

华中科技大学考试试卷
《电机学（下）》 试题(A)（闭卷）
(电气专业 09 级 2011.12.18)

班级	姓名				学号			成绩	
题号	一	二(1)	二(2)	二(3)	二(4)	二(5)	三(1)	三(2)	总分
分数									
阅卷人									

一、填空题（每小题 2 分，共 20 分）

得分

1. 一台三相六极异步电机，接 50Hz 电网运行，若该电机工作在发电机状态，则转子的转速范围是_____。
2. 一台三相四极 50Hz 异步电动机，转子转速 $n=1450\text{r/min}$ ，转子绕组产生的旋转磁势基波相对转子的转速为_____，相对定子的转速为_____。
3. 一台四极异步电动机，定子为 Δ 接法，直接起动时，起动电流为额定电流的 6 倍，采用 Y- Δ 起动器启动时时，起动电流为额定电流的_____倍。
4. 一台频率为 50Hz 的三相异步电动机，接在 60Hz 的电源上（电压不变），电动机的最大转矩近似为原来的_____。
5. 异步电动机的调速方法有_____。
6. 同步发电机的励磁绕组匝数增加时，同步电抗将_____；当电机的气隙加大时，同步电抗将_____。
7. 同步发电机带感性负载单机运行，若负载电流增大，则电压将_____。
8. 在同步发电机稳态参数测定的方法中，借助于发电机的空载特性和短路特性，可以测得的稳态参数是_____。
9. 同步电动机处于欠励状态时从电网吸收_____性质的无功功率，相当于向电网发出_____性质的无功功率。
10. 同步发电机处于短路运行状态时，其电枢反应的性质是_____。

二、分析题（每小题 6 分，共 30 分）

得分

1. 异步电机 T 形等效电路推导过程中经过了哪两次折算？分别说明折算的方法和折算的条件。

得分	2. 画出绕线型异步电动机转子回路串不同电阻时的 $T_{em}=f(s)$ 曲线。与笼型异步电动机相比，说明绕线型异步电动机的主要优点。

得分	3. 什么叫短路比？试分析短路比的大小与电机的运行性能及成本的关系。

得分

4. 画出同步发电机采用交叉接法并网的接线示意图，并说明应该在何时合闸。

得分

5. 写出有阻尼绕组同步发电机的直轴瞬变与超瞬变电抗表达式，并简述三相同步发电机发生突然短路时，定、转子绕组的电流分量及其对应关系。

三、计算题（25+25=50 分）

得分

1. 一台三相 4 极 50Hz 绕线型异步电动机， $P_N=14\text{kW}$ ， $U_N=380\text{V}$ ， $n_N=1470\text{r/min}$ ，Y 接法， $\eta_N=90\%$ ， $\cos\varphi_N=0.9$ 。额定运行时机械损耗为 210W，附加损耗为额定功率的 0.5%。试求：（1）额定运行时的定子电流、转子电流频率、电磁功率、电磁转矩、转子铜耗；（2）在转子回路串入与转子绕组电阻相同大小的电阻进行调速，若电机的负载转矩和空载制动转矩保持不变，试求调速后转子的转速、转子铜耗和电机的效率。

得分

2. 一台三相汽轮发电机与大电网并联运行， $S_N=600\text{MVA}$ ， $U_N=10.5\text{kV}$ ，定子 Y 接， $\cos\varphi_N=0.8$ （滞后）， $R_a\approx 0$ ， $X_t^*=2.0$ 。不计磁路饱和，试求：

（1）求额定运行时的输出无功功率 Q_2 、功角 θ 、励磁电动势 E_0^* 、静态过载倍数 k_M ；（2）保持额定励磁电流不变，逐步减小原动机的功率至发电机的输出有功功率为零，求此时的 θ 、定子电流 I^* 、 Q_2 ；（3）保持额定运行时的有功不变，若调节励磁电流至输出无功为零，应该增大励磁电流还是减小励磁电流？求调节后的 I^* 和 E_0^* 。

《电机学（下）》 试题(A)（答案）

（电气专业 09 级 2011.12.18）

一、填空题

1. $>1000\text{r/min}$
2. 50r/min ; 1500r/min
3. 2
4. $25/36$
5. 1)变极调速; 2) 变频调速; 3) 变转差率调速
6. 不变 ; 减小
7. 下降
8. X_d 不饱和值
9. 感性 或 滞后 ; 容性 或 超前
10. 去磁

二、分析题

1.

1) 经过了频率折算和绕组折算。

2) 折算方法：频率折算是用一个等效的静止转子代替旋转转子。

绕组折算是一个相数、绕组匝数和绕组系数与定子绕组相同的转子绕组代替实际的转子绕组。

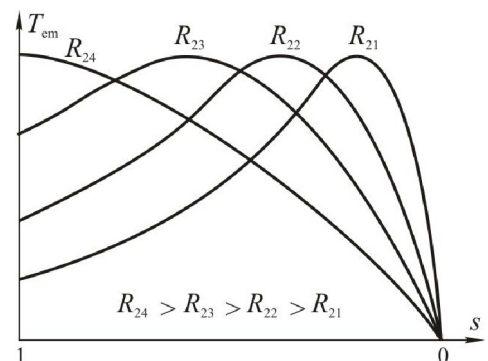
3) 折算条件：保持折算前后转子磁动势 (F_2) 不变和有功不变。【绕组折算还保持折算前后无功不变】

2.

绕线型异步电动机的主要优点：

- 1) 可以在转子回路串电阻调速；
- 2) 可以在转子回路串电阻提高启动转矩、降低启动电流。

（要求至少画两条曲线，最大值能看出不变）



3. 短路比指同步发电机在空载额定电压对应的励磁电流励磁下，三相稳态短路电流与额定电流的比值。

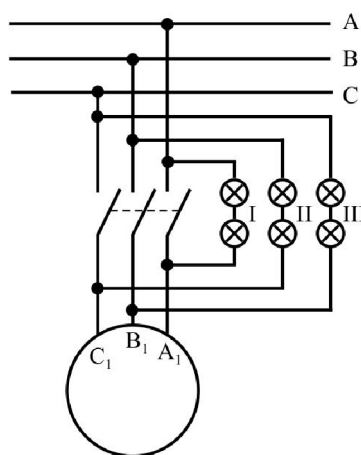
$$\text{【 } k_c = \frac{I_{k0}}{I_N} = \frac{k_\mu}{X_{d(\text{不饱和})}^*} \quad \text{短路比与不饱和直轴同步电抗标么值成反比。】}$$

短路比小，负载变化时发电机的电压变化较大，并联运行时发电机的稳定度较差，但电机造价较便宜。

增大气隙可减小 X_d ，使短路比增大，电机性能变好，但要求励磁磁动势增大，从而使得转子用铜量增大，电机造价增高。

4.

第 I 组灯熄灭，II 和 III 亮度相同是合闸。



5.

直轴超瞬变电抗

$$X_d'' = X_\sigma + \frac{1}{\frac{1}{X_{ad}} + \frac{1}{X_{f\sigma}} + \frac{1}{X_{Dd\sigma}}} = X_{d-}$$

直轴瞬变电抗

$$X_d' = X_\sigma + \frac{1}{\frac{1}{X_{ad}} + \frac{1}{X_{f\sigma}}}$$

定子周期性（交流）分量与转子非周期（直流）分量对应；

定子非周期性（直流）分量与转子周期（交流）分量对应。

三、计算题

1.

$$(1) \quad I_N = \frac{P_N}{\sqrt{3}U_N\eta_N\cos\varphi_N} = \frac{14 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.9 \times 0.9} \text{ A} = 26.26 \text{ A}$$

$$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 50}{2} \text{ r/min} = 1500 \text{ r/min}$$

$$s_N = \frac{n_1 - n_N}{n_1} = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0.02$$

$$f_2 = s_N f_N = 0.02 \times 50 \text{ Hz} = 1 \text{ Hz}$$

$$P_{\text{mec}} = P_N + p_{\text{mec}} + p_{\text{ad}} = (14 + 0.21 + 0.005 \times 14) \text{ kW} = 14.28 \text{ kW}$$

$$P_{\text{em}} = \frac{P_{\text{mec}}}{1 - s_N} = \frac{14.28}{1 - 0.02} \text{ kW} = 14.571 \text{ kW}$$

$$T_{\text{em}} = \frac{P_{\text{em}}}{\Omega_1} = \frac{P_{\text{em}}}{\frac{2\pi n_1}{60}} = \frac{14.571 \times 10^3 \times 60}{2 \times \pi \times 1500} \text{ N} \cdot \text{m} = 92.76 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$p_{\text{Cu2}} = P_{\text{em}} - P_{\text{mec}} = (14.571 - 14.28) \text{ kW} = 0.291 \text{ kW}$$

(2) 由于 T_2 和 T_0 均不变，因此调速前后电磁转矩不变，故有

$$\frac{2R_2}{s} = \frac{R_2}{s_N} \quad s = 2s_N = 0.04 \quad n = (1 - s)n_1 = (1 - 0.04) \times 1500 \text{ r/min} = 1440 \text{ r/min}$$

由于 P_{em} 和 P_1 不变， $p_{\text{Cu2}} = sP_{\text{em}} = (0.04 \times 14.571) \text{ kW} = 0.583 \text{ kW}$

$$P_2 = T_2 \frac{2\pi n}{60} \propto n \quad \eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% \propto P_2 \propto n \quad \eta = \frac{n}{n_N} \eta_N = \frac{1440}{1470} \times 90\% = 88.16\%$$

2.

$$(1) Q_2 = S_N \sin \varphi_N = 600 \times 0.6 = 360 \text{ MVar}$$

$$\psi = \tan^{-1} \frac{I_N^* X_t^* + U_N^* \sin \varphi_N}{U_N^* \cos \varphi_N} = \tan^{-1} \frac{1 \times 2 + 1 \times 0.6}{1 \times 0.8} = 72.9^\circ$$

$$\theta_N = \psi - \varphi_N = 72.9^\circ - 36.87^\circ = 36.03^\circ$$

$$E_{0N}^* = U_N^* \cos \theta_N + I_N^* X_t^* \sin \psi = 1 \times \cos 36.03^\circ + 1 \times 2 \times \sin 72.9^\circ = 2.72$$

$$k_M = \frac{1}{\sin \theta_N} = \frac{1}{\sin 36.03^\circ} = 1.7$$

(2) 根据 $P_2 = P_{em} = 0$ 得 $\theta = 0$, $\varphi = 90^\circ$ 。由相量图可得

$$I^* = \frac{E_{0N}^* - U_N^*}{X_t^*} = \frac{1.7 - 1}{2} = 0.35$$

$$Q_2 = Q_2^* S_N = U_N^* I^* \sin \varphi S_N = 1 \times 0.35 \times 1 \times 600 \text{ MVar} = 210 \text{ MVar}$$

(3) 额定运行时电机处于过励状态，因此应该减小励磁电流。

根据 $Q_2 = 0$ 得 $\varphi = 0$ 。有功不变 $P_2^* = P_N^* = \cos \varphi_N = 0.8$

$$P_2^* = U_N^* I^* = I^* = P_N^* = 0.8$$

$$\psi = \tan^{-1} \frac{I^* X_t^* + U_N^* \sin \varphi}{U_N^* \cos \varphi} = \tan^{-1} \frac{0.8 \times 2 + 1 \times 0}{1 \times 1} = 38.66^\circ$$

$$\theta = \psi - \varphi = 38.66^\circ$$

$$E_0^* = U_N^* \cos \theta + I^* X_t^* \sin \psi = 1 \times \cos 38.66^\circ + 1 \times 2 \times \sin 38.66^\circ = 2.03$$