

## 冷却泵站 PLC 控制系统的研究试验

赵娥君

陆培庆

(杭州应用工程技术学院科研处 杭州 310012) (电子工业部 21 所)

**摘 要** 为提高泵站的综合经济效益,系统采用可编程控制器(PLC)作为主控器,以冷却水的温度作为反馈信号,组成一个由水温反馈的实时调节水泵流量的控制系统,达到节能和自动控制双重目的。

**关键词** 可编程控制器 泵站 节能 自动控制

**中图分类号** TU991.6

企业、宾馆和办公大楼中集中空调的使用非常广泛,通常有几台离心式抽水泵作并联运行来提供循环冷却用水,电动机大都采用手动 Y- $\Delta$  起动。一般状况下,泵站有几台泵电机与风机作全额并联运行,但当气温偏低时将造成不必要的浪费。因此,操作工需根据气温的变化,采用手动方式“开”或“关”其中一台或两台泵和风机。由于泵电机起动电流大,当突然关机时,水锤效应对水泵的损伤特别大,频繁起动—停止将加速损坏水泵。本系统采用电子控制技术,在节能降耗的基础上对泵站进行有效的自动化管理,达到节能和自动控制双重目的。

### 1 系统设计

#### 1.1 系统能量分析

泵站的电能用量大致可分为以下三部分:(1) 提供冷却水正常循环所需的有效功率;这部分能量是泵站维持正常工作所必需的。(2) 泵电机和风机工作时的损耗;除电机运行时的固定损耗外,负载变化影响电机的功率因数,而功率因数的大小与供电系统损耗直接相关。(3) 冷却现场环境温度的变化可能使提供循环冷却水的有效功率变得冗余,成为隐性的能量损耗。

#### 1.2 系统设计方案

试验前泵站原有一台 75kW 冷冻机为全厂集中空调提供循环冷却用水,其中有 4 台 55kW 离心式抽水泵作并联运行,电动机分别采用 Y- $\Delta$  起动,其中一台作备用。另外泵站有 4 台 11kW 冷却风机作水温冷却用。试验时对 4 台泵电机和 2 台风机进行了控制。

根据对泵站的能量分析,系统采取以下方法来达到节能目的:

(1) 设定一台泵为调节泵,以冷却水温度作为调节参数 由于冷却水的水温变化惯性非常大,

水温变化所需时间较长.调节泵全额运行,全通流量,使水温缓慢下降,至设定温度下限时关闭调节泵,水温缓慢上升,至设定温度上限时,开启调节泵,使调节泵处于间歇工作状态来达到节电目的.

(2)调节泵采用软起动节电装置 由于泵电机实际运行在满载以下(约60%左右),调节泵采用软起动节电装置,其目的除解决间隙工作时泵电机起动和停止所遇到的冲击电流问题外,同时在泵电机轻载运行时能够自动根据负载状态调节功率因数,供给电动机的电压自动调整到全速运行所需的最小值,减小不必要的损耗,使功率因数达到较高值.

(3)采用 PLC 对4台泵电机和2台风机进行自动控制 冷却水的温度变化与水的流量和冷却风机的运行数量有关,而后者对水温影响更大.测试结果表明,当50%风机运行时,即使流量增加,水温的超调量要比100%风机运行时大得多,如图1所示.

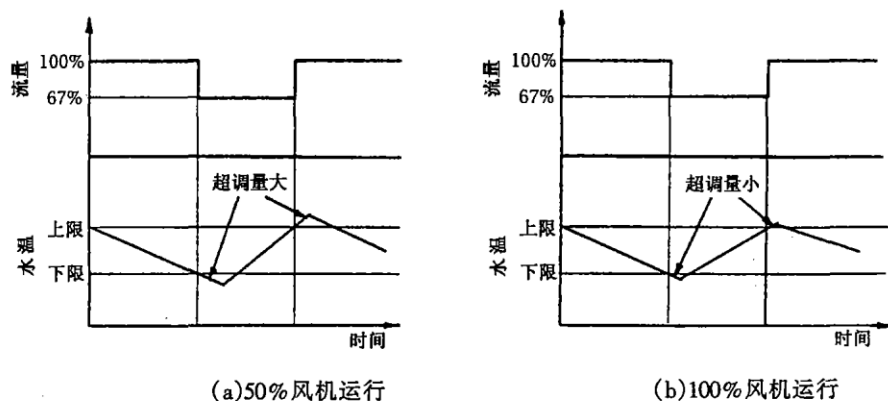


图1 水温变化曲线

采用可编程控制器对泵电机和风机进行自动控制,能够有效地通过水温的实时检测,达到节电的目的.同时为避免水温超调量对控制模式的影响,控制器采用软件屏蔽技术,根据水温的上升梯度,自动调控电机和风机的“开”或“关”,以避免电机过于频繁的起动和停止.

(4)软件设计 冷却水的水温变化与很多因素有关,除冷冻机组制冷外,冷却水的流量、冷却风机运行数量和天气的气温对水温变化都有很大影响.本系统软件的设计可以按实际情况来任意设定目标水温值,系统将根据实际水温与目标水温设定值之间的温差对4台泵电机和2台风机的运行进行控制.系统软件框图见图2所示.

## 2 系统硬件配置

(1)本系统可编程控制器采用 SIEMENS S7-214,该可编程控制器为14点输入,24点输出,带 RS232 通讯接口.

(2)设定的一台调节泵采用 EURELEC ES3P-120 节能型软起动器.

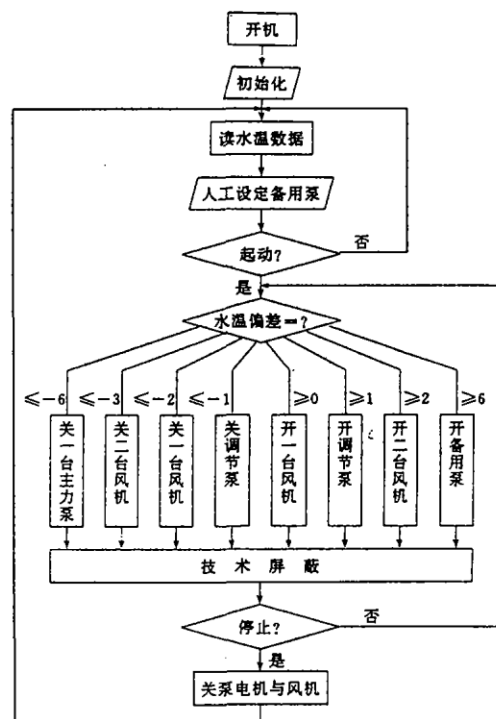


图2 系统程序框图

(3) 其余 3 台泵中的 2 台作为主力泵,另一台作为备用泵.考虑投资成本的经济性,该 3 台水泵仍采用 Y— $\Delta$  启动,只是启动和停止信号由 PLC 控制.

(4) 温度传感器采用铂电阻 PT100,温度变送器采用数字式温度显示器.各项温度数据由数字式温度变送器的 RS232 串行通讯口输出,实现与 PLC 的实时数据通讯.

(5) PLC 与速度调节装置安装在开关柜中.

控制系统和组成见图 3.

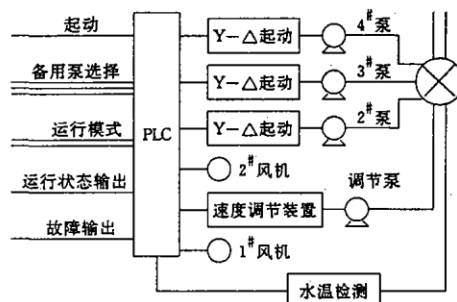


图 3 控制系统的组成

### 3 试验结果

试验在相似的环境条件下、相同时间内分别测取了使用节能系统前后的有关数据,见表 1、表 2.

表 1 未使用节能系统时的测试数据(测量时间:8 月 15—8 月 22 日)

| 参 数           | 调节泵    | 水泵 2   | 水泵 3   | 水泵 4   | 风机 1   | 风机 2   |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 电流 $A_1$ /A   | 51.6   | 52.4   | 57.5   | 57.7   | 25.4   | 24.5   |
| 电流 $A_2$ /A   | 53.5   | 54.2   | 57.4   | 57.7   | 25.4   | 24.4   |
| 电流 $A_3$ /A   | 53.7   | 54.4   | 58.0   | 58.0   | 25.0   | 24.3   |
| 平均电流 $A^*$ /A | 53.0   | 53.7   | 57.6   | 57.8   | 25.3   | 24.2   |
| 电压 $U_1$ /V   | 380.6  | 380.3  | 383.2  | 382.6  | 380.8  | 380.0  |
| 电压 $U_2$ /V   | 380.4  | 380.2  | 382.6  | 382.4  | 380.4  | 380.3  |
| 电压 $U_3$ /V   | 380.0  | 379.9  | 382.4  | 383.0  | 380.0  | 380.2  |
| 平均电压 $U^*$ /V | 380.3  | 380.1  | 382.7  | 382.7  | 380.4  | 380.2  |
| 有功功率/kW       | 18.5   | 18.8   | 21.6   | 21.8   | 12.8   | 12.1   |
| 无功功率/kW       | 29.6   | 29.8   | 31.3   | 31.8   | 10.6   | 10.3   |
| 视在功率/kVA      | 34.9   | 35.2   | 38.1   | 38.5   | 16.6   | 15.9   |
| 功率因数          | 0.529  | 0.535  | 0.568  | 0.566  | 0.769  | 0.762  |
| 占空比/%         | 100    | 100    | 67     | 33     | 100    | 100    |
| 用电量/kW·h      | 5863.2 | 5913.6 | 4282.5 | 2123.4 | 2788.8 | 2676.2 |
| 总用电量/kW·h     | 23648  |        |        |        |        |        |

表 2 使用节能系统后的测试数据(测量时间 8 月 23 日—8 月 30 日)

| 参 数           | 调节泵     | 水泵 2   | 水泵 3   | 水泵 4 | 风机 1   | 风机 2  |
|---------------|---------|--------|--------|------|--------|-------|
| 电流 $A_1$ /A   | 88.4    | 52.4   | 57.8   |      | 25.4   | 24.5  |
| 电流 $A_2$ /A   | 89.6    | 54.0   | 57.4   |      | 25.4   | 24.4  |
| 电流 $A_3$ /A   | 88.3    | 54.2   | 57.5   |      | 25.0   | 24.3  |
| 平均电流 $A^*$ /A | 88.8    | 53.5   | 57.6   |      | 25.3   | 24.4  |
| 电压 $U_1$ /V   | 382.2   | 380.3  | 383.2  |      | 380.8  | 378.0 |
| 电压 $U_2$ /V   | 381.9   | 380.2  | 382.6  |      | 380.4  | 377.3 |
| 电压 $U_3$ /V   | 381.3   | 379.9  | 382.4  |      | 380.0  | 377.2 |
| 平均电压 $U^*$ /V | 381.8   | 280.1  | 382.7  |      | 380.4  | 377.5 |
| 有功功率/kW       | 51.7    | 18.8   | 21.6   |      | 12.8   | 11.9  |
| 无功功率/kW       | 27.9    | 29.8   | 31.3   |      | 10.6   | 10.3  |
| 视在功率/kVA      | 58.7    | 35.2   | 38.0   |      | 16.6   | 15.7  |
| 功率因数          | 0.88    | 0.534  | 0.568  |      | 0.769  | 0.758 |
| 占空比/%         | 61      | 100    | 75     | 0    | 56     | 10    |
| 用电量/kW·h      | 6015.6  | 5913.0 | 4800.0 | 0    | 1561.7 | 767.1 |
| 总用电量/kW·h     | 18588.6 |        |        |      |        |       |

由于调节泵采用了软起动节电装置,解决了间歇工作时泵电机起动和停止所遇到的冲击电流问题,改善了泵电机的实际工作状态,提高了功率因数和运行效率.通过水温的实时检测,由 PLC 对泵和风机的运行进行了自动控制,节能又省力.

测试数据表明,使用节能系统后节约电量: $23648 - 18558.6 = 5089.4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , 占总电量: $5089.4 / 23648 \times 100\% = 21.52\%$ .

## 4 结论

(1) 由于控制系统投资较大,对于大型冷却泵站采用节能控制系统后能达到大规模节电的目的,提高了泵站的综合经济效益,但对小型冷却泵站综合效益并不显著.

(2) 系统采用 PLC 控制,可实现自动化、智能化控制,成为“无人值班”的自动化管理系统.

(3) 采用节能软起动器,减小了电机电流冲击和机械冲击.

## 参 考 文 献

- 1 陆安定. 电动机节能改造实用手册. 上海:上海科学技术出版社,1995.262~282
- 2 许业清. 实用节电技术. 合肥:中国科学技术大学出版社,1990.228~256
- 3 葛永乐. 实用节能技术. 上海:上海科学技术出版社,1993.1~12

## Test study on PLC control system of cooling pump station

Zhao Ejun

(Hangzhou Institute of Applied Engineering, Hangzhou 310012)

Lu Peiqing

(21 Institute of Ministry of Electronics Industry 200233)

**Abstract** For the improvement of composite economic results of pump station, the electronic control technique is adopted and the automated management is carried out in this system on the basis of saving energy and cutting down consumption. In this system, with the programmable logic controller used as a master controller and the temperature of the cooling water as feedback signal, an intelligence management system is formed with real-time regulating pump flow reflected by the water temperature for the dual purposes of energy-saving and automatic control.

**Key words** PLC pump station energy-saving automatic control