《电机学（上）》 试题(A)（标答）

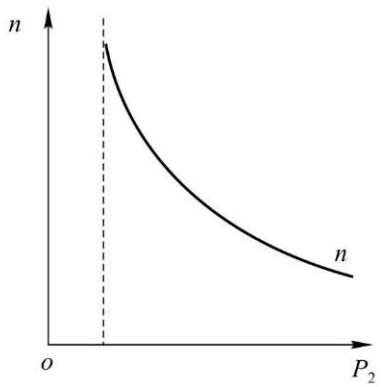
（电气专业 10 级　2012.7.2）

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：$n = \dfrac{U - I_a R_a}{C_E \Phi}$，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.

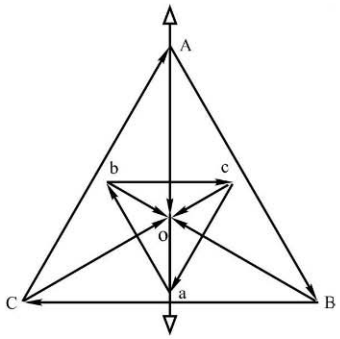


图 1

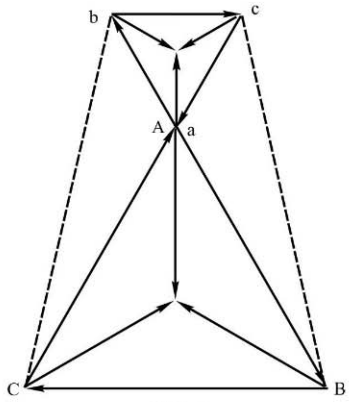


图 2

（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 $K_l = U_{AB} / U_{ab}$，由几何关系可推导出所测电压应满足如下关系：

$$U_{Bb} = U_{Cc} = U_{ab}(K_l + 1)$$

$$U_{Bc} = U_{Cb} = U_{ab}\sqrt{K_l^2 + 1 + K_l}$$

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 $I_{aN}=I_N-I_{fN}=(28-\frac{110}{110})\mathrm{A}=27\mathrm{A}$

额定电动势 $E_N=U_N-I_{aN}R_a=(110-27\times0.15)\mathrm{V}=105.95\mathrm{V}$

电磁功率 $P_{emN}=E_N I_{aN}=(105.95\times27)\mathrm{W}=2860.65\mathrm{W}$

输入功率 $P_1=U_N I_N=(110\times28)\mathrm{W}=3080\mathrm{W}$

效率 $\eta=\frac{P_N}{P_1}\times100\%=\frac{2200}{3080}\times100\%=71.43\%$

电磁转矩 $T_{emN}=\frac{P_{emN}}{\Omega_N}=\frac{7.8\times10^3}{\frac{2\times\pi\times900}{60}}\mathrm{N\cdot m}=82.76\mathrm{N\cdot m}$

（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 $I'_a=\frac{U_N-E_N}{R_a+R_j}=\frac{110-105.95}{0.15+0.5}\mathrm{A}=6.23\mathrm{A}$

瞬时电磁转矩 $T'_{em}=\frac{E_N I'_a}{\frac{2\pi n_N}{60}}=\frac{105.95\times6.23}{\frac{2\pi\times1500}{60}}\mathrm{N\cdot m}=4.20\ \mathrm{N\cdot m}$

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

故电枢电流不为 $I_a=0.5I_{aN}=13.5A$

稳定电枢电动势 $E = U_{\mathrm{N}} - I_{\mathrm{a}}(R_{\mathrm{a}} + R_{\mathrm{j}}) = (110 - 13.5 \times 0.65)\mathrm{V} = 101.225\mathrm{V}$

稳定转速 $n = n_{\mathrm{N}} \dfrac{E}{E_{\mathrm{N}}} = 1500 \times \dfrac{101.225}{105.95}\ \mathrm{r/min} = 1433.1\ \mathrm{r/min}$

2.

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

$X_k = \sqrt{Z_{\mathrm{k}}^2 - R_{\mathrm{k}}^2} = \sqrt{4.5^2 - 1.03^2} = 4.38$

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

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

$Z_{\mathrm{k}}^* = \dfrac{Z_{\mathrm{k}}}{Z_{1\mathrm{N}}} = \dfrac{4.5}{100} = 0.045$ $\qquad R_{\mathrm{k}}^* = \dfrac{R_{\mathrm{k}}}{Z_{1\mathrm{N}}} = \dfrac{1.03}{100} = 0.0103$ $\qquad X_{\mathrm{k}}^* = \dfrac{X_{\mathrm{k}}}{Z_{1\mathrm{N}}} = \dfrac{4.38}{100} = 0.0438$

(3) $\Delta U = \beta(R_{\mathrm{k}}^* \cos\varphi_2 + X_{\mathrm{k}}^* \sin\varphi_2) = 1 \times (0.0103 \times 0.8 + 0.0438 \times 0.6) = 0.03452$

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

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

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

$\eta_{\max} = 1 - \dfrac{2P_0}{\beta_m S_{\mathrm{N}} \cos\varphi_2 + 2P_0} = 1 - \dfrac{2 \times 1.155}{0.3349 \times 1000 \times 0.8 + 2 \times 1.155} = 0.9915 = 99.15\%$

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

3.

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

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

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

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

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

(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

$$f_{A1}(t,\theta)=F_{m\phi 1}\sin\omega t\cos\theta$$
$$f_{B1}(t,\theta)=-F_{m\phi 1}\sin\omega t\cos(\theta-120^\circ)$$
$$f_{C1}(t,\theta)=0$$

其中 $F_{m\phi 1}=0.9\dfrac{INk_{N1}}{p}=\dfrac{0.9\times 10\times 80p\times 0.9099}{p}\text{A}=655.1\text{ A}$

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

$=1134.7\sin\omega t\cos(\theta+30^\circ)$

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　　$f_1(\theta)=\dfrac{1134.7}{\sqrt{2}}\cos(\theta+30^\circ)=802.3\cos(\theta+30^\circ)$

合成磁动势为固定磁动势，幅值为 802.3A。