

۱- یک موتور القای سه فاز ۱۵ اسب بخار، ۳۸۰ ولت، ۵۰ هرتز تحت سرعت ۱۴۷۰ دور در دقیقه می چرخد و توان نامی را تحویل می دهد. الف) تعداد قطبهای ماشین را مشخص کنید. ب) لغزش را در بار کامل تعیین کنید. ج) فرکانس جریان رتور را تعیین کنید. د) سرعت میدان گردان رتور نسبت به استاتور و نسبت به میدان گردان استاتور چقدر است؟

جواب: سرعت سنکرون موتور در صورت ۲ قطب بودن ۳۰۰۰ rpm، در صورت ۴ قطب بودن ۱۵۰۰ rpm و ... می باشد. با توجه به اینکه موتور القایی در حالت ماندگار سرعتی نزدیک به صورت سنکرون دارد پس موتور باید ۴ قطب باشد. در این حالت لغزش در موتور ۰/۰۲ می باشد. فرکانس جریان رتور برابر است با $f_r = s.f_s = 1 \text{ Hz}$. میدان گردان رتور و استاتور هر دو با سرعت سنکرون می چرخند پس نسبت به هم سرعتشان صفر بوده و نسبت به خود استاتور سرعت سنکرون دارند.

۲- موتور القایی سه فاز ۲۰۸ ولت، ۶۰ هرتز، ۲۰ اسب بخار و چهار قطب با پارامترهای زیر مفروض است. تلفات چرخشی موتور ۴۰۰ وات است. در لغزش ۰/۵ سرعت موتور، جریان استاتور و بازده را حساب کنید.

$$R_1 = 0.12 \Omega, \quad R_2' = 0.08 \Omega, \quad X_1 = X_2' = 0.2 \Omega, \quad X_m = 10 \Omega,$$

جواب:

$$n_s = \frac{120 * f}{p} = 1800 \text{ rpm} \rightarrow n_r = (1 - s)n_s = 1710 \text{ rpm}$$

$$Z = jx_m \parallel \left(\frac{r_2'}{s} + jx_2' \right) = 1.5 + 0.43j \rightarrow Z_{in} = Z + r_1 + jx_1 = 1.62 + 0.63j \Omega$$

$$V = \frac{208}{\sqrt{3}} = 120(V)$$

$$I_1 = \frac{V}{Z_{in}} = 64.34 - 25j = 69 \angle - 21.25$$

$$P_{ag} = 3 \frac{r_2'}{s} I_2'^2 = 3 * \operatorname{Re}\{Z\} * I_1^2 = 3 * 1.5 * 69^2 = 21.4 \text{ kW}$$

$$P_m = (1 - s)P_{ag} = 20.33 \text{ kW}$$

$$P_{out} = P_m - P_{rot} = 19.93 \text{ kW}$$

$$P_{in} = 3VI \cos \phi = 3 * 120 * 69 * \cos 25.21^\circ = 23.15 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} * 100 = 86\%$$

۳- یک موتور القایی تکفاز ۲۰۰ وات، ۱۱۰ ولت، ۶۰ هرتز و ۴ قطب دارای مشخصات زیر است. چنانچه این موتور تحت ولتاژ اسمی و با لغزش ۵٪ کار کند، جریان استاتور، ضریب قدرت، توان خروجی، سرعت، گشتاور و بازده موتور را محاسبه کنید. تلفات هسته ۲۴ وات و تلفات اطکاک ۲۰ وات فرض شود. مدل موتور را رسم کنید.

$$r_1 = 2.6 \ \Omega, \quad x_1 = 3.1 \ \Omega, \quad r_2' = 4 \ \Omega, \quad x_2' = 2.12 \ \Omega, \quad x_m = 66.3 \ \Omega$$

جواب:

با توجه به مدل موتور تکفاز با یک سیم‌پیچی ابتدا مقاومت‌های معادل میدان جلورونده و عقب‌رونده را محاسبه می‌کنیم.

$$Z_f = \frac{\frac{jx_m}{2} * (\frac{r_2'}{2s} + \frac{jx_2'}{2})}{\frac{r_2'}{2s} + (\frac{jx_m}{2} + \frac{jx_2'}{2})} = \frac{33.15j * (40 + 1.06j)}{40 + (33.15 + 1.06)j} = 15.87 + 19.58j$$

$$Z_b = \frac{\frac{jx_m}{2} * (\frac{r_2'}{2(2-s)} + \frac{jx_2'}{2})}{\frac{r_2'}{2(2-s)} + (\frac{jx_m}{2} + \frac{jx_2'}{2})} = \frac{33.15j * (1 + 1.06j)}{1 + (33.15 + 1.06)j} = 0.94 + 1.05j$$

$$Z_{in} = 2.6 + 3.1j + Z_f + Z_b = 19.41 + 23.73j$$

$$I_{in} = \frac{V}{Z_{in}} = 2.27 - 2.78j = 3.59 \angle -50.7^\circ$$

$$PF = \cos \varphi = \cos 50.7 = 0.63$$

$$P_{in} = V * I * PF + P_{Fe} = 272.8(W)$$

$$P_{gf} = R_f * I_{in}^2 = 15.87 * 3.59^2 = 204.5(W)$$

$$P_{gb} = R_b * I_{in}^2 = 0.94 * 3.59^2 = 12.1(W)$$

$$P_m = (1 - s) * (P_{gf} - P_{gb}) = 182.8(W)$$

$$P_{out} = P_m - P_{rot} = 182.8 - 20 = 162.8(W)$$

$$n_s = \frac{120 * 60}{4} = 1800(rpm)$$

$$n_r = (1 - s)n_s = 1710(rpm)$$

$$T = \frac{P_{out}}{\omega_r} = \frac{162.8}{1710 * 2\pi / 60} = 0.91(N.m)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} * 100 = 59.68\%$$

۴- یک موتور القایی یک چهارم اسب بخار، ۱۲۰ ولت، ۶۰ هرتز، ۴ قطب و ۱۷۳۰ rpm دارای مقاومت استاتور

۲/۹ اهم می‌باشد. مقادیر آزمایش بی‌باری موتور ۱۲۵ W، ۳/۵ A و ۱۲۰ V بوده و آزمایش رتور قفل

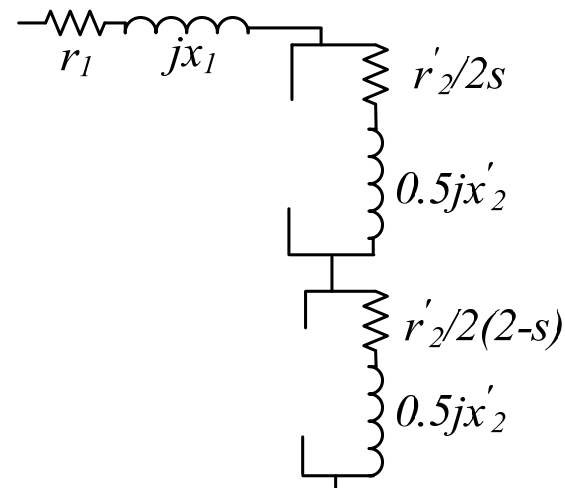
عبارت است از: ۱۴۰ W، ۵ A و ۴۳ V. تحت هر دو آزمایش فقط سیم‌پیچی اصلی در مدار است. مدار

معادل رتور و مقدار تلفات چرخشی موتور را مشخص کنید.

در حالت رتور قفل $s = 1$ و در مدار رتور داریم: $0.5jx'_2 + 0.5r'_2 \gg 0.5jx_m$ بنابراین در مدار معادل موتور از

$0.5jx_m$ (امپدانس های شاخه مغناطیس کنندگی) در امپدانس های جلوگرد و عقب گرد صرف نظر می‌کنیم. در

اینصورت برای حالت رتور قفل (BL) داریم:



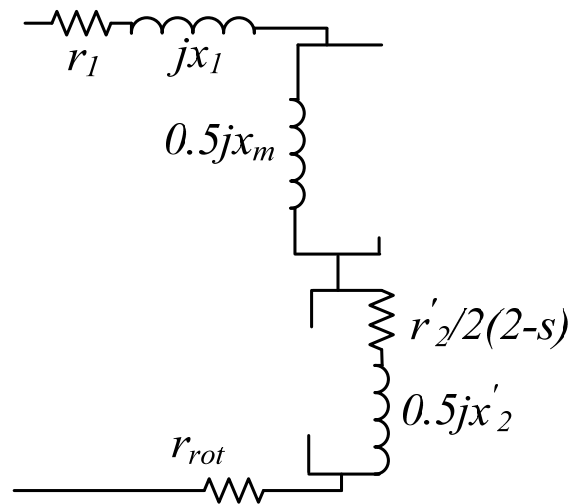
$$P_{BL} = 140 = I_{BL}^2 \cdot (r_1 + r_2') = 5^2 (2.9 + r_2') \rightarrow r_2' = 2.7 \Omega$$

$$Z_{BL} = \frac{V_{BL}}{I_{BL}} = 8.6 \Omega$$

$$Z_{BL}^2 = x_{BL}^2 + r_{BL}^2 \rightarrow 8.6^2 = (2.9 + 2.7)^2 + (x_1 + x_2')^2 \rightarrow x_1 + x_2' = 6.53$$

با فرض برابر بودن x_1 و x_2' داریم $x_1 = x_2' = 3.26 \Omega$

در حالت بی‌باری $s \approx 0$ بنابراین:



$$0.5jx_m < 0.5 \frac{r_2'}{s} + 0.5jx_2'$$

$$0.5jx_m \gg 0.5 \frac{r_2'}{2-s} + 0.5jx_2'$$

بنابراین برای حالت بی‌باری (NL) مدار معادل به صورت زیر در می‌آید که در آن r_{rot} برای مدل کردن تلفات

چرخشی موجود در حالت بی‌باری می‌باشد.

$$P_{NL} = 125 = I_{NL}^2 \cdot (r_1 + 0.25r_2' + r_{rot}) \rightarrow r_1 + 0.25r_2' + r_{rot} = R_{NL} = 10.2 \Omega$$

$$Z_{NL} = \frac{V_{NL}}{I_{NL}} = 34.3 \Omega$$

$$Z_{NL}^2 = x_{NL}^2 + r_{NL}^2 \rightarrow 34.3^2 = R_{NL}^2 + (0.5x_m + x_1 + 0.5x_2')^2 \rightarrow x_m = 55.72 \Omega$$

تلفات چرخش همان تلفات مقاومت r_{rot} می‌باشد. پس

$$P_{rot} = I_{NL} \cdot r_{rot} = 81.2 \text{ W}$$

۵- موتور مثال قبل، چنانچه تحت ولتاژ نامی و با سرعت نامی بچرخد، جریان ورودی، توان ورودی، ضریب توان، توان خروجی، گشتاور خروجی و راندمان را تعیین کنید.

$$s = \frac{1800 - 1730}{1800} = 0.039$$

$$Z_f = \frac{27.86j \left(\frac{1.35}{0.039} + 1.63j \right)}{27.86j + \frac{1.35}{0.039} + 1.63j} = 13 + 16.79j$$

$$Z_b = 0.61 + 1.55j$$

$$Z_{in} = r_1 + jx_1 + Z_f + Z_b = 16.51 + 21.6j = 27.19 \angle 52.6^\circ$$

$$I_{in} = 4.41 \angle -52.6^\circ \rightarrow P_{in} = V \cdot I \cdot \cos \varphi = 322.8 \text{ W}, \quad PF = \cos \varphi = 0.61$$

$$P_{agf} = R_f \cdot I_{in}^2 = 252.8 \text{ W}$$

$$P_{agb} = R_b \cdot I_{in}^2 = 11.86 \text{ W}$$

$$P_m = (1 - s)(P_{agf} - P_{agb}) = 231.87 \text{ W}$$

$$P_{out} = P_m - P_{rot} = 158.93 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = 46.7\% \quad , \quad T_{out} = \frac{P_{out}}{\omega_m} = 0.84 \text{ N} \cdot \text{m}$$