

便携式 PID 自整定控制器在 HVAC 系统中的实现

刘 健, 张桂青

(山东建筑大学信息与电气工程学院, 山东 济南 250101)

摘要: 给出了一种基于频域辨识的便携式 PD 自整定控制器的软硬件设计方案. 该控制器可以在线辨识系统模型, 并能对当前运行系统给出最佳的控制参数. 在中央空调控制系统中采用该控制器的试验结果表明, 该控制器不仅保证了控制参数的优化, 而且缩短了空调自动系统的现场整定时间, 保证了空调自控系统的节能效果.

关键词: 中央空调; 节能; 在线辨识; PD 自整定

中图分类号: TP273+.24

文献标识码: A

Realization of handheld auto-tuning PID controller used in HVAC system

LIU Jian, ZHANG Gui-qing

(School of Information & Electrical Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan, Shandong 250101, China)

Abstract: A kind of handheld auto-tuning PD controller based on frequency domain identification was designed in this paper, which can identify on-line system model, and can give the best control parameters of the current running system. The test results showed that the controller provided the process control engineers with an effective tool. It guaranteed the control parameter optimization, made the tuning time shorter in the HVAC system, and ensured the energy-saving effect of the air-conditioning system.

Keywords: HVAC; energy saving; on-line identification; PD auto-tuning

现代化大厦的空调系统能耗约占整个建筑物使用能耗的 50%~60%, 占社会总用电量的 20%以上^[1]. 如何提升空调系统的节能效果是一项迫切的重大任务. 中央空调节能市场上的产品几乎大都采用了 PD 控制方式, 虽然有一定的节能效果, 但事实表明效果并不是很好, 其原因有: PD 调节器参数的整定在很大程度上依赖于精确的数学模型, 而中央空调是一个复杂的系统, 难以获得精确的传递函数模型或者所获得的函数模型过于复杂或粗糙, 以至于无法很好地指导实际控制; PD 调节器的控制参数无法实现在线整定, 参数一旦整定后, 不能随受控量的变化而自动调整.

中央空调系统的动态特征只有通过在线积累与控制有关的动态特性信息, 并及时地的修正控制参数, 才能使其处于最优或接近最优的工作状态. 目前, 国内自行研制的商品化自整定 PD 控制器较少, 而且大都是某种装置中集成了自整定 PD 控制器. 在许多文献中已有报道, 实际工业过程中使用的许多 PD 控制器都没有整定到令人满意的程度; 中央空调系统的运行状况也并未工作在最佳状态, 造成了很大的能源浪费. 因此, 设计一种面向普通工业过程高性能的自动整定装置非常必要, 而且这样的自整定仪表是过程控制工程师必不可少的便携工具, 将会有很好的市场前景.

1 便携式 PD 自整定控制器的设计及实现

1.1 PD 自整定控制器的硬件结构

在软件的控制下, 本装置可以工作在手动及自动模式下. 该 PD 自整定控制器是用电池供电的便携式装置, 因此, 选用超低功耗的 MSP430 单片机作为控制计算机.

收稿日期: 2008 - 06 - 13

作者简介: 刘 健 (1980 -), 女, 硕士研究生.

将采集的数据样本进行运算处理,辨识出过程模型,选择一定的整定规则得到该模型的 P 、 I 、 D 最佳控制参数值,从而使过程或系统工作于最佳状态. 它适用于任何过程而不管其暂态类型如何. 具有如下特点: 只计算所关心点的频率响应,自动确定期望的离散频率,直到相位滞后 - 的频率点; 通过在频域内的模型匹配直接识别出传递函数; 只需要过程输入输出的响应数据,而不需要已知过程的动力学特性和控制器的动力学特性. 基于这种方法的自整定 PD 控制器的主要优点是整定过程是在闭环中进行的,系统仍然运行在工作点附近,这样既不影响系统的正常运行,又可以克服系统非线性对参数整定的影响. 实验表明,这种方法对广泛的被控对象都能给出较好的鲁棒性能和控制性能. 本文研发的自整定装置简单有效,用户界面友好,使用方便,适用于在线实时的工业过程控制. 其硬件实现框图如图 1 所示.

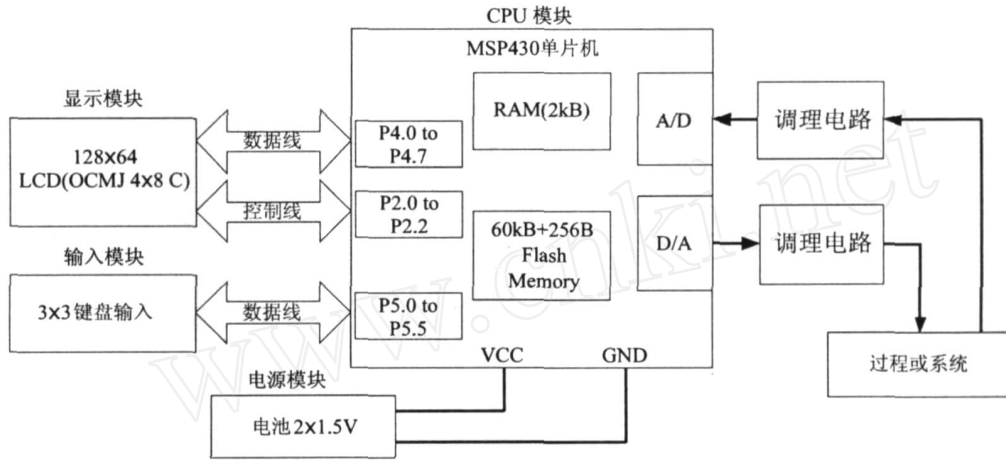


图 1 PD自整定控制器的硬件实现框图

Fig 1 Overall functional block diagram of the handheld controller

模拟量调理电路如图 2 所示. 模拟信号通过 RC 滤波电路,再经放大器放大信号. 数字量调理电路如图 3 所示. 电流信号变成电压信号,经放大输出给相应的执行器.

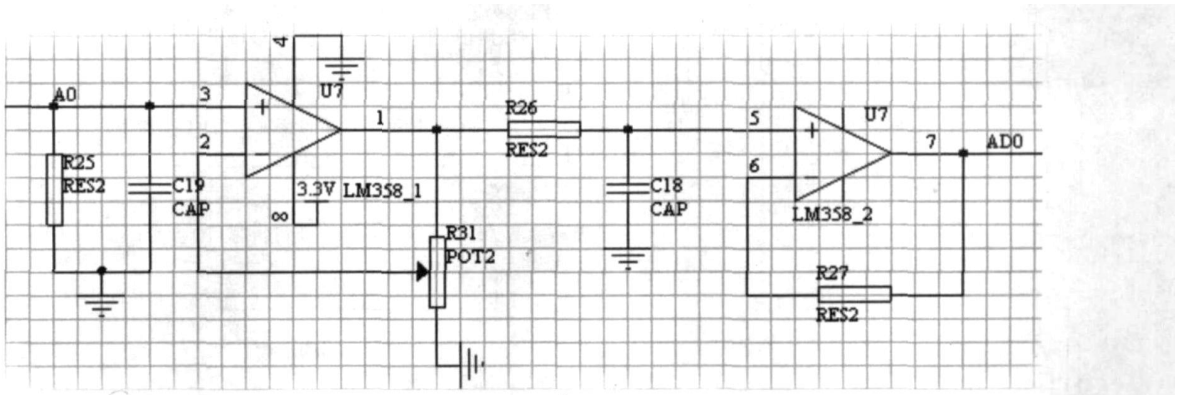


图 2 AD 调理电路图

Fig 2 AD conditioning circuit

1.2 PD自整定控制器的工作流程图

图 4 是自整定控制器的工作流程图,其默认工作模式为手动模式. 手动模式下,用户输入设定值 SP 和控制变量 MV , 然后对过程的输入量 u 和输出量 y 进行采样 (如果是开环回路,则只测输出量). 对采样数据进行处理,并计算出最佳整定参数.

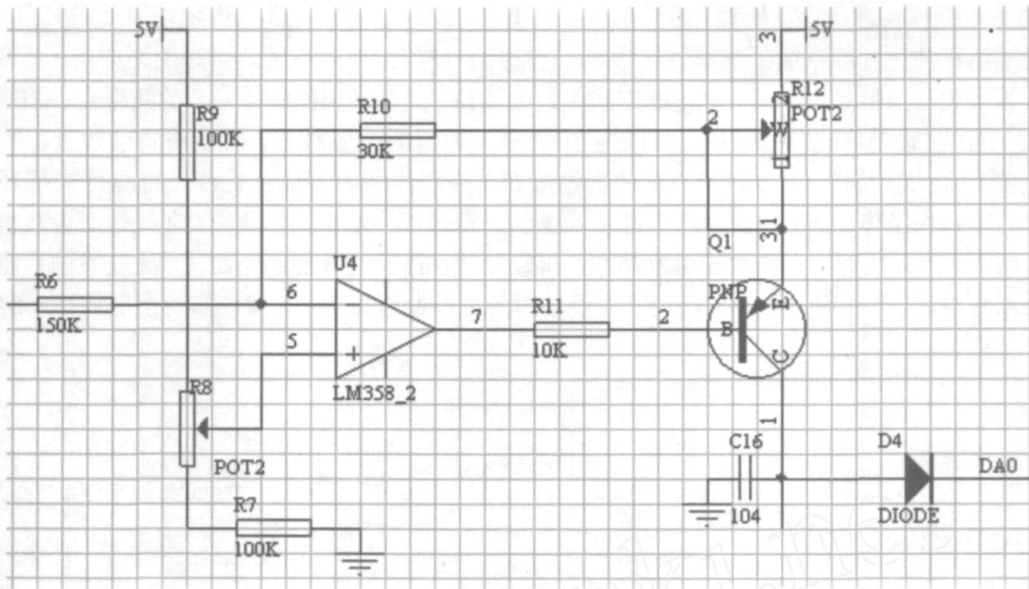


图 3 DA 调理电路图

Fig. 3 DA conditioning circuit

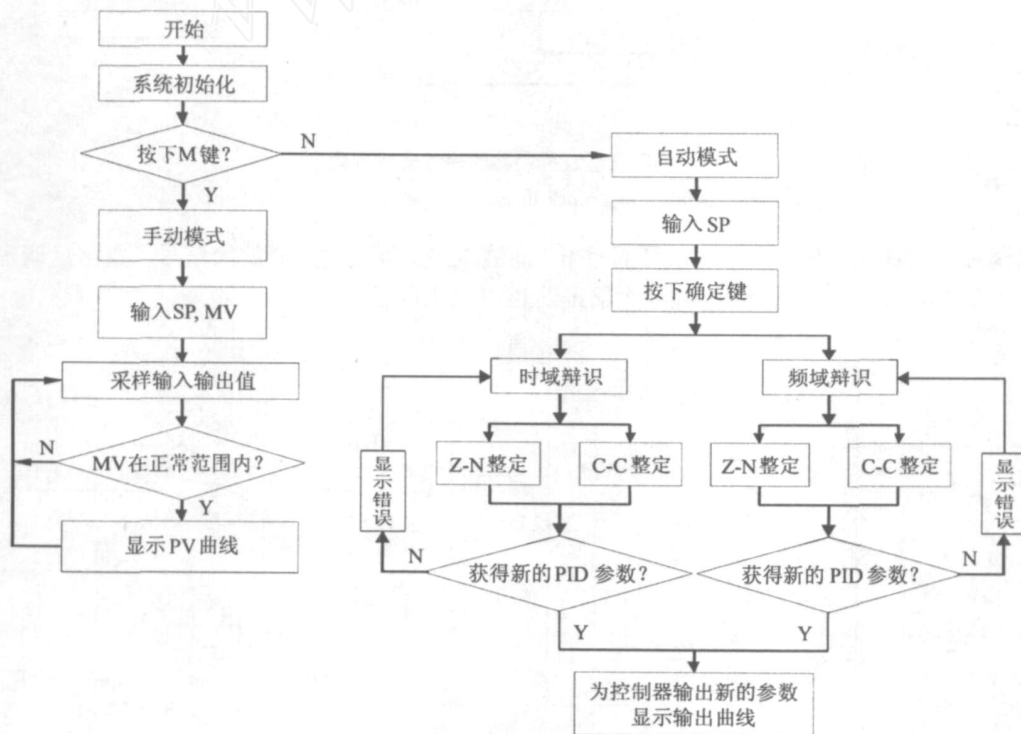


图 4 自整定控制器的工作流程图

Fig. 4 Flow diagram for the handheld controller

1.3 自整定控制装置的实现

便携式的 PD自整定控制器的外观如图 5所示.



图 5 自整定控制器装置效果图

Fig 5 Auto - tuning PD handheld controller

2 工业过程的测试

将 PD自整定控制器应用于某建筑物的中央空调系统中的空气处理单元, 用它来控制某个楼层的温度. 回风温度由冷却水的阀门控制, 阀门开度越大, 则回风温度越低, 反之亦然. 为了应用自整定控制器, 先让空气处理单元的阀门被控制在固定开度的位置, 直到回风温度达到一个稳定状态. 此时, 就可以给过程加入一个阶跃测试, 其 Nyquist曲线如图 6中虚线所示, 由响应的输入输出数据可以计算得到该过程的模型为: $G_p(s) = \frac{-0.036}{958s + 1} e^{-100.4s}$. 为了比较, 用软件仿真得到以上过程模型如图 6中的实线所示, 从图中可以观察到它能够与实际过程的响应很好地吻合. 基于这个过程模型, PI控制器的控制参数被设计为:

$P = -135.9; I = -0.14$, 即控制器的传递函数为:

$$G_c(s) = -135.9 - \frac{0.14}{s}$$

通过实际观察记录可以得到在白天工作时间的运行情况, 结果表明在最佳参数的控制下空气处理单元的温度能够保持在设定值附近. 相对于过去的手动整定 PD控制器, PD自整定控制器的应用可以使阀门更加平滑, 使系统可以尽快达到稳定状态, 进而延长阀门的使用寿命.

3 结语

该便携式 PD自整定控制器通过合理地进行各功能模块之间的切换及基于频域的有效过程模型辨识方法, 可以在不需要已知过程的先验知识的情况下, 在线辨识出过程的传递函数, 进而依据不同的整定规则实时获得正在运行系统的较为精确的 PD控制参数. 实现方法简单, 操作方便, 自整定时间短, 控制效果良好.

参考文献:

[1] 吴万庆, 王波. 人工智能技术在中央空调节能控制中的应用探讨 [J]. 智能建筑与城市信息, 2007 (4): 29 - 32

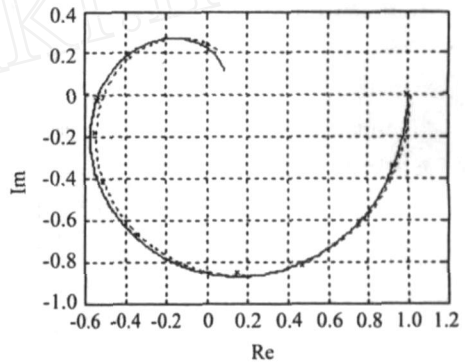


图 6 实际过程与估计模型的 Nyquist曲线

Fig 6 Nyquist plots estimated under noise

(责任编辑: 杨青)