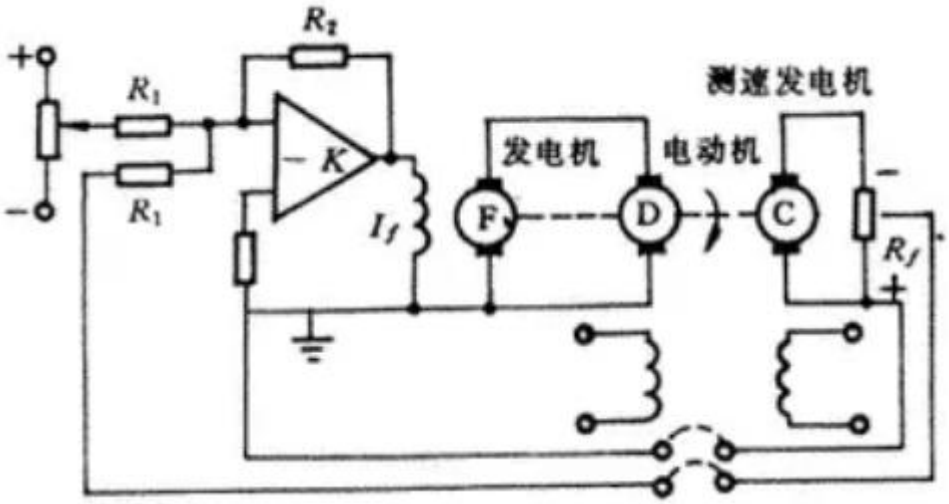
1、如图所示直流电动机速度自动控制系统：

1） 试分析指出系统的被控对象和被控量、输入量、反馈量及反馈测量装置。

2） 画出系统的职能方块图。



解 1）被控对象：电动机

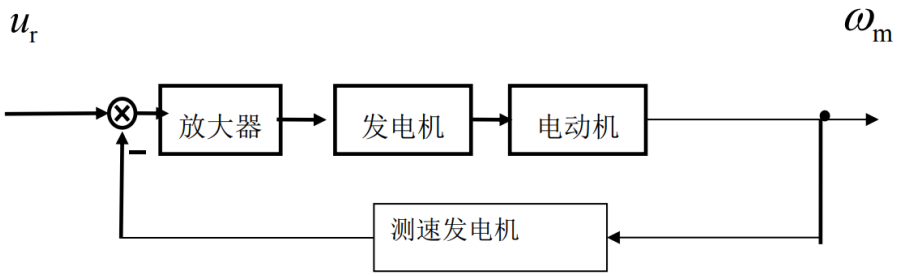
被控量：电动机速度

输入量：与要求电机速度对应的电压，电位器取出的电压信号

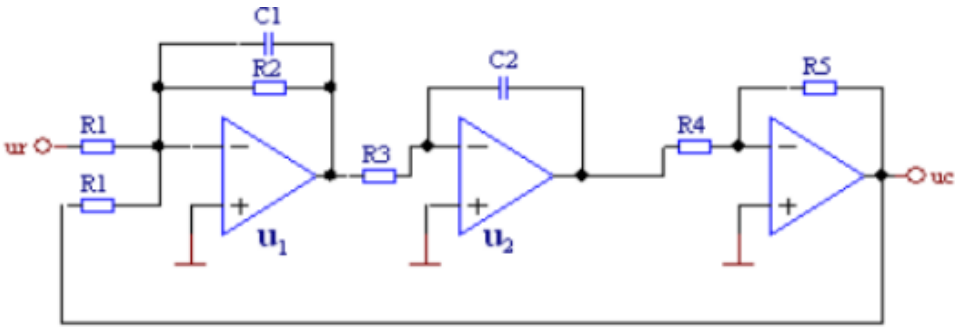
反馈量：实际电机速度对应的电压，测速发电机输出电压信号

反馈测量装置：测速发电机

2） 系统的职能方块图



2、 图中是一个模拟控制器的电路示意图。1）写出基本微分方程；2）建立该控制器的结构图；3）求闭环传递函数 $U_c(s)/U_r(s)$；4）当 $R_1=R_2=R_3=R_4=100K\Omega$；$R_5=1M\Omega; C_1=C_2=10uf$；输入 $u_r=1(t)$，求 $U_C(t)$ 的稳态输出。



解：

$$-\frac{u_1(t)}{R_2}+\frac{cd(-u_1(t))}{dt}=\frac{u_r(t)}{R_1}+\frac{u_c(t)}{R_1}$$

$$-\frac{cdu_2(t)}{dt}=\frac{u_1(t)}{R_3}$$

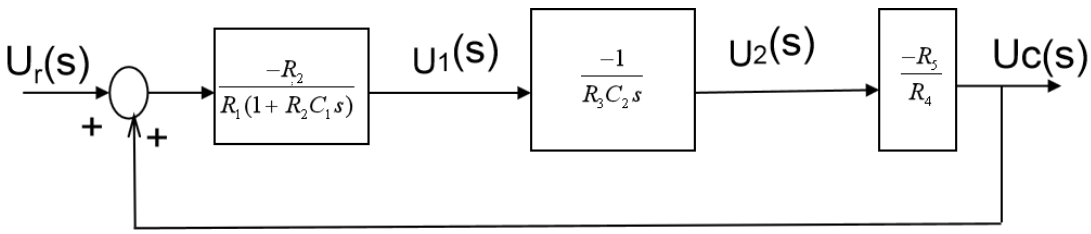
$$-\frac{u_c(t)}{R_5}=\frac{u_2(t)}{R_4}$$

（2）将上式两边拉氏变换并画出系统结构图如图 2-6 所示。

$$U_1(s)=\frac{-R_2}{R_1(1+R_2C_1s)}[U_r(s)+U_c(s)]$$

$$U_2(s)=\frac{-1}{R_3C_2s}U_1(s)$$

$$U_c(s)=\frac{-R_5}{R_4}U_2(s)$$



（3）求闭环传递函数 $U_c(s)/U_r(s)$

$$\frac{U_c(s)}{U_r(s)}=\frac{\frac{-R_2}{R_1(1+R_2C_1s)}*\frac{1}{R_3C_2s}\frac{R_5}{R_4}}{1+\frac{R_2R_5}{R_1R_3R_4C_2s(1+R_2C_1s)}}=\frac{-R_2R_5}{R_1R_2R_3R_4C_1C_2s^2+R_1R_3R_4C_2s+R_2R_5}$$

$$=\frac{-1}{\frac{R_1R_3R_4}{R_5}C_1C_2s^2+\frac{R_1R_3R_4C_2s}{R_2R_5}+1}$$

（4）当 $R_1=R_2=R_3=R_4=100K\Omega$； $R_5=1M\Omega;C_1=C_2=10uf$

$$\frac{U_c(s)}{U_r(s)}=\frac{-1}{\frac{1}{10}s^2+\frac{1}{10}s+1}\quad U_r(s)=\frac{1}{s}$$

$$U_c(\infty)=\lim_{s\to 0}s\frac{-1}{\frac{1}{10}s^2+\frac{1}{10}s+1}\frac{1}{s}=-1(V)$$

3、某控制系统如图所示。其中控制器采用增益为 K_p 的比例控制器，即

$G_c(s)=K_p$

试确定使系统稳定的 K_p 值范围。

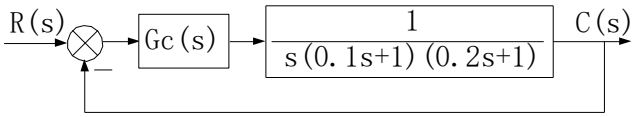


图3-5

解：系统的闭环传递函数为

$G_B(s)=$

$$\frac{C(S)}{R(S)}=\frac{G_c(s)}{s(0.1s+1)(0.2s+1)+G_c(s)}=\frac{K_P}{0.02s^3+0.3s^2+s+K_p}=\frac{100K_P}{2s^3+30s^2+10s+100K_p}$$

系统的闭环特征方程为

$$D(s)=2s^3+30s^2+100s+100Kp$$

列劳斯列阵

s^3	2	100
s^2	30	$100Kp$
s	$\frac{30\times100-2\times100Kp}{30}$	
s^0	$100Kp$	

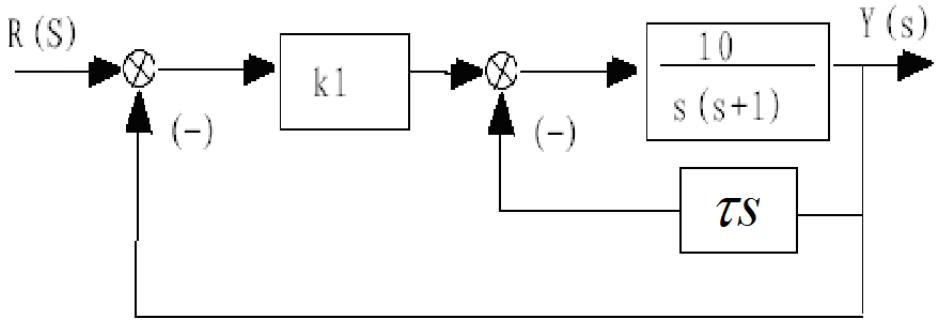
若要使系统稳定，其充要条件是劳斯列表的第一列均为正数，得稳定条件为

$100K_p>0$

$$\frac{30*100-2*100K_p}{30}>0$$

求得 K_p 取值范围：$0<K_p<15$

4、 设控制系统的结构图如图所示，其输入信号为单位斜坡函数（即 r(t)=t）.要求：(1)当 τ =0 和 $K_1=1$ 时，计算系统的暂态性能（超调量 M_p 和调节时间 t_s ）以及稳态误差；（2）若要求系统的单位阶跃相应的超调量 M_p %＝16.3，峰值时间 t_p ＝1s，求参数 K_1 和 τ 的值，以及这时系统的跟踪稳态误差。(3)若要求超调量 M_p ＝16.3%和当输入信号以 1.5 度/秒均匀变化时跟踪稳态误差 e_{ss} ＝0.1 度，系统参数 K_1 和 τ 的值应如何调整？



解： 由结构图可得，系统的开，闭环传递函数为

$$G_k(s)=\frac{10K_1}{s(s+1+10\tau)}=\frac{\frac{10K_1}{1+10\tau}}{s[\frac{s}{1+10\tau}+1]}$$

$$\phi(s)=\frac{G_k(s)}{1+G_k(s)}=\frac{10K_1}{s^2+(1+10\tau)s+10K_1}=\frac{\omega_n^{\ 2}}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^{\ 2}} \qquad (1)$$

可见它是 1 个一个 I 型系统，系统的开环增益为 K＝K_v＝$\frac{10K_1}{1+10\tau}$

（1）当 K_1=0 和 τ =0（即局部反馈回路断开）时 由上式(1)可得这时系统的闭环传递函数为

$$\phi_1(s)=\frac{10}{s^2+s+10}=\frac{\omega_{n1}^{\ 2}}{s^2+2\xi_1\omega_{n1}s+\omega_{n1}^{\ 2}}$$

式中 $\omega_{n1}=\sqrt{10}=3.16rad/s$ $\xi_1=1/(2\omega_{n1})=0.16$。于是由二阶系统性能指标表达式，则可求得系统的性能为

$$M_{p1}=e^{-\pi\xi_1/\sqrt{1-\xi_1^2}}\times 100\%=60.1\%$$

$$t_{s1}=\frac{3}{\omega_{n1}\xi_1}=6s(\Delta=0.05)$$

$$e_{ss1}=\frac{1}{K_v}=\frac{1}{10K_1}=0.1$$

（2） 当M_p％＝16.3 和t_p＝1s 时 由二阶规范系统的暂态性能指标表达式可得

$$\begin{cases}M_p=e^{-\pi\xi_2/\sqrt{1-\xi_2^2}}=0.163\\ t_p=\dfrac{\pi}{\omega_{n2}\sqrt{1-\xi_2^2}}=1\end{cases}\quad 从而解得\begin{cases}\xi_2=\dfrac{\ln(1/M_p)}{\sqrt{\pi^2}+[\ln(1/M_p)]^2}=0.5\\ \omega_{n2}=3.628\end{cases}$$

而由式(1）得

$$10K_1=\omega_{n2}{}^2=13.16\ 1+10\tau=2\xi_2\omega_{n2}=3.628$$

从而可得系统的参数为

K_1＝1.316　　τ ＝0.263

系统跟踪单位斜坡输入信号的稳态误差为

$e_{ss2}=1/K_v=1/K=(1+10\tau)/(10K_1)=0.28$

（3）当M_p＝16.3％和 e_{sr}＝0.1 度时，由超调量M_p＝16.3％可求得对应的阻尼比为ξ_3=0.5，

根据题意 r(t)＝1.5t。于是由式(1)和应用误差系数法可得

$$\begin{aligned}&\omega_{n3}^2=10K_1\\&2\xi_3\omega_{n3}=1+10\tau\\&e_{ss3}=1.5/K_v=1.5(1+10\tau)/(10K_1)=0.1\end{aligned}\Rightarrow\begin{cases}1+10\tau=\omega_{n3}=\sqrt{10K_1}\\1.5(1+10\tau)=K_1\end{cases}$$

联立求解，则可求得这时参数的值为：K_1 =22.5　τ =1.4

5、已知单位反馈二阶控制系统的开环传递函数为 $G(s)=\dfrac{K}{s(Ts+1)}$

（1）写出该系统的闭环传递函数,并确定阻尼比ξ 和无阻尼振荡频率ω n；

（2）若要求闭环极点配置在 $s_{1,2}=-5\pm j5\sqrt{3}$ ，则 K、T 应取何值？

解：（1）根据题意，该系统的闭环传递函数为

$$\Phi(s)=\frac{G(s)}{1+G(s)}=\frac{K/T}{s^2+\frac{1}{T}s+\frac{K}{T}}=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2}$$

$$\Rightarrow\begin{cases}\omega_n^2=\dfrac{K}{T}\\2\xi\omega_n=\dfrac{1}{T}\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}\omega_n=\sqrt{\dfrac{K}{T}}\\\xi=\sqrt{\dfrac{1}{4KT}}\end{cases}$$

(2)若要求闭环极点配置在 $s_{1,2}=-5\pm j5\sqrt{3}$ ，则相应的特征方程为：

$$(s-s_1)(s-s_2)=(s+5)^2+(5\sqrt{3})^2=s^2+10s+100$$

对照闭环传递函数的特征方程，得

$$\Rightarrow \begin{cases} \omega_n^2 = \dfrac{K}{T} = 100 \\ 2\xi\omega_n = \dfrac{1}{T} = 10 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = 0.1 \\ K = 10 \end{cases}$$