

张东虞,曹卫彬,杨弈卓. 基于模糊自整定 PID 控制的奶牛饲喂装置温控系统的设计[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):492-494.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.152

基于模糊自整定 PID 控制的奶牛饲喂装置温控系统的设计

张东虞^{1,2}, 曹卫彬², 杨弈卓²

(1. 新疆石河子职业技术学院机电分院, 新疆石河子 832100; 2. 石河子大学机械电气工程学院, 新疆石河子 832003)

摘要:采用 AT89C52 作为现场控制装置,设计了一种基于模糊自整定 PID 控制的奶牛饲喂装置温控系统。本系统通过 PT100 热电偶作为温度传感器采集温度信号,传送到 MAX6675 控制器进行 A/D 转换,直接输出温度的数字信号,与单片机进行通信,自动地实现加热板、报警装置等设备的精密控制;具有加热区恒温控制特性好、精度高、自调整能力强、系统运行稳定等特点,达到了对冬季寒冷地区奶牛养殖装置温控系统的技术要求。

关键词:PID;模糊控制;饲喂装置;温度控制;奶牛

中图分类号:S818;S126 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)11-0492-03

奶产业作为畜牧产业的一种,具有高效率、高效益双重特点,在现代农业中占据非常重要的地位,一个国家的牛奶产量和人均占有量是衡量一个国家经济发达程度和综合国力的重要指标。因此,奶业是世界各国发展经济的重要产业之一,在发达国家,奶业产值比重占到了畜牧业总产值的 30% 左右。而在我国奶业现阶段还处于粗放发展阶段,与奶业发达国家相比,仍然存在如下问题:(1)我国的奶牛养殖技术仍然落后,自动化程度较低,装置比较落后;(2)养殖规模化程度低,散户养殖占大多数比例,导致单产水平低、饲养管理水平落后、奶牛的品种问题很难提高等问题。分析表明,奶牛品种和

饲养管理水平的问题影响整个奶业比例分别占 30%、70%。而在饲养过程中,饲养条件的优劣直接影响奶牛的产奶量和牛奶品质。因此,如何提高奶牛的饲喂技术,将成为我国奶业发展急需解决的问题^[1-2]。

我国新疆、内蒙古、河北、甘肃等奶牛养殖大省(自治区),冬季气候寒冷,在冬季进行奶牛喂养过程中,饲料温度过低,影响奶牛的饲喂质量,因此本研究在现有的精准饲喂装置基础上,设计了一种基于模糊自整定 PID 控制的温控系统应用于广大北方地区的奶牛精准饲喂装置中。

1 饲喂装置温控系统对温度控制的要求

温控系统中电加热系统具有较大的纯滞后、非线性和惯性滞后等问题,常规的 PID 控制算法简单,是在某一特定的条件下整定完成,对于线性稳定的控制对象非常有效,而对于工况时常发生改变的过程,PID 的参数很难适应不同的变化过程,而温度控制属于非线性、时变和大滞后过程,传统的 PID 难以实现精准控制。

收稿日期:2014-11-25

基金项目:新疆生产建设兵团科技支疆项目(编号:2013AB024)。

作者简介:张东虞(1980—),女,贵州铜仁人,硕士,讲师,主要从事智能化检测与自动控制技术研究。E-mail:zdy800809@163.com。

通信作者:曹卫彬,博士,教授,主要从事农业机械化研究。E-mail:cwb-mac@shzu.edu.cn。

Agriculture,2012,88:13-24.

[8]Yuping M,Shili W,Li Zhang,et al. Monitoring winter wheat growth in North China by combining a crop model and remote sensing data[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,2008,10(4):426-437.

[9]Lee K J,Lee B W. Estimation of rice growth and nitrogen nutrition status using color digital camera image analysis[J]. European Journal of Agronomy,2013,48:57-65.

[10]韩文霆,李敏,陈微. 作物数字图像获取与长势诊断的方法研究[J]. 农机化研究,2012(6):1-6.

[11]Fernandez-Pacheco D G,Escarabajal-Henarejos D A,Conesa J,et al. A digital image-processing-based method for determining the crop coefficient of lettuce crops in the southeast of Spain[J]. Biosystems Engineering,2014,117(SI):23-34.

[12]Wang J,Li X,Lu L,et al. Estimating near future regional corn yields by integrating multi-source observations into a crop growth model

[J]. European Journal of Agronomy,2013,49:126-140.

[13]张志斌,罗锡文,臧英,等. 基于颜色特征的绿色作物图像分割算法[J]. 农业工程学报,2011,27(7):183-189.

[14]李志臣,姬长英,安秋. 基于颜色特征的作物与背景分割的对比研究[J]. 东北农业大学学报,2008,39(9):117-124.

[15]齐平. 基于图像处理的杂草识别研究[D]. 成都:西华大学,2010.

[16]Montalvo M,Guerrero J M,Romeo J,et al. Automatic expert system for weeds/crops identification in images from maize fields[J]. Expert Systems With Applications,2013,40(1):75-82.

[17]Romeo J,Pajares G,Montalvo M,et al. A new Expert System for greenness identification in agricultural images[J]. Expert Systems With Applications,2013,40(6):2275-2286.

[18]Chaves-Gonzalez J M,Vega-Rodriguez M A,Gomez-Pulido J A,et al. Detecting skin in face recognition systems: A colour spaces study[J]. Digital Signal Processing,2010,20(3):806-823.

本系统采用模糊自整定理论的 PID 控制器,该控制器以单片机 AT89C52 作为现场控制装置,通过编写单片机程序来实现控制要求,根据误差 e 和误差率 de 对 PID 进行在线调节,具有较好的动态调节性能和鲁棒性^[3-4]。

1.1 热电偶的温度控制

如图 1 所示,根据控制要求利用单片机 AT89C52 为核心控制元件,通过设置温度控制点,采用 PT 100 温度传感器采集现场温度信号,实时传送至 MAX 6675 热电偶信号转换器,该转换器集信号放大、冷端补偿、A/D 转换于一体,直接输出温度的数字信号,与单片机接口连接并采用动态扫描显示方式,使硬件电路大大简化,既降低了成本,又提高了系统可靠性和抗干扰性;整个温控系统通过单片机与 PT 100 温度传感器以及执行装置交互作用实现温度的智能控制。

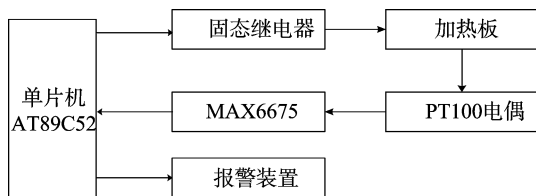


图1 热电偶的温度控制原理

1.2 加热板的温度控制

该温控系统采用硅橡胶加热板作为加热装置,硅橡胶加热板的主要材质是镍铬合金电热丝、硅橡胶高温绝缘层,硅橡胶绝缘层的主要材质是硅橡胶与玻璃纤维布,由两者复合而成,形状呈薄片状,具有柔韧性好、强度高的特点,并且尺寸可以根据系统装置的需要进行定制,具有加热迅速、温度分布均匀、热转化率高、机械强度高、使用方便、安全、寿命长、不易老化等优点。此加热板可以直接与被加热物体紧密接触,加热功率为 $0.5 \sim 0.7 \text{ W/cm}^2$ 。该温控系统选择此加热板作为加热装置非常适合。

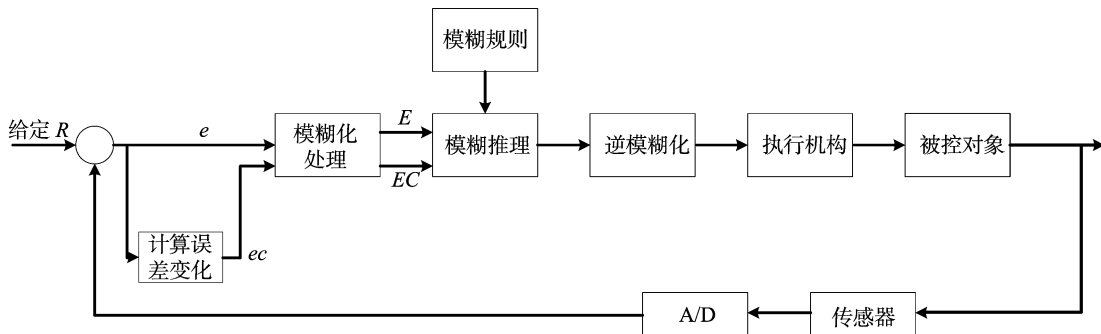


图2 模糊控制原理

K_p 、 K_i 和 K_d 3 个参数的作用分别是:(1)比例系数 K_p :加快系数响应速度,提高系统调节精度;(2)积分系数 K_i :消除系统稳态误差;(3)微分系数 K_d :改善系统动态特性^[6]。

总结人工整定经验,结合操作历史数据和理论分析结果,可归纳出 e 和 ec 与 K_p 、 K_i 和 K_d 3 个参数间存在如下关系^[7-8]:(1)当 $|e(k)|$ 较大时,加热系统响应速度快,系统应设置较大的 K_p ,从而减小系统的时间常数和阻尼系数。当然 K_p 也不得设置过大,否则整个系统将不稳定;为避免在系统刚开始工作时,引起超范围控制作用, K_d 值应设置较小,使系统响应加快;为避免系统出现较大的超调量,积分作用可以

PT100 温度传感器采集到加热板的温度信号,通过 MAX6675 控制器将信号传送至单片机,根据系统设置的温控点,单片机通过模糊自整定 PID 控制运算,将采集信号传输至固态继电器执行,对加热板进行控制。温度低于设定温度时,加热板开始加热,温度高于设定温度时,系统报警,加热装置停止加热,从而使整个温度保持恒定。

2 模糊自整定控制的设计

2.1 Fuzzy - PID 设计

应用 PID 控制,首先要确定被控对象的数学模型,根据温度偏差 e 作为输入量,通过计算,驱动执行机构减小误差,从而使被控对象趋于稳定,PID 计算式如下:

$$u(k) = k_p \left[e(k) \frac{T_s}{T_i} \sum_{j=0}^k e(j) \right] + \frac{T_d}{T_s} [e(k) - e(k-1)] = u(0);$$

$$u(k) = k_p \left[e(k) + k_i \sum_{j=0}^k e(j) \right] + k_d [e(k) - e(k-1)] = u(0)。$$

式中: $u(0)$ 为控制量的基值,即 $k=0$ 时的值; $u(k)$ 为第 k 个采样时刻的控制; k_p 为比例放大系数; k_i 为积分放大系数; k_d 为微分放大系数; T_s 为采样周期; T_d 为微分时间常数; T_i 为积分时间常数。

PID 参数模糊自整定是找出 PID 中 3 个参数与 e 和 ec 之间的模糊关系,在控制系统运行中循环计算 e 和 ec 的值,根据模糊控制原理(图 2)对 K_p 、 K_i 和 K_d 中的 3 个参数进行在线修改,满足不同 e 和 ec 对控制参数的不同要求,使被控对象的动态、静态性能保持良好的状态。系统整定应从以下几个方面进行综合考虑:(1)系统整体的稳定性;(2)系统的响应速度和响应时间;(3)系统参数的超调量;(4)系统稳态时的精度等方面^[5]。

除去。(2)当 $|e(k)|$ 处于中等大小时,系统应设置较小的 K_p ,使系统响应的超调量稍小;整个系统中 K_d 的取值较为关键,为了使整个系统的响应速度得到保证, K_d 的取值要恰当;此时 K_i 取值可适当增加一点,但不得过大。(3)当 $|e(k)|$ 较小时,为使系统达到良好的稳态性能, K_p 和 K_i 的取值可以较大,为避免系统在平衡点出现振荡, K_d 的取值要恰当。

2.2 模糊控制规则的建立

本系统采用温度误差 e 和误差变化率 ec 作为输入语言变量,温度控制量 u 作为输出语言变量,模糊控制规则就是对参数 K_p 、 K_i 和 K_d 进行调整的规则。针对该系统的控制要求

和特性,可以列出响应的参数 K_p 整定规则如 K_p 的模糊规则表(表 1)。

表 1 K_p 的模糊规则表

DE	E						
	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PM	PS	ZE	ZE
NM	PB	PB	PM	PS	PS	ZE	NS
NS	PM	PM	PM	PS	ZE	NS	NS
ZE	PM	PM	PS	ZE	NS	NM	NM
PS	PS	PS	ZE	NS	NS	NM	NM
PM	PS	ZE	NS	NM	NM	NM	NB
PB	ZE	ZE	NM	NM	NM	NB	NB

系统中温度误差 e 的基本论域是 $[-5\text{ }^{\circ}\text{C}, +5\text{ }^{\circ}\text{C}]$, 误差变化率 ec 的基本论域是 $[-5\text{ }^{\circ}\text{C}, +5\text{ }^{\circ}\text{C}]$, 控制量 u 的基本论域是 $[0, 1]$ 。

2.3 模糊控制算法的程序实现

温度误差 e 有下列 3 种情况: (1) $e \geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 取值为 $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$; (2) $e \leq -5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 取值为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$; (3) $-5\text{ }^{\circ}\text{C} < e < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 保持不变。得到 e 后进行量化处理。误差变化率 ec 同样也分为下列 3 种情况: (1) $ec \geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 取值为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$; (2) $ec \leq -5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 取值为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$; (3) $-5\text{ }^{\circ}\text{C} < ec < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 采用四舍五入的方法进行调整。得到 ec 后进行量化处理。在整个系统中, e 和 ec 都可以对系统控制起到作用。根据偏差值的运算, 控制固态继电器的通断占空比, 从而达到温度的精准控制要求。

3 饲喂装置温控系统的软件系统设计

3.1 温度控制的软件设计模块

系统软件设计主要 3 大模块。(1) 温度采集模块: MAX 6675 热电偶信号转换器的输出作为单片机的外部中断 0 输入, 根据高电平的时钟周期个数判断温度值。(2) 信号输入模块: 根据采样值和温度设定值, 通过模糊自整定 PID 算法, 改变输出型号的占空比来控制继电器的通断。(3) 输出模块: 包括显示程序、键盘输入程序以及报警装置等。

3.2 温度控制的软件流程

温度控制的系统软件流程如图 3 所示。

3.3 温度控制模糊自整定 PID 算法的软件实现

本系统采用数据处理且人机交互能力强的 C51 作为开发语言, 利用 MAX6675 热电偶信号转换器与单片机进行通信, 实时对现场温度信号进行读取。整个温控系统的软件编写首先需要设定加热的目标温度 $T(k)$, 系统开始加热后, 实时对温度数据 $t(k)$ 进行采集, 同时对温度数据加入 PID 算法中计算。通过比较实时温度和目标温度之间的误差, 计算出 e 和 ec 。程序在执行该步骤后, 调用模糊 PID 自整定模块, 通过模糊控制规则的查表、运算及结果的处理, 完成 PID 参数的在线自整定。

4 结论

本研究根据奶牛饲喂装置的温控要求, 设计了利用单片机 AT89C52 作为模糊自整定 PID 现场控制装置对温度进行智能控制。通过现场测试, 采用模糊自整定 PID 系统整定的 K_p 、 K_i 和 K_d 的参数值对温度控制具有结构简单、软件实现容易、编程量小、系统性能稳定、控制精度高等优点。

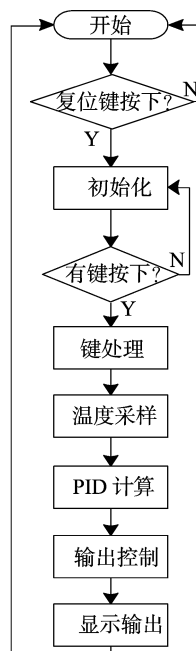


图3 温度控制系统软件流程

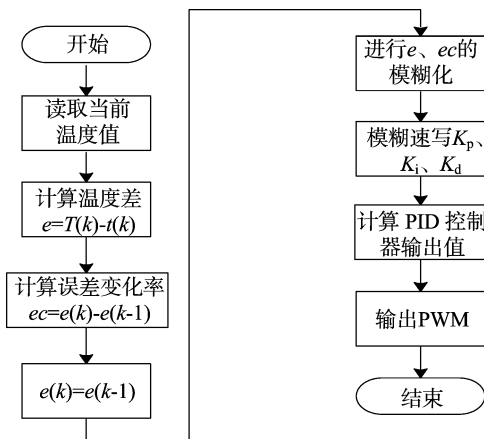


图4 温度控制PID自整定流程

参考文献:

- [1] 贾建新, 孙中才. 我国奶业发展的现状、问题及对策[J]. 动物科学与动物医学, 2004, 21(2): 6-8.
- [2] 刘 涵, 胡海林. 我国奶业现状与发展趋势分析[J]. 中国乳业, 2006(7): 17-19.
- [3] 李凤林, 庄 威. 我国乳业现状分析及今后发展对策[J]. 吉林农业科技学院学报, 2006, 15(2): 21-23.
- [4] 车玉媛, 曹有才. 影响奶牛产奶量的因素[J]. 养殖技术顾问, 2008(9): 9.
- [5] 张经周, 杨伟静, 张安祥. 模糊自适应 PID 控制的研究及应用仿真[J]. 计算机仿真, 2009, 26(9): 132-135.
- [6] 刘金琨. 先进 PID 控制 MATLAB 仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [7] 石辛民, 郝整清. 模糊控制及其 MATLAB 仿真[M]. 北京: 清华大学出版社北京交通大学出版社, 2008.
- [8] 席爱民. 模糊控制技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2008.