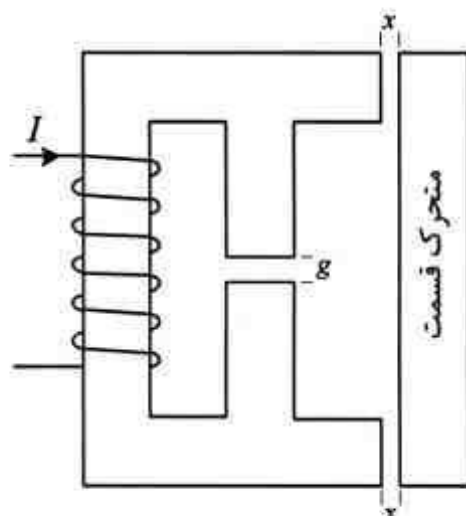


۱ - معادله نیروی وارد بر قسمت متحرک در مبدل الکترومکانیکی شکل زیر کدام است؟ سطح مقطع هسته در تمام قسمت ها A است و از افت آمپر - دور در هسته و نیز از نشت و پراکندگی فلو چشم پوشی می شود. تعداد دور سیم پیچی N و شدت جریان گذرنده از آن I آمپر است. طول فواصل هوایی در شکل مشخص شده است.



$$-\frac{\mu_0 AN^2}{4} \cdot \frac{I^2}{x^2} \quad (1)$$

$$-\frac{\mu_0 AN^2 g}{4} \cdot \frac{I^2}{x^2} \quad (2)$$

$$-\frac{\mu_0 AN^2}{2} \cdot \frac{I^2}{x^2} \quad (3)$$

$$-\frac{\mu_0 AN^2 g}{2} \cdot \frac{I^2}{x^2} \quad (4)$$

۲ - در یک سیستم الکترومکانیکی دو تحریکه که سیم پیچی ها سری اند، داریم: $L_{12} = (1 - 3\theta)$ و

$$L_{11} = L_{22} = \frac{3}{1 - \theta}$$

آمپر و ثابت باشد، مقدار انرژی مبادله شده با بخش مکانیکی (سر مکانیکی) به ازای حرکت از $\theta = 0.5$ به $\theta = 0$ رادیان، چند ژول است؟

$$0.75 \quad (1)$$

$$1.5 \quad (2)$$

$$3 \quad (3)$$

$$4 \quad (4)$$

۳ - یک ژنراتور جریان مستقیم با تحریک جداگانه با سرعت ۳۰۰۰ rpm می چرخد و جریان ۱۰۰ A در ولتاژ ۲۹۰ V به باری که یک مقاومت اهمی ثابت است، تحویل می دهد. اگر سرعت ژنراتور به ۲۱۰۰ rpm کاهش داده شود، توان تحویل داده شده به بار چند وات می شود؟ مقاومت آرمیچر ۰/۱ اهم است.

$$12378 \quad (1)$$

$$13278 \quad (2)$$

$$14210 \quad (3)$$

$$14260 \quad (4)$$

۴ - یک ژنراتور شنت با سرعت نامی چرخانده می شود. مقاومت میدان طوری تنظیم شده است که ولتاژ نامی در بی باری تولید شود. اگر سرعت ژنراتور و نیز مقاومت میدان شنت به طور همزمان به اندازه ۲۰٪ افزایش داده شود، ولتاژ بی باری ژنراتور چگونه تغییر می کند؟ افت آرمیچر در بی باری قابل چشم پوشی است.

(۱) مستقل از شکل مشخصه، به اندازه ۲۰٪ افزایش می یابد.

(۲) مستقل از شکل مشخصه، به اندازه ۴۴٪ افزایش می یابد.

(۳) بیشتر از ۲۰٪ افزایش می یابد ولی مقدار آن به شکل مشخصه بستگی دارد.

(۴) کمتر از ۲۰٪ افزایش می یابد ولی مقدار آن به شکل مشخصه بستگی دارد.

۵ - مشخصه مدار باز یک ژنراتور شنت dc به صورت $E_g = 200\sqrt{I_f}$ است. مقاومت تحریک 200Ω و مقاومت آرمیچر 1Ω است. حداکثر مقدار ممکن جریان آرمیچر (نقطه بازگشت مشخصه $E_g - I_g$) چند آمپر است؟

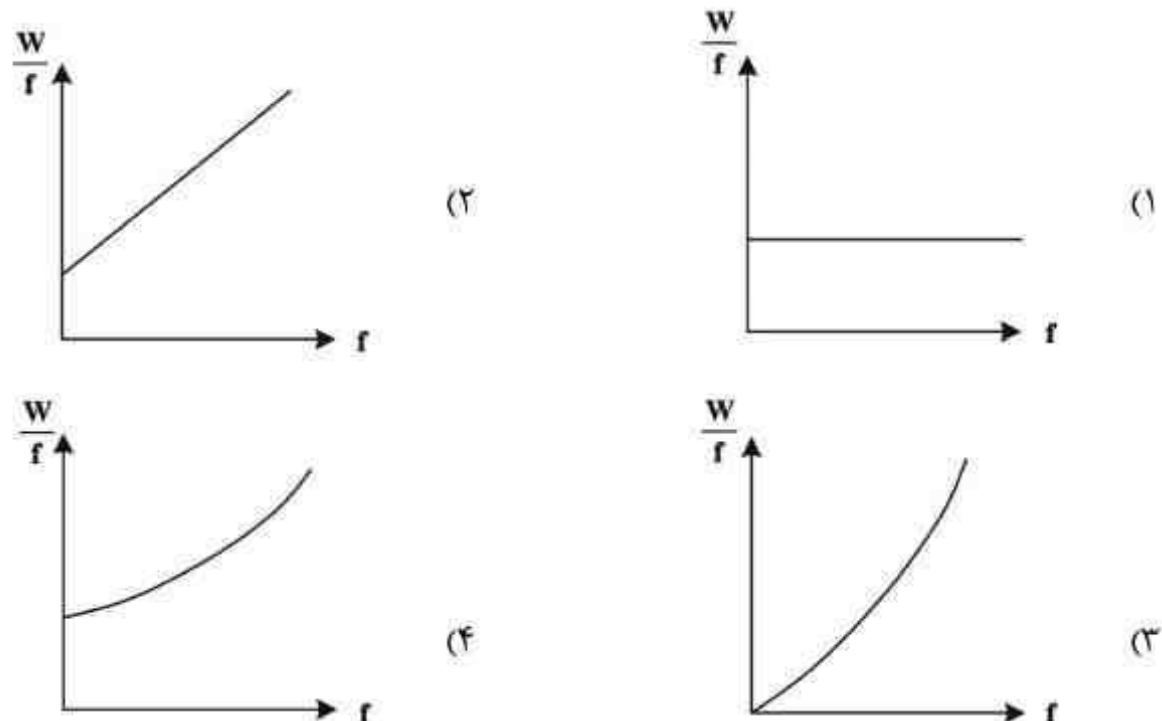
- (۱) ۵
(۲) ۲۵
(۳) ۵۰
(۴) ۱۰۰

۶ - ژنراتور کمپوند شنت کوتاه با سرعت نامی چرخانده شده و در حالت بی بار و زیر بار کامل ولتاژ نامی خود را تولید می کند (کمپوند تراز). ژنراتور متوقف شده و در جهت مخالف و با همان سرعت چرخانده می شود و برای آنکه مجدداً ولتاژ تولید شود، جهت اتصال سیم پیچی شنت به آرمیچر عوض می شود و ژنراتور مجدداً ولتاژ نامی خود را در حالت بی بار تولید می کند. در این حالت، پلاریته ولتاژ تولید شده و ژنراتور به صورت کمپوند صورت می گیرد.

- (۱) ثابت می ماند - تراز باقی می ماند
(۲) ثابت می ماند - نقصانی در می آید
(۳) عوض می شود - تراز باقی می ماند
(۴) عوض می شود - نقصانی در می آید

۷ - یک ترانسفورماتور تکفاز در حالت بی بار از یک منبع ولتاژ سینوسی با دامنه ثابت تغذیه می شود. اگر W

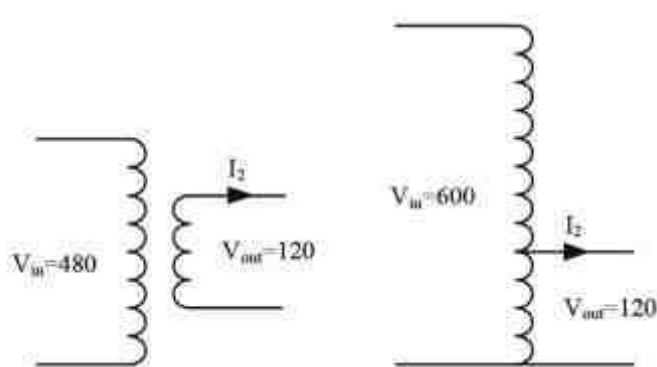
تلفات هسته و f فرکانس منبع باشد، کدام منحنی رابطه $\frac{W}{f}$ بر حسب f را نشان می دهد؟



۸ - درصد کاهش تلفات پسماند و فوکو در ترانسفورماتور تک فاز $200V$ و $50Hz$ وقتی با منبع $160V$ و $40Hz$ کار می کند، به ترتیب کدام است؟

- (۱) ۳۶، ۲۰
(۲) ۴۲، ۲۰
(۳) ۳۶، ۲۵
(۴) ۴۲، ۲۵

۹ - یک ترانسفورماتور تک فاز، $480\text{ V} / 120\text{ V}$ را به صورت اتو ترانسفورماتور برای تغذیه یک بار 120 V که قرار است توسط منبع 600 V تغذیه شود تبدیل می‌کنیم. نسبت تلفات مس ترانسفورماتور به اتو ترانسفورماتور، کدام است؟ توان ظاهری بار در هر دو حالت یکسان ($S \neq 0$) است.



- (۱) $\frac{9}{16}$
(۲) $\frac{16}{25}$
(۳) $\frac{16}{9}$
(۴) $\frac{25}{16}$

۱۰ - یک موتور القایی سه فاز ۴ قطب 50 Hz ، از نوع روتور سیم‌پیچی شده مفروض است. مقاومت روتور این ماشین، برابر 0.1Ω و راکتانس نشتی آن در حالت سکون برابر $1/6\Omega$ است. اگر بخواهیم توان خروجی ماکزیمم در سرعت 1230 rpm رخ دهد، چند اهم باید به مدار روتور اضافه کنیم؟ از امپدانس استاتور صرف‌نظر می‌شود.

- (۱) 0.11
(۲) 0.26
(۳) 0.38
(۴) 0.47

۱۱ - در یک موتور القایی سه فاز 50 Hz و 1440 rpm ، گشتاور راه‌اندازی دو برابر گشتاور بار کامل است. بازه کار پایدار موتور بر حسب rpm به صورت تقریبی کدام است؟

- (۱) 1440 الی 1500
(۲) 1200 الی 1500
(۳) 1180 الی 1500
(۴) 1080 الی 1500

۱۲ - یک موتور القایی سه فاز شش قطبی با اتصال ستاره، توان ورودی 10 kW را از یک سیستم با فرکانس 50 Hz دریافت می‌کند و با سرعت 950 دور بر دقیقه می‌چرخد. در صورتی که تلفات مسی استاتور 200 W و تلفات هسته 100 W باشد، تلفات مسی رتور تحت شرایط بالا چند وات خواهد بود؟

- (۱) 975
(۲) 715
(۳) 485
(۴) 355

پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۱ درست است.

$$F = \frac{1}{2} \frac{dL}{dx} I^2, \quad L = \frac{N^2}{R_{th}} \Rightarrow R_h = \left(\frac{g}{\mu_0 A} \right) \left\| \left(\frac{2x}{\mu_0 A} \right) \right\|$$

$$\Rightarrow L = \frac{N^2 \mu_0 A (2x + g)}{2xg} \Rightarrow F = \frac{-\mu_0 A N^2}{4} \frac{I^2}{x^2}$$

۲. گزینه ۲ درست است.

$$\Delta \omega_m = \int_{0.5}^0 \tau \cdot d\theta, \quad \tau = \frac{1}{2} \frac{dL_{11}}{d\theta} i_1^2 + \frac{1}{2} \frac{dL_{22}}{d\theta} i_2^2 + \frac{dL_{12}}{d\theta} i_1 i_2 \xrightarrow{i_1=i_2=1, L_{11}=L_{22}}$$

$$\tau = \frac{dL_{11}}{d\theta} + \frac{dL_{12}}{d\theta} \Rightarrow \Delta \omega_m = \int_{0.5}^0 \tau \cdot d\theta = L_{11} \Big|_{\theta=0.5}^{\theta=0} + L_{12} \Big|_{\theta=0.5}^{\theta=0}$$

$$\Rightarrow \Delta \omega_m = 3 - 6 + 1 - \left(-\frac{1}{2} \right) \Rightarrow |\Delta \omega_m| = 1.5^J$$

۳. گزینه ۳ درست است.

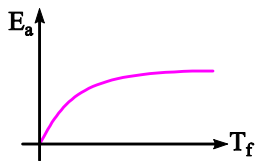
$$R_L = \frac{V_t}{I_L} = \frac{290}{100} = 2.9 \Omega$$

$$\begin{cases} E_a = k\phi\omega \\ E_a = V_4 - R_a I_m \end{cases} \Rightarrow \frac{E_{a2}}{E_{a1}} = \frac{\phi_2}{\phi_1} \cdot \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{V_{t2} - R_a I_{a2}}{V_{t1} - R_a I_{a1}} = \frac{\phi_2}{\phi_1} \cdot \frac{n_2}{n_1} \xrightarrow[\phi_1=\phi_2]{\text{تحریک مستقل}}$$

$$\Rightarrow \frac{2.9 I_{a2} - 0.1 I_{a2}}{290 - 0.1 \times 100} = 1 \times \frac{2100}{3000} \Rightarrow I_{a2} = 70^A$$

$$\Rightarrow P_{Load} = R_L I_a^2 = 2.9 \times 70^2 \Rightarrow P_{Load} = 14210^V$$

۴. گزینه 4 درست است.



طبق رابطه $E_a = K\phi\omega$ ، افزایش سرعت باعث افزایش ولتاژ و افزایش مقاومت تحریک باعث کاهش ولتاژ می‌شود اما طبق نمودار، میزان تأثیر هر پارامتر به نقطه کار ماشین بستگی دارد. بنابراین طبق فرض مسئله افزایش ولتاژها کمتر از 20% اتفاق می‌افتد.

۵. گزینه 3 درست است.

$$I_a = \frac{E_a - V_t}{R_a} = \frac{E_a - R_f I_f}{R_a} \Rightarrow$$

$$I_a = 200\sqrt{I_f} - 200I_f \Rightarrow$$

برای به دست آوردن حداکثر جریان I_a از آن نسبت به I_f مشتق می‌گیریم و داریم:

$$\frac{dI_a}{dI_f} = 0 \rightarrow \frac{100}{\sqrt{I_f}} - 200 = 0 \Rightarrow I_f = \frac{1}{4} \Rightarrow I_a^{\max} = 200\sqrt{\frac{1}{4}} - 200 \times \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow I_a^{\max} = 50^A$$

۶. گزینه 1 درست است.

به دلیل اینکه جهت چرخش ماشین و همچنین جهت شار تحریک عوض شده‌اند بنابراین ماشین کار عادی خود را خواهد داشت.

۷. هیچ گزینه‌ای صحیح نمی‌باشد.

تلفات بی‌باری در ترانسفورماتور، فقط شامل تلفات هسته می‌شود که تلفات هسته شامل تلفات فوکو و تلفات هیستریزس می‌باشد که داریم:

$$\begin{cases} V = 4.44 Nf AB_{\max} \\ P_h = k_h B^n f \\ P_f = k_f V^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{w}{f} = \frac{P_h + P_f}{f} = k_h B^n + k_f \frac{V^2}{f}$$

چون دامنه ولتاژ ثابت است بنابراین داریم:

$$B \times \frac{V}{f} \Rightarrow \frac{\omega}{f} = k_h' \frac{V^n}{f^n} + k_f \frac{V^2}{f}$$

شکل تغییرات باید به صورت هموگرافیک باشد که در هیچ گزینه‌ای وجود ندارد.

۸. گزینه 1 درست است.

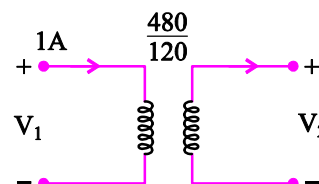
$$\frac{P_{f_2}}{P_{f_1}} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 = \left(\frac{160}{200} \right)^2 = 0.64 \Rightarrow \frac{\Delta P_f}{P_{f_1}} = \frac{P_{f_2} - P_{f_1}}{P_{f_1}} = -0.36 = 36\% \text{ کاهش}$$

$$\frac{P_{h_2}}{P_{h_1}} = \left(\frac{B_2}{B_1} \right) \left(\frac{f_2}{f_1} \right) = \frac{V_2}{V_1} = 0.8 \Rightarrow \frac{\Delta P_h}{P_{h_1}} = \frac{P_{h_2} - P_{h_1}}{P_{h_1}} = -0.2 = 20\% \text{ کاهش}$$

۹. گزینه 2 درست است.

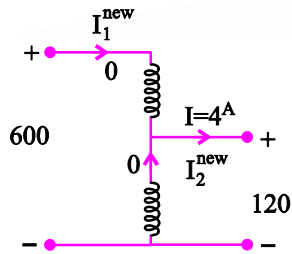
چون بار ترانسفورماتور ثابت است پس بار آن را یک عدد دلخواه (مثلاً 480^{VA}) در نظر می‌گیریم:

$$S = 480^{VA} \begin{cases} I_1^n = \frac{S}{V_1^n} = \frac{480}{480} = 1^A \\ I_2^n = \frac{S}{V_2^n} = \frac{480}{120} = 4^A \end{cases}$$



در حالت تبدیل به اتوترانسفورماتور، به دلیل آن که جریان بار تغییری نمی‌کند، جریان سیم‌پیچ‌ها عوض می‌شود و داریم:

$$\Rightarrow I_1^{\text{new}} + I_2^{\text{new}} = 4 \text{ A} \xrightarrow{I_1^{\text{new}} = \frac{1}{4} I_2^{\text{new}}} \frac{5}{4} I_2^{\text{new}} = 4 \Rightarrow I_2^{\text{new}} = 3.2 \text{ A} \Rightarrow \frac{I_2^{\text{new}}}{I_2^{\text{old}}} = \frac{3.2}{4} = 0.8$$



جریان عبوری از سیم‌پیچ‌ها 0.8 برابر می‌شوند و بنابراین طبق رابطه $P_{\text{cu}} = R I^2$ نسبت تلفات مس ترانسفورماتور به اتوترانسفورماتور 0.8^2 یا 0.64 یا $\frac{25}{16}$ برابر می‌گردد.

۱۰. گزینه 2 درست است.

لغزش ماشین در توان حداکثر به صورت زیر است:

$$S_{\text{mp}} = \frac{n_s - n_m}{n_s}, \quad n_s = \frac{120}{P} f_s = 1500 \Rightarrow S_{\text{mp}} = \frac{1500 - 1230}{1500} = 0.18$$

با صرف نظر از امپدانس استاتور داریم:

$$S_{\text{mp}} = \frac{R_2}{R_r + \sqrt{R_r^2 + X_r^2}} \Rightarrow 0.18 = \frac{R_r}{R_r + \sqrt{R_r^2 + 1.6^2}} \Rightarrow R_r = 0.36 \Rightarrow 0.1 + R_x = 0.36 \Rightarrow \boxed{R_x = 0.26 \Omega}$$

۱۱. گزینه 1 درست است.

$$n_s = \frac{120}{P} f_s = \frac{120}{4} \times 50 = 1500 \Rightarrow \text{بازه کاری} = [1440 - 1500]$$

۱۲. گزینه 3 درست است.

$$P_{\text{ag}} = P_{\text{in}} - P_{\text{cu}}^s - P_{\text{fe}} = 9.7 \text{ kW} \Rightarrow P_{\text{cu}}^r = S P_{\text{ag}} \Rightarrow S = \frac{n_s - n_m}{n_s}, \quad n_s = \frac{120}{P} f_s \Rightarrow$$

$$n_s = \frac{120}{6} \times 50 = 1000 \Rightarrow S = \frac{1000 - 950}{1000} = 0.05 \Rightarrow P_{\text{cu}}^r = 0.05 \times 9.7 \times 10^3 \Rightarrow P_{\text{cu}}^r = 485 \text{ W}$$