

注塑机温度控制方法研究

张开生

吕银芳

王雪梅

(陕西科技大学电气与信息工程学院, 西安 710021) (陕西金山电器有限公司, 咸阳 712021) (陕西科技大学外语系, 西安 710021)

摘要 针对传统注塑机温控系统存在的超调量大、调节时间长等缺点, 提出了变参数自调整的模糊比例积分 (FUZZY-PI) 控制器设计思路, 阐述了该控制器的设计方法及温控系统的软硬件设计方法。通过仿真实验说明, 该系统实现了精密注塑机料筒温度和喷嘴温度的准确控制, 依此可以取代传统的开关控制及比例积分微分控制, 大大提高塑料制品的质量。

关键词 注塑机温度 FUZZY-PI 控制器 参数自调整 模糊控制算法 实验仿真

在注塑生产过程中, 塑料原料的温度是影响产品质量的重要因素, 其主要取决于注塑机螺杆筒和喷嘴两部分的温度。螺杆筒温度过高时, 筒内的塑料会发生降解; 螺杆筒温度过低时, 塑料塑化不良, 流动性差, 制品成型性能不好。喷嘴温度过低会造成物料在喷嘴处堵塞, 阻碍注塑过程的自动进行^[1]。

注塑机温度控制系统目前主要采用开关控制式温控仪作为控制器, 这种控制方式温度波动范围大, 超调量大, 导致塑料制品的质量很不稳定。也有的注塑机温度控制系统采用比例积分微分 (PID) 控制, 这种控制方式需要建立精确的数学模型, 而注塑机温度控制系统是一个大滞后、强耦合、非线性的时变系统, 建立其精确的数学模型是非常困难的, 所以传统的 PID 温控系统的效果也不理想。笔者先介绍模糊比例积分 (FUZZY-PI) 复合控制器所使用的方法, 它将线性控制理论中的 PID 控制作用引入模糊控制理论, 用来改善简单模糊控制器的稳态性能。当系统误差较大时, 使用模糊控制器, 可以达到迅速减小误差的目的, 而当误差小于某一阈值时, 自动切除模糊控制作用, 并同时投入 PID 控制作用, 以保证较高的稳定精度。该方法可在一定程度上改善系统的控制性能。

1 温度控制方法研究

对于一些生产过程或控制对象来说, 难以用一般的物理或化学方面的规律来建立数学模型。有的对象影响因素很多且各影响因素之间存在交叉耦合, 使得其模型十分复杂而不易建立, 有时即使求出也没有实际意义。对于诸如此类的生产过程或被控对象, 如采用经典控制理论和现代控制理论方法来设计控制系统, 显而易见很难有理想的控制效果^[2]。

但实际上对这一类难以进行自动控制的生产过程或被控对象, 有经验的操作人员通过手动控制却常常可以达到令人满意的控制效果。因此, 对于无法构建数学模型的控制对象, 使用计算机来模仿人的思维决策方式和控制行为, 使直接数字控制器 (DDC) 系统的控制效果达到或超过人工控制的水平, 成为控制理论发展的新领域。

2 FUZZY-PI 控制器的基本思想

模糊控制实际上是以模糊集合论、模糊语言变量和模糊逻辑推理为基础的一种计算机数字控制, 属于非线性控制的范畴, 并具有一些智能控制的特点。与常规 PID 控制器相比更接近人的控制模式。模糊控制的系统框图如图 1 所示^[3]。

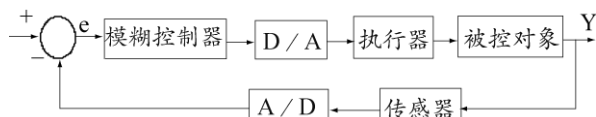


图 1 模糊控制系统框图

为解决模糊控制系统的动态性和稳态性矛盾, 可采用多种方法, 这里只研究 FUZZY-PI 控制方案。

在模糊控制器中, 控制器的输入 e 和输出 U 之间可以看作非线性变换关系:

$$U = f[e(t)]$$

将模糊控制器的输出 $u(t) = K_i \int U dt$ 改写为:

$$u(t) = K_i \int f[e(t)] dt$$

因此模糊控制器可以认为是一种非线性积分控制器。

常规 PI 调节器的输入输出关系为:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt$$

与模糊控制器的输出表达式相比, 多了一个比

例部分。可以设想在模糊控制器的输出表达式中增加一个比例部分并表示如下:

$$u(t) = K_p[f[e(t)]] + K_i \int_0^t f[e(t)] dt = K_p U + K_i \int_0^t U dt$$

式中: f ——非线性算子;

K_p ——比例系数;
 K_i ——积分系数。

上式可以理解为非线性 PI 调节器的输入输出关系, $U = f[e(t)]$ 是一个模糊函数,可起到把常规 PI 调节器模糊化的作用,这种调节器称为 FUZZY - PI 控制器。

FUZZY - PI 控制器系统框图如图 2 所示。

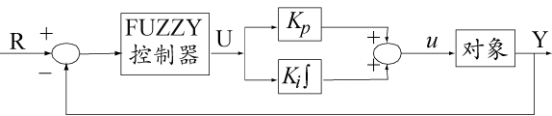


图2 FUZZSY - PI 控制器系统框图

在 FUZZY - PI 控制器中,由于有比例控制作用,保证了系统的快速性。 K_i 可以选择较小的值,从而可在一定程度上提高系统的稳态精度。

3 变参数自调整的 FUZZY - PI 控制器的基本思想

对于模糊控制系统来说,其动态性能与稳态性能是矛盾的,选择参数只能采取折中的方法。采用 FUZZY - PI 控制器可使系统性能得到一定的改善,但要进一步提高控制器的性能时,参数固定的控制器没有自适应的能力。因此为了设法寻找一种自动调整参数的方法,再次来考察一下手动控制时进行粗调和细调的行为:当误差及误差变化较大时,采用大幅度改变控制量的粗调方法,使误差及误差的变化迅速降低,并随着误差的减小而逐步减小控制量的幅度,当误差减小到某一范围时采用细调方法使控制量保持在希望值附近。用计算机模仿这种方法,将使模糊控制器的控制方式更接近人的控制方式,从而实现参数的在线自动修改。

在 FUZZY - PI 控制器的基础上增加一个参数自调整机构,组成参数自调整的 FUZZY - PI 控制器的自适应模糊控制器。其基本工作原理简述如下:当误差 E 和误差变化 EC 较大时,进行“粗调”控制,此时可降低 E 和 EC 的分辨率,采取较大的控制改变量,即缩小量化因子 K_e 和 K_c ,加大比例系数 K_p 和积分系数 K_i ,而当误差 E 和误差变化 EC 较小时,系统已接近稳态,主要任务是减小稳态误差,此时应实施“细调”控制,提高 E 和 EC 的分辨率,采取比较慎微的控制改变量,即放大量化因子 K_e 和 K_c ,缩小比例系数 K_p 和积分系数 K_i 。从而实现同时提高模糊

控制系统动态性能和稳态性能的目标。

4 变参数自调整的 FUZZY - PI 控制器的设计

为简便起见,取量化因子 K_e 和 K_c 放大(或缩小)的倍数与比例系数 K_p 和积分系数 K_i 缩小(或放大)的倍数相同。

变参数自调整的 FUZZY - PI 控制器的设计包括 FUZZY 控制器的设计、FUZZY - PI 控制器的设计、变参数自调整 FUZZY - PI 控制器的设计等几个主要部分^[4]。其中 FUZZY 控制器、FUZZY - PI 控制器的设计比较常见,笔者主要介绍变参数自调整机构的设计方法和思路。

参数调整时采用放大和缩小的方法,而放大和缩小的程度可以用下述语言变量来表示,设 N 为放大倍数模糊变量: { 大放, 中放、小放, 不变, 小缩, 中缩, 大缩}

用英文字头表示为: { AB, AM, AS, OK, CS, CM, CB}

N 的论域设定为: { 8, 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8}

放大倍数 N 的隶属度可用表 1 进行赋值。

表 1 放大倍数 N 的赋值表

m	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8
AB	0	0	0	0	0	0.5	1
AM	0	0	0	0	0.5	1	0.5
AS	0	0	0	0.3	1	0.5	0
OK	0	0	0.3	1	0.3	0	0
CS	0	0.5	1	0.3	0	0	0
CM	0.5	1	0.5	0	0	0	0
CB	1	0.5	0	0	0	0	0

参数修改规则可表示为^[5]:

表 2 参数修改规则表

E	EC						
	NB	NM	NS	O	PS	PM	PB
NB	CB	CM	CS	OK	CS	CM	CB
NM	CM	CS	OK	OK	OK	CS	CM
NS	CS	OK	OK	AS	OK	OK	CS
NO	OK	OK	AM	AB	AM	OK	OK
PO	OK	OK	AM	AB	AM	OK	OK
PS	CS	OK	OK	AS	OK	OK	CS
PM	CM	CS	OK	OK	OK	CS	CM
PB	CB	CM	CS	OK	CS	CM	CB

注: E ——误差; EC ——误差变化; NB ——负大; NM ——负中; NS ——负小; NO ——负零; PO ——正零; PS ——正小; PM ——正中; PB ——正大。

应用合成推理方法结合人工修整可得出参数 FUZZY 控制器修改表,将该表存入计算机中,在实时控制中进行变参数自调整时可查询该表得到修改后的参数^[6]。

5 硬件设计

系统硬件结构如图 3 所示。采用 ATMEL 公司的 AT89S52 微处理器, 它与 MCS-51 单片机完全兼容, 有 8K 字节的 Flash 存储器, 32 个可编程 I/O 口线, 3 个 16 位定时/计数器, 8 个中断源, 256 字节的内部 RAM。硬件设计时, 显示电路采用 AT89S52 的串行, 利用 6 片 74LS164 作为 LED 的控制驱动器, 驱动 6 位数码显示; 采用接收模块 SM00383 与红外线键盘的发射电路 SAA3010T 进行通讯, 外部中断 0 负责红外线的接收、识别和按键的编码等; P1 口作为输出信号输出接口^[7]。

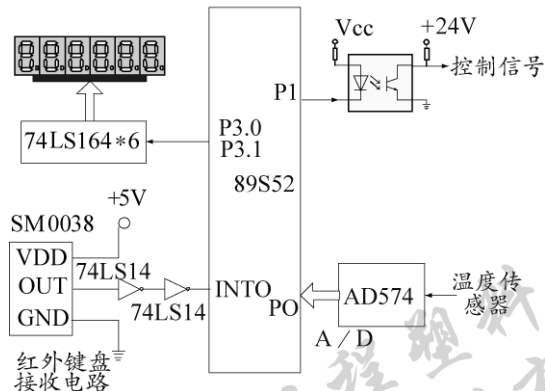


图 3 系统硬件结构图

6 软件设计

系统软件的设计可采用汇编语言或 C51 语言编写, 软件程序由主程序和中断服务程序组成, 其框图如图 4 所示。主程序完成系统初始化、红外线键

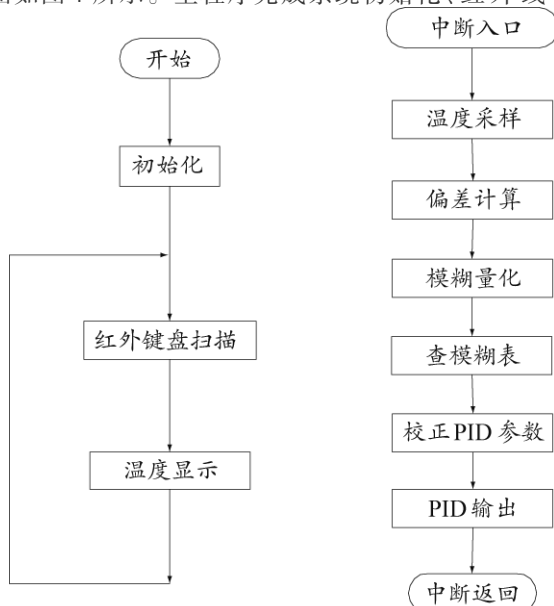


图 4 主程序及中断服务程序框图

盘的扫描及温度显示等功能。中断服务程序主要完成温度采用和模糊控制的功能。

7 仿真实验

通过仿真实验给对象施加一个幅度为 $R=4$ 的阶跃输入, 得到系统的阶跃响应曲线, 用上升时间 T_r 、调整时间 T_f 、稳态误差 $\delta\%$ 和输出峰值 Y_{max} 这 4 个指标来分析对象在各控制器作用下的响应特性。其中 T_f 为进入设定值 $\pm 5\%$ 范围的时间, 研究分析如下:

参数自调整 FUZZY-PI 控制器存在的问题是上升时间较长。在阶跃输入下离设定值较远时上升很快, 但接近设定值时上升较慢。此问题一般并不影响到这种控制器的优越性, 这是因为系统的响应曲线能很快进入稳态误差的允许范围内。参数自调整 FUZZY-PI 控制器不失为一种性能优良的数字控制器。

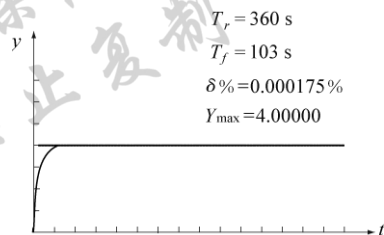


图 5 变参数自调整 FUZZY-PI 控制器响应曲线

8 结语

变参数自调整 FUZZY-PI 控制器具有调节时间短、超调量小和稳态精度高的特点, 与模糊控制器一样, 与对象的参数和结构的变化有很好的适应性, 采用此控制算法来控制注塑机的温度, 是比较理想的选择。

参考文献

- [1] 杜柳青, 罗辑, 唐毅鋒. 基于模糊自适应 PD 的注塑机温度控制系统[J]. 机床与液压, 2006(5): 168~170.
- [2] 韩进. 模糊控制算法在喷油泵试验台电机调速系统中的应用[J]. 自动化仪表, 2004(8): 47~50.
- [3] 刘新海. 模糊控制在大型风力发电机控制中的应用[J]. 自动化仪表, 2004(5): 13~17.
- [4] 黄明键. 一种参数自调整 FUZZY-PI 控制器在硝氧化反应温度控制中的应用[D]. 陕西科技大学, 1993: 62~65.
- [5] 李士勇. 模糊控制和智能控制理论与应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1990.
- [6] 李士勇. FUZZY-PID 复合控制的数字仿真[J]. 计算机仿真, 1988(3): 88~91.
- [7] 张开生, 李霞, 王金广. 工业控制计算机红外遥控键盘的设计[J]. 微计算机信息, 2005(9): 24~27.

THE RESEARCH OF TEMPERATURE CONTROL METHOD OF THE INJECTION MOULDING MACHINE

Zhang Kaisheng

(College of Electrical and Information Engineering, Shanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Lü Yinfang

(Shanxi Jinshan Electricity Co. Ltd., Xianyang 712000, China)

Wang Xuemei

(College of Foreign Languages and Communications, Shanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT Aiming at the shortcomings such as large overshoot, long regulation time in traditional injection moulding machine, a method of designing variable elements self-adjustment FUZZY - PI controller was put forward. The design method of the controller and software and hardware of the temperature control system were expatiated. Emulational experiment results proved that this system actualized the nicety control of the material cylinder temperature and nozzle temperature, it could replace traditional switch control and PID control and improve of product quality greatly.

KEYWORDS temperature of injection moulding machine, FUZZY - PI controller, parameter self-adjustment, fuzzy control algorithm, emulational experiment

塑料材料应用新领域

塑料技术的发展日新月异,针对全新应用的新材料开发、针对已有材料市场的性能完善,以及针对特殊应用的性能提高可谓新材料开发与应用创新的几个重要方向。

(1) 塑料血液 一直以来,塑料在人体的应用更多的集中于人体器官,用于制造人体皮肤已可以说是巨大的技术进步。近日,英国媒体报道,科学家已经开发出一种人造“塑料血”,可作为急救过程中的替代品,只需加入水就能使用。这项发明在将来可望拯救许多人的生命。

英国设菲尔德大学的研究人员开发出的这种人造血,外形就像浓稠的糨糊,只要将其溶于水后就可以给病人输血。据介绍,这种新型人造血由塑料分子构成,一块人造血中有数百万个塑料分子,这些分子的大小和形状都与血红蛋白分子类似,还可携带铁原子,像血红蛋白那样把氧输送到全身。由于制造原料是塑料,因此这种人造血轻便易带,不需要冷藏保存,使用有效期长、工作效率比真正的人血还高,而且造价较低。

(2) 新型防弹塑料 墨西哥的一个科研小组最近研制出一种新型防弹塑料,它可用来制作防弹玻璃和防弹服,质量只有传统材料的1/5至1/7。参与这一研发项目的科学家洛佩斯介绍说,这是一种经过特殊加工的塑料物质,与正常结构的塑料相比,具有超强的防弹性。试验表明,这种新型塑料可以抵御直径为22毫米的子弹。另一位参与研究的科学家卡斯塔尼奥指出,通常的防弹材料在被子弹击中后会出现受损变形,无法继续使用。这种新型材料受到子弹冲击后,虽然暂时也会变形,但很快就会恢复原状并可继续使用。此外,这种新材料可以将子弹的冲击力平均分配,从而减少对人体的伤害。

(3) 可降低汽车噪音的塑料 近日,美国聚合物集团公司(PGI)采用可再生的聚丙烯和聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)制造成一种新型基础材料,应用于可模塑汽车零部件,

可降低噪音。该种材料主要应用于车身和轮舱衬垫,产生一个屏障层,能吸收汽车车厢内的声音并且减少噪音,幅度在25%~30%,PGI公司开发了特殊的一步法生产工艺,将再生材料和没有经过处理的材料有机结合在一起,通过层叠法和针刺法使得两种材料成为一个整体。(中聚网)

德固赛公司开发出新型节能硅烷偶联剂

德固赛公司最近开发出一种用于二氧化硅增强型轮胎的新型硅烷偶联剂Si363。该产品不仅能使轮胎的滚动摩擦系数增加10%,而且还可以节能、降低温室气体的排放量,并且对轮胎的抗滑性能等没有影响。使用了该产品的二氧化硅增强轮胎比未使用该产品的二氧化硅增强轮胎节能3%,而比炭黑增强轮胎节能8%。这种偶联剂与传统的偶联剂产品相比,还能有效地减少轮胎制造过程中80% VOC的排放量。德固赛最近还开发出一种酰脲基硅烷偶联剂Dynasy lan2201 EQ,产品中含有的氨基甲酸乙酯等杂质含量低于0.05%。该产品的专利正在审批的过程中。如果成功审批,将在玻纤增强树脂和模塑树脂行业上有很大的市场。

(中聚网)

陶氏推出 AMPLIFY IO 功能聚合物

陶氏化学公司宣布公司的AMPLIFY功能化聚烯烃系列增加AMPLIFY IO材料。该材料综合了性能、加工和经济性能于一体,是食品包装、医药以及其它零售包装、模制耐用品及尼龙冲击改性等要求苛刻的应用领域的理想材料。AMPLIFY IO功能聚合物是一种具有独特性能的共混材料,容易加工;良好的产品外观所需要的优异光学性能;杰出的热成型性能所需要的高熔融强度;耐用品需要的冲击和耐刮擦性能;聚烯烃、金属、玻璃和尼龙等材料的粘结性能。

AMPLIFY系列材料有利于涂布设备、配混系统、成型设备和织造设备,应用于很多市场领域。AMPLIFY IO聚合物可以通过注射成型、薄膜和涂层等方式进行加工。此外,它们在挤出时具有非常好的加工性能。(改塑网)