

面；

- ⑥ 根据财务信息 ,提供相关的人机界面；
- ⑦ 建立完善的用户管理系统 ,根据用户的权限的工作范围确定其操作权限。

2.2.4 地区的 WEB 服务器功能

- ① 方便用户的查询 ,及用户信息的修改和确认等；
- ② 提供电子商务功能 ,从而提高工作效率 ,节约成本。

2.3 广域数据站

广域数据站主要完成如下功能：

- ① 跨地区的用户迁移；

- ② 各地及分支线路的使用量的分类汇总；
- ③ 财务数据的分类汇总；
- ④ 各种趋势的预估等。

3 结束语

在建立了本系统后 ,提供公平的计量 ,避免了重复计量 ,并对各调压站、门站进行有效的监控 ,或设立无人值班的各调压站、门站 ,从而减少了硬件投资和运行成本。

收稿日期 2001 - 12 - 03。

作者李红词 ,男 ,1972 年生 ,1991 年毕业于上海交通大学 ,工程师 ,主要研究方向 :自动控制。

LonWorks 现场总线控制系统中模糊控制器的设计

Design of the Fuzzy Controller in LONWORKS Fieldbus Control System

邵惠鹤 张 颖

(上海交通大学自动化系 ,上海 200030)

摘 要 介绍了如何将模糊控制算法与 LonWorks 现场总线网络系统紧密结合 ,既可完成现场一级的模糊控制 ,又可实施高级控制一级的复杂模糊控制 ,两者密切配合 ,构成功能完善的模糊现场总线控制系统。重点介绍了一类可变电域模糊控制器的原理及其在现场总线系统中的应用效果。

关键词 模糊控制 现场总线 LonWorks PID 控制 可变电域

Abstract The paper introduced how to closely combine the fuzzy control algorithm with LONWORKS fieldbus network system. This method accomplished the fuzzy control not only in the field stage but also implemented complicated fuzzy control in higher control stage. Through close combination , fuzzy fieldbus control system with comprehensive control functions is structured. The principle of alterable domain fuzzy controller and its application in fieldbus system are emphasized.

Key words Fuzzy control Fieldbus LONWORKS PID control Alterable domain

0 引言

模糊控制在工业生产中的应用已有一段相当长的历史 ,但时至今日模糊控制器的使用还没有象传统 PID 控制器那样普及化、模块化 ,这固然和模糊控制的一些本质特性有关 ,但同时也说明有关模糊控制的进一步实用化还有许多工作需要完成。现在通常的模糊控制器一般放在工控机或现场的单片机系统中 ,工控机虽然相对可靠 ,但远离现场 ,且造价昂贵 ,不能构成及时的现场模糊控制 ;单片机虽然相对便宜 ,但可靠性较差 ,网络通信功能很弱 ,且容量有限 ,不可能存储较复杂的模糊控制策略。

工业现场总线的出现 ,给模糊控制算法的直接现场控制带来了很好的机会 ,它使模糊控制算法可以利用现场总线的强大网络功能实现模块分散化 ,使得可靠的模糊现场级控制成为可能。由此可以设想 ,在未来真正的工业分布式控制系统中 ,某些带有高级算法的控制器在哪里 ,它不在某一个节点中 ,也不在某一台上位机里 ,而是分布在一些节点里 ,各个节点完成自己相应的工作 ,相互协同完成一种复杂的控制功能 ,节点和节点之间既有畅通的通信联络 ,又是彼此相对独立的。本文将模糊控制与 LonWorks 现场总线紧密结合 ,介绍了一种基于 LonWorks 的模糊控制系统 ,它既可以实施现场级的模糊控制 ,又可以完成复杂模糊算法的

上位机控制。

1 LonWorks 现场总线

1.1 技术特点

LonWorks 是美国 ECHELON 公司于 1991 年 3 月推出的一种功能全面的现场总线技术和产品,它可以广泛应用于冶金、化工、电力以及楼宇自动化等领域中,实现这些系统的全面网络化现场测控。目前在欧洲、北美的安装点数已占现场总线总数的 30%,被认为是目前使用最广泛的一种现场总线^[1]。

LonWorks 除了具有一般现场总线所具有的技术规范开放、现场设备可互操作等特点外,还有其自身的一些优势:

- ① 具有完整的 ISO/OSI 网络通信协议,网络节点采用对等通信方式;
- ② 采用网络变量进行数据传递,简化了网络通信的编程工作;
- ③ 提供的神经元芯片采用 3 CPU 结构,价格便宜,功能较强,使实现低成本的控制网络成为可能;
- ④ 支持双绞线、电力线、无线电、红外线、同轴电缆、光纤等多种通信介质;
- ⑤ 可以利用其 MIP(微处理器接口程序)软件开发各种低成本的网关(网络接口);
- ⑥ 对 OEM 的技术支持完善;
- ⑦ 无明显的行业限制,系统扩展灵活。

1.2 网络结构

LonWorks 除支持总线型网络结构外,还支持自由的网络拓扑结构。各智能节点在与其外部设备发生相互作用的同时,通过各种通信介质,以一个公共的、基于消息的控制规程与其它的智能节点进行通信联络,当控制网络中存在几种不同的通信介质时可以通过路由器(router)互连,LonWorks 控制网络可以通过网关与其它网络相连构成复杂、庞大的 FCS(fieldbus control system)网络系统^[2]。对于简单的信息路由,LonTalk 协议定义了域、子网、节点这种递阶结构。通道是 LonWorks 信息传输的物理介质,每个节点物理上连接一个通道,通信媒介可以是 LonWorks 支持的各种介质。域是一个或多个通道上节点的逻辑组合,位于同一个域中的节点之间才能进行通信。子网是域中节点的逻辑组合,子网中的节点不能用路由器来连接。计算机通过专用的网络接口卡和 LonWorks 总线连接,用户应用程序可以通过 LonManager DDE 服务器或专门开发的 Drive(硬件驱动程序)和底层进行动态数据交换。图 1 是 LonWorks 的网络结构示意图。

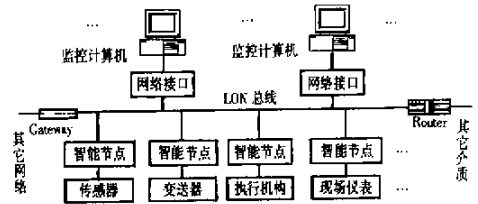


图 1 基于 LonWorks 的现场总线网络结构

2 模糊控制器的设计

2.1 控制器的一般结构

模糊控制器的基本结构如图 2 所示,如果将其中的模糊控制器当作一个常规控制器,则它与一般的控制系统毫无差别。模糊控制器由模糊化接口、知识库、推理机和模糊判决接口 4 个基本单元组成^[3]。

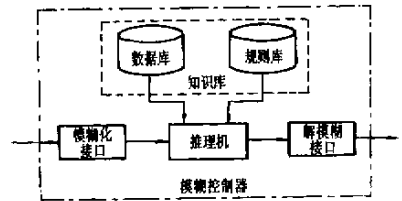


图 2 模糊控制器的基本结构

模糊化接口负责把模糊控制器输入变量的数值映射到一个合适的论域范围中,使精确的输入数据变换为适当的语言值或模糊集合的标识符。知识库由数据库和语言控制规则库组成,数据库为语言控制规则的论域离散化和隶属函数提供必要的定义,语言控制规则标记控制目标和领域专家的控制策略。推理机根据模糊输入和模糊控制规则,模糊推理求解模糊关系方程,获得模糊输出。模糊判决接口起到模糊控制的推断作用,并产生一个精确的或非模糊的控制作用。

2.2 节点控制器的设计

LonWorks 系统的开发工具有多种可供选择,现选用美国 DGS 公司的 Vcontrol 作为开发平台来进行节点功能的设计。Vcontrol 是一种图形化的组态工具,它集成了多种常用的简单功能模块,并允许用户制作自定义模块,这些模块的有机组合即构成了具有不同功能的复杂系统。

笔者充分利用 LonWorks 的分布式节点控制的优点,使用两个节点来共同完成一个模糊-PID 控制器的功能,这一方面是由于一些节点产品只单一地设计了模拟信号的输入或输出功能;另一方面是由于每个节点的存储器空间有限,所能提供的网络变量个数也有限。采用模糊-PID 控制器是由于单纯的模糊控制

器不能消除设定值与被控量之间的稳态余差。节点中的控制器一般采用一些简单实用的控制算法,过复杂的算法一方面不可靠,另一方面增加了底层 CPU 的计算量,加重了网络通信的负担,使系统的实时性、可靠性下降,因此这里采用了模糊控制中最简单、成熟的查表式控制算法。这里的模糊 - PID 是采取分阶段控制的思想设计的,当 $|E(n)| > \beta$,即设定值与被控量之间的偏差较大的时候,采用模糊控制,利用模糊控制的类似于人的启发式控制的优点,大幅度地调整控制量,加快偏差绝对值的减小;当 $|E(n)| \leq \beta$,即偏差较小的时候使用 PID 控制,利用 PID 控制中的积分作用消除系统的余差。 β 值的选取应根据具体对象及要求确定, β 值过大,体现不出模糊控制的优点,过小有可能落在系统的残差范围之内,使 PID 控制不起作用。在系统中 β 是一个可灵活设置的参数。另外适当地设置 β 还可以使控制器成为单纯的模糊、或 PID 控制器。图 3 是用 Vcontrol 针对 SVT_8034 和 SVT_0432 两种型号的节点进行系统设计的模块配置图,其中 SVT_8034 带有 8 路 A/D 通道,SVT_0432 带有 4 路 D/A 通道。

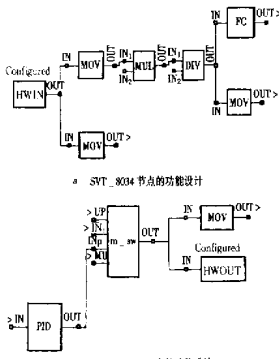


图 3 用 Vcontrol 对两种类型的节点进行功能设计

图 3 a 中的 FC 模块为自定义模糊控制模块, MUL、DIV 为乘法和除法模块,它们用于量程的变换, MOV 为通用数据类型转换模块。图 3 b 中的 PID 为自定义 PID 控制模块, m_sw 为自定义多路切换开关模块,用于实现模糊控制/PID 控制、手/自动、上/下位机的无扰动切换。这三种自定义模块的功能都是通过 Neuron C 语言的编程来实现的,实际中为了克服 Neuron Chip 芯片对 RAM 空间的限制,必须将模糊控制表存放在 Flash

Rom 中。图 3 中的 HWIN 和 HWOUT 分别是输入输出接口模块,它通过相应的接口驱动程序完成对节点硬件 I/O 端口的驱动。节点 8034 中 FC 模块的输出 OUT 通过网络变量与节点 0432 中 m_sw 模块的输入 INF 相连接;节点 8034 中最右边 mov 模块的输出 OUT 也通过网络变量与节点 0432 中 PID 模块的输入 IN 相连接;节点 0432 中 m_sw 模块的输入 UP 和 MU 分别通过网络变量接收来自上位监控机的高级算法控制和手动控制。图 3 中凡是输入输出名称后带有“<”标记的,都表明它是通过网络变量来进行信息传输的。控制效果如图 4 所示。

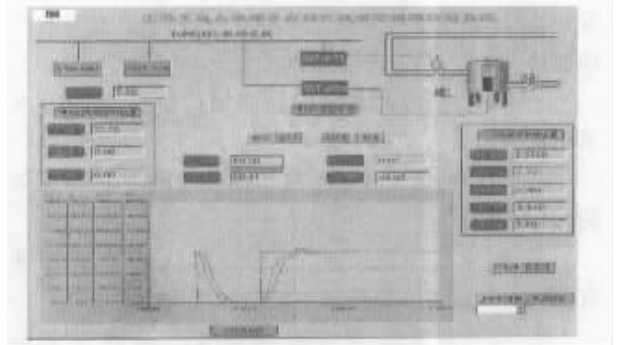


图 4 采用模糊 - PID 进行现场节点控制的效果

笔者采用 Intellution 公司的 FIX-Dynamics 工控软件作为上位监控机的开发平台, FIX-Dynamics 是 Intellution 公司在 FIX-6.1 版本的基础上开发出的一套具有全新思路的优秀工控软件,它除了具有通用工控软件的各种功能外,还集成了 VBA 开发环境,并允许通用 Active X 的嵌入,正是这种对 OLE 容器的支持,才可以将各种高级算法以 Active X 控件的形式连入 FIX 系统,进行基于上位机的各种高级控制和优化操作。图 4 是采用 FIX-Dynamics 工控软件开发的模糊控制系统的其中一幅界面,它展示了模糊 - PID 控制器的控制效果。被控对象为一个近似的一阶纯滞后环节,其参数为 $T = 4s, K = 1, \tau = 2s$ 。控制器的相关参数如下: $T = 0.05s, T_i = 0.1, T_d = 0.5, K_p = 2, K_d = 1.0, \beta = 10$ 。偏差论域 $[-30, +30]$, 偏差变化论域 $[-6, +6]$, 控制量论域 $[-6, +6]$ 。当偏差小于 10 的时候,由模糊控制切换成 PID 控制,最终 0.1 左右的余差与信号采集端 A/D、D/A 卡的零漂不同有关。

如将 β 设为 0,则模糊 - PID 控制就等同于单纯的模糊控制,而这时系统的稳态余差约为 1.0,已超出了 A/D、D/A 板零漂的数量级。采用模糊 - PID 控制后系统进入稳态的时间缩短,且基本消除了系统的稳态余差。图 4 中 2 条斜升曲线左边的为控制量,右边的为被控量输出。这里模糊控制的输入、输出变量的论域

均被分成了 13 档,即共使用了 169 条控制规则。另外纯模糊控制有时会产生极限环震荡现象,这是由于输入量的模糊化和输出量的解模糊等因素使系统具有多值继电器特性而引起的,而前面使用的模糊-PID 能够有效地克服这种现象。

2.3 监控机中模糊控制器的设计

将图 4 中的上位机/节点控制开关切换到上位机控制状态,即可以进行基于上位机的高级过程控制。这里利用 FIX 的 OLE 容器功能,首先将各种模糊控制算法写成 C 语言动态连接库的形式,然后用指定的 Active X 控件进行调用,最后将这种 Active X 控件嵌入到 FIX 系统中,使得对各种模糊算法模块的调用就象调用 FIX 平台中自己固有的各种模块一样方便、容易。

图中“上位机控制”按键下面的模糊控制算法显示栏中目前共存入了 4 种算法,它们分别是:基本查表法、三角型隶属函数法、高斯型隶属函数法及可变论域三角型隶属函数法。其中查表法的输入、输出论域的划分均为 13 档,其余算法的输入、输出论域均为 7 档。根据具体需要还可以允许用户加入一些新的算法,以不断充实算法模块库,用户只需要将自己的算法编制成 C 语言动态连接库的形式即可。

在运用三角型隶属函数构造模糊控制器的过程中,最初一般采用等距化,后来实践中发现在系统即将进入稳态时,控制器的输出量对控制精度会产生很大的影响,于是人们将论域区间中靠近零值的地方分得很细,在区间的两头分得较稀疏,这样既限制了模糊规则表的膨胀,又保证了控制的精度。但这种人为的或稀或密的划分,需要一定的实际经验,能够保证的精度也有限,这样自然而然地产生了在控制进行过程中动态改变论域区间大小的想法,即可变论域法。

众所周知,控制效果的好坏与模糊控制规则表关系很大,但依据同样水平的模糊控制规则表如何通过合理的插值而获得较好的控制效果,则一直是人们在这一领域致力研究的问题。“可变论域^[4]即是其中一种很好的控制方法,它的具体思想是这样的:即在规则形式(形状)不变的前提下,论域随着误差变小而收缩(当然亦可随着误差增大而膨胀)。以误差论域 $-E, E$ 为例,可在 E 之前乘一个“伸缩”因子 $\alpha(x_e)$,其中 x_e 为误差变量, $\alpha(x_e)$ 为 x_e 的连续函数,文献[1]给出了关于 $\alpha(x_e)$ 的一种形式的另一种形式: $\alpha(x_e) = 1 - e^{-kx_e^2}$ 。

使用中应注意不能无限制地对论域进行压缩。因

为当某一输入变量等于零时, $\alpha(x_e)$ 就会等于零,这样就会使论域区间等于零,而这在变量模糊化的运算中是不允许的。笔者采取的解决办法是:设置输入输出论域的下限。即当论域压缩至一定程度时,就不允许其再压缩下去,而将这时的论域边界取为下限值,这样就使得控制器可以在一个较小的范围内对系统进行精细的调节,可以根据论域的最大量程范围确定一个相对合适的下限值。使用可变论域法后,可以允许将论域区间初始值设得大一些,因为以后随着控制的进行,这些论域区间值会得到修正,而初期一个较大的论域区间值,可以使系统的上升时间加快,缩短进入稳态的时间。可变论域法是借用了控制中的常识:先粗调后微调的概念,它使得“精明的”领域专家知识不再显得举足轻重,因为只要知道了大致的控制规律,可变论域法就可以使系统满足高精度的局部收敛。它表面上虽然只有若干条初始的标准规则,但随着论域区间的不断变化,会“派生出”任意多条规则。

采用可变论域三角型隶属函数的控制效果如图 5 所示,这里共使用了 49 条模糊控制规则。采用可变论域法后,系统进入稳态的时间会缩短,控制中的阶梯感明显下降,且稳态误差大大减小。

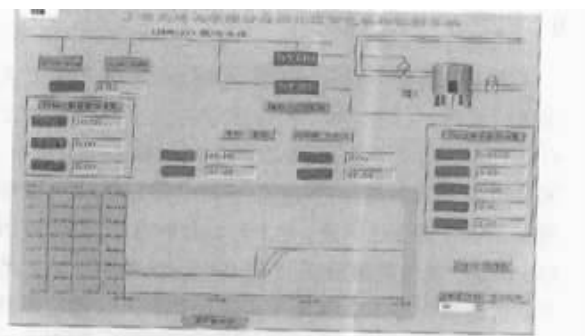


图 5 采用可变论域三角型隶属函数法进行上位机控制的效果

3 结束语

模糊控制算法繁多,不断地总结出一些简单、实用的模糊控制方法是广大模糊控制工作者的一项很有意义的工作。现场总线技术突破了过去 DCS 的一些封闭与限制,使得复杂控制系统的建立比过去方便许多,精简了控制的层次,提供了一个可靠的、开放的、数字化的网络通信系统,使用户可以将更多精力放在控制算法的设计上。总之,它给用户提供了一个灵活设计各种应用系统的空间。

参考文献

- 1 陈懿.以 LonWorks 技术为核心的现场控制系统.1998(5)35~40

- 2 Motorola. LONWORKS technology device data , Q2/97 DL159 REW3
- 3 诸静,等著 模糊控制原理与应用,北京 机械工业出版社,1995
- 4 李洪兴. Fuzzy 控制的本质与一类高精度 Fuzzy 控制器的设计. 控

基于声发射技术的管道泄漏检测系统

The Pipeline Leakage Detection System Based on Sonic Transmission Technology

李光海¹ 王 勇² 刘时风²

(广州市锅炉压力容器监察检验所¹, 广州 510080, 清华大学工程系², 北京 100084)

摘 要 根据管道泄漏时产生声发射信号的现象,构建了一种管道泄漏与泄漏点定位的检测系统。重点介绍系统软、硬件设计中的关键问题及其解决方法。现场测试表明,该系统在泄漏的识别和定位上有着良好的效果。

关键词 泄漏检测 管道泄漏 声发射

Abstract According to the phenomenon of sonic transmission caused by pipeline leakage a detecting system of pipeline leakage and the location of the leakage point is structured. The keypoints and the solutions in design of hardware and software are emphasized. The field test shows that the excellent results on leakage detection and location are provided by the system.

Key words Leakage detection Pipeline leakage Sonic transmission

0 引言

管道输送是与铁路、公路、水运、航运并列的五大运输行业之一,它作为一种特殊设备越来越广泛用于石油、化工、冶金、电力行业及城市燃气和供热系统中。随着经济的发展,管道数量在不断增加,据统计,我国现有长输管道 300 多条,约 2 万 km,集输管道约 20 万 km,城市内燃气管道分别为 35 000km、5 700km,工厂的工业管道就更多了。因此大力发展和普及管道检测技术十分必要,国内外都致力于采取补救措施,研究灵敏而可靠的管道检测方法,以求及时发现问题,进行抢修处理,从而减少事故带来的损失。当前国际上通行的,对运行中的管道检测和评定技术大致可分为三个方面,即:①管道壁厚及其内部状态的检测技术;②管道壁厚或流体污物含量监测技术;③泄漏检测技术。其中对于管道而言,因为泄漏产生的损失和危害最大,所以研究一种快速灵敏的管道泄漏检测技术和仪器显得越来越重要。对管道是否泄漏进行判断和漏点定位是管道泄漏检测中两项关键技术,只有快速准确地判断泄漏与否并能确定漏点位置,才能及时采取措施,减少损失。现有泄漏检测方法,如负压波法^[1]等都难以对已经存在的微量泄漏进行快速准确地判断和对泄漏源的准确定位。

1 声发射泄漏检测的原理

管道泄漏产生的声发射信号是广义的声发射现象,与传统意义上的声发射研究不同,因此建立一个合适的管道泄漏检测的模型是解决管道泄漏检测的核心。管道产生泄漏是因为管道因材料腐蚀老化或其它外力作用产生裂纹或者腐蚀孔,管道内外存在压力差而使管道中的流体向外泄漏的现象。其中流体通过裂纹或者腐蚀孔向外喷射形成声源,然后通过和管道相互作用,声源向外幅射能量形成声波,这就是管道泄漏声发射现象。通过仪器对这些因泄漏引起的声发射信号进行采集和分析处理,就可以对泄漏及其位置进行判断。通过对管道泄漏的判断和对泄漏点定位的方法和原理的探讨,笔者设计了一个基于新的方法和理论判断和定位系统以提高判断的准确性和泄漏定位的精度。由于工程现场背景噪声非常复杂,其包含复杂分布的噪声,而且系统本身中的电子器件也将引入噪声,如电磁噪声、热噪声等,所以需要通过先进的数字信号处理技术,降低系统的虚警率,提高系统对泄漏的识别率。课题的关键在于:①设计合适的声发射系统对泄漏 AE 信号进行可靠和稳定的捕捉;②采用合理的信号处理方法和泄漏源的定位算法。