

用单片机数字调节器实现调节阀智能化

李平康 刘拓

(北京电力专科学校)

〔摘要〕 对传统调节阀原理特性及其使用中存在问题进行了分析,采用伺服放大器功能软件化的思想,得出一种利用系统参数辨识方法求取阀门工作流量特性,并利用该特性实现调节阀智能化的方案。对该方案的硬件实现及软件功能进行了介绍。

关键词 单片机数字调节器 系统参数辨识 调节阀智能化

1 引言

目前,自动化应用领域中微机技术的应用研究仍不平衡。在检测、调节和执行这三大功能块中,对调节功能的研究进展较快,并已取得了很多成果。微机技术在检测领域中也得到了广泛应用,而在执行部件中的应用研究却不多。如图1所示的自动调节系统,至今仍为60年

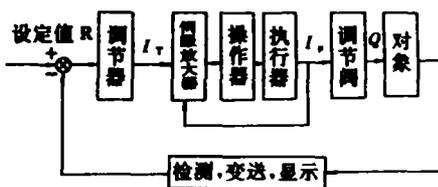


图1 自动调节系统简图

代以来所采用的单元组合模式。工业部门中采用的执行器大多数仍为DDZ-I系列的DKJ或DKZ型,伺服放大器的改进也未脱出单元功能组合的框框^{〔1〕}。尤其是自动调节阀

门,常因漏流、卡涩及调节特性变化,影响自动调节系统的正常投运。本文针对这一现状,探讨应用微机技术对传统的执行部分,尤其是对调节阀进行更新改造的可行方案。

2 自动调节阀特性及改进可行性

2.1 调节阀工作原理及特性

调节阀属于“节流式调节机构”,从流体力学观点看,它是一个局部阻力可以变化的节流元件。对不可压缩流体,由流体的能量守恒原理可知,调节阀上的压差(即阻力损失)为

$$h = \xi \cdot v^2 / 2g \quad (1)$$

式中, ξ 为阀门阻力系数,它可通过改变阀芯行程来改变; g 为重力加速度;而 v 为流体平均流速,

$$v = Q/F \quad (2)$$

收稿日期 1992-05-12

收修改稿 1993-01-25

本文联系人 李平康 男

副教授 100044 北京西直门外北下关

式中 Q 为流体的体积流量, F 为阀门节流截面积。又因调节阀上的压差 h 可以表示为

$$h = (P_1 - P_2) / \gamma \quad (3)$$

式中 P_1 为阀前压力, P_2 为阀后压力, γ 为流体重度, 故综合式(1)~(3)可得:

$$Q = F / \xi \cdot \sqrt{(P_1 - P_2) \cdot 2g / \gamma} \quad (4)$$

现今各种调节阀都是在假定 F 一定, 压力差 $(P_1 - P_2)$ 不变时, 流量 Q 就仅随阻力系数 ξ 而变化这一原理下工作的。

当将阻力系数 ξ 用阀门开启度 μ 或阀门阀位反馈电流 I 来表示时, 流量 Q 与 μ 或 I 的关系就是阀门的调节特性, 记作

$$Q = f(\mu) \text{ 或 } Q = f(I) \quad (5)$$

常用的调节特性有下述四种:

(1) 直线型 $Q = [1 + (R - 1) \cdot I] / R \quad (6)$

(2) 对数型 $Q = R^{(I-1)} \quad (7)$

(3) 快开型 $Q = [1 + (R^2 - 1) \times I]^{1/2} / R \quad (8)$

(4) 抛物线型 $Q = [1 + (\sqrt{R} - 1) \times I]^2 / R \quad (9)$

式中 Q 和 I 分别为相对流量和相对电流值, 均用归一化的百分数表示, R 为可调比, 亦最大可用流量 Q_{max} 与最小可调流量 Q_{min} 之比:

$$R = Q_{max} / Q_{min} \quad (10)$$

为实现上述各调节特性, 阀芯曲面被制成各种形状, 图2示出了这四种特性调节阀的阀芯曲面形状及其调节特性曲线。实际应用中, 由于调节阀前后压差的改变, 或式(4)中重度 γ 的变化, 运行磨损引起截面积 F 的

变化, 都使调节阀特性随之变动。常见的是在阀门接近关闭时出现“死区”在接近全开时出现“饱和”, 以及出现“变差”等。阀门的这种实际运行特性即“工作流量特性”是影响自动投运的主要因素。

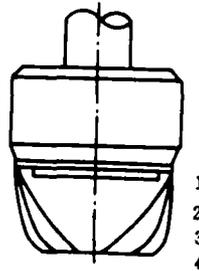


图2 (a) 阀芯曲面形状

- 1. 快开流量特性的曲面
- 2. 直线流量特性的曲面
- 3. 抛物性流量特性曲面
- 4. 等百分比流量特性的曲面

2.2 调节阀智能化的必要性与可行性:

传统的调节阀属于纯机械装置, 即纯硬件结构, 每一种具体结构的调节阀只能相应于一种固定不便的阀特性, 未给设计人员和使用者留下任何灵活处理的可能性。

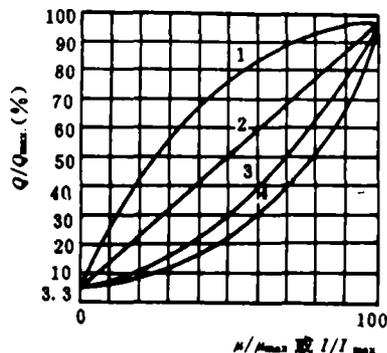


图2 (b) 理想流量特性曲线

- 1. 快开流量特性
- 2. 直线流量特性
- 3. 抛物线流量特性
- 4. 百分比流量特性

从图 2 可知,四种常用的调节阀的阀特性差异甚大,在阀的最佳运行点(阀门开启度约为 50%~60%)附近,不同结构调节阀的相对流量的最大差异可达 50%以上,最小差异也有 (15~20)%。因此,无论是设计部门在设计自动控制系统时选用调节阀不当,或是由于被控对象在长期运行后改变了动力特性,或阀门自身结构参数变化(由于磨损冲刷等引起),都将导致阀门特性不当使控制系统失常,甚至无法工作。当前解决此困难的办法是更换调节阀,这不仅费钱费时,而且还常引起生产过程停顿或计划性停产检修。

实际应用中为改善调节阀性能,常在调节阀前,伺服放大器后加入函数发生器,以修正调节器电流 I_r 与阀门流量 Q 的对应关系。但用这种修正法并不能得到满意结果,因为函数发生器参数难以确定,其修正也多为折线函数关系。文献[2]提出了一种将单片机应用到电—气转换器(对气动执行器),以改善调节阀回路性能的方案。这种将调节阀与其调节回路中各部件整体考虑的思想,是使调节阀获得智能化的关键。无论何种调节系统,最终都是以执行部分即调节阀为基本回路单元,实现调节任务。以该基本回路单元为基础实行动能集中,减少该回路中硬件数目以提高可靠性,正在成为目前机电一体化的发展方向。文献[3]对此提出了将伺服放大器功能用单片机数字调节器软件取代的方案,用单片机输出的断续脉冲信号(PWM)经光电隔离后触发可控硅(或固态继电器 SSR),直接带动 DKJ 或 DKL 类执行器。应用这种伺服放大器软件化的思想,调节阀智能化就成为可能。亦可通过软件设计,使阀门流量 Q 与调节器输出电流 I_r 间的关系符合实际所需要的特性。

在图 1 中,设阀门特性 $Q = f(I_v)$ 已由生产部门确定,或由采用结构简单的蝶阀等生成,因 $I_v = G(I_r)$ 由原伺服放大器回路的纯

比例特性变成了可由软件编制的可任意实现的函数,故若需实现式(6)~(9)的阀门特性时,只需将

$$Q = f(I_v) = f[G(I_r)] \quad (11)$$

与式(6)~(9)相对应即可。对应于直线型特性(6),应有:

$$f[G(I_r)] = [1 + (R - 1) \cdot I_r]/R \quad (12)$$

设 f 的逆函数 $f^{-1}(I_v)$ 存在并用 $F(Q)$ 表示,则函数 $G(I_r)$ 为

$$\begin{aligned} G(I_r) &= f^{-1}\{[1 + (R - 1) \cdot I_r]/R\} \\ &= F(Q) \end{aligned} \quad (13)$$

同样可得对式(7)~(9)的关系式

$$I_v = G(I_r) = F(Q)$$

应当指出,式(13)给中和关系“说明调节系统中将伺服放大器功能软件化时,不管原阀门特性怎样,原则上都可得到所需的新的阀门特性,使原有阀门智能化。

3 阀门特性辨识方法

调节阀智能化的关键之一是求取阀门的工作流量特性函数 $f(I_v)$ 或其逆函数 $F(Q)$ 。由于阀门的惯性与被控对象相比一般很小,故常可将阀门看作比例环节,阀门的工作流量特性就是该环节的静态特性。由式(4)可知流量 Q 不仅与阀门开度 I_v 有关,而且与压差 ΔP 、及重度和面积都有关。但为简便起见,下面只考虑与压差 ΔP 有关的情形。即对于

$$I_v = f^{-1}(Q, \Delta P) = F(Q, \Delta P) \quad (14)$$

应通过在线采集的 N 组数据 $(I_{v1}, Q_1, \Delta P_1)$, $(I_{v2}, Q_2, \Delta P_2) \dots (I_{vn}, Q_n, \Delta P_n)$, 拟合出一条静态曲线满足(14)。

不失一般性,假设(14)的函数 F 为多项

式形式,即

$$I_n = I_0 + \sum_{i=1}^n q_i \cdot Q^i + \sum_{j=1}^m P_j \cdot \Delta P^j \quad (15)$$

式中 n 和 m 分别为该二元多项式的阶次, q_i 和 P_j 分别为多项式的系数。为便于在线递推求解,我们将该式化为标准最小二乘法的形式,即令参数向量 X 为:

$$X = [I_0 q_1 q_2 \dots q_n P_1 P_2 \dots P_m]^T \quad (16)$$

数据向量 a 为:

$$a_K = [1 Q_K Q_K^2 \dots Q_K^n \Delta P_K \Delta P_K^m] \quad (17)$$

将式(15)改写成

$$I_{nK} = a_K \cdot X + V \quad (18)$$

式中 K 为采样时刻, V 为自噪声误差。

显然,当测量数据点数 N 满足

$$N + \geq m + n + 1 \quad (19)$$

时,式(18)可得出唯一的一组最小二乘法解 X 。有关该式的在线递推求解算法可参见文献[4]。

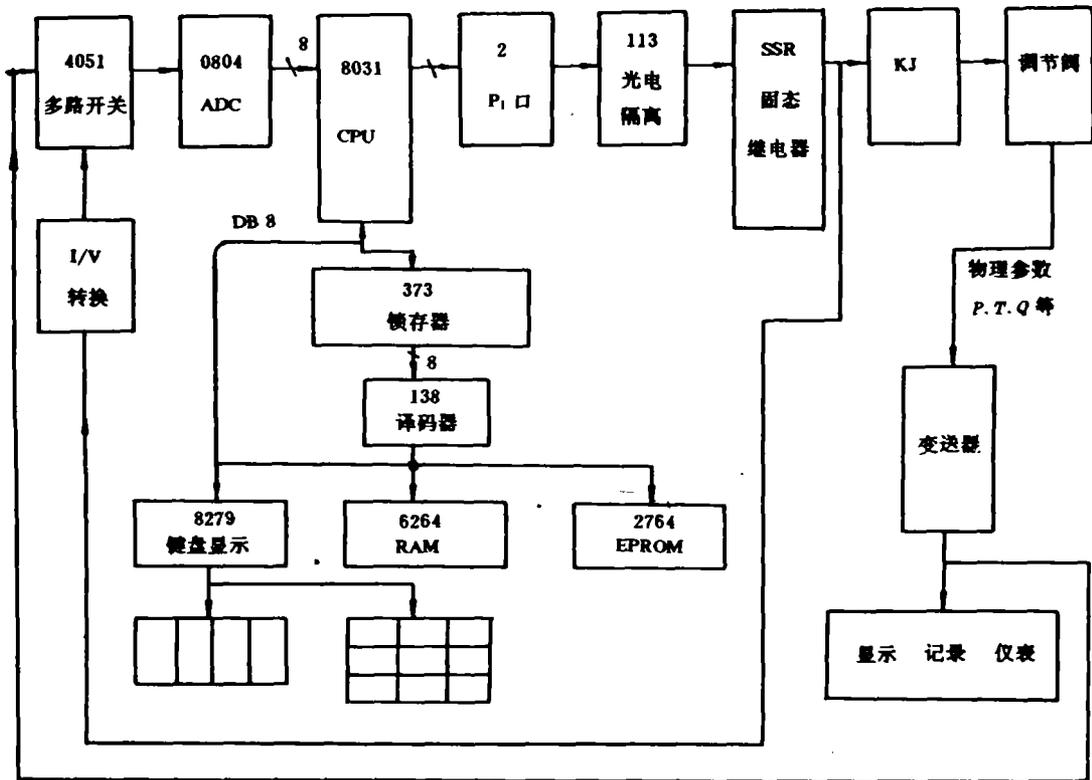


图 3 硬件原理图

4 调节阀智能化的实现方案

4.1 硬件电路

图 3 为用 Inter 8031 单片机实现调节阀智能化的硬件电路原理图。由 8031 单片机与 74LS373 地址锁存, 74LS138 译码, 6264RAM, 27128EPROM 构成基本系统, 可编程键盘显示器接口芯片 8279 采用译码方式, 直接管理 4 位 LED 显示器和 4×4 小键盘, 实现单片机系统的人机对话功能, 用于修改参数及运行方式等。调节对象的参数经变送器后除供现场操作员监视用而送显示仪表外, 转变成 0~5 V D. C. 信号, 经多路开关 4051 至 A/D 转换器 ADC 0804, 变成数字量进入单片机运算。由于该调节系统取代了磁

放大器, 故执行器的阀位指示电流信号 0~10 mA D. C. 也经电流电压转变成 0~5 V D. C., 送 4051 后由 8031 软件进行处理。

单片机处理后的输出信号, 采用 P₁ 口直接输出的 PWM(脉宽控制)方式, 经光电隔离器 113 驱动后, 开关固态继电器 SSR, 带动执行器电机转动, 从而启闭调节阀。P₁ 口输出的二位信号, 采用图 4 的连接方式, 变成能可靠开关 SSR 的三位式信号, 并且具有互锁功能, 保证两个 SSR 不会同时导通, 从而保证了执行器电机的安全。固态继电器 SSR 采用过零触发型的, 对执行器电机的调节平稳可靠^[3]。其它有关单片机系统的特点(如抗干扰的“看门狗”技术, 电源及复位等), 请参见文献[5]。

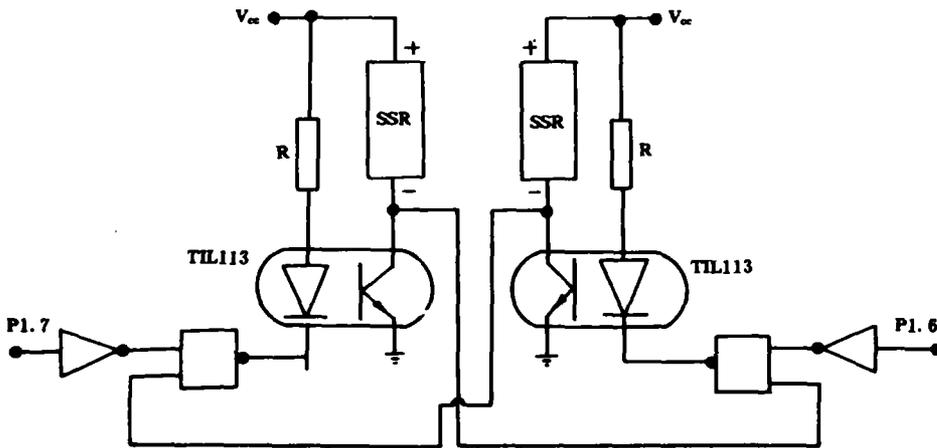


图 4 输出互锁电路

4.2 软件设计

图 5 是我们早期研制的单片机数字调节器^[3]的软件算法框图, PID 算法的位置输出

值 I_r 阀位反馈值 I_f 由软件进行比较, 差值大于不灵敏区 δ 时输出数字量信号, 控制 SSR 导通时间, 使电机正转或反转以消除调节偏

差 e 。该方案只是在常规 PID 数字调节器基础上, PID 的输出经与阀位指示值比较从而

取代了伺服放大器功能, 直接驱动执行器电机转动, 所调节的阀门仍为原工作流量特性。

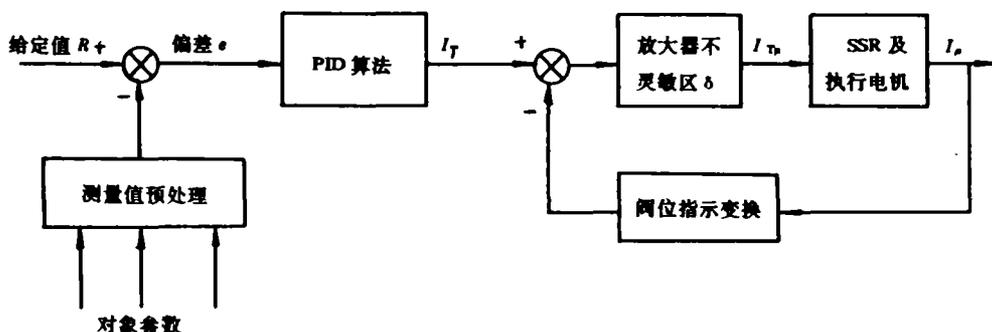


图5 软件计算简图

欲要调节阀按所要求的特性工作时,需对上述的单片机数字调节器算法作如下修改:

4.2.1 定时调作在线辨识程序,根据测量值 Q , ΔP 和 I_n ,按式(18)求得在线特性参数 X ,亦得到函数关系 $I_n = F(Q, \Delta P)$;

4.2.2 根据 PID 运算值 I_T ,按所希望的调节阀特性,由公式(6)~(9)的计算程序得到与 I_T 对应的 Q 值;

4.2.3 将上步得到的 Q 值及测量值 ΔP 代入第一步求得的关系式,得到调节器的阀门指示输出 I_{Tn} ,由该 I_{Tn} 值经 SSR 驱动电动执行阀门启闭任务。

在程序编制中,我们采用了上海复旦大学开发的 SICE-III 型单片机开发装置,采用 BASIC 高级语言与 8031 汇编语言混合编程的方法,使软件易编易读易修改,并大大缩短了软件编制周期。

5 结束语

调节阀智能化的设计应用是微机应用中很有意义的课题,也是实际工业部门中急待解决的问题之一。本文所述调节阀智能化的方案,有以下特点:能使现已运行的调节阀具有所需的工作流量特性;可在线改变阀的特性;可为阀门的安全经济运行提供指导等。还具有可用结构简单的普通阀门来代替阀芯曲面复杂的调节阀等优越性。这将会给阀门的生产和运用,及自动控制系统性能的提高等带来有益的帮助。

参 考 文 献

- 1 王广西. 电子式伺服放大器的设计与试验. 自动化仪表, 1988(7)
- 2 董春利. 单片机在调节阀功能扩展方面的应用. 微计算信息, 1991(1)
- 3 李平廉. 电站热工数字调节系统的优化设计与实现. 华北电力技术, 1991(11)
- 4 韩光文. 辨识与参数估计. 北京, 国防工业出版社, 1984年
- 5 何立民. 单片机原理与接口应用. 北京, 北航出版社, 1989年

pitting corrosion, fatigue strength, testing

(206) Static Analysis of a Gear Box Case Body Ke Jinhe ,You Guoying (*Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute*)

By the use of a finite element method the authors have calculated the stress and rigidity of a main reduction gear box case body for a certain type of cement mill. Under the three conditions, namely, sole weight, support reaction, combination of sole weight and support reaction, an analysis is made of the effect of case body strength and rigidity on the gear operation when the case body is of a hinged support, of a fixed support and also of different plate thickness. preliminary conclusions are given in this paper. **Key words:** *gear box case body, finite element method, static analysis*

(212) Several Tentative Ideas Concerning the Automation of a Navel Vessel Electrical Power System Sun Shifeng, et al (*Harbin Marine Boiler & Turbine Ressearch Institute*)

Taking into account the actual conditions of a naval vessel and the state-of-the-art automatic control technology, the authors have come up with several tentative ideas for the realization of automatic control of an electrical power system for a naval vessel. **Key words:** *microcomputer, integrated distribution control, electric generator, patallel installation*

(216) The Implementation of an Intellectualized Regulating Valve with the Help of a Single-chip Device Digital Regulator Li Pingkang, Liu Tuo (*Beijing Electrical Engineering Technical School*)

An analysis is made of the traditional regulating valve characteristics and the problems detected during its use. Based on the realization of servoamplifier functions by way of a software the authors proposed a method for the determination of valve working flow rate characteristics by means of system parameter identification. By utilizing the above-cited characteristics an intellectualized regulating valve can be realized. This paper also describes the hardware implementation and software function of the above approach. **Key words:** *single-chip device digital regulator, system parameter identification, implementation of an intellectualized regulating valve*

Edited and Published by Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute and Editorial Staff of this Journal	Cable: 6511, Harbin, China Post Code Number 150036 ISSN1001-2060 Periodical Registration: CN23-1176/TK
Printer: Printing House of Harbin Institute of Technology	Distributed by China International Book Trading Corporation,
Address: P. O. Box 77, Harbin China	P. O. Box 399, Beijing, China