

测试技术

文章编号:1004 - 7204(2001)02 - 0009 - 04

环境试验设备控制过程中的 PID 整定

胡学海

(重庆万达仪器有限公司,重庆 400020)

摘要:分析环境试验设备中控制器 PID 算法原理和 PID 整定方法。**关键词:**环境试验设备;控制过程;PID;整定**中图分类号:**TM 93**文献标识码:**A

1 前言

环境试验设备的波动度、均匀度,尤其是波动度与其控制系统有着密切的关系,所以控制仪表在环境试验设备中起着十分重要的作用。

某台确定的环境试验设备的均匀度主要由其内部结构决定,即它的循环系统、风道、风量、加热、制冷量等,而这些参数一旦设计完成就是确定的值。但是要达到均匀度指标首先必须保证试验箱内温度在恒定状态,即波动度必须达到要求,所以环境试验设备的使用操作者或者维修人员在使用或调试某台环境设备时首先必须对控制系统中的控制器参数进行调整。

我厂大部分环境试验设备中的控制器都是采用由日本进口的通用型控制仪表,例如:岛电公司的 SR73、FP21 横河公司的 UP750、UT750 等。长期实践证明,这几种仪表都是可靠的精度较高的产品,尤其是这些控制器的 PID 算法,具有简单、适用面广等特点。尽管如此,这些通用型控制仪在实际运用中仍

然存在着一些需要解决的问题,尤其是针对环境试验设备控制精度高的特点,常常使操作人员感到困难。其难点就在于控制器参数的整定上,一方面人们希望系统不但能正常运行,而且还具有较高的控制精度,尽可能短的调试时间。另一方面控制参数的整定又主要依赖于熟练操作人员或调试人员的已有经验。虽然目前我厂使用的高档进口仪表都具有自整定功能,但自整定功能毕竟是一种通用型,适用面很广的算法,对于某些特殊的控制场合,自整定往往不能达到要求,这一点在环境试验设备上的表现尤为突出。例如湿热试验箱在某些特殊的试验点上用自整定方式往往不能达到波动度指标的要求,此时就必需采用人工整定的方式进行调试,因此设备操作人员和调试人员掌握基本的 PID 参数整定方法在现阶段仍然是必须的。

2 控制器中的 PID 算法的基本原理

从经典的数字 PID 控制器开始,现今的 PID 算法已经变得非常复杂、形式多样。作为操作和调试人员并不需要知道 PID 算法的

收稿日期:2001 - 01 - 17

各个具体过程,但却应该了解 PID 这三个参数在控制过程中的含义和所起的作用,从而做到有方向性的设置 PID 参数。

无论某个控制器内部的 PID 算法怎样复杂,它面向操作者的仍是如框图 1 所示的线性调节器。

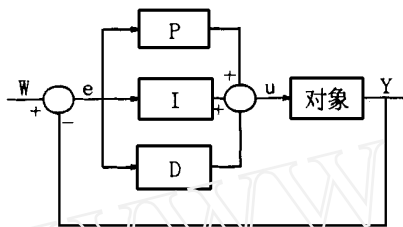


图 1

PID 控制器把设定值 W 与实际采样值 Y 相减,得到控制偏差 e, e 的比例、积分、微分通过线性组合构成控制量 u 去对对象进行控制。

2.1 比例调节

如果在图 1 的控制框图中只考虑 P 参数,那么 PID 调节器就是一种简单的比例调节器,如图 2。

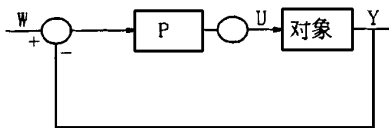


图 2

其数学模型为:

$$U = Ke + U_0 \quad (1-1)$$

式中 K 为比例系数, U_0 为控制常量,即误差为 0 时的输出量,从式 (1-1) 中可知比例调节器对误差 e 是即时响应的,误差一旦产生,调节器立即产生控制输出量,使被控的过程变量 Y 向减小误差的方向变化。

由图 3 可以看到系统在 t_0 时刻产生了误差 e' , 此时比例调节器立即产生一个输出量 U' , 即 $U' = Ke' + U_0$ 。

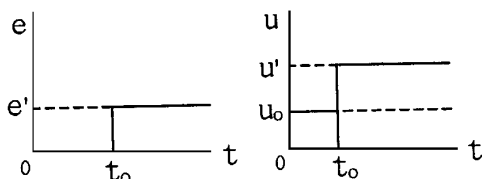


图 3

一般来说比例调节器能使误差减小,但不能使误差减到 0, 即有残存的误差。当比例系数过大时, $U = Ke + U_0$ 中 Ke 项在 e 为正时变得很大, 在 e 为负时变得很小, 这样导致系统不稳定, 产生振荡。

2.2 比例积分调节器

如果在比例调节器中加上积分调节就构成了比例积分调节器如图 4。

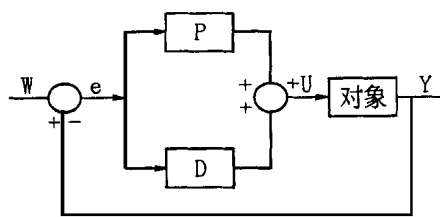


图 4

其数学模型为

$$U = K(e + 1/T_i \int_0^t e dt) + U_0 \quad (2-1)$$

其中 T_i 为积分常数。

图 5 为比例积分调节器对误差 e 的阶跃响应图, 由图中可以看到在 t_0 时刻系统产生了一个误差 e' 。

此时比例积分调节器所产生的输出不单是比例调节器所产生的输出, 还要叠加上

积分器所产生的输出。由图还可看到，在 t_0 时刻误差 e 不变但积分器的输出还在增大。

从式(2 - 1)积分项 $1/Ti \int_0^t e dt$ 中可以看到积分项的大小取决于对误差累积的结果，因此积分器能够消除残存的误差，相当于能自动调节控制常量 U_0 使系统趋于稳定。

2.3 比例积分微分调节器

比例积分调节器中加上微分调节器就构成了图 1 所示的比例积分微分调节器。其数学模型为：

$$U = K(e + 1/Ti \int_0^t e dt + Td \frac{de}{dt} + U_0) \quad (3 - 1),$$

其中 Td 为微分常数。

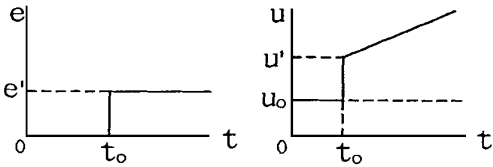


图 5

图 6 是 PID 调节器对误差的阶跃响应图，由图可看到在误差 e 阶跃变化的瞬间 t_0 处有一冲击式瞬间响应，这就是由(3 - 1)式中的微分项产生的。 $Td \frac{de}{dt}$ 是求 e 的变化率， e 变化越大， $Td \frac{de}{dt}$ 越大。当 e 为常数时，此项为 0，所以微分项是阻止误差的变化，缩短了调整时间，使系统的动态性能变好。

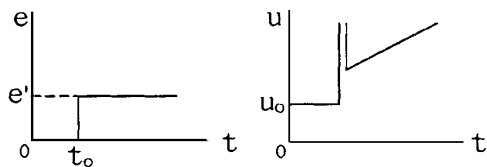


图 6

综上所述，我们对于 PID 参数大致可以有这样一个粗略的概念：

P 参数的作用对误差是即时响应的，类似于我们用开关量来进行输出控制，P 参数的作用越大(注：并不一定是 P 值越大)相当于开关闭合的时间越长一样。显然 P 参数作用太强会产生超调，引起系统上下振荡。

I 参数的作用对误差并不是立刻响应的，而是随着时间累积起来的，误差存在的时间越长，输出量也会越大，所以它适合消除最后的残存误差。

D 参数的作用是为了阻止误差的变化，尤其是误差的快速变化。环境试验设备由于其内部结构的关系，尤其是高低温箱，湿热试验箱等，其控制器都有一定的滞后性。一般应适当的加入微分环节以加快系统响应，减小超调量，增强系统的稳定性。对于利用制冷加热来进行热平衡的高低温试验设备，D 参数的作用就不能太强，这样可以避免由于循环系统中制冷量和加热量的瞬间冲击带来的不良反应。

3 正确凑试 PID 参数

当我们有了 PID 参数的基本概念和它在控制过程中的影响趋势，就可以正确的、有方向性的整定 PID 参数。

就象前述所指出的那样，目前我厂使用的控制仪表一般都带有自整定功能，操作和调试人员在第一次使用设备时可直接采用自整定功能，若系统在自整定后能够达到稳定性指标，就不必再进行繁琐的人工整定。但如果自整定后不能达到所要求的稳定性指标，或者指标非常临界，或者调试人员认为此系统稳定性指标可以确定在更佳的层次上，那么我们可以采用先比例、后积分、再微分的

步骤来最终整定出 PID 参数值。

3.1 先比例

首先整定比例部分,此时应将 I 和 D 的作用减至为可忽略。将比例作用由小变大,观察相应的系统响应,直至得到系统反应快、而超调量尽可能小的 P 参数值。一般来说,在环境试验设备里单单用比例调节器很难将波动度控制在 ± 0.2 以内。也就是说系统总存在一点静差即残存的误差。“先比例”这一步只要求尽可能将此静差减小。

3.2 后积分

在进行第一步 P 参数整定后,就可加入积分环节,整定时,首先设置一个较小的积分作用,并将第一步所获取的比例 P 参数的作用略为减小。(比如减小 80%),然后再增大积分作用,反复调整直至系统中的静差被控制在指标以内。

3.3 再微分

如果经过上述步骤后,波动度已达到要求,但系统动态过程较差,例如第一次恒定过程中过冲较大,过渡过程时间太长等,此时就应加入微分环节。在整定时先设置微分作用

为 0,逐步增大 D 作用,同时相应地减小比例 P 作用和积分 I 作用,如此逐步凑试,从而获取最佳的 PID 参数。

操作和调试人员应该明白一点,比例、积分、微分三部分作用是相互影响的,所以在整定中参数的选定并不是唯一的,也就是说同样两组不同的 PID 参数,都有可能达到系统的波动度要求。

不同的厂家生产的控制仪表所采用的 PID 算法和 PID 参数值的确定可能会有不同,但其整定规律却是一致的,即:一般为 P 值越小,作用越大;I 值越小,作用越大;D 值越大,作用越大。先比例、后积分、再微分的凑试方法确定 PID 参数并不是唯一的,也不是最佳的方法。大多数情况下并不需要从头做一遍先比例、后积分、再微分的凑试过程,而只是在原有的 PID 参数上对某个参数调整一下就能达到要求。所以理解 PID 参数的基本概念和它的影响趋势,从而熟练地将所使用设备调试在最佳状态,这对于每个操作人员尤其是设备调试人员是必需掌握的基本技能。

本刊加入“万方数据——数字化期刊群”的声明

为了实现科技期刊编辑、出版发行工作的电子化,推进科技信息交流的网络化进程,我刊现已入网“万方数据——数字化期刊群”,所以,向本刊投稿并录用的稿件文章,将一律由编辑部统一纳入“万方数据——数字化期刊群”,进入因特网提供信息服务。凡有不同意见者,请另附说明。本刊所付稿酬包含刊物内容上网服务报酬,不再另付。

“万方数据——数字化期刊群”是国家“九五”重点科技攻关项目。本刊全文内容按照统一格式制作,读者可上网查询浏览本刊内容,并征订本刊。

《环境技术》编辑部

2001 年 4 月