

# 基于模糊算法的火灾智能控制系统设计

饶浩彬, 彭万权, 肖倓蓓, 魏 哲

(武汉理工大学 自动化学院, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 介绍火灾智能控制系统的构建, 并探讨了基于模糊算法在火灾控制中的应用。该系统采用了软、硬件抗干扰措施, 能有效地完成分布式远程控制和故障诊断。

**关键词:** 火灾报警; 模糊控制; 信号处理

中图分类号: TP206

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2008)05-0053-03

## The Design of Intelligent Fire Control System Based on Fuzzy Algorithm

Rao Haobin, Peng Wanquan, Xiao Tanfu, Wei Zhe

(School of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** The construction of intelligent fire control system and its application based on fuzzy algorithm are introduced. This system can complete the distributional long-distance control and the breakdown diagnosis effectively by adopting software and hardware ant jamming measure.

**Key words:** fire report; fuzzy control; signal processing

据《中国火灾统计年鉴》统计, 自1993~2002年全国范围内共发生电气火灾203 780起, 占火灾总数近30%, 在所有火灾起因中居首位。在特大火灾中, 电气火灾所占比例更大。电气火灾大部分是由电线(路)短路引发的, 特别是接地电弧性短路。政府相关部门非常重视, 相继制订并修改了有关标准规范, 要求在建筑中设置漏电火灾报警系统, 预防电气火灾的隐患。与传统分散设置的单个火灾报警器相比, 本系统的最大特点是在分布式控制的基础上采用了智能算法, 可作为事故通报装置与消防火灾监控设备连接。

### 1 火灾智能控制系统构建

基于模糊算法的火灾控制系统, 为解决火灾报警问题提供了新的解决方法和途径, 它既提高了系统的准确性、可靠性, 又为工程设计、施工布线提供了极大的方便。系统结构包括传感器系统、信号变送系统智能控制器、脱扣输出系统等。其火灾智能控制系统框图如图1所示。

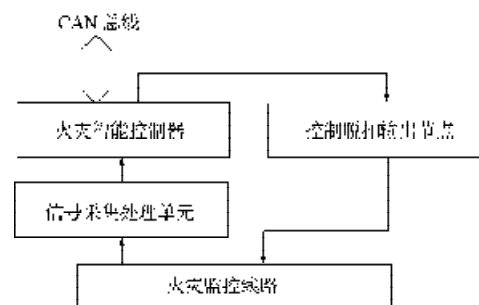


图1 火灾智能控制系统框图

Fig. 1 The block diagram of fire control intelligent system

信号采集与处理单元<sup>[1]</sup>通过高精度电流互感器、漏电电流互感器、温度传感器对被测信号进行信号调理并转换为0~5 V的标准信号送入智能控制器。火灾智能控制器完成对信号采集与处理单元传输的0~5 V的标准信号A/D转换、数字滤波、模糊算法与处理等, 通过与报警设定值比较判断相应的线路状态, 产生报警后控制相应脱扣输出节点使相应线路断开, 并由LCD实时显示被监控线路的各种运行状态及数据, 及

收稿日期: 2008-07-03

作者简介: 饶浩彬(1957-), 男, 湖北武汉人, 武汉理工大学副教授, 主要研究方向为远程监控与故障诊断。

时准确地记录被监控线路的故障原因、故障地址、故障时间等历史数据。

## 2 火灾智能控制器设计与仿真

### 2.1 系统设计

火灾智能控制器由微处理器 C8051F060 单片机构成，它基于 8051 内核，采用流水线结构，速度可达 25 MIPS (25 MHz 晶振)，比普通的 51 单片机运算速度快 10 倍。其火灾智能控制器系统<sup>[2]</sup>结构框图如图 2 所示。

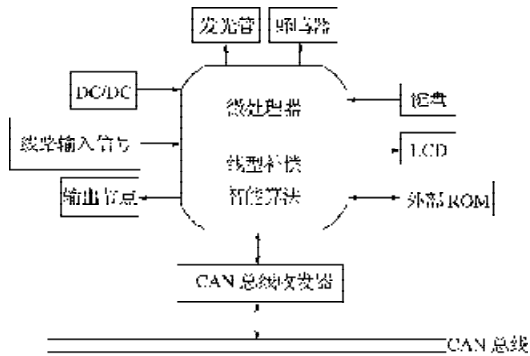


图 2 火灾智能控制器系统结构框图

Fig. 2 The structural diagram of intelligent fire control system

火灾智能控制器，由声光报警、键盘及液晶显示、CAN 总线收发器、外部储存器和时钟发生器等构成。其功能过程为：信号采集与处理单元传输的 IA、IB、IC、IN、IF 等实时数据、故障特征数据等，通过 LCD 来显示，并通过 CAN 总线传输给电气火灾监控设备。当其通道出现报警信号时，控制器驱动蜂鸣器并将相应通道的信号灯置红，同时将故障特征数据保存至存储器里，控制该通路脱扣节点动作。

为方便用户使用，在控制器上设有 LCD 显示功能，方便用户观测监控点的数据，并使用 CAN 总线集中控制；通过按键选择，在监控界面上可以查看实时数据，设置当前时间、线路报警值、传感器参数、报警延长时间等，通过报警数据界面可以查询报警原因、报警时间以及报警的通道编号<sup>[3]</sup>。

此外由于现场环境复杂，干扰源较多，为避免监控系统的错误动作和数据不精确，因此，在火灾智能控制器软硬件设计上考虑了抗干扰问题，包括电源抗干扰、单片机系统抗干扰、信号通道抗干扰、PCB 抗干扰设计和数字滤波、智能算法设计等。其中系统电源采用 DC-DC 变换器得到稳定的直流电压，信号通道采用高速光耦对信号进行隔离等，在软件设计中加入数字滤波进一步提高系统的抗干扰能力。

### 2.2 系统的仿真

由于现场环境复杂，参数整定分析处理较困难，部分参数会随环境的变化而变化，因此，本系统采用

模糊算法，以消除外部变化和扰动的影响。其算法原理框图如图 3 所示。

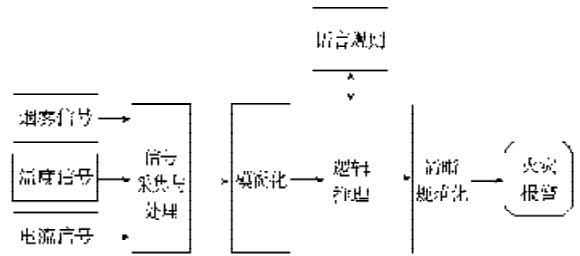


图 3 火灾控制器模糊算法原理框图

Fig. 3 The system principle diagram of fuzzy algorithm

由图 3 可知，从被探测的环境或线路上检测的烟雾浓度信号、温度信号以及电流信号经过信号采集与处理规范化后，进行模糊化处理将输入值转化为模糊量，通过模糊逻辑推理决定输出量的一个分布函数。清晰规范化过程就是将输出量的分布函数转换成规范化的输出量并将其转换为实际的输出值，最终得出是否发生火灾或线路电流过大而报警。

#### 2.2.1 模糊规则确定

由于探测楼宇火灾主要是利用温度探测器和烟雾探测器，电流互感器及漏电流互感器主要是为了实时监控三相电流，因此，以温度传感器、烟雾探测器以及电流互感器采样信号作为模糊系统的输入信号。

模糊系统<sup>[4]</sup>采用 3 个模糊变量既电流  $I$ ，温度  $T$  以及烟雾  $S$ 。设置 3 个模糊变量的模糊子集为  $\{P_B, P_M, P_S, Z_E\}$ ，其中： $P_B$  为火灾可能性大， $P_M$  为发生火灾可能性中， $P_S$  为发生火灾可能性小， $Z_E$  为没有火灾发生可能。依次简称为大、中、小、无。论域为  $[0, 6]$ ，其中采用三角形隶属函数，温度、烟雾、电流隶属函数与之相同。

建立语言规则<sup>[5]</sup>是将传感器信息模糊化处理的核心，通过实践总结得出在恒温环境下（即电流信号权重系数最大，温度次之，烟雾最小）模糊语言控制规则，共 64 条。

- 1) if(电流 is  $Z_E$ )and (温度 is  $Z_E$ ) and (烟雾 is  $Z_E$ ) then (火情 is  $Z_E$ )
- 2) if(电流 is  $P_S$ )and (温度 is  $Z_E$ ) and (烟雾 is  $Z_E$ ) then (火情 is  $P_S$ )
- 3) if(电流 is  $P_M$ )and (温度 is  $N_p$ ) and (烟雾 is  $Z_E$ ) then (火情 is  $P_M$ )
- 4) if(电流 is  $P_B$ )and (温度 is  $Z_E$ ) and (烟雾 is  $Z_E$ ) then (火情 is  $P_B$ )
- 5) if(电流 is  $Z_E$ )and (温度 is  $P_S$ ) and (烟雾 is  $Z_E$ ) then (火情 is  $P_S$ )
- 6) if(电流 is  $P_S$ )and (温度 is  $P_S$ ) and (烟雾 is  $Z_E$ ) then (火情 is  $P_S$ )
- 7) if(电流 is  $P_M$ )and (温度 is  $P_S$ ) and (烟雾 is  $Z_E$ )

then (火情 is  $P_M$ )  
 8) if(电流 is  $P_B$ )and (温度 is  $P_S$ ) and (烟雾 is  $Z_E$ )  
 then (火情 is  $P_B$ )  
 9) if(电流 is  $Z_E$ )and (温度 is  $P_M$ ) and (烟雾 is  $Z_E$ )  
 then (火情 is  $P_S$ )  
 10) if(电流 is  $P_S$ )and (温度 is  $P_M$ ) and (烟雾 is  $Z_E$ )  
 then (火情 is  $P_M$ )  
 .....  
 64) if(电流 is  $P_B$ )and (温度 is  $P_B$ ) and (烟雾 is  $P_B$ )  
 then (火情 is  $P_B$ )

### 2.2.2 火灾仿真模型

根据火灾特征和模糊规则, 可以确定火灾仿真模型如图4所示。

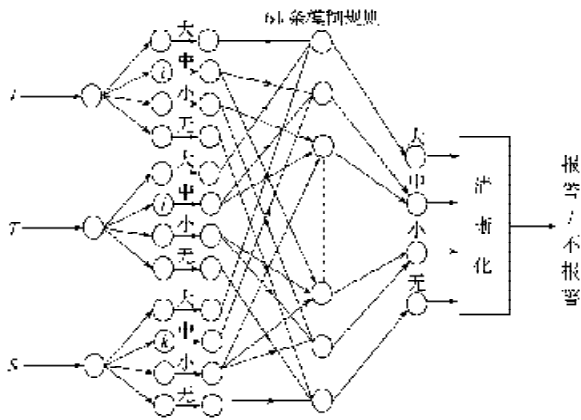


图4 火灾仿真模型

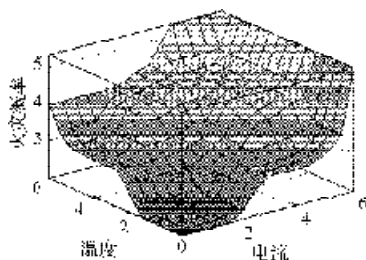
Fig. 4 The model of fire simulation

$I$ 、 $T$ 、 $S$ 分别为电流、温度、烟雾信号的标准0~5V电压信号, 它们经过模糊化后, 通过64条模糊规则的逻辑推理得到相应的分布函数, 最终得到输出值。

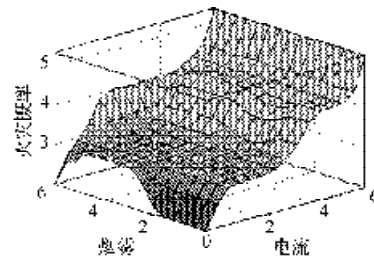
### 2.2.3 仿真效能分析

利用MATLAB提供的模糊控制工具箱(Fuzzy Logic Toolbox)进行模糊推理和模糊控制器的仿真。模糊控制工具箱集成了FIS编辑器、隶属函数编辑器、模糊规则编辑器、规则浏览器和输出预览器等可视化工具, 使用户快速开发设计模糊控制器成为可能。仿真后各信号与火灾概率图如图5所示。

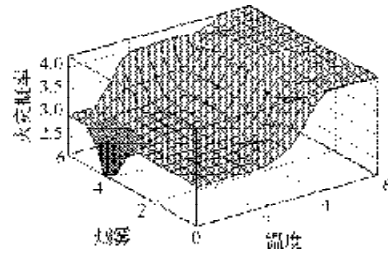
以图5中a)为例, 反映了电流和温度信号影响火灾发生概率大小, 电流和温度信号在不同的分布区域



a) 电流、温度与火灾概率图



b) 电流、烟雾与火灾概率图



c) 烟雾、温度与火灾概率图

图5 火灾仿真曲线图

Fig. 5 The curve of fire simulation

时, 曲线的颜色也是有所不同的, 越深(蓝色)则表示火灾的概率大, 越暗(黄色)表示火灾发生概率小, 同时可以看到仿真的曲线比较平滑, 说明模糊规则设计合理。通过实践证明在不同季节以及昼夜变化的情况下, 系统仍然可以做出准确的判断, 充分显示了火灾仿真良好的可靠性。

## 3 结语

将模糊算法用于火灾探测复杂、非线性结构的对象中, 结合自动化领域的先进技术, 使用单片机、I<sup>2</sup>C总线、232通讯、液晶屏以及CAN总线技术, 使得控制系统的可靠性有了很大提高。与传统控制器相比, 它具有反应速度快, 设置灵活, 便于显示等特点, 使系统的可靠性大为加强, 适合于我国大型建筑以及医疗设备的防火控制系统的设计。

### 参考文献:

- [1] 袁佑新, 朱琦, 袁培刚, 等. 基于单神经元的可变电抗式固态软起动器研究[J]. 电力电子技术, 2007, 41(11):83-84.
- [2] 费杰, 朱琦, 袁佑新, 等. 基于CAN总线的电气火灾监控系统设计[J]. 电子元器件应用, 2007, 9(7):30-31.
- [3] 陶曾杰. 基于嵌入式技术的剩余电流火灾报警远程监控系统设计[J]. 低压电器, 2008, (14):39-42.
- [4] 易继铠, 候媛彬. 智能控制技术[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 1999.
- [5] 赵振宇, 徐用. 模糊理论和神经网络的基础与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.

(责任编辑: 罗立宇)