



教学目标和教学方式

- 培养学生较好地了解和掌握典型计算机控制系统的主要部件的测试方法。
- 通过实验的锻炼，使学生达到能独立组成和调试计算机控制系统的能力，为后续的课程设计及专题实验、毕业设计以及毕业后从事计算机控制系统开发打下必要的基础。
- 以直流小功率随动系统为研究对象，进行相应测试及其被控对象的建模，让学生具有对实际被控对象的感性认识、掌握测量方法、测量数据的处理分析过程、掌握系统建模的关键技术。

小功率随动系统介绍

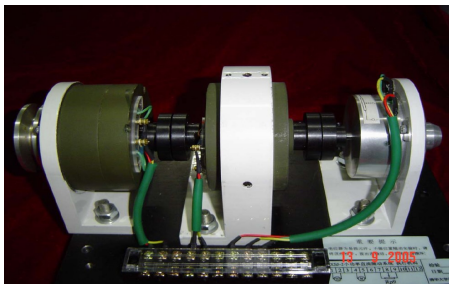
■ 模拟式小功率随动系统的组成

- ❖ 直流电动机
- ❖ 测速发电机
- ❖ 给定电位计
- ❖ 反馈电位计
- ❖ 功率放大器及运算放大器
- ❖ 直流电源

自动化学院

3

小功率随动系统——电机

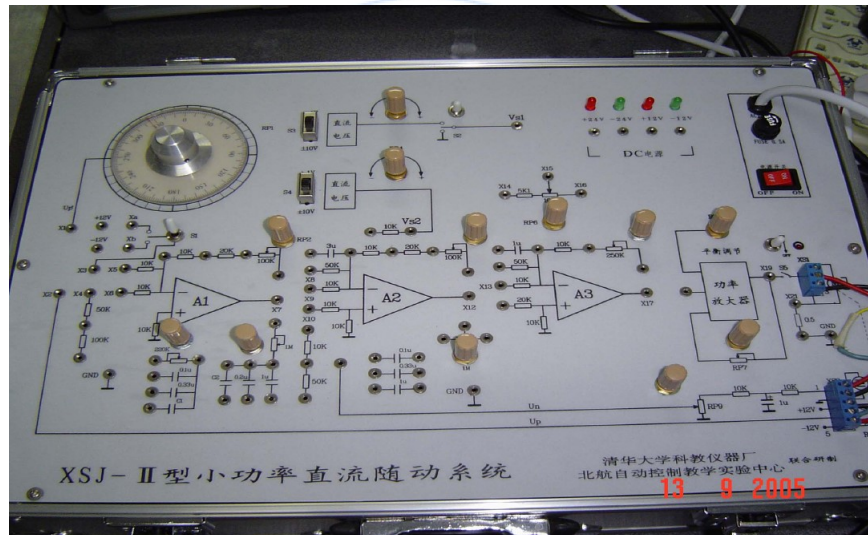


反馈电位计
(角度传感器)



自动化学院

控制盒



自动化学院

5

1、执行电机

- 直流低速力矩电机
SYL-5

- 出厂的技术数据：

- ❖ 峰值力矩 T_p : 5(-5%)公斤·厘米
- ❖ 峰值电流 I_p : 1.8安培
- ❖ 峰值电压 V_p : 20伏
- ❖ 空载转速 n_0 : 500转/分

2、测速发电机

- 永磁直流测速发电机
70CYD-1

- 主要技术数据：

- ❖ 输出斜率: 1伏/弧度/秒
- ❖ 极限转速: 400转/分
- ❖ 输出特性线性度: 1%
- ❖ 最小负载: 23千欧
- ❖ 静磨擦力矩: 300克·厘米

3、角位置测量电位计

- 高精度合成膜电位计: WHJ-2

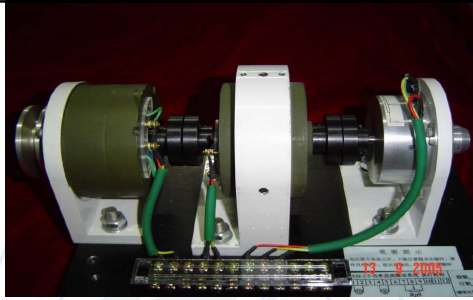
- 主要技术数据如下：

- ❖ 阻值: 1.5千欧 功率: 2W
- ❖ 线性度: 0.5% 电气角度: 330度；
- ❖ 机械转角: 360°无止档

自动化学院

6

电机

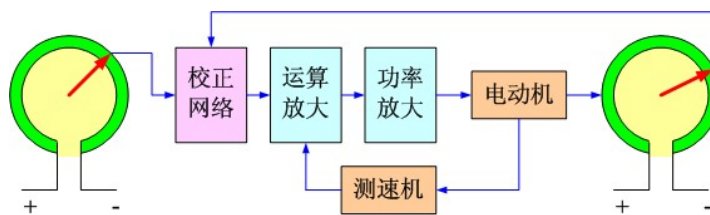


- 三个部件组装成一个整体，三者用联轴节均同轴连接。
- 在组合体上面有一接线板：
 - ❖ 电位计正负电压及输出信号接线柱；
 - ❖ 力矩电机的控制电压接线柱；
 - ❖ 测速发电机接线柱。
- 在组合体左端装有转角测量用的刻度盘；右端可往电机轴上加装惯性轮，以改变负载的转动惯量。
- 在开环或调速系统实验时，为减少电位计磨损，应将电位计断开。

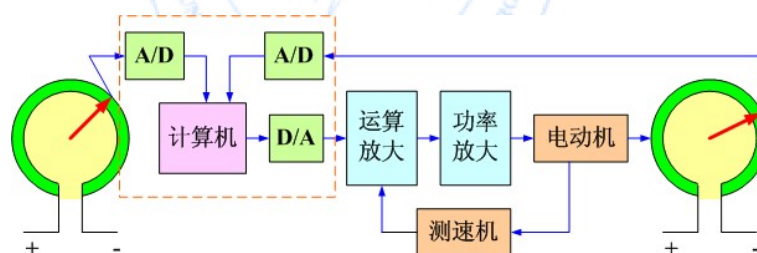
自动化学院

7

模拟式小功率随动系统



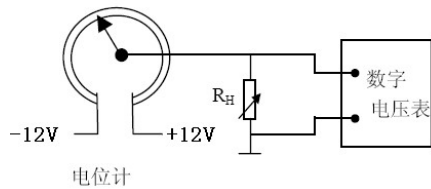
CCS小功率随动系统



自动化学院

8

元部件测试——角度传感器



- 将电位计从0旋转，每转动30，用数字电压表测量输出电压值，记录角度和测量的电压值
- 可以选用“最小二乘拟合”等各种方法，绘出电位计梯度图，获得对应斜率值。

某人得到：

$$K_{\theta} = U_{\theta} / \theta = 3.27V / rad$$

序号	转角 θ (度)	输出电压 U_{θ} (V)
1	0	
2	30	
3	60	
4	90	
5	120	
6	150	
7	170	
8	180	
9	190	
10	210	
11	240	
12	270	
13	300	
14	330	
15	350	

自动化学院

9

元部件测试——功率放大器

- 将功率放大器的输出端 U_o 与电机相连
- 在功率放大器输入端输入直流电压，每试验一次增加2伏，测量输入、输出电压，记录
- 计算功率放大器的增益

$$K = U_o / U_i$$

自动化学院

10

元部件测试——直流电动机

■ 电枢电阻 R_a 的测量

- ❖ 直接用欧姆表测量，由于电刷与电枢在不同位置的换向器接触电阻不同，故测量时应在电刷处于不同位置时多测几次，取其平均值。

表 1-1 电机内阻测量表

$\theta (^{\circ})$	0	20	40	60	80	100	120	140	160
R (K)									
$\theta (^{\circ})$	0	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
R (K)									
平均值	R =								

❖ 电枢电感 L_a 的测量

- ❖ 直接用具有测电感功能的万用表来测量，测量时也要多测几次，取平均值。

自动化学院

11

元部件测试——直流电动机

■ 电机死区电压的测量

- ❖ 将电压加至电机两端，从0慢慢增大电压到电机刚好开始转动，读出死区电压 U_d 。由于电机在不同起始位置阻力矩不同，所以将电机的起始位置放在几个不同角度，重复实验。可计算出两个方向的死区电压平均值和最大值。

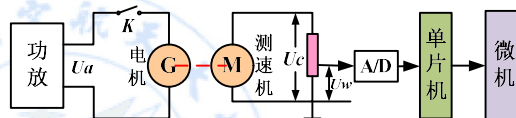
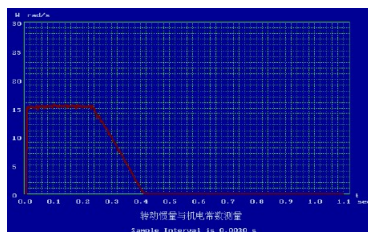
表 1-2 电机死区电压测量表

$\theta (^{\circ})$	0	20	40	60	80	100	120	140	160
U (V)									
平均值									
$\theta (^{\circ})$	0	-20	-40	-60	-80	-100	-120	-140	-160
U (V)									
平均值									

自动化学院

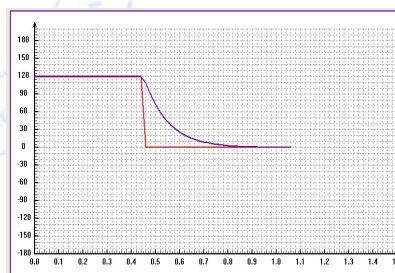
12

元部件测试——直流电动机



转动惯量的测试

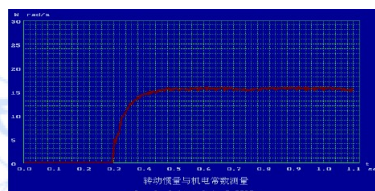
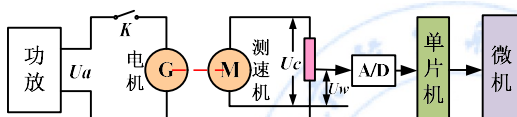
- ❖ 电机等速运动时，突然打开电枢开关，可得角速度 ω 随时间变化的曲线：
- ❖ 由图中可得电机等速运行时的角速度 $=15.3\text{rad/s}$ ；制动时间 $t_p=0.175\text{s}$ ；
- ❖ 则转动惯量 $J=K_t \cdot I_a \cdot t_p /$



自动化学院

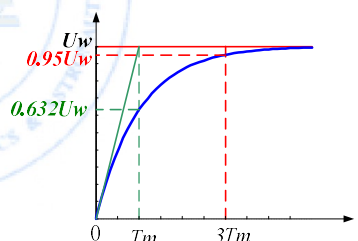
13

元部件测试——直流电动机



机电时间常数及电磁时间常数的测试

- ❖ 阶跃过渡过程测试法，电路连接好后，将开关突然闭合，一个阶跃电压加到电枢两端，由计算机记下电机转速的阶跃过渡过程。由于电磁时间常数较小，故可将 U_a 与转速 ω 的动态响应看成非周期环节，从图中即可求得 T_m 。
- ❖ 由图有机电时间常数 $T_m=0.03\text{s}$
- ❖ 电磁时间常数 $T_e=L_a/R_a$



自动化学院

14

测试-直流电动机

- 电机调速特性是转速与控制输入电压的关系曲线。
- 给一个大于死区的电压，用转速表测量转速。

- 对顺时针、逆时针两个方向均应测试，取其平均值。

$$K_m = \omega / U_a \text{ (弧度/秒/伏)}$$

断开电位计同轴后同时测量：

- 给 U_a ，量 U_c 和转速 n

结果：

- 测速机梯度 K_ω
- 电机直流增益 K_m
- 即“电机调速特性”

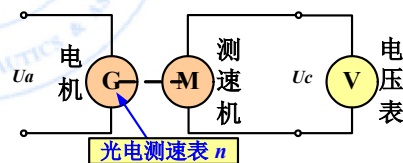
测试-测速发电机

- 测速机是系统的速度反馈元件。

- 用电压表测量输出电压，用转速表测量转速。

- 顺时针、逆时针两个方向均应测试，取平均。

$$K_\omega = U_\omega / \omega \text{ (伏/弧度/秒)}$$



自动化学院

15

断开电位计同轴后同时测量：

- 给 U_a ，量 U_c 和转速 n

结果：

- 测速机梯度 K_ω
- 电机直流增益 K_m
- 即“电机调速特性”

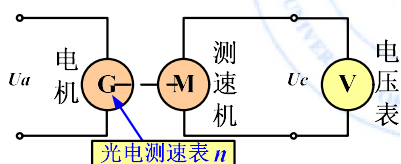


表 1-3 电机调速特性测量表

Ua(v)	死区	4	6	8	10	12	14	16	18
N (脉冲/分)									
n/8(转/分)									
Ω (r/s)=									
反 转									
Ua(v)	死区	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18
n (脉冲/分)									
n/8(转/分)									
Ω (r/s)									
平均值	Ω (r/s) =								

表 1-4 测速机梯度测量表

Ua(v)	死区	4	6	8	10	12	14	16	18
N (脉冲/分)									
n/8(转/分)									
Ω (r/s)=									
Uc(V)									
反 转									
Ua(v)	死区	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18
n (脉冲/分)									
n/8(转/分)									
Ω (r/s)									
Uc(V)									
平均值	Uc(V) =								

自动化学院

16

实验报告要求：

具体参见《实验指导书》

1. 本实验所涉及工程问题描述；
2. 实验工作原理与理论分析；
3. 预习思考题的实验验证分析；
4. 实验过程描述和实验数据处理及分析；
 - ❖ 所有测试数据纪录表格
 - ❖ 实验数据处理（例如：Matlab绘制相关曲线、拟合曲线、对应物理量折算等），获得相关参数结论
5. 实验结论：
 - ❖ 根据测试结果，写出相关器件（电位计、测速机）的传递函数，建立小功率随动系统的数学模型。
 - ❖ 别忘了给出相应的单位
6. 个人体会和建议（可提出自己的观点、想法）

计算电机机电时间常数 T_m 和电磁时间常数 T_e ，为何一般电机传函中可以忽略后者？