

变频器在自动化水厂中的应用

陈运珍

(北京市市政工程设计研究总院)

摘 要: 本文讨论了变频器在自动化水厂中的一些应用,对变频器在自动化水厂中软、硬件设置,送水泵房的闭环控制方式,取水泵房的串级控制方式进行简要说明。

关键词: 水厂;变频器;自动化;网络化;IT技术

0 引言

据统计,我国的发电总量的70%左右消耗在电动机上,风机、水泵消耗我国发电总量的40%左右。用电机变频调速来代替原有阀门调节流量,我国每年可节约用电300~400亿千瓦小时。在自来水行业,变频器主要应用在取水泵房、送水泵房,除了可以节电,还可以平滑调节取水流量、送水压力,满足制水、供水工艺要求。

1 变频器在自动化水厂的软、硬件设置

在大部分新建、改建的自动化水厂的取水泵房、送水泵房,一般都配备了变频器,用来降低电耗、改善工艺条件。变频器的控制方式一般具备就地手动与PLC自动两种运行模式,通过现场控制箱可以切换。下面以水厂为例说明变频器在自动化水厂软、硬件设置的一些方法。

现举例某水厂引进的变频器西门子公司生产的系列变频器。送水泵房配备四台变频机组,向城市管网供水。每台变频机组配备一台变频变压器,一次侧电压为6kV,二次侧电压为690V。变频器自身损耗为额定功率的3%左右。

变频器有6个数字量输入,3个模拟量输入,3个数字量输出,2个模拟量输出。通过变频器软件设置,数字量输入1作为就地手动的“开/停”控制,数字量输入2作为“就地手动/PLC自动”切换控制,数字量输入3作为就地手动的“增速”控制,数字量输入4作为就地手动的“减速”控制,数字量输入5作为“故障紧急停车”控制,数字量输入6作为PLC自动的“开/停”控制,模拟量输入2作为PLC自动的“频率”控制。数字

量输出1为变频器“准备”信号,数字量输出2为变频器“运行”信号,数字量输出3为变频器“故障”信号,模拟量输出1为变频器“转速”信号,模拟量输出2为变频器“电流”信号。这样可以实现变频器的手动或自动运行,并对变频器的相关运行数据进行实时监测。这是一个泵站水泵机组监控设置,由于现状是千变万化的,要因地制宜进行设置。

西门子公司SINAMICS G150等系列变频器软件具备以下主要功能:过流保护, Vdc max控制器可自动防止直流侧过压保护,直流侧欠压保护,电源模块过温保护,短路保护,输入缺相保护,环境温度检测等。编程软件具备以下主要功能:控制信号检测,面板丢失处理,外部故障处理,电机热保护,堵转保护,缺相保护,接地故障保护,电流和转矩限制,频率限制,临界频率锁定等。自动重新启动,可以在掉电或系统恢复后重新启动驱动系统。快速再启动,可允许变频器与旋转电动连接。特别要指出的是:西门子公司G150等系统变频器,可以很方便的在内部和外部进行监控,通过PROFIBUS或PROFINET工业以太网的接口和客户端子板的模拟量输入进行监控,可在网上的任何点进行监控。

2 变频器在自动化水厂送水泵房的应用

在自动化水厂送水泵房中,使用变频器的主要目的是用来降低电耗、平滑调节出厂水压力。通过自控系统的PLC或利用变频器本体的PID调节,可以让变频器自动调速,恒压供水,实现送水泵房的无人值守,提高生产效率及安全性。下面以某水厂为例说明变频器在送水泵房的一些应用。



某水厂送水泵房采用SINAMICS G150系统变频器, PLC采用西门子公司的S7—200/300/400可编程程序控制器(根据监控内容的多少来选择)。出水总管上配备E+H公司的PMC133压力传感器,将实际出厂水压力信号输入PLC。中控室值班员工根据总公司中心调度室指令将标准出厂水压力值通过计算机人机界面输入PLC中。PLC根据标准出厂水压力值与实际出厂水压力值之间的差值计算所需的频率值,将该值输出到变频器的模拟量输入口,变频器则改变频率,调整电机转速,达到调整出厂水压力,进行闭环控制。控制原理见图1。

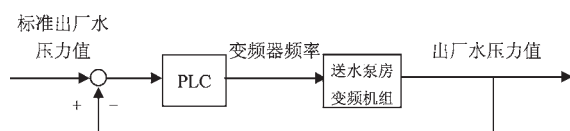


图1 送水泵房闭环控制原理图

3 变频器在自动化水厂取水泵房的应用

在自动化水厂取水泵房中,使用变频器的主要目的是用来降低电耗、平滑调节取水流量。通过自控系统的PLC或利用变频器本体的PID调节,可以让变频器自动调速,保持清水池水位稳定,实现取水泵房的无人值守,高效、优质供水。

在自动化水厂取水泵房变频器的控制设计上,一般由清水池水位直接控制变频器的频率。和送水泵房出厂水压力控制送水泵房变频器相比,改变送水泵房变频器频率可以立即影响出厂水压力,而改变取水泵房变频器频率对清水池水位变化的时间滞后较大,同时絮凝池排泥、平流池排泥、滤池反冲洗、出厂水流量变化对清水池水位都有较大影响,因此用清水池水位直接控制取水泵房水泵机组调速节能的方法不尽人意。有的水厂在控制上采取了部分简化,将清水池水位分段控制变频器频率,但使用效果不理想。下面谈谈取水泵房变频器控制的一些想法。

在取水泵房变频器控制系统中,由技术人员通过计算机人机界面将清水池标准水位值输入PLC,PLC自动根据清水池标准水位值与实际水位值之间的差值通过PID运算得出清水池所需的标准进水量。PLC根据清水池标准进水量与实际清水池进水流量的差值计算所需的频率值,将该值输出到变频器的模拟量输入口,变频器则改变频率,调整电机转速,调整清水池进水量合乎要求。清水池水

位作为主被控变量,水位控制器作为主控制器,清水池进水流量作为副被控变量,流量控制器作为副控制器。该系统有主、副两个被控变量,主、副两个控制器,因而构成主、副两个回路,构成串级控制系统。串级控制系统中主控制器的给定值按工艺要求规定,副控制器的给定值却是在调节过程中,由主控制器给出的。串级控制原理图见图2。

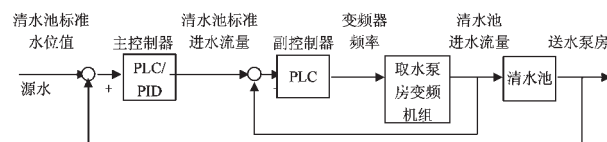


图2 取水泵房串级控制原理图

取水泵房变频器控制设计为串级控制系统,可以具备以下功能。1、能够迅速克服进入副回路的扰动。扰动只要影响到副被控变量,调节过程立即开始,使主被控变量的动态偏差大为降低。如一旦絮凝池排泥、平流池排泥、滤池反冲洗对清水池进水量影响,副控制器立即调节变频器频率,维持清水池进水量,使清水池水位受到的影响降低。2、由于副回路的存在,使主回路的响应速度有所改善。3、由于副回路的存在,该回路内的过程特性的变化对主被控变量的影响大为降低,还可使操纵变量得到更精确的调节。

取水泵房串级控制系统设计中,关键在于选好副被控变量。首先,副被控变量与主被控变量应有直接的因果联系。其次,副被控变量应能受到主要扰动的影响,并有所反映。再次,副被控变量应处于整个对象的中间点,主、副对象要适当分割。选取清水池进水量作为副被控变量既是根据调度员工手动控制的实践,又是根据串级控制系统理论得出的。在主、副控制器的控制规律选择上,主控制器应该选用PI、PID或其他特殊的控制规律,副控制器一般选用P或PI为宜。因为副控制器的控制目标是使主被控变量平稳,对副被控变量的过度过程品质并没有严格的要求,只是要求过度过程快一点,在保持稳定的条件上控制作用适当的强一些。一般,副控制器选用比例控制规律已经可以合格。

4 结论

在现代自动化水厂中,为了满足工艺要求,平滑调节进水量及出水压力,一般都采用了变频调速代替老式用阀门进行调节。变频调速可以降低电耗,还可实现取水泵房、送水泵房的自动控制,无

(下转第9页)

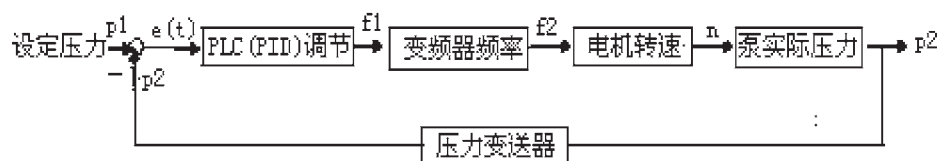


图3 PID闭环反馈原理图

供水较好效果的关键。PID控制是一种负反馈控制，它所组成的控制系统由PID控制器和被控对象组成，具有一般闭环反馈控制系统的结构，通过负反馈作用使被控系统趋于稳定。PLC将泵实际压力其与水压设定值比较后经内部PID运算，得出控制量，由PLC输出PWM信号，再经低通滤波，后作为变频器所需的控制电压改变泵电机转速，最终调节管网压力。PID闭环反馈控制原理如图3：

在S7-200 PLC中，编程软件提供了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。在PID子调用程序中，PID的组用户通过在PID指令向导中指定PID回路参数表(Table)中的各项参数，然后执行相关的指令即可使用PID控制。

3.4 通讯功能扩展控制

在恒压供水监控系统中，供水站各种运行参数需要传送给上一级调度中心，而调度中心有时也需要向供水站变电站发出一些控制指令。我们可以用PLC上的通讯口Port1实现这一目标。该通讯口可以将S7-226 CPU连接到PROFIBUS-DP现场总线网络

（上接第6页）

人值守，进行安全、优质、高效、低耗供水，推动了供水技术前进。还有一点要指出的是，水泵站的变频调速是整个监控系统的一个重要的设备之一，它的通讯功能必须接受网络监控的性能，除了接受水泵站的监控，也要接受这方监控总中心的监控，必须具有远程I/O接口。

特别要指出的是变频调速不是单一进行的，与整个水厂工艺流程，乃至整个城市的供水优化调度有不可分割的流程监控关系。采用西门子自动化技术，采用西门子G150及SIMOVERT MV IN TIA装置。可以做到三个在网络上的监控统一：一是统一编程，将驱动工具集成到SIMATIC管理器中，通过SIMATIC，可统一网上任何点上的计算机界面和操作环境。二是可做到统一数据储存管理。三是统一

上，与上一级调度中心的上位机构成数据采集监控系统。这样就能把控制结果向上级调度中心汇报，也允许调度中心对控制装置控制目标进行灵活设定。

4 结论

在供水系统中采用基于西门子PLC与数据采集监控软件WinCC设计的变频恒压供水系统，可以根据实际需要水压的变化自动调节水泵的转速，实现恒压供水。运行结果表明，系统节能效果显著，结构简单、运行可靠、调整方便，恒压供水质量高。水泵在变频下均为软启动，切换平滑，冲击电流小，水泵机组寿命相应延长。可以最大限度的节能、节水、节地、节资，并使系统处于可靠运行的状态，具有很好的应用前景。□

参考文献:

- [1] 陆秀令.PLC控制的恒压变频供水系统[J].自动化仪表, 2004 25(4).
- [2] Siemens AG WinCC V5 The configuration manual and the communication manual Germany siemens [P] 2000.
- [3] 廖常初.PLC编程及应用.机械工业出版社[M].2003.

通讯方式。

在变频器的电压选择中，小于500kW的水泵机组要尽量选用低压等级的变频器，500kW至1000kW的水泵机组可选用690V的三电平变频器。大于800kW以上的水泵机组可选用2.3/3.3/4.16/6.0/6.6kV等系列的变频器，不同电压等级的西门子电动机在国内已能组装生产，客户没有后顾之忧。就是中压型的变频器，也要尽量选用耐压等级高的、高可靠性的中压IGBT元件，SIEMENS/EUPEC生产的中压IGBT的功率半导体是全球最优的元件之一，用来组建整流侧和逆变侧的直流回路，无需限流电抗器，具有短路保护，触发器数目很少，无缓冲/吸收电路，模块化结构紧凑，维修方便，可靠性更高，希望西门子等公司推出价格比更高，更符合中国国情的变频装置。□