

过程控制及仪表实验指导书

工程学院 自动化系

实验一 PID 参数整定

一、实验目的

- 1、了解 PID 调节原理，P、I、D 对被控系统调节过程的影响。
- 2、利用 Simulink 工具箱对 PID 参数进行整定。

二、实验设备

PC 计算机一台，安装 Matlab 6.0（以上版本）。

三、实验原理和步骤

（一）实验原理

1、PID 控制参数

PID 调节的动作规律是

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (\text{式 1-1})$$

式 1-1 中， K_p 为比例系数； T_i 为积分时间常数； T_D 为微分时间常数； $u(t)$ 为控制器输出； $e(t)$ 为控制器输入。

2、PID 参数 K_p 、 T_i 、 T_D 对控制过程的影响

- （1）比例系数 K_p 。增大 K_p ，比例带 δ 减小，加快系统的响应速度，有利于减小残差，但不能消除残差。 K_p 过大会使系统产生超调，振荡次数增多，调节时间长，影响系统的稳定性。
- （2）积分时间常数 T_i 。增大 T_i ，可减小超调，减小振荡，使系统稳定，消除残差。
- （3）微分时间常数 T_D 。加入 T_D 调节，可改善系统动态特性，减小超调量，缩短调节时间。微分时间过大或过小都会影响超调量，只有适当的微分时间常数才能获得满意的调节过程。微分作用使得系统对扰动变敏感。

（二）实验内容

1、过程控制系统常用的 PID 调节器传递函数为

$$G(s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s \quad (\text{式 1-2})$$

式 1-2 中， K_p ， K_i ， K_D 分别是比例系数、积分系数、微分系数。

2、某被控对象为二阶惯性环节，其传递函数为： $G(s) = \frac{1}{(5s+1)(2s+1)}$ ；测量装

置和调节阀的特性为： $G_m(s) = \frac{1}{10s+1}$ ， $G_v(s) = 1$ 。现采用稳定边界法整定 PID 参数：

- （1）启动 Matlab 的 Simulink 工具箱，搭建系统方框图，如图 1 所示

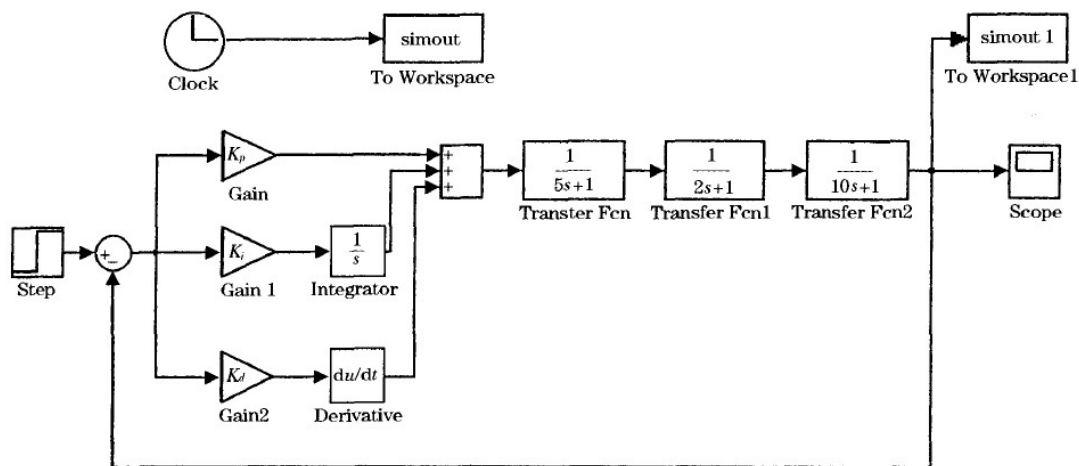


图 1

(2) 双击图 1 中的 3 个 Gain 元件，在其对话框里填入 1、0 和 0，将仿真环境中的“Stop Time”设置为 60，“Relative tolerance”设置为 $1e-5$ 【在菜单栏 simulation---configuration parameters】。

(3) 点击“开始”按钮开始仿真。未整定 PID 参数前，在比例系数 $K_p=1$ 的调节下，被控系统的输出曲线如图 2 所示。

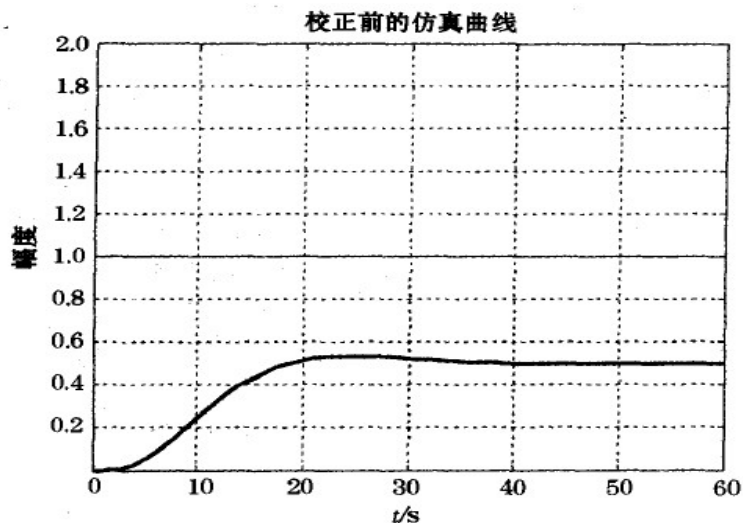
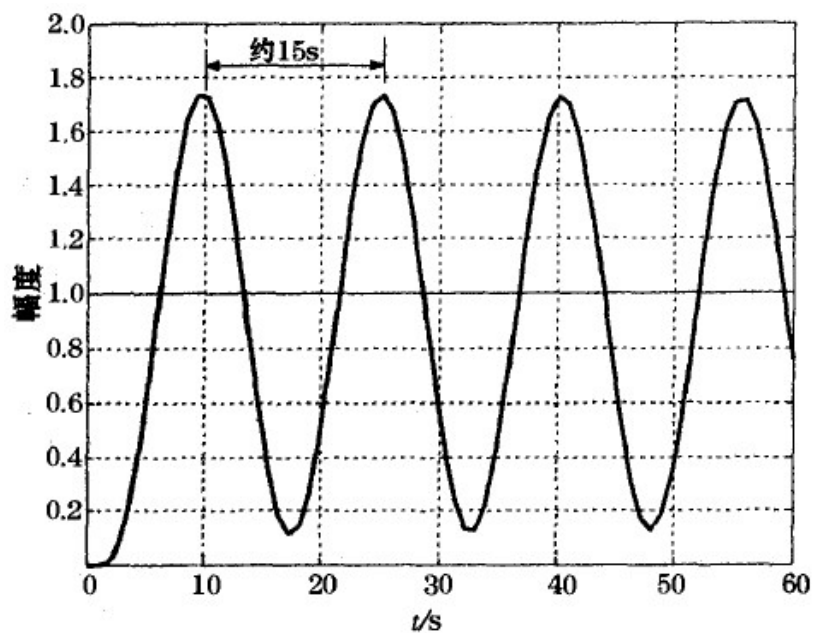


图 2

(4) 利用稳定边界法整定 PID 三个参数。先选取较大的 K_p ，例如 100，使系统出现不稳定的增幅振荡，然后采取折半取中的方法寻找临界增益，例如第一个点是 $K_p=50$ ，如果仍未增幅振荡则选取下一点 $K_p=25$ ，否则选取 $K_p=75$ 。直到出现等幅振荡为止，如图 3 所示。

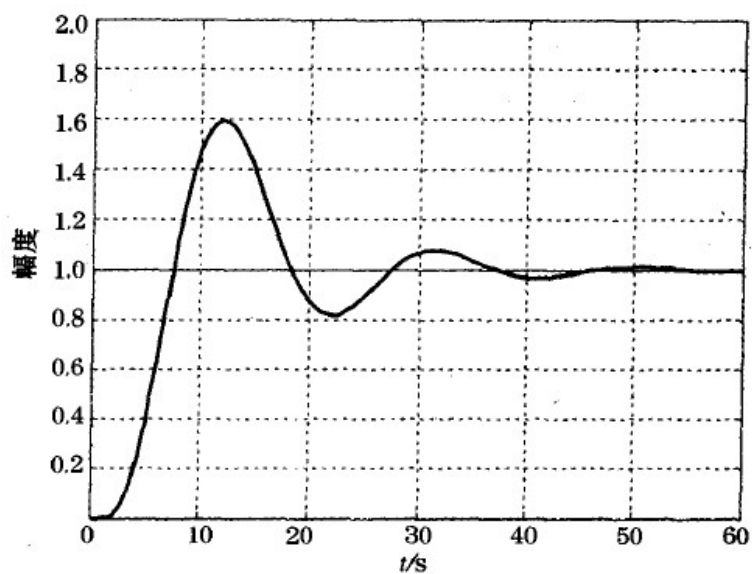


此时 $K_p=12.5$ ，等幅振荡两峰值之间的时间为 $T=15.2s$ 。（大约值）

（5）按照稳定边界法计算 PID 参数。稳定边界法的计算公式如表 1 所示。

调节规律	K_p	K_i	K_d
P	$0.5K_p$	—	—
PI	$0.455K_p$	$0.535K_p/T$	—
PID	$0.6K_p$	$1.2K_p/T$	$0.075K_p \cdot T$

根据表 1，计算得 $K_p=7.5$ ， $K_i=0.986$ ， $K_d=14.25$ 。用这三个数据分别修改对应的 Gain 元件参数。然后点击：“开始”按钮仿真，得阶跃响应曲线如图 4 所示：



从图 4 可得，系统的响应曲线过渡过程时间超过 30s，超调量大于 50%，可降低积分系数 K_i 重新进行仿真。

思考题：

- 1、减小 K_i ，保持 K_p 和 K_d 不变，使系统的阶跃响应超调量在 30%左右。
- 2、如何调整 K_p 、 K_i 、 K_d ，使系统的阶跃响应没有超调量。并用 MATLAB 仿真。

注：仔细感受参数变化时，输出曲线的变化情况

实验二 单回路控制系统的设计与仿真

一、实验目的

- 1、了解 PID 调节原理，P、I、D 对被控系统调节过程的影响。
- 2、掌握利用 Simulink 工具箱对单回路控制系统分别采用 PID、PD 和大积分 PID 控制规律的区别。

二、实验设备

PC 计算机一台，安装 Matlab 6.0（以上版本）。

三、实验内容

- 1、已知被控对象的传递函数为 $G(s) = \frac{1}{(s^2 + 20s + 1)}$ ，执行器的传递函数为：

$$W_v(s) = \frac{1}{(0.1s + 1)}, \text{ 检测变送仪表传递函数为 } W_m(s) = \frac{1}{(0.1s + 1)}。$$

- 2、单回路控制系统的方框图，如图 1 所示。

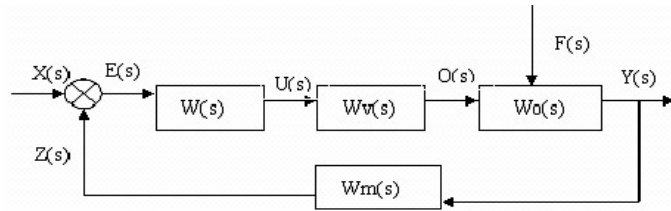


图 1

- 3、用 MATLAB 的 Simulink 画出上述系统，如图 2 所示。

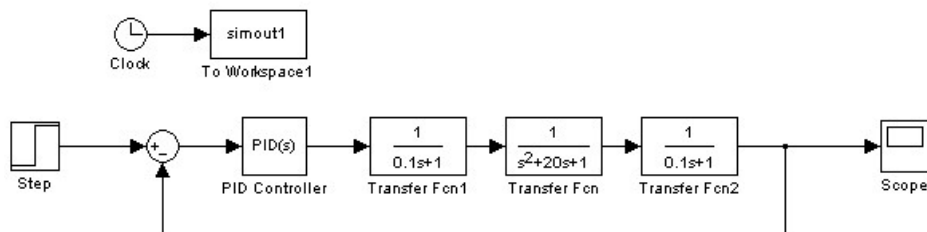


图 2

- 4、按照实验一设置图 2 回路 1 中的 PID 参数，使得被控参数曲线没有超调。记录此时 K_p ， K_i ， K_d 值和仿真曲线。
- 5、图 2 回路 2 中采用 PD 调节，去掉积分调节作用，记录仿真曲线，与回路 1 曲线比较。
- 6、图 2 回路 3 中采用大比例积分 PID 调节，增大 $K_i=30$ ，记录仿真曲线，与回路 1 和回路 2 曲线比较。