

基于 LabVIEW 的单回路液位控制系统的分析与设计*

张 维 齐锴亮

(陕西工业职业技术学院电气工程学院 咸阳 712000)

摘 要: 工业生产过程中对于被控对象液位监测通常是整个控制系统不可缺少的重要环节。本设计是基于 GK0601 实训平台, 利用 DAQ 设备与单容水箱控制平台相连, 用 LabVIEW 虚拟仪器编程设计控制界面, 并可实时监视与调节系统液位, 最终使控制目标液位保持动态稳定。硬件系统是由电磁阀、压力变送器、射流式自吸泵、数据采集卡 USB6221、智能仪表 NHR5330 等设备构成; 软件平台是基于 LabVIEW 搭建而成。通过实验调试与监测, 整个系统结构合理、运行良好、程序优化、性能稳定、便于推广。

关键词: 单回路液位; 数据采集; PID 调节; 液位控制

中图分类号: TN081 TP273 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

Analysis and design of single loop liquid level control system based on LabVIEW

Zhang Wei Qi Kailiang

(School of Electrical Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China)

Abstract: In industrial processes, it is usually an important and indispensable part to the entire control system of the controlled object level monitoring. The design is based on LabVIEW virtual instrument programming, uses the DAQ equipment to connect with the single tank control platform, uses the LabVIEW virtual instrument programming to control interface, and can be monitoring and regulating system level at real-time, ultimately can keep the target dynamic level stability. The hardware system is made up of electromagnetic valve, pressure transmitter, jet type self suction pump, data acquisition card USB6221, intelligent instrument NHR5330 and other equipment. The software platform is built to base on LabVIEW, through experiment debugging and monitoring, the entire system structure is reasonable, the operation is good, the procedure is optimized, the performance is stable and easy application.

Keywords: single circuit level; data acquisition; PID regulation; liquid level control

1 引 言

本设计是基于 GK0601 型高级过程控制系统平台, 实现单回路液位的控制。目前, 液位控制可利用 PLC 搭建, 本设计提供一种基于虚拟仪器的新型控制系统方案。本平台相比 PLC 控制系统, 优势在于不需要触摸屏硬件与 PLC 通信构成监控画面, 可直接利用智能仪表对于参数自行稳定调节, 利用虚拟仪器搭建在线监测平台, 结构优化, 性能稳定。本设计整个液位系统监测利用压力变送器转换成液位进行测量, 经过智能仪表 NHR5330 调节之后,

最终将变频器作为系统的执行器来执行调解结果, 达到液位监测与控制的目的^[1]。

2 单回路液位控制系统原理分析

过程控制原理: 系统的被控对象为水箱的液位, 系统给定量由程序来设定, 被控量为水箱的瞬时液位, 反馈量由扩散硅式压力传感器的检测值测定, 该检测值送入数据采集卡 NI-USB6221, 数模转换后送入智能控制仪表 PID 模块的“当前值”端, 并由 LabVIEW 进行监控, PID 模块根据其设定值参数给出输出 out 值, 再由数据采集卡模拟量

收稿日期: 2016-05

* 基金项目: 陕西工业职业技术学院科研项目 (ZK16-04, 基于 SIMATIC HMI 的液位控制系统实训平台) 资助

输出到变频器^[2],从而控制其频率变化使射流泵出水量变化以调节瞬时液位,最终达到液位控制的目的,系统整体结构如图1所示。

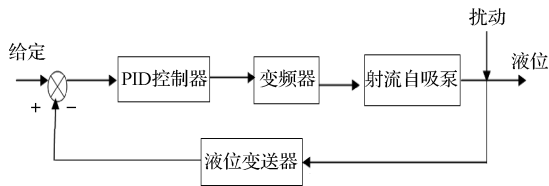


图1 单回路液位控制系统结构

3 液位控制系统硬件电路的设计与连接

被控对象由执行器、变送器、水箱、管路等组成,控制台包括数据采集卡 USB6221、NHR5330 智能 PID 仪表、扩散硅式差压变送器等,通过 USB 与 LabVIEW 软件相连,进行实时界面监测。被控对象的变送器信号和执行器的供电分别通过屏蔽电缆线与控制台相连,系统整体结构如图2所示^[3]。

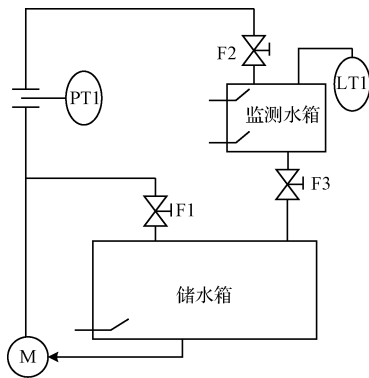


图2 单回路液位控制系统结构

3.1 DAQ 模块的选型

本设计采用 NI USB-6221 型数据采集卡。NI USB-6221 是一款 USB 高性能多功能 DAQ 模块,经优化在高采样率下也能保持高精度。DAQ 模块即插即用的安装最大程度地降低了配置和设置时间,同时它能直接与螺丝端子相连,从而削减了成本并简化了信号的连接^[4]。

3.2 变频器介绍

变频器选用的是 SINAMICS V20。本变频器由微处理器控制,具有很高的运行可靠性和功能多样性。无需调试软件,通过简单参数设定即可实现预定功能^[5]。变频器具体参数设置如表1所示。

表1 变频器参数设置

符号	设定值	说明
P0756[0]	0	ADC1,单极性电压输入
P0700[0]	2	端子
P0701[0]	1	ON/OFF
P0702[0]	9	故障确认
P1000[0]	2	模拟量设定值

3.3 液位变送器(扩散硅式差压变送器)

本设计选用 BP801 扩散硅压阻式压力变送器监测水箱液位。BP801 扩散硅压阻式压力变送器是一种高性能压力变送器。BP801 接线盒为标准赫斯曼接头,电气接线如图3所示。

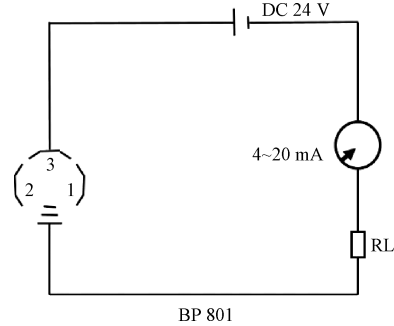


图3 电气接线

3.4 硬件系统接线

本设计单回路水箱液位控制系统原理如图1所示。其硬件接线原理分析:系统的被控对象为水箱的液位,系统给定量 SV 由程序来设定,被控量为中水箱的瞬时液位,反馈量由投入式液位传感器 LT1 的检测值,该检测值送入数据采集卡 USB6221,由 LabVIEW 进行监控,并送入 PID 模块的“当前值”端,PID 模块根据 PID 的参数输出 out 值,再由数据采集卡模拟量输出来控制变频器,从而调节中水箱的瞬时液位,以达到液位控制的目的^[6]。

4 控制系统软件程序设计与实现

软件程序设计是本设计一个重要环节,本设计利用 LabVIEW 软件进行软件程序设计^[7],系统总体程序流程图如图4所示。

图中 k_p 为比例参数, T_d 为微分时间, T_i 为积分时间, T 为控制周期, b 为控制死区。

4.1 设计过程中的量程变换

1)从压力变送器传送到数据采集卡中的是 1~5 V 的电压信号,其对应水箱液位值为 100 mm,要将采集来的信号 H_f 转化为实际值 H ,其转换公式如式(1)。

$$H = (H_f - 1) \times (290/2) = 100 \times (H_f - 1) \quad (1)$$

2)程序中要求输入的液位设定值 X_s ,输入范围为 100 mm,将其转变为 1~5 V 的电压信号 H_s ^[8],其转换公式如式(2)。

$$H_s = X_s / (290/2) + 1 = 1 + (X_s / 100) \quad (2)$$

3)偏差信号经 PID 运算控制后的输出信号 U 范围为 1~5 V,由于执行器变频器频率 0~50 Hz,其对应的输入信号为 4~20 mA,而数据采集卡的输出为 1~5 V,1~5 V 与 4~20 mA 之间的变换可以用设备上的调节器来进行转化,这里当电压为 1 V 时对应的电流为 4 mA,为线性变换^[9]。其转换公式如式(3):

$$Y = (U - 1) \times 25 \quad (3)$$

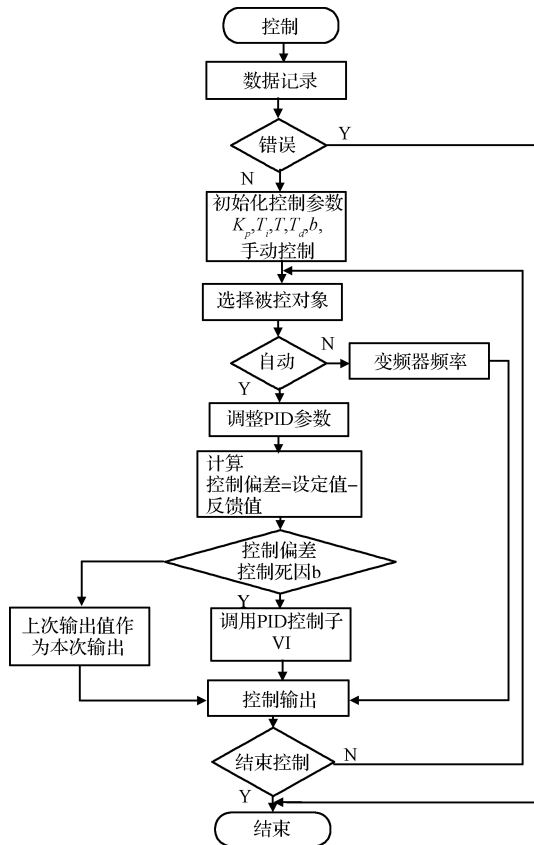
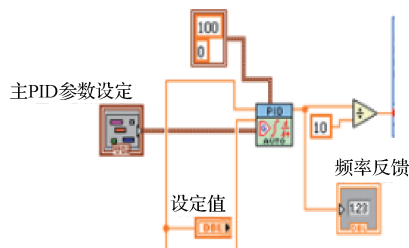


图4 系统总体程序流程

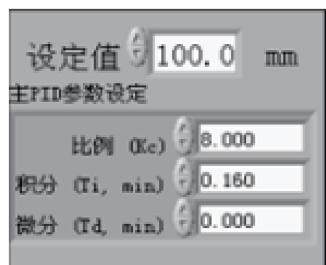
4.2 系统各主要模块应用程序分析

4.2.1 PID控制程序模块

本设计通过计算设定PID模块的数值来使整个液位系统达到设定的稳定值。PID控制器，由比例单元P、积分单元I和微分单元D组成，如图5所示。通过 K_p, T_i 和 T_d 3个参数的设定^[10]。



(a) PID控制模块框图程序



(b) PID控制模块前面板

图5 PID控制程序模块

本设计主要调节使用的是比例积分(PI)控制运算。但是积分作用的引入,会使系统稳定性变差。对于有较大惯性滞后的控制系统,要尽量避免使用。本设计采用工程常用的衰减曲线法,具体如下:在纯比例作用下,由大到小调整比例度以得到具有衰减比(4:1)的过渡过程,此时即为比例度 δ_s 及振荡周期 T_s ;根据表2计算出经验值,求出相应的积分时间 T_I 和微分时间 T_D 。

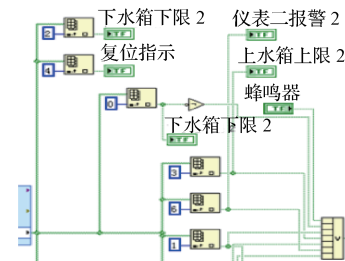
表2 衰减曲线法控制器参数计算表

控制参数	$\delta(\%)$	$T_I(\text{min})$	$T_D(\text{min})$
P	δ_s	/	/
PI	$1.2 \delta_s$	$0.5 T_s$	/
PID	$0.8 \delta_s$	$0.3 T_s$	$0.1 T_s$

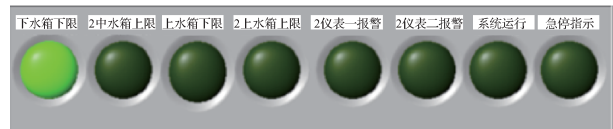
经过反复调试与验证,最终本设计选择PID参数分别为:8,0.16,0。

4.2.2 报警程序模块

在设计运行与调试的时候,如果遇到水箱漏水或溢出水时,蜂鸣器就会报警,进而可以停止系统的运行,保证系统可以安全的运行^[11]。如图6所示为系统报警模块,通过与NI USB-6221指定数字输出端相连,保证系统安全。



(a) 报警程序模块框图程序



(b) 报警程序模块前面板

图6 报警程序模块

4.2.3 系统监控界面

当系统正常运行时,可利用LabVIEW软件监控界面,通过实际值与设定值的曲线记录,分析控制效果^[12]。如图7所示为系统监控界面。

4.2.4 电机控制模块

电机控制模块是软件设计的主要控制调节模块。打开LabVIEW软件,点击前面板电机控制按钮,系统启动,水箱开始上水。在系统正常运行后,通过变频器控制自吸水泵的频率来调节水箱进水量的大小,最终根据实际设定的液位高度进行实时调节,最终使水箱液位保持稳定^[13]。电机控制模块的程序与前面板如图8(a)、(b)所示。

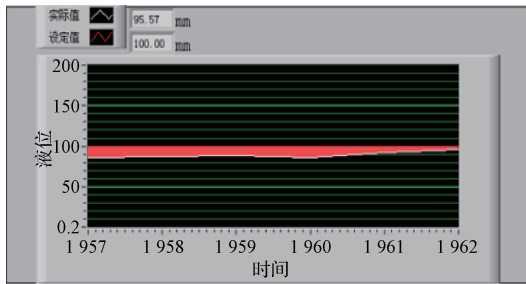
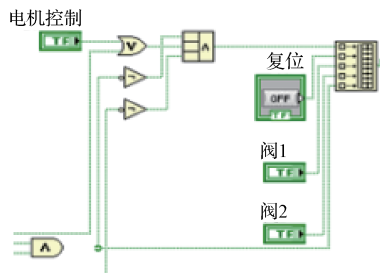
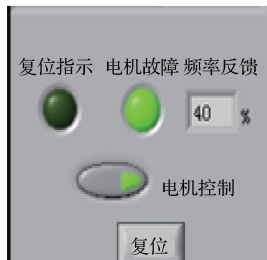


图7 系统监控界面



(a) 电机控制模块框图程序



(b) 电机控制模块前面板

图8 电机控制模块

4.2.5 电磁阀控制模块

在运行中当液位达到稳定位置时,通过打开电磁阀来给系统增加干扰,对于系统的稳定性与抗干扰能力进行验证^[14],本设计选取回路中两个电磁阀作为干扰对象,对于控制系统干扰性进行测试,检测系统的稳定性。

5 系统整体运行与调试

系统调试包括两个部分,分别是软件调试和硬件调试。软件调试的顺利完成是建立在硬件调试之上的,所以在软件调试之前首先要进行硬件的调试工作,检测变频器、传感器等,以确认这些信号能够正确地输入 DAQ 模块的输入端口;确认过程控制系统可以正常运转,实现水泵上水、放水、启动、停止及变频器控制器下的转速调节等功能^[15-16]。

整个系统通过由 DAQ 模块来采集水箱的数据,传输到智能仪表 NHR5330,通过反复修改 PID 参数,最终将调节信号通过数据采集卡 NI-USB6221 送至变频器来控制水泵的转速进而控制水的流量来控制水箱液位保持在 100 mm。通过反复实验验证,最终设计的程序基本上满

足设计要求,液位基本稳定在 100 mm,误差为 ± 5 mm,误差率约为 5%。水箱的液位保持在 $100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ 。

6 结论

本设计最终输出误差较小,结构简化,实用方便,性能稳定。通过对基于 LabVIEW 控制的单回路水箱液位控制系统与常规控制系统的控制结果进行比较,可知前者在设计简化性、稳定性、快速性和准确性方面都具有更好的效果;且相比传统 PLC 控制而言,更利于控制系统的集成。从而进一步证实其优势,为过程系统中被控对象的研究与控制提供了一种新的思路和方法,且面向对象的框图式语言比其他语言的可视化程度更高,便于应用、操作与维护。今后可在串级、前馈、反馈等复杂水箱液位等方面做更进一步分析与研究,提高其使用的广泛性。

参考文献

- [1] 郭艳平,陈杭兴. 基于 LabVIEW 的液位控制系统的设计[J]. 数字技术与应用,2016(3):8-9.
- [2] 刘金焜. 先进 PID 控制 MATLAB 仿真[M]. 北京:电子工业出版社,2011:32-45.
- [3] 牛玉广,张雷,淮小利. 基于 LabVIEW 的水箱平台设计及 PID 控制特性分析[J]. 仪表技术与传感器,2007(7):25-28.
- [4] 陈曦,柳国辉,杨振兴,等. 基于 LabVIEW 的过程控制系统仿真[J]. 河北工业大学学报,2009(10):77-80.
- [5] 张文硕,崔晓鹏,赵志诚. 基于 LabVIEW 的液位灰色预测 PID 控制[J]. 太原科技大学学报,2013(12):415-417.
- [6] 卢明阳. 基于 LabVIEW 与 Simulink 的过程控制仿真系统的开发[J]. 电子制作,2015(9):3-4.
- [7] 陈雷. 关于故障树的供水监控诊断系统的仿真[J]. 国外电子测量技术,2014,33(12):35-39.
- [8] 张文硕,张井岗,赵志诚. 基于 LabVIEW 的液位控制系统设计[J]. 电气电子教学学报,2013(4):104-106.
- [9] 管芬. 基于 LabVIEW 的液位控制系统研究[D]. 太原:太原科技大学,2013:36-56.
- [10] 杨楠,王伟. 基于 LabVIEW 的新式 PID 控制算法机剖析[J]. 电子测量技术,2015,38(11):74-78.
- [11] 韩剑,莫德清,李长俊. 基于 LabVIEW 与容栅传感器的液位测控系统[J]. 计算机测量与控制,2015(23):394-396.
- [12] 张文硕,崔晓鹏,赵志诚. 基于 LabVIEW 的液位灰色预测 PID 控制[J]. 太原科技大学学报,2013(12):416-420.
- [13] 常静,房泽平,杨益. 基于虚拟仪器和 PCI-6014 的液位过程控制[J]. 仪表技术与传感器,2013(9):416-420.

(下转第 63 页)