

自动控制原理与系统（第5版）部分习题答案解析

第1章 自动控制系统概述

1、习题 1-6

图 1-16 为太阳能自动跟踪装置角位移 $\theta_0(t)$ 的阶跃响应曲线。曲线 I 为系统未加校正装置时的阶跃响应，曲线 II 和 III 为增加了不同的校正装置后的阶跃响应。试大致估计 I、II、III 三种情况时的动态性能指标 σ 、 t_s 、 N ，并分析比较 I、II、III 三种情况技术性能的优势。

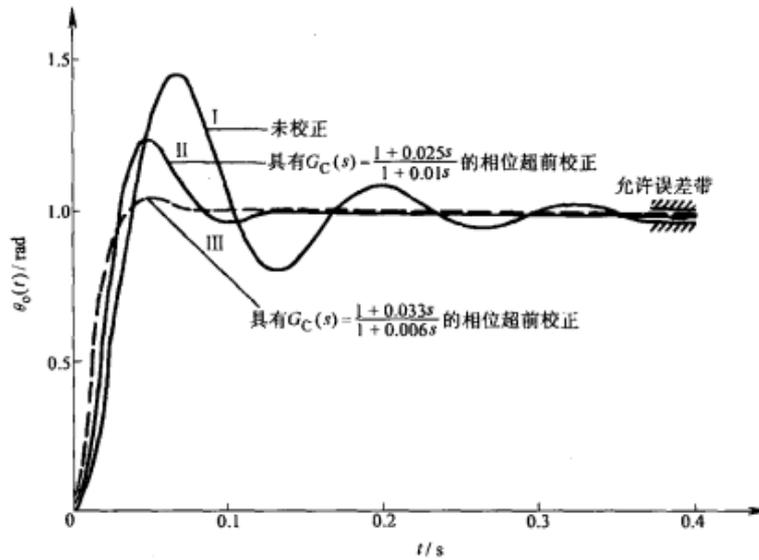


图 1-16 太阳能自动跟踪装置角位移阶跃响应曲线

[答]

I: 最大超调量 $\sigma \approx 45\%$ ，调整时间 $t_{s1} \approx 0.37s$ ，振荡次数 $N_1 \approx 3$ ，技术性能最差。

II: $\sigma_2 \approx 20\%$ ， $t_{s2} \approx 0.12s$ ， $N_2 \approx 1$ ，技术性能较好。

III: $\sigma_3 \approx 6.8\%$ ， $t_{s3} \approx 0.7s$ ， $N_3 \approx 0.5$ ，技术性能最好。

2、习题 1-7

图 1-7 为一晶体管稳压电源电路图，试分别指出哪个量是给定量、被控量、反馈量、扰动量？画出系统的框图，写出其自动调节过程。

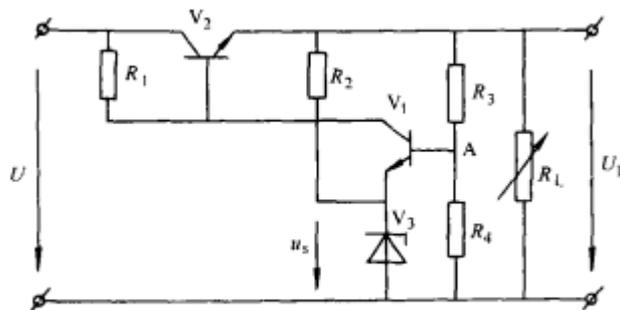


图 1-17 晶体管稳压电源电路

[解]

要画出控制系统方块图，第一步（也是关键的一步）就是搞清系统的工作原理或工作过程。在如图 1-17 所示的电路中，被控量是负载（电阻 R_L ）上的电压 U_L （输出电压）。若不采用稳压电源，将负载直接接到整流电路（图中未画出）的输出电压 U 上，则当负载电流 I_L 增加（ R_L 减小）时，整流电源的等效内阻上的电压降落将增加，使整流输出电压 U （此时即为负载上的电压）降低。当然，若电网电压波动，也会使整流输出电压产生波动。设整流输出电压的波动为 ΔU ，它是造成负载上电压不稳定的主要原因。

如今增设了稳压电路，此时负载上的电压不再是整流电压 U ，而是整流电压在经调整管 V_2 的调节后输出的电压 U_L 。 V_2 导通程度愈大，则输出电压 U_L 大些，反之将小些。由图可见，调整管 V_2 的导通程度将取决于放大管 V_1 的导通程度。 V_1 管的发射极电位由电阻 R_2 和稳压管 V_3 构成的稳压电路提供恒定的电位。 V_1 管基极电位 U_A 取决于负载电压 U_L （由 R_3 和 R_4 构成的分压电路提供输出的负载电压 U_L 的采样信号 U_A ）。

当负载电压 U_L 因负载电流增加（或电网电压下降）而下降时，则 U_A 下降；由于 V_1 发射极电位恒定，于是 U_{1be} 将减小；这将导致 V_1 的集电极电流 I_{c1} 减小，此电流在电阻 R_1 的压降（ $I_{c1}R_1$ ）也将减小；这将是调压管 V_2 的基极电位升高， V_2 的导通程度加大，使输出电压 U_2 增加，从而起到自动补偿的作用。其自动调节过程参见下图。

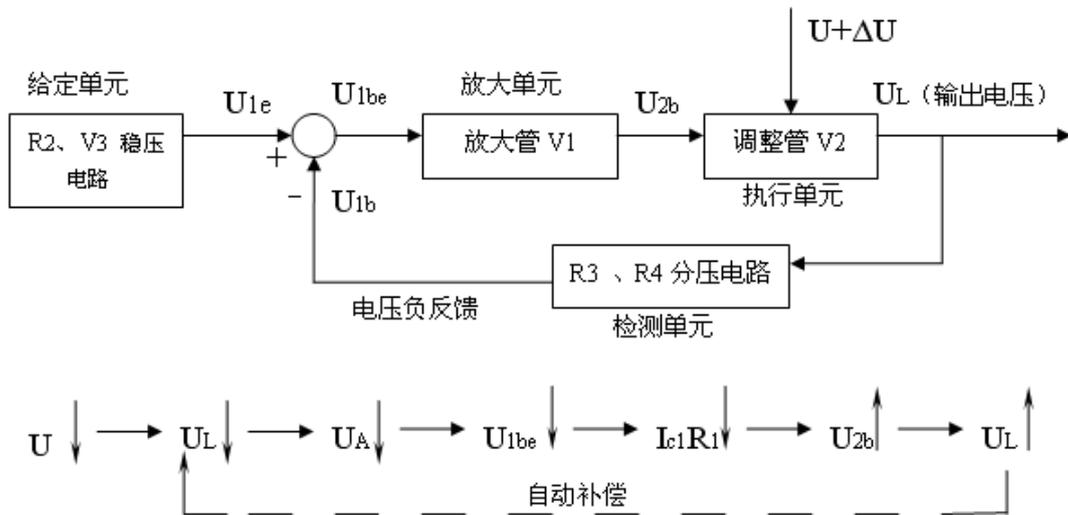


图 (1-1) 稳压电源电路的框图及自动调节过程

由以上分析可知，此系统的输出量为 U_L ，给定值取决于稳压管 V_3 的稳压值，检测元件为 R_3 、 R_4 构成的分压电路，反馈信号为电压负反馈，执行元件为调压管 V_2 ，放大元件为 V_1 ，扰动量为整流输出电压的波动 ΔU 。由此可画出如图所示的框图。

3、习题 1-8

图 1-18 为仓库大门自动控制系统。试说明自动控制大门开启和关闭的工作原理。如果大门不能全开或全关，则怎样进行调整？

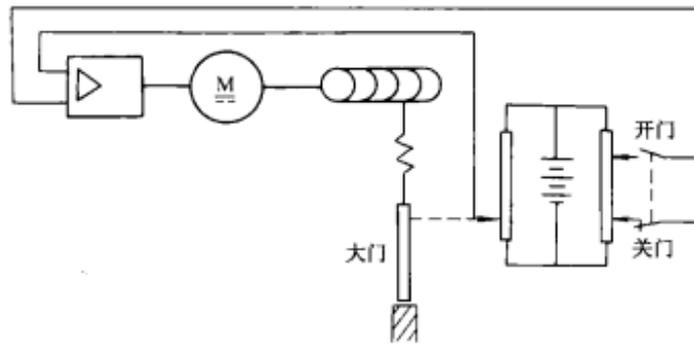


图 1-18 仓库大门控制系统

[解]

在图 1-18 所示的控制系统中，合上“开门”开关（“关门”开关联动断开），给定电位器便向放大器送出一个给定电压信号。此时反映大门位置的检测电位器向放大器送出一个反馈电压信号。这两个电压信号在放大器的输入端进行迭加比较，形成偏差电压。此电压经放大后驱动电动机带动卷筒使大门向上提升。这一过程要一直继续到大门的开启位置达到预期值，反馈电压与给定电压相等，偏差电压为零时才停止。若大门开启的程度不够大（门未全开），则可调节给定电位器，使与“开门”开关相连的触点上移即可。

由以上分析可知，此系统的控制对象是仓库大门，执行单元是直流电动机和卷筒，给定信号由“开门”（或“关门”）开关给出，调节给定电位器（的触点）即可改变大门的开启（或关闭）的程度。（当然，整定检测电位器触点与大门的对应位置，也可调整大门的开启程度）。通过与大门相连的连杆带动的检测电位提供位置反馈信号。由以上分析可画出如下图所示的系统组成框图：

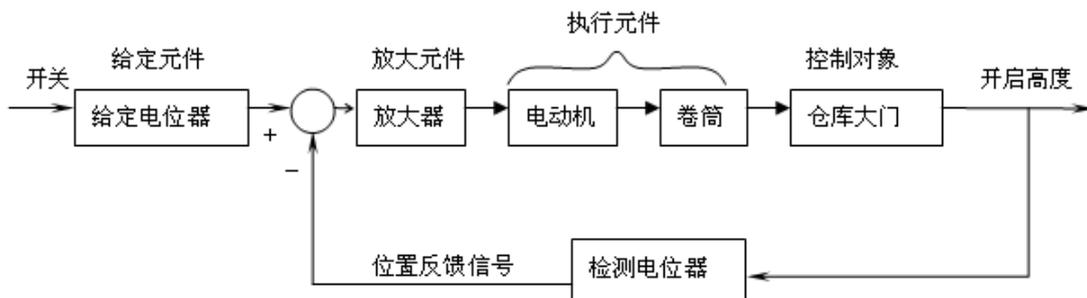


图 (1-2) 仓库大门控制系统组成框图

*4、题 1-9

图 1-19 为一自动绕线机的速度控制系统的示意。试分析其自动绕线、排线的工作原理，画出系统的框图（排线机构为齿轮与齿条的组合件）。

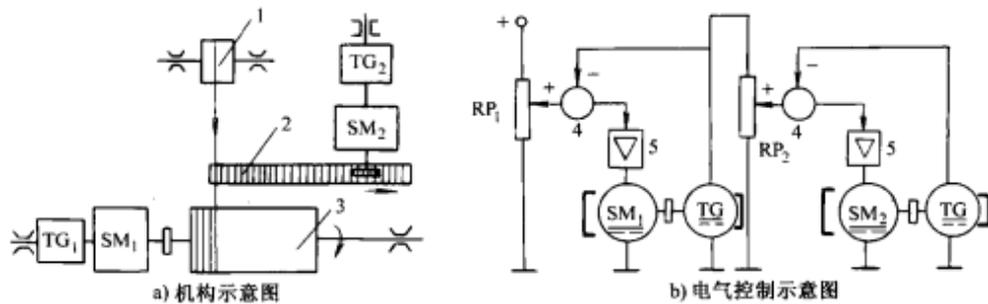


图 1-19 自动绕线机速度控制系统

1—拉线机构 2—排线机构 3—绕线机构 4—比较器 5—驱动放大器

SM—直流伺服电动机 TG—测速发电机

图 1-19 系统组成框图如下：

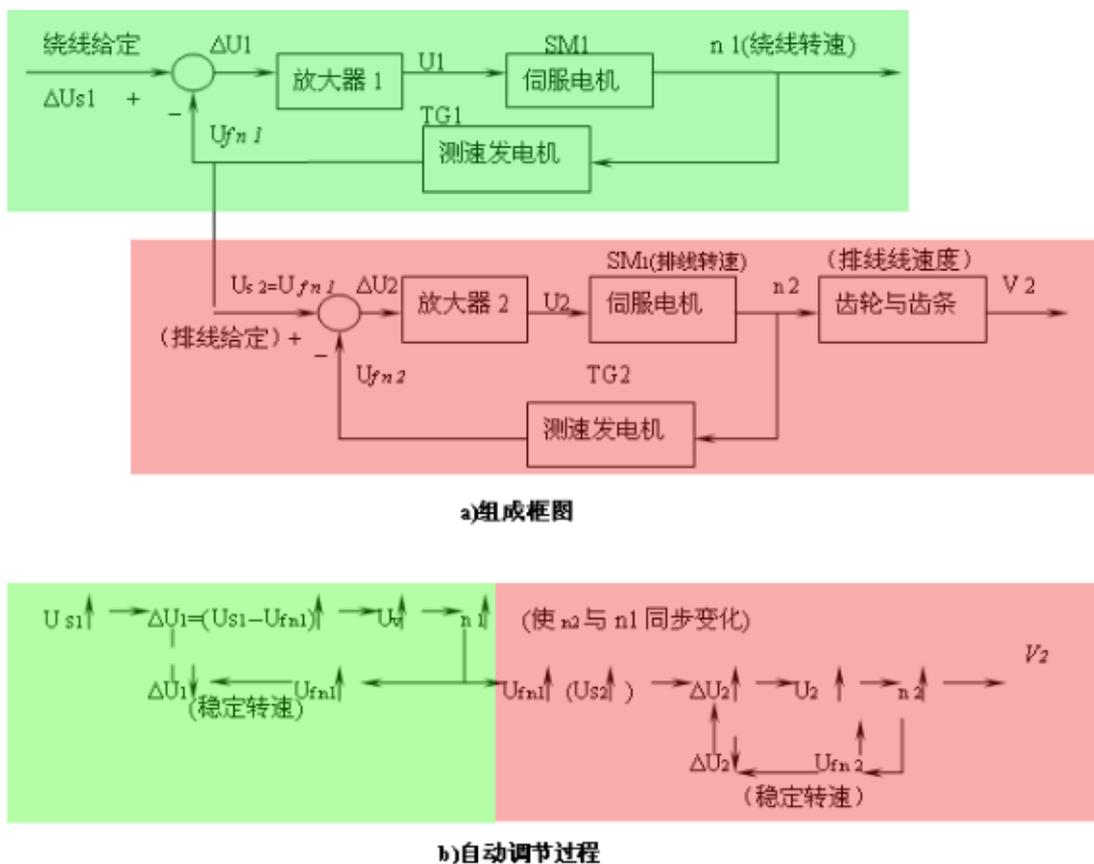


图 (1-4) 自动绕线机的方框图和自动调节过程

*5、习题 1-10

在卷绕加工的系统中，为了避免发生像拉裂、拉伸变形或褶皱等这类不良的现象，通常使被卷物的张力保持在某个规定的数值上，这就是恒张力控制系统。在如图 1-20 所示的恒张力控制系统中，右边是卷绕驱动系统，由它以恒定的线速度卷绕被卷物(如纸张等)。右边的速度检测器提供反馈信号以使驱动系统保持恒定的线速度（驱动系统的控制部分，此处省略未画出）。左边的开卷筒与电制动器相联，以保持一定的张力。为了保持恒定的张力，被卷物将绕过一个浮动的

滚筒，滚筒具有一定的重量，滚筒摇臂的正常位置是水位位置，这时被卷物的张力等于浮动滚筒总重力 W 的一半。在实际运行中，因为外部扰动、被卷物料的不均匀及开卷筒有效直径的减少而使张力发生变化时，滚筒摇臂便保持不了水平位置，这时通过偏角检测器测出偏角位移量，并将它转换成电压信号，与给定输入量比较，两者的偏差电压经放大后去控制电制动器。试画出该系统的组成框图。今设因外部扰动而使张力减小，请写出该系统的自动调节过程。

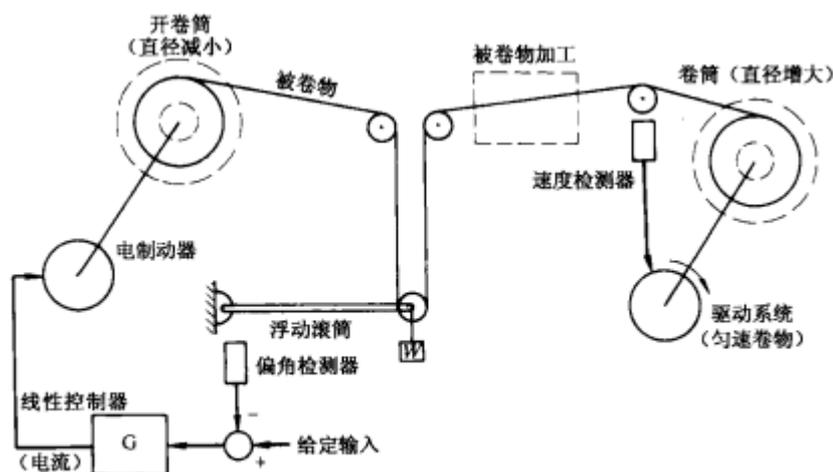
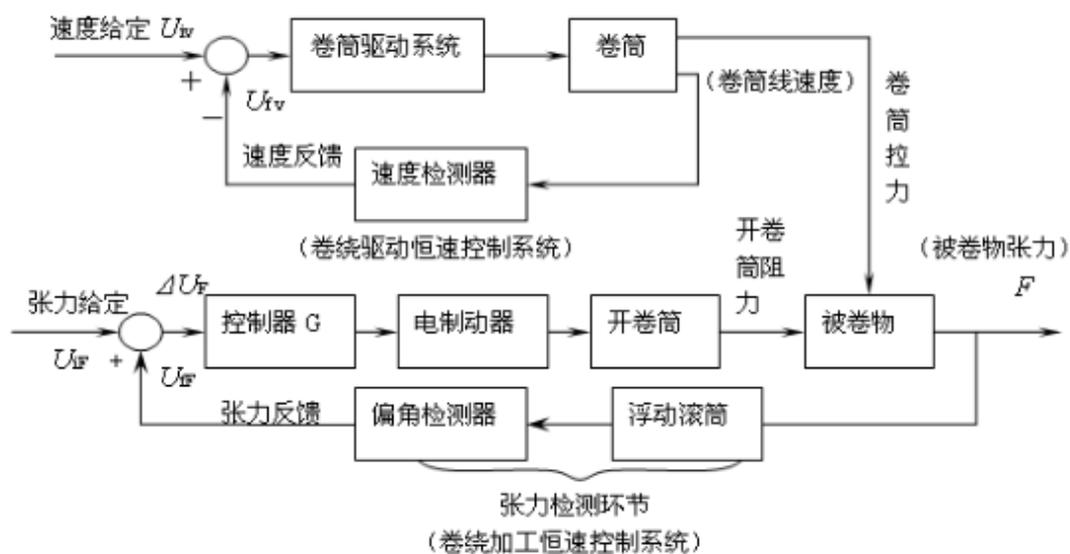
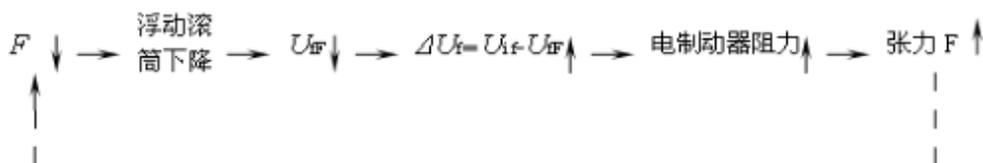


图 1-20 卷绕加工的恒张力控制系统



a) 组成框图



直至 $F=W/2$ ，浮动滚筒不再移动，电制动器阻力不再变化为止

b) 自动调节过程

图 (1-5) 卷绕加工恒张力控制系统的方框图和自动调节过程

6、题 1-11

图 1-21 为一直流调速系统。图中 TG 为测试发电机，M 为工作电动机，SM 为伺服电动机，伺服电动机将驱动电位器 RP₂ 的滑杆上下移动。试画出该系统的组成框图，写出该系统的自动调节过程（设转速 n 因负载转矩 T_L 增大而下降）

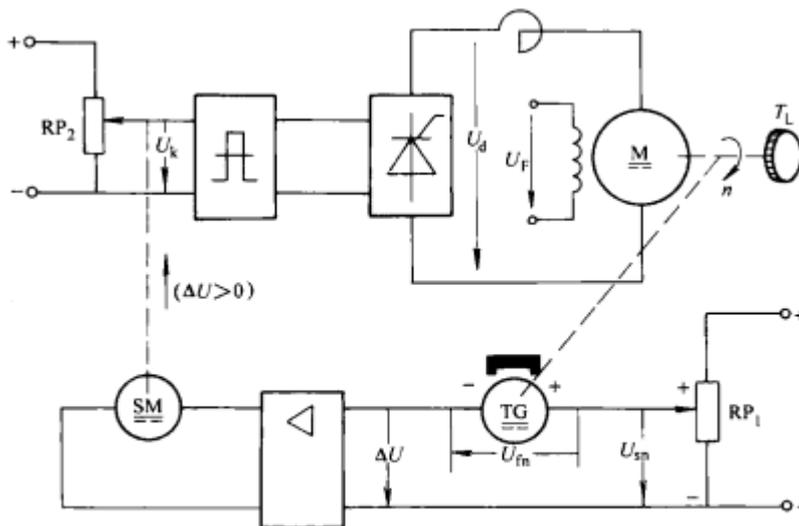


图 1-21 直流调速系统

[解]图 1-21 所示系统的组成框图和自动调节过程如下图所示：

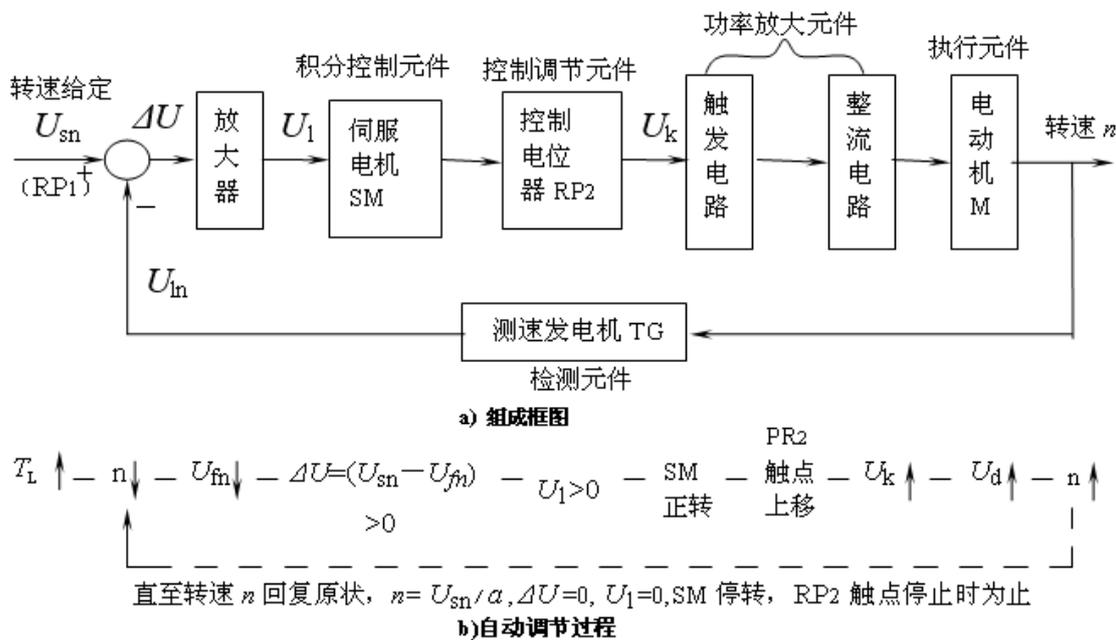


图 (1-3) 直流调速系统组成框图和自动调节过程

第 2 章 拉普拉斯变换及其应用

1、题 2-1

已知微分方程为 $u(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + e(t)$, 求电流 $i(t)$ 的拉氏式。

$$[\text{解}] I(s) = \frac{U(s) - E(s)}{R + Ls}$$

2、题 2-2

求 $F(s) = \frac{4}{s(s+2)}$ 的拉氏反变换式 $f(t)$ 。

$$[\text{解}] f(t) = 2(1 - e^{-2t})$$

3、题 2-3

应用终值定理求下列象函数的原函数 $f(t)$ 。

$$\textcircled{1} F(s) = \frac{4}{(s+5)(s+8)}$$

$$\textcircled{2} F(s) = \frac{5}{s(s+1)}$$

$$\textcircled{3} F(s) = \frac{(s+1)}{s^2(s+5)}$$

$$\textcircled{4} F(s) = \frac{s(s+4)}{(s+1)}$$

[解] ① 0; ② 5; ③ ∞ ; ④ 0。

第 3 章 自动控制系统的数学模型

1、题 3-2

惯性环节在什么条件下可近似为比例环节? 又在什么条件下可近似为积分环节?

[答]: 惯性环节在动态响应初期, 它近似为一积分环节, 而在响应后期 (近稳态时) 则近似为一比例环节, 此外, 从频率响应看 (参见第 4 章分析), 在高频段, 惯性环节近似为积分环节, 而在低频段则近似为一比例环节。

2、题 3-3

一个比例积分环节和一个比例微分环节相连接, 能否简化为一个比例环节?

[答]: 不能。从它们串联 (或并联) 后的等效传递函数来分析, 就可得到这个结论:

$$\text{比例积分环节的传递函数为 } G_1(s) = \frac{K_1(T_1s+1)}{T_1s}$$

$$\text{比例微分环节的传递函数为 } G_2(s) = K_2(\tau s + 1)$$

$$(1) \text{ 两者串联后的传递函数 } G(s) = G_1(s)G_2(s) = \frac{K_1(T_1s+1)}{T_1s} \times K_2(\tau s + 1)$$

由上式可见, 无论参数如何调节, 都无法使 $G(s) = K$

$$(2) \text{ 两者并联后的函数 } G'(s) = G_1(s) + G_2(s) = \frac{K_1(T_1s+1)}{T_1s} + K_2(\tau s + 1)$$

由上式同样可见, 无论参数如何调节, 也都无法使 $G'(s) = K'$

3、题 3-9

求取图 3-26a、b、c、d 四个电路的传递函数。图中物理量角标 i 代表输入，o 代表输出。

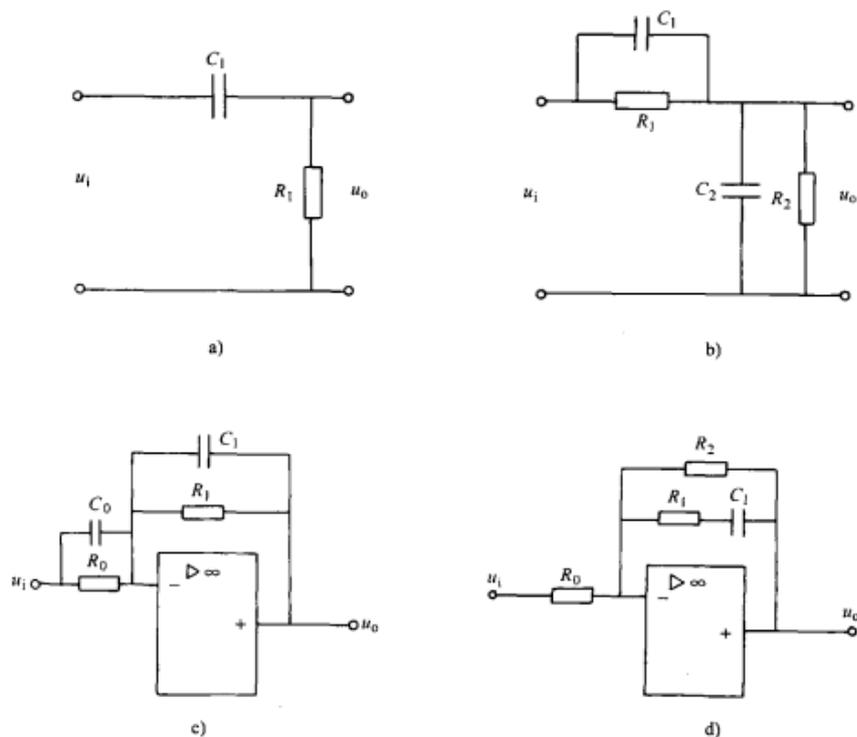


图 3-26 常用环节的电路

[解] a) $G(s) = \frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{R_1 C_1 s}{R_1 C_1 s + 1} = \frac{\tau s}{\tau s + 1}$ (由分压公式求取)

上式中 $\tau = R_1 C_1$ ，此为一惯性微分环节。

b) $G(s) = \frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{K(\tau_1 s + 1)}{\tau_2 s + 1}$ (由分压公式求取)

上式中 $K = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ ， $\tau_1 = R_1 C_1$ ， $\tau_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} (C_1 + C_2)$ ，此为无源校正环节（这在第六章中介绍）。

c) $G(s) = \frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{K(\tau_1 s + 1)}{(\tau_2 s + 1)}$ [由 $G(s) = -\frac{Z_1(s)}{Z_0(s)}$ 求取]

上式中 $K = R_1 / R_0$ ， $\tau_1 = R_0 C_0$ ， $\tau_2 = R_1 C_1$ ，此为有源校正环节（这在第六章中介绍）。

d) $G(s) = \frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{K(T_1 s + 1)}{T_2 s + 1}$

上式中 $K = R_2 / R_0$ ， $T_1 = R_1 C_1$ ， $T_2 = (R_1 + R_2) C_1$

4、题 3-10

图 3-27 为一控制系统的电模拟电路，试画出此控制系统的系统框图，并注明各参数的数值。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/826023231153010043>