

净水厂送水泵站水泵机组变频调速设计

□中国市政工程东北设计研究院 杨红
□营口市排水公司 杨致升 姜义园 王辉

目前,国内的大部分泵站机组多采用变频调速装置。通过机组的调速,以适应管网中流量和压力的变化,达到节能的目的。目前市政工程东北设计研究院所采用的设备包括:奥地利ELEN公司、德国西门子公司产品。采用变频调速后,设备运行安全可靠、技术先进、节能效益显著。

辽宁省某净水厂是引碧入连工程的日元贷款项目,其供水能力为40万 m^3/d ,2003年已建成投产。为了把水厂建成一个现代化的水厂,要求生产过程实现自动控制,节省电能,在送水泵房安装卧式离心水泵7台,其中三台采用变频调速。水泵机组的电动机容量为1000kW,定速电动机电压为10kV,调速电动机电压为3kV。

一、调速泵的节能原理

水泵站的装机是按最不利条件下、最大时流量和所需相应扬程决定的。由于城市用水量是不均匀的,从而影响到管网水头损失的变化,尤其是地势平坦的市区,在几何扬程很小的情况下,送水泵站出口所需压力随流量的变化更为显著。而实际上每天只有很短时间能达到最大时流量,大多数时间里,水泵站都处于小流量下工作。为了适应流量的变化,许多泵站在运行中采取关小出口阀门的办法来控制流量,从而造成出口阀门前

后的压力差值少则几米多则几十米,白白地浪费于阀门阻力上(图1)。

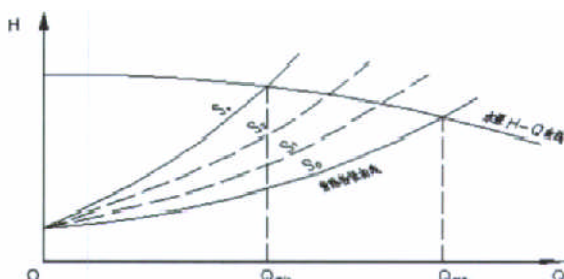


图1 用水泵出口阀门调节水泵运行工况

当水泵台数足够多时,是可以很好地适应水量变化的,但是水泵型号是有限的,装机台数过多,不仅管理不便,而且会无谓地增大建筑面积,提高工程造价,即使这样,也无法做到完全适应水量变化,还需要用调节阀来调节水量(图2)。

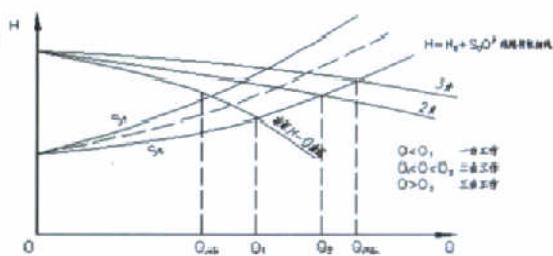


图2 同时用调节水泵台数和出口阀门运行工况

很多水厂切割水泵叶轮适应工作点需要,因水泵工作点不连续照样有能量损失。

为此,采用水泵机组无级调速技术,可连续地改变水泵转速,来变更水泵工况,使其流量与扬程适应于管网用水量的变化,才能提高机组效率,维持管网压力恒定,达到节能的效果。节能原理如图3所示。

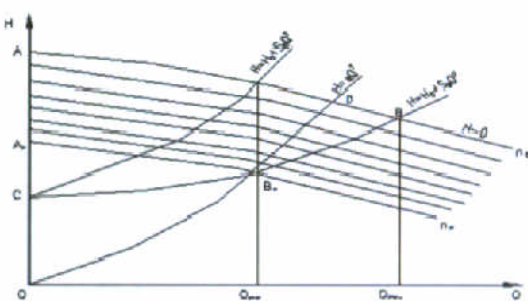


图3 水泵机组无级调速运行工况

A B 为全速泵特性曲线, $A_n B_n$ 为调速泵特性曲线, $C B_n$ 为管路特性曲线, C_0 为几何扬程(含地形差和

自由水头), 当用水量从 $Q_{\max}$ 减少到 $Q_{\min}$ 的过程中, 全速泵的扬程将沿 BA

曲线上升,而管网所需扬程将沿BBn曲线下降,这两条曲线纵坐标的差值就意味着全速泵扬程的浪费。应用水泵调速技术时,当用水量从 $Q_{\max}$ 变动到 $Q_{\min}$ 的过程中,水泵转速随流量从额定值 n 降到 $n_1n_2n_3\cdots nn$,水泵的 $Q-H$ 特性曲线AB也相应变化为A1B1, A2B2, A3B3 $\cdots$ AnBn。而这组平行的特性曲线AB—AnBn与管路特性曲线CB的交点轨迹BBn正在管路特性曲线上。这样就可使水泵工作点沿管路特性曲线滑动,使他扬程处处能与系统阻力相适应,做到没有多余压力的损失,且能保持管网供水压力恒定,根据水泵轴功率的计算公式,明显收到节能效果。

为实现水泵机组随用水量变化而自动调速,最直接的办法是在管网最不利点处设压力变送器,并设定压力值。自控系统据输入的压力信号按存放的程序改变水泵转速,达到最不利点压力恒定和供需水量平衡。但是最不利点距泵站往往很远,远传信号不很方便。采用泵站出口压力和流量来控制水泵转速是常用的办法。当管网确定之后,出口压力应是流量的函数,其函数曲线即为管路特性曲线,所以可以利用图4的控制系统自动地调节水泵转速。

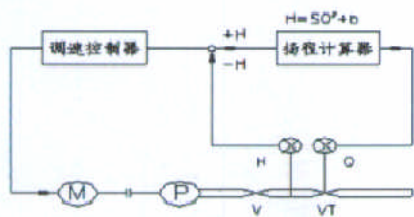


图4 利用出口压力控制水泵转速

二、Simovert MV 系列变频器技术特点

Simovert MV电压源型系列变频器采用了基于电压空间矢量调制原理

的三电平技术,高性能矢量控制(VC)技术以及全数字无传感器控制技术。其标准配置如图5所示,其输入采用三绕组输入隔离变压器,输入变压器的隔离作用使电动机的中性点接近于地电位,防止了电动机绝缘受到共模电压的作用而影响使用寿命,这对现有电动机改造项目尤为重要,另外输入变压器还在电网与变频器之间提供一个感抗,起到减小波形畸变的作用。两个二次绕组相应的输出相电压移相 30° ,接在两个串联的二极管全波整流电路构成12脉冲整流结构,通过电容稳压平波形成三电平中点箝位结构,然后经过三电平逆变器并采用矢量控制技术以及最佳脉宽优化技术,使逆变器输出三电平的相电压和五电平的线电压,从而大大降低了输出谐波分量,而且使电动机的谐波损耗减少。谐波满足IEEE—519—92以及GB14549—1993等国际,国家标准的要求。

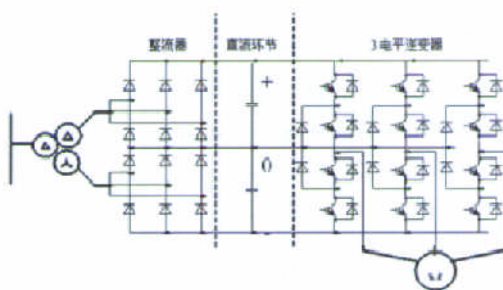


图5 Simovert标准配置

图6是IGBT和IGCT的门极触发电流波形。IGCT与GTO一样都需要缓冲电路和复杂的门极触发电路,关断GTO时,需要大约1/3实际负载电流大小的门极电流,而IGCT则需要与实际负载电流大小相当的门极电流来实现它的关断,并需非常大的 di/dt 以保证整个晶片面积范围内导通,避免局部导通现象。而且为了获得这么大的门极电流和 di/dt ,其门极电路需要多个大功率MOSFETs并

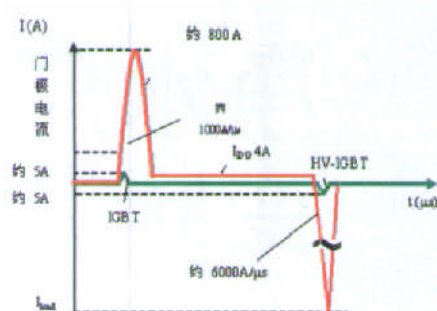


图6 IGBT和IGCT的门极触发电流波形

和极低的阻抗值,GTO和IGCT的这种门极驱动方式称之为硬驱动,它要求其开关的速度必须尽可能地快,以便在整个晶片范围上同时工作,否则在晶片上初始导通的部分将会产生过电流或在关断相上被重新施加阻断电压而超载,这即是门极电路加缓冲电路的原因。与此比较,IGBT中的载流子通过主负载电路泄放,不需缓冲电路,只需要大约5A的门极电流来控制其开通和关断,而且反

并联的二极管避免了反向过电压,从而保证其可靠地开通与关断。采用HV—IGBT的变频器与相应结构的采用IGCT或GTO的变频器相比具有较低的 dv/dt 。

SIMOVERTMV采用磁场定向矢量控制技术,图7是无速度传感器的磁场定向闭环控制原理方框图,加上虚线部分则是带有转速传感器的磁场定向闭环控制系统。

由磁场定向闭环控制原理图可见,它包括两个闭环控制,一是磁场闭环控制,二是附带从属转矩闭环的转速控制闭环。即将感应电动机通过坐标变换模拟直流电动机的控制,电流分解成有功分量和无功分量,有功分量控制电动机的转矩,无功分量控制电动机的磁通,两者通过电动机的数学模型及电动机的电压、电流的实时检测值计算得到,实现转矩、磁通的分别控制,从而模拟直流电动机控制,这即是矢量控制的原理。无传

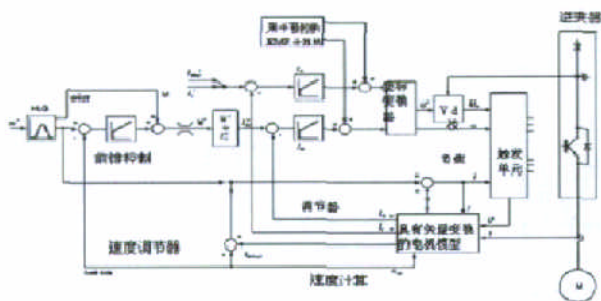


图7 无(有)速度传感器的磁场定向闭环控制原理方框图

传感器矢量控制中的速度确定是通过检测实际电动机的电压、电流,并经过电动机的数学模型进行计算所得,一般在调速范围为1:10内可以采用此种控制方式;若在1:10以上须采用带有速度传感器的矢量控制才能满足要求。

除了采用磁场定向闭环控制技术以外,Simovert MV还采用了最优脉宽PWM调制技术,它可在多方面影响传动系统的性能,其主要目的是通过优化脉冲方式尽可能地减少转矩脉动,并且避免能引起机械系统共振的临界频率。与二电平技术相比,三电平最大的优势是具有更多的自由度,其开关状态是二电平的三倍多,而开关顺序和PWM调制频率是决定转矩质量的主要因素。

从电磁兼容性方面看,变频器经隔离变压器接入交流电网,此隔离变压器既限制在投切时过电压和过电流,又限制产生的高次谐波进入电网,以免污染高压供电系统。根据电网所含的不同高次谐波,在装置中还增加高压扼流圈及由电容组成的吸收装置,滤掉各种高次谐波。加之本变频调速系统有防污染措施,所以无发射电磁干扰,不会影响周围电气设备的正常运行。

SIMOVERT MV变频调速系统的电子设备安装在电气室内的环境下,能承受环境内各种电器设备产生的射频等干扰。满足标准。

三、结束语

Siemens公司以及世界上生产变频器的著名大公司相继在1998年推出三电平中压变频器,主回路都采用高压大功率半导体器件,使其主电路结构非常简洁。由此可见三电平结构代表了当前中压变频

器的最先进的电路拓扑结构,也是各家公司综合各种因素预期的中压变频器的发展重点。

用户在选择中压变频器时应坚持的基本原则:①产品的可靠性;②售后服务;③解决问题的能力;④成本;⑤技术方案的能力。

应考虑变频器的未来发展方向,选择具有生命力的变频器,便于备件、服务以及升级在未来能够得以实现。

其他主要技术指标如效率、功率因数、速度控制、转矩脉动、噪声、谐波等等也应进行综合考虑,但不可强求某一

指标。

每台变频设备一定要有profibus-op光纤,连接站控层的计算机系统。大大节省二次电缆配线,节省劳动力。每台变频设备一定要加飞车启动器,防止电网波动掉电时停止供水。

要想送水泵站每台泵实现优化运行,就要研究其定性与定量的运行规律。我们根据市区用水曲线、出厂压力与管网压力控制点,清水池水位等参数,正在建立优化控制数学模型,在此基础上,下一步定量控制净水厂泵站调速与变频调速机组优化运行时的流量、扬程、效率变化规律。这样可以根据用户对于用水量与扬程要求,实现最优化控制。这种方式实现之时,便可以满足用户对水量、水压的需要,又达到明显降低电耗的目的。这是我们面临的一个艰巨的、必须克服的难题。

净水厂送水泵房水泵机组调速的经济效果很明显,比不调速节能30%左右,而且设备运行可靠,操作维护方便,接受计算机控制,实现了净水厂优化控制,是具有现代化管理的水厂。mepm

(收稿日期:20061205)

