

# 变频器在恒压供水系统中的应用

王 锋

(青铜峡铝业自备电厂检修部,宁夏 青铜峡 751603)

**摘 要:**分析了恒压供水的必要性和原理,描述了变频器的选型以及 PLC 的特点,结合电厂化水车间实际情况,设计了以变频器为核心、结合 PLC 组成的恒压供水控制系统。

**关键词:**恒压供水;变频器;PLC

## 0 引言

电厂化水车间泵站担负着恒压供水的重要任务,大量的电能消耗在水泵负载上,为了完成工作中的一些必须任务从而所消耗的电量在这类负载中占了相当大的比例。因此,提高泵站效率、降低能耗,对节省厂用电有重大意义,而变频器控制是目前较为先进的节能系统,通过监测水压、调节水泵频率,并结合 PLC 控制能很好地达到提高效率、降低能耗的效果。

## 1 变频器恒压供水系统简介

变频恒压控制系统以供水出口管网水压为控制目标,在控制上实现出口总管网的实际供水压力跟随设定的供水压力。设定的供水压力可以是一个常数,也可以是一个时间分段函数,在每一个时段内是一个常数。所以,在某个特定时段内,恒压控制的目标就是使出口总管网的实际供水压力维持在设定的供水压力下。

从图 1 中可以看出,在系统运行过程中,如果实际供水压力低于设定压力,控制系统将得到正的压力差,这个差值经过计算和转换,得出变频器输出频率的增加值,该值就是为了减小实际供水压力与设定压力的差值,将这个增量和变频器当前的输出值相加,得出的值即为变频器当前应该输出的频率。该频率使水泵机组转速增大,从而使实际供水压力提高,在运行过程中该过程将被重复,直到实际供水压力和设定压力相等为止。如果运行过程中实际供水压力高于设定压力,情况刚好相反,变频器的输出频率将会降低,水泵的转速减小,实际供水压力因此而减小。同样,最后调节的结果是实际供水压力和设定压力相等。

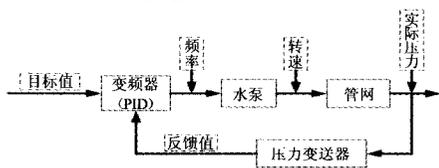


图 1 变频恒压控制原理图

## 2 变频器恒压供水系统

青铜峡铝业自备电厂 #1—#2 除盐水泵正常运行方式为间断运行方式,出口压力 0.8 MPa,由于系统变化,要求除盐水泵连续供水,因此拟将 2 台除盐水泵改为变频控制。控制系统采用一拖二的控制方式,当运行泵事故跳闸联起备用泵,单台泵可分别在工频或变频状态下运行,当 2 台泵并列运行时也可在工频或变频状态下运行。为了维持供水压力恒定可通过调整变频装置的压力设定,从而达到调整频率、控制转速的目的。

### 2.1 系统主要设备

#### 2.1.1 变频器

变频器是把工频电源(50 Hz 或 60 Hz)变换成各种频率的交流电源,以实现电机的变速运行的设备。变频器包括控制电路、整流电路、中间直流电路及逆变电路,其中控制电路完成对主电路的控制,整流电路将交流电变换成直流电,直流中间电路对整流电路

的输出进行平滑滤波,逆变电路将直流电再逆变成交流电。对于如矢量控制变频器这种需要大量运算的变频器来说,有时还需要一个进行转矩计算的 CPU 以及一些相应的电路。

变频器是利用电力半导体器件的通断作用将工频电源变换为另一频率的电能控制装置,能实现对交流异步电机的软启动、变频调速、提高运转精度、改变功率因素、过流/过压/过载保护等功能。

变频器节能主要表现在风机、水泵的应用上。为了保证生产的可靠性,各种生产机械在设计配用动力驱动时,都留有一定的富余量。当电机不能在满负荷下运行时,除达到动力驱动要求外,多余的力矩增加了有功功率的消耗,造成电能的浪费。风机、泵类等设备传统的调速方法是通过调节入口或出口的挡板、阀门开度来调节给风量和给水量,其输入功率大,且大量的能源消耗在挡板、阀门的截流过程中。当使用变频调速时,如果流量要求减小,通过降低泵或风机的转速即可满足要求。

#### 2.1.2 可编程控制器

可编程控制器是一种数字运算的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程的存储器,用来内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入输出,控制各种类型的机械或生产过程。

可编程控制器(PLC)具有通用性和灵活性强、抗干扰能力强、可靠性高、编程语言简单、安装简单、维修方便等特点。

PLC 采用循环扫描的工作方式,在 PLC 中用户程序按先后顺序存放,CPU 从第一条指令开始执行程序,直到遇到结束符后又返回第一条,如此周而复始不断循环。PLC 的扫描过程分为内部处理、通信操作、程序输入处理、程序执行、程序输出几个阶段。全过程扫描一次所需的时间称为扫描周期。当 PLC 处于停止状态时,只进行内部处理和通信操作服务等内容。在 PLC 处于运行状态时,依从内部处理、通信操作、程序输入、程序执行、程序输出,一直循环扫描工作。

## 2.2 系统的构成

变频恒压供水系统主要由电气系统、PLC 及压力仪表 3 大部分构建而成。

### 2.2.1 电气系统

结合系统要求采用一拖二的控制方式,2 台泵可分别在工频或变频状态下运行并满足恒压供水以及泵事故跳闸联锁启动备用泵。系统主电路图如图 2 所示。

由图 2 可见,接触器 3KM1、3KM2 用于变频器输出,分别接到水泵 M1 和 M2,而接触器 1KM1 和 2KM1 将工频电源接到 3 台水泵。变频器可以对任何一台水泵启动和恒压供水控制。其中热继电器(1KF 和 2KF)对电动机起过载保护作用。

### 2.2.2 系统 PLC 设计

集中管理与监控通过可编程控制器(PLC)采集 IO 信号,并对信号进行处理来实现远程监控。

模块输入端 X 端接收远程 IO 信号,包括远程监控发出的 2 台泵的变频和工频启停、故障信号;输出端 Y 端发出信号控制变

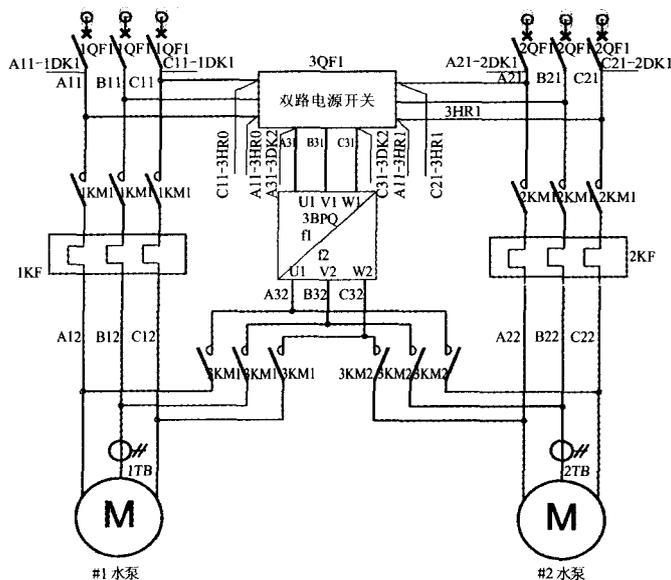


图2 系统主电路图

变频器与泵的启停以及联锁启动备用泵等信号。

PLC 内部编程结构为：(1)远程控制水泵的变频和工频正常启停。(2)变频器内部故障、外界水泵故障及热偶动作保护需导致水泵变频器停机。(3)2 台水泵之间的联锁关系：1 台泵故障后联锁启动备用泵；供水压力不足时联锁启动备用泵。

### 2.2.3 压力仪表

整套系统就是为了恒压供水，压力仪表在整个系统中起决定性作用，它能实时反映当前供水压力的大小。

水压由压力传感器的信号 4~20 mA 送入变频器内部的 PID 模块，与用户设定的压力值进行比较，并通过变频器内置 PID 运算将结果转换为频率调节信号，以调整水泵电机的电源频率，从而实现控制水泵转速。由于变频器内部自带的 PID 调节器采用了优化算法，所以使水压的调节十分平滑、稳定。同时，为了保证水压反馈信号值的准确、不失值，可对该信号设置滤波时间常数，同时还可对反馈信号进行换算，使系统的调试更为简单、方便。

## 2.3 系统的实现过程

### 2.3.1 减泵过程

当用水量减少、水压上升、变频器输出频率低于下限值，但管网压力仍偏高时，PLC 则使各泵依次退出运行，退出运行的过程是：PLC 接收到下限频率到达信号，延时一定时间后，接触器

(上接第 51 页)

的示温贴片，并结合停电进行检查，发现异常时及时处理。

(4) 进一步完善开关柜的带电显示功能，由于目前大多数 10 kV 开关柜均为封闭式开关柜，并且带有完善的五防系统功能和接地刀闸，当接地刀闸在未合闸的情况下，开关柜门是无法打开的，此时无法进行正常验电。因此，开关柜上的显示装置将成为验电的重要手段，为避免带电显示装置的本身缺陷造成误判断，建议在 10 kV 馈线线路侧装设两套要求整流回路显示回路均独立的带电显示装置。断路器分闸操作后，应检查线路带有的显示装置是否有带电显示。在负荷侧无反供电的情况下，可用于有效判断是否存在某相灭弧室未分开或真空泡漏气的情况。

## 4 结语

在 10 kV 真空断路器的运行维护中，为及时发现真空泡缺陷，一般需要在停电的情况下，结合大小修、预防性试验等工作才能进

2KM1 失电复位，水泵 M2 脱离工频电源停止运行。变频器驱动水泵 M1 恒压供水，水压稳定在设定值上。这种方式称为循环方式，通常用于各台水泵的容量都相等的供水系统中，其优点是可以自动的使各泵运行的时间比较均衡，缺点是工频运行状态直接停机时，可能由于停机太快而使管网压力发生较大波动。

### 2.3.2 加泵过程

首先由 M1 在变频控制的情况下工作。当用水量增大、水压下降，变频器输出频率上升到 50 Hz 时水压仍然不足，PLC 经过短暂的延时，将 2KM1 合闸即让 M2 投入工频工作，同时变频器的输出频率跟随水压来进行自动调节，直至水压稳定。

## 3 结语

青铜峡铝业自备电厂采用了变频恒压供水系统运行多年以来，节省了大量厂用电，极大提高了生产效率，进而提高了企业效益。综上所述，以变频器为核心、结合 PLC 组成的控制系统，具有高可靠性、强抗干扰能力、组合灵活、编程简单、维修方便和低成本等诸多特点，变频恒压供水系统集变频技术、电气技术、现代控制、远程监控技术于一体。采用该系统进行供水可以提高供水系统的稳定性和可靠性，方便地实现供水系统的集中管理与监控；同时系统具有良好节能性，这在能源日益紧缺的今天尤为重要。所以研究设计该系统，对于提高企业效率以及人民的生活水平、降低能耗等方面具有重要的现实意义。

### [参考文献]

- [1] 李良仁. 变频调速技术与应用. 北京: 电子工业出版社, 2004. 85~92
- [2] 康梅, 朱莉. 变频器使用指南. 北京: 化学工业出版社, 2008. 174~179
- [3] 李白先, 黄哲. 变频器使用技术与维修精要. 北京: 人民邮电出版社, 2009. 157~161
- [4] 魏连荣. 变频器应用技术及实例解析. 北京: 化学工业出版社, 2008. 73~133
- [5] 吴中俊, 黄永红. 可编程序控制器原理及应用. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2004
- [6] 廖常初. PLC 编程及应用. 北京: 机械工业出版社, 2003
- [7] 韩安荣. 通用变频器及其应用. 北京: 机械工业出版社, 2000

收稿日期: 2011-03-03

作者简介: 王锋(1977—), 男, 宁夏人, 工程师, 研究方向: 工业自动化。

行。由于周期较长，难以及时有效发现缺陷。因此，进行有效地巡视及运行在线监控等手段极其重要，可避免由于设备原因造成带电误操作，以及时发现设备缺陷。

### [参考文献]

- [1] 鲁文军. 继电器式失灵保护存在若干问题分析[J]. 华中电力, 2004(4)
- [2] 廖海东, 伍征团. 断路器失灵保护存在的问题分析及改进[J]. 湖南电力, 2002(4)

收稿日期: 2011-03-07

作者简介: 邵海江(1969—), 男, 浙江兰溪人, 电气工程师, 长期从事电厂电气工作, 主要进行电力技术设备工程应用研究。