

基于变频器 PLC 控制的恒压供水系统

朱卓城

(广东机电职业技术学院, 广东 广州 510515)

摘要:通过看具体操作及供水系统运行的演示实验投影,使学生了解恒压供水系统的组成和基本原理,从实际调试中看清外围输入输出连接方法、运行程序的设计、PLC 在恒压供水系统中对模拟量的处理和 PID 控制的基本过程。认识本恒压供水系统借助变频器无级调速特点,通过闭环控制实现了节能、可靠、自动化程度高等优点的供水目的。

关键词:变频器 PLC 控制; 恒压供水系统; 演示实验

中图分类号:TV 674 文献标识码:A 文章编号:1006-7167(2010)11-0182-04

An Inverter PLC Control Based Constant Pressure Water Supply System

ZHU Zhuo-cheng

(Guangdong Electrical Vocational and Technical College, Guangzhou 510515, China)

Abstract: Through watching the demonstration experiment and the water supply system operation it will make students understand the construction and the basic principle of the constant pressure water supply system; the external input and output connection methods, the operating procedures design, the processing of analog by PLC in the constant pressure water supply system, as well as the basic process of PID control. It is necessary to make the students recognize that the constant pressure water supply system has fulfilled the purpose of water supplying featured with energy saving, reliable, high automatic, as well as other advantages through loop control, with the help of the step-less speed regulation feature of the inverter.

Key words: converter PLC control; constant pressure water supply system; demonstration experiment

1 介绍系统结构及工作原理^[3-4]

该恒压供水系统主要由变频器、PLC、压力变送器、管网及泵组组成,如图1所示。通过控制柜面板上的指示灯和按钮、转换开关来了解和控制系统的运行。通过安装在出水管网上的压力变送器,把出口压力信号变成4~20 mA标准信号送入变频器内置的PID调节器,经PID运算与给定压力参数进行比较,得到4~20 mA参数,4~20 mA信号送至变频器。控制系统由变频器控制水泵的转速以调节供水量,根据用水量的不同,变频器调节水泵的转速不同、工作频率也就不同在变频器设置中设定一个上限频率和下限频率检测,当用水量小时,变频器迅速上升到上限频率,此时,变

频器输出一个开关信号给PLC;当用水处于低峰时,变频器输出达到下限频率,变频器也输出一个开关信号给PLC;2个信号不会同时产生。当产生任何一个信号时,信号即反馈给PLC,PLC通过设定的内部程序驱动I/O端口开关量的输出来实现切换交流接触器组,以此协调投入工作的水泵电机台数,并完成电机的启停、变频与工频的切换。通过调整投入工作的电机台数和控制电机组中一台电机的变频转速,使系统管网的工作压力始终稳定,进而达到恒压供水的目的。管网水压调节描述见图2所示。图中, $p_{\text{管网}}$ 为管网水压; I_f 为压力变送器的反馈电流; I_g 为给定值; I_e 为电流偏差值; f 为变频器输出频率; n 为水泵(电动机)转速。

上述偏差值 I_e 可以通过PID控制器的处理,得出一个增量输入到变频器,从而可以调节水泵的转速,而达到稳压的目的。它是一个闭环控制系统,通过输出量,经反馈回路使系统形成闭合环路,并按偏差的性质产生控制作用,以减小或消除偏差的控制系统,构成所谓负反馈控

收稿日期:2010-02-05

作者简介:朱卓城(1959-),男,广东兴宁人,实验师/高级技师,研究方向:

Tel.: 13535483323, 020-87200609; E-mail: ch988988@126.com

制系统。负反馈控制系统方框图如图 3 所示。

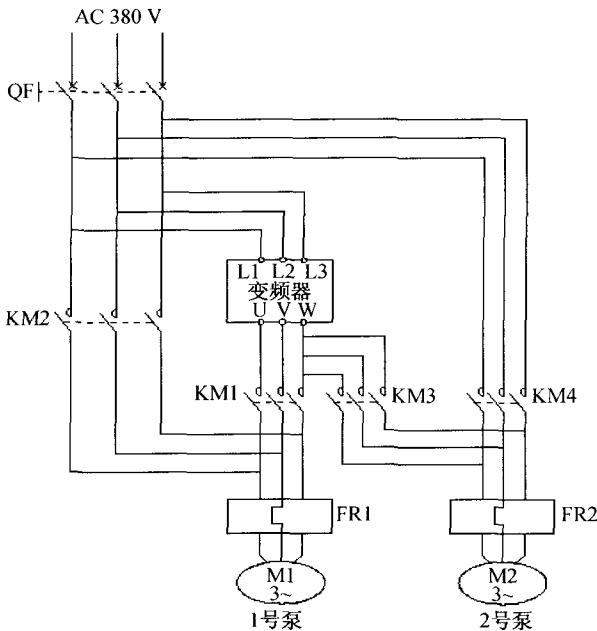


图 1 变频器、管网和泵组组成图

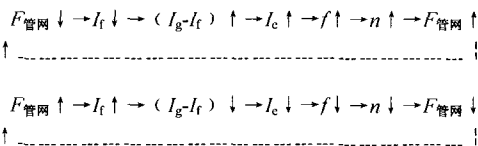


图 2 管网水压调节描述图

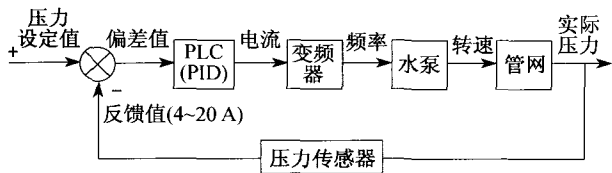


图 3 负反馈控制系统图

2 模拟量输入和输出操作及分析

可编程控制器不但可以处理逻辑控制,还可以对模拟量进行处理^[5-6]。系统中采用了特殊功能模块 FX2N-3A,有 2 个模拟量输入通道和 1 个模拟量输出通道,输入通道接收模拟信号并将模拟信号转变成数字值。一方面在反馈环节中压力变送器送过来标准的 4~20 mA 的电流模拟量,送入特殊功能模块的电流输入通道 (Iin1),通过模/数转换把它变为数字值,输出通道采用数字值并输出等量模拟信号,该过程可以在可编程控制器的编程中设置;另一方面水压的设定值可以通过数字开关进行设定,也变成相应的数字值^[7]。

3 变频器与可编程控制器操作及外围分析

可编程控制器除了扩展的特殊功能模块外,它最

基本是处理是逻辑控制,是对输入部分和输出部分的开关量的处理。在恒压供水系统中,可编程控制器的输入部分有启动按钮、停止按钮、急停按钮、数字开关和水位保护开关^[6]。输入部分是接收这些外部设备输入的信号,输入到 PLC 里由 CPU 处理;输出部分与指示灯、接触器线圈、电磁阀等控制对象相连接,需在输出回路中外加电源。可编程控制器的输出部分与变频器控制电路相接,控制变频器的运行,从而控制水泵的运行,其中, Y14 接变频器 STF 端,控制水泵正转; Y15 接 RL 端, PLC 的公共端 COM4 与变频器的公共端 SD 相连。投、切泵状态转移如图 4 所示。

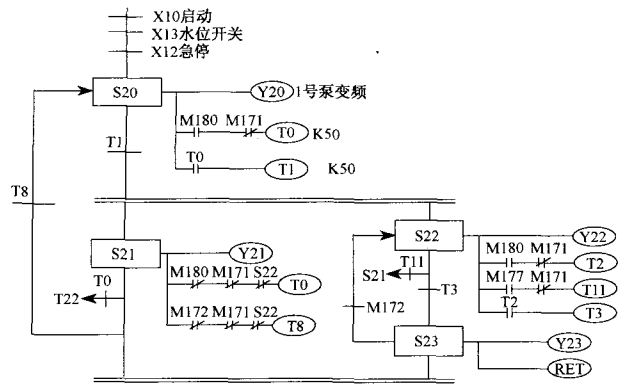


图 4 投、切泵状态转移图

压力变送器送过来的电流输入到 FX2N-3A 输入端,经过可编程控制器的 CPU 处理后输出给变频器的电流输入端。把变频器设置为外部控制模式,通过变频器的 RL 端的参数设置 (该参数设置为 4),变频器由外部电流 (4~20 mA) 控制频率值 (当变频器输入端子 RL 接通时有效),其电流的大小用于控制水泵的转速的快慢^[8-9]。

4 恒压供水的程序设计与过程分析

4.1 系统控制目标与控制要求

- (1) 对管网的扰动 (用水量增加或减少) 能做出反应快、准确性高、稳定性好的控制。
- (2) 系统的运行。通过可编程控制器的输入部分,用按钮作为启动信号。
- (3) 系统的停止。设置有停止按钮和急停按钮,在系统出现紧急情况时停止系统的运行。
- (4) 警报设置。系统有故障或抽水池没水时报警启用。

4.2 控制程序设计

本系统工作采用 2 台水泵 (M1 和 M2) 进行工作,程序设计从特殊模块模拟量输入 (电流 4~20 mA) 开始,紧跟该物理量的走向;另一方面从压力的设定值入手,总的来介绍模拟量的输入方法,模/数转换、逻辑运算处理、数值比较处理、PID 对偏差量的处理及处理结

果的执行。

(1) 电流模拟量输入处理。在系统输入输出分配中,压力传感器的电流从 I_{in1} 端(该端与 V_{in1} 短接)输入到 FX2N-3A 模块,利用特殊功能模块读(FROM)写(TO)指令,选择数/模输入通道,启动模/数转换,把输入通道上模拟 4~20 mA 的电流转变成 CPU 能处理的 0~200 的数字值,放在数据寄存器 D10。

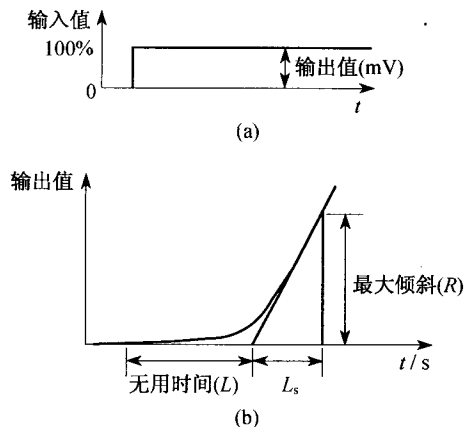
(2) 压力值设定。采用数字开关设定压力值,数字开关根据恒压供水设备内置压力表(0~40 kPa),按要求设在 0~40 的数字值,数字量放在数据寄存器 D5。

(3) 输入量模拟量转换成数字量输入采集。程序在一开始就设定 PLC 为恒定扫描方式,用 M8039,在 D8039 指定扫描时间,D20 中执行加 1 指令,设置加到数字值 100 清零,完成一周输入采集,在 D22 对输入量 D10 里的数字量进行累加,在监视下 D22 累加值除以累加的计数值,求得输入的采样值 D0。

(4) 输入值与设定值处理。为了能使 CPU 能处理相应的数字值 0~200,设定值初始值 D10 是数字值 0~40,需让这个设定值扩大 5 倍(MUL 运算)即为 0~200 的数字值(D25),输入采样值 D0 为数字值 0~20,需扩大 10 倍(MUL 运算),转换为 CPU 处理的数字值 0~200(D42),可以作为显示的当前值(系统中用 LED 7 段数码管,详见 I/O 图),把数字值 0~200(D42)除以 4 则可以输入的当前输入值数字值 0~50(D35)。

(5) PID 处理过程。在经过输入值(D35)与设定值(D25)相应的处理后,D35 也即是当前反馈值,PID 指令是将当前反馈值(D35)与设定值(D25)之差送到 PID 环节进行计算,得到当前输出值(D150),PID 设置是在 D100 开始的连续 25 个数据寄存器中进行,其中 D100 至 D106 6 个数据寄存器为设定控制参数,在系统调试中设置比例环节 P(D103=87%),该环节影响系统动作的快慢;积分环节 I(D104=80),该环节影响系统的准确性;微分环节 D(D105=40、D106=0),该环节可以防止系统发生振荡,通过阶跃响应求解 PID 3 主要参数:阶跃阶应法是对控制系统施加(0%~100%)的阶跃状输入,由输出变化判断动作特性(最大倾斜(R)、无用时间(L)来求得 PID 的 3 个常数的方法)。见图 5。

(6) 恒压供水系统的水泵投入与切除分析。按下按钮 SB1 接通 X10 启动系统运行,如图 1 中主电路所示。交流接触器 KM1 控制 1#泵变频电源,KM2 控制 1#泵工频电源,KM3 控制 2#泵变频电源,KM4 控制 2#泵工频电源,PLC 的输出继电器 Y20 接 KM1 的线圈,Y21 控制 KM2 的线圈,Y22 控制 KM3 的线圈,Y23 控制 KM4 的线圈,用步进指令实现其投泵与切泵的过程^[10]。



	比例增益 K_P	积分时间 T_I	微分时间 T_D
仅有比例控制(P动作)	$\frac{1}{RL} \times$ 输出值 (mV)	——	——
PI控制(PI动作)	$\frac{0.9}{RL} \times$ 输出值 (mV)	33L	——
PID控制(PID动作)	$\frac{1.2}{RL} \times$ 输出值 (mV)	20L	50L

$$K_P=1.2/RL \text{ mV}(\%), T_I=20 L(100 \text{ ms}), T_D=50 L(100 \text{ ms})$$

(c)

图 5 阶跃响应输入输出动作特性及 3 常数表

① 投入水泵的过程:系统启动后,S20 被置位,接通 1#泵的变频电源,同时接通变频器的 STF 和 RL 端,STF 提供变频正转信号,RL 指定是外部电流信号控制变频器的运行频率。此时,输出当前值 D150 如达不到设定值,则频率会越来越高,达到频率上限(数字值 245)设定值并能维持一段时间(5 s),程序中状态步 S20 中的 M180 接通,就切断 1#泵变频电源;状态转到 S21 和 S22,接通 1#泵工频电源和 2#泵变频电源。此时,输出值仍不等于设定值,则 2#泵变频频率越来越高,直到 2#泵变频频率上限并维护一段时间(10 s),则状态步 S22 中的 M180 接通,状态 S22 向 S23 转移。此时,以 2 台水泵工频运行,以保持压力的恒定。

② 切除水泵的过程:当 2 台水泵在工频下运行达到恒压,当管网用水量减小,管网压力上升,当反馈值大于设定值时,状态步 S23 中的 M172 产生 1 个上升沿脉冲,致使向状态步 S22(2#泵变频)切换,切断 2#泵工频电源;当 2#泵变频下降到频率下限并维护一段时间,则状态步 S22 中 M177 接通,置位 S21,以 1#泵工频电源运行,如果用水量继续减少,同样 M172 置位 S20,以 1#泵变频运行,维持压力恒定^[11-12]。

4.3 梯形图(略)

5 结语

通过演示实验达到了预期的学习目的。学生普遍认为:该系统采用变频器和 PLC 结合,系统运行平稳可靠,实现了真正意义上的无人职守的全自动循环倒泵、变频运行,保证了各台水泵运行效率和设备的平稳

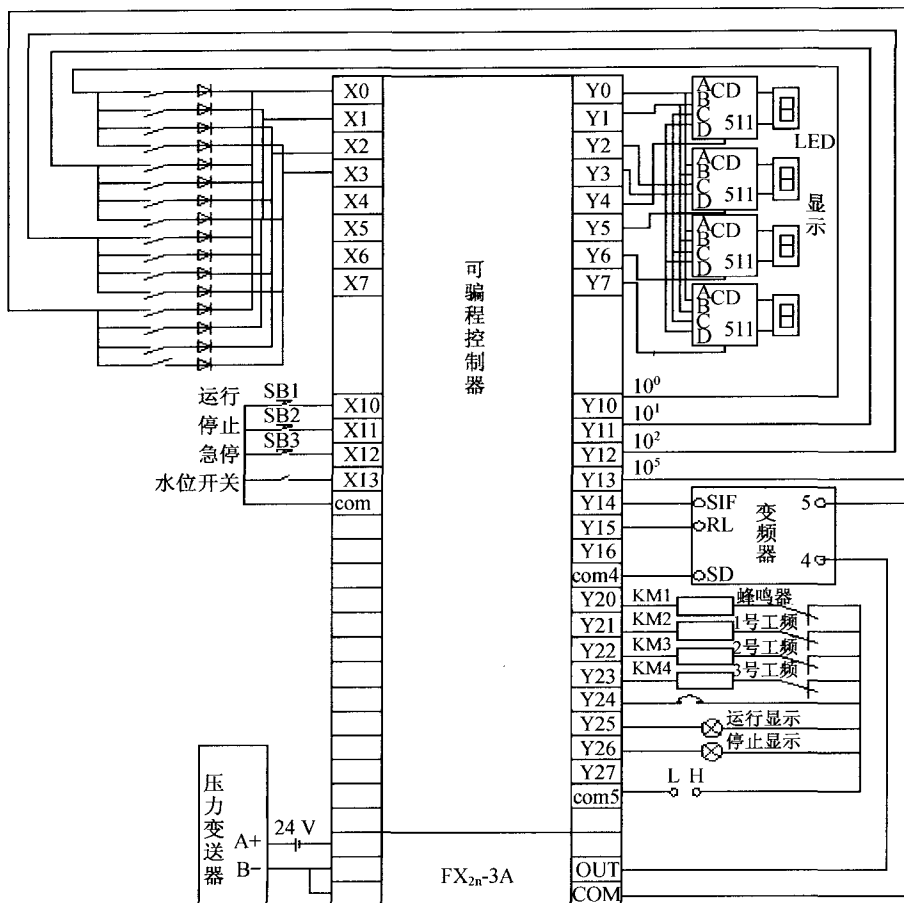


图 6 可编程控制器、FR-E540 通用变频器和压力变送器通讯图

启动、运转,消除了启动时大电流冲击。由于泵的平均转速降低了,从而可延长泵的使用寿命,可以消除启动和停机时的水锤效应。该系统适合公共社区如学校、居民小区等使用,效果好,是性价比较高的优选设计。

参考文献 (References):

[1] 孔令红,吴 聪,沈一骑. PLC 和变频器研究性综合实验的创新与实践[J]. 实验室研究与探索,2007(11):71-73.
 [2] 黄凯旋. 开放与虚拟的实验教学改革探讨[J]. 实验室研究与探索,2006(9):1120-1122.
 [3] 张燕宾. 变频调速应用实践[M]. 北京:机械工业出版社,2001.

[4] 高 勤. 电器与 PLC 控制器技术[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
 [5] 何建平. 可编程控制器及其应用[M]. 重庆:重庆大学出版社,2004.
 [6] 张万忠. 可编程控制器应用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
 [7] 三菱电机. FX 系列特殊功能模块用户手册[Z]. 2005.
 [8] 三菱电机. FX1S,FX1N,FX2N,FX2NC 系列编程手册[Z]. 2005.
 [9] 三菱电机株式会社. FR-E500-CH 使用手册[Z]. 2000.
 [10] 金发庆. 传感器技术与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
 [11] 刘美俊. 通用变频器应用技术[M]. 福州:福建科学技术出版社,2004.
 [13] 陈伯时. 自动控制系统[M]. 北京:机械工业出版社,2000.

(上接第 161 页)

参考文献 (References):

[1] 杨中浩,刘艳兰. 高校进口设备工作探讨[J]. 实验技术与管理, 2005,22(11):142-144.
 [2] 《中华人民共和国海关进出口货物减免税管理办法》[Z]. 海关总署第 179 号令.
 [3] 宋金祥. 进口科教用品免税工作研究与实践[J]. 实验室研究与探索,2004,23(12):204-206.
 [4] 陈 勇,胡建峰. 高校设备管理的几个问题与对策[J]. 中国现代教育装备,2007(3):92-93.

[5] 邱均成. 高校实验室设备利用率的研究与探讨[J]. 成都电子科技大学学报,2005(12):57-60.
 [6] 王军宁. 大型精密仪器设备闲置问题的管理与对策[J]. 实验室研究与探索,1999(6):151-153.
 [7] 刘岳启. 高校进口仪器设备档案的利理与管用[J]. 科学管理(理论版),2007(1):41-42.
 [8] 高校仪器设备报废管理工作的探讨[J]. 实验室科学,2006(4):119-120.
 [9] 叶君飞,温光浩,刘慧兵. 高校进口科教用品免税政策新变化及申报和后续管理[J]. 实验室研究与探索 2009,28(6):322-324.
 [10] 贾延江,林明河. 仪器设备进口免税工作的探讨[J]. 实验室研究与探索 2007,26(5):103-105.