

文章编号: 1000-5013(2009)01-0111-03

# 冷水循环泵变频改造的设计

吕素英, 李钟慎

(华侨大学 机电及自动化学院, 福建 泉州 362021)

**摘要:** 分析冷水循环泵的工作现状,利用变频器将传统循环供水系统改造成变频调速式系统,实现平滑的软启动和软停车,以减少对电网的冲击.设计一台变频器控制两台水泵的方案,由冷水循环泵、变频器,以及扩展控制回路共同构成一个闭环控制系统.结果表明,变频改造后,闭环控制系统能够较好地对水泵进行控制和监测,实时反馈压力的变化并做出准确、迅速的判断和动作,保证系统的恒压供水.

**关键词:** 变频调速;冷水循环泵;闭环控制系统;技术改造

**中图分类号:** TM 921.51; TH 3

**文献标识码:** A

## 1 循环水泵变频调速控制

### 1.1 理论分析

循环水泵是满足用水端对流量的要求.阀门控制法是传统调节流量的方法,它通过关小或开大阀门来调节流量,水泵转速保持不变<sup>[1]</sup>.运行的结果是管网系统压力不稳,频繁出现超压或欠压现象,水泵的工作效率很低,浪费了大量的动能.通过调节水泵转速来改变泵的流量和扬程,可满足供水的要求.

循环水泵变频调速是指,通过改变异步电动机定子端输入电源的频率来改变电动机的转速,从而达到改变水泵转速的目的.当与水泵配套的电动机选定后,电动机极对数  $p$  和电动机转差率  $s$  为定值<sup>[2]</sup>,转速  $n$  与频率  $f$  成正比,只要改变频率  $f$  即可改变电动机的转速.当频率  $f$  在  $0 \sim 50$  Hz 的范围内变化时,电动机转速调节范围非常宽.变频调速就是通过改变电动机电源频率实现速度调节的.变频器主要采用交流-直流-交流的方式,即先把工频交流电源通过整流器转换成直流电源,然后再把直流电源转换成频率、电压均可控制的交流电源以供给电动机.

水泵的流量、扬程和轴功率均与水泵的转速之间存在着一定的比例关系<sup>[3]</sup>,有

$$\frac{G}{G_m} = \left(\frac{H}{H_m}\right)^{1/2} = \left(\frac{N}{N_m}\right)^{1/3} = \frac{n}{n_m}.$$

式中,  $G$  为流量,  $H$  为扬程,  $N$  为功率,  $n$  为转速,下标  $m$  代表“额定”.由上式可看出,水泵的转速与流量成正比,扬程与流量的平方成正比,轴功率与流量的立方成正比.当水泵的流量降低 20 % 的时候,电机的转速就降低 20 %,水泵的电耗将降低 50 %;当水泵的流量降低 50 % 的时候,电机的转速就降低 50 %,水泵的电耗降低 87.5 %.

因此,在保证系统规定流量的前提下,有效地降低水泵的流量,节约电能效果显著.由于转速的变化对流量、扬程、轴功率的影响是比较大的,而变频调速技术正是将水泵转速纳入了调节范围,通过对水泵转速的调节,使流量、扬程同时变化,从而达到优化运行的目的<sup>[4]</sup>.

### 1.2 系统分析

变频调速恒压供水系统必须做成闭环控制系统,其基本结构如图 1 所示.将给定水压做为恒定参考值,水压给定值与水压反馈量比较而产生的误差信号经过调节器处理后,用于控制变频器的输出频率.变频器为异步电动机提供电源,通过改变变频器的输出频率来调节电机的转速,从而可以方便地调节水

收稿日期: 2007-11-21

通信作者: 李钟慎(1971-),男,副教授,主要从事嵌入式系统和过程控制的研究. E-mail: lizscyw@hqu.edu.cn.

基金项目: 泉州市科技计划重点项目(2006 G6)

泵的转速.

## 2 技术改造

### 2.1 现场状况

冷水循环泵共有 3 台,现采用两用一备方式投入使用.在运行状态下,先投入其中一台循环水泵.运行稳定后,如果管道系统水压力及温度均达到了控制要求,则不再投入第 2 台泵运行;否则,需投入第 2 台泵运行.由于管道系统压力及温度经常处于变动状态,因此两台循环泵需要频繁手动投切.由于循环泵只要投入,就会全速运行,造成了系统各种参数不稳定,可调性差,并由此产生的能源浪费,影响了电机、水泵、管网的使用寿命,增加了系统维护费用,制约了整个冷水循环系统的正常运行.

### 2.2 给水设备工作原理

改造后的水泵变频调速给水设备工作原理框图,如图 2 所示.通过安装在冷水循环泵总出水管上的远程压力变送器,把出水口压力转换成 DC 0~10 V 的模拟信号.该模拟信号做为反馈值送入变频器的 CCI 输入口,而压力给定量从变频器的 VCI 口输入.两者比较得出的压力差值经过变频器内置 PID 的运算处理后,将增量与当前输出频率相加,所得结果做为变频器的输出频率值.即改变水泵的运行转速,调节系统管道的压力,最终达到实际压力与设定压力相等,实现循环供水系统输出压力的恒定.

用户需水量与频率的变化成正比关系,用水多时频率提高,冷水循环泵转速加快;反之,频率低,冷水循环水泵处于低速状态.当零用水时,冷水循环泵处于停止状态,既保证用户用水又节省电能.

### 2.3 改造方案

由于变频器相对价格高,在实际使用中,系统采用一台变频器控制两台循环泵的方案,即“一拖二”方案.这时的控制方式是根据管道压力的传感器负反馈值及预设压力值的叠加,用变频器首先变频控制一台冷水循环泵电机(设为 D1)的变频启动与运行.在电机运行至最高频率(即最大转速)时,若系统压力还是达不到预设压力值,则使此电机由变频控制自动投切至工频控制,变频器转而控制第 2 台电机(设为 D2)的启动,并根据系统压力自动调节电机频率.

当变频柜再次启动(运行原理同上)时,是先启动电机 D2,再启动电机 D1.为了避免变频器的输出端直接工频电源相连,增加了工频与变频之间的硬件连锁.若 1 台冷水循环泵电机由变频柜控制启动、自动运行后,电机没有达到全速(全频为 50 Hz)时,系统压力与预设压力值保持一致.这时,变频器控制柜维持变频运行 1 台电机,第 2 台电机做自动控制系统的备用泵使用.

### 2.4 变频调速控制回路

图 3 为变频器扩展回路原理图.首先确认主机一次线(三相五线制)及主机与琴台间的 2 次控制线已经连接,然后确认工频与相应的变频互锁(常闭接点)连接正常,负载状态正常,电机外壳确已接地,监视器与摄像头连接正常.主机一次线(三相五线制)送电,主机及琴台的相应的电压表应有正确的 380 V 基准电压指示,通过电压闭合主机内主断路器及控制断路器.此时,变频器的操作面板上应有数字显示,待显示稳定后,将转换主机柜面板上的转换开关拨到“变频”位置,琴台即可正常操作.按下“启动”按钮,相应的接触器吸合,“运行”指示灯亮,此时电机不运转.当调节电机转速时,按下“增速”按钮,观察频率表,可看到变频器输出频率将由 0 Hz 逐渐上升;按下“减速”按钮,变频器输出频率将逐渐下降;同时,电机的转速也随着输出频率的增减而增减.

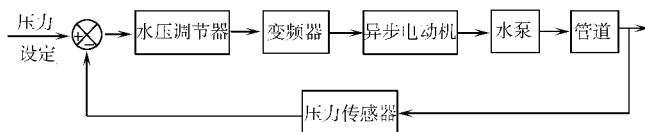


图 1 供水控制系统框图

Fig. 1 The block diagram of water supply control system

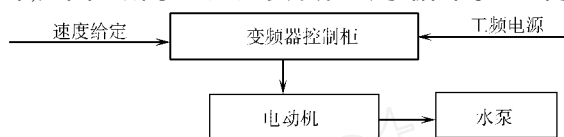


图 2 给水设备工作原理框图

Fig. 2 The schematic diagram of the working principle for water supply equipment

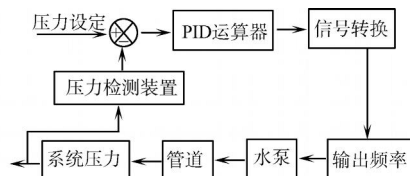


图 3 变频器扩展回路原理图

Fig. 3 The principle diagram of frequency converter extended circuit

停止电机运转有两种方式,按下“减速”按钮,直到输出频率为零,此时,电机将由变频器控制减速至零.按下“停止”按钮,此时,接触器断电,电机将自由滑行停止,在这种情况下,电机的运行频率将缓慢减至零频.在零速时,若再次按下“启动”按钮,电机将直接启动到上次按下“停止”按钮前电机实际工作的频率值(转速).

经过变频技术改造后的冷水循环泵恒压供水系统原理图,如图 4 所示.

3 结束语

对恒压供水系统中的冷水循环泵实行变频改造后,该系统实现了闭环控制.它能够较好地对水泵进行控制和监测,实时反馈压力的变化,并做出准确、迅速的判断和动作,保证系统恒压供水.启动电流可以通过变频器设定,避免了大电流对电网的冲击,实现了软启动和软停车.泵的平均转速降低了,延长了设备的使用寿命,同时节约了大量能源,降低了生产成本.

参考文献:

[1] 徐美平,茅 苏.变频调速供水系统的原理与应用[J].建筑电气,2000(2):43-44.  
[2] 邱永成,李进东.可编程序控制器(PLC)实现交流电动机的变频调速[J].机械,2006,33(2):24-25.  
[3] 姚 华,游永坤.变频调速水泵节能经济性与应用途径的探讨[J].华北电力技术,2006(9):19-21.  
[4] 金传伟,毛宗源.变频调速技术在水泵控制系统中的应用[J].电子技术应用,2000,26(9):38-39.

Design of Frequency Conversion Transformation  
for the Cold Water Circulating Pump

L Ü Su-ying , L I Zhong-shen

(College of Mechanical Engineering and Automation , Huaqiao University , Quanzhou 362021 , China)

**Abstract :** After the analysis of the current working status of the cold water circulating pump ,the technological transformation of the traditional water supply control system is implemented into a variable-frequency speed regulating system using a converter to realize smooth soft-start and soft-stop and reduce the impact on the electric network. A closed-loop control system composed of the cold water circulating pump , the converter and the extended circuit ,is designed so that a converter could control 2 pumps. The experimental results show that the pump can be better controlled and monitored for real-time pressure feedback , and accurate and rapid response so that a constant pressure for the water supply system could be ensured.

**Keywords :** variable-frequency speed regulating ; cold water circulating pump ; closed-loop control system ; transformation

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 郑亚青)

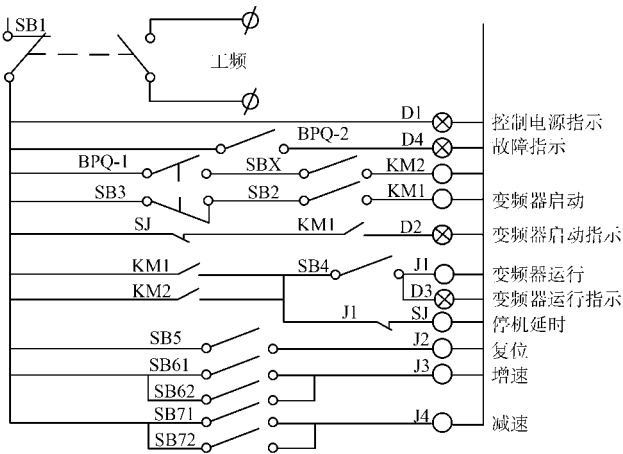


图 4 改造后的供水系统原理图  
Fig. 4 The principle diagram of water supply system after transformation