

变频器在锅炉给水泵上的应用

江苏快达农化股份有限公司 周峰

1. 现状

我厂 10t/h 蒸汽锅炉的给水泵, 泵流量 10t/h, 扬程 224m, 配接电动机为 22kW。补充给水方式, 采用三种液位控制系统, 汽包液位的被控变量是主体冲量信号, 蒸汽流量信号, 给水流量信号是两个辅助能量信号, 该控制系统不但能在负荷变化较频繁的工况下较好完成液位控制任务, 而且能克服给水量改变所带来的扰动, 这种系统反应快, 稳定性好, 抗干扰能力强。其自控系统如图 1 所示:

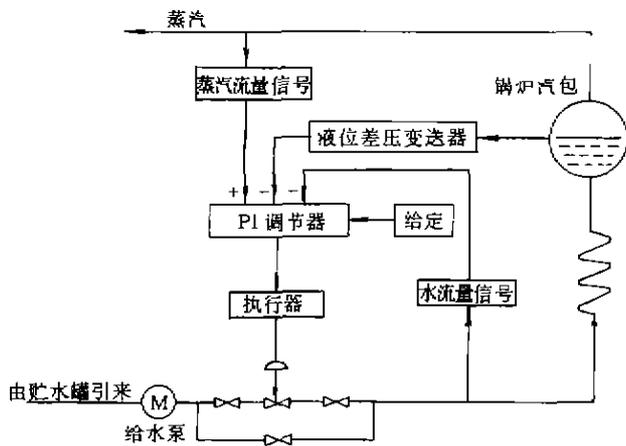


图 1 自控系统方框图

2. 问题提出

由于本厂氯碱业受市场影响, 使得采用三效蒸发原理生产碱的蒸发工段开停车比较频繁, 当蒸发工段开车时, 蒸汽锅炉满负荷运行, 当蒸发工段停车时, 全厂用汽量仅占满负荷运行的一半左右, 这种汽负荷极大的变化, 使锅炉给水量相应变化也很大, 由于三冲量液位控制系统的水泵是连续不间断运行的, 在小流量进水状况下, 管道承受压力大, 水泵机械磨损大, 耗能多, 故障高。根据以上情况我在调节阀控制水流量的同时, 用调节器的输出跟踪信号 0~10V 送到变频器同步改变水泵、电动机的转速。这不仅能达到控制水流量的目的, 还能减少水泵的机械磨损, 达到节电的效果。

3. 泵损失功率分析

真正有用的功, 即泵给水量所做的功可用下式计算:

$$P = \frac{QHr}{102\eta} \quad (\text{kW})$$

式中, Q 为水流量, 单位 m^3/s ; H 为扬程; 单位 m , r 为水的比重, 单位 kg/m^3 ; η 为效率。

根据测量: (用汽在 50% 时) $Q = 5\text{t/h}$, $H = 224\text{m}$, $r = 1000\text{kg}/\text{m}^3$, 取泵效率 $\eta = 0.55$ 。则水泵实际消耗功率

$$P = \frac{QHr}{102\eta} = \frac{5\text{m}^3 \times 3600\text{s} \times 224\text{m} \times 1000\text{kg}/\text{m}^3}{102 \times 0.55} \\ = 5.446 \approx 5.5(\text{kW})$$

而我们实测电动机的输入功率为 21kW, 输入功率与功率相差为 15.5kW, 这个功率损失主要包括:

- (1) 电动机本身的损失。
- (2) 水泵和管路损失。

根据分析: 该电动机输入功率为 21kW 时, 其自身损失功率约为 2kW, 总损失减去电动机损失即为泵、管路损失, 约 13.5kW, 损失功率相当于有用功率的 2.5 倍左右。

4. 变频调速方案的确定

由以上分析可知, 管路损失约占输入功率的 64% 以上, 我们用改变转速的方式来控制流量, 保证锅炉汽包液面恒定, 即可达到节电效果。因为当流量下降时, 其转速与流量成正比地下降, 而水泵的轴功率将与转速的三次方成比例地下降, 故改变转速, 调节流量, 其节能效果是非常显著的。为了保证液面恒定, 必须采用闭环调节, 其调节方框图如图 2 所示。变频器输出频率将与输入到变频器的信号成比例, 即输入信号大,

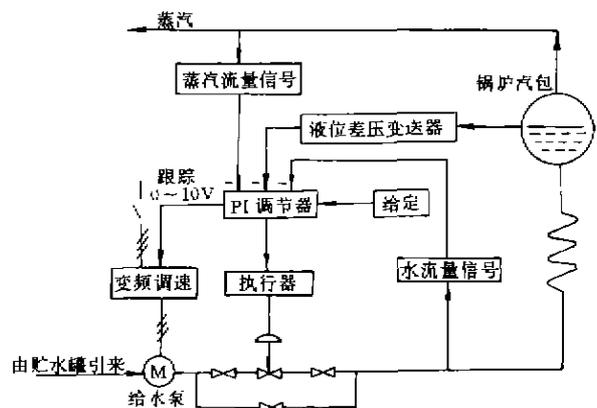


图 2 调节方框图

变频器频率输出亦高, 信号小, 输出频率亦小。调节器输出水位成比例的跟踪电压信号与水位高出给定值时, 调节阀关小, 泵转速相应降低。水位低时, 调节阀开大, 泵的转速相应升高, 为此将液位调节器正反作用开关扳向反作用侧即可达到此目的。
(下转第 18 页)

(1) 器件数量

以 6kV 输出电压等级的变频器为例,采用 NPC 方式,逆变器部分需要 36 个耐压为 3300V 的高压 IGBT,或者采用 24 个耐压为 4500V 的高压 IGBT 或 IGCT。采用 CSML 方式,需要 15 个功率单元,共计 60 个耐压为 1700V 的低压 IGBT。从器件数量上看,CSML 方式要多于 NPC 方式,但 CSML 方式采用的是低压 IGBT,相对于高压功率器件而言,低压器件的技术更加成熟、可靠,成本也较低。

(2) 均压问题

均压问题(包括静态和动态均压)是影响高压变频器可靠性的重要因素。采用 NPC 方式,当输出电压等级较高(如 6kV)时,单用 12 个器件不能满足耐压要求,必须采用器件直接串联,器件直接串联必然带来均压问题,失去三电平结构本身在均压问题方面的优势,大大影响系统的可靠性。采用 CSML 方式,基本不存在均压问题,唯一存在的问题是当变频器处于快速制动时,电动机处于发电制动状态,机械能转化为电能,导致单元内直流母线电压上升,各单元的直流母线电压上升程度可能存在差异,但这个问题很容易解决,通过检测单元直流母线电压,当任何单元的直流母线电压超过一阈值时,自动延长减速时间,防止直流母线电压“泵升”,即所谓的过电压失速防止功能,这种技术在低压变频器中也广泛使用,非常成功。

(3) 对电网的谐波污染和功率因数

由于 CSML 方式输入整流电路的脉冲数超过 NPC 方式,前者在输入谐波方面的优势是明显的,因此在综合功率因数方面也有一定的优势。

(4) 输出波形

NPC 方式输出相电压是 3 电平,线电压是 5 电平。6kV 等级的 CSML 方式输出相电压为 11 电平,线电压为 21 电平。而且,后者的等效开关频率(6kHz)大大高于前者,所以后者在输出波形质量方面的优势也是很明显的。

(5) dv/dt

NPC 方式的输出电压跳变台阶为一半的高压直流母线电压,对于 6kV 输出变频器而言,为 4000V 左右,CSML 方式输出电压跳变台阶为单元的直流母线电压,不超过 1000V,所以二者在输出 dv/dt 方面的差距也很明显。

(6) 系统效率

就变压器和逆变电路而言,NPC 方式和 CSML 方式的效率非常接近,但考虑到输出波形的质量差别,若采用普通电动机,前者必须设置输出滤波器,后者不必,滤波器大约会影响效率 0.5% 左右。若采用特殊电动机,二种方案变频器系统的效率基本接近,但由于输出波形方面的优势,采用 CSML 方案时,电动机运行效率相对较高。

(7) 四象限运行

NPC 方式当输入采用对称的 PWM 整流电路时,可以实现四象限运行,可用于轧机、卷扬等设备,而 CSML 方式无法实现四象限运行,只能用于风机、水泵等场合。

(8) 冗余设计

NPC 方式的冗余设计很难实现。CSML 方式可以方便采用功率单元旁路技术和冗余功率单元设计方案,有利于大大提高系统的可靠性。

(9) 可维修性

除了可靠性以外,可维修性也是衡量高压变频器优劣的一个重要因素,CSML 方式采用模块化设计,更换功率单元只要拆除 3 个交流输入端子和 2 个交流输出端子,以及一个光纤插头,就可抽出整个单元,十分方便。

5. 结论

三电平电压源型变频器结构简单,且可做 4 象限运行,当电压等级较高时,必须采用器件直接串联,带来均压问题,且存在输出谐波和 dv/dt 等问题,一般要设置输出滤波器,在电网谐波失真要求较高时,还要设置输入谐波滤波器。单元串联多电平 PWM 电压源型变频器不存在均压问题,且在输入谐波、输出谐波和 dv/dt 等方面有明显的优势,但只能二象限运行。

从负载种类而言,对风机和水泵等一般不要求四象限运行的设备,单元串联多电平 PWM 电压源型变频器有较大的应用前景,对轧机、卷扬等要求四象限运行的设备,适合采用双 PWM 结构的三电平变频器。从电压等级来看,在目前的电力电子器件耐压水平下,考虑到器件串联带来的均压问题,6kV 以上电压等级(含 6kV),宜优先考虑 CSML 方式。

(收稿 2000 10 25)

(上接第 19 页)

5. 试验结果

试验情况如附表所示:

附表

项 目	试 前	试 后
泵给锅炉 t	5	5
泵给水扬程 / m	224	224
电动机电流 A	42	11
电动机输入功率 kW	21	5.5
泵转速 / (r/min)	2950	1735

从上表可知,在给水压力、给水量基本相等情况下,采用

变频调速后,电动机输入功率由 21kW 降低到 5.5kW,泵消耗功率为原来消耗功率的 26%,年节约 124000kW·h(以年运行 8000h 计)。以 0.50 元/kW·h 计算,年节电效益为 124000kW·h × 0.50 = 62000 元。

若按每台变频器 2.5 万元计算,不到 5 个月即可收回设备改造全部投资,可见采用变频调速技术,对锅炉给水系统进行节能改造,具有明显的经济效益。

(收稿 2000 08 22)