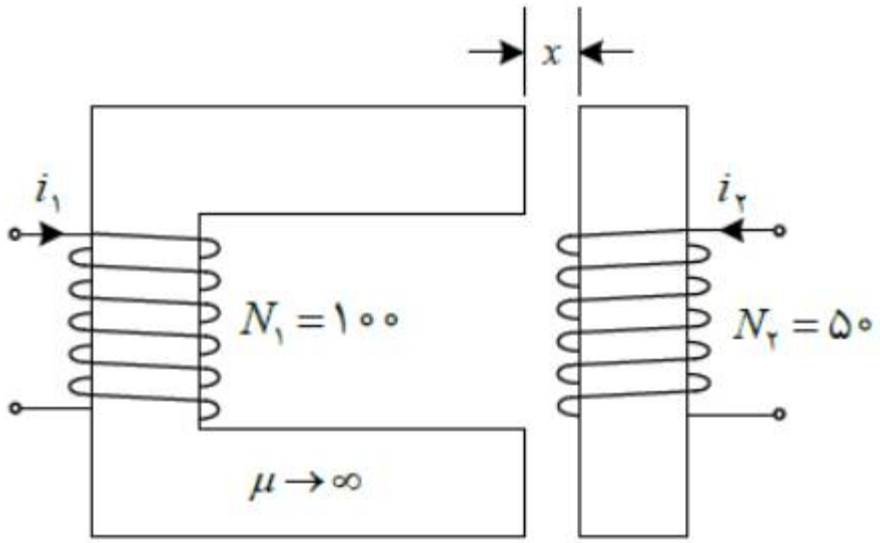
مسئله ۱- ساختار مغناطیسی شکل روبرو مفروض است. هسته ایده‌آل بوده و از شار نشتی و اثر پراکندگی صرفنظر می‌شود. سطح مقطع مسیر عبور شار ۱۰ سانتی متر مربع است.

الف) اندوکتانس‌های خودی و متقابل را بر حسب x محاسبه نمایید.

ب) اگر $i_1 = ۱۰\ \text{A}$ و $i_2 = ۲۰\ \text{A}$ باشد، نیروی ایجاد شده در فاصله $x = ۲\text{mm}$ را محاسبه کنید.



(1) الف)

$$L_{11} = \frac{N_1^2}{\mathcal{R}_{(m)}} = \frac{100^2}{\frac{2\pi}{\mu_0 \times 10 \times 10^{-4}}} = \frac{5\mu_0}{\pi}$$

$$L_{22} = \frac{N_2^2}{\mathcal{R}_{(m)}} = \frac{50^2}{\frac{2\pi}{\mu_0 \times 10 \times 10^{-4}}} = \frac{5\mu_0}{4\pi}$$

$$L = \begin{bmatrix} \frac{5\mu_0}{\pi} & \frac{5\mu_0}{2\pi} \\ \frac{5\mu_0}{2\pi} & \frac{5\mu_0}{4\pi} \end{bmatrix}$$

$$L_{12} = L_{21} = \frac{N_1 N_2}{\mathcal{R}_{(m)}} = \frac{100 \times 50}{\frac{2\pi}{\mu \times 10 \times 10^{-4}}} = \frac{5\mu_0}{2\pi}$$

ب)

$$F = \frac{1}{2} \frac{dL_{11}}{dx} i_1^2 + \frac{1}{2} \frac{dL_{22}}{dx} i_2^2 + \frac{dL_{12}}{dx} i_1 i_2$$

$$F = \frac{1}{2} \times \left(\frac{-5\mu_0}{\pi^2}\right) \times 10^2 + \frac{1}{2} \times \left(\frac{-5\mu_0}{4\pi^2}\right) \times 20^2 + \left(\frac{-5\mu_0}{2\pi^2}\right) \times 10 \times 20$$

(علامت منفی بیانگر جاذبه است)

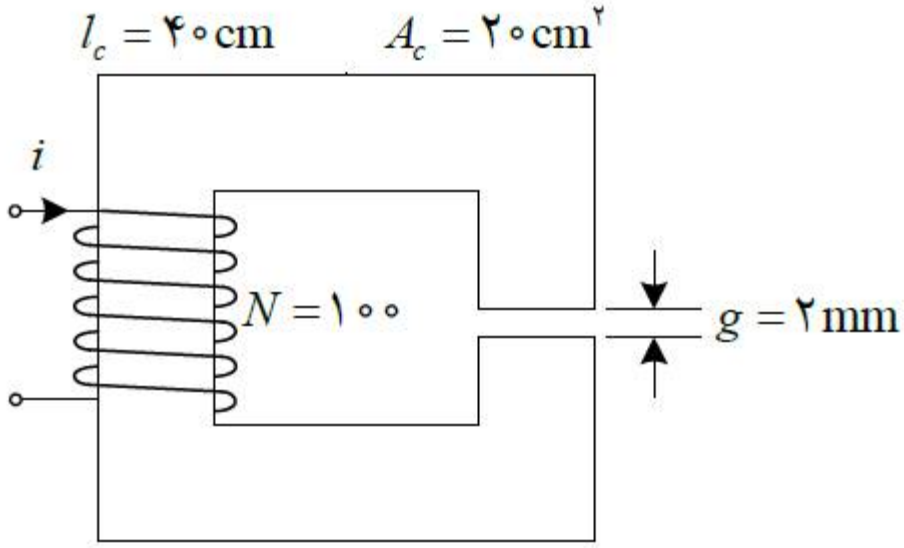
$$F = -1256.6 \ N$$

مسئله ۲- فرض کنید مشخصه B-H یک ماده فرومغناطیسی با استفاده از رابطه $B = \frac{۱/۸H}{۲۰۰+H}$ قابل بیان باشد. از این ماده مغناطیسی یک ساختار به صورت شکل زیر ایجاد شده است.

از اثر شار نشتی و پراکندگی صرفنظر می‌شود.

الف) برای ایجاد چگالی شار ۱ تسلا چند آمپر جریان باید از سیم‌بندی عبور کند؟

ب) میزان انرژی مغناطیسی ذخیره شده در سیستم چقدر است؟



$Ni = H_c l_c + H_g l_g \qquad H_g = \frac{B_g}{\mu_0} = 7.96 \times 10^5$ Atm (ب) (٢)

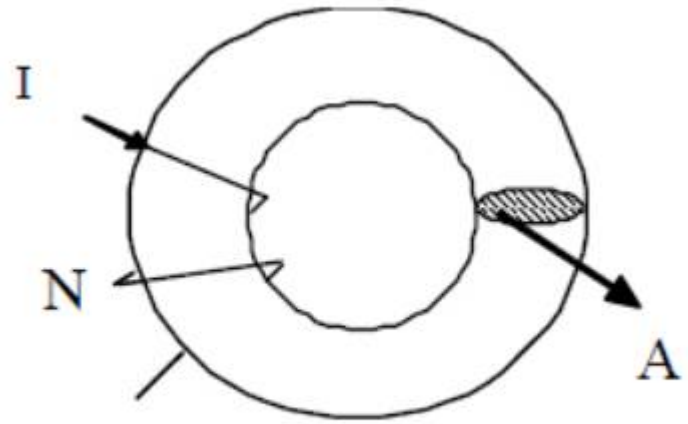
$B_c = 1 = \frac{1.8}{200 + H_c} \Rightarrow H_c = 250$ Atm

$\Rightarrow 100 i = 250 \times 0.4 + 7.96 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} \Rightarrow i = 16.92$ A

$W_{f_c} = \left(\int H\,dB\right) \times f^3 \quad \text{or} \quad W_{f_c} = \left(HB - \int B\,dH\right) \times f^3$ ←

$W_{f_c} = \left(250 \times 1 - \int_0^{250} \frac{1.8H}{200+H} dH\right) \times 40 \times 10^{-2} \times 20 \times 10^{-4} = 73.5$ mJ

یک مدار مغناطیسی چنبره ای شکل مفروض است شعاع متوسط ۲۵ سانتی متر وسطح مقطع $3cm^2$ می‌باشد تعداد دور سیم پیچ ۶۰۰ دور و جریان مستقیم عبوری از آن A ۱,۵ می‌باشد. ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی نسبی هسته ۱۵۰۰ است



مطلوب است :

الف- مقاومت مغناطیسی هسته

ب – MMF و H دراین مدار مغناطیسی

ج- شار و چگالی شار در هسته چنبره

$$R = \frac{\ell_{av}}{\mu A} = \frac{2\pi r_{av}}{\mu A}$$

$$= \frac{2\pi(0.25)}{1500 \times 40 \times 10^{-7} \times 3 \times 10^{-4}} = 2.78 \times 10^{6} \quad (At/wb)$$

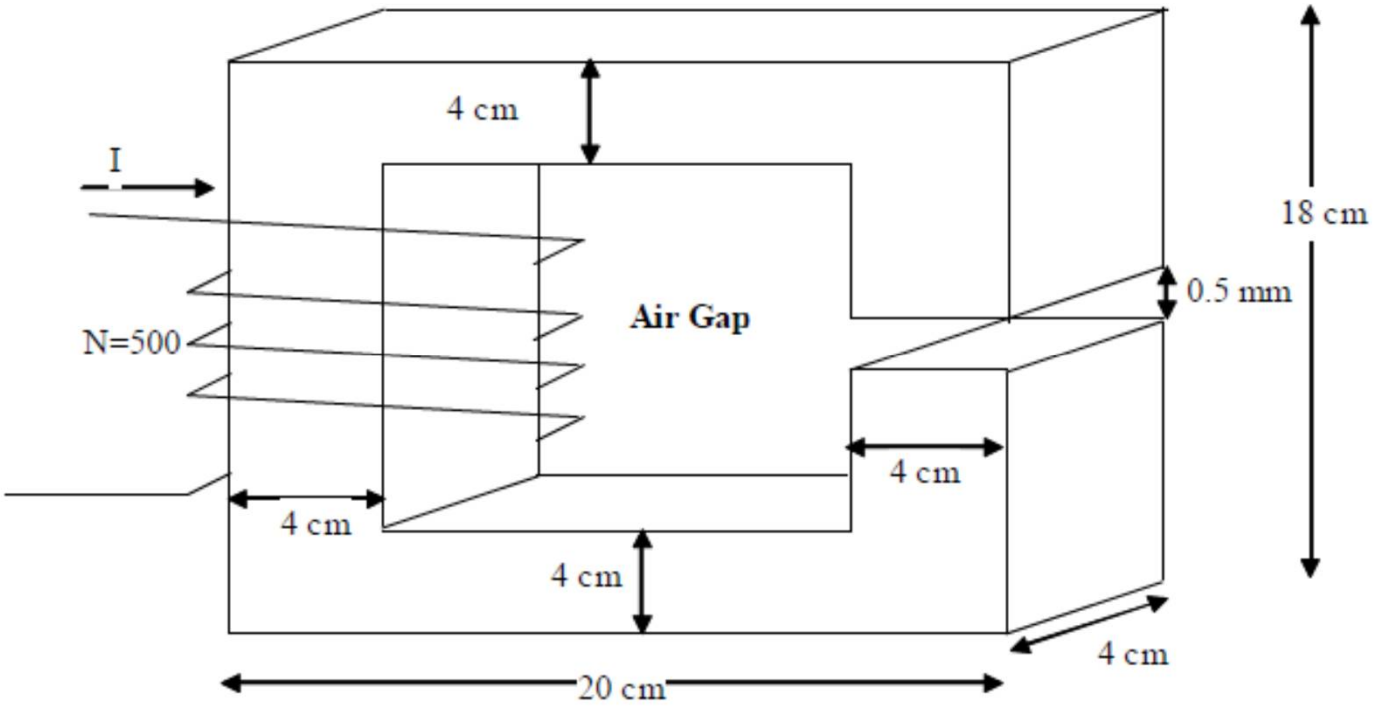
$$F = NI = 600(1.5) = 900\,At$$

$$H = \frac{NI}{\ell_{av}} = \frac{900}{2\pi(0.25)} = 572.96 \quad (At/wb)$$

$$\phi = \frac{F}{R} = \frac{900}{2.78 \times 10^{6}} = 3.24 \times 10^{-4} \quad (wb)$$

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{3.24 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-4}} = 1.08\ (T)$$

در شکل روبرو جریان سیم پیچی را حساب کنید.



$\ell i = 2(16+14) + 60\ \text{cm} = 0.6\ \text{m}$

$\ell g = 0.5\times 10^{-3}\ \text{m}$

$A_i = A_g = 16\times 10^{-4}\ \text{m}^{-2}$

$$R_g = \frac{\ell g}{\mu_0 A_g} = \frac{0.5\times 10^{-3}}{(4\pi\times 10^{-7})(16\times 10^{-4})} = 248.68\times 10^3$$

$$R_i = \frac{\ell_i}{\mu_0 \mu_r A_i} = \frac{0.6}{(4\pi\times 10^{-7})(3980)(16\times 10^{-4})}$$

$$= 74.979\times 10^3 .$$

$$\phi = BA = (1)(16\times 10^4) = 1.6\times 10^{-3}\ \text{wb}$$

$$F = (R_g + R_i)\phi = 5/7.85\text{At}$$

$$F = NI \Rightarrow I = \frac{5/7.85}{500} = 1.0357\text{A}$$

۳- یک ژنراتور DC کمپوند، ۱۰ کیلو وات توان را تحت ولتاژ ۲۰۰ ولت تحویل بار می‌دهد.

مشخصات ژنراتور به شرح زیر است:

$R_a + R_s = ۰/۱\ \Omega$ $\qquad$ $R_f = ۲۰۰\ \Omega$

$P_{rot} = ۸۰۰\ \mathrm{W}$ $\qquad$ $n_m = ۳۰۰۰\ \mathrm{rpm}$

مطلوبست محاسبه:

الف) بازدهی ژنراتور $\qquad$ ب) گشتاور ورودی به ژنراتور $\qquad$ ج) گشتاور تبدیلی در آرمیچر

$I_t = \frac{10\,000}{200} = 50^{A}$ $\quad I_a = 51^{A}$ $\quad I_f = 1^{A}$

$E_a = 200 + 0.1 \times 51 = 205.1^{V}$ ربط

$P_{in} = 205.1 \times 51 + 800 = 11260^{W}$

$\eta = \frac{10000}{11260} = 88.81\ \%$

$T_a = \frac{205.1 \times 51}{\frac{3000}{60} \times 2\pi} = 33.30^{N.m}$ ج/ز

$T_{sh} = 35.84^{N.m}$ ب/

۵- یک موتور DC سری ۲۰۰ ولتی با مقاومت کل $R_a + R_s = ۰/۲۵\ \Omega$ مفروض است.

این موتور توسط یک منبع ولتاژ ۲۰۰ ولتی تغذیه شده

در حالت کار عادی به هنگام چرخاندن یک بار مکانیکی با گشتاور ثابت،۵۰ آمپر جریان می‌کشد.

مشخصه مغناطیسی موتور را خطی فرض کنید.

الف) حداکثر مقاومت راه اندازی اولیه مورد نیاز برای راه اندازی بار مکانیکی فوق چقدر است؟

ب) اگر در حالت کار عادی ولتاژ تغذیه به ۱۸۰ ولت کاهش یابد، سرعت موتور چند درصد تغییر خواهد داشت؟

$$50 = \frac{200}{0.25 + R_1} \Rightarrow R_1 = 3.75^{A}$$

الجزء

ب-

$$I_a = 50^{A} \longrightarrow E_{a_2} = 180 - 50 \times 0.25 = 167.5^{V}$$

$$E_{a_1} = 200 - 50 \times 0.25 = 187.5^{V}$$

$$n_2 = \frac{167.5}{187.5} \times 1 \times n_1 = 0.89 \times 33 \longrightarrow 10.67\%$$

Sec 6

۲- یک موتور DC تحریک مستقل ۲۵۰ ولتی چهار قطبی با سیم پیچی هم پوشان (Lap winding) از نوع دوگانه با ۳۲ کلاف ۱۰ دوری در آرمیچر و شار تحریک ۲۰ میلی وبر در زیر هر قطب مفروض است. مقاومت هر کلاف ۰/۴ اهم است.

موتور در بی‌باری و در بار کامل به ترتیب ۳ امپر و ۶۰ امپر از منبع ۲۵۰ ولتی جریان می‌کشد.

در بار کامل عکس العمل آرمیچر ۵ درصد از شار ماشین را کاهش می‌دهد. مطلوبست محاسبه:

الف) سرعت موتور در بی‌باری

ب) سرعت موتور در بار کامل

ج) گشتاور تولیدی آرمیچر در شرایط نامی

(ب)

$R_a = \frac{0.16}{8} = 0.2$ (٣) $a = 2 \times 4 = 8$ (١)

$k_a = \frac{NP}{\pi a} = \frac{320 \times 4}{\pi \times 8} = 50.93$ (٢)

$\omega_m = \frac{249.4}{50.93 \times 20\pi \times 10^{-3}} = 244.85$ (٢) rad/s $n_m = 2338$ rpm

أو

$\omega_m = \frac{238}{50.93 \times 20\pi \times 10^{-3} \times 0.95} = 245.95$ rad/s

$n_m = 2349$ rpm

2.

$T_a = \frac{238 \times 60}{233.65} = 58.06$ N.m

۱- یک موتور شنت ۲۵۰ V وقتی در حالت بی‌باری با سرعت ۱۴۴۰ دور بر دقیقه می‌چرخد، ۱۰ A جریان می‌گیرد. مقاومت آرمیچر و مدار تحریک به ترتیب ۰/۲ Ω و ۱۲۵ Ω است.

الف) بازدهی و سرعت موتور را در شرایطی محاسبه نمایید که ۲۰۲ A از منبع جریان دریافت می‌کند. در این شرایط عکس العمل آرمیچر ۵ درصد از شار ماشین را کاهش می‌دهد.

ب) بازده همین ماشین را در شرایطی حساب کنید که به صورت ژنراتوری عمل کرده و جریان بار ۱۹۸ A را در ولتاژ ۲۵۰ ولت تأمین نماید.

$P_{out} = E_a I_a$ ①

$E_{a_{NL}} = 250 - (10-2) \times 0.2 = 248.4^{V}$

$E_{a_{FL}} = 250 - (202-2) \times 0.2 = 210^{V}$

$n_{FL} = \frac{E_{aFL}}{E_{aNL}} \times \frac{\phi_{NL}}{\phi_{FL}} \times n_{NL} = \frac{210}{248.4} \times \frac{1\phi_{NL}}{0.95\phi_{NL}} \times 1440$

$n_{FL} = 1281.46^{rpm}$

$P_{cu} = E_{aNL} \times I_{a_{NL}} = 8^{A} \times 248.4^{V} = 1987.2^{W}$

$P_{sh} = \frac{250^2}{125} = 500\ W$

$P_{cua} = R_a I_{a_{FL}}^2 = 0.2 \times 200^2 = 8000^{W}$

$P_{in} = 202 \times 250 = 50500^{W}$

$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{50500 - 8000 - 500 - 1987.2}{50500} \times 100 = 79.23\%$

$I_a = 198^{A} + 2^{A} = 200^{A}$ $P_{cua} \rightarrow$ الثابت

$P_{out} = 1987.2^{W}$ $P_{sh} = 500^{W}$

$P_{out} = 198^{A} \times 250^{V} = 49500$

$\eta = \frac{49500}{49500 + 8000 + 500 + 1987.2} \times 100 = 82.52\%$

۲- یک موتور DC سری ۲۰۰ ولتی با مقاومت آرمیچر ۰/۱۵ Ω و

مقاومت مدار تحریک ۰/۲۵ Ω مفروض است. منحنی مشخصه این

موتور در سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به صورت $E_a = \frac{۲۰I_a}{۱+۰/۰۸I_a}$ قابل بیان است.

الف) اگر این موتور در حالت بی‌باری ۵ آمپر از منبع جریان بکشد سرعت آن را محاسبه نمایید.

ب) اگر جریان راه اندازی به ۲۰۰ آمپر محدود شده باشد، گشتاور راه اندازی موتور را محاسبه نمایید.

$E_a = \frac{20 I_a}{140.08 I_a} \frac{n_m}{4000}$ $E_{a_1} = 198$ n_2 (٢)

$I_{a_1} = 5$ $E_{a_1} = 71.43$ $n_1 = 4000$

$E_a = 200^{V} - 5^{A} \times 0.4^{\Omega} = 198^{V}$ (ب)

$\Rightarrow 198 = \frac{20 \times 5}{140.08 \times 5} \times \frac{n_m}{4000} \Rightarrow n_m = 11088^{rpm}$

$T = \frac{E_a I_a}{\omega_m} = \frac{20 I_a}{140.08 I_a} \times I_a \times \frac{n_m}{4000} \times \frac{1}{\frac{n_m}{60} \times 2\pi}$ ←

یک موتور DC سری دارای مقاومت آرمیچر ۰/۵ اهم و مقاومت میدان ۱/۵ اهم است. این موتور یک بار را در سرعت ۱۲۰۰ دور بر دقیقه می‌چرخاند و جریان کشیده شده از ولتاژ ترمینال ۲۲۰ ولت، برابر با ۲۰ آمپر است. اگر تلفات چرخشی ۱۵۰ وات باشد، توان خروجی و بازده موتور را به دست آورید.

حل: توان ورودی موتور برابر است با:

$$P_{in} = V_T I_a = 220 \times 20 = 4400\,\mathrm{W}$$

ولتاژ القایی نیز به صورت زیر به دست می‌آید:

$$E_b = V_T - (R_f + R_a) I_a = 180\,\mathrm{V}$$

توان تحویلی به آرمیچر را نیز می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$P_{dev} = E_b I_a = 180 \times 20 = 3600\,\mathrm{W}$$

توان تحویلی به بار نیز برابر است با:

$$P_{out} = P_{dev} - P_{rot} = 3600 - 150 = 3450\,\mathrm{W}$$

در نهایت، بازده به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = 78.41\%$$

یک موتور DC شنت با ولتاژ ۲۳۰ ولت و توان ۱۰ **اسب بخار**، توانی را به باری در سرعت ۱۲۰۰ دور بر دقیقه تحویل می‌دهد. جریان کشیده شده آرمیچر ۲۰۰ آمپر است. مقاومت مدار آرمیچر ۰/۲ اهم و مقاومت سیم‌پیچی میدان ۱۱۵ اهم است. اگر تلفات چرخشی ۵۰۰ وات باشد، مقدار گشتاور بار چقدر است؟

حل: نیروی ضد محرکه الکتریکی در آرمیچر برابر است با:

$$E_b = V_T - I_a R_a = 230 - 0.2 \times 200 = 190\,\mathrm{V}$$

توان تولیدی در روتور به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{dev} = E_b I_a = 190 \times 200 = 38000\,\mathrm{W}$$

توان تحویلی به بار نیز به صورت زیر به دست می‌آید:

$$P_{load} = P_{dev} - P_{rot} = 38000 - 500 = 37500\,\mathrm{W}$$

گشتاور بار از رابطه $T_{load} = P_{load}/\omega_m$ قابل محاسبه است. سرعت $\omega_m = 2\pi N/60$ بوده که در آن، N سرعت برحسب دور بر دقیقه است. در نتیجه، گشتاور بار برابر است با:

$$T_{load} = \frac{37500}{(\frac{2\pi}{60} \times 1200)} = 298.4\,\mathrm{N.m}$$