

基于 USS 通信的变频无负压二次供水系统

高启龙¹ 张鸿强² 王 亮³

(1. 兰州热能有限公司, 兰州 730010; 2. 兰州理工大学机电工程学院, 兰州 730050;
3. 中国石化长城能源化工(宁夏)有限公司, 宁夏 灵武 750411)

摘 要 介绍了以 PLC 为核心的恒压变频供水控制系统, 结合 USS 通信协议, 在传统恒压供水的基础上, 设计开发出具有硬件结构简单、节能、经济及控制灵活等优点的无负压恒压供水系统。

关键词 恒压供水 PLC USS 通信 变频

中图分类号 TH865 **文献标识码** B **文章编号** 1000-3932(2015)02-0223-05

随着人们生活水平的提高,对供水质量和供水系统可靠性的要求也不断提高。而传统的恒压供水系统主要通过二次加压泵站将水供给到用户,但因管理不善,水箱和水池无法定期清洗消毒。此外,由于系统本身的一些缺陷,使系统频繁启停,水泵工作效率低下,不仅影响供水质量而且还造成了很大的能源浪费。因此,设计开发控制性能优越、供水质量高、节能、节资的供水设备具有很大的应用前景。笔者通过 PLC 与西门子变频器之间的 USS 通信,来控制变频器的启停和频率变化,加之无负压供水机组的应用,设计实现了具有硬件简单、造价低、节电、节水、运行可靠及控制灵活等特点的恒压供水系统。

1 恒压供水系统的组成及其工作过程

1.1 系统组成

总体来说恒压供水系统由电气控制和机械设 备两部分组成,而电气控制部分主要由以 S7-200PLC 为核心控制部件的变频器控制柜组成,其中包括上位机触摸屏、MM430 变频器及压力传感器等。机械设备部分主要由 4 台水泵、稳流罐、气压罐及阀等部件组成。其中水泵机组流量的大小根据用户的用水量来选择,本系统中 4 台水泵机组由 3 台大流量泵和 1 台小流量泵组成,以 S7-200PLC 为核心,通过控制变频器的启停和频率自动调节来实现恒压供水^[1]。恒压供水系统的运行原理如图 1 所示。

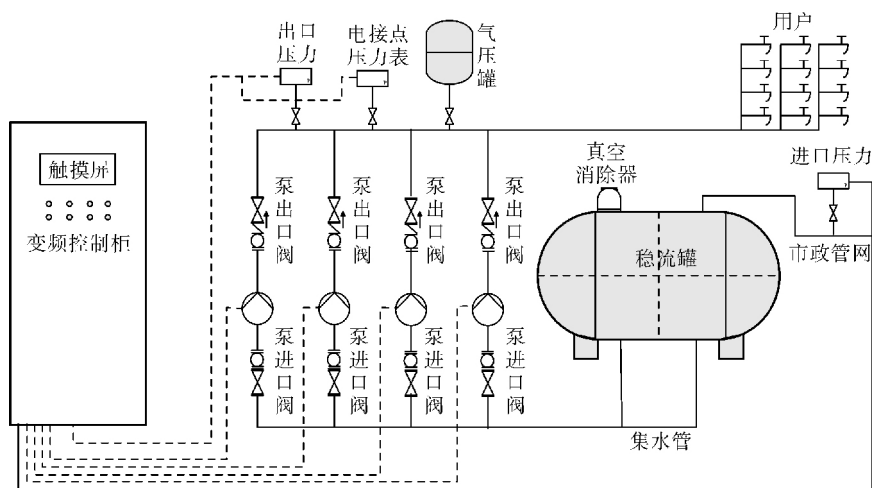


图 1 恒压供水系统运行原理

1.2 工作过程

当设备投入使用后,自来水管网的水进入稳

①收稿日期:2014-06-04(修改稿)

流罐 罐内真空由真空消除器排除,待水充满后真空消除器自动关闭。一般来说,自来水管网压力不能满足用水需求,此时,系统压力信号由远传压力表反馈给 PLC,经过 PLC 内部计算分析后输出运算结果,控制相应的水泵启停动作,并根据用水量自动调节转速达到恒压供水,若运转水泵达到工频转速,则启动另一台水泵变频运行。水泵供水时,若自来水管网供水量大于水泵流量,系统形成接力供水;用水高峰时,若自来水管网供水小于水泵流量,稳流罐内的水作为补充水源仍能正常供水,同时,真空消除器开始动作,及时抑制罐内真空形成,确保自来水管网不产生负压;用水高峰过后,系统恢复到接力供水状态。当自来水管网停水,造成机组进口压力下降时,进口压力变送器将信号反馈给 PLC,系统自动停机,以保护水泵机组。

2 变频无负压恒压供水控制过程分析

在本系统投入使用开始,系统首先将供水机组的出口压力和进口压力通过压力传感器采集转换为 4~20mA 电流信号,再传入 PLC 的 EM231 模拟量采集模块,PLC 内部将采集到的压力信号与设定的进口压力、出口压力和控制目标压力值进行比较,然后做出相应的控制输出^[2]。控制流程如图 2 所示。

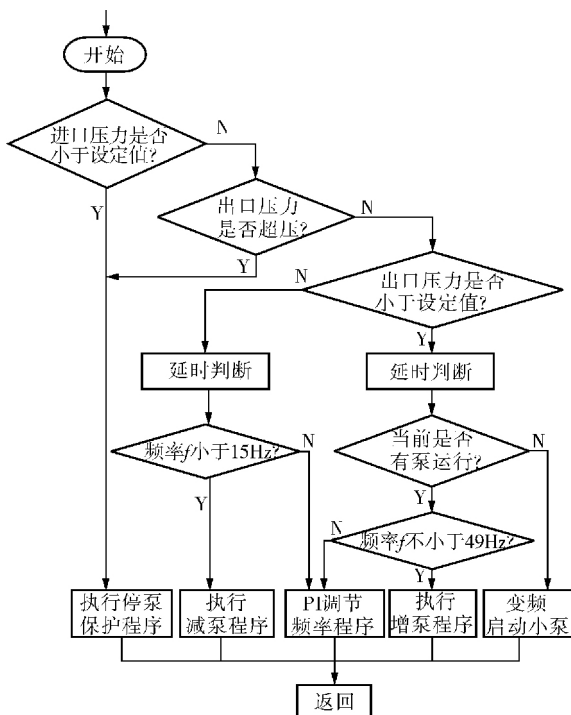


图2 控制系统流程

2.1 压力检测与保护

为了确保机组运行可靠,系统在运行过程中对出口压力和进口压力的检测必不可少。若系统在运行开始时,检测到进口压力低于设定值,即认为是市政管网缺水,此时 PLC 将禁止水泵运行,起到缺水保护的作用;同理,若在运行过程中检测到管道出口压力高于最大设定压力值,则认为该系统压力变送器出现异常,有可能导致爆管等危险事故,PLC 会立即停止运行的水泵。

此外,在该机组中还安装了电接点压力表,如果出口压力变送器出现异常,电接点压力表在实际压力超过设定值时,会给 PLC 输入一个开关量信号,这样 PLC 便立即停止运行的水泵,具有双重保护的作用,提高了系统的可靠性。

2.2 增减泵控制过程

在实际运行过程中,高层居民用水量是实时变化的,所以管网的压力也在随时变化,以至于系统会实时出现变频器频率升降和加减泵的现象,以保证管网内的压力维持在设定值。

当系统在检测到市政管网供水正常,机组出口压力低于设定的目标压力值时,系统判断变频器当前的运行频率,当运行频率高于设定频率上限时,程序执行变频切工频过程,即先停止变频运行,并瞬间吸合工频接触器,实现水泵的变频与工频切换。之后一段时间若压力还无法满足用户需求,则变频启动下一台水泵,依次循环,直到满足用户使用需求为止。与此相反,当出口压力高于设定值,而变频器的频率降到设定频率下限时,则自动切除最先运行的工频水泵,直至工频泵全部停止,最后如果只有一台变频泵运行,并且频率还低于最低频率,则所有泵都停止工作。直到下次用水量增加时,在检测到无大泵投入的情况下,先启动小流量泵,以达到节能的目的,当小泵无法满足压力要求时,自动切换到大泵循环,小泵退出循环系统。整个过程依据先起先停的原则来实现各个泵的交替工作^[3]。

2.3 PID 调节过程

在连续控制系统中,常采用 PID 控制方式,它是应用范围最广泛的反馈控制方式。在该闭环控制系统中采用了负反馈,即当实际压力上升到接近设定目标值时,反馈值接近设定目标值,偏差减小, PID 运算会自动减小执行量,从而降低变频器输出频率,进而稳定压力。相反,则会增加执行量

来补偿压差。

在恒压供水系统中,增减泵调节与 PID 调节相辅相成。在该系统中,闭环控制系统由变频器、PLC、压力变送器及水泵等构成,调节过程中根据供水管网对水压的要求,给 PLC 内部的 PID 调节预置一个目标压力值,出口压力经压力变送器转换成 4 ~ 20mA 的模拟电流信号反馈给 PLC 的模拟量采集模块,PLC 内部再根据目标压力值和实际压力值的偏差,给出调节量,并将数据运算的结果以运行频率的形式通过 USS 通信输送给变频器,来调节变频器输出频率,使机组供水量适应用水量的变化取得动态平衡,维持水压恒定。

3 控制电路设计

3.1 主电路

主电路如图 3 所示,其主要通过不同交流接触器的吸合来控制电机的工频和变频切换,图中 KM11、KM21、KM31、KM41 分别为电动机 M1、M2、M3、M4 工频运行时接通电源的控制接触器, KM12、KM22、KM32、KM42 分别为电动机 M1、M2、M3、M4 变频运行时接通电源的控制接触器, QF1 为接通该主回路的总断路器, QF2 为变频器接通电源的断路器, QF3、QF4、QF5、QF6 分别为 M1、M2、M3、M4 水泵工频运行时接通电源的断路器。变频在运行时,可以起到一系列的保护作用,

但在该图中 M4 为小流量泵,为大流量泵配套的大变频器对小泵无法起到过载保护的作用,因此, M4 的工频与变频都必须经过热继电器,以此来保护 M4 电机。

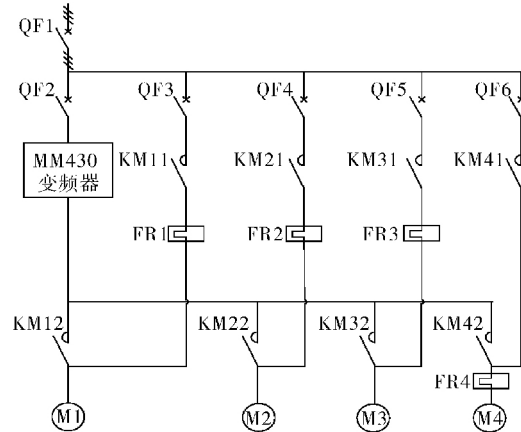


图 3 主电路

3.2 PLC 控制电路

PLC 控制电路如图 4 所示,其中 Q0.0、Q0.2、Q0.4、Q0.6 分别控制 M1、M2、M3、M4 的工频接触器, Q0.1、Q0.3、Q0.5、Q0.7 分别控制 4 台水泵的变频运行接触器。I1.1 为电接点压力表传来的超压保护信号,作为出口压力变送器异常时防止管道压力超压的另一种保护措施。

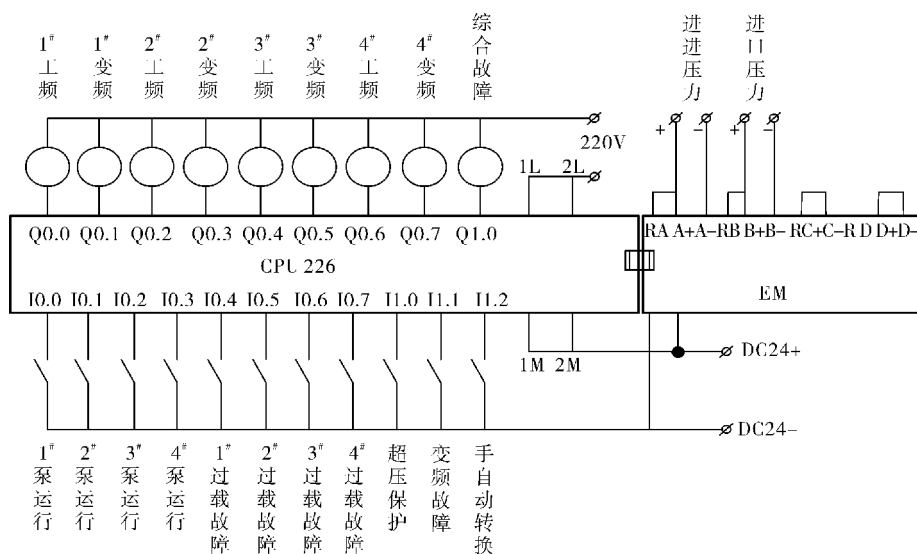


图 4 PLC 控制电路

供水机组的进出口压力值通过 EM231 模拟量采集模块传入 PLC 内部,进口压力变送器传送

的压力值作为反馈传给 EM231 的第一路模拟量输入端子 A+ 和 A-,出口压力反馈接在第二路

模拟量输入端上。在系统运行过程中,PLC 根据实际压力与设定压力之间的比较,来控制不同泵的变频与工频运行信号,但在系统的切换过程中,对变频器的保护是切换控制可靠运行的关键,系统中可采用硬件和软件的双重联锁保护。切换过程中,为减少电流冲击,必须在变频器频率接近 50Hz 时才可切换至工频。

4 PLC 程序设计

4.1 PLC 硬件选型和地址分配

在变频恒压供水系统设计中,需要从 I/O 点数的数量、压力信号采集模块、通信及经济合理性等方面来综合考虑 PLC 的选项。在该系统设计中,根据现场用户用水量的需求,系统需采用一拖四变频恒压供水。因此,选用 S7-200 CPU226 作为控制核心,从各方面均能满足条件。另外,为了便于程序编写,还需进行 PLC 的 I/O 地址分配、PLC 控制变频器的地址分配、PLC 与变频器 USS 通信的库地址分配及 PLC 进行 PID 控制的回路表地址分配等,而且必须保证地址分配正确,不能有交叉重叠。

4.2 PID 控制程序设计

在变频恒压供水控制过程中,运用 PLC 进行供水压力设定值与实时检测压力反馈值的比较及 PID 运算等,输出标准控制信号。在 V4.0 Step-Micro/Win SP5 编程软件中,通过指令向导,根据实际情况设置比例系数、积分时间及回路表起始地址等,并配置 PID 回路输入及回路输出等各个选项之间的变量对应关系,最终生成如图 5 所示的调节模块^[4]。

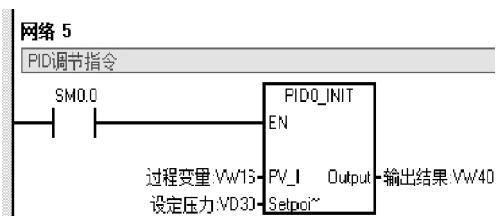


图5 PID 调节模块

4.3 USS 通信程序设计

USS 协议是一种基于串行总线进行数据通信的协议,也是西门子公司所有传动产品的通用通信协议。它采用单主站的“主/从”访问机制,并规定了在 USS 总线上可以有 1 个主站和最多 30 个从站;总线上的每个从站都有一个站地址,主站依靠它识别每个从站;从站也只对主站发来的报

文做出响应并回送报文。作为一款在西门子传动领域普遍使用的通信协议,它不仅支持多点通信,而且报文格式简单可靠,使数据传输灵活高效。通过 Step7-Micro/Win 软件指令库中的 USS 库指令,可简单方便地实现 S7-200 PLC 与西门子 Micro Master 系列变频器之间的通信,控制实际驱动器和读/写驱动器参数。

4.3.1 变频器通信参数设置

正确设置变频器参数是 USS 通信成功的前提。此处变频器通信参数设置如下:

P0700 = 5 设置为远程控制模式,从 USS 通信接口控制

P1000 = 5 选择频率源为 COM 链路的 USS 设置

P2000 = 50 设置串行链路参考频率

P2009 = 0 变频器通信参数设定

P2010 = 6 USS 通信波特率设为 9 600bit/s

P2011 = 1 站地址设为 1,与程序中一致

P2012 = 2 USS PZD 长度

P2013 = 127 USS PKW 长度

P2014 = 0 禁止通信超时

完成了变频器中通信参数的设置^[5],再通过 PLC 内部 USS 通信库调用 USS-CTRL 变频器控制指令,并根据变频器已经设定好的通信参数,设定 PLC 内部的通信波特率及站地址等参数,并使变频器与 PLC 内部所设参数一致,才能完成通信报文的发送和接收。通信成功后变频器控制指令便可以控制被激活的变频器的启动、停止、正反转,进行速度给定,并返回变频器的工作状态,包括运行状态指示、实际输出频率及转向等。

4.3.2 程序调用

变频器的相关参数设定完成后,开始 PLC 内部关于 USS 通信程序的设计,首先在装有 USS 协议库的 Step7-micro/Win 软件中调用初始化指令,在 PLC 上电的第一个扫描周期内调用 USS 初始化指令,将 CPU226 的 Port0 端口设置为自由口通信、波特率为 9 600bit/s,激活站地址为 1 的 MM430 变频器。

通过调用如图 6 所示的 USS-CTRL 指令来控制 MM430 变频器的启停和运转速度,具体表现为将增减泵子程序的运算结果,传输给变频启停控制地址,通过改变程序中 M0.1(驱动器启停控制位)的通断来控制变频器的启停,从而达到控制

机组中水泵的增减来使管道压力恒定。另外,该系统在反馈压力已知的条件下,判断增减泵的唯一条件就是通过运行频率与设定的频率上下限比较,来输出增减泵信号。因此如图7所示的读取

变频器运行频率的指令必不可少。程序通过 USS 通信读指令将变频器运行频率反馈给 PLC,将压力信号反馈至 PID 指令中的过程变量 VW16,通过计算将 PID 的运算结果传输给 VD200(驱动器速度设定地址)来控制变频器的速度,从而实现恒压供水的目的。

5 结束语

以 S7-200 PLC 为核心的恒压供水控制系统,通过 USS 通信实现了 PLC 对变频器的控制,极大地简化了控制系统配置,提高了控制系统的灵活性和可靠性。另外由稳流罐、气压罐、阀及水泵等硬件组成的无负压管网叠压供水机组,利用管网叠压原理和小流量泵的适时运行,极大地提高了系统的节能效果。实践表明该系统具有节能、卫生安全、成本低廉及控制灵活可靠等优点,在实际应用中取得了良好的效果。

参 考 文 献

- [1] 高志杰. 谈无负压管网叠压供水系统在高层建筑的应用[J]. 山西建筑, 2013, 39(22): 110~111.
- [2] 周峰. 基于西门子 PLC 控制器的恒压供水系统设计[D]. 天津: 天津大学, 2010.
- [3] 胡香玲, 孙帅. 基于变频器和 PLC 的恒压供水系统研究[J]. 工业控制计算机, 2013, 26(5): 21~22.
- [4] 朱雪凌, 张娟, 许智勇, 等. 基于 PLC 的变频恒压供水系统的设计[J]. 华北水利水电学院学报, 2013, 34(2): 87~90.
- [5] 刘美俊. 变频器应用与维护技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008: 251.

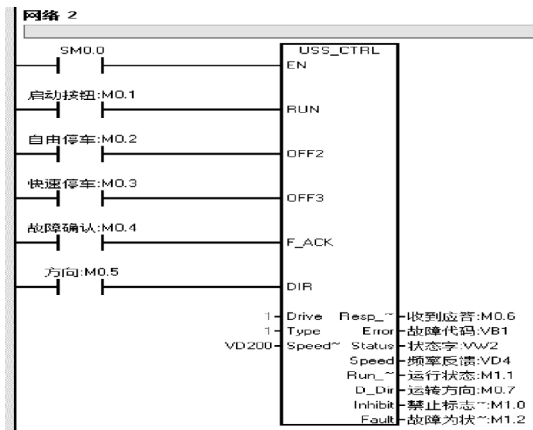


图 6 USS 协议的控制模块

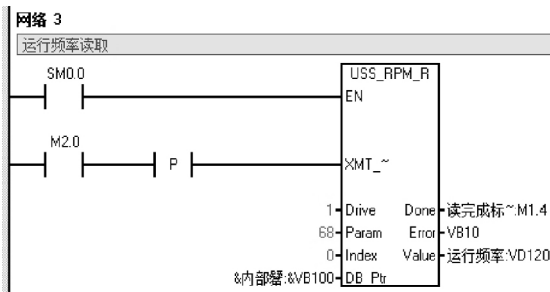


图 7 变频运行频率读取指令

(上接第 202 页)

Test Platform Design for Driving System of Electric Vehicles Based on LabVIEW

ZHU Jing, CHEN Shu-yan, YU Chao-gang

(College of Electrical and Electronic Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract Aiming at both complicate operation and low efficiency in performance test of the electric vehicle's driving system, a LabVIEW-based motor test platform was designed, including the introduction of the test platform's schematic diagram and its program control process, and the programming and implementation of PC software and communication with the motor controller, the data collection and the debugging as well as the motor system test.

Key words motor test platform, electric vehicle, driving system, permanent magnet synchronous motor, LabVIEW