第四章　习　题

4.1 有一台 50 赫的异步电动机，额定转速 n_N=1450 转/分，空载转差率为 0.01，试求该电机的极对数 p，同步转速 n_s、空载转速 n'_0、额定负载时的转差率 s_N 和起动时的转差率 S_{st}。

解：

$$p=\frac{60f_N}{n_s}=\frac{60\times 50}{1450+50}=2$$

$$n_s=\frac{60f_N}{p}=\frac{60\times 50}{2}=1500(r/\min)$$

$$n_0^{'}=(1-s_0)n_s=(1-0.01)\times 1500=1458(r/\min)$$

$$s_N=\frac{n_s-n_N}{n_s}=\frac{1500-1450}{1500}=0.033$$

$$s_{st}=\frac{n_s-0}{n_s}=1$$

4.2 一台 10 千瓦，380 伏 ，Δ接的三相鼠笼式异步电动机，p=2，在额定运行时 s_N=0.0319，$\cos\varphi_{1N}$=0.87，η_N=38.3%，求额定转速，定子电流及输入功率。

解：

$$n_N=(1-s_N)n_s=(1-0.0319)\times\frac{60\times 50}{2}=1452.15(r/\min)$$

$$I_{1N}=\frac{P_N/\eta}{\sqrt{3}U_N\cos\phi_{1N}}=\frac{10000/0.883}{\sqrt{3}\times 380\times 0.87}=19.78(A)$$

$$P_1=\frac{P_N}{\eta}=\frac{10}{0.883}=11.33(kw)$$

4.3 一台三相六板绕线式异步电动机额定转速 n_N = 980 转/分，当定子施加频率为 50 赫的额定电压，转子绕组开路时，滑环间电压为 190 伏，转子堵转时转子绕组每相电阻 r_2=0.1 欧，x_2=0.5 欧。试问电机在额定运行时转子电势、电流和频率各为多少？

解：

$$s_N=\frac{1000-980}{1000}=0.02$$

$$E_{2s}=s_NE_{2N}=0.02\times 190=3.8(V)$$

$$I_{2S}=\frac{E_{2N}/\sqrt{3}}{\sqrt{(r_2/s_N)^2+x_2^{\,2}}}=\frac{190/\sqrt{3}}{\sqrt{(\frac{0.1}{0.02})^2+0.5^2}}=21.83(A)$$

$$f_{2s}=f_Ns_N=50\times 0.02=1(Hz)$$

4.4 有一台三相 380 伏、*Y* 接法、50 赫，n_N=1444转/分 的绕线式异步电动机，其每相参数为r_1=0.4 欧，r'_2=0.4 欧，x_1=1 欧，x'_2=1 欧，x_m=40 欧，r_m略去不计。设定、转子的有效匝数比为 4，试求：

(1) 满载时转差率；

（2）根据等值电路求出I_1、I_2和I_{10}；

（3）在额定负载时转子电势及其频率；

（4）总机械功率。

解：

（1） $s_N=\dfrac{1500-1444}{1500}=0.0373$

（2）

$$z_2'=r_2'/s_N+jx_2'=0.4/0.0373+j1=10.77+j1=10.77\angle 5.33^\circ$$

$$z_m=0+jx_m=j40=40\angle 90^\circ$$

$$z_m//z_2'=\frac{z_m z_2'}{z_m+z_2'}=\frac{40\angle 90^\circ\times 10.77\angle 5.33^\circ}{10.72+j41}$$

$$=\frac{430.8\angle 95.33^\circ}{42.378\angle 75.35^\circ}=10.166\angle 20^\circ=9.553+j3.477$$

$$z_\Sigma=z_1+z_m//z_2'=(0.4+j1)+(9.553+j3.477)$$

$$=9.953+j4.477=10.9\angle 24.22^\circ$$

$$\dot{I}_1=\frac{\dot{U}_1}{z_\Sigma}=\frac{380/\sqrt{3}\angle 0^\circ}{10.9\angle 24.22^\circ}=20.13\angle -24.22^\circ=18.36-j8.26$$

$$\because -\dot{I}_2'z_2'=\dot{I}_1\frac{z_m z_2'}{z_m+z_2'}$$

$$\therefore -\dot{I}_2'=\dot{I}_1\frac{z_m}{z_m+z_2'}$$

$$\dot{I}_2'=20.13\angle -24.22^\circ\frac{40\angle 90^\circ}{42.378\angle 75.35^\circ}=19\angle -9.57^\circ$$

$$\dot{I}_2'=19\angle 170.43^\circ=-18.736+j3.159$$

$$\dot{I}_{10}=\frac{U_1\angle 0^\circ}{z_1+z_m}=\frac{380\angle 0^\circ}{0.4+j41}=\frac{380\angle 0^\circ}{41\angle 89.44^\circ}=5.35\angle -89.44^\circ$$

（3）

$$\dot{E}_2'=\dot{I}_2'z_2'=19\angle 170.43^\circ\times 10.77\angle 5.33^\circ=204.6\angle 175.76^\circ$$

$$\dot{E}_{2s}=\frac{\dot{E}_2'}{K}s_N=1.91\angle 175.76^\circ$$

$$f_{2s}=s_N f_{1N}=0.0373\times 50=1.865(Hz)$$

（4） $P_m=(1-s_N)m_r\dot{I}_2^{'2}r_2^{'}/s_N=(1-0.0373)\times3\times19^2\times10.72=11.177(kw)$

4.5 某台三相异步电动机，P_N=10 千瓦，U_{1N}=380 伏，I_{1N} =19.8 安，四极，定子绕组 Y 接，每相电阻 r_1=0.5 欧。空载试验数据：U_{1N}=380 伏，I_{10} =5.4 安，p_0=0.425 千瓦，机械损耗 p_m =0.08 千瓦，忽略附加损耗。短路试验数据：U_K=126 伏，I_K=19.8 安，p_K =1.08 千瓦。认为 $x_1=x'_2$。求电动机的参数 r'_2、x_1、x'_2、r_m和x_m。

解：

$$r_k=\frac{p_k}{3I_k^{\ 2}}=\frac{1080}{3\times19.8^2}=0.918$$

$$r_2^{'}=r_k-r_1=0.918-0.5=0.418(\Omega)$$

$$z_k=\frac{u_k}{\sqrt{3}I_k}=\frac{126}{\sqrt{3}\times19.8}=3.674$$

$$x_k=\sqrt{z_k^{\ 2}-r_k^{\ 2}}=\sqrt{3.674^2-0.918^2}=3.557$$

$$x_1=x_2^{'}=\frac{1}{2}x_k=1.779(\Omega)$$

$$z_0=\frac{U_{1N}/\sqrt{3}}{I_{10}}=\frac{380/\sqrt{3}}{5.4}=40.63(\Omega)$$

$$x_m=\sqrt{z_0^{\ 2}-(r_1+r_m)^2}-x_1=\sqrt{40.63^2-3.944^2}-1.779$$
$$=38.66(\Omega)$$

$$r_m=\frac{p_{Ft}}{3I_{10}^{\ 2}}=\frac{p_0-3I_{10}^{\ 2}r_1-p_\Omega}{3I_{10}^{\ 2}}=\frac{301.26}{3\times5.4^2}=3.444(\Omega)$$

4.6 一台鼠笼式三相四极异步电动机，定子接在 f_1=50 赫的三相电源上，其额定数据和每项参数为：P_N =10 千瓦，U_N=380 伏，n_N =1455 转 / 分；r_1=1.375 欧，x_1=2.43 欧，r'_2 =1.04 欧，x'_2 =4.4 欧，r_m =8.34 欧，x_m =8.26 欧。定子绕组为Δ接法。在额定运行时的机械损耗及附加损耗共为 205 瓦。求额定转速时的定子电流、功率因数、输入功率及效率。

解：

$$r_2^{'}/s_N=1.04/0.03=34.667(\Omega)$$

$$z_2^{'}=r_2^{'}/s_N+jx_i=34.667+j4.4=34.94\angle7.23^\circ$$

$$z_m=r_m+jx_m=8.34+j82.6=83.02\angle84.23^\circ$$

$$z_\Sigma=z_1+\frac{z_2^{'}z_m}{z_2^{'}+z_m}=1.375+j2.34+\frac{34.94\angle7.23^\circ\times83.02\angle84.23^\circ}{43+j87}=1.375+j2.43+\frac{2901\angle91.46^\circ}{97.05\angle63.7^\circ}$$

$$= 27.9 + j16.4 = 32.36\angle 30.45^\circ$$

$$\dot{I}_{1N} = \sqrt{3}\frac{U_1\angle 0^\circ}{z_\Sigma} = \sqrt{3}\frac{380\angle 0^\circ}{32.36\angle 30.45^\circ} = 20.34\angle -30.45^\circ (A)$$

$$\cos\phi_1 = \cos 30.45^\circ = 0.862$$

$$P_1 = \sqrt{3}\times 380\times 20.34\times 0.862 = 11.54(kw)$$

$$P_m = P_N + P_m + P_s = 10000 + 205 = 10205(w)$$

$$P_e = \frac{P_m}{1-s} = \frac{10205}{1-0.03} = 10.5(kw)$$

$$\eta = \frac{P_N}{P_1}\times 100\% = \frac{10}{11.54}\times 100\% = 86.7\%$$

4.7 有一台 JO_2—L 三相四极鼠笼式异步电动机，已知其额定数据和参数为 P_N =17 千瓦，U_N=380 伏(Δ 接法)，r_1=0.715 欧，x_1=1.74 欧，r'_2 =0.416 欧, x'_2 =3.03 欧，r_m =6.2 欧，x_m =75 欧; 电动机的机械损耗为 139 瓦,额定负荷时的附加损耗为 320 瓦。试求额定负载时电动机的转差率、定子电流、输出转矩和效率。

解：

$$P_m = P_N + p_m + p_s = 17000 + 139 + 320 = 17459(W)$$

$$= 3I_2^{'2}\frac{1-S}{S}V_2^{'}$$

$$Z_1 = r_1 + jX_1 = 0.715 + j1.74 = 1.88\angle 67.66^\circ$$

$$Z_m = r_m + jX_m = 6.2 + j75 = 75.256\angle 85.27^\circ$$

$$\dot{I}_{10} = \frac{V_{1N}\angle 0^\circ}{Z_1 + Z_m} = \frac{380\angle 0^\circ}{6.915 + j76.74} = \frac{380\angle 0^\circ}{77\angle 84.85^\circ} = 4.935\angle -84.85^\circ$$

$$= 0.443 - j4.915$$

$$I_2^{'} = \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + \frac{r_2^{'}}{S})^2 + (x_1 + \dot{x}_2)^2}}$$

$$: 3\times \frac{U_1^2}{\sqrt{(r_1 + \frac{r_2^{'}}{S})^2 + (x_1 + \dot{x}_2)^2}}\frac{1-S}{S}V_2^{'} = 17459$$

$$33.5861S^2 - 9.7271S + 0.1731 = 0$$

$$S = \frac{9.7271 \pm \sqrt{9.7271^2 - 4\times 33.5861\times 0.1731}}{2\times 33.5861}$$

$$S = \begin{cases} 0.27(\text{肯定}>S_{sc}\text{，舍去}) \\ 0.019 \end{cases}$$

$$Z_1+Z_2^{'}=0.715+j1.74+(0.416/0.019+j3.03)$$
$$=22.6+j4.77=23.1\angle 11.9^{\circ}$$
$$-\dot{I}_2^{'}=\frac{\dot{U}_1}{Z_1+Z_2^{'}}=\frac{380\angle 0^{\circ}}{23.1\angle 11.9^{\circ}}=16.45\angle -11.9^{\circ}=16.1-j3.39$$
$$\dot{I}_1=\dot{I}_{10}-\dot{I}_2=(0.443-j4.915)+(16.1-j3.39)$$
$$=16.54-j8.31=18.5\angle -26.8^{\circ}(A)$$
$$\dot{I}_{1N}=\sqrt{3}\dot{I}_1=\sqrt{3}\times 18.5\angle -26.8^{\circ}=32\angle -26.8^{\circ}$$
$$cos\varphi_c=cos26.8^{\circ}=0.893$$
$$P_e=P_{2N}+p_{cu2}=17459+3\times 16.45^2\times 0.416=17799\approx 17.8(KW)$$
$$n_N=(1-S_N)n_S=(1-0.019)\times 1500=1472r/min$$
$$T_2=9550\frac{P_N}{n_N}=9550\times\frac{17}{1472}=110.3(N\cdot m)$$
$$\eta=\frac{P_2}{P_1}\times 100\%=\frac{17000}{\sqrt{3}\times 360\times 32\times 0.893}=90\%$$

4.8 有一台额定容量为 5.5 千瓦、频率为 50 赫的三相四极异步电动机，在某一负载下运行，电源向电机输入的功率为 6.32 千瓦，定子铜损耗为 341 瓦，铁损耗为 167.5 瓦，转子铜损耗为 237.5 瓦，机械损耗为 45 瓦，附加损耗为 29 瓦。试绘出该电机的功率流程图，标明输入功率、电磁功率、总机械功率、输出功率及各种损耗。并求在这一负载下，该机的效率、转差率、转速、电磁转矩、轴上输出转矩各是多少？解：

$$P_e=P_1-p_{cu1}-p_{Ft}=6.32-0.341-0.1675=5.8115(kw)$$
$$P_m=P_e-p_{cu2}=5.8115-0.2375=5.574(kw)$$
$$P_2=P_m-p_m-p_s=5.574-0.045-0.029=5.5(kw)=P_N$$
$$I_1=\frac{P_1}{\sqrt{3}U_N\cos\phi_N}=\frac{8603.5}{\sqrt{3}\times 380\times 0.824}=15.86(A)$$
$$\eta=\frac{P_2}{P_1}\times 100\%=\frac{5.5}{6.32}\times 100\%=87\%$$
$$s=\frac{P_{cu2}}{P_e}=\frac{0.2375}{5.8115}=0.041$$
$$n=(1-0.041)\times 1500=1439(r/\min)$$
$$T_e=9550\frac{P_e}{n_s}=9550\times\frac{5.8115}{1500}=37(N\bullet m)$$
$$T_2=9550\frac{P_2}{n}=9550\times\frac{5.5}{1439}=36.5(N\bullet m)$$

4.9 一台三相异步电动机输入功率 P_1=32.8 千瓦，定子铜耗 p_{Cu1}=1060 瓦，铁耗 p_{Fe}=655 瓦，

附加损耗 p_s=165 瓦，机械损耗为 p_m =280 瓦，转差率 s=0.0206。求电机的电磁功率 P_e、转子铜耗 p_{Cu2}、输出功率 P_2。

解：

$$P_e = P_1 - p_{cu2} - p_{Ft} = 32.8 - 1.06 - 0.655 = 31.085(kw)$$
$$p_{cu2} = sP_e = 0.0206 \times 31.085 = 0.64035(kw)$$
$$P_2 = P_e - p_{cu2} - p_m - p_s = 31.085 - 0.64035 - 0.28 - 0.165$$
$$= 30(kw)$$

4.10 一台 JO_2—52—6 异步电动机，额定电压 U_N=380 伏，Δ 接法，f_1=50 赫，P_N =7.5 千瓦，n_N =960 转/分，$\cos\varphi_N$ =0.824，p_{Cu1}=474 瓦，p_{Fe}=231 瓦，p_m =45 瓦，p_s=37.5 瓦，试计算额定负载时：（1）转差率；（2）转子电流的频率；（3）转子铜耗；（4）效率；（5）定子电流。

解：

$$s_N = \frac{1000 - 960}{1000} = 0.04$$
$$f_2 = s_N f_1 = 0.04 \times 50 = 2(Hz)$$
$$p_{cu2} = sP_e = \frac{s_N}{1 - s_N} P_\Omega = \frac{s_N}{1 - s_N}(P_N - p_m - p_s) = \frac{0.04}{1 - 0.04}(7.5 + 0.045 + 0.0375)$$
$$= 0.316(kw)$$
$$\eta = \frac{P_N}{P_1} \times 100\% = \frac{P_N}{P_N + p_m + p_s + p_{cu2} + p_{Fe} + p_{cu1}} \times 100\%$$
$$= \frac{7.5}{7.5 + 0.0375 + 0.045 + 0.316 + 0.231 + 0.474} \times 100\% = 87.2\%$$
$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} U_N \cos\phi_N} = \frac{8603.5}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.824} = 15.86(A)$$

4.11 有一台三相四极鼠笼式异步电动机，P_N =10 千瓦，U_N=380 伏，Δ 接法，=20 安，p_{Cu1} =314 瓦，p_{Fe}=276 瓦，p_m =77 瓦，p_s=200 瓦，试求：

（1）电动机的额定转率赫，n_N；

（2）额定负载的制动转矩 T_{LN}；

（3）额定电磁转矩 T_{eN}；

（4）电动机输出额定功率时的效率 η_N。

解：

$$P_e = P_N + p_m + p_s + p_{cu2} = 10000 + 77 + 200 + 314 = 10591(w)$$

$$s = \frac{p_{cu2}}{P_e} = \frac{314}{10591} = 0.03$$

$$(1) n = (1 - 0.03) \times 1500 = 1455(r / \min)$$

$$(2) T_{LN} = T_N = 9550 \frac{P_N}{n_N} = 9550 \times \frac{10}{1455} = 65.6(N \bullet m)$$

$$(3) T_e = 9550 \frac{P_e}{n_s} = 9550 \times \frac{10591}{1500} = 67.43(N \bullet m)$$

$$(4) \eta = \frac{P_N}{P_1} \times 100\% = \frac{P_N}{P_e + p_{cu1} + p_{Fe}} \times 100\% = \frac{10000}{10591 + 557 + 276} \times 100\%$$

$$= \frac{10000}{11424} \times 100\% = 87.5\%$$