

PLC 的 PID 指令在变频调速恒压供水系统中的应用

王鲜芳¹ 杜志勇²

(1 河南科技学院信息工程系, 新乡 453003; 2 河南机电高等专科学校电子工程系, 新乡 453002)

摘要 以一个生活区的恒压供水系统为例, 介绍了 S7-200 系列 PLC 内置 PID 指令和 TD200 文本显示器友好人机界面, 实现了变频调速恒压供水。

关键词 变频调速 恒压供水 PID 文本显示器

在城市高楼快速发展的今天, 以前市政供水所必需的水塔、水箱及气压给水设备, 由于水质污染及水压不足, 已经远远不能满足现代生活的需要, 给水厂的自动化改造迫在眉睫。给水厂供水要保持水压稳定在一定范围内, 但城市用水量是动态的, 白天用水量大, 晚上用水量小。如何保证供水量波动时水压恒定? 本文采用 PLC、文本显示器、变频器等组成全自动恒压供水控制系统, 根据管网压力自动调节供水流量, 使管网压力恒定。

1 恒压供水系统组成及其硬件设计

变频调速恒压供水系统构成见图 1, 由可编程控制器、变频器、水泵电机组、压力传感器、文本显示器以及接触器控制柜等构成。系统采用 1 台变频器拖动 4 台电动机的启动、运行与调速, 其中 2 台大电动机(220 kW)和 2 台小电动机(160 kW)分别采用循环使用的方式运行。通过压力传感器采样管网压力信号, 变频器输出电机频率信号, 这两个信号反馈给 PLC 的 PID 模块, PLC 根据这两个信号经 PID 运算, 发出控制信号, 控制水泵电机进行切换。PLC 通过通信口连接文本显示器, 它可以对恒压供水系统进行监测控制。

1.1 PLC 的选型

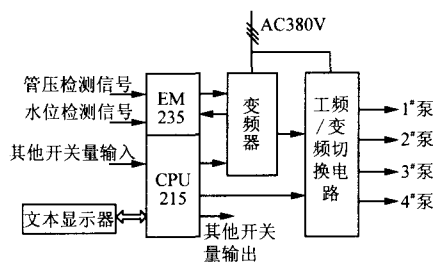


图 1 变频调速恒压供水系统组成框图

PLC 选用西门子 S7-200 系列的 CPU215, 其中的 CPU215 具有 32 位浮点运算功能和内置集成的 PID 调节运算指令, 比较适合变频调速恒压供水系统。

为了方便地将管网压力信号、电机频率信号传输给 PLC, 经比较计算后转换为相应的控制信号, 选择了 EM235 模拟量扩展模块。该模块有 3 个模拟输入(AIW), 1 个模拟输出(AQW)信号通道。输入信号接入端口时能够自动完成 A/D 的转换, 标准输入信号能够转换成一个字长(16bit)的数字信号; 输出信号接入端口时能够自动完成 D/A 的转换, 一个字长(16bit)的数字信号能够转换成标准输出信号。EM235 模块可以针对不同的标准输入信号, 通过 DIP 开关进行设置。在本系统中, 压力信号是标准电流信号 4~20 mA, 电机频率信号是 0~10 V 的电压信号。

1.2 文本显示器

供水压力和当前机组的运行状况等参数需实时显示或设定, 因此选用一台西门子 TD200 文本显示器作为人机界面。TD200 与 CPU215 连接很简单, 只需将它提供的连接电缆接到 CPU215 的 PPI 通信口即可, 不需要单独电源。该显示器用选择确认的方法最多可显示 80 条信息, 每条信息可最多包括 4 个变量; 用输入键可以方便地对过程参数进行设定和修改, 并提供密码保护功能。

通过对 TD200 进行编程组态, 可方便地进行压力上下限设定; 可在调试过程中修改 PID 的控制参数, 如增益、积分时间、微分时间等, 使 PID 运算能最大程度地满足供水系统要求; 可通过定义面板上的功能键(F1~F8), 动态显示当前蓄水池水位、管

网压力、泵运行状态及报警提示信息,便于工作人员监测。

1.3 变频器

选用了 JP6C-T9/JPZ 型 280 kW 交流变频器。该变频器输出频率范围 0.5~50 Hz,变频器输入继电器控制端口主要是 FWD 运行/停止继电器端口、BX 变频输出/超越自由运行继电器信号输入端口和输入公共端口 CM;输入模拟量 VF/IF 传感器信号变送输入端口,对输入的水压进行变频控制。

1.4 配水泵

在配水泵房中,系统的控制对象是 4 台水泵电动机,功率分别为 1[#] 160 kW,2[#] 220 kW,3[#] 160 kW,4[#] 220 kW。系统采用 PLC 的继电器输出端口,通过中间继电器实现对工作电机的变频软启动、变频调速运行、变频/工频切换以及停止运行。在实际工作中,为了延长电动机的工作寿命,要求单台电机连续工作时间不能超过 72 h,并且根据城市生活供水的时效性较强,即白天用水量大、晚上用水量小的特点,将 4 台机组分成一大一小相配合,即 1[#] 和 2[#],3[#] 和 4[#] 两组电机进行调配,在组内机组轮流循环使用。

2 恒压供水的设计思路及其功能流程图

系统开始启动时,根据预先选定的分组启动第一电机组 1[#] 和 2[#] 机。PLC 控制 4 台泵按“先开先停,先停先开”的原则循环工作。具体过程如下: PLC 先控制 1[#] 机在变频器的拖动下变频启动运行,水泵电机开始加速,压力传感器将实时管网水压信号送回 PLC 进行 PID 运算,与设定的压力值进行比较,控制变频器调节输出频率,改变水泵转速。当 1[#] 机频率达到工频 50 Hz,管网中的压力仍然低于设定压力值 P_h 时,PLC 发出信号将 1[#] 电机切换到工频运行,同时启动 2[#] 电机变频运行,并网供水。随着输出频率上升,管网压力上升达到设定值 P_h 时,变频器根据实时管网压力调整偏差。到晚上用水量下降,管网压力继续上升时,变频器的输出频率下降,降至设定输出频率最低值 f_{min} 时,PLC 发出信号使 1[#] 电机工频运行停止,保留 2[#] 电机继续变频运行。第二天早晨,当用水量上升,管网压力不足,2[#] 电机变频运行停止,1[#] 电机变频启动接入,进入第二天恒压变频供水,控制规律和第一天相同。到

第三天早晨用水量增大时,2[#] 电机变频运行停止后,3[#] 电机变频启动接入,开始第二电机组的内循环。系统的功能流程见图 2。

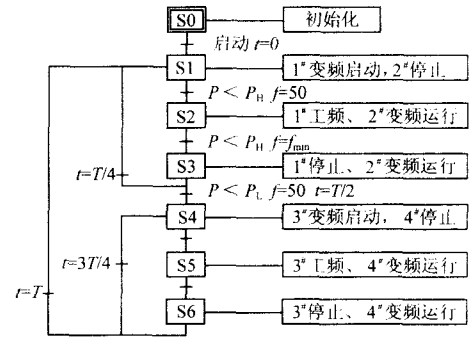


图2 变频调速恒压供水系统的功能流程

3 S7-215 内置 PID 功能及其编程

3.1 S7-200CPU 内置 PID 算法的数学模型

西门子公司从 S7-200 系列 PLC 中的 CPU215, CPU216 开始增加了用于闭环控制的 PID 模块。它是通过 PID 调节器来调节输出,保证偏差值 e 为零,使系统达到稳定状态。在系统中,偏差值 e 是给定值 SP (希望值)和过程变量 PV (实际值)的差。PID 控制的原理基于下面的算式:

$$M(t) = K_C \left[e + \frac{1}{T_I} \int_0^t e dt + T_D \frac{de}{dt} \right] + M_{\text{initial}} \quad (1)$$

式中 $M(t)$ ——PID 回路的输出,是时间的函数;

K_C ——PID 回路的增益;

e ——PID 回路的偏差值;

M_{initial} ——PID 回路输出的初始值;

T_I, T_D ——为积分时间常数和微分时间常数。

为了在计算机中实现 PID 控制功能,式(1)所描述的连续函数必须进行离散化,即对误差进行周期性的采样并计算输出值。计算机处理的 PID 算式如下:

$$M_n = K_C \left[e_n + \frac{T_S}{T_I} e_n + \frac{T_D}{T_S} (e_n + e_{n-1}) \right] + M_x \quad (2)$$

式中 M_n ——在第 n 采样时刻 PID 回路输出的值;

K_C ——PID 回路增益;

e_n ——第 n 采样时刻的偏差值;

e_{n-1} ——第 $n-1$ 采样时刻的偏差值;

T_S ——采样周期;

M_x ——积分项前值(第 $n-1$ 采样时刻的积分

值)。

将式(2)进一步整理得到 PLC 进行 PID 运算的控制算式:

$$M_n = K_C \left[(SP_n - PV_n) + \frac{T_S}{T_I} (SP_n - PV_n) + \frac{T_D}{T_S} (PV_{n-1} - PV_n) \right] + M_x \quad (3)$$

式中 PV_n ——被控对象的输出量;

SP_n ——被控对象的给定量。

该控制算式中共有 9 个变量。

3.2 S7-200CPU 的 PID 指令

S7-200 系列 PLC 中的 CPU215/216 提供了用于闭环控制 PID 运算指令,用户在应用时不必象 CPU212, CPU214 那样自己编写几十条指令来实现 PID 功能,用户只需在 PLC 的内存中填写一张 PID 控制参数表(见表 1)再执行指令:“PID Table Loop”即可完成 PID 运算,其中操作数 Table 表使用变量存储器 VB_x 来指明控制参数表的表头字节;操作数 Loop 只可选择 0~7 的整数,表示本次 PID 闭环控制所针对的环路编号,最多 8 路。

控制参数(见表 1)包括 9 个参数,全部为 32 位实数格式,共占用 36 字节。表中的参数分两类。一类参数是固定不变的,如参数编号为 2, 4, 5, 6, 7 的参数,这些参数可在 PLC 的主程序中设定。另外一类参数必须在调用 PID 指令时才填入控制表格。如编号为 1, 3, 8, 9 的参数,它们具有实时性。进一步分析发现:其中有一些参数,既是本次的输入(执行 PID 指令之前),又是本次的输出(执行 PID 指令之后),同时还是下次运算的输入,如编号为 3, 8, 9

表 1 PID 控制参数

参数编号	地址偏移(字节)	变量名	变量类型	注释
1	+0	PV_n	In	调节量,即被控对象的输出量
2	+4	SP_n	In	给定量,即被控对象的给定输出量
3	+8	M_n	In/Out	控制量,用于输出到被控对象
4	+12	K_C	In	比例项增益,可正可负
5	+16	T_S	In	采样时间,单位为 s,必须为正数
6	+20	T_I	In	积分时间常数,单位为 min,必须为正数
7	+24	T_D	In	微分时间常数,单位为 min,必须为正数
8	+28	M_x	In/Out	累积偏移量,即累积误差
9	+32	PV_{n-1}	In/Out	上次执行 PID 指令时的调节量

的参数。表中变量类型栏的 In/Out 应理解为相对于 PID 控制器而言的输入或输出。

3.3 PID 控制器的设计

S7-200 系列的 PLC 都有配套的 STEP 7-MICRO/WIN32 编程软件,该软件可以在 PC 机上运行,为用户开发、编辑和监控自己的应用程序提供了良好的编程环境。STEP 7-Micro/WIN 提供了 PID 指令向导,指导使用者定义一个闭环控制过程的 PID 算法,该算法程序由编程软件自动插入到主程序中。

PID 的组态设计包括以下内容:①确定所要控制的 PID 指令编号;②选择参数控制表存放的位置以及闭环控制的参数;③确定 PID 回路的输入和输出控制参数;④确定 PID 回路的报警选项以及报警参数;⑤指定用于计算的数据存储区域;⑥指定初始化过程和中断的名称;⑦确认设计的 PID 算法名称。

4 TD200 文本显示器的编程

在 S7-200 系列 CPU 中开辟有一个专用的存储区,用于与 TD200 作数据交换,利用 PLC 的编程软件 STEP 7-MICRO/WIN 即可对 TD200 进行编程,无需其它的参数赋值软件。STEP 7-MICRO/WIN 专为 TD200 编程提供了一个向导,在向导的指引下,依次完成语言、字符集、保护功能等选择后进入文本信息组态对话框,在给定的表格中按格式填入需要显示的信息及监测的变量,全部组态完成确认后,向导自动生成一个包括 TD200 参数和信息的数据块,打开数据块编辑器就可以浏览该数据块。

TD200 是显示装置,通过通讯 RS232 接口与 CPU215 相连,用来显示和设置参数,如:泵数、生活压力、消防压力、比例系数、积分系数、开机时间、关机时间、换泵天数、巡检天数、投泵延时、切泵延时等。

5 结语

由 S7-200 系列 PLC, TD200 文本显示器和变频器等组成的恒压供水控制系统,充分发挥了 TD200 文本显示器的友好人机界面功能和 S7-200 CPU215 可靠的内置式 PID 运算模块,可自动调节变频器输出频率、控制各泵的投入和退出,实现恒压供水。该系统操作方便、运行可靠,具有一定的推广应用价值。

参考文献

- 1 田会山, 杨爱华. 水泵和水泵站. 北京: 中国建筑工业出版社,

• 标准规范交流园地 •

《水处理剂 聚合氯化铝》国家标准的修订

宁寻安¹ 李 凯² 李润生²

(1 广东工业大学环境科学与工程学院, 广州 510090; 2 深圳市中润水工业技术发展有限公司, 深圳 518057)

摘要 从聚合氯化铝原料、产品成分、产品结构等方面分析了我国聚合氯化铝产品的工艺技术特点, 并与国外聚合氯化铝产品的主要指标进行了对比。在此基础上提出了《水处理剂 聚合氯化铝》标准的修订依据, 并对标准中有关聚合氯化铝名称、示性式、适用范围技术要求试验方法、检验规则等修订的内容进行了阐述。

关键词 聚合氯化铝 质量标准 混凝剂 水处理剂

国家标准《水处理剂 聚合氯化铝》(GB 15892—1995)是根据国石化政发(2000)225号文下达的《2000年化工产品制造、修订国家标准、行业标准计划》进行修订的。标准修订单位由该产品的主要科研、生产、使用和卫生监督部门的十个成员单位组成。参加标准起草的单位有四个。本标准由全国化标委水处理剂分会归口管理。

1 修订的必要性

《水处理剂 聚合氯化铝》(GB 15892—1995)1995发布,1996年实施。该产品用于生活饮用水净化,为强制性标准。

由于该标准中存在一些错误、遗漏和试验方法选用不当,给实施带来诸多困难。加上“主题内容和适用范围”未对原材料加以限制,不少生产厂利用各种副产酸生产生活饮用水用聚合氯化铝,使产品中可能带入各种有毒有机物,给生活饮用水卫生安全带来隐患。

该标准非等效采用日本《给水用聚合氯化铝》(JISK 1475—1989)标准(已修订),即现执行的(JISK 1475—1996)。

为了确保生活饮用水的安全卫生,尽量与国际先进标准接轨,对GB 15892—1995标准进行修订势在必行。

在必行。

遵循积极采用国际标准和国外先进标准的原则,本标准采标程度为非等效采用日本工业标准《给水用聚合氯化铝》(JISK 1475—1996)和美国《液体聚合氯化铝》(ANSI/AWWA B408—93)标准。

本标准是中国加入世贸组织后,第一批按照WTO要求和程序修订的水处理剂国家标准。

我国和日本是世界上最早研究和工业化生产应用聚合氯化铝产品的两个国家,30多年来,我们利用国内的资源,针对我国国情,对聚合氯化铝的基础理论、生产工艺和产品形态进行研究开发,为世界做出了自己的卓越贡献。

标准修订小组充分吸收了我国30多年来聚合氯化铝的科研生产和使用中的经验教训,以及最新科研成果,同时也吸收了国外先进标准中的先进部分修订后的GB 15892—2003将是一项安全可靠、技术先进、便于实施、有利于促进本产品的技术进步的技术标准。

2 修订的背景材料

2.1 水处理剂聚合氯化铝的发展

无机高分子混凝剂聚合氯化铝于20世纪60年代末、70年代初在日本和我国率先研究开发和应用。

1986

2 成都佳灵电气制造公司 JP6C T9 系列 PIMIGBT 高性能数字式变频器使用手册[Z], 2001

3 西门子(中国)有限公司 SIHATICS7-200 可编程控制器系统手册[Z], 2002

4 孙平 可编程控制器原理及其应用 北京: 高等教育出版社,

2002

©电话:(0373)3392923

E-mail: zhydu@126.com; zhydu@hnceu.edu.cn

收稿日期:2004-08-24