

华中科技大学考试试卷
《电机学（上）》 试题(A)（闭卷）
(电气专业 10 级 2012.7.2)

班级_____ 姓名_____ 学号_____ 成绩_____

题号	一	二(1)	二(2)	二(3)	二(4)	三(1)	三(2)	三(3)	总分
分数									
阅卷人									

一、单项选择与填空题（每小题 2 分，共 24 分）

- | |
|----|
| 得分 |
| |
1. 要改变并励直流电动机的转向，应（ ）。
A.改变励磁电流大小 B.改变电源极性 C.改接励磁绕组
 2. 直流电机稳态运行时感应电动势存在于（ ）。
A.电枢绕组 B.励磁绕组 C.电枢绕组和励磁绕组
 3. 并励直流电动机拖动恒转矩负载运行时，增加励磁回路的调节电阻，稳定后，电动机的运行状况是（ ）。
A.电枢电流减小，转速下降 B.电枢电流减小，转速上升
C.电枢电流增大，转速下降 D.电枢电流增大，转速上升
 4. 并励直流电动机电枢回路串电阻起动时，该电阻的阻值应调节到（ ）。
A.最小 B.最大 C.中间位置 D.任意位置
 5. 一台 220V 的单相变压器空载电流为 1A，若不慎误接到 380V 电源上，则空载电流为（ ）A。
A. 1 B. 小于 1 C. $\sqrt{3}$ D. 大于 $\sqrt{3}$
 6. 对称三相绕组中通过三相不对称交流电流，则产生的磁动势性质为()
A.椭圆形旋转磁动势 B.圆形旋转磁动势 C.脉振磁动势
 7. 一台直流电动机： $P_N=75\text{kW}$ ， $U_N=220\text{V}$ ， $\eta_N=88.5\%$ 。该电机的额定电流为_____。
 8. 一台三相变压器， $U_{1N}/U_{2N}=10/6.3\text{ kV}$ ， Dy11 联接组，该变压器的变比为_____。
 9. Yy 联接的组式变压器，空载相电动势波形为_____。
 10. 电流互感器运行时，不允许二次侧绕组_____；电压互感器运行时，不允许二次侧绕组_____。

11. Yyn 联接的组式变压器带单相至中线负载，负载电流主要取决于_____。
12. 对称三相 6 极交流绕组通入 40Hz 三相对称电流，产生的旋转磁动势基波的转速为_____。

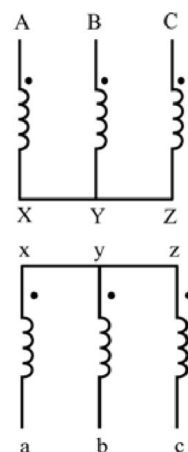
二、分析题（共 26 分）

- | |
|----|
| 得分 |
| |
1. 画出串励直流电动机的速率工作特性曲线，为什么串励直流电动机不允许空载运行？（6 分）

- | |
|----|
| 得分 |
| |
2. 变压器并联运行的理想状况是什么？要达到理想状况，并联运行各变压器需满足什么条件？（6 分）

得分

3. 一台三相变压器绕组联结如图所示，试分析判断其联结组，并说明如何通过实验校核该联结组。（8 分）



得分

4. 在三相双层交流绕组中，试分析说明为什么线圈的节距通常取 $5/6$ 倍电机极距。（6 分）

三、计算题（共 50 分）

得分

1. 一台并励电动机， $P_N=2.2\text{kW}$ ， $U_N=110\text{V}$ ， $I_N=28\text{A}$ ， $n_N=1500\text{ r/min}$ ， $R_a=0.15\Omega$ (包括电刷接触电阻)，励磁回路电阻 $R_f=110\Omega$ 。在额定负载工况下，突然在电枢回路串入 $R_j=0.5\Omega$ 的调节电阻，若不考虑电感的影响，并略去电枢反应作用。试求：（1）额定运行时的电磁功率和效率；（2）串入电阻瞬间的电枢反电动势、电枢电流和电磁转矩；（3）若总制动转矩减少一半，求串入电阻后的稳定转速。（16 分）

得分	2. 一台 S11 系列电力变压器, $S_N=1000\text{kVA}$, $U_{1N}/U_{2N}=10\text{kV}/0.4\text{kV}$, Yd11 联结组。空载试验数据为: 400V, 7.22A, 1155W; 短路试验数据为:
	450V, 57.74A, 10300W。试求: (1) 高压侧的短路参数实际值; (2) 短路参数标么值; (3) 满载、0.8 滞后功率因数时的电压变化率; (4) 满载、0.8 滞后功率因数时的效率; (5) 1/2 负载、功率因数为 1 时的效率; (6) 0.8 滞后功率因数时的最大效率及其对应的电流。(16 分)

得分	3. 一台三相、双层、Y 接、 60° 相带对称绕组，每极下有 15 槽，线圈节距 $y_1=12$ 槽，每线圈 8 匝，并联支路数为 1。试求：（1）绕组的短距系数和分布系数；（2）若 C 相开路，在 A、B 相间加交流电压，电流有效值为 10A，分析合成磁动势的性质并计算合成磁动势的幅值；（3）若 C 相开路，在 A、B 相间加直流电压，电流为 10A，计算合成磁动势的幅值并说明合成磁动势的性质。（18 分）

《电机学（上）》 试题(A)（标答）

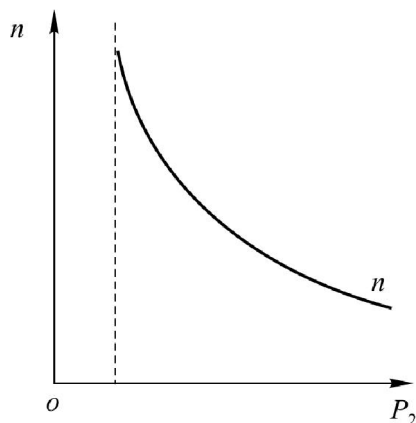
（电气专业 10 级 2012.7.2）

一、 单项选择与填空题

1. C
2. A
3. D
4. B
5. D
6. A
7. 385.2A
8. 2.749
9. 尖顶波（或非正弦波）
10. 开路；短路。
11. 零序励磁阻抗
12. 800r/min

二、分析题

1. 电动机空载时， $P_2=0$ ，电枢电流 I_a 很小。因为串励电动机 $I_f = I_a$ ，因此空载时励磁电流很小，磁通 Φ 很小。根据关系式： $n = \frac{U - I_a R_a}{C_E \Phi}$ ，电机转速非常高，发生“飞速”现象，故串励直流电动机不允许空载运行。



2. 并联运行的理想状况：

- ① 空载时，各变压器一次侧间无环流；
- ② 负载时，各变压器分担的负载电流与容量成比例。

要达到理想情况，各台并联变压器需具备三个条件：

- ① 一、二次侧额定电压对应相等（或线电压比相等）；
- ② 联结组标号相同；
- ③ 短路阻抗标么值相等，且短路电阻与短路电抗之比相等。

3.

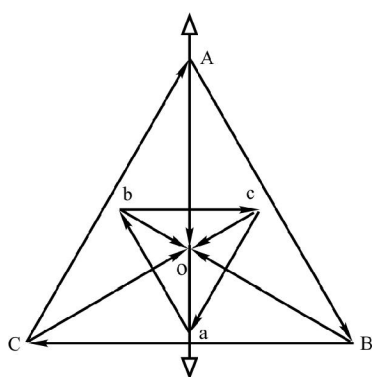


图 1

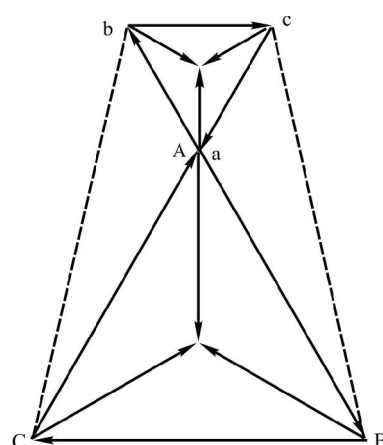


图 2

- (1) 根据相量图（图 1），联接组为 Yy6。
- (2) 实验时，将 A、a 端用导线连接，使二者等电位。
- (3) 高压侧加三相合适电压，低压侧开路。测量以下电压： U_{AB} 、 U_{ab} 、 U_{Bb} 、 U_{Cc} 、 U_{Bc} 、 U_{Cb} 。
- (4) 根据此时的电动势相量图（图 2），令 $K_I = U_{AB} / U_{ab}$ ，由几何关系可推导出所测电压应满足如下关系：

$$U_{Bb} = U_{Cc} = U_{ab}(K_I + 1)$$
$$U_{Bc} = U_{Cb} = U_{ab}\sqrt{K_I^2 + 1 + K_I}$$

4.

- (1) 交流绕组感应电动势和磁动势中含有 3、5、7 等奇数次谐波，其中 3 次谐波最强，5、7 次谐波次之。
- (2) 由于采用对称三相绕组结构，线电动势和合成磁动势中，3 被消除。

(3) 当线圈节距 $y_1 = \tau - \tau/\nu$ 时, $k_{y\nu} = \sin(\frac{\nu y_1}{\tau} \frac{\pi}{2}) = \sin[(\nu - 1) \times \frac{\pi}{2}] = 0$, 即可以消除该 ν 次谐波。

(4) $y_1 = 4\tau/5$ 时, $k_{y5} = 0$, 可以消除 5 次谐波, 此时 $k_{y7} = 0.5878$;

$y_1 = 6\tau/7$ 时, $k_{y7} = 0$, 可以消除 7 次谐波, 此时 $k_{y5} = 0.4339$ 。

$y_1 = 5\tau/6$ 时, $k_{y5} = 0.2588$, $k_{y7} = 0.2588$, 二者均较小, 因此可以达到同时削弱 5 次和 7 次谐波的目的。

三、计算题

1.

(1) 额定电枢电流 $I_{aN} = I_N - I_{fN} = (28 - \frac{110}{110})A = 27A$

额定电动势 $E_N = U_N - I_{aN} R_a = (110 - 27 \times 0.15)V = 105.95V$

电磁功率 $P_{emN} = E_N I_{aN} = (105.95 \times 27)W = 2860.65W$

输入功率 $P_1 = U_N I_N = (110 \times 28)W = 3080W$

效率 $\eta = \frac{P_N}{P_1} \times 100\% = \frac{2200}{3080} \times 100\% = 71.43\%$

电磁转矩 $T_{emN} = \frac{P_{emN}}{\Omega_N} = \frac{7.8 \times 10^3}{\frac{2 \times \pi \times 900}{60}} N \cdot m = 82.76 N \cdot m$

(2) 在电枢串入电阻的瞬时, 转速和磁通不变, 所以电动势不变, 为 $E_N = 105.95V$ 。

瞬时电枢电流 $I'_a = \frac{U_N - E_N}{R_a + R_j} = \frac{110 - 105.95}{0.15 + 0.5} A = 6.23A$

瞬时电磁转矩 $T'_{em} = \frac{E_N I'_a}{\frac{2\pi n_N}{60}} = \frac{105.95 \times 6.23}{\frac{2\pi \times 1500}{60}} N \cdot m = 4.20 N \cdot m$

(3) 总制动转矩减小一半, 即电磁转矩减小一半。因此有 $C_T \Phi I_a = 0.5 C_T \Phi I_{aN}$

故电枢电流不为 $I_a = 0.5 I_{aN} = 13.5A$

稳定电枢电动势 $E = U_N - I_a(R_a + R_j) = (110 - 13.5 \times 0.65)V = 101.225V$

稳定转速 $n = n_N \frac{E}{E_N} = 1500 \times \frac{101.225}{105.95} \text{ r/min} = 1433.1 \text{ r/min}$

2.

$$(1) Z_k = \frac{U_{k\phi}}{I_{k\phi}} = \frac{450/\sqrt{3}}{57.74} = 4.50\Omega \quad R_k = \frac{P_{k\phi}}{I_{k\phi}^2} = \frac{10300/3}{57.74^2} = 1.03$$

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} = \sqrt{4.5^2 - 1.03^2} = 4.38$$

$$(2) I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{1N}} = \frac{1000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 10 \times 10^3} = 57.74A$$

$$Z_{1N} = \frac{U_{1\phi N}}{I_{1\phi N}} = \frac{U_{1N}}{\sqrt{3}I_{1N}} = \frac{10 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 57.74} \Omega = 100 \Omega$$

$$Z_k^* = \frac{Z_k}{Z_{1N}} = \frac{4.5}{100} = 0.045 \quad R_k^* = \frac{R_k}{Z_{1N}} = \frac{1.03}{100} = 0.0103 \quad X_k^* = \frac{X_k}{Z_{1N}} = \frac{4.38}{100} = 0.0438$$

$$(3) \Delta U = \beta(R_k^* \cos \varphi_2 + X_k^* \sin \varphi_2) = 1 \times (0.0103 \times 0.8 + 0.0438 \times 0.6) = 0.03452$$

$$(4) \eta = 1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_{kN}}{\beta S_N \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_{kN}} = 1 - \frac{1.155 + 1^2 \times 10.3}{1 \times 1000 \times 0.8 + 1.155 + 1^2 \times 10.3} = 0.9859 = 98.59\%$$

$$(5) \eta = 1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_{kN}}{\beta S_N \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_{kN}} = 1 - \frac{1.155 + 0.5^2 \times 10.3}{0.5 \times 1000 \times 1 + 1.155 + 1^2 \times 10.3} = 0.9926 = 99.26\%$$

$$(6) \beta_m = \sqrt{\frac{P_0}{P_{kN}}} = \sqrt{\frac{1155}{10300}} = 0.3349 \text{ 最大效率为}$$

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{2P_0}{\beta_m S_N \cos \varphi_2 + 2P_0} = 1 - \frac{2 \times 1.155}{0.3349 \times 1000 \times 0.8 + 2 \times 1.155} = 0.9915 = 99.15\%$$

$$I_{1N} = \beta_m I_{1N} = 0.3349 \times 57.74 = 19.34A$$

3.

$$(1) \quad \tau = \frac{Z}{2p} = 15 \quad N_c = 8 \quad a=1$$

$$\alpha_1 = \frac{p \times 360^\circ}{Z} = \frac{180^\circ}{\tau} = 12^\circ \quad q = \frac{Z}{2mp} = \frac{\tau}{m} = \frac{15}{3} = 5$$

$$N = \frac{2pqN_c}{a} = \frac{2 \times p \times 5 \times 8}{1} = 80p$$

$$k_{y1} = \sin\left(\frac{y_1}{\tau} \frac{\pi}{2}\right) = \sin\left(\frac{12}{15} \times \frac{\pi}{2}\right) = 0.9511 \quad k_{q1} = \frac{\sin \frac{q\alpha_1}{2}}{q \sin \frac{\alpha_1}{2}} = \frac{\sin \frac{5 \times 12^\circ}{2}}{5 \sin \frac{12^\circ}{2}} = 0.9567$$

$$k_{N1} = k_{y1}k_{q1} = 0.9511 \times 0.9567 = 0.9099$$

(2) 依题意, 设 $i_A = -i_B = \sqrt{2}I \sin \omega t$, $i_C = 0$ 。其中 $I=10A$ 。将坐标原点取在 A 相绕组轴线上, 则三相脉振磁动势基波表达式分别为

$$\begin{aligned} f_{A1}(t, \theta) &= F_{m\phi 1} \sin \omega t \cos \theta \\ f_{B1}(t, \theta) &= -F_{m\phi 1} \sin \omega t \cos(\theta - 120^\circ) \quad \text{其中} \\ f_{C1}(t, \theta) &= 0 \end{aligned} \quad \begin{aligned} F_{m\phi 1} &= 0.9 \frac{INk_{N1}}{p} \\ &= \frac{0.9 \times 10 \times 80p \times 0.9099}{p} A = 655.1 A \end{aligned}$$

合成磁动势基波
$$\begin{aligned} f_1(t, \theta) &= f_{A1}(t, \theta) + f_{B1}(t, \theta) + f_{C1}(t, \theta) = \sqrt{3}F_{m\phi 1} \sin \omega t \cos(\theta + 30^\circ) \\ &= 1134.7 \sin \omega t \cos(\theta + 30^\circ) \end{aligned}$$

合成磁动势为脉振磁动势, 振幅为 1134.7A。

(3) 通入直流, 相当于 $i_A = -i_B = \sqrt{2}I \sin \omega t = 10$, 即 $I \sin \omega t = 10 / \sqrt{2} = 7.07 A$

故合成磁动势基波
$$f_1(\theta) = \frac{1134.7}{\sqrt{2}} \cos(\theta + 30^\circ) = 802.3 \cos(\theta + 30^\circ)$$

合成磁动势为固定磁动势, 幅值为 802.3A。