

## ماشین‌های الکتریکی ۱ و ۲

- ۱- یک موتور dc سری با مدار مغناطیسی خطی مفروض است. این موتور از یک منبع با ولتاژ  $V$  تغذیه شده و زیر گشتاور نامی با سرعت  $n_0$  کار می‌کند. تعداد دورهای سیم‌پیچی میدان نصف می‌شود و سپس گشتاور بار دو برابر شده و موتور با ولتاژ  $\frac{V}{2}$  تغذیه می‌شود. مقدار جدید سرعت چقدر است؟ از افت ولتاژ در سیم‌پیچی‌ها و نیز تلفات مکانیکی موتور چشم‌پوشی می‌شود.

$$(1) \quad \frac{n_0}{4} \quad (2) \quad \frac{n_0}{2}$$

$$(3) \quad 2n_0 \quad (4) \quad 4n_0$$

- ۲- مشخصه بی‌باری یک ماشین dc در سرعت  $1000 \text{ rpm}$  به صورت جدول داده شده است. ماشین به صورت موتور شنت از یک منبع ولتاژ  $240$  ولتی تغذیه شده و با سرعت  $2000 \text{ rpm}$  کار می‌کند. اگر ولتاژ منبع به  $180$  ولت کاهش داده شود، مقدار جدید سرعت چند  $\text{rpm}$  می‌شود؟ موتور بی‌بار است و در این حالت از کلیه تلفات موتور چشم‌پوشی می‌شود.

جریان میدان $I_{sh}$	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
نیروی محرکه $E_a$	۰	۵۰	۹۰	۱۱۰	۱۲۰	۱۲۵	۱۳۰	۱۳۵

$$(1) \quad 1375 \quad (2) \quad 1500$$

$$(3) \quad 1636 \quad (4) \quad 2000$$

- ۳- یک موتور dc سری از منبع  $125$  ولتی تغذیه شده و با سرعت  $1200 \text{ rpm}$  کار می‌کند. جریان آرمیچر در این حالت  $5$  آمپر است. اگر ولتاژ منبع به  $190$  ولت افزایش داده شده و همزمان، گشتاور بار  $2\sqrt{2}$  برابر شود، سرعت موتور چند  $\text{rpm}$  می‌شود؟ مقاومت آرمیچر و میدان جمعاً  $1/10$  اهم است. مدار مغناطیسی موتور غیرخطی است به طوری که فلوی هر قطب با جذر جریان میدان متناسب است

$$(\phi \propto \sqrt{I_s}) \text{ از عکس‌العمل آرمیچر چشم‌پوشی می‌شود.}$$

$$(1) \quad 900 \quad (2) \quad 900\sqrt{2}$$

$$(3) \quad 1800 \quad (4) \quad 1800\sqrt{2}$$

۴ - اگر مشخصه مغناطیسی هسته آهنی یک ترانسفورماتور خطی فرض شود، در

مورد تلفات آهن آن در ولتاژ و فرکانس نامی می‌توان گفت:

(۱) تلفات فوکو غیر صفر ولی تلفات هیستریزیس صفر است.

(۲) تلفات هیستریزیس غیر صفر ولی تلفات فوکو صفر است.

(۳) هر دو مؤلفه تلفات (فوکو و هیستریزیس) موجود و غیر صفر هستند.

(۴) با توجه به خطی بودن هسته، ترانسفورماتور فاقد تلفات آهن است (هر دو مؤلفه تلفات صفر هستند).

۵ - مقدار اولیه طول هریک از فواصل هوایی در مبدل الکترومکانیکی شکل زیر  $x_0$

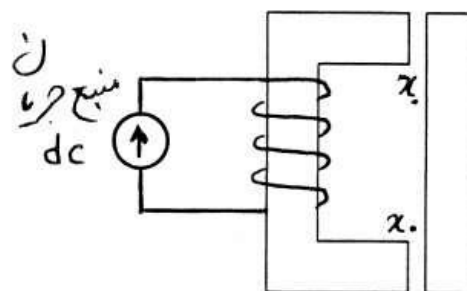
فرض می‌شود. مقدار انرژی ذخیره شده در میدان در این حالت  $W_{f0}$  فرض می‌شود.

اگر طول فواصل هوایی نصف شود، قدر مطلق انرژی مبادله شده با منبع

جریان  $(\Delta W_e)$  و نیز تغییر انرژی ذخیره شده در میدان  $(\Delta W_f)$  چقدر است؟

از افت آمپر - دور در آهن، مقاومت اهمی سیم‌پیچی، نشت فلو و نیز پراکندگی

فلو در فواصل هوایی صرف‌نظر می‌شود.



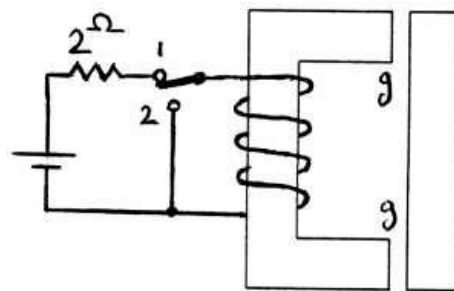
$$\Delta W_f = W_{f0}, \Delta W_e = W_{f0} \quad (1)$$

$$\Delta W_f = 2W_{f0}, \Delta W_e = W_{f0} \quad (2)$$

$$\Delta W_f = W_{f0}, \Delta W_e = 2W_{f0} \quad (3)$$

$$\Delta W_f = 2W_{f0}, \Delta W_e = 2W_{f0} \quad (4)$$

- ۶ - طول فاصله هوایی در رله شکل مقابل  $g$  فرض می‌شود. جریان اولیه سیم‌پیچی با استفاده از مدار نشان داده شده در  $2/5$  آمپر تنظیم می‌شود (ابتدا کلید به مدت طولانی در حالت ۱ است و در یک لحظه به حالت ۲ برده می‌شود). مقاومت اهمی سیم‌پیچی صفر فرض می‌شود. اگر در این حالت طول فاصله هوایی به تدریج به  $\frac{g}{2}$  کاهش داده شود، مقدار ماندگار جریان در سیم‌پیچی چند آمپر خواهد شد؟
- از افت آمپر دور در هسته، و نیز از پراکندگی و نشت فلو چشم‌پوشی می‌شود.



(۱)  $1/25$

(۲)  $2/5$

(۳) ۵

(۴) صفر

- ۷ - یک ترانسفورمر تک فاز دو سیم پیچه معمولی  $10 \text{ kVA}$ ،  $\frac{2500 \text{ V}}{250 \text{ V}}$  به صورت

یک اتوترانسفورمر با نسبت تبدیل  $\frac{2250 \text{ V}}{2500 \text{ V}}$  بسته شده است. توان ظاهری

اتوترانس چند  $\text{kVA}$  است؟

(۱) ۱۱

(۲) ۹

(۳) ۱۱۰

(۴) ۹۰

۸ - جریان مغناطیس کنندگی یک ترانسفورماتور تکفاز با اولیه  $N_1$  دوری و هنگام تغذیه از یک منبع سینوسی  $I_0$  آمپر است. مشخصه مغناطیسی هسته آهنی خطی فرض می‌شود. یک ترانسفورماتور دیگر با همان تعداد دور سیم‌پیچی اولیه و با جنس هسته مشابه مفروض است. ابعاد طولی هسته ترانسفورماتور دوم در هر سه جهت  $\sqrt{2}$  برابر ابعاد متناظر ترانسفورماتور اول است. اگر این ترانسفورماتور از همان منبع سینوسی تغذیه شود، جریان مغناطیس کنندگی آن چقدر خواهد شد؟

$$\begin{array}{ll} (1) \quad \frac{I_0}{2} & (2) \quad \frac{\sqrt{2}}{2} I_0 \\ (3) \quad \sqrt{2} I_0 & (4) \quad 2 I_0 \end{array}$$

۹ - یک ترانسفورماتور تکفاز  $\frac{200V}{100V}$ ،  $1000 VA$  مفروض است. امپدانس شاخه سری در مدار معادل این ترانسفورماتور از سمت فشار قوی شامل فقط یک شاخه سری متشکل از یک سلف خالص با راکتانس  $10 \Omega$  است. به ازای چه مقدار ضریب توان بار، رگولاسیون ترانسفورماتور در جریان نامی برابر صفر می‌شود؟

$$\begin{array}{ll} (1) \quad \frac{\sqrt{3}}{2} & (2) \quad \frac{\sqrt{15}}{4} \\ (3) \quad \frac{\sqrt{48}}{7} & (4) \quad \frac{\sqrt{63}}{8} \end{array}$$

۱۰ - در یک موتور القایی سه فاز قفس سنجابی، گشتاور ماکزیمم ۲ برابر گشتاور بار کامل است. اگر موتور به روش ستاره - مثلث راه‌اندازی شود، گشتاور راه‌اندازی چند برابر گشتاور نامی خواهد بود؟ مقاومت و راکتانس حالت سکون هر فاز روتور ارجاع شده به سمت استاتور به ترتیب برابر  $2\Omega$  و  $2\Omega$  است. از امپدانس استاتور صرف‌نظر می‌شود.

$$\begin{array}{ll} (1) \quad 132\% & (2) \quad 198\% \\ (3) \quad 396\% & (4) \quad 594\% \end{array}$$

۱۱- در یک موتور القایی ۳ فاز با اتصال ستاره، ۴ قطبی و ۵۰ هرتزی،  $R_s = R_r'$

است. از اثر  $X_m$  و تلفات چرخشی صرف نظر می شود. بازده موتور در لغزش ۱۰

درصد، تقریباً چند درصد می شود؟

۹۰ (۱)

۸۶ (۲)

۷۸ (۴)

۸۲ (۳)

۱۲- یک موتور القایی چهار قطبی سه فاز ۵۰ Hz، ۹/۵ kW مفروض است. تلفات

مکانیکی این موتور در سرعت نامی ۱۴۵۵ برای ۲۰۰ W است. در صورتی که

جریان روتور برابر ۵ باشد، مقاومت هرفاز روتور چند اهم است؟

۱۱/۵ (۱)

۱۲ (۲)

۴ (۴)

۳/۸ (۳)

## پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۲ درست است.

چون مشخصه موتور خطی است گشتاور با توان دوم جریان متناسب است.

$$T_1 = KI_1^2$$

در حالت دوم چون تعداد دورهای سیم پیچ میدان نصف شده است داریم:

$$T_2 = \frac{K}{2} I_2^2$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 2 \rightarrow I_2 = 2I_1 \rightarrow \phi_2 = 2\phi_1$$

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= KN_1\phi_1 = V \\ E_2 &= \frac{K}{2} N_2\phi_2 = \frac{V}{2} \end{aligned} \right\} \rightarrow N_2 = \frac{N_1}{2} = \frac{n_0}{2}$$

۲. گزینه ۳ درست است.

$$\frac{1000}{2000} \times 240 = 120 \rightarrow I_{sh1} = 4A \quad I_{sh2} = \frac{180}{240} \times 4 = 3A \rightarrow E_a(1000\text{rpm}) = 110V$$

$$N_2 = \frac{180}{110} \times 1000 = 1636 \text{ rpm}$$

۳. گزینه ۲ درست است.

$$T = K\phi I_s, \quad \phi \propto \sqrt{I_s}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\phi_2 I_{s2}}{\phi_1 I_{s1}} = \frac{I_{s2} \sqrt{I_{s2}}}{I_{s1} \sqrt{I_{s1}}} = 2\sqrt{2} \rightarrow \frac{I_{s2} \sqrt{I_{s2}}}{50\sqrt{50}} = 2\sqrt{2} \rightarrow I_{s2} = 100A$$

$$E_1 = 125 - 50 \times 0.1 = 120 \text{ volt}$$

$$E_2 = 190 - 100 \times 0.1 = 180 \text{ volt}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2 \phi_2}{N_1 \phi_1} = \frac{N_2 \sqrt{I_{s2}}}{N_1 \sqrt{I_{s1}}} \rightarrow \frac{180}{120} = \frac{N_2 \sqrt{100}}{1200 \sqrt{50}} \rightarrow N_2 = 900\sqrt{2}$$

۴. گزینه ۱ درست است.

به دلیل خطی بودن مدار مغناطیسی حلقه هیستریزیس تشکیل نمی‌گردد و تلفات هیستریزیس صفر است. تلفات فوکو ارتباطی به خطی بودن مدار مغناطیسی ندارد بلکه به دلیل القای جریان‌های گردشی در هسته ایجاد می‌شود که چه در حالت خطی و چه در حالت غیرخطی موجود است.

۵. گزینه ۳ درست است.

به دلیل ثابت بودن جریان، نیروی محرکه مغناطیسی در مدار ثابت است.

$$F_m = Ni = \text{cte}$$

$$\phi = \frac{F_m}{R_{ag}} \quad w_f = \frac{1}{2} F_m \phi$$

$$\left. \begin{aligned} w_{f0} &= \frac{1}{2} F_m \phi_0 = \frac{1}{2} \frac{F_m^2}{R_{ag0}} \propto \frac{1}{2} \frac{(Ni)^2}{2x_0} \\ w_{f1} &= \frac{1}{2} F_m \phi_1 = \frac{1}{2} \frac{F_m^2}{R_{ag1}} \propto \frac{1}{2} \frac{(Ni)^2}{x_0} \end{aligned} \right\} \rightarrow w_{f1} = 2w_{f0} \rightarrow \Delta w_f = w_{f0}$$

در حرکت آرام می‌دانیم که:

$$\Delta w_{\text{mech}} = \Delta w_f = \frac{\Delta w_e}{2} \rightarrow \Delta w_e = 2\Delta w_f = 2w_{f0}$$

۶. گزینه ۲ درست است.

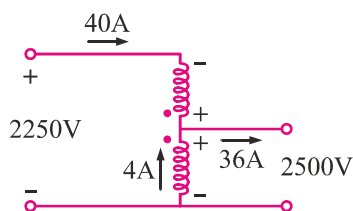
به دلیل صفر بودن مقاومت اهمی سیم پیچ و اتصال کوتاه بودن دو سر آن، ولتاژ القایی در سیم پیچ صفر است.

$$v = \frac{d\phi}{dt} = 0 \rightarrow \phi = \text{cte}$$

$$\phi = \frac{F_m}{R_{ag}} = \frac{Ni_1}{2g} = \frac{Ni_2}{g} \rightarrow i_2 = \frac{1}{2} i_1 = 2.5A$$

۷. گزینه ۴ درست است.

$$= 40 \times 2250 = 90 \text{ KVA} \text{ توان ظاهری}$$



۸. گزینه ۲ درست است.

$$R_m \propto \frac{\ell_{\text{هسته}}}{A_{\text{هسته}}} \quad R_{m2} = \frac{1}{\sqrt{2}} R_{m1}$$

$$F_m = Ni = \phi R_m \xrightarrow{\phi = \text{cte}} \frac{R_{m2}}{F_{m1}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow I_{m2} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{m1} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_0$$

۹. گزینه ۴ درست است.

به دلیل آن که امپدانس سری، سلفی خالص است نمی توان از روابط معمول تنظیم ولتاژ استفاده نمود. جریان نامی سمت فشار قوی 5A است.

$$\begin{aligned} & \text{Diagram: } \xrightarrow{I} \text{---} j10 \text{---} \\ & |V_1| = 200 \quad V_1' = 200 \angle 0 \quad \% VR = 0 \rightarrow |V_1| = |V_1'| = 200 \\ & \vec{V}_1 = \vec{V}_1' + j10 \times \vec{I} = 200 + j10 \times 5(\cos \theta + j \sin \theta) = (200 - 50 \sin \theta) + j50 \cos \theta \\ & |V_1| = \sqrt{(200 - 50 \sin \theta)^2 + (50 \cos \theta)^2} = \sqrt{(200)^2 - 20000 \sin \theta + 2500 \sin^2 \theta + 2500 \cos^2 \theta} = 200 \\ & \rightarrow 2000 \sin \theta = 2500 \rightarrow \sin \theta = \frac{25}{200} = \frac{1}{8} \rightarrow \cos \theta = \sqrt{1 - \sin^2 \theta} = \frac{\sqrt{63}}{8} \end{aligned}$$

۱۰. گزینه ۱ درست است.

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{R_r}{X_r} = \frac{0.2}{2} = 0.1 & \frac{T_{st}}{T_{\max}} &= \frac{2S_{\max}}{S_{\max}^2 + 1} = \frac{0.2}{1 + 0.01} = 0.198 \\ \frac{T_{fL}}{T_{\max}} &= 0.5 \rightarrow \frac{T_{st}}{T_{fL}} &= \frac{0.198}{0.5} \end{aligned}$$

می دانیم در حالت راه اندازی ستاری مثلث گشتاور راه اندازی  $\frac{1}{2}$  برابر می شود در نتیجه:

$$\frac{T_{st}'}{T_{fL}} = \frac{1}{3} \times \frac{0.198}{0.5} = 0.132$$

۱۱. گزینه ۳ درست است.

$$\eta = \frac{1-s}{1+s} = \frac{0.9}{1.1} = 0.82$$

۱۲. گزینه ۴ درست است.

$$\begin{aligned} P_{\text{mech}} &= (1-s)P_{\text{ag}} = 9.5\text{kw} + 200\text{w} = 9.7\text{kw} \\ P_{\text{cu}_r} &= S P_{\text{ag}} = P_{\text{mech}} \times \frac{s}{1-s} = \frac{45}{1455} 9.7\text{kw} = 0.3\text{kw} = 300\text{w} \\ P_{\text{cu}_r} &= 3R_r I_r^2 \rightarrow R_r = \frac{300}{3 \times 25} = 4\Omega \end{aligned}$$