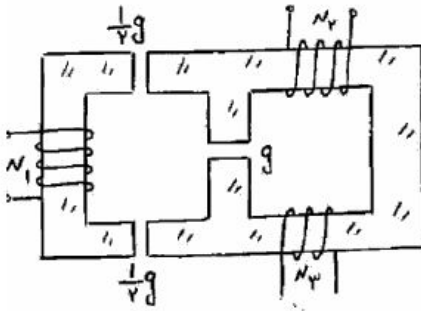


ماشین‌های الکتریکی

- ۱- در مدار مغناطیسی شکل زیر ضریب نفوذ مغناطیسی هسته بی‌نهایت فرض شده و از نشست و پراکندگی فلو صرف‌نظر می‌گیرد. در این مدار اندوکتانس خودی سیم‌پیچی N_1 دوری و اندوکتانس متقابل بین سیم‌پیچی‌های N_2 و N_3 دوری به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (سطح مقطع در همه جا یکسان و برابر A بوده و تعداد دورها نیز یکسان فرض می‌شوند)



$$\frac{N_1^2 \mu_0 A}{g}, \frac{N_2^2 \mu_0 A}{2g} \quad (1)$$

$$\frac{N_1^2 \mu_0 A}{2g}, \frac{N_2^2 \mu_0 A}{g} \quad (2)$$

$$\frac{N_1^2 \mu_0 A}{g}, \frac{2N_2^2 \mu_0 A}{g} \quad (3)$$

$$\frac{2N_1^2 \mu_0 A}{g}, \frac{N_2^2 \mu_0 A}{g} \quad (4)$$

- ۲- اگر معادله انرژی ذخیره شده در یک سیستم الکترومغناطیسی یک تحریک به صورت زیر داده شود. معادله نیروی وارد بر قسمت متحرک این سیستم کدام است؟

$$W_{fid} = (2 + x) \sqrt{i}$$

$$2\sqrt{i} \quad (4)$$

$$-2\sqrt{i} \quad (3)$$

$$i^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

$$i^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

- ۳- یک مولد تحریک مستقل با شبکه‌ای بزرگ موازی شده و توان نامی 20 kW را تحت ولتاژ 200 V به شبکه تزریق می‌کند. این مولد دارای مقاومت آرمیچر 0.2Ω بوده و توسط تسمه‌ای با سرعت 440 rpm به وسیله یک موتور دیزلی چرخانده می‌شود. اگر بر اثر یک اختلال تسمه پاره گردد ماشین توان 2 kW را از شبکه دریافت می‌کند. در این حالت سرعت چرخش محور آن چند rpm است؟

$$382 \quad (4)$$

$$396 \quad (3)$$

$$484 \quad (2)$$

$$404 \quad (1)$$

- ۴- مشخصه بی‌باری یک مولد با تحریک شنت در سرعت نامی با معادله $E_a = 12/5 + 250 \sqrt{I_f}$ داده شده است. مقاومت تحریک و آرمیچر این مولد به ترتیب 100Ω و 0.2Ω هستند. هرگاه این ماشین جریان 50 A را به بار تحویل دهد ولتاژ ترمینال‌های آن چند ولت می‌گردد. فرض کنید بر اثر بارگیری از ماشین سرعت محور آن 20% افت می‌نماید. ضمناً از عکس‌العمل آرمیچر نیز صرف‌نظر کنید.

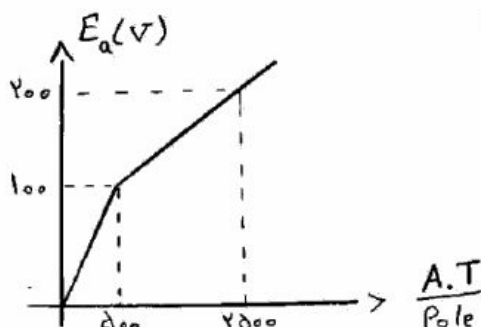
$$360 \text{ V} \quad (4)$$

$$420 \text{ V} \quad (3)$$

$$400 \text{ V} \quad (2)$$

$$480 \text{ V} \quad (1)$$

- ۵- مشخصه مغناطیسی یک موتور با تحریک سری به صورت شکل زیر داده شده است. تعداد دور سیم‌بندی تحریک این موتور 20 دور و مقاومت اهمی کل در مسیر آرمیچر 2Ω است این موتور در کار دائمی بار گشتاور ثابتی را با سرعت 300 rpm و گشتاور 15 N.m در حالی می‌چرخاند که 25 A از شبکه دریافت می‌کند. در حالتی که این موتور به طور مستقیم به شبکه DC با ولتاژ 200 V وصل می‌گردد چند N.m گشتاور راه‌اندازی ایجاد می‌کند؟



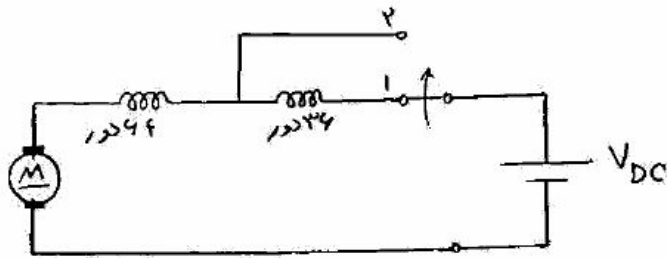
$$105 \quad (1)$$

$$75 \quad (2)$$

$$240 \quad (3)$$

$$200 \quad (4)$$

۶- در موتور سری شکل زیر اگر گشتاور بار ثابت و مدار مغناطیسی ماشین خطی فرض گردد با صرف نظر نمودن از مقاومت اهمی آرمیچر و تحریک با تغییر وضعیت کلید از حالت ۱ به ۲ سرعت موتور چه تغییری می کند؟



(۱) ۲۰٪ کاهش می یابد

(۲) ۲۰٪ افزایش می یابد

(۳) ۲۵٪ کاهش می یابد

(۴) ۲۵٪ افزایش می یابد

۷- یک ترانسفورماتور تکفاز با نسبت تبدیل $1000/250\text{ V}$ با قدرت نامی 10 kVA در دسترس است. این ترانسفورماتور بار نامی را تحت ضریب قدرت 0.9 با راندمان 90% تغذیه می کند. اگر با اتصال سیم پیچی های این ترانسفورماتور به یکدیگر یک اتوترانسفورماتور $1000/1250\text{ V}$ بسازیم راندمان این اتوترانسفورماتور در تغذیه بار نامی یا ضریب قدرت واحد چند درصد است؟

(۴) ۹۰

(۳) ۹۲

(۲) ۹۸

(۱) ۹۵

۸- در یک ترانسفورماتور تکفاز به قدرت 10 kVA تلفات آهنی 400 W و تلفات کل در 80% بار نامی 1040 W است. این ترانسفورماتور هنگامی که باری با ضریب قدرت 0.6 پیش فاز را تغذیه می کند دارای تنظیم ولتاژ صفر است. حداکثر تنظیم ولتاژ این ترانسفورماتور در نصف بار نامی چند درصد است؟

(۴) $2/5$

(۳) ۵

(۲) $7/5$

(۱) ۱۰

۹- دو ترانسفورماتور تکفاز یکی به قدرت 100 kVA با امپدانس 5% و دیگری به قدرت 200 kVA با امپدانس 8% را با یکدیگر موازی کرده ایم. اگر حداکثر 10% اضافه بار مجاز باشد چند کیلوولت آمپر توان از این مجموعه موازی اخذ کنیم تا هیچ کدام آسیب نبینند؟

(۴) ۳۰۰

(۳) ۲۰۵

(۲) $225/5$

(۱) $247/5$

۱۰- استاتور یک موتور القایی رتور سیم پیچی شده و ۸ قطب به یک منبع 50 Hz و رتور آن به یک منبع 75 Hz متصل شده اند. در حالت بی باری سرعت چرخش رتور چه مقداری می تواند باشد؟

(۲) 1875 rpm و 375 rpm

(۱) 750 rpm - 3750 rpm

(۴) 3750 rpm و 375 rpm

(۳) 1875 rpm و 750 rpm

۱۱- یک موتور القایی ۴ قطب به یک بار مکانیکی متصل است. گشتاور این بار متناسب با سرعت گردش آن است. هنگامی که اتصال استاتور به صورت مثلث بوده و به شبکه 400 V و 50 Hz متصل است سرعت محور آن 1350 rpm است با تغییر اتصال استاتور به ستاره و تغذیه آن از شبکه 400 V و 50 Hz سرعت محور چند rpm می گردد؟

(۴) ۱۲۰۰

(۳) ۱۱۲۵

(۲) ۱۳۷۵

(۱) ۱۴۲۵

۱۲- یک موتور القایی در هنگام تغذیه با 30% ولتاژ نامی جریان راه اندازی برابر $1/2\text{ P.U}$ اخذ نموده و گشتاور راه اندازی 0.5 P.U ایجاد می کند. اگر از یک اتوترانسفورماتور با تپ 50% سر راه این موتور استفاده شود جریان سمت شبکه در هنگام راه اندازی چند P.U می گردد؟

(۴) 4 P.U

(۳) 2 P.U

(۲) 0.5 P.U

(۱) 1 P.U

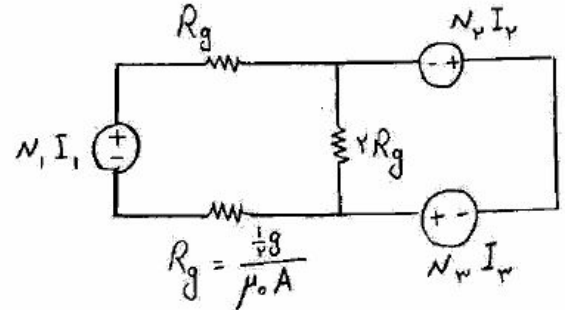
ماشین‌های الکتریکی

۱- گزینه «۴» صحیح است.

مدار مشابه الکتریکی سیستم مغناطیسی به صورت زیر قابل رسم است.

$$L_{11} = \frac{N^2}{r R_g} = \frac{N^2 \mu_0 A}{g}$$

$$\phi = \frac{N_r I_r}{R_g} = \phi_{rr} \Rightarrow \lambda_{rr} = \frac{N_r N_r I_r}{R_g} \Rightarrow L_{rr} = \frac{N^2}{R_g} = \frac{r N^2 \mu_0 A}{g}$$



۲- گزینه «۴» صحیح است.

ابتدا باید فرمت W_{fld} داده شده را استاندارد نموده و سپس نیرو را محاسبه نمود:

$$i = \frac{\partial W_{fld}}{\partial i} \frac{\partial i}{\partial \lambda} \Rightarrow i = (r+x) \frac{1}{r\sqrt{i}} \cdot \frac{di}{d\lambda} \Rightarrow d\lambda = (r+x) i^{-\frac{r}{2}} di \Rightarrow \lambda = \frac{(r+x) i^{-\frac{r}{2}}}{-\frac{1}{2}} = \frac{-(r+x)}{\sqrt{i}}$$

$$\Rightarrow W_{fld} = (r+x) \cdot \frac{-(r+x)}{\lambda} = -\frac{(r+x)^2}{\lambda}$$

$$F_e = -\frac{\partial W_{fld}}{\partial x} = -\frac{r}{\lambda} (r+x) = r\sqrt{i}$$

۳- گزینه «۳» صحیح است.

در حالت اول که کارکرد مولدی است داریم:

$$I_{Lg} = \frac{r \times 1 \cdot r}{r \cdot r} = 100 \text{ A} = I_{ag} \Rightarrow E_{ag} = 200 + (0 / 2 \times 100) = 220 \text{ V}$$

در حالت دوم که کارکرد به صورت موتوری است داریم:

$$P_1 = 2 \text{ kw} \Rightarrow I_{Lm} = \frac{r \times 1 \cdot r}{r \cdot r} = 10 \text{ A} = I_{am} \Rightarrow E_{am} = 200 - (0 / 2 \times 10) = 198 \text{ V}$$

ضمناً چون ماشین تحریک مستقل است جریان تحریک در هر دو حالت یکسان است فوراً ثابت است لذا:

$$\frac{E_{ag}}{E_{am}} = \frac{\phi_g N_y}{\phi_m N_m} \Rightarrow \frac{220}{198} = 1 \times \frac{440}{N_m} \Rightarrow N_m = 396 \text{ rpm}$$

۴- گزینه «۲» صحیح است.

باید ابتدا مشخصه بی‌باری را به ازاء سرعت جدید اصلاح نموده و سپس با خط القاء شیفته یافته قطع داد. لذا:

$$\begin{cases} E_a = (12/5 + 25 \cdot \sqrt{I_f}) \times 0/8 = 10 + 25 \cdot \sqrt{I_f} \\ E_a = R_f I_f + R_a I_a = 100 I_f + 0/2 (I_f + 50) \end{cases} \Rightarrow 10 + 25 \cdot \sqrt{I_f} = 100 I_f + 10$$

از حل این معادله داریم:

$$I_f = 4 \text{ A} \Rightarrow V_t = 100 \times 4 = 400 \text{ V}$$

دقت شود که در حل معادله جبری فوق‌الذکر از جمله $I_f / 2$ در مقابل I_f صرف‌نظر شده تا سریع‌تر بتوان معادله را حل نمود.

۵- گزینه «۱» صحیح است.

$$I_{a_n} = 25 \text{ A} \Rightarrow A.T_n = 25 \times 20 = 500 \text{ A.T} \longrightarrow \hat{E}_{a_n} = 100 \text{ V}$$

$$I_{a_{st}} = \frac{V_t}{R_a + R_s} = \frac{400}{2} = 200 \text{ A} \Rightarrow A.T_{st} = 200 \times 20 = 4000 \text{ A.T} \longrightarrow \hat{E}_{a_{st}} = 175 \text{ V} \Rightarrow \frac{\phi_n}{\phi_{st}} = \frac{10}{17}$$

با جایگذاری در معادله نسبت گشتاورها داریم:

$$\frac{T_{st}}{T_n} = \frac{\phi_{st}}{\phi_n} \frac{I_{a_{st}}}{I_{a_n}} \Rightarrow \frac{T_{st}}{15} = \frac{175}{100} \times \frac{10}{25} \Rightarrow T_{st} = 10.5 \text{ N.m}$$

۶- گزینه «۴» صحیح است.

مدار مغناطیسی خطی بوده و گشتاور بار ثابت است لذا:

$$T_{e_1} = T_{e_r} \Rightarrow \phi_1 I_{a_1} = \phi_r I_{a_r} \Rightarrow (N_{s_1} I_{s_1}) I_{a_1} = (N_{s_r} I_{s_r}) I_{a_r}$$

$$\left(\frac{I_{a_1}}{I_{a_r}} \right)^2 = \frac{N_{s_r}}{N_{s_1}} = \frac{64}{160} \Rightarrow \frac{I_{a_1}}{I_{a_r}} = 0.8$$

با توجه به اینکه از مقاومت اهمی آرمیچر و تحریک صرف‌نظر شده داریم:

$$\frac{E_{a_1}}{E_{a_r}} = \frac{N_1 \phi_1}{N_r \phi_r} \Rightarrow \frac{V_{DC}}{V_{PC}} = \frac{N_1}{N_r} \frac{N_{s_1} I_{a_1}}{N_{s_r} I_{a_r}} \Rightarrow 1 = \frac{N_1}{N_r} \frac{100}{64} \times 0.8$$

$$\Rightarrow N_r = 1/25 N_1$$

یعنی سرعت ۲۵٪ زیاد می‌شود.

۷- گزینه «۲» صحیح است.

در حالت ترانسفورمری داریم:

$$\eta = \frac{K_c S_n \cos \phi}{K_c S_n \cos \phi + K_c^2 P_{cu_n} + P_{fe}} \Rightarrow 0.9 = \frac{1 \times 10 \times 0.9}{1 \times 10 \times 0.9 + P_{cu_n} + P_{fe}}$$

$$\Rightarrow P_{cu_n} + P_{fe} = 1 \text{ kW}$$

در حالت اتوترانسفورمری داریم:

$$S_{AT} = 10 \times \frac{1250}{1250 - 1000} = 50 \text{ kVA}$$

چون ولتاژ دو سر سیم‌پیچی‌ها و جریان عبوری از آنها ثابت است لذا P_{fe} ، P_{cu} نسبت به حالت قبل تغییر نمی‌کند در نتیجه:

$$\eta_{AT} = \frac{1 \times 50 \times 1}{1 \times 50 \times 1 + 1} = 0.98 \quad \text{یا} \quad 98\%$$

۸- گزینه «۳» صحیح است.

با توجه به تلفات‌های داده شده داریم:

$$\begin{cases} \Delta P|_{K_c=0.8} = 1040 \text{ W} \\ P_{fe} = 400 \text{ W} \end{cases} \Rightarrow P_{cu}|_{K_c=0.8} = 640 \text{ W} \Rightarrow P_{cu_n} = \frac{640}{0.8} = 800 \text{ W}$$

$$\Rightarrow R_{eq}(\text{PU}) = P_{cu_n}(\text{PU}) = \frac{800}{10000} = 0.08 \text{ P.U.}$$

ضریب قدرت بحرانی نیز برابر ۰/۶ داده شده لذا:

$$\cos \phi_{cr} = \frac{X_{eq}}{Z_{eq}} = 0.6 \Rightarrow \frac{\sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2}}{Z_{eq}} = 0.6 \Rightarrow$$

$$Z_{eq}^2 - R_{eq}^2 = 0.36 Z_{eq}^2 \Rightarrow 0.64 Z_{eq}^2 = R_{eq}^2 \Rightarrow Z_{eq} = \frac{0.8}{0.8} = 1$$

$$V.R_{max} = K_c Z_{eq} = \frac{1}{2} \times 0.1 = 0.05 \text{ or } 5\%$$

۹- گزینه «۱» صحیح است.

ترانسفورماتور ۱۰۰ kVA چون ۲٪ کمتر دارد در معرض اضافه بار شدید است. لذا سهم آن را در مقدار مجازش (۱۰٪ بیشتر از مقدار نامی آن) تثبیت می‌کنیم لذا:

$$\begin{cases} S_1 = S_n \frac{S_L}{\sum S_n} \frac{U_{keq}}{U_{k1}} \\ U_{keq} = \frac{100 + 200}{\frac{100}{5} + \frac{200}{2}} = \frac{300}{45} \end{cases} \Rightarrow 1.1 = \frac{S_L}{300} \times \frac{45}{5} \Rightarrow$$

$$S_L = 247.5 \text{ kVA}$$

۱۰- گزینه «۲» صحیح است.

ساده‌ترین روش در تحلیل موتور با تغذیه دوگانه به‌کارگیری رابطه زیر است:

$$N_m = \frac{120(f_s \pm f_r)}{P} = \frac{120(50 \pm 75)}{8} = 375 \text{ rpm}, 1875 \text{ rpm}$$

۱۱- گزینه «۳» صحیح است.

در تغییر اتصال از مثلث به ستاره ولتاژ فازی $\frac{1}{\sqrt{3}}$ برابر می‌شود لذا:

$$\begin{cases} T_{mech} \sim V^2 S \\ T_{Load} \sim 1 - S \end{cases} \Rightarrow \frac{1 - S_1}{1 - S_r} = \left(\frac{V_1}{V_r} \right)^2 \frac{S_1}{S_r}$$

لغزش موتور در شرایط اولیه کاری برابر است با:

$$S_1 = \frac{N_{s1} - N_{m1}}{N_{s1}} = \frac{1500 - 1350}{1500} = 0.1$$

با جایگذاری در رابطه فوق الذکر داریم:

$$\frac{1 - 0.1}{1 - S_r} = \left(\frac{V_1}{\frac{1}{\sqrt{r}} V_1} \right)^2 \frac{0.1}{S_r} \Rightarrow \frac{1 - 0.1}{0.1} = r \frac{1 - S_r}{S_r}$$

$$r = \frac{1}{S_r} - 1 \Rightarrow \frac{1}{S_r} = 4 \Rightarrow S_r = 0.25$$

$$N_{m_r} = N_{s_r} (1 - S_r) = 1500 \cdot (1 - 0.25) = 1125 \text{ rpm}$$

۱۲- گزینه «۱» صحیح است.

ابتدا باید جریان اتصال کوتاه موتور را به دست آورد:

$$\frac{K I_{sc}}{I_n} = \frac{I_{st}}{I_n} = 1/2 \text{ P.U} \Rightarrow \frac{I_{sc}}{I_n} = \frac{1/2}{0.3} = 4 \text{ P.U}$$

جریان راه اندازی در سمت شبکه با توجه به؟؟ اتوترانسفورماتور برابر است با:

$$I_{in} = I_{source} = K_{AT}^r I_{sc} = 0.5^r \times 4 = 1 \text{ P.U}$$