

电机学练习题（同步电机部分）

（电 2，2024 年 4 月）

一、填空题（共 16 题，49 个空）

1. 一台三相同步电机在对称稳态运行时，彼此间数量关系为正比的两个量是_____。
2. （1）三相同步发电机带三相对称负载稳态独立运行时，基波励磁磁动势 F_{f1} 的幅值、空间位置分别由_____决定，转速由_____决定；基波电枢磁动势 F_a 的幅值和空间相对位置由_____决定，其转速由_____决定。
（2）三相同步发电机并联于无限大电网稳态运行时，基波励磁磁动势的幅值、转速分别由_____决定；基波电枢磁动势的幅值和空间相对位置由_____决定，其转速由_____决定。
3. 一台三相同步发电机空载运行，每相电动势最大值为 E_{0m} 。当 C 相电动势的瞬时值为 $-E_{0m}$ 时，转子 S 极中心线与 +A 轴的空间位置关系为_____。
4. 三相同步发电机带三相对称纯电阻负载运行时，电枢反应性质是_____。若不计三相同步发电机的电枢绕组电阻，则当发电机电枢反应磁动势只有直轴分量时，其负载性质是_____；当发电机电枢反应磁动势只有交轴分量时，其负载性质是_____。
5. 一台三相隐极同步电机，磁路线性，运行于某工况时，基波电枢磁动势 F_a 、基波励磁磁动势 F_{f1} 与气隙磁动势 F_δ 的幅值恰好相等。此时，内功率因数角 $\psi =$ _____ $^\circ$ ，这三个基波磁动势的空间相位关系是_____，这三个磁动势在一相电枢绕组中产生的感应电动势的关系是_____。
6. 一台三相同步电机，接至电压和频率都恒定的交流电网上稳态运行，不计电枢绕组电阻和空载损耗。当该电机仅从电网吸收电感性无功功率时，其每相气隙电动势 E_δ 与_____相平衡，此时基波电枢磁动势 F_a 的正幅值位于_____，对转子基波励磁磁动势 F_{f1} 起_____作用，气隙磁动势幅值 $F_\delta =$ _____。
7. 一台三相同步发电机，带功率因数一定的对称负载，以额定转速独立运行。若励磁电流保持不变，负载阻抗大小增加（阻抗模增大，但阻抗角不变），则端电压将_____；为保持端电压不变，应_____。
8. 影响三相同步发电机电压调整率的因素有_____。
9. 三相凸极同步电机参数 X_σ 、 X_{ad} 、 X_{aq} 、 X_d 的大小关系通常是_____，三相隐极同步电机参数 X_σ 、 X_{ad} 、 X_{aq} 、 X_d 的大小关系是_____。
10. 一台极对数 $p=2$ 的三相隐极同步电机，磁路线性，额定转速为 1800 r/min， $X_a=12\Omega$ 。现将该电机每相绕组有效匝数和气隙长度都增大 1 倍，且以 1500 r/min 的转速稳态运行，则空载运行时产生相同端电压所需的励磁电流是原来的_____倍；当每相电流为 10 A 时，电枢反应磁动势在一相绕组中产生的感应电动势为_____ V。

11. 独立运行和与无限大电网并联运行的同步发电机, 其功率因数分别由_____和_____决定。

12. 一台与无限大电网并联运行的三相隐极同步发电机, 发出功率因数 $\cos\varphi=0.6$ (滞后) 的额定电流, 若要使它发出 $\cos\varphi=0.9$ (滞后) 的额定电流, 则应进行的调节是_____。

13. 与无限大电网并联运行的三相同步发电机, 励磁状态为过励, 此时它从电网吸收_____性无功功率。现增大原动机转矩, 要保持发电机功率因数不变, 则应如何调节? _____

14. 三相同步电动机的突出优点是_____; 当三相同步电动机运行于_____工况时, 可向电网发出电感性无功功率, 此时其功率因数是_____ (1/超前/滞后) 的。

15. 一台三相隐极同步发电机, 不计电枢绕组电阻。

(1) 在带电感性对称负载独立运行时, 若端电压大小和频率保持恒定, 则当负载阻抗的大小或功率因数变化时, 发电机的不变或基本不变的功率与损耗是_____, 不变或基本不变的转矩是_____, 有明显变化的功率与损耗是_____, 有明显变化的转矩是_____。

(2) 在做零功率因数负载试验时, 随着励磁电流 I_f 的变化, 发电机的不变或基本不变的功率与损耗是_____, 不变或基本不变的转矩是_____, 有明显变化的功率与损耗是_____, 有明显变化的转矩是_____。

(3) 在做短路试验时, 随着励磁电流 I_f 的变化, 不变或基本不变的功率与损耗是_____, 不变或基本不变的转矩是_____, 有明显变化的功率与损耗是_____, 有明显变化的转矩是_____。

16. 一台三相隐极同步发电机, 额定频率为 50Hz。如果将它并联到额定电压相同、频率为 60Hz 的电网上运行, 并使它发出的有功功率和无功功率均等于其额定值, 则与额定运行时相比, 此时

(1) 未发生变化的量有_____;

(2) 数值增大的量有_____;

(3) 数值减小的量有_____。

二、选择题 (共 5 题, 6 个空) (正确答案可能不止一个, 应在空格中填入所有正确答案的序号)

1. 一台三相同步发电机带电容性对称负载稳态运行时, 电枢反应的性质是_____。

A. 直轴增磁

B. 直轴增磁和交磁

C. 直轴去磁

D. 直轴去磁和交磁

E. 既有直轴电枢反应 (去磁、增磁都有可能), 又有交磁电枢反应

2. 一台三相汽轮发电机, 磁路不饱和, 电枢绕组电阻忽略不计。当带三相对称纯电感负载稳态运行时, 若在保持励磁电流不变的情况下使负载电流增大 1 倍, 则_____。

A. 基波电枢磁动势幅值 F_a 增大 1 倍

B. 电枢反应电抗增大 1 倍

C. 电枢反应电动势 E_a 增大 1 倍

D. 气隙电动势 E_δ 增大

E. 空载相电动势 E_0 增大 1 倍

F. 端电压降低

3. 三相隐极同步电机并联于无限大电网运行时, 在某工况下其空载相电动势 E_0 小于电网相电压 U 。若它运行在发电机状态, 则此时其运行工况是_____; 若它运行在电动机状态,

则其运行工况是_____。

- A. 过励 B. 欠励 C. 向电网发出电感性无功功率 D. 从电网吸收电感性无功功率
E. 功率因数 $\cos\varphi=1$ F. 向电网发出电容性无功功率 G. 从电网吸收电容性无功功率

4. 一台三相同步电动机, 当励磁电流为 10 A 时, 功率因数 $\cos\varphi=1$ 。若其他条件不变, 将励磁电流增大为 12 A, 则该电动机_____。

- A. 变为发电机 B. 功率因数变为超前 C. 电磁功率不变 D. 功角减小

5. 以下关于同步电机的说法, 正确的是_____。

- A. 三相同步发电机的稳态短路电流通常很大。
B. 并联在无限大电网上运行的三相凸极同步发电机, 在原动机拖动转矩很小时, 即使励磁回路因故障断开, 也能够稳定运行。
C. 三相同步发电机的功率因数总是滞后的, 而三相同步电动机的功率因数总是超前的。
D. 对于并联于无限大电网运行的同步发电机, 要想增加其发出的电功率, 必须增大原动机拖动转矩 T_1 。 T_1 越大, 发电机发出的有功功率和无功功率越大。
E. 对于并联在无限大电网上运行的三相同步电机, 改变其励磁电流, 不能调节其有功功率, 而只能调节其无功功率和功率因数。
F. 对于独立运行的三相同步发电机, 在转速恒定、负载一定的情况下, 改变其励磁电流, 将影响基波气隙磁场在电枢绕组中产生的电动势, 但不会影响其功率因数。

三、计算题 (共 3 题)

1. 一台三相隐极同步发电机, 磁路线性, 额定电压为 11 kV (Y 联结), 电抗参数标幺值为 $\underline{X}_\sigma=0.15$, $\underline{X}_a=0.85$, 电枢绕组电阻忽略不计。将励磁电流值调为 I_{f0} (单位为 A) 时, 空载端电压为额定值。

(1) 保持该励磁电流不变, 当发电机带功率因数 $\cos\varphi=0.8$ (超前) 的三相对称负载, 且负载电流为额定值时, 试用相量图求发电机的内功率因数角 ψ 和端电压, 并说明此时电枢反应的性质;

(2) 保持上述负载阻抗不变, 若使发电机端电压为额定值, 则励磁电流应调至多大?

2. 一台三相凸极同步发电机, 磁路线性, 电枢绕组为 Y 联结, 额定值为: $P_N=400\text{ kW}$, $U_N=400\text{ V}$, $\cos\varphi_N=0.8$ (滞后), 电枢绕组电阻忽略不计。该发电机并联于无限大电网运行, 在某工况时, 发出有功功率 $P_2=250\text{ kW}$, 电枢电流 $I=668\text{ A}$, 空载线电动势 $E_{0L}=200\text{ V}$, 功角 $\theta=22.3^\circ$ 。试求发电机同步电抗标幺值 \underline{X}_d 、 \underline{X}_q 。

3. 一台三相汽轮发电机, 与频率为 50 Hz 的无限大电网并联运行。发电机的空载特性为一条直线, 额定值为: $P_N=600\text{ MW}$, $U_N=20\text{ kV}$ (Y 联结), $\cos\varphi_N=0.9$ (滞后); 参数为: $\underline{X}_s=1.2$, $\underline{X}_\sigma=0.2$, 不计电枢绕组电阻。在某工况下, 基波电枢磁动势 F_a 滞后转子基波励磁磁动势 F_{f1} 120° 电角度, 且 $F_{f1}=2F_a$ 。

(1) 定性画出此时该发电机的时空相矢量图 (须画出矢量 F_{f1} 、 F_a 、 F_{ad} 、 F_{aq} 、 F_δ 和相量 \dot{E}_0 、 \dot{E}_δ 等), 并说明电枢反应性质;

(2) 求此时该发电机的功角 θ 、空载相电动势 E_0 、相电流 I ;

(3) 现将发电机输出的有功功率增加 1 倍, 并使其功角为 30° , 则励磁电流标幺值应为多大?