

《电机学》习题解答

第4章

4-11 计算下列三相、两极、50Hz 的同步发电机定子的基波绕组因数和空载相电动势、线电动势。已知定子槽数 $Q=48$ ，每槽内有两根导体，支路数 $a=1$ ， $y_1=20$ ，绕组为双层、星形联结，基波磁通量 $\Phi_1=1.11\text{Wb}$ 。

解：极距 $\tau = \frac{Q}{2p} = 24$ $q = \frac{Q}{2mp} = \frac{48}{2 \times 3} = 8$

$$\text{槽距角 } \alpha = \frac{p \times 360^\circ}{Q} = \frac{360^\circ}{48} = 7.5^\circ$$

$$\text{基波绕组系数 } k_{w1} = k_{p1} \cdot k_{d1} = \sin \cdot \frac{y_1}{\tau} 90^\circ \cdot \frac{\sin \frac{q\alpha}{2}}{q \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$= \sin 75^\circ \cdot \frac{\sin 30^\circ}{8 \cdot \sin 3.75^\circ} = 0.923$$

$$\text{每相绕组串联匝数 } N = \frac{Q \cdot N_c}{ma} = \frac{48}{3} = 16$$

$$\therefore \text{空载相电动势 } E_{\phi 1} = 4.44 f N k_{w1} \cdot \Phi_1$$

$$= 4.44 \times 50 \times 16 \times 0.923 \times 1.11 \text{V} = 3639 \text{V}$$

$$\text{线电动势 } E_L = \sqrt{3} E_{\phi} = \sqrt{3} \times 3639 \text{V} = 6303 \text{V}$$

4-21 试分析下列情况下是否会产生旋转磁动势，转向怎样？（1）对称两相绕组内通以对称两相正序电流时；（2）三相绕组一相（例如 C 相）断线时。

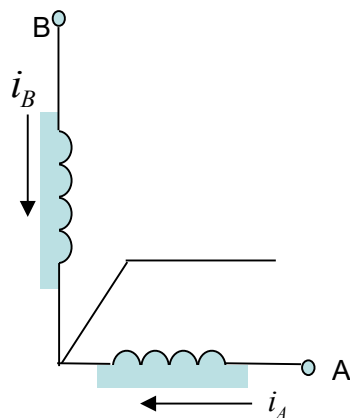
解：（1）设 $i_A = I_m \cos \omega t$ ，则 $i_B = I_m \cos(\omega t - 90^\circ)$

$$f_{A1} = F_{\phi 1} \cos x \cos \omega t$$

$$f_{B1} = F_{\phi 1} \cos(x - 90^\circ) \cos(\omega t - 90^\circ)$$

所以合成磁势

$$\begin{aligned} f_1 &= f_{A1} + f_{B1} = F_{\phi 1} \cos x \cos \omega t + F_{\phi 1} \cos(x - 90^\circ) \cos(\omega t - 90^\circ) \\ &= \frac{1}{2} F_{\phi 1} [\cos(\omega t - x) + \cos(\omega t + x)] \\ &\quad + \frac{1}{2} F_{\phi 1} [\cos(\omega t - x) + \cos(\omega t + x - 180^\circ)] \end{aligned}$$



$$= F_{\phi 1} \cos(\omega t - x)$$

即合成磁势为正向旋转的圆形磁势，且幅值等于为单相基波

(2) C 相断线的情况下 $i_C = 0$

$$\text{设 } i_A = I_m \cos \omega t, \text{ 则 } i_B = -I_m \cos \omega t$$

$$f_{A1} = F_{\phi 1} \cos x \cos \omega t$$

$$f_{B1} = -F_{\phi 1} \cos(x - 120^\circ) \cos \omega t$$

所以合成磁势

$$\begin{aligned} f_1 &= f_{A1} + f_{B1} = F_{\phi 1} \cos x \cos \omega t - F_{\phi 1} \cos(x - 120^\circ) \cos \omega t \\ &= F_{\phi 1} \cos \omega t [\cos x - \cos(x - 120^\circ)] \\ &= \sqrt{3} F_{\phi 1} \cos \omega t \cos(x + 30^\circ) \end{aligned}$$

即合成磁势为脉振磁势，且幅值为单相基波幅值的 $\sqrt{3}$ 倍。

补充分析题 1: 三相异步电动机起动前断线，若绕组有 D、Y 和 YN 三种接法，试分析：1) 若一根电源断线，哪些接法不能起动，哪些接法能起动？2) 若一相绕组断线，哪些接法不能起动，哪些接法能起动？（上交）

答：1) 电源线断了一根，则 YN 可能能起动，D 和 Y 不能起动
2) 一相绕组断线，则 YN 和 D 可能能起动，Y 不能起动

第 5 章

5-3 三相感应电机的转速变化时，转子所生磁动势在空间的转速是否改变？为什么？

答：不变。设气隙磁场旋转速度为 n_1 ，转子的转速为 n ，转差率为 $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$ ，

则转子感应电动势和电流的频率为 $f_2 = sf_1$ ，由此电流产生的磁动势相对于

转子的速度为 $\Delta n = \frac{60f_2}{P} = s \frac{60f_1}{P} = sn_1$ ，则相对于定子的转速为 $\Delta n + n = n_1$ ，与转子转速无关。即转速变化时，转子产生的磁动势在空间的转速不变。

5-6 感应电动机等效电路中的 $\frac{1-s}{s} R_2'$ 代表什么？能否不用电阻而用一个电抗去代替？为什么？

答： $\frac{1-s}{s} R_2'$ 代表与转子所产生的机械功率对应的等效电阻，消耗在该电阻上的功率代表总的机械功率。它不能由电抗代替，因为电抗上损耗的是滞后的

无功功率，不能代替转换成机械功率的有功功率。

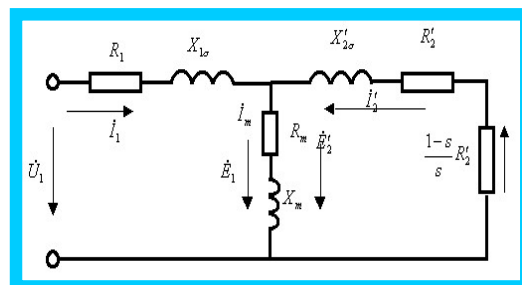
5-14 有一台 Y 联结，380V，50Hz，额定转速为 1444r/min 的三相绕线型感应电动机，其参数为 $R_1=0.4\Omega$ ， $R_2'=0.4\Omega$ ， $X_{1\sigma}=X_{2\sigma}'=1\Omega$ ， $X_m=40\Omega$ ， R_m 略去不计，定，转子的电压比为 4。试求：(1)额定负载时的转差率；(2)额定负载时的定，转子电流；(3)额定负载时

转子的频率和每相电动势值。

解：(1) 额定转差率

$$s_N = \frac{n_s - n_N}{n_s} = \frac{1500 - 1444}{1500} = 0.0373$$

(2) T 形等效电路图如右



$$\text{设 } \dot{U}_1 = \frac{U_N}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ = 219.39 \angle 0^\circ \text{ V, 则}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= \frac{\dot{U}_1}{R_1 + jx_{1\sigma} + \frac{jx_m(\frac{R_2'}{s} + jx_{2\sigma}')}{\frac{R_2'}{s} + j(x_m + x_{2\sigma}')}} = \frac{219.39 \angle 0^\circ}{0.4 + j1 + \frac{j40(\frac{0.4}{0.0373} + j1)}{\frac{0.4}{0.0373} + j41}} A \\ &= 20.11 \angle -24.20^\circ A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_2' &= -\dot{I}_1 \cdot \frac{jx_m}{\frac{R_2'}{s} + j(x_m + x_{2\sigma}')} = -20.11 \angle -24.20^\circ \times \frac{j40}{\frac{0.4}{0.0373} + j41} A \\ &= 18.98 \angle 170.46^\circ \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{所以 } I_2 = k_i \cdot I_2' = 4 \times 18.98 A = 76 A$$

$$(3) f_2 = s_N \cdot f_1 = 0.0373 \times 50 \text{ Hz} = 1.865 \text{ Hz}$$

$$E_2' = I_2' \cdot \left| \frac{R_2'}{s} + j1 \right| = 204.35 \text{ V}$$

$$E_2 = \frac{E_2'}{k_e} = 51.09 \text{ V}$$

5-15 有一台三相四级的笼型感应电动机，额定转差率 $s_N = 0.02008$ ，电动机的容

量 $P_N = 17 \text{ kW}$ ， $U_{1N} = 380 \text{ V}$ (D 联结)，参数为 $R_1 = 0.715 \Omega$ ， $X_{1\sigma} = 1.74 \Omega$ ，

$R_2' = 0.416 \Omega$ ， $X_{2\sigma}' = 3.03 \Omega$ ， $R_m = 6.2 \Omega$ ， $X_m = 75 \Omega$ ，电动机的机械损耗

$P_{\Omega}=139\text{W}$, 额定负载时的杂散损耗 $P_{\Delta}=320\text{W}$ 。试求额定负载时的定子电流, 定子功率因数, 电磁转矩, 输出转矩和效率。

解: 等效电路如题 5-14, 设 $\dot{U}_1 = U_1 \angle 0^\circ = 380 \angle 0^\circ \text{V}$ 则

$$\begin{aligned}\dot{I}_1 &= \frac{\dot{U}_1}{R_1 + jx_{1\sigma} + \frac{(R_m' + jx_m')(\frac{R_2'}{s} + jx_{2\sigma}')}{(R_m' + \frac{R_2'}{s}) + j(x_m' + x_{2\sigma}')}} \\ &= \frac{380 \angle 0^\circ}{0.715 + j1.74 + \frac{(6.2 + j75)(\frac{0.416}{0.0200} + j3.03)}{(6.2 + \frac{0.416}{0.0200}) + j(75 + 3.03)}} \text{A} = 18.57 \angle -26.35^\circ \text{A}\end{aligned}$$

所以定子电流 $I_1 = 18.57 \text{A}$ 定子功率因数 $\cos \varphi_1 = \cos(-26.35^\circ) = 0.896$

$$I_m = I_1 \cdot \left| \frac{\frac{R_2'}{s} + jx_{2\sigma}'}{(R_m' + jx_m') + (\frac{R_2'}{s} + jx_{2\sigma}')} \right| = 18.57 \times \left| \frac{(\frac{0.416}{0.0200} + j3.03)}{(6.2 + \frac{0.416}{0.0200}) + j(75 + 3.03)} \right| = 4.72 \text{A}$$

$$I_2' = I_1 \cdot \left| \frac{(R_m' + jx_m')}{(R_m' + \frac{R_2'}{s}) + j(x_m' + x_{2\sigma}')} \right| = 18.57 \times \left| \frac{(6.2 + j75)}{(6.2 + \frac{0.416}{0.0200}) + j(75 + 3.03)} \right| = 16.94 \text{A}$$

$$\text{电磁功率 } P_e = 3I_2'^2 \cdot \frac{R_2'}{s} = 3 \times 16.94^2 \times \frac{0.416}{0.02008} \text{W} = 17835.19 \text{W}$$

$$\text{电磁转矩 } T_e = \frac{P_e}{\Omega_s} = \frac{17835.19}{2\pi \times \frac{1500}{60}} \text{N} \cdot \text{m} = 113.54 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{输出功率 } P_2 = (1-s) \cdot P_e - p_{\Omega} - p_{\Delta} = ((1-s) \times 17835.19 - 139 - 320) = 17018.06 \text{W}$$

$$\text{输出转矩 } T_2 = \frac{P_2}{\Omega} = \frac{17018.06}{(1-s) \cdot 2\pi \cdot \frac{1500}{60}} \text{N} \cdot \text{m} = 110.5 \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\text{输入功率 } P_1 = 3I_2'^2 \cdot \frac{R_2'}{s} + 3I_m'^2 R_m + 3I_1'^2 R_1$$

$$= (17835.19 + 3 \times 4.72^2 \times 6.2 + 3 \times 18.57^2 \times 0.715) \text{W} = 18989.26 \text{W}$$

$$\text{效率 } \eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = 89.6\%$$

5-30 有一台三相四极的绕线型感应电动机额定转速 $n_N = 1485 \text{ r/min}$ ，转子每相电阻 $R_2 = 0.012 \Omega$ 。设负载转矩保持为额定值不变，今欲把转速从 1485 r/min 下调到 1050 r/min ，问转子每相应串入多大的调速电阻？

解：额定转差率 $s_N = \frac{n_1 - n_N}{n_1} = \frac{1500 - 1485}{1500} = 0.01$

$$\text{调速后的转差率 } s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1500 - 1050}{1500} = 0.3$$

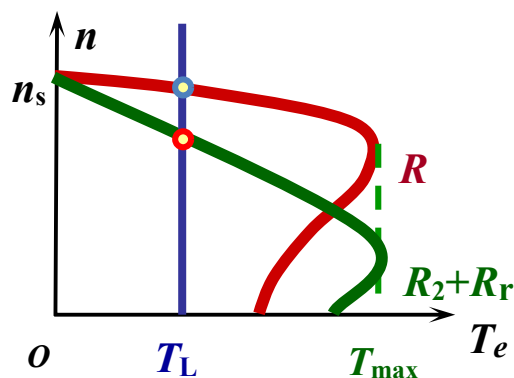
设串入调速电阻为 R_Ω ，调速前后负载转矩不变

$$\text{所以满足 } \frac{R_2}{s_N} = \frac{R_2 + R_\Omega}{s},$$

$$\text{得 } R_\Omega = \left(\frac{s}{s_N} - 1 \right) R_2 = \left(\frac{0.3}{0.01} - 1 \right) \times 0.012 \Omega = 0.348 \Omega$$

补充分析题 1：绕线异步电动机转子串适当电阻调速，随着电阻增大，下列参数如何变化，并分析原因。①转速 n ② P_2 ， P_1 ③ I_1 、 I_2 ④ $\cos\varphi$ ⑤ $p_{\text{cu}2}$ ⑥ η

答：从机械特性曲线可见，①电阻增大， n 减小；② P_2 不变，但由于串电阻，铜耗增加，所以 P_1 增加。③ n 减小所以 I_2 增加， I_1 也就增加。④ $\cos\varphi$ 不变，⑤ $p_{\text{cu}2}$ 增加，⑥铜耗增加， η 减小。



补充作业 1：一台三相异步电动机的输入功率 $P_1 = 8.6 \text{ kW}$ ，定子铜耗 $p_{\text{cu}} = 425 \text{ W}$ ，铁耗 $p_{\text{fe}} = 210 \text{ W}$ ，转差率 $S = 0.034$ ，求：（1）电磁功率 P_{em} ；（2）转子铜耗 $p_{\text{cu}2}$ ；（3）总机械功率 P_{mec} 。（21 年考试题）（上交）

解：(1) 电磁功率 $P_{em} = P_1 - (p_{cu1} + p_{Fe}) = 8600 - (425 + 210) = 7965(W)$

(2) 转子铜耗 $p_{cu2} = sP_{em} = 0.034 \times 7965 = 271(W)$

(3) 总机械功率 $P_{mec} = P_{em} - p_{cu2} = 7965 - 271 = 7694(W)$

补充作业 2：一台三相六极绕线式异步电动机， $P_N = 100kW$ ， $n_N = 980r/min$ ，

$p_\Omega + p_\Delta = 1kW$ ， $f_1 = 50Hz$ ， $U_N = 380V$ ， Δ 接。试求：(1) 同步转速 n_s ， f_2 ， s_N ，

p_{Cu2} (2) 若此电动机过载能力 $K_T = \frac{T_{max}}{T_N} = 2$ ，带 80%额定负载运行，电网电压下降到 230V，

计算在此负载下电动机能否继续运行？（22 年考试题）（上交）》

$$\text{解 (1)} \quad n_1 = \frac{60f_1}{p} = \frac{60 \times 50}{3} = 1000r/min$$

$$s_N = \frac{n_1 - n_N}{n_1} = \frac{1000 - 900}{1000} = 0.02$$

$$f_2 = sf_1 = 0.02 \times 50 = 1Hz \quad \text{【2 分】}$$

$$P_\Omega = P_N + p_m + p_\Delta = 100 + 1 = 101kW \quad \text{【2 分】}$$

$$P_M = \frac{P_\Omega}{1-s} = \frac{101}{1-0.02}; \quad p_{Cu2} = sP_M = 0.02 \frac{101}{1-0.02} = 2.06kW \quad \text{【2 分】}$$

$$(2) \quad K_T = \frac{T_{max}}{T_N} \Rightarrow T_N = 0.5T_{max}$$

$$T_{max} \propto U_1^2$$

$$\begin{aligned} \text{当电网电压下降到 } 230V, \quad \frac{T'_{max}}{T_{max}} &= \frac{220^2}{380^2} \\ \Rightarrow T'_{max} &= 0.366T_{max} \end{aligned}$$

带 80%额定负载运行， $0.8T_N = 0.4T_{max}$
因为 $T'_{max} = 0.366T_{max} < 0.4T_{max}$

所以电动机不能继续运行。【4 分】

第 6 章

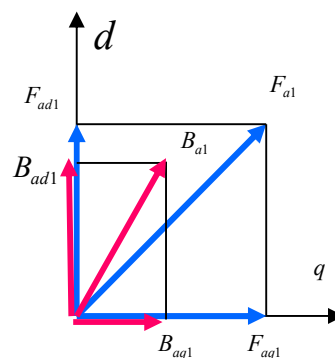
6-4 同步发电机电枢反应的性质取决于电枢磁动势和主磁场在空间的相对位置，即激磁电动势 \dot{E}_0 和负载电流 \dot{I} 之间的相角差 ψ_0 。交轴电枢反应产生交轴电枢磁动势，与产生电磁转矩及能量转换直接相关；直轴电枢反应产生直轴电枢磁动势，起到增磁或者去磁的作用，与电机的无功功率和功率因数的超前或滞后相关。

6-6 为什么分析凸极同步电机时要用双反应理论？凸极同步发电机负载运行时，若 ψ_0 既不等于 0° ，又不等于 90° ，问电枢磁

场的基波与电枢磁动势的基波在空间是否同相，为什么（不计磁饱和）？

答：因为凸极电机的气隙不均匀，分析时需用双反应理论。当负载运行时，若 ψ_0 既不等于 0° ，又

不等于 90° ，电枢磁场的基波与电枢磁动势的基波在空间的相位不同，因为交、直轴的磁路不同，相同大小的磁势产生的磁通不同，如右图。



6-8 有一台 70000KVA，60000KW，13.8KV，(星形联结)的三相水轮发电机，交直轴同步电抗的标么值分别为 $x_d^* = 1.0, x_q^* = 0.7$ ，试求额定负载时发电机的

激磁电动势 E_0^* (不计磁饱和与定子电阻)。

解：额定功率因数 $\cos \varphi_N = \frac{P_N}{S_N} = \frac{6}{7}$ ， $\therefore \varphi_N = 31^\circ$

设 $\dot{U}^* = 1 \angle 0^\circ$ ，则 $\dot{I}^* = 1 \angle -31^\circ$

$$\dot{E}_Q^* = \dot{U}^* + j \dot{I}^* \cdot x_q^* = 1 \angle 0^\circ + j \angle -31^\circ \times 0.7 = 1.486 \angle 23.8^\circ$$

$$\therefore \delta_N = 23.8^\circ$$

$$\psi_0 = \varphi_N + \delta_N = 31^\circ + 23.8^\circ = 54.8^\circ$$

$$E_0^* = E_Q^* + I_d^* (x_d^* - x_q^*) = E_Q^* + I^* \cdot \sin \psi_0 (x_d^* - x_q^*)$$

$$= 1.486 + \sin 54.8^\circ (1.0 - 0.7) = 1.731$$

6-17 一台 31250KVA(星形联结)， $\cos \varphi_N = 0.8$ (滞后) 的汽轮发电机与无穷大电网并联运行，已知发电机的同步电抗 $x_s = 7.53 \Omega$ ，额定负载时的激磁电动势

$E_0 = 17.2kV$ (相)，不计饱和与电枢电阻，试求：(1) 发电机的额定负载时，

端电压 U 、电磁功率 P_e 、功率角 δ_N 、输出的无功功率 Q_2 及过载能力各为多少？（2）维持额定励磁不变，减少汽轮机的输出，使发电机输出的有功功率减少一半，问此时的 P_e 、 δ 、 $\cos\varphi$ 及 Q_2 将变成多少？

解：（1）额定情况下忽略电阻，则电磁功率等于输出功率

$$P_e = P_N = S_N \cos\varphi_N = 31250 \times 0.8 kW = 22500 kW$$

$$Q_2 = S_N \sin\varphi_N = 31250 \times 0.6 kVar = 18750 kVar$$

设电网相电压为 U 为参考向量，则 $\dot{U} = U \angle 0^\circ$ ， $\dot{I} = \frac{S_N}{3U} \angle -36.87^\circ$

$$E_0 = \dot{U} + j \dot{I} x_s, \text{ 即 } E_0 \angle \delta_N = U \angle 0^\circ + \frac{S_N}{3U} x_s \cdot \angle (90^\circ - 36.87^\circ)$$

$$\begin{cases} E_0 \cos\delta_N = U + \frac{S_N \cdot x_s}{3U} \times 0.6 \\ E_0 \sin\delta_N = \frac{S_N \cdot x_s}{3U} \times 0.8 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} 1.72 \times 10^3 \cos\delta_N = U + \frac{47062.5}{U} \times 10^3 \\ 1.72 \times 10^3 \sin\delta_N = \frac{62750}{U} \times 10^3 \end{cases}$$

$$(1.72 \times 10^3)^2 = U^2 + 2 \times 47062.5 \times 10^3 + \left(\frac{47062.5 \times 10^3}{U}\right)^2 + \left(\frac{62750 \times 10^3}{U}\right)^2$$

$$U^4 - 201.715 \times 10^6 U^2 + 6152441 \times 10^9 = 0$$

$$\text{得方程的解} \begin{cases} U_1 = 6.12 KV \\ \delta_{N1} = 36.6^\circ \\ k_{P1} = \frac{1}{\sin\delta_{N1}} = 1.677 \end{cases} \quad \begin{cases} U_2 = 12.82 KV \\ \delta_{N2} = 16.53^\circ \\ k_{P2} = \frac{1}{\sin\delta_{N2}} = 3.515 \end{cases}$$

由数学和原理上讲，两组答案均可以

考虑 $k_p = (1.6 - 2.0)$ 则 $\delta_N = (30^\circ - 40^\circ)$ 取第一组答案

（2） I_f 不变，所以 E_0 不变，电网电压 U 不变

$$P_e' = \frac{1}{2} P_e = \frac{1}{2} \times 25000 kW = 12500 kW$$

$$\text{又} \because P_e' = m \frac{E_0 V}{x_s} \sin\delta'$$

$$\therefore \delta' = \arcsin \frac{P_e' x_s}{m E_0 U} = \arcsin \frac{12500 \times 7.53}{3 \times 6.12 \times 17.2} = 17.34^\circ$$

$$\text{设 } \dot{U} = 6.12 \angle 0^\circ \text{ 则 } \dot{E}_0 = 17.2 \angle 17.34^\circ$$

$$\therefore \dot{E}_0 = \dot{U} + j \dot{I} x_s$$

$$\therefore \dot{I} = \frac{\dot{E}_0 - \dot{U}}{j x_s} = \frac{17.2 \angle 17.34^\circ - 6.12 \angle 0^\circ}{7.53 \angle 90^\circ} \text{ kA} = 1.53 \angle -63.52^\circ \text{ kA}$$

$$\therefore \cos \varphi' = \cos 63.52^\circ = 0.446 \quad Q_2' = \frac{P_e'}{\cos \varphi'} \cdot \sin \varphi' = 25087 \text{ kVar}$$

6-26 某工厂电力设备的总功率为 4500kW， $\cos \varphi = 0.7$ （滞后）。由于生产发展，欲新添一台 1000kW 的同步电动机，并使工厂的总功率因数提高到 0.8（滞后），问此电动机的容量和功率因数应为多少（电动机的损耗忽略不计）？

解：添加前： $P = 4500 \text{ kW}$ ， $\cos \varphi = 0.7$ （滞后）

$$\therefore S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{4500}{0.7} \text{ kVA} = 6429 \text{ kVA}$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi = 6429 \times 0.714 \text{ kVar} = 4591 \text{ kVar}$$

添加后： $P' = P + P_N = (4500 + 1000) \text{ kW} = 5500 \text{ kW}$ ， $\cos \varphi' = 0.8$ （滞后）

$$\therefore S' = \frac{P'}{\cos \varphi'} = \frac{5500}{0.8} \text{ kVA} = 6875 \text{ kVA}$$

$$Q' = S' \cdot \sin \varphi' = 6875 \times 0.6 \text{ kVar} = 4125 \text{ kVar}$$

所以新添加的电动机：

$$P_N = 1000 \text{ kW}, \quad Q_N = Q - Q' = 466 \text{ kVar} \quad (\text{超前})$$

$$S_N = \sqrt{P_N^2 + Q_N^2} = \sqrt{1000^2 + 466^2} \text{ kVA} = 1103 \text{ kVA}$$

$$\cos \varphi_N = \frac{P_N}{S_N} = \frac{1000}{1103} = 0.907$$

补充分析题 1：一台并联在无穷大电网上运行的汽轮发电机，输出电流为额定电流，功率因数为 $\cos \phi = 0.5$ ($\phi > 0$)。若保持输出额定电流不变，并使功率因数增加到 $\cos \phi = 0.8$ ($\phi > 0$)，试问有功功率与励磁电流如何变化？（上交）

答：因为发电机输出电压和电流都不变，功率因数要提高，所以有功功率会增加，而从相量图看出输出电压和电流都不变， ϕ 要增加， E_0 会减小，所以励磁电流会减小。

补充分析题 2：同步发电机并网运行时，如果发电机电压 U_g 大于电网电压 U_s ，其他条件都符合，那么合闸后发电机输出滞后无功电流还是超前无功电流，为什么？（上交）

答：发电机输出滞后无功电流。

补充作业 1：三相隐极发电机， $S_N = 7500\text{kVA}$ ， $\cos \varphi_N = 0.8$ 滞后， $U_N = 3150\text{V}$ ，Y 接法，同步电抗 1.6Ω ，不计定子电阻。试求当发电机输出额定负载时，发电机的额定电流，电磁功率、功角及静态过载能力。（20 年的考试题，上交）

解：（1）额定电流

$$I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_N} = \frac{7500 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 3150} = 1375(\text{A}) \quad (2 \text{ 分})$$

$\cos \varphi_N = 0.8, \varphi_N = 36.87^\circ$ ，空载电动势为

$$\begin{aligned} \vec{E}_0 &= \vec{U} + j\vec{I}x_s = 3150/\sqrt{3} + j1375\angle -36.87^\circ \times 1.6 \\ &= 1818.7 + j1375(0.8 - j0.6) \times 1.6 = 3598\angle 29.28^\circ \quad (3 \text{ 分}) \end{aligned}$$

功角 $\delta = 29.28^\circ$ (1 分)

电磁功率

$$P_M = mU_N I_N \cos \theta = 3 \times 1818.7 \times 1375 \times 0.8 \times 10^3 = 6000(\text{kW}) \quad (2 \text{ 分})$$

过载能力

$$K_M = \frac{1}{\sin \delta} = \frac{1}{\sin 29.28^\circ} = 2.045 \quad (2 \text{ 分})$$

补充作业 2: 正常运行时并联运行在无穷大电网的隐极同步发电机的相量图如图 2 所示。请绘出分析有功功率从零逐渐增大过程中发电机的相量图，并分析无功功率性质的变化规律。（忽略电阻）（20 年的考试题，上交）

答：由题可知，调节过程中电机端电压 U ，感应电动势 E 均不变化（2 分）

由于在有功增大过程中 E 不变，因此其运行轨迹是如图所示的圆弧。（2 分）

当有功功率为零时电机相量图如图 3 中红色所示。此时电机向外输出纯感性的无功功率（1 分）。随着有功功率增大，感应电动势沿着其运行轨迹运行，功角增大，对应的相量图如图所示（3 分）。当超过正常励磁后，无功功率逐渐增大，变为容性，逐渐增大。因此，其变化规律为容性。因此从零开始增大有功功率时无功功率从感性变为容性。（2 分）

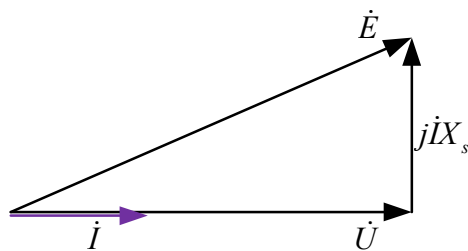


图 2

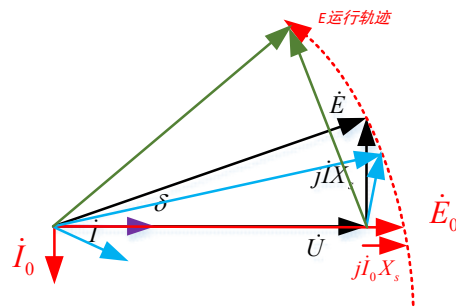


图 3