

现场智能控制装置的研究与开发

费敏锐 金正怡

(上海大学自动化学院 上海 200072)

摘 要 本文论述了用于低成本分散控制系统的现场智能控制装置的设计原理和开发功能。该装置不仅具有模糊控制及其初始整定功能,而且具有在串行通信支持下的综合学习功能。实际运行表明,该装置控制技术先进,参数调整准确,具有广阔的工程应用前景。

关键词 现场控制装置,智能控制,低成本分散控制系统

现代工业生产的发展对于过程自动化的要求越来越高,而工业过程的智能仪表是实现工业自动化的基础和工具。随着工业生产规模的不断扩大,工艺要求日趋复杂,促使工业自动化仪表逐步地向数字化、智能化、网络化的方向发展。但智能控制方法的应用,目前还主要限于智能PID^[1,2]和简单的模糊及模糊神经网络等控制类的产品。

由于工业模糊控制器产品化的主要应用难点是规则的自动获取,而神经网络与模糊控制结合将有助于这一问题的解决。可以预言,模糊神经网络控制器必将成为高级通用工业控制器的主流产品^[3]。

针对智能控制产品化开发的要求,本文完成了低成本分散控制系统中现场智能控制装置的软硬件研制工作。该装置以Intel系列单片机为核心,不仅具有模糊控制及其初始整定等功能,而且有RS-232C和RS-485A串行通信支持。因此,能在通用微机上实现该装置的神经网络和专家系统的综合学习功能。下面将着重按系统功能、硬件结构和软件模块三方面,论述现场智能控制装置的设计原理和开发功能。

1 系统功能

在现场智能控制装置系统功能设计时,需要考虑三方面的因素:第一,该装置是低成本分散控制系统的现场控制级;第二,该装置能独立进行较高品质的实时控制;第三,通过该装置,并与通用微机配合,能完成智能控制综合方法^[4],实现规则获取和在线学习功能。为此,设计了如下的系统功能以及操作功能和方法。

1.1 系统功能

- 诊断和报警功能;
- 串行通信功能,可与通用微机组组成低成本分散控制系统;
- 可组态输出类型和多通道热电偶输入类型;
- 可组态控制类型,包括模糊控制,且具有初始整定功能;
- 可远程改变控制参数,进而提供智能控制综合方法功能;
- 手动/自动的无扰动切换。

1.2 操作功能及方法

图1给出了该装置的面板功能图,可按操作类型将功能归为下列3类。

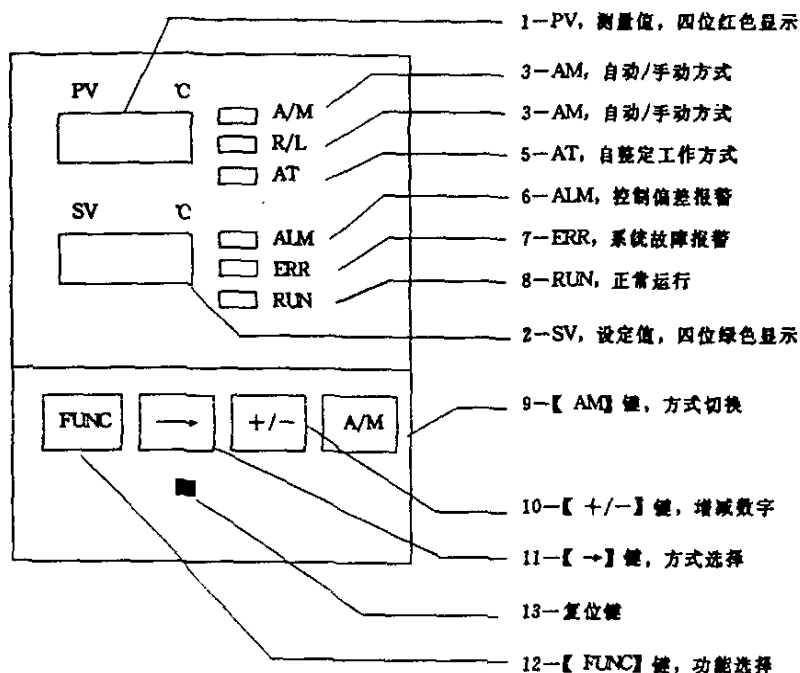


图1 现场智能控制装置的面板功能图

1) 设置功能

其特点是,设置部分为4位数字,每一个数字从最高位依次设置。第一行显示参数名,如给定值,则显示“SP”;第二行显示参数值,如设定温度、修正因子、温度上下限等,初值一般取“0000”。

2) 组态功能

其特点是组态参数有几个选项,可选择其中某一个或默认缺省值。第一行显示参数名,如整定方式,显示为“ATC”;第二行显示参数选项,如整定方式的缺省状态为全自动“SELF”,也可选择半自动“HALF”,或普通控制“FC”。

3) 运行功能

其特点是,选择任一运行功能,都将结束面板设置和组态状态,并进入系统工作状态。运行方式可分为自动、手动和自检等方式。

2 硬件结构

现场智能控制装置采用 Intel 公司 16 位单片机系列芯片为核心,这不仅较之 MCS-51 系列减少了外围电路,提高了系统可靠性,而且内部数据按 16 位处理,使程序运行加快,控制更实时有效。整个装置硬件按功能主要由基本单元、输入通道单元、输出通道单元和串行通信单元等四部分组成,考虑到该装置有较小的外形尺寸,以及功能组态、系统维护的需要,故采用模块结构进行开发。下面将按前述的四部分单元分别进行论述。

1) 基本单元

该单元功能是对整个装置的信息进行智能处理和存储,并支持数据输入和显示等人机交互功能。该单元是由 16 位单片机、复位电路、时钟电路、片外程序存储器和数据存储器扩

展电路、LED 显示及键盘控制电路等构成的最小系统。

2) 输入通道单元

该单元功能是将输入的热电偶毫伏信号,经滤波、采样、放大,最后送往单片机的 10 位 A/D 转换口,由此实现从小信号模拟量到 CPU 可处理的数字量的转换。该单元是关系现场智能控制装置性能的重要环节,主要由小信号滤波、模拟量多路采样、可编程运算放大、热电偶冷端补偿等电路组成。通过基本单元软件组态,能满足不同热电偶输入处理要求;

3) 输出通道单元

该单元功能是将 CPU 发出的数字量调节信号,经隔离、D/A 转换、输出转换,最后送出模拟量控制信号。该单元要求高可靠性和高抗干扰能力,以保证系统在恶劣工况下安全稳定运行。因此,该单元由光电隔离、D/A 转换和工程量转换等电路组成。其中 D/A 转换没有利用单片机提供的片内 PWM 输出,这样即使 CPU 发生紊乱时,外部 D/A 仍能保持稳定输出,以免因输出突变而发生意外。目前,可供选用的有电流型、继电器型和可控硅型等模板。

4) 串行通信单元

该单元功能是完成现场智能控制装置与通用微机的串行通信,使该装置能够成为低成本分散控制系统的一个现场控制装置。该单元主要由标准的串行通信接口芯片构成。通过接口芯片使单片机串行输出的 TTL 电平信号,转换为标准通信接口信号。反之,则将通用微机送来的标准通信接口信号,转换成单片机可接收的 TTL 电平信号。目前,可供选择的的标准接口有 RS-232C 和 RS-485A 通信接口。

3 软件模块

现场智能控制装置除硬件研制以外,需要化费更大的精力完成软件的分析、设计、编程、调试及维护工作。该装置采用的软件执行语言是 Intel 公司于 16 位单片机的汇编语言。尽管汇编语言开发不便,编写形式也不够灵活,但仍需要采用软件工程中的模块化结构设计方法,以确保该软件体系符合工程开发和应用的基本要求。

现场智能控制装置的软件系统主要由主模块,以及初始化、人机界面、输入处理、整定功能、控制功能、输出处理、通信处理和系统诊断等 8 个子模块组成,下面将分别进行论述。

3.1 主模块

该模块是软件的主控程序,其基本功能是调度和监控整个装置软硬件系统的运行,图 2 给出了软件系统全貌的流程示意图。

在图 2 中,流程开始,将在第一行 4 位七段 LED 上显示该装置的名称“FC11”提示符。在此过程中,软件系统进入初始化子模块。初始化工作完成后,将处于人机界面子模块的循环工作状态,直到操作人员通过小键盘给出运行命令,或在远地状态下,通过串行通信接收到远程运行指令。

系统运行有 3 种方式。

1) 自动方式

软件系统将调用输入处理、控制功能和输出处

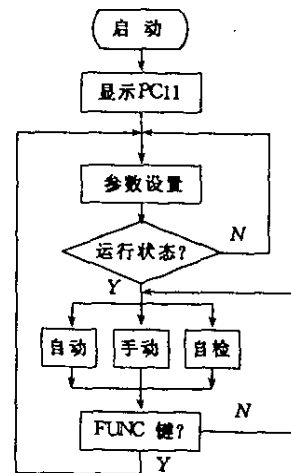


图2 现场智能控制装置的软件总流程示意图

理子模块。

2) 手动方式

软件系统仅调用输入和输出处理子模块；

3) 自检方式

软件系统调用的是系统诊断子模块。

在运行状态中，通信处理子模块是在通用微机的串行通信请求下，通过该装置的硬中断方式调用的。此时，若按下【FUNC】键，软件系统将重新进入参数设置状态，并可修改系统参数或改变运行状态。

3.2 初始化子模块

该子模块功能是用以设置硬件的初始状态以及系统参数缺省值。当该装置首次通上电源后，软件系统将进入该子模块。先关中断、设堆栈、清标志位等，并对显示和键盘控制芯片的工作方式、分频系数等进行初始化。然后，显示“FC11”提示符。接着，继续对各可编程芯片及接口初始化。最后，对系统中的控制参数、工艺参数、结构组态参数等设置缺省值。

3.3 人机界面子模块

该子模块功能是处理键值，并完成系统参数和结构组态的设置、修改及显示等操作。该子模块的主要关键是中断技术的使用，以保证按键后系统能快速响应。由于硬件上将按键作为单片机的外部中断，故优先级高于串行通信中断。这样，一旦有键按下，便自动进入键值中断处理程序。进入键值中断处理程序后，首先保护原程序现场。第一次按下【FUNC】键时，处理程序将开始系统参数和结构组态设置，即对一系列按键进行处理和显示；否则恢复现场，开中断，并中断返回。系统设置是人机界面子模块的主要功能之一。进入系统设置后，所有的按键，都采取查询方式，以免硬件中断嵌套引起麻烦。系统设置各项功能均由【FUNC】键顺序且循环切换。

3.4 输入处理子模块

该子模块功能是对采样值进行滤波、线性化及过程报警处理。由于硬件电路的RC滤波仅起到一定的初级滤波作用，故在该子模块中将从三方面进一步实施滤波作用。首先在一个采样时间点上连续采集15点，然后进行极值滤波和平均滤波。对于大干扰缓变系统的检测，则可增加多采样点之间的惯性滤波。这样处理将大大提高装置的抗干扰、去噪声能力，但作为代价将损失系统检测的部分动态特性。采样值的线性化处理指在热电偶毫伏值转变为温度值时所采用的非线性补偿的方法。这里采用以查表法为基础，辅以线性插值的方法，不仅速度快，并且减少了纯查表法所占用的大量内存，也克服了纯线性公式转换精度低的特点。

3.5 整定功能子模块

该子模块功能是利用非对称继电振荡原理^[4]，测取系统的继电振荡特征，并通过有关的经验公式^[5]，估算控制参数或修正因子。该子模块估算用的响应曲线是需要二位式继电控制激励的。系统的继电振荡特征测取一般在系统运行起始，或操作人员重新按键触发后进行。目前已开发的整定功能有：模糊控制的修正因子预整定、常规PID控制的参数预整定等，进一步的专家系统和神经网络学习功能则由通用微机上的综合学习软件包完成，并通过串行通信方式送入现场智能控制装置中执行。

3.6 控制功能子模块

该子模块功能是根据当前及历史的设定值与测量值的比较结果，经一定的控制算法运

算或控制规则决策,得出消除静态偏差和改善动态响应为目标的控制输出量。该子模块提供两种基本控制策略:模糊控制和常规 PID 控制。

该子模块是现场智能控制装置的软件系统中最基本的功能模块之一,其编程质量和运行效果直接影响整个控制系统的稳定可靠程度。由于整定模块和通用微机提供的综合学习功能是不连续工作的,因而软件系统是绝大部分时间运行在正常控制功能状态。为此,在该子模块中存放着一个是否设置新参数的标志,若无新参数,则不必重新运算这些控制参数的中间值,从而可节省程序运行时间,提高响应速度,这对改善控制效果是有益的。在退出该子模块前,还需完成的工作是对一些相关数据进行移位和暂存,为下一控制周期作准备。图 3 给出该子模块的流程示意图。

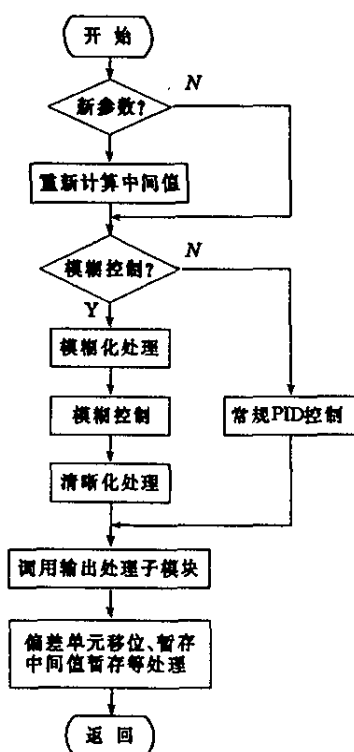


图3 控制功能子模块的流程示意图

3.7 输出处理子模块

该子模块功能是手动/自动控制切换,控制量 D/A 输出,系统状态 LED 显示,以及测量值、设定值等工程量的 4 位七段显示等处理。为使控制输出与实际输出完全对应,避免增量饱和、反应迟缓,故在软件上对控制输出进行了限幅处理。

3.8 通信处理子模块

该子模块功能是完成现场智能控制装置通信部分的数据链路层协议,从而实现与通用微机上软件的信息交互。该子模块提供的通信协议是面向字符的异步协议,该协议由呼叫、应答、命令帧、数据包、检错等部分组成。当接收到远程查询时,将进行通信中断响应,并予以应答。接着,根据远程的系统命令,该子模块既能准确接收信息包,将有关用户数据放入规定的内存区间;同时也能从相应的内存区间取出用户数据,自动打成信息包送往通用微机。

3.9 系统诊断子模块

该子模块功能是完成系统自检及故障报警。当运行该子模块时,第一行七段显示“TEST”提示符,同时将依次对现场智能控制装置的各主要芯片进行自检,如 CPU 及其内部 RAM、A/D 转换口、串行通信接口等,以及外部 RAM、EPROM、D/A 转换口、键盘和显示控制芯片等。自检过程中,通过第二行七段显示给出运行过程的状态提示,可与用户随时保持信息交互。结束自检后,在第二行显示“PASS”,则说明通过自检;否则,在第一行提示“BAD”,而第二行显示出错的芯片信息。

4 结束语

通过研制现场智能控制装置,不仅可以实时完成模糊控制基本策略,而且具有继电振荡学习环节,可对控制参数进行在线调整,进一步考虑到实际控制的高品质、实时性和多样性,降低对现场智能控制装置的性能及成本要求,在通用微机上可实现与之既互相联系又可独立运行的综合学习软件,并按用户需要进行组态,由此可增强学习环节运用的灵活性。

本文研制的现场智能控制装置,在电炉上进行了智能控制试验,并与其他公司的智能调节器进行了比较。实际运行表明,本文的研究和开发工作不仅控制技术先进,具有验证和推进智能控制研究的理论学术意义,而且参数调整迅速和正确,具有方便操作人员启动控制系统和经常使系统保持良好控制运行状态的工程实用价值。

参考文献

- [1] Bristol, E. H. The Design of Industrially Useful Adaptive Controllers. ISA Transactions, 1983, 22(3)
- [2] Carmon, A. Intelligent Knowledge-Based System for Adaptive PID Controller Tuning. Journal A, 1986, 27
- (3)
- [3] 黄敏锐等. 智能控制方法的交叉综合及其应用. 控制理论与应用, 1996, 13(3)
- [4] Minrui Fei, et al. Research on Synthetic Method of Intelligent Control Based on System Response Characteristics. IEEE IC IPS, Beijing, pp. 661—665, 1997. 10
- [5] Minrui Fei, et al. The Balance Compensation Tuning Technology of Non-Symmetrical Loops Implementation. Proc. of 2th ASCC, Vol. 1, Seoul, pp. 153—156, 1997. 7
- [6] Astrom, K. J. and Wittenmark, B. Adaptive Control. Addison-Wesley Publishing Company, 1989

黄敏锐 男 主持工作副院长 教授

1961年7月8日生于上海市,1997年5月毕业于上海大学工业自动化系电力传动及其自动化专业,获博士学位。

中国自动化学会应用专业委员会委员

中国自动化学会智能自动化专业委员会委员

全国热处理自动化专业委员会委员

上海自动化学会控制理论专业委员会副主任

上海自动化学会自动化仪表专业委员会委员, IEEE 会员

曾于1993年,1995,1997年三次获上海市优秀青年教师荣誉称号

目前正在从事智能控制理论及方法,分散型控制系统组态及应用技术的研究和教学工作

已发表学术论文60篇

通信地址: 200072 上海大学自动化学院

电 话: (021)56331261