

## ماشین‌های الکتریکی

۱ - مشخصه مغناطیسی یک مولد با تحریک مستقل در سرعت نامعلوم  $N$  به صورت  $E_a = \frac{15 \cdot I_f}{I_f + 1}$  بوده و مقاومت مدار تحریک آن

$50 \Omega$  تنظیم کننده آن  $250 < R_{adj} < \infty$  و ولتاژ اعمالی به تحریک  $300 V$  است. در حالت اول مولد را با سرعت  $1500 \text{ rpm}$  چرخانده و تنظیم کننده را روی  $100 \Omega$  ثابت می‌کنیم در حالت دوم اگر سرعت را به  $1600 \text{ rpm}$  افزایش و تنظیم کننده را روی  $250 \Omega$  تنظیم کنیم ولتاژ خروجی بی‌باری چند درصد تغییر می‌کند؟

(۱) ۲۰٪ افزایش می‌یابد (۲) ۲۰٪ کاهش می‌یابد (۳) ۲۵٪ افزایش می‌یابد (۴) ۲۵٪ کاهش می‌یابد

۲ - یک مولد شنت دارای مشخصه بی‌باری به صورت  $E_a = 5 + 100\sqrt{I_f}$  در سرعت  $500 \text{ rpm}$  است. مولد ۶ قطب بوده و مقاومت تحریک آن  $410 \Omega$  است. اگر مدار سیم‌بندی‌های تحریک ماشین را به دو گروه مساوی تقسیم نموده و با یکدیگر موازی کنیم. ولتاژ بی‌باری مولد تحت سرعت  $1000 \text{ rpm}$  چند ولت می‌گردد؟

(۱)  $1640 V$  (۲)  $820 V$  (۳)  $205 V$  (۴)  $410 V$

۳ - یک مولد با تحریک شنت دارای مشخصه بی‌باری به صورت  $E_a = \frac{11 \cdot I_f}{I_f + 1}$  در سرعت  $550 \text{ rpm}$  است. مقاومت آرمیچر مولد

$0.5 \Omega$  و مقاومت مدار تحریک  $55 \Omega$  است. اگر سرعت مولد  $1100 \text{ rpm}$  بوده و با تغییر بار روی مولد جریان تولید شده توسط آرمیچر حداکثر گردد، تلفات مسی کل مولد در این حالت چند کیلووات می‌گردد؟

(۱)  $1/56$  (۲)  $12/1$  (۳)  $13/66$  (۴)  $2/38$

۴ - مشخصه بی‌باری یک مولد تحریک شنت در سرعت  $800 \text{ rpm}$  به صورت  $E_a = 36 + 52\sqrt{I_f}$  داده شده است. مقاومت آرمیچر  $1 \Omega$  و تحریک  $51 \Omega$  است. اگر این مولد در سرعت گردش  $1600 \text{ rpm}$  بار  $20 A$  را تغذیه نماید ولتاژ دو سر بار چند ولت می‌باشد. تعداد دور سیم‌بندی تحریک ماشین را  $1200$  دور فرض نموده و عکس‌العمل آرمیچر را در بار مذکور معادل  $1200$  آمپر دور فرض کنید.

(۱)  $280$  (۲)  $219$  (۳)  $222$  (۴)  $204$

۵ - دو مولد با تحریک شنت دارای مشخصاتی به صورت زیر می‌باشند:

$$G_1: E_a = 8 + 100\sqrt{I_f}, R_a = 0.1 \Omega, R_f = 125 \Omega$$

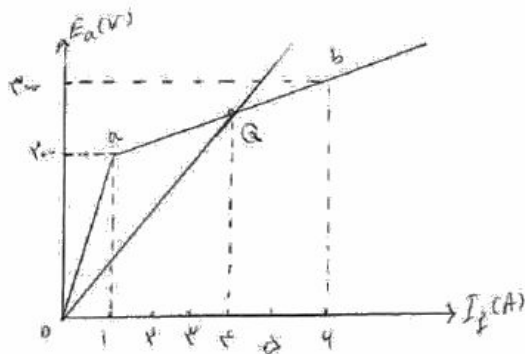
$$G_2: E_a = 12 + \frac{100}{\sqrt{2}}\sqrt{I_f}, R_a = 0.1 \Omega, R_f = 70 \Omega$$

این دو مولد با یکدیگر موازی شده و بار  $p$  کیلو وات را تحت ولتاژ  $V$  ولت تغذیه می‌کنند. اگر به یکباره بار روی این مولدها قطع شود جریان گردشی جاری شده بین دو مولد چند آمپر می‌گردد؟ فرض بر این است که با حذف بار سرعت مولدها هر یک ۲۵٪ افزایش یافته و از عکس‌العمل آرمیچر مولدها صرف‌نظر می‌گردد؟

(۱)  $20 A$  (۲)  $25 A$  (۳)  $15 A$  (۴)  $30 A$

۶ - مشخصه بی‌باری مولد شنت در سرعت نامی به صورت شکل زیر داده شده است. با توجه به نقطه کار داده شده در این شکل

سرعت گردش این مولد باید چند درصد نسبت به سرعت نامی آن کاهش یابد تا مولد خود تحریک نگردد؟



(۱) ۶۷/۵٪

(۲) ۳۲/۵٪

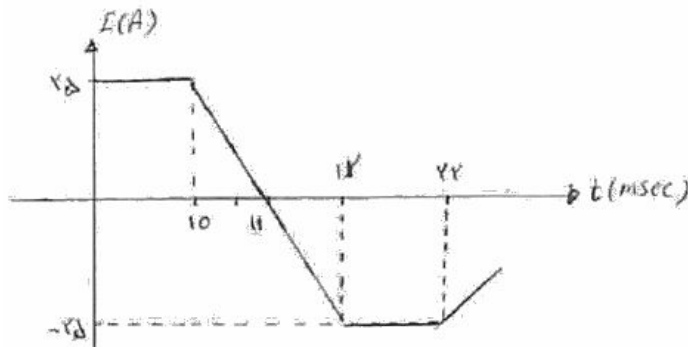
(۳) ۷۵/۵٪

(۴) ۲۴/۵٪

۷ - در یک مولد DC آرمیچر دارای ۵۰ پیچک ۱۰ دوری بوده که اندوکتانس هر یک برابر ۳ mH است. اگر تغییرات جریان هر

پیچک هنگامی که از صفحه خنثی مغناطیسی ماشین عبور می‌کند به صورت منحنی زیر باشد ولتاژ القایی در هر پیچک در

هنگام عبور از صفحه خنثی چند ولت می‌گردد؟



(۱) ۵۰ V

(۲) ۲۵ V

(۳) ۷۵ V

(۴) ۰ V

۸ - در یک مولد DC، ۱۰ قطب آرمیچر دارای ۲۰ کلاف ۵ دوری است اگر قوس هر قطب این مولد ۸۰٪ گام قطبی آن باشد با فرض

اینکه سیم‌بندی آرمیچر موجی ساده است در زیر هر قطب به چند هادی (میله) نیاز داریم تا اعوجاج چگالی میدان ناشی از

عکس‌العمل آرمیچر خنثی گردد؟

(۴) ۴۰

(۳) ۴

(۲) ۸۰

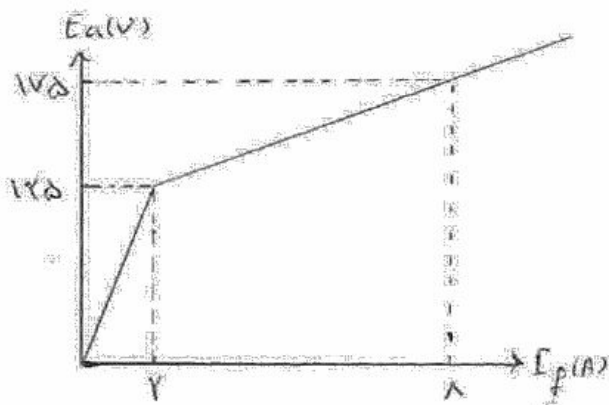
(۱) ۸

۹ - مشخصه بی‌باری یک مولد DC دارای تحریک شنت در سرعت ۱۰۰۰ rpm به صورت شکل زیر داده شده است. اگر این مولد با

سرعت ۱۳۰۰ rpm چرخانده شود،  $R_f = 42/5 \Omega$  بوده و از عکس‌العمل آرمیچر نیز صرف‌نظر گردد. درصد تنظیم ولتاژ

هنگامی که جریان تولیدی آرمیچر حداکثر است چقدر می‌باشد؟ (فرض کنید در هنگام تولید جریان حداکثر، سرعت مولد rpm

۱۰۰ کاهش می‌یابد)



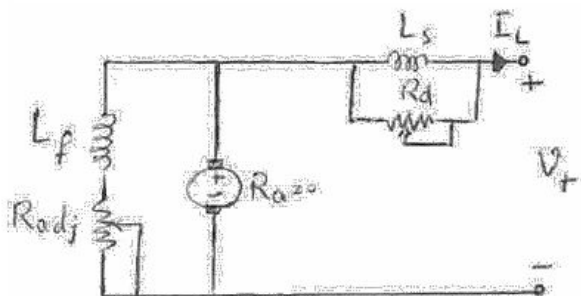
(۱) ۴۳٪

(۲) ۲۷٪

(۳) ۳۹٪

(۴) ۵۰٪

- ۱۰- در مولد کمپوند اضافی شکل زیر تعداد دور سیم‌بندی شنت ۱۶۰۰ دور و  $R_a = 0.02 \Omega$  است. اگر  $R_a = 0$  باشد باید جریان تحریک شنت را از مقدار  $6 \text{ A}$  به  $6/5 \text{ A}$  افزایش داد تا ولتاژ خروجی تثبیت گردد. اگر مقاومت تحریک سری  $0.01 \Omega$  باشد حداقل تعداد دور سیم‌بندی سری چقدر باشد تا مولد در بار  $120 \text{ A}$  به صورت کمپوند تخت عمل کند؟



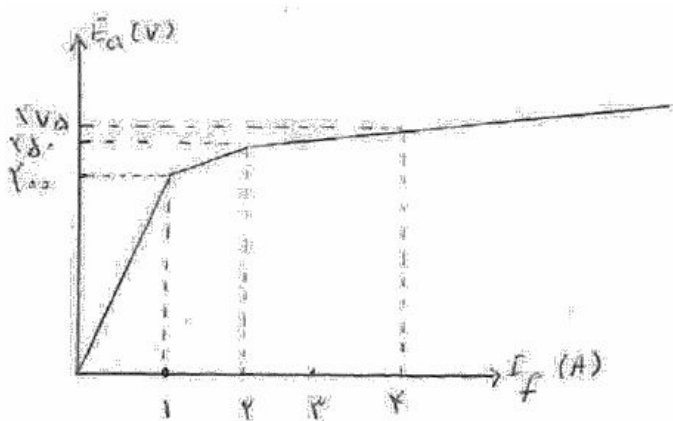
(۱) ۶

(۲) ۱۰

(۳) ۴

(۴) ۱۲

- ۱۱- مشخصه بی‌باری یک مولد با تحریک شنت در سرعت نامی به صورت شکل زیر داده شده است. اگر این مولد در حال کار با جریان آرمیچر حداکثر باشد با فرض اینکه  $R_f = 50$  و  $R_a = 1 \Omega$  هستند حداکثر تلفات مسی ایجاد شده در ماشین چند کیلو وات است؟ (از عکس‌العمل آرمیچر صرف‌نظر شود)



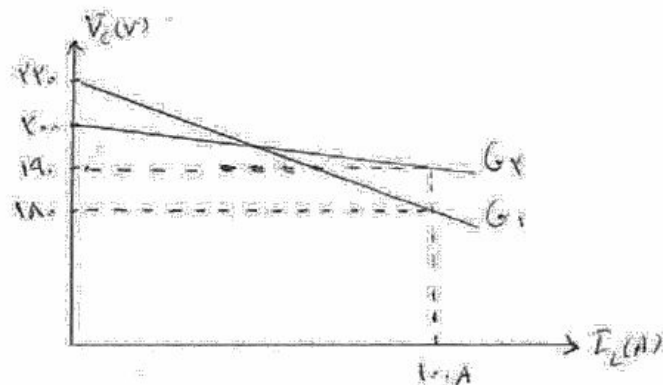
(۱) ۲۲/۵

(۲) ۱۵/۴

(۳) ۲۲/۷

(۴) ۱۵/۹

- ۱۲- مشخصه خارجی دو مولد شنت به صورت شکل زیر داده شده است. این دو مولد با یکدیگر موازی شده و بار  $160 \text{ A}$  را تغذیه می‌کنند اگر بخواهیم تقسیم بار بین این دو مولد به صورت مساوی باشد در جریان تحریک ثابت سرعت مولد دوم را به چه میزانی باید تغییر داد؟



(۱) ۲٪ کاهش

(۲) ۲٪ افزایش

(۳) ۵٪ کاهش

(۴) ۵٪ افزایش

## ماشین‌های الکتریکی

۱- گزینه «۲» صحیح است.

$$R_{adj_1} = 100 \, \Omega \Rightarrow I_f = \frac{300}{50 + 100} = 2 \, A$$

$$R_{adj_2} = 250 \, \Omega \Rightarrow I_f = \frac{300}{50 + 250} = 1 \, A$$

$$\Rightarrow \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{\hat{E}_{a_1}}{\hat{E}_{a_2}} = \frac{\frac{150 \times 2}{2+1}}{\frac{150 \times 1}{1+1}} = \frac{100}{75}$$

$$\frac{E_{a_1}}{E_{a_2}} = \frac{\Phi_1 N_1}{\Phi_2 N_2} \Rightarrow \frac{E_{a_1}}{E_{a_2}} = \frac{100}{75} \times \frac{1500}{1600} \Rightarrow E_{a_2} = 0.75 E_{a_1}$$

یعنی ولتاژ القایی ۲۰٪ کاهش می‌یابد.

۲- گزینه «۴» صحیح است.

ابتدا باید معادله مشخصه را برای سرعت ۱۰۰۰ rpm تغییر داد لذا:

$$E_a = 5 + 100 \cdot \sqrt{I_f} \times \frac{1000}{500} = 10 + 200 \cdot \sqrt{I_f}$$

حال باید معادله خط القاء را با این مشخصه قطع داد لذا:

$$\text{معادله خط القاء } E_a = 10.2 / 5 I_f \Rightarrow 10 + 200 \cdot \sqrt{I_f} = 10.2 / 5 I_f \Rightarrow I_f = 4 \, A$$

$$I_f = 4 \, A \Rightarrow E_a = 10.2 / 5 \times 4 = 410 \, V$$

دقت شود که چون مقاومت تحریک در کل ۴۱۰  $\Omega$  است پس مقاومت تحریک هر قطب  $\frac{410}{6}$  است. در حالتی که قطب‌ها به صورت دو مجموعه موازی متصل می‌شوند مقاومت تحریک کل که باید در معادله خط القاء قرار گیرد برابر است با:

$$R_f = \frac{1}{2} \left( \frac{410}{6} \times 3 \right) = 10.2 / 5 \, \Omega$$

۳- گزینه «۳» صحیح است.

هنگامی جریان تولید آرمیچر حداکثر است که جریان تحریک حداقل باشد پس باید  $\frac{dI_a}{dI_f}$  قرار داده تا  $I_{a_{max}}$  محاسبه گردد.

$$I_a = \frac{E_a - V_t}{R_a} = \frac{\frac{110 \cdot I_f}{I_f + 1} \times \frac{1100}{550} - 55 I_f}{0.5} = \frac{440 \cdot I_f}{I_f + 1} - 110 \cdot I_f$$

$$\frac{dI_a}{dI_f} = 0 \Rightarrow \frac{440 \cdot (I_f + 1) - 440 \cdot I_f}{(I_f + 1)^2} - 110 = 0$$

$$440 \cdot I_f + 440 - 440 \cdot I_f - 110 \cdot (I_f + 1)^2 = 0 \Rightarrow (I_f + 1)^2 = \frac{440}{110} = 4$$

$$\Rightarrow I_f = 1 \, A = I_{f_{min}}$$

$$I_{a_{max}} = \frac{\frac{110 \times 1}{1+1} \times \frac{1100}{550} - 55 \times 1}{0.5} = 165 \, A$$

$$P_{cu} = R_a I_a^2 + R_f I_f^2 = 0.5 \times 165^2 + 55 \times 1^2 = 13.66 \, \text{kw}$$

۴- گزینه «۴» صحیح است.

باید معادله خط القاء انتقال یافته را با معادله بی‌باری در سرعت موردنظر قطع داد لذا:

$$\begin{cases} E_a = 51 I_f \xrightarrow{\text{انتقال به نقطه جدید}} E_a = 51(I_f + 1) + 1(20 + I_f + 1) \\ I_{f_{ax}} = \frac{AT_{AR}}{N_f} = \frac{1200}{1200} = 1 \text{ A} \end{cases}$$

$$E_a = 52 I_f + 72 = (36 + 52\sqrt{I_f}) \times \frac{1600}{800}$$

$$\Rightarrow 52 I_f - 104\sqrt{I_f} = 0 \Rightarrow I_f = 4 \text{ A} \Rightarrow V_t = 204 \text{ V}$$

۵- گزینه «۲» صحیح است.

با قطع شدن بار، ولتاژ القایی در هر مولد برابر است با:

$$(8 + 10\sqrt{I_f}) \times 1/25 = 135 I_f \Leftarrow I_f = 1 \text{ A} \Rightarrow E_{a_{NL}} = 135 \text{ V}$$

$$\left(12 + \frac{10}{\sqrt{2}}\sqrt{I_f}\right) \times 1/25 = 70 I_f \Rightarrow I_f = 2 \text{ A} \Rightarrow E_{a_{NL}} = 140 \text{ V}$$

جریان گردشی بین دو مولد در هنگام بی‌باری برابر است با:

$$I_C = \frac{140 - 135}{0.1 + 0.1} = 25 \text{ A}$$

۶- گزینه «۱» صحیح است.

ابتدا باید شیب خط القاء را با توجه به نقطه کار داده شده به دست آورد:

$$I_f = 4 \text{ A} \xrightarrow{\text{معادله خط ab}} E_{a_{NL}} = 260 \text{ V} \Rightarrow R_a + R_f + R_{adj} = \frac{260}{4} = 65 \Omega$$

مقاومت بحرانی مولد نیز با توجه به شیب ناحیه خطی مشخصه برابر است با:

$$R_C = \frac{200}{1} = 200 \Omega$$

حال که شیب خط القاء و مقاومت بحرانی بدست آمده داریم:

$$N_C = \frac{R_f + R_C + R_{adj}}{R_C} N \Rightarrow N_C = \frac{65}{200} \times N = \%32.5 N$$

یعنی سرعت مولد باید همواره بیش از ۳۲/۵٪ سرعت نامی آن بوده و یا مقدار مجاز کاهش ۶۷/۵٪/۳۲۵-۱۰ است.

۷- گزینه «۳» صحیح است.

با توجه به منحنی تغییرات جریان زمان کموتاسیون برابر است با:

$$\Delta t_c = 12 - 10 = 2 \text{ msec}$$

همچنین تغییرات زمانی جریان نیز در بازه مذکور برابر است با:

$$\Delta I_C = 25 - (-25) = 50 \text{ A}$$

ضمناً چون کموتاسیون خطی است می‌توان نوشت:

$$E_C = L_C \frac{\Delta I_C}{\Delta t_c} = 3 \times 10^{-3} \times \frac{50}{2 \times 10^{-3}} = 75 \text{ V}$$



۸- گزینه «۱» صحیح است.

ابتدا باید تعداد هادی‌های کل آرمیچر را یافت:

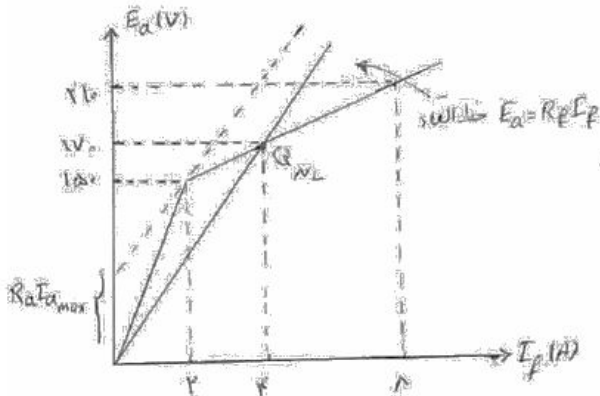
$$Z = (20 \times 5) \times 2 = 200 \text{ هادی}$$

با توجه به اینکه سیم‌بندی موجی ساده است تعداد مسیر موازی جریان همواره برابر ۲ بوده لذا داریم:

$$Z_{CW} = \frac{\text{قوس قطب}}{\text{گام قطب}} \times \frac{Z}{P \cdot a} = \frac{0.8}{10 \times 2} \times \frac{200}{1} = 8$$

۹- گزینه «۴» صحیح است.

ابتدا باید مشخصه را برای سرعت  $1200 \text{ rpm} = 100 - 1300$  اصلاح نمود.



طبق این شکل حداکثر جریان آرمیچر در جریان تحریک  $2 \text{ A}$  رخ می‌دهد لذا:

$$E_{a_{min}} = E_a \Big|_{I_{amax}} = E_a \Big|_{I_f=2A} = 150 \text{ V} \Rightarrow V_{t_{min}} = V_t \Big|_{I_{amax}} = R_f I_{f_{min}} = 42 / 5 \times 2 = 84 \text{ V}$$

اگر مولد بی‌بار گردد طبق شکل نقطه کار به  $Q_{NL}$  می‌رسد که در این حالت:

$$E_{a_{NL}} = 170 \text{ V}$$

با توجه به این مقادیر داریم:

$$\%V.R_{max} = \frac{E_{a_{NL}} - V_{t_{min}}}{E_{a_{NL}}} = \frac{170 - 84}{170} = 0.5 = 50\%$$

۱۰- گزینه «۲» صحیح است.

هنگامی که  $R_d = 0$  است مولد به شنت تبدیل می‌گردد. در این شرایط جهت تثبیت ولتاژ به  $\Delta I_f = 6 / 5 - 6 = 0.2 \text{ A}$  تغییر در جریان تحریک داریم. همین‌طور با توجه به  $R_d = 0.2$  و  $R_s = 0.1$  داریم:

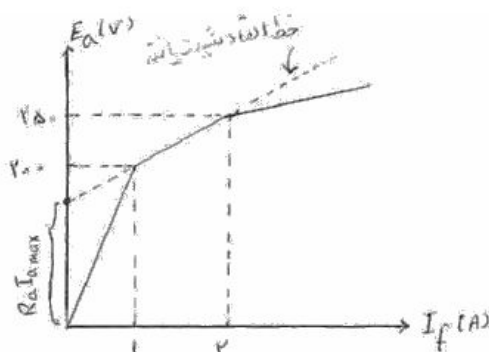
$$I_s = \frac{R_d}{R_d + R_s} I_L = \frac{0.2}{0.2 + 0.1} \times 120 = 80 \text{ A}$$

با توجه به این مقدار جریان که از سیم‌بندی سری عبور می‌کند داریم:

$$N_s = \frac{\Delta I_f}{I_s} N_f = \frac{0.2}{80} \times 1600 = 4 \text{ دور}$$

۱۱- گزینه «۳» صحیح است.

در هنگامی که مولد با جریان آرمیچر حداکثر کار می‌کند خط القاء مماس بر مشخصه بی‌باری می‌گردد در این هنگام با قطع دادن این خط القاء انتقال یافته با محور عمودی ( $E_a$ ) می‌توان مقدار  $R_a I_{amax}$  را یافت لذا:



$$R_a I_{a \max} = 150 \cdot V \Rightarrow I_{a \max} = \frac{150}{1} = 150 \text{ A}$$

دقت شود که به دلیل نوع مشخصه داده شده در هر دو جریان تحریک  $1 \text{ A}$  و  $2 \text{ A}$  (یا در هر مقداری بین این دو عدد) خواهد بود لذا چون تلفات مسی حداکثر خواسته شده پس بر مبنای  $I_f = 2 \text{ A}$  محاسبه می‌کنیم:

$$P_{\text{cu max}} = R_a I_{a \max}^2 + R_f I_f^2 = 1 \times 150^2 + 5 \times 2^2 = 22700 \text{ W} = 22.7 \text{ KW}$$

۱۲- گزینه «۱» صحیح است.

با توجه به این مشخصات داریم:

$$\begin{cases} E_{a1} = 220 \text{ V} \\ R_1 = \frac{220 - 180}{100} = 0.4 \Omega \end{cases} \quad \begin{cases} \bar{E}_{a2} = 200 \text{ V} \\ R_2 = \frac{200 - 190}{100} = 0.1 \Omega \end{cases}$$

هدف برابری توزیع جریان‌ها است لذا:

$$I_1 = I_2 = \frac{I_L}{2} = 80 \text{ A} \Rightarrow \frac{(E_{a1} - E_{a2 \text{ 20W}}) + R_2 I_L}{R_1 + R_2} = 80 \text{ A} \Rightarrow$$

$$\frac{(220 - E_{a2 \text{ 20W}}) + 0.1 \times 160}{0.4 + 0.1} = 80 \text{ A} \Rightarrow E_{a2 \text{ 20W}} = 196 \text{ V}$$

با توجه به رابطه بین ولتاژ القایی و سرعت داریم:

$$\frac{E_{a2 \text{ 20W}}}{E_{a \text{ 20W}}} = \frac{N_{2 \text{ 20W}}}{N_{a \text{ 20W}}} \Rightarrow N_{2 \text{ 20W}} = \frac{196}{200} \cdot N_{a \text{ 20W}} = 0.98 N_{a \text{ 20W}}$$

یعنی باید سرعت مولد دوم را ۲٪ کم نمود.