

26+5=31分

自动控制元件试题 (A)

2003-2004 学年第二学期 2001 级自动化学院大班 2003 年 6 月 23 日

注意事项: 试题单和答卷上都写上姓名和学号, 一同交回。试题单不交回的, 成绩作废。

一、问答题 (36 分, 每小题 3 分)

1. 软磁材料、硬磁材料有什么不同? 各自的用途是什么?
2. 画出拍合式继电器常闭触点的继电特性。
3. 继电器可靠工作的两个条件是什么?
4. 直流发电机和直流电动机中, E_a 与 I_a 的关系各怎样?
5. 直流电机电枢电势和电磁转矩的公式? 并写出其中 C_e 、 C_T 的表达式?
6. 当控制信号或者负载发生变化时, 直流伺服电动机可能会存在哪几种工作状态? 一台他励直流电动机, 如果励磁电流和被拖动的负载转矩都不变, 而仅仅降低电枢端电压, 试问经过一段时间后电枢电流、转速怎样变化?
7. 单相变压器的其它条件不变, 当一次边电压减小、或一次边电源频率降低、或铁心截面积增加, 变压器的主磁通如何变化?
8. 试比较单相变压器在空载试验、短路试验和额定运行时, 一次边电压、一次边电流及主磁通有什么异同?
9. 下述五种情况分别产生什么磁场?
10. (1) 单相绕组通入直流电 (2) 单相绕组通入交流电 (3) 三相对称绕组, 通入三相同相电流 (4) 三相对称绕组空间同轴 (空间同相位), 通入三相对称电流 (5) 三相对称绕组, 通入三相对称电流
11. 与永磁式和隐极式相比, 磁滞同步电动机的最突出优点是什么? 可以稳定工作在哪些两种状态? 在什么状态下是产生电磁转矩工作的? 在什么状态下相当于永磁同步发电机?
12. 正余弦旋转变压器有几种补偿方式? 补偿的目的是什么? 力矩式自整角机的输出量是什么? 应用场合是什么? 控制式自整角机的输出量是什么? 应用场合是什么?

二、简述题 (34 分)

1. (10 分) (1) 写出他励直流电动机稳态时的电势平衡关系式、转矩平衡关系式和功率平衡关系式。 (2) 画出他励直流电动机的功率流程图 (注明每项能量的表达式)。
2. (12 分) 已知单相变压器在感性负载下运行, 试画出 T 形等值电路图; 写出磁势平衡式、电流平衡式和电压平衡式。
3. (12 分) 两相伺服电动机在结构方面突出特点是什么? 由此特点使电动机具有哪些特性? 并分析“无自转”的原因。

三、计算题 (30 分)

1. (15 分) 已知他励直流电动机并联在 220V 电网上运行, 并已知: 电枢绕组支路对数 $a=1$, 极对数 $p=2$, 电枢总导体数 $N=372$, 转速 $n=1500r/min$; $\phi=1.1 \times 10^{-2} Wb$,

电枢回路总电阻 $R_a=0.208 \Omega$, 电机的铁损耗 $p_{Fe}=362W$, 机械损耗 $p_m=204W$, 试

求: (1) 此直流电机是电动机还是发电机? (2) 电磁转矩和电磁功率 (3) 输入功率和输出功率

(15 分) 一台三相异步电动机, 其电源频率 $f_1=50Hz$, 在额定运行下, 电源向电机输

入的功率 $P_1=9kW$, 额定转速 $n_n=950r/min$ (定子铜损耗 $p_{Cu1}=400W$) 铁损耗 $p_{Fe}=260W$,

机械损耗和杂散损耗之和 $p_0=200W$, 试求: (1) 电机极对数 (2) 定子旋转磁场的转速 n_1 (3) 转差率 s (4) 转子铜损耗 p_{Cu2}

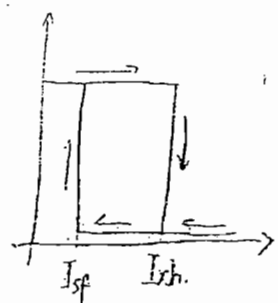
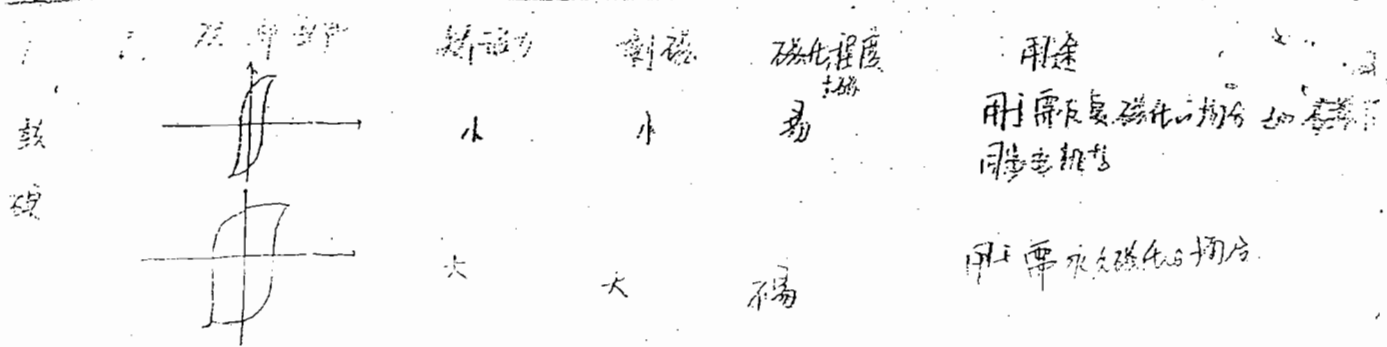
(5) 转子电流频率 f_2 (6) 转子电流有效值 I_2 (7) 电磁转矩 T (8) 输出功率 P_2

(9) 效率 η (10) 转子电流有效值 I_2 (11) 转子电流有效值 I_2

(12) 转子电流有效值 I_2 (13) 转子电流有效值 I_2 (14) 转子电流有效值 I_2

(15) 转子电流有效值 I_2 (16) 转子电流有效值 I_2 (17) 转子电流有效值 I_2

(18) 转子电流有效值 I_2 (19) 转子电流有效值 I_2 (20) 转子电流有效值 I_2



3. 吸合时, 吸力完全大于反力, 即吸力特性曲线在反力特性曲线之上
释放时, 吸力一小, 即 - - - - - 之下
4. 发电 E_a I_a 同向
电动 E_a I_a 反向

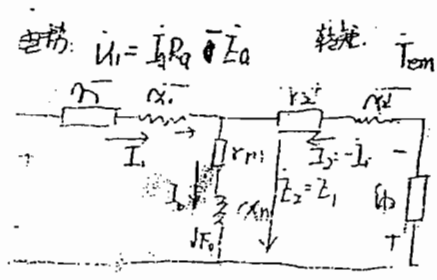
5. $Z_a = C_e \phi_m N$ $G_e = \frac{P_N}{60 \omega}$
 $T_{em} = C_T \phi_m I_a$ $G_T = \frac{P_N}{2 \pi \omega}$

6. 电动机状态, 发电机状态, 电动制动状态, 反接制动状态
7. I_a 减小, n 变小 $n = \frac{60}{\pi} \frac{1}{f} \frac{k T_{em}}{T_g}$ $T_{em} = C_T \phi_m I_a$

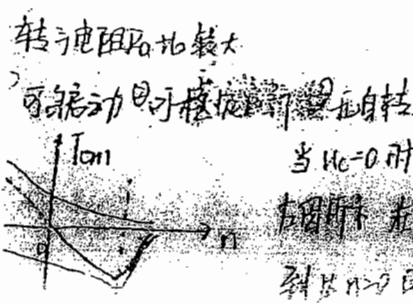
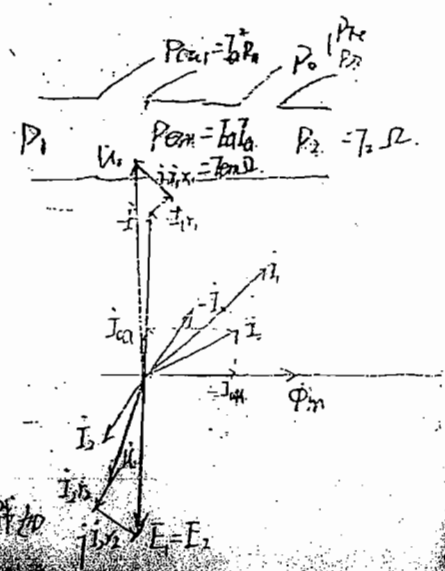
8. $u = 4.44 f_1 N_1 \phi_m$ 依此为 ϕ_m 减小 \rightarrow

励磁	U_m	I_m	ϕ_m (看 U_m)	10. 恒磁励磁, 脉动励磁
正常	U_m 额定	小	正常	(a) 若 U_m 不同, 则励磁不同, 若大小不同, 则励磁不同
弱磁	小	I_m 额定	弱	(b) 若 U_m 不同, 则励磁不同, 若大小不同, 则励磁不同
强磁	U_m 额定	I_m 额定	强	(c) 若 U_m 不同, 则励磁不同, 若大小不同, 则励磁不同

可自励, 同步/异步状态, 异步状态靠磁滞转矩工作, 同步状态下相对磁滞
 2. 原边补偿和副边补偿, 目的是消除主磁场的磁通量, 使输出保持平衡, 正/余弦关系
 为转子磁场的输出角, 用于通断指示, 为转子磁场的输出角, 用于通断指示, 为转子磁场的输出角, 用于通断指示
 服务院

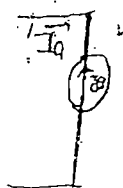


电势: $U_1 = I_a R_a + E_a$ 转矩: $T_{em} = T_0 + T_2$ 功率: $P_1 = P_{em} + P_0 + P_2$
 $F_1 + F_2 = F_0$
 $I_1 + I_2 = I_0$
 $U_1 = -E_1 - E_2 + I_1 R_1$
 $= -E_1 + I_1 Z_1$



当 $U_c = 0$ 时, 电机处于工作在 - 相电压下, 叫 T_{em} 用并加
 在 $n > 0$ 时 $T_{em} < 0$ 叫 U_c 在电机工作期间
 到 $n > 0$ 时 $T_{em} = 0$ 叫停转于自励性

$$E_a = C_e \Phi_m n = \frac{1}{60a} \Phi_m n = \frac{1}{60 \times 1} \times 11\% \times 1500 = 204.6 \text{ V} < 220 \text{ V} \quad \text{T: 电动机}$$



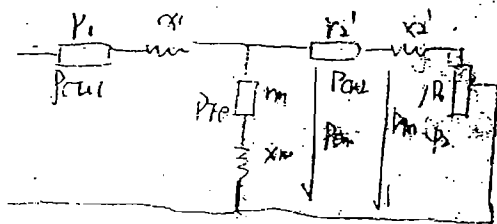
$$T_{em} = C_T \Phi_m I_a = \frac{p n}{\pi a} \times \Phi_m \times \frac{U - E_a}{R}$$

$$= \frac{2 \times 37}{2 \times 1 \times 1} \times 11\% \times \frac{15.4}{0.208} = 96.49 \text{ N.m}$$

$$P_{em} = T_{em} \Omega = T_{em} \times \frac{2\pi n}{60} = 96.49 \times \frac{3.14 \times 1500}{60} = 1514.8 \text{ W}$$

$$P_1 = UI = 220 \times \frac{15.4}{0.208} = 16288 \text{ W}$$

$$P_2 = P_{em} - P_0 = P_{em} - P_{fe} - P_{\Sigma} = 1514.8 - 362 - 204 = 1458.2 \text{ W}$$



$$1) \quad n = \frac{60f}{p} \Rightarrow p = \frac{60f}{n} = \frac{60 \times 150}{950} = 3 \quad \checkmark$$

$$2) \quad n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 150}{3} = 1500 \text{ r/min} \quad \checkmark$$

$$3) \quad S = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\% = 9\% \quad \checkmark$$

$$4) \quad P_{cu} = P_{em} - P_{in} = S P_{em} = S (P_1 - P_{cu} - P_{fe})$$

$$= 0.09 \times (16288 - 400 - 362) = 1458.2 \text{ W}$$

$$5) \quad \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{em} - P_{\Sigma} - P_0}{P_1} = \frac{1458.2}{16288} \times 100\% = 89.5\%$$

$$6) \quad I_2 = \frac{P_2}{U} = \frac{1458.2}{220} = 6.63 \text{ A}$$

$$3) \quad T_2 = T_{em} - T_0 = T_{em} \frac{P_2}{P_0} = 96.49 - \frac{200 \times 60}{2 \times 1 \times 950} = 77.63 \text{ N.m}$$

$$T_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{P_{em} \times 60}{2\pi n} = \frac{8340 \times 60}{2 \times 3.14 \times 1500} = 79.64 \text{ N.m}$$

$$P_{cu} = S P_{em} = S (P_1 - P_{cu} - P_{fe})$$

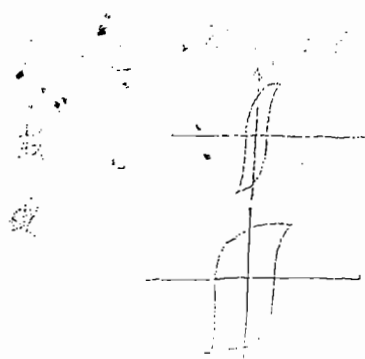
$$\frac{9712 \times 60}{2 \times 3.14 \times 1500}$$

$$P_2 = P_1 - P_{cu} - P_{fe} - P_{\Sigma} - P_0$$

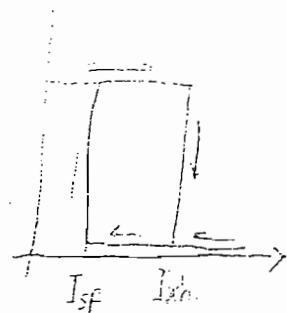
$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad n_1 = 60f/p$$

$$T_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{P_{em} \times 60}{2\pi n}$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\Omega} = \frac{P_2 \times 60}{2\pi n}$$



小 小 易 用速
 大 大 易 用速
 用于励磁磁化的场合如异步
 同步电机
 用于励磁磁化的场合



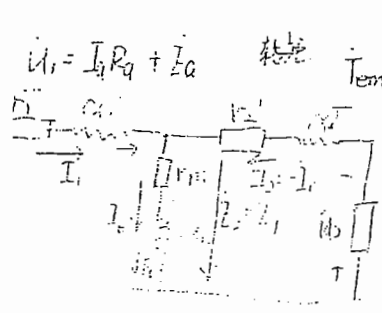
3. 同步电机 励磁电流 I_f 与 有功功率 P 成正比
 异步电机 有功功率 P 与 有功功率 P 成正比
 发电 $Z_d I_d$ 同向
 电动 $Z_d I_d$ 反向

5. $Z_d = C \phi_m N$ $C_T = \frac{PN}{2\pi Q}$
 $T_{em} = C_T \phi_m I_d$ $C_T = \frac{PN}{2\pi Q}$
 $U = 4.44 \phi_m f_1 N_1$ 依此 $\phi_m \downarrow \rightarrow$

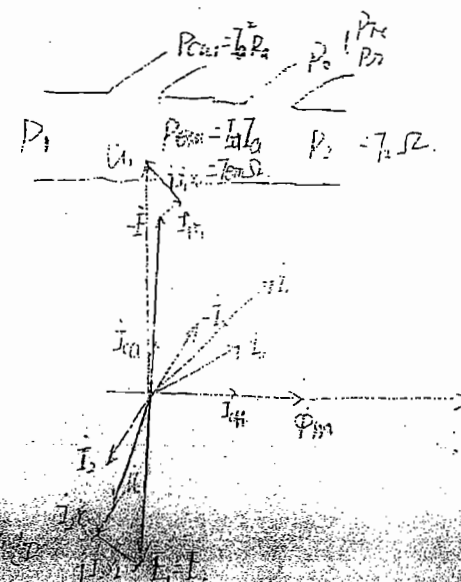
U_1	I_1	ϕ_m (看 U_1)
U_{1N} 额定	小	正常
较大	I_{1N} 额定	较大
U_{1N} 额定	I_{1N} 额定	正常

10. 1. 恒定磁场; 2. 脉动磁场
 3. 若三相大小相同则无脉动, 若大小不同则脉动磁场
 4. 无脉动 5. 圆形旋转磁场

同步力 同步/异步状态 异步状态靠磁滞转矩工作 同步状态下相对永磁式
 原边补偿和副边补偿 目的是降低转子的磁通量 使输出保持平衡的正/余弦关系
 同步电机转子的输出功率 用于无功功率补偿; 为接收机提供功率与失同步时比之电压 在同步电机上
 系统

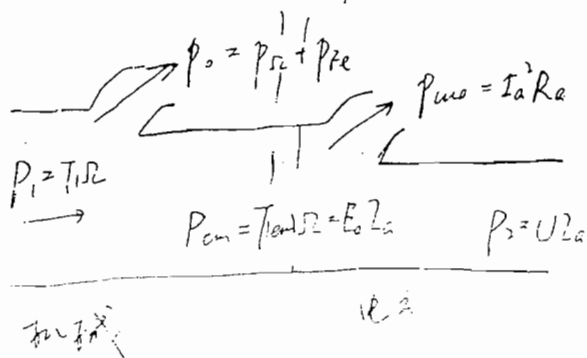


$U_1 = I_1 R_a + E_a$ 转矩 $T_{em} = T_0 + T_2$ 转矩 $P_1 = P_{cu1} + P_0 + P_2$
 $F_1 + F_2 = F_0$
 $I_1 + I_2 = I_0$
 $U_1 = -E_a - I_1 R_a + I_1 Z_1$
 $= -E_a + I_1 Z_1$



11. 当 $U_c = 0$ 时 电机处于发电状态 相反时 $T_{em} < 0$ 电机正即减速, 制动
 12. 若 $n > 0$ 用 $T_{em} < 0$ 则 $U_c = 0$ 后电机立即减速, 制动

直流电动机功率流程



$$T_1 \Omega = T_0 \Omega + T_{em} \Omega$$

$$P_1 = P_0 + P_{em}$$

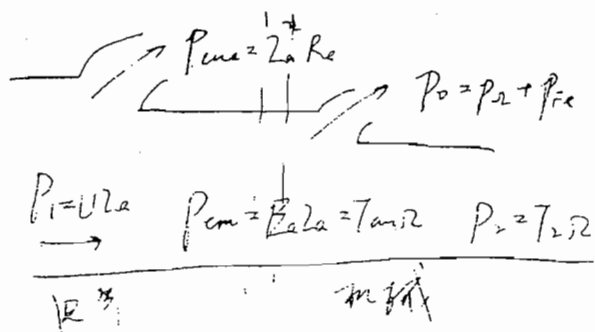
$$P_{em} = P_2 + p_{me}$$

$$P_1 = P_2 + p_{me} + p_0$$

$$E_a = U_a + I_a R_a$$

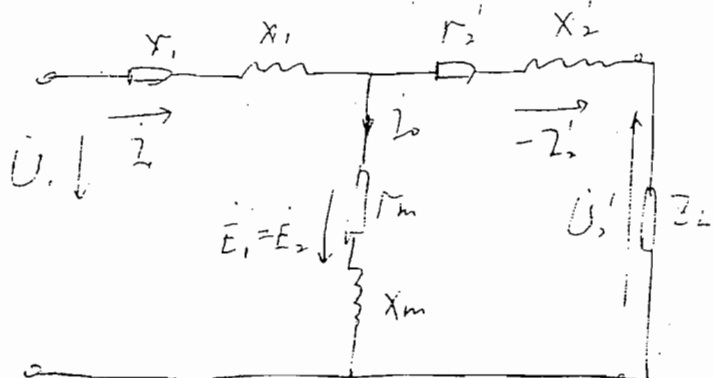
$$T_1 = T_0 + T_{em} + J \frac{d\Omega}{dt}$$

电动机



$$U = E_a + I_a R_a$$

$$T_{em} = T_0 + T_2 + J \frac{d\Omega}{dt}$$



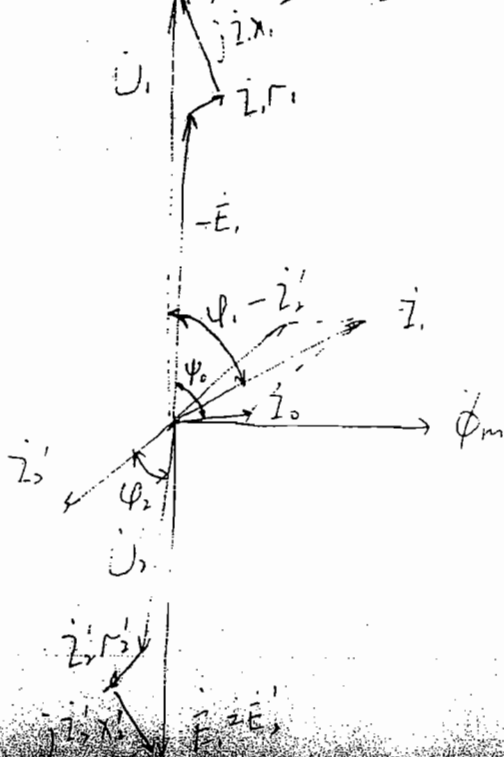
$$F_1 + F_2 = F_0$$

$$I_1 + I_2 = I_0$$

$$U_1 = -E_1 + I_1 Z_1$$

$$U_2' = E_2' - I_2' Z_2'$$

$$E_1 = E_2' = -I_0 Z_m$$



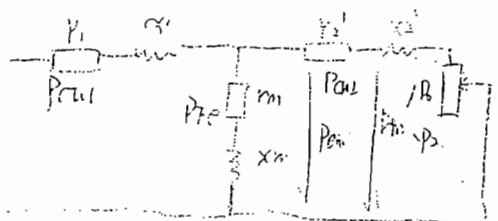
$$I_{\text{em}} = \frac{P_{\text{in}}}{2\pi\eta} \times \phi_{\text{in}} \times \frac{1 - \epsilon_1}{R}$$

$$= \frac{2 \times 375}{2 \times 10^4} \times 1.1 \times 10^{-2} \times \frac{15.4}{0.298} = 96.49 \text{ W/m}^2$$

$$P_{\text{out}} = T_{\text{em}} \Omega = 7.41 \times \frac{2\pi \times 10}{60} = 76.69 \times \frac{3.14 \times 10}{60} = 15.148 \text{ kW}$$

$$P_1 = 111 - 200 \times \frac{12.12}{5208} = 16.288 \text{ Kw}$$

$$P_2 = P_{in} - P_3 = P_{out} - P_{fe} - P_{sw} = 15148 - 361 - 509 = 14582 \text{ W}$$



$$1) n = \frac{\omega f_1}{p} \Rightarrow p = \frac{\omega f_1}{n} = \frac{60 \times 10^3}{900} = 3$$

$$2) \quad n_1 = \frac{60 f_1}{n} = \frac{60 \times 10}{2} = 1000 \text{ r/min}$$

$$S = \frac{n_2 - n_1}{n_1} \times 100\% = 3\%$$

$$4 \quad P_{200} - P_{201} - P_{21} = S P_{200} = S(P_1 - P_{200} - P_{21})$$

$$= 0.05 \times (9000 - 400 - 20) = 47 \text{ m}$$

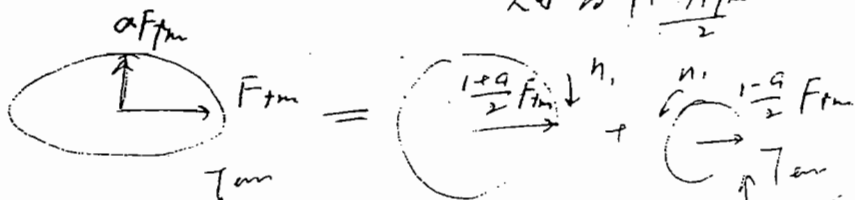
$$\pi = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_{\text{perm}} - P_{\text{atm}} - P_c}{P_1} = \frac{773}{9000} \times 100\% = 8.581\%$$

$$\Delta f = \Delta f_1 = 5\% \times 50 = 2.5 \text{ Hz}$$

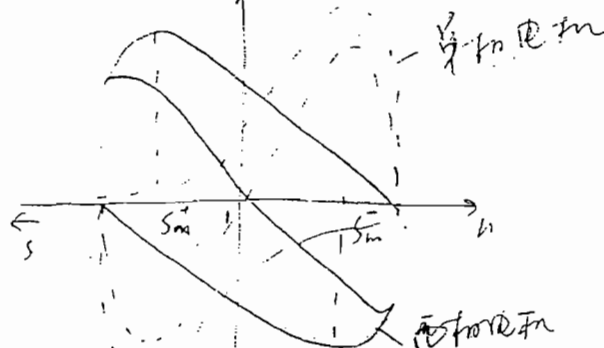
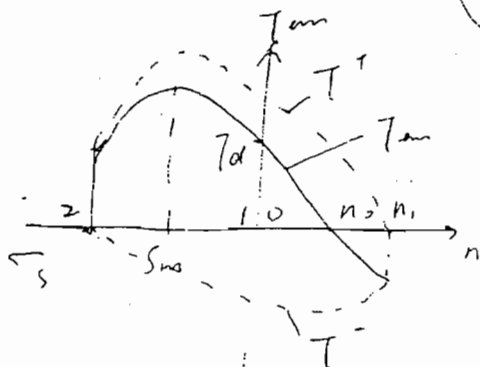
$$T_{\text{em}} = \frac{P_{\text{em}}}{P_1} = \frac{P_{\text{em}} \cdot \frac{1}{s}}{P_{\text{em}}} = \frac{8340 \cdot 60}{2 \times 4.14 \times 1000} = 77.64$$

$$T_2 = T_{em} - T_0 = T_{em} - \frac{P_0}{\dot{Q}} = 77.64 - \frac{200 \times 60}{2 \times \pi \times 950} = 77.63 \text{ N.m}$$

椭圆磁芯器可用两个磁芯相同，磁芯相同，大小不同以倍数的磁芯器代替。
 一个磁芯器，原来磁芯一磁芯相同，另一个磁芯 $(1+\alpha)F_m/2$
 αF_m 大小是 $(1+\alpha)F_m/2$ 倍
 因为磁芯电阻大， $S_m^T > 1$



因为驻点电势大, $S_{int} > 1$
 T_{max} 在第 2 象限, T_{min} 在第 4 象限



无解时, $V_c = 0$, 在单轴板壳中

向李印下下, 根据陈功咏句

[illegible]

