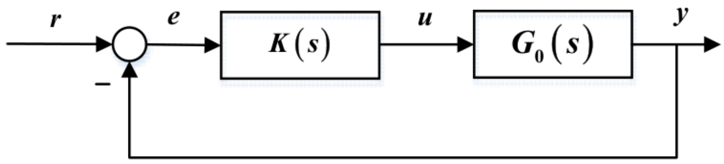
作业5

作者：Costannt

完成时间：2025年11月27日

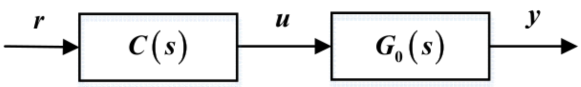
1. 考虑一高精度跟踪系统，系统具有如下典型的单位反馈闭环形式



图中被控对象的模型 $G_0(s)$ 已知，$K(s)$ 为所设计的控制器。闭环传递函数为

$$
\begin{aligned}
G_c(s) &= \frac{G_0(s)K(s)}{1+G_0(s)K(s)} \\
&= \frac{K(s)}{1+G_0(s)K(s)} G_0(s) \\
&= C(s)G_0(s)
\end{aligned}
$$

其中 $C(s)=K(s)/(1+G_0(s)K(s))$。由于 $G_0(s)$ 已知，$K(s)$ 均已知，因此 $C(s)$ 也是已知的。根据上述闭环传递函数，可以得出结论：上图中的闭环控制任务可以等价地由下图所示的开环控制形式来实现，并且由于省去了反馈通道，不必考虑传感器特性对系统性能的影响。这一说法是否正确？说明理由，并结合此例，说明系统响应特性与反馈特性的区别与联系。



答： 这一说法错误。

响应特性反映的是控制系统对输入信号的响应能力，可以用输入输出的传递函数特性来表征，可以用来描述开环系统和闭环系统（或复合控制系统）的特性。

反馈特性是由反馈校正引入的特性，反映了系统稳定性、干扰抑制、指令跟踪、不确定性灵敏度、噪声特性等诸多性质，与控制系统性能的优劣密切相关。开环系统没有反馈特性。反馈特性好的前提是 $\omega < \omega_c, |KG| > 1$。

经过如题变换，仅保证输出量 y 对参考量 r 的名义响应基本不变，不能保证输出量 y 对扰动 d 的响应也不变，这可能导致系统失稳。

容易求出变换前，系统对被控对象 G 的变化灵敏度 $S_G^T = \frac{1}{1+GK}$ ，而变换后，系统对被控对象 G 的变化灵敏度 $S_G^T = 1$ 。

显然灵敏度增大，系统的鲁棒性变差。

2. 对于不稳定的被控对象

$$G(s)=\frac{s+1}{s(s-1)(s+3)}$$

Bode 积分定理导致控制系统设计上很强的约束。为此，在控制器设计中引入非最小相位零点 $s=1$，使得系统的开环传递函数是稳定的，从而减小 bode 积分约束的影响。这种做法是否可行？说明理由。

答：这种做法不可行。

首先系统的零极点会发生漂移，使零极点无法完美对消，若系统的不稳定零极点发生偏移，则系统不稳定；其次，这种零极点对消只考虑了输入信号的输出的开环传递函数，实际系统中存在扰动，从扰动的响应来看，这种对消无效。

3. 在控制系统设计中，可以分别建立如下谐振模型

$$\text{Model 1：}\quad J\ddot{\theta}+B\dot{\theta}+K\theta=0$$

$$\text{Model 2：}\quad \begin{cases} J_1\ddot{\theta}_1+B(\dot{\theta}_1-\dot{\theta}_2)+K(\theta_1-\theta_2)=T \\ J_2\ddot{\theta}_2+B(\dot{\theta}_2-\dot{\theta}_1)+K(\theta_2-\theta_1)=0 \end{cases}$$

这两种谐振模型所决定的谐振频率的大小关系是什么？这两种模型在实际设计中的应用有何区别？

答：容易推导：Model1计算出的谐振频率 $\omega_m=\sqrt{\frac{K}{J}}$，Model2计算出的谐振频率 $\omega_r=\sqrt{\frac{(J_1+J_2)K}{J_1J_2}}$ 若承认 $J=J_1+J_2$ 易知 $\omega_m<\omega_r$ 。

如果把谐振当作未建模的高频动态处理，使用Model1计算出的谐振频率即可，因为在对象可能具有的多个震荡模态中，这个值最小，且易于计算。

如果谐振频率较低，不能在设计中忽略，则使用Model2。这时可以对谐振进行建模，抑制其影响，拓展系统带宽。