

文章编号: 1671-7848(2009)S₃-0080-03

一种用于太阳能热水器的节水装置

王春锦, 王腾辉, 赵云, 田龙
(厦门大学机电工程系, 福建厦门 361005)



摘 要: 介绍一种用于热水器的节水装置的工作原理, 该装置由温度检测系统、PLC控制系统及执行机构(电磁阀)等三部分组成。其节水的功能在于, 当用户需要使用热水时, 启动节水装置开关, 系统自动检测并将原本储存在热水器与水龙头之间的冷水泵回主水管道, 直至热水到达出水口时恢复普通使用状态, 从而避免将大量冷水放流而造成的水资源浪费。

关键词: 节水装置; 三菱 PLC; 温度检测; 电磁阀

中图分类号: TP 27

文献标识码: A

A Water-saving Device for Solar-powered Water Heater

WANG Chun-jin, WANG Teng-hui, ZHAO Yun, TIAN Long

(Department of Electromechanical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract The principle of work of a water-saving device for the solar-powered water heater is presented. The device is made up of three parts: the temperature examination module, the PLC control module and the executive module (two solenoid valves). The saving water process of this device is as follows: when the user needs to use the hot water, open the switch of the device, then the device will make the cold water which between the hot water tank and the tap back to the main pipeline until the hot water gets to the tap. Then the user can use the hot water normally. In this way, lots of water waste can be avoided.

Key words: water-saving device; Mitsubishi PLC; temperature examination; solenoid valve

1 引言

近年来, 随着能源的不断消耗和环境的日益恶劣, “环保和节能”这个话题逐渐受到人们的重视, 而对于热水器, 在消费者选购热水器的考虑因素当中, 能否节约水这个因素所处的地位越来越高。

目前市场上的太阳能热水器, 由于房屋楼层很高, 出水管较长, 一段时间不使用时, 热水器出口端与水龙头之间往往残留大量冷水。当用户需要热水时, 常常需要先排放掉这些冷水, 这不仅仅给使用带来极大的不便, 还造成水资源的浪费。例如对于 5 层楼高的房屋, 估计该段水管长度约为 15 m, 假定用户水管的管径为 1 in, 则当天洗澡前所排出冷水将是 7.6 L, 一年 365 天计算下来有 2 774 L, 这只是按一天排一次计算, 实际上可能多于一次, 而且这只是一栋 5 层楼高的楼房, 想象一下, 现在有多少楼房, 而且有无数的高楼大厦, 那一年下来这部分浪费的水将无法想象。而研究的节水型热水器控制系统, 通过使用检测出口端与水龙头之间

水的温差, 能够将残留冷水自动泵回主水管道, 直至两端的温差达到设定的要求, 这样就避免了大量冷水的浪费, 既节能又方便, 由此可见其广阔的市场前景。

2 总体结构与工作原理

1) 总体结构 该装置整体结构原理图, 如图 1 所示。

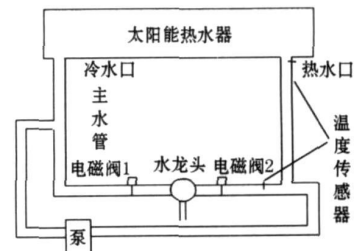


图 1 装置整体结构原理

由图可得系统结构部分有热水器, PVC 水管, 温度传感器, 电磁阀, 泵, 水龙头组成。

2) 工作原理 当用户打开水龙头时, 由于两处温度传感器测得的温差不在预设的范围内, 所以

收稿日期: 2009-08-18; 收修定稿日期: 2009-09-15

作者简介: 王春锦 (1988-), 男, 福建宁德人, 主要研究方向为机械设计及自动化等。

此时泵工作, 将水抽回主水管, 而且此时电磁阀 1、2 均关闭, 水龙头不出水; 经过一段时间之后, 热水下流, 冷水被不断抽走, 导致温度传感器测得的温差在预设范围, 此时, 电磁阀 1、2 打开, 泵停止抽水, 水龙头出水, 通过调节水龙头就可以得到合适的温水了。

另外, 还可以设置当热水器里热水温度未达到所设置的某一温度时, 系统不工作即泵不抽水, 电磁阀也关闭。

3 实验用模拟装置设计与构建

1) 模拟装置总体设计^[1] 该装置是用于装有太阳能热水器的高楼里的, 所以在演示时不可能把它放在高楼的实验, 故必须设计一套实验用的模拟装置, 便于演示说明。

该模拟装置整体结构的原理图, 分别如图 2 所示。

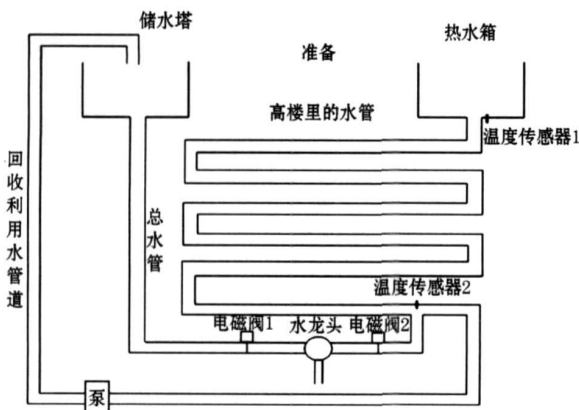


图 2 模拟装置整体结构的原理图

其中, 热水箱代表实际中的太阳能热水器。

2) 工作流程介绍 实际生活中, 刚要用热水器时, 热水出水口至水龙头之间的水管一般情况下都是充满了冷水, 在演示开始前, 热水器和水龙头之间部分水管是充满冷水的, 开始演示时, 往热水箱里加热水, 加完热水后, 打开水龙头开关, 系统开始工作, 由于此时温差未在预设范围内 (这次设的温差为 10°C , 是可调的), 故泵开始工作, 将管中的冷水抽回主管道重新利用, 此时水龙头两边的电磁阀处于关闭状态, 所以此时水龙头不出水, 在上下端的温度所检测到的温差未在预设范围之前, 泵一直抽水, 直到检测到温差在预设范围内, 泵才停止抽水, 此时, PLC 发出信号使两端电磁阀打开, 通过左右调节水龙头就可以得到满意的温水。

当然在实际生活当中, 如果是连续下雨天的话, 太阳能热水器中将会都是冷水, 那么此时两处传感器所检测到得温度将是相差很小, 所以为了避免这种情况下, 水龙头出水, 把系统完善一下, 只有当上端传感器, 也就是热水器出口处的传感器, 大于等于

预设的温度值时, 系统才会开始工作。(该温度值可调, 此次实验温度值设为 50°C)

3) 重要元器件的选型

①泵型号的选型

由于该装置中需要抽水的高度为 1.6 m 左右, 选用普兰迪 $12\text{ V } 25\text{ W}$ 直流隔膜泵, 属于微型泵, 而且价格很便宜, 其参数如下:

电压为 12 V ; 电流为 $1.5\sim 2\text{ A}$; 最大压力为 0.6 MPa ; 平均压力为 $0.3\sim 0.5\text{ MPa}$; 最大流量为 3.2 L/min ; 外形尺寸为 $160\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 60\text{ mm}$; 最大吸程为 2 M ; 扬程为 80 m ; 进出口内径: $6\text{ mm}, 9\text{ mm}$ 。

当然实际生活当中应该选用功率更大, 吸程扬程都比较大的泵。

②温度传感器的选择 选用温敏电阻, 该器件比其他温度传感器便宜, 这就降低了成本, 而且它输出的电阻值变化范围大, 便于调试。

③PLC 的选型 由于此次演示规模小, 故选用三菱 FX1S 系列的 PLC, 它成本低, 功能强大, 结构紧凑, 型号为 FX1S-10MR。

4 控制系统设计

1) PLC 模块 程序流程图, 及 PLC 程序图, 如图 3 所示。

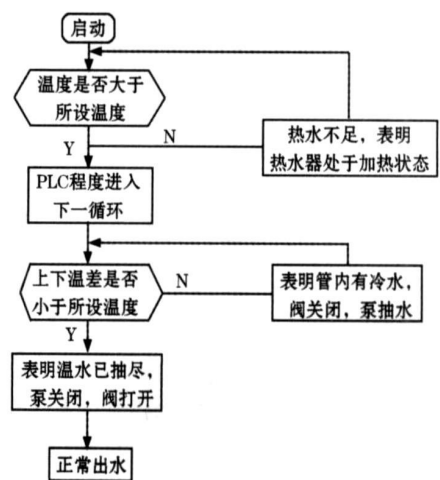


图 3 程序流程图

IO 点设置如下: X_0 为总开关; Y_0 为电磁阀 1; X_1 为两处温度传感器比较信号; Y_1 为电磁阀 2; X_2 为上端温度传感器信号; Y_2 为泵。

2) 温度控制显示部分^[2] 该部分主要实现对温度的检测并转换为开关量给 PLC, 同时对检测的温度进行数字显示。

①温度的检测 通过温敏电阻来实现温度检测, 将温度变化转变为阻值变化, 进而转化为电压变化, 电压的变化便于下一步处理。其转换电路设计, 如图 4 所示。

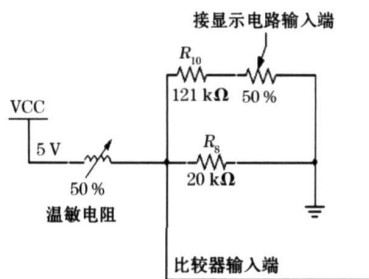


图 4 转换电路

其中， R_8 与温敏电阻一起分压，当温敏电阻在 $10 \sim 50 \text{ k}\Omega$ 之间变化时，比较器输入端的电压变化在一个比较大的范围，便于比较电压；而 R_{10} 选择阻值比较大的，这样 R_8 两端电压变化比较大的时候，在显示电路输入端的电压变化比较小，这样

就可以保障显示电路的稳定性，减少波动。

②上下温差判断转换电路 这部分将上下检测的温度所转换的电压进行比较，得到结果并转换为开关量输出给 PLC 输入端 X1，在此前同时外加一个判断电路，目的是判断热水器水箱上端温度是否达到设定温度，要是达不到整个装置就不工作，热水器处于烧水蓄水阶段，其原理就是将上端输出电压给比较器，与设定电压进行比较，电压超过比较电压时候，U5A 输出高电平，三极管导通，此时继电器 J1 工作，X2 输入口接通，程序工作；上下端温差控制通过 R_6 ，调节它可以调节下端输出的比较电压，调节在一个 10°C 左右范围，即上端温度只要高过下端 10°C ，那么电路就开始工作，直到温差在 10°C 内。上下温差判断转换电路，如图 5 所示。

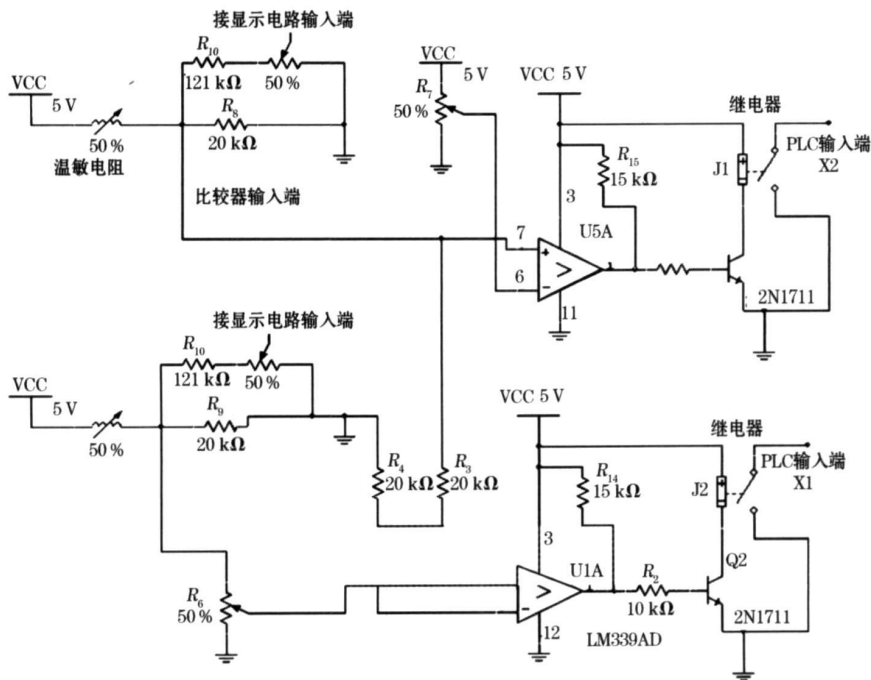


图 5 上下温差判断转换电路

③对检测的温度进行数码显示^[3] 检测的温度最终转化为电压值，因而只需对电压进行模数转换，再经过数码驱动，就可以接数码管进行数值显示。

5 系统调试

1) 机械部分调试 首先往水箱里加水，由于水塔高度及密封性问题，导致水压不足，水不能顺利装满水管，于是更改了水管的布局，使其尽量能够顺利流出。

2) PLC 程序调试^[45] 首先用 GX DEVELOPER 软件编辑完程序，直接进行模拟仿真。

3) 温度显示模块部分调试 温度显示模块可以显示热水器出水口的温度，下端电磁阀前的温度，和最终混合的水温。所以不断调试这三处的水温，并用温度计进行校准，最后使得温度显示值与

实际值相差在 2°C 以内。

由于该部分电路还对系统设置了当上端传感器所检测到的温度低于某个值时，整个系统不工作，所以又对该项功能进行检测，最终把该温度值设为 50°C ，该温度是可调的。

4) 总体调试 在以上部分调试成功之后就进行总体调试，先往水管里注满冷水，然后按下启动按钮，打开水龙头，此时上端温度传感器检测到得温度低于预设值，泵和电磁阀都不工作，因此水龙头不出水，泵也不抽水，同时指示灯亮；接着开始往热水箱里倒热水，此时上下温差高于预设值，泵开始抽水，过一段时间之后，上下温差在允许范围内(本处预设值为 50°C ，可调)泵停止抽水，与此同时电磁阀吸合，水龙头出水，并左右调整水龙头位置，得到满意的温度。

(下转第 85 页)

个运行情况以及用户在各个时段的用水情况一目了然。

3) 灵活多样的工作方式 本设备的控制方式分为 2 种:

有闭锁的集中程序控制方式和无闭锁的就地控制 2 种。其中集中程序控制方式用于正常工作, 自动运行, 泵房不设岗位, 有故障报警功能, 只需派人定期检查、保养。就地控制用于维修和调试运行, 方便人工检查和特殊设备的工作要求。

4) 双机热备 系统设 2 个工作组, 在其中 1 个处于工作状态时另一个处在热备状态, 当工作组出现问题时, 备用组马上进入工作状态, 提高了系统的稳定性和可靠性。PLC 负责接收、分析和处理从用户端传来的用户信息, 智能的调节变频器, 从而改变电机的转速, 达到调节水压的目的。

5 本系统的主要优势

1) 相对于传统的“节能型恒压供水”更加的节能 由于本设备在“临近零用水区域”内将水泵调至超低速或停止在状态, 在传统“节能型恒压供水”节能的基础上更充分利用了普遍用户的用水规律, 进一步节约了电能。

2) 更可靠的保证供水的稳定性 本设计针对抽象出的 2 种用水模型, 给出了不同的应对“临近零供水区域”的个别用水情况的设计方案, 保证了系统供水的稳定性。同时, 整个用水环境的情况可以通过上位机进行远程监控, 重要参数可以通过数据库进行管理和操作, 更进一步的保证了供水系统的稳定性。

(上接第 82 页)

但是过了大概 3 min 左右, 电磁阀不断地吸合断开, 而且频率很高, 经过排除种种原因, 断定是开关电源的功率不够, 于是, 换了一个 120 W 的开关电源(原来只有 50 W), 在重复上次实验, 均不出现问题, 过段时间之后, 再往热水箱里倒冷水, 使水箱里的水温低于 50 ℃, 此时, 热水温度不足的指示灯亮, 系统停止工作, 阀关闭, 泵也不抽水, 一切都和设想的一样, 调试成功。

6 结 语

通过此次项目的设计与制作, 进一步熟悉掌握了三菱 PLC 的应用以及机械结构设计与制造方面的专业技能。

在北方冬天, 常常需要将水管排空, 防止水管冻裂, 本系统也可以实现该功能, 只需在控制程序

3) 延长设备使用寿命 本设备在用水低峰期缩短了电机和水泵的的工作时间, 降低了其工作强度, 从而延长了设备使用寿命。

6 结 语

由于世界人口数量的不断激增, 地球现阶段的能源已经远远无法满足人类对能源日益增加的需求。所以, 像供水系统这样的应用广泛的自动化系统, 更应该深入挖掘其节能的潜力。而人类每天睡眠必不可少, 睡眠的时间段也相对集中, 且睡眠期间的用水量极少。

供水系统是为人类服务的, 那么是否可以考虑在睡眠的时候, 让供水系统也进行休息呢? 这就给在传统“节能型恒压供水”的基础上根据用水量划分出更为细致的用水时间段提供了可能, 从而提出了基于“临近零用水区域”概念的节能供水系统。本系统在设计方面可能会存在一些考虑不全面的或设计不合理的地方, 但是这种根据用水量的变化细化出多个用水时间段的思想给未来的供水系统的设计提供了新的方向。

参考文献:

- [1] 王立凤. 采用变频调速设计的恒压供水系统 [J]. 电机与控制应用, 2009, 51(4): 52-54.
- [2] 龙成忠, 龙先超. 恒压供水自动控制系统的设计 [J]. 装备制造技术, 2009, 37(6): 81-83
- [3] 龚运新, 陈淑兰, 解晓飞. 三菱 PLC 实用技术教程 [M]. 北京师范大学出版社, 2007.
- [4] 孙明革, 朱喜林. 基于组态王软件下的 SQL 数据库技术 [J]. 微计算机信息, 2006, 22(7): 109-111.
- [5] 郑慧, 吴猛. 一种基于组态王的简单实用的数据库查询方法 [J]. 微计算机信息, 2007, 23(36): 157-158.

上加上几个步骤, 使用户在使用完毕时, 泵自动将水抽回水塔。

由于演示方面的限制, 不可能把系统装在一座高楼来演示, 故而演示效果肯定大打折扣, 若时间充足及提供一切必要的条件, 系统将更加完美。

水资源的紧缺已经成为一个世界性的话题, 节约用水越来越深入人心, 所以, 单从节水方面来说, 该系统就应该有很好的前景。

参考文献:

- [1] 陈苏波, 杨俊辉, 陈伟欣, 等. 三菱 PLC 快速入门与实例提高 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008
- [2] 廖常初. GX Developer 版本 8 操作手册 [M]. 上海: 三菱电机, 2005.
- [3] 阎石. 数字电子技术基础 [M]. 第 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [4] 董诗白, 华成英. 模拟电子技术基础 [M]. 第 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [5] 许福玲, 陈尧明. 液压与气压传动 [M]. 第 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2007.