

南京航空航天大学

第1页 (共8页)

二〇一七 ~ 二〇一八 学年 第一 学期 《电机学》 考试试题

考试日期: 2018年1月8日 试卷类型: 期末A 试卷代号: 030088

| | | 班号 | | | | | 学号 | | | | | 姓名 | | | | | | |
|----|--|----|---|---|---|---|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--|----|
| 题号 | | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | | | | | | | | | | | | 总分 |
| 得分 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|------|----|
| 本题分数 | 60 |
| 得分 | |

一. 请回答下列各题, 并简述理由 (12 小题, 每题 5 分)

1. 一个整距线圈的两个边, 在空间上相差电角度是多少? 如果电机有 p 对极, 那么它们在空间上相距的机械角度是多少?
2. 一台三相交流发电机的相绕组磁势空间分布波中不含偶次谐波, 说明该电机绕组可能采用的结构形式?
3. 试述下列参数的变化对同步电机的同步电抗的影响, 并说明理由:
 - (1) 气隙减少;
 - (2) 电枢绕组匝数增加;
 - (3) 励磁绕组匝数增加。

4. 同步发电机三相突然短路时, 在什么情况下某相的非周期电流最大? 为什么?

5. 当同步发电机并联在大电网上运行时, 如何调节同步发电机的有功功率和无功功率?

本资源免费共享 收集网站 nuaa.store

6. 为什么同步发电机的短路特性是一条直线?

7. 画出不同输入功率下的同步发电机 V 形曲线 (三条), 并标明正常励磁、过励、欠励、不稳定区等区域。

8. 一台笼型异步电动机, 原来转子是插铜条的, 后因损坏改为铸铝, 则电机运行性能有何变化 (起动电流、起动转矩、最大转矩)? 如输出同样转矩, 电动机的转速和效率将有何变化?

9. 三相感应电动机运行时, 若负载转矩不变而电源电压下降10%, 对电机的同步转速 n_1 , 转子转速 n , 主磁通 Φ_m , 功率因数 $\cos \varphi_1$, 电磁转矩 T_{em} 有何影响?

10. 感应电动机定子绕组与转子绕组之间没有直接的联系, 为什么负载增加时, 定子电流和输入功率会自动增加, 试说明其物理过程。从空载到满载电机主磁通有无变化?

11. 试述感应电动机的制动方法。

本资源免费共享 收集网站 nuaa.store

12. 比较永磁同步发电机与电励磁发电机的外特性, 说明原因。

| | |
|------|----|
| 本题分数 | 10 |
| 得分 | |

- 二. 一台4极36槽三相同步发电机, 双层 60° 相带绕组, $n_N=1800$ 转/分, 节距 $y_1=\frac{8}{9}\tau$, 每相串联匝数 $W=108$, 星形连接, 每极气隙基波 $\Phi_1=1.015 \times 10^{-2}$ Wb, 三次谐波磁通 $\Phi_3=0.66 \times 10^{-2}$ Wb, 试求相绕组基波、三次谐波感应电势幅值和频率? 基波和三次谐波的线电势?

- 三、有一台 $P_N=25000$ kW, $U_N=10.5$ kV, Y连接, $\cos\varphi=0.8$ (滞后) 的隐极同步发电机, $X_d^*=2.13$, 电枢电阻略去不计。试求额定负载下励磁电动势 E_0 及 \dot{E}_0 与 \dot{I} 的夹角 ψ 。

四、一台三相 Y 连接笼型感应电动机，定子每相电阻 $r_1 = 1.73 \Omega$ ，其空载试验数据为 $U_0 = U_{N1} = 380V$ (线)、 $I_0 = 3.38A$ 、 $P_0 = 272W$ 、 $P_m = 60W$ ，其短路试验数据为 $U_K = 55V$ (线)、 $I_K = I_{N1} = 6.7A$ 、 $P_K = 357W$ 。试求 T 形等值电路中的参数，并画出 T 形等值电路。

| | |
|------|----|
| 本题分数 | 10 |
| 得分 | |

五、有一台三相四极绕线式感应电动机， $U_{1N} = 380V$ ，Y 接法， $f_1 = 50Hz$ 。已知 $R_1 = R_2' = 0.012\Omega$ ， $X_{1\sigma} = X_{2\sigma}' = 0.06$ ，并设 $c_1 = 1$ ，在输出功率为 $155kW$ 时，测得转子铜耗为 $2210W$ ，机械损耗为 $1640W$ ，附加损耗为 $1310W$ 。

试求：(1) 此时的 P_{em} ， s ， n 和 T_{em} ；
 (2) 当负载转矩不变时（设电磁转矩也不变），在转子中每相串入电阻 $R_2' = 0.1\Omega$ ，那时的 s ， n ， P_{Cu2} 各为多少？

1. 相差 180° , 机械角度为 $180/p$.

2. 不记得了.

3. (1). S 减小, X_d 增大, X_q 几乎无影响. 理由...

(2) W 增加, X_d 增大, X_q 增大. ...

(3) W_f 增加, 不影响饱和情况下, x_d, X_q 不变.

4. 当 $\alpha_0 = 0^\circ$ 时, 非周期电流最大.

由于 $i_- = \sqrt{2} I'' \cos \alpha_0$, 当 α_0 为 0° 时, $i_{-max} = \sqrt{2} I''$ 为最大.

5. 有功功率通过调节原动机输入功率.

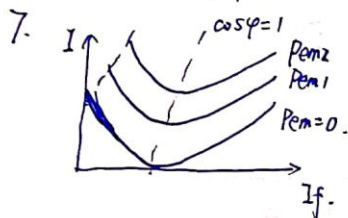
无功功率通过调节励磁电流大小来实现.

6. 当短路时, 根据电压平衡方程式:

$$E_0 = U + j I X_d + j I_q X_q + I r_a, \quad \text{短路时, } U = 0.$$

$$\text{故 } E_0 = j I X_d + j I_q X_q + I r_a, \quad \text{忽略电枢绕组压降. 因 } X_q \ll X_d.$$

$$\text{故 } E_0 = j I X_d, \quad \text{即 短路特性近似为一条直线.}$$



$\cos \varphi = 1$ 虚线为正常励磁.

$\cos \varphi = 1$ 右边区域为过励

$\cos \varphi = 1$ 左边区域为欠励.

8.
$$I' = \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + c_1 r_2')^2 + (x_{01} + c_1 x_{02}')^2}} \quad I_{st} = \frac{U_1}{\sqrt{r_1'^2 + (x_{01} + c_1 x_{02}')^2}} \quad \boxed{\text{不变}}$$

$$T = \frac{m_1 I'^2 \cdot r_2' / s}{\sqrt{2}} = \frac{m_1 U_1^2 r_2' / s}{\sqrt{2} [(r_1 + c_1 r_2')^2 + (x_{01} + c_1 x_{02}')^2]} = \frac{m_1 P U_1^2 r_2' / s}{2 \pi f [(r_1 + c_1 r_2')^2 + (x_{01} + c_1 x_{02}')^2]}$$

$$T_{st} = \frac{m_1 P U_1^2 r_2'}{2 \pi f [(r_1 + c_1 r_2')^2 + (x_{01} + c_1 x_{02}')^2]}$$

$\Rightarrow T_{st}$ 变.

$$T_{max} = \frac{m_1 P U^2}{4 \pi f c_1 (r_1 + x_{01} + c_1 x_{02}')} \quad \boxed{\text{不变}}$$

9.
$$T = \frac{m_1 P U_1^2 r_2' / s}{2 \pi f [(r_1 + c_1 r_2')^2 + (x_{01} + c_1 x_{02}')^2]}$$

当 $U \downarrow$, $T \downarrow$, T_L 不变. 则 $n \downarrow$.

$\because n_1 = \frac{60 f}{P}$, 故 n_1 不变. $T_{em} \downarrow$ $[(n \downarrow) \cdot s \uparrow]$, 故 $r_2' / s \downarrow$, 则 $\cos \varphi \downarrow$, $\phi_m \downarrow$.

10. $i_1 + i_2 / k_2 = i_0$, 负载上升, 则 i_2 / k_2 下降, i_1 上升.

负载上升, 需要的功率输出上升. 输入功率自然上升.

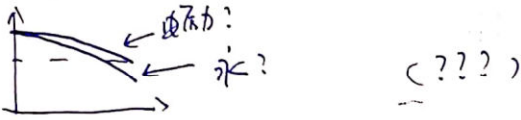
从空载到满载, 主磁通不变.



11. ① 反接制动. 改变任两相接线, 则磁场反转, 产生制动转矩.
 ② 能耗制动. 去三相电源, 两相加直流电. ...
 ③ 回馈制动. 通过变频调速, 令 n 下降. $n > n_1$, 则电机发电. 回馈电网, 转速下降.

12. 电动机和永磁电机.

(可能电动机可以让永磁下不变. 则曲线下降程度小一些)



1. 二. ~~...~~

$$n = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times f}{2} \Rightarrow f_1 = \frac{2 \times 1800}{60} = 60 \text{ Hz}, \quad f_3 = 3 \cdot f_1 = 180 \text{ Hz}.$$

$$E_1 = 4.44 f W \cdot k_{w1} \cdot \phi_1 = \dots \quad m_2 = \frac{z}{p} = \frac{36}{4} = 9. \Rightarrow p = 3 \quad \alpha = \frac{p \times 360^\circ}{z} = \frac{3 \times 360^\circ}{36} = 30^\circ$$

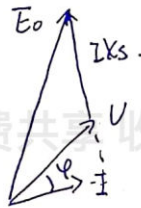
$$k_{y1} = \frac{\sin(\frac{9\alpha}{2})}{9 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\sin(\frac{3 \times 30^\circ}{2})}{3 \times \sin \frac{30^\circ}{2}} = \frac{\sin 45^\circ}{3 \sin 15^\circ} = \dots \quad k_{y3} = \frac{\sin(3 \cdot \frac{9\alpha}{2})}{9 \sin(3 \cdot \frac{\alpha}{2})} = \frac{\sin 135^\circ}{3 \sin 45^\circ} = 0.$$

$$k_{y1} = \sin(\beta \cdot \frac{z}{2}) = \sin(\frac{8}{9} \cdot \frac{z}{2}) = \quad k_{y3} = \sin(3 \times \frac{8}{9} \times \frac{z}{2}) =$$

2. $P_N = 25000 \text{ kW},$
 $U_N = 10.5 \text{ kV}.$

$$\sqrt{3} U_N \cdot I_N \cdot \cos \varphi = P_N$$

$$\Rightarrow I_N = \frac{25000}{\sqrt{3} \times 10.5 \times 0.8} = 1718.3 \text{ A}.$$



$$E_0 = \sqrt{(U \sin \varphi + I X_s)^2 + (U \cos \varphi)^2} \\
= \sqrt{(10.5 \text{ kV} \times 0.6 + 1718.3 \times 13)^2 + (10.5 \text{ kV} \times 0.8)^2} \\
= \sqrt{(10.5 \times 0.6 + 1.7183 \times 13)^2 + (10.5 \times 0.8)^2} \cdot \text{k} \\
= 29.84 \text{ kV}.$$

$$\tan \varphi = \frac{U \sin \varphi + I X_s}{U \cos \varphi} \\
= \frac{10.5 \times 0.6 + 1.7183 \times 13}{10.5 \times 0.8} \\
= 3.41$$

$$\varphi = \text{tg}^{-1} 3.41 = 73.65^\circ.$$

$$X_s^* = \frac{X_s}{U_N / I_N} \\
\Rightarrow X_s = X_s^* \cdot \frac{U_N}{I_N} \\
= 2.13 \times 10.5 \text{ kV} \times \frac{\sqrt{3} \times 10.5 \text{ kV} \times 0.8}{25000 \text{ k}} \\
= \frac{2.13 \times \sqrt{3} \times 0.8 \times 10.5^2}{25}$$

$$= 13 \Omega$$

$$T_{em} =$$



$$Z_0 = \frac{U_0/\sqrt{3}}{I_0} = \frac{380/\sqrt{3}}{3.38} = 64.9 \Omega$$

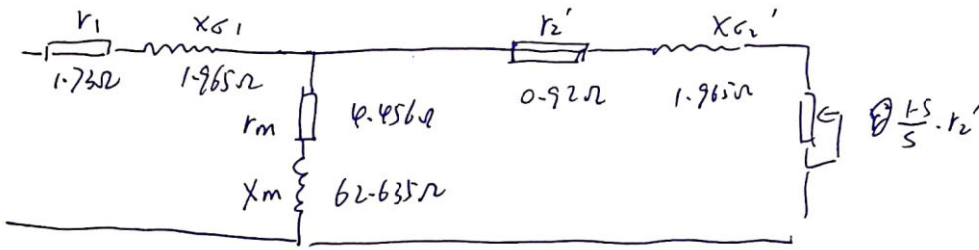
$$R_0 = \frac{P_0 - P_m}{m I_0^2} = \frac{212}{3 \times 3.38^2} = 6.186 \Omega = r_1 + r_m \Rightarrow r_m = 6.186 - 1.73 = 4.456 \Omega$$

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} = 64.6 \Omega = X_{\sigma 1} + X_m \Rightarrow X_m = 64.6 - 1.965 = 62.635 \Omega$$

$$Z_K = \frac{U_K/\sqrt{3}}{I_K} = \frac{55/\sqrt{3}}{6.7} = 4.74 \Omega$$

$$R_K = \frac{P_K}{m I_K^2} = \frac{357}{3 \times 6.7^2} = 2.65 \Omega = r_1 + r_2' \Rightarrow r_2' = 2.65 - 1.73 = 0.92 \Omega$$

$$X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2} = 3.93 \Omega = X_{\sigma 1} + X_{\sigma 2}' \Rightarrow X_{\sigma 1} \approx X_{\sigma 2}' \approx 1.965 \Omega$$



$$\begin{aligned} \sum \text{1) } P_2 &= 155 \text{ kW} \\ P_{cu2} &= 2210 \text{ W} \\ P_m &= 1640 \text{ W} \\ P_D &= 1310 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow P_M &= P_2 + P_m + P_D \\ &= 155 + 1.64 + 1.31 \\ &= 155 + 2.95 \\ &= 157.95 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$P_{em} = P_M + P_{cu2}$$

$$\begin{aligned} &= 157.95 + 2.21 \\ &= 160.16 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$s = \frac{P_{cu2}}{P_{em}} = \frac{221}{160.16} = 0.0138$$

$$\frac{n_1 - n}{n_1} = s \quad n_1 - n = s n_1$$

$$\begin{aligned} n &= (1-s)n_1 \\ &= 0.9862 \times \frac{60 \times 50}{2} \\ &= 1479.3 \text{ r/min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{em} &= \frac{m p U_1^2 \cdot r_2' / s}{22 f_1 [(r_1 + r_2' / s)^2 + (X_{\sigma 1} + X_{\sigma 2}')^2]} \\ &= \frac{3 \times 2 \times (\frac{380}{\sqrt{3}})^2 \cdot 0.012 / 0.0138}{22 \times 50 \times [(0.012 + 0.012 / 0.0138)^2 + (0.06 + 0.06)^2]} \\ &= \dots \end{aligned}$$

12) T_{em} 不变

2) $\frac{r_2'}{s}$ 不变

$$\frac{0.012}{0.0138} = \frac{0.012 + 0.01}{s'} \Rightarrow s' = \dots$$

$$n = \dots$$

$$I' = \frac{U}{\sqrt{(r_1 + \frac{r_2' + R_t'}{s})^2 + X_{\sigma 1} + X_{\sigma 2}'^2}}$$

$$P_{cu2} = m I'^2 (r_2' + R_t') = \dots$$

