

用模糊控制和变频调速实现恒压供水

郎 朗，崔 祎，陈跃东

(安徽工程科技学院电气工程系 安徽 芜湖 241000)

【摘要】为实现水泵运行节能和有消防保障的恒压供水，分析了水泵调速系统原理。以单片机模糊控制器、变频器和3台主泵为核心，设计出供水控制系统结构，同时介绍了调试中的关键经验。该系统节能效果明显，设计思路和接口技术可为同类供水系统的技改提供借鉴。

关键词 恒压供水；模糊控制；变频调速系统；消防

中图分类号 TP311.132.4 文献标识码 A

Implement of Water Supply with Constant Pressure by Fuzzy Controller and Variable Frequency Variable Speed Drive System

Lang Lang, Chui Yi, Chen Yuedong

(Dept. of E.E. Anhui Univ. of Technology and Science Anhu Wuhu 241000)

Abstract In order to save energy in operation of pumps and ensure water supply with constant pressure and use for fire control, the principle of saving energy of pump in variable frequency variable speed drive system was analyzed. The system structure was designed with fuzzy controller, variable frequency variable speed drive system and three main pumps as core. Some debugging experiences were introduced. This system are obvious effect in saving energy and its idea for design, interface technique may be used for reference for technique reform in analogy water supply system..

Key words water supply with constant pressure; fuzzy controller; variable frequency variable speed drive system; fire control

目前国内多数企业仍使用传统的恒速泵组切换加压供水方式，其水压不稳而且浪费电能。我国每年水泵消耗的电能约占电能总消耗量的20%以上，而电能消耗又占水费成本的60%以上，故优化对水泵的控制，具有重要的意义，文献[1,2]曾做过有益的探索。

1 水泵运行特性分析

水泵的流量与其转速成正比，水泵的扬程(即水压)与其转速的平方成正比，水泵的轴功率与其转速的立方成正比，当电动机与水泵直接连接时，电动机的轴功率

$$S = \frac{rQH}{h} \times 10^{-3} \quad (1)$$

式中 r 为流体密度； Q 为水泵的流量； H 为水泵的扬程； h 为水泵的效率。

收稿日期：2003-01-30

基金项目：安徽省“十五”科技攻关基金资助项目(01012045)

作者简介：郎朗(1957-)，女，硕士，高级实验师，主要从事自动控制与检测方面的研究。

2 供水系统设计

2.1 供水系统方案

企业生产用水量波动较大，白天市政供水压力偏低，夜晚市政用水低谷期水压可满足生产要求。据此工况，设计的供水系统方案如图1、2所示。为保障消防用水，该方案包含恒压供水和消防供水两个子系统。

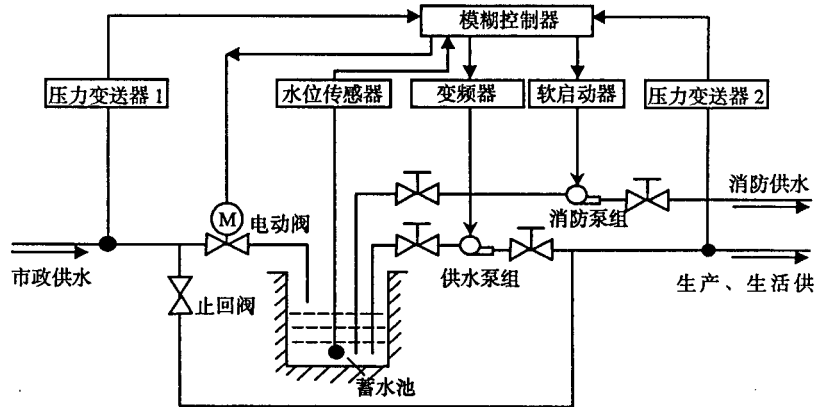


图1 供水系统方案

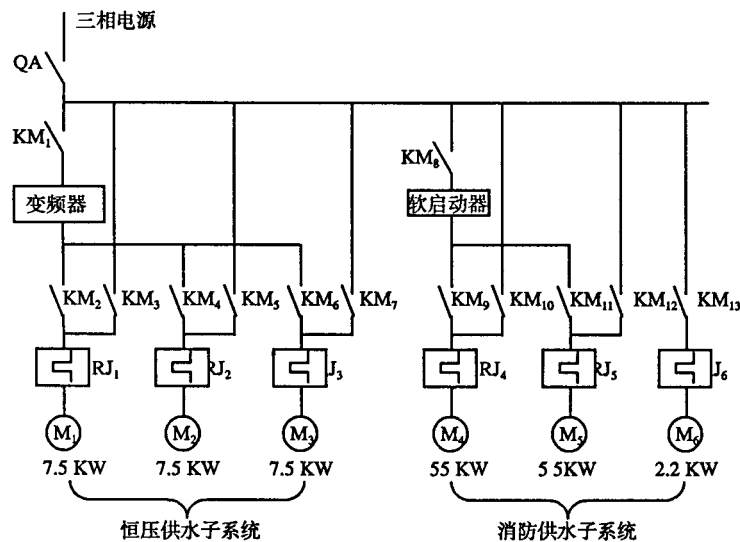


图2 供水系统主电路图

2.2 恒压供水的实现

系统由3台7.5 kW水泵机组，一台西门子MicroMaster430泵类专用变频器，一台S3C8475单片机模糊控制器组成。2只压力变送器，量程为0~2 MPa，精度1.5级，输出0~10 V。当压力变送器1检测到市政供水压力 P_{in} 大于压力设定值 P_s ，且持续10 min以上时，恒压供水系统停止工作，由市政水源直接供水，而当 P_{in} 小于 P_s 且持续10 min时，则启动恒压控制系统。

根据水泵及管路的基本方程，其运行参数

$$P_0 = P_i - S_H Q_i^2 \quad (2)$$

式中 P_0 为输出水压， S_H 为并联支路的管道阻抗， P_i 、 Q_i 为某支路水泵的水压与流量，泵组输出总水量

$$Q_0 = \sum_{i=1}^3 Q_i \quad (3)$$

当某泵关机时，其 Q_i 为零。按式(2)和(3)，当用水量 Q_0 发生变化时，引起 P_0 的变化，如有一台泵由变频调速电机驱动，通过压力变送器2采集出口水压信号，经模糊控制器与压力设定值进行比较，得到偏差 e 和偏差变化率 ec ，按模糊控制规律控制PWM波的占空比，改变变频器的输出频率，以维持 P_0 恒定，这种跟踪

调节是精确而平滑的,称为细调节。如果该泵在最高转速下被驱动时(相当于已达上限频率50 Hz),在大水量输出的情况下 P_0 仍小于 P_s ,此时将自动切换为两泵并联运行,原泵改为由电网直接供电,另一泵则由变频调速方式供电以实现输出水量波动时使水压恒定。另外在并联运行时,如果变频调速驱动泵在最低转速状态下(相当于已达下限频率25 Hz) P_0 仍大于 P_s ,系统将自动返回到单泵变频调速运行,这种调节方式称为粗调节。粗调节共分3档,即单泵运行、两泵并联运行和三泵并联运行。在每种状态下,均保持一泵由变频电源驱动实现水压的细调节。在单泵运行或两泵并联运行状态下,根据先开先停的原则,只要任一泵连续运行超过24 h,控制器将控制该泵停机轮休,以延长泵组的使用寿命,同时另一台水泵投入运行。

水位传感器用来检测蓄水池的水位,当水位低于下限水位时,控制器打开电动阀,向蓄水池中注水;当水位高于上限水位时,控制器关闭电动阀,停止向蓄水池中注水。

2.3 消防供水系统

消防供水可靠性要求很高,如图2所示,系统由两台大功率水泵和一台小泵组成。无火险时2.2 kW的小泵能维持消防供水管路的水压,出现火情可手动投入消防运行(用户如有必要,也可设置火警自动检测、报警与启动设施),模糊控制器接到火警指令后,将完成动作:1) 打开蓄水池进水管路上的电动阀,让市政水源向蓄水池中注水;2) 关闭恒压供水系统,由市政供水水源直接提供生产生活用水,保障有足够的消防水源;3) 软启动器依次启动两台55 kW的大功率消防泵,保障灭火所需的水压。在系统中利用DS12887的日历和时钟功能,自动于每周星期一中午12时开始对两台消防泵轮流启动运行1 h,增加系统的可靠性。

3 控制器的设计

3.1 控制器的算法设计

由于供水系统的管网多变量,相互之间交叉耦合,而且水泵特性存在着非线性,所以很难建立精确的数学模型。采用工程上PID算法整定参数较难。对于难以确定数学模型和水压精度要求一般的系统,采用模糊控制算法是一种实用有效的方法。

模糊控制器采用双输入单输出的形式,以水压设定值 P_s 和实际测量值 P_0 的误差 $e(e=P_0-P_s)$ 及误差变化率 ec 作为模糊控制器的输入量,经模糊化后转化为用模糊控制语言描述的模糊集合,建立输入和输出之间的模糊控制规则^[3],然后根据控制规则采用离线方式计算出模糊控制表,存于单片机内存中,在实时控制时将复杂的推理运算简化为查表运算,提高了系统的响应速度。

3.1.1 模糊化

本系统取5个模糊集合来描述水压的误差,误差变化率和控制量即负大、负小、零、正小、正大(N_B N_S Z_E P_S P_B),并将它们的论域量化为9个等级(-4 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 +4),模糊子集的隶属函数选为三角形。在论域{-4 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 +4}上模糊集合的隶属函数分布如图3所示。

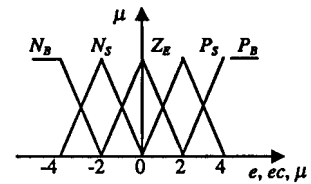


图3 隶属函数分布图

3.1.2 模糊控制规则的设计

模糊控制器的控制规则一般是基于专家和操作者的经验提出来的,据现场调节变频器控制水泵的经验及输入和输出的隶属函数得出控制规则表如表1所示,它表征了模糊系统的模糊关系为

$$\text{IF } E \text{ and } E_c \text{ then } U$$

3.1.3 模糊控制表的生成

根据模糊控制规则给出的模糊关系进行合成推理运算得出相应的模糊矢量。而被控对象只接受一个精确量,必须将模糊矢量清晰化(反模糊化),依据模糊控制规则采用min—max重心法推算出模糊控制表如表2所示。将此表存放在单片机内存中,编制一个查询该控制表的子程序,在实时压力控制过程中,单片机将采集到的管网中的水压 P_0 与压力设定值 P_s 进行比较,得到偏差 e 和偏差变化率 ec ,并乘以量化因子,经模糊化处理后直接通过查找控制表2得到所需的控制变量的论域值,再乘以比例因子去控制PWM波的占空比,并输出送给变频器,改变电机转速达到控制水压的目的。

表1 控制规则表

e	ec				
	N_R	N_S	Z_F	P_S	P_B
N_R	P_R	P_R	P_S	Z_F	Z_F
N_S	P_B	P_S	Z_E	N_S	N_S
Z_E	P_S	P_S	Z_E	N_S	N_S
P_S	P_S	Z_E	N_S	N_S	N_B
P_B	Z_E	Z_E	N_S	N_B	N_B

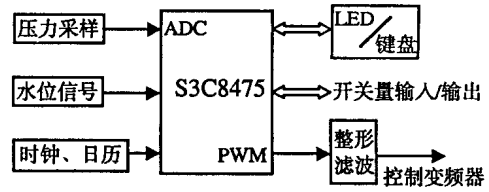


图4 模糊控制器硬件框图

3.2 控制器的实现

以三星单片机S3C8475为核心元件^[4]，它内含16KB ROM、272 bytes RAM、10×8的ADC以及2个PWM输出口。系统硬件框图如图4所示。系统软件分为若干功能模块，采用汇编语言编写，由主程序、恒压控制子程序、消防运行子程序、模糊控制子程序、显示/键盘子程序等组成。恒压控制子程序流程如图5所示。

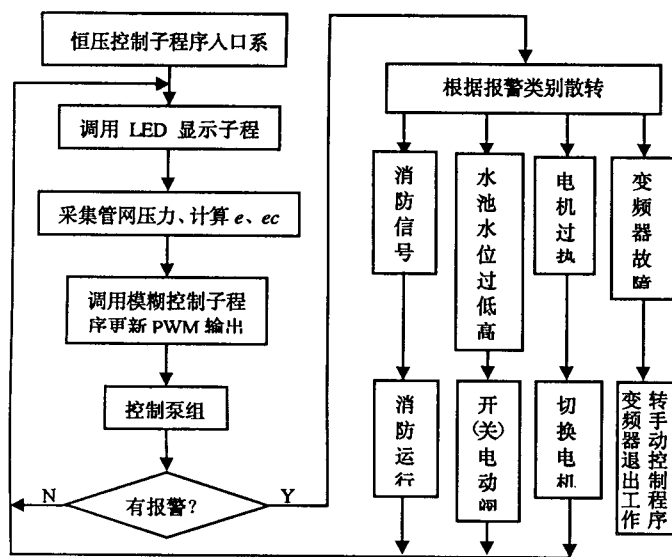


图5 恒压控制子程序流程图

表2 模糊控制表

e	ec								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
-4	4	4	4	3	3	2	1	0	0
-3	4	4	3	2	2	1	0	0	-1
-2	4	3	2	2	1	0	-1	-1	-2
-1	3	2	2	1	0	-1	-2	-2	-3
0	3	2	1	1	0	-1	-1	-2	-3
1	3	2	2	1	0	-1	-2	-2	-3
2	2	1	1	0	-1	-2	-2	-3	-4
3	1	0	0	-1	-2	-2	-3	-4	-4
4	0	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-4

4 结束语

1) 用较小的投资和开发周期实现了单片机模糊控制器控制的变频调速恒压供水，提高了供水质量，系统在恒压状态下运行时，设定值可从0.02~0.6 Mpa内任意设定，误差小于±0.01 Mpa，压力从0~0.6 Mpa的响应时间为2 min38 s。通过阀门控制和变频调速控制方式进行实际测量，节能效果显著。据可靠运行一年来的测算，节能一项已收回投资。2) 系统中水泵电机的软启动，低速运行和定时轮休，有利于延长设备的使用寿命。3) 采用模糊控制技术，避免了传统闭环PID控制参数整定复杂的弊端。4) 供水的可靠性高，即使在清洗蓄水池时也可以保证不间断供水。

该系统可直接应用于小区、高楼供水和城市的供水系统，稍加改造也可推广到供气、供风等领域，具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 李洪斌, 张承慧, 宗 军, 等. 远程供水变频调速计算机控制系统设计[J]. 电气传动, 2002, 32(1): 14-18
- [2] 朱德忠. 用PC、VVVF实现的恒压变量供水控制系统[J]. 电气传动, 2002, 32(4): 45-48
- [3] 于永权, 曾 碧. 单片机模糊逻辑控制[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 1995
- [4] 张远莉, 邓 彬. 微控制器原理及应用[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1998

编 辑 漆 蓉