

位置式和增量式 PID 控制

PID 控制是一个二阶线性控制器

定义：通过调整比例、积分和微分三项参数，使得大多数的工业控制系统获得良好的闭环控制性能。

优点

- a. 技术成熟
- b. 易被人们熟悉和掌握
- c. 不需要建立数学模型
- d. 控制效果好
- e. 鲁棒性

通常依据控制器输出与执行机构的对应关系，将基本数字 PID 算法分为位置式 PID 和增量式 PID 两种。

1 位置式 PID 控制算法

基本 PID 控制器的理想算式为

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

式中

$u(t)$ ——控制器(也称调节器)的输出；

$e(t)$ ——控制器的输入（常常是设定值与被控量之差，即 $e(t)=r(t)-c(t)$ ）；

K_p ——控制器的比例放大系数；

T_i ——控制器的积分时间；

T_d ——控制器的微分时间。

设 $u(k)$ 为第 k 次采样时刻控制器的输出值，可得离散的 PID 算式

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (2)$$

式中

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right],$$

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

由于计算机的输出 $u(k)$ 直接控制执行机构（如阀门）， $u(k)$ 的值与执行机构的位置（如阀门开

度）一一对应，所以通常称式(2)为位置式 PID 控制算法。

位置式 PID 控制算法的缺点：当前采样时刻的输出与过去的各个状态有关，计算时要对 $e(k)$ 进

行累加，运算量大；而且控制器的输出 $u(k)$ 对应的是执行机构的实际位置，如果计算机出现故障

障， $u(k)$ 的大幅度变化会引起执行机构位置的大幅度变化。

2 增量式 PID 控制算法

增量式 PID 是指数字控制器的输出只是控制量的增量 $\Delta u(k)$ 。采用增量式算法时，计算机输出的控制量 $\Delta u(k)$ 对应的是本次执行机构位置的增量，而不是对应执行机构的实际位置，因此要求执行机构必须具有对控制量增量的累积功能，才能完成对被控对象的控制操作。执行机构的累积功能可以采用硬件的方法实现；也可以采用软件来实现，如利用算式 $u(k)=u(k-1)+\Delta u(k)$ 程序化来完成。

由式(2)可得增量式 PID 控制算式

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (3)$$

式中 $\Delta e(k)=e(k)-e(k-1)$

进一步可以改写成

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

(4)

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

式中

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

一般计算机控制系统的采样周期 T 在选定后就不再改变，所以，一旦确定了 K_p 、 T_i 、 T_d ，只要使用前后 3 次测量的偏差值即可由式(3)或式(4)求出控制增量。

增量式算法优点：①算式中不需要累加。控制增量 $\Delta u(k)$ 的确定仅与最近 3 次的采样值有关，容易通过加权处理获得比较好的控制效果；②计算机每次只输出控制增量，即对应执行机构位置的变化量，故机器发生故障时影响范围小、不会严重影响生产过程；③手动—自动切换时冲击小。当控制从手动向自动切换时，可以作到无扰动切换。

注意：PID 的数学模型就应该是位置式，单独的增量式里面那样的式子能算积分吗？显然不是，增量式的提出就是为了解决计算机运算的问题。实际的 PID 就应该是位置式，如果你的执行机构硬件不具备累加功能，就得用软件把增量式累加上前一次的控制值再送执行机构控制。譬如，电机的调速。PWM1（这次的控制）=PWM0(上一次的控制量)+ Δ PWM（增量）。