

基于 PLC 的太阳能热水工程水位测控系统*

寇志伟 徐明娜 李文军 苏曦 马德智
(内蒙古工业大学工程训练中心 呼和浩特 010051)

摘要: 为了适应太阳能热水系统的大型化、智能化与工程一体化发展趋势,解决传统的单元型太阳能热水专用控制设备在人机交互、智能控制、远程监测、可靠性与扩展性等方面不能满足大型工程需要的问题,提出了基于 PLC 与人机界面触摸屏的太阳能热水工程水位测控方案,采用了 PID 控制变频器输出的方式,优化了系统控制策略、设计了友好的人机交互界面。实验测试与工程应用表明,该系统运行稳定,节能效果明显,能够很好的解决上述问题,具有很大的应用与推广价值。

关键词: PLC; 触摸屏; 变频器; 太阳能热水工程; 水位控制; PID

中图分类号: TP70 TN7 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.80

Water level control system for solar water heating engineering based on PLC

Kou Zhiwei Xu Mingna Li Wenjun Su Xi Ma Dezhi
(Engineering training center, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China)

Abstract: In order to accommodate the trends that Solar Water Heating System become large-scale, intelligent and integration, solve the problem that traditional control unit of solar water heating system not adapted to technology requirement of large-scale engineering, in human-computer interaction, intelligent control, remote monitoring, reliability, scalability and networking. Proposing a program that water monitoring and controlling of solar water heating system based on PLC and HMI touch screen, using the way PID control output of frequency converter, optimizing control strategy of system, designing a friendly man-machine interface. It is showed that this system is stable, Energy saving is obvious, and it is a good solution to the above problems, by experimental testing and engineering application, that has great application and promotion of value.

Keywords: PLC; touch screen; frequency converter; solar water heating engineering; level control; PID

1 引言

太阳能是一种典型的绿色能源,研究、应用太阳能资源具有全球性的战略意义。在太阳能产业的应用发展中,太阳能热水项目是目前技术比较成熟、经济效益与社会效益较好的产业之一^[1-2]。太阳能热水工程是工程性大面积太阳能集热系统,利用太阳能集热管收集的太阳辐射能量将冷水循环加热成一定温度的热水,再用储热水箱储存起来为人们提供生活热水^[3]。目前太阳能热水工程应用的控制系统多以单片机为核心的通用控制器为主,操作复杂,维护困难,扩展性能与联网性能较差,使得太阳能热水工程在应用、发展方面受到了很大的限制。为此,课题从工程实际应用出发,以太阳能热水工程水箱水位为主要研

究对象,选取联网方便、可靠性高、抗干扰能力强、能适应各种恶劣工作环境的工业控制器 PLC 与可以实现人机对话和相互作用、显示系统 I/O 状态等信息的工业触摸屏为主要控制设备^[4-11],设计了太阳能热水工程水位测控系统。

2 系统总体设计

2.1 控制要求

水位测控系统以水箱水位为主要控制对象,需要完成对温度、水位等信息的检测与运算、系统泵阀等设备的控制、人机交互、工业通信及扩展等功能。工程应用要求优化上水方式及控制策略;具有良好的人机交互界面,能够实时精确地采集并显示水温、水位等信息;能够实现对系

收稿日期:2014-11

* 基金项目:内蒙古工业大学科研(X201340)项目

统的智能控制及工作状态动态检测,同时显示各设备的运行状态;具备完善的保护、报警及处理功能;易于扩展,实现工业组网及上位机监控,以适应太阳能热水工程的发展趋势,提高实际应用能力。

2.2 系统组成

控制系统的组成结构及其硬件选型直接决定着太阳能热水工程的优劣与使用性能,根据控制要求及系统的可靠性设计了基于 PLC、触摸屏与变频器的水位测控系统组成方案,如图 1 所示。

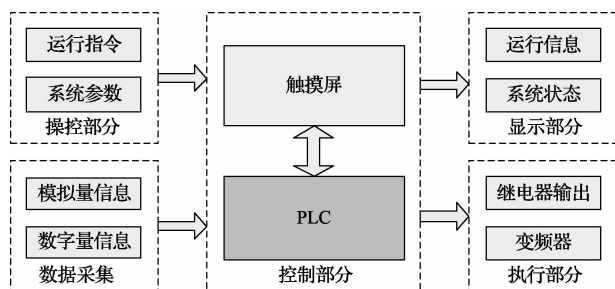


图 1 测控系统结构组成

3 系统硬件结构

3.1 硬件选型

根据系统结构及控制要求,PLC 需要输入的模拟量有水箱水位 L_0 、水箱温度 T_1 、集热器温度 T_2 , 输入的数字量有水泵故障信息及变频器的运行监测信息;输出的模拟量主要是变频器频率控制量 I_0 , 数字量主要是各类泵阀的接触器控制信号、变频器控制信号、运行信号及报警信号等, 选用硬件型号及参数如表 1 所示。

表 1 系统硬件选型

硬件名称	型号参数	备注
PLC 主机	CPU224	SIEMENS
PLC 模拟量模块	EM235	SIEMENS
触摸屏	Eview ET070	Kinco
变频器	5000G11S/P11S	富士
温度变送器	0~200℃	DC 4~20 mA

3.2 硬件电路

系统硬件电路由主电路、控制电路及模拟量电路组成。

3.2.1 主电路

主电路采用 PLC 驱动交流接触器控制各类水泵及电磁阀的形式进行现场执行设备的控制。考虑到水泵的工作负荷及系统的可靠性,上水水泵由上水工作泵 M1 和上水备用泵 M2 组成,分别由接触器 KM1、KM2 控制工频运行,KM3、KM4 控制变频运行,集热循环水泵 M3 由 KM5 控制运行。

3.2.2 控制电路

控制电路如图 2 所示,ET070 触摸屏与 CPU224 的输入点采用 DC24V 电源供电,以 RS485 串行通信方式通信。CPU224 工作电源及输出接触器线圈采用 AC220V 电源供电。I0.1、I0.2、I0.3 分别输入热继电器动合触点信号,作为水泵工频运行时发热报警的输入信号。I1.0、I1.1、I1.2 分别输入变频器的 30A、30B 及 Y5 信号,作为变频器的报警信号及运行监视信号输入。Q0.0~Q0.4 输出继电器信号,控制系统的泵阀接触器,Q0.5、Q0.6 作为系统的备用输出端,暂时输出变频器报警指示灯与系统故障指示灯。Q0.7、Q1.0、Q1.1 分别接变频器的 X1 端、FWD 端、X2 端,输出变频器 RST 信号、起停控制信号、THR 信号。

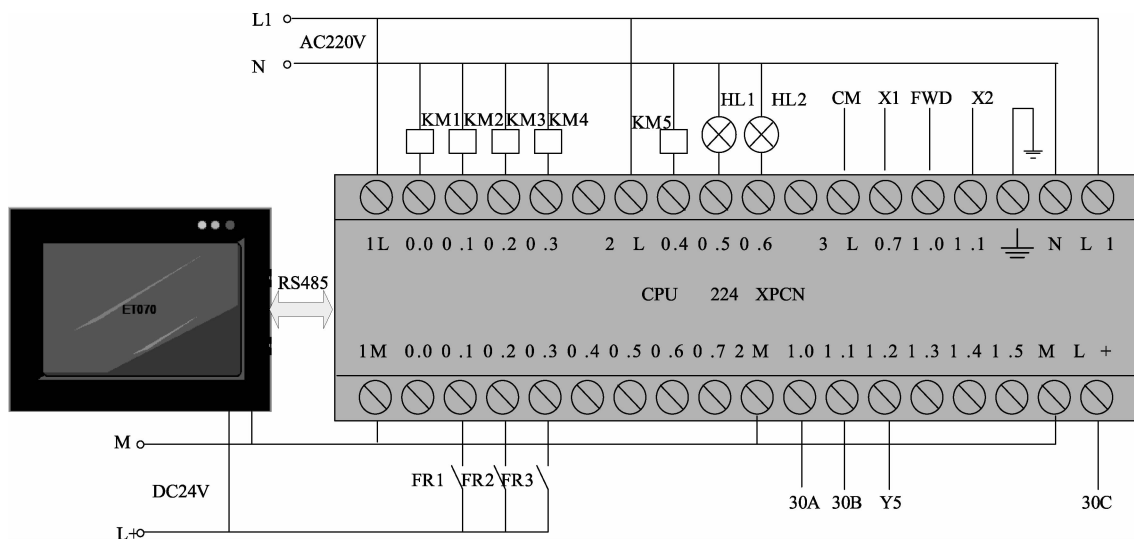


图 2 控制电路接线

3.2.3 模拟量处理电路

模拟量模块 EM235 采用 DC24V 电源供电,DIP 开关设为单极性 0~20 mA 电流输入,如图 3 所示。3 路 AI 信

号分别用于水箱水位、水箱水温、集热器温度的 DC4~20 mA 传感器信号输入,地址为 AIW4、AIW6、AIW8。1 路 AO 信号以 DC4~20 mA 电流的形式输入到变频器模

拟电流输入端 C1,地址为 AQW2,用于控制变频器的输出频率。

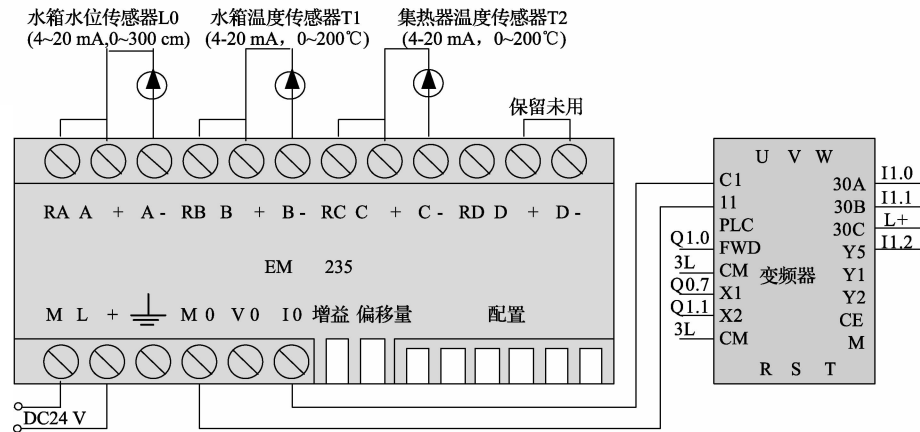


图3 模拟量处理电路

4 系统控制策略

4.1 模拟量处理

EM235采集到的DC4~20 mA传感器信号,根据PLC的模拟量输入特征,单极性的0~20 mA电流信号对应PLC中的0~32 000整数。设传感器输入的模拟量 AIW_x 对应的PLC中的整数值为 AIW_y ,对应水位与温度值为 L_y 、 T_y ,则系统水位与温度的计算式为公式(1)、(2)、(3)。

$$AIW_y = AIW_x \times \frac{32\,000 - 6\,400}{20 - 4} \quad (1)$$

$$L_y = 300 \times \frac{AIW_y - 6\,400}{32\,000 - 6\,400} \text{ (cm)} \quad (2)$$

$$T_y = 200 \times \frac{AIW_y - 6\,400}{32\,000 - 6\,400} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (3)$$

4.2 上水方式优化

经过工程测试,设计了由手动、温控、水位上水模式组成的主要上水方式及由超限、故障、空转、干烧、防冻、高温保护措施组成的保护上水方式,系统运行时通过触摸屏指令选择主要上水方式,只有保护条件发生时才启动保护上水方式。

水位上水模式采用了PID控制方式,PID控制是工业生产中模拟量闭环控制方式通用的控制器,通过调整其参数P(比例)、D(微分)、I(积分),可以使工业控制系统获得良好的闭环控制性能。在S7-200PLC中PID功能是通过PID指令功能块实现的,按照采样时间定时执行PID功能块,依据PID运算规律,输出控制量。水位上水模式启动

时,将水位传感器AIW4的DC4~20 mA信号输入,通过PID指令功能块的PID算法运算,在AQW2输出DC4~20 mA电流信号控制变频器输出频率,从而驱动水泵上水,控制原理如图4所示。

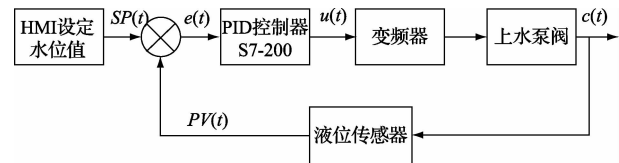


图4 水位上水PID控制

4.3 变频器设置

在水位上水模式工作时,由变频器控制上水泵的转速。变频器主要参数设置如表2所示。

表2 基本功能参数设置

参数码	功能含义	设定值
E01	多功能端 X1	8(RST)
E02	多功能端 X1	9(THR)
E20	多功能端 Y5	0(RUN)
F01	频率设定 1	1
F02	运行操作	1

4.4 PLC程序设计

PLC程序采用STE P7-Micro/WIN SP9编程工具编写,根据系统I/O配置与控制要求程序由主程序、手动子程序、温控子程序、水位子程序、显示子程序、保护与报警子程序组成。主程序流程见图5所示。

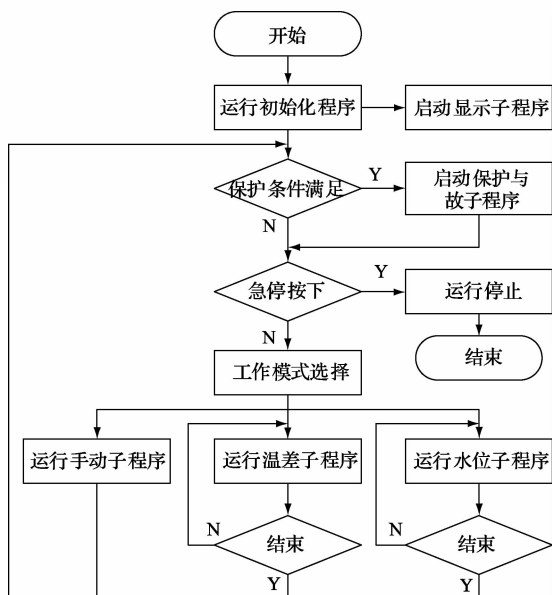


图5 主程序流程

5 系统实现与测试

PLC 端口 0(PORT0)利用 RS485 串行通信电缆与触摸屏 COM0/COM2 口连接,端口 1(PORT1)利用 PC/PPI 电缆与编程 PC 连接,设置地址及通信格式。选取 100 cm 高度的保温水箱及其配套设备进行调试,在 PLC 程序中设定下限水位 20 cm,上限水位 80 cm,温差循环启动温度 5℃。在触摸屏控制界面输入水箱水位(H)为 60 cm,水箱水温(T)为 50℃,选择水位控制模式时测试数据如表 3 所示,选择温差控制模式时测试数据如表 4 所示,系统测控运行画面如图 6 所示。

表 3 水位控制模式测试数据

水箱水位 /cm	水箱水温 /℃	集热水温 /℃	系统输出 (水泵 M1、M2、M3)
10	9	20	M1 变频运行、M3 运行
22	18	41	M1 变频运行、M3 运行
40	40	49	M1 变频运行、M3 运行
60	46	54	M1 停止、M3 运行
60	50	56	M1 停止、M3 停止

表 3 测试数据表明,在水位控制模式下,PLC 运行 PID 水位控制程序,水箱水位保持在设定值 H。当 $T_1 < T$ 且 $T_2 > T_1$ 时输出集热循环信号,驱动 M3 进行换热。在太阳辐射良好的条件下,水温也能保持在设定温度 T。此模式适用于对热水用量要求严格的场所。

表 4 温差控制模式测试数据

水箱水位 /cm	水箱水温 /℃	集热水温 /℃	系统输出 (水泵 M1、M2、M3)
10	11	15	M1 工频运行、M3 停止
20	11	16	M1 停止、M3 运行
20	50	56	M1 工频运行、M3 运行
60	42	56	M1 停止、M3 运行
60	50	59	M1 停止、M3 停止

表 4 测试数据表明,在温差控制模式下,当温差($T_2 - T_1$)大于温差设定值(5~10℃)时,输出集热循环信号,驱动 M3 进行换热,直至 $T_1 \geq T$ 。若 $L_0 \leq H$,输出上水信号,驱动 M1 上水,直至 $L_0 = H$ 。此模式能够优先保证水温,节能效果显著,适用于对水温要求严格的场所。

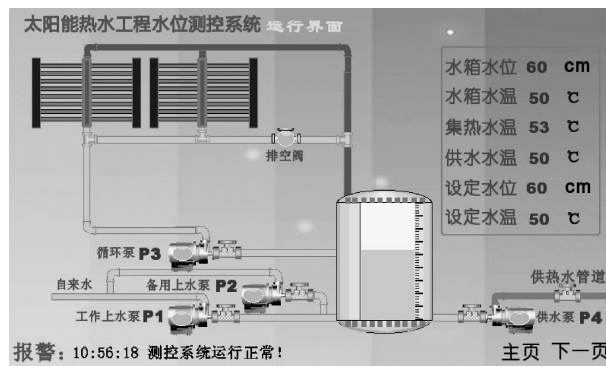


图6 触摸屏监控画面

6 结论

针对太阳能热水专用控制设备不能适应大型工程应用及扩展的需要等问题,提出了基于 PLC 与工业触摸屏构建的水位测控系统,采用 PLC 的 PID 控制功能可以很好的调节变频器的输出频率,实现水箱水位的闭环控制。实验测试及运行表明,该系统运行稳定,可靠性高,人机交互界面美观友好,智能化程度高,易于维护与功能扩展,便于联网和实现上位机远程在线监控,能适应多种应用场合,可以全面提升太阳能热水工程的应用性能与技术水平。

参考文献

- [1] 肖宁,李兴,孔伟强,等. ISO9459-2 太阳能热水测试系统及其智能控制研究[J]. 科学技术与工程,2011, 11(35):8731-8735.
- [2] 李文军,寇志伟,崔啸鸣,等. 北方地区太阳能热水工程控制系统设计与应用[J]. 电脑知识与技术, 2013(5):1149-1150.

(下转第 79 页)