

# 基于 PLC 的机电控制综合实验教学平台开发

张 辛, 王早祥, 姜 浩, 刘延鑫, 董祥伟

(中国石油大学(华东)机电工程学院, 山东 青岛 266580)

**摘 要:** 针对机电系统计算机控制实验教学的需要, 设计开发了基于 PLC 的机电控制实训平台。该平台由 PLC 控制系统、实训/储水箱、水管管件、检测系统、执行系统等模块构成。采用该平台进行综合实验, 学生可以掌握传感器的工作原理和应用领域、变频器控制被控对象的工作原理及实现方式、PLC 编程控制的语言特点和控制方式, 加深学生对 PLC、上位机和被控对象之间工作关系的认识和理解, 有效提高了学生机电液结合的动手与工程应用能力。

**关键词:** PLC; 机电控制; 传感器; 实验教学平台

中图分类号: TE95 文献标识码: A doi:10.3969/j.issn.1672-4305.2020.01.048

## Development of an integrated teaching platform for experiment of electromechanical control based on PLC

ZHANG Xin, WANG Han-xiang, JIANG Hao, LIU Yan-xin, DONG Xiang-wei

(College of Mechanical and Electronic Engineering, China University of Petroleum, Qingdao 266580, China)

**Abstract:** With the need of experimental teaching for the course of computerized control of mechatronical system (CCMS), this study develops a PLC-based experimental platform for practical training. The platform includes PLC control system, training/water storage tank, water pipe fittings, detection system and execution system. Using the platform for comprehensive experiments, students are allowed to master the working principle and application field of various types of sensors, the implementation procedure of controlling an object by the inverter, techniques and features of PLC programming. It will help to deepen the understanding of the working relationship between PLC, host computers and controlled objects, also enhance the ability of a student on practical operation and engineering application of an electromechanical system.

**Key words:** PLC; electromechanical control; sensor; experimental teaching platform

“机电系统计算机控制”是机自专业的一门重

要专业核心课<sup>[1-4]</sup>, 课程内容涉及单片机、工业总线、PLC 程序控制器等大量的专业知识, 如何使学生了解在实际机电系统中, 计算机进行信号检测、运算处理、驱动执行部件达到控制目标的原理和方式, 就需要研制一套完整的机电控制综合实验平台<sup>[5]</sup>, 开发机电控制的综合实验, 掌握机电系统计算机控制的设计思路与调试方法<sup>[6]</sup>, 为从事机电一体化科研或开发岗位打下基础, 培养技能<sup>[7-8]</sup>。

### 1 机电系统控制的基本分类和结构

在所有的机械系统中, 控制较多的是对温度、流

收稿日期: 2018-07-27 修改日期: 2018-11-07

作者简介: 张辛, 博士, 高级实验师, 主要研究方向为石油钻采机械、测试与控制技术。E-mail: zxin0927@163.com

基金项目: 山东省专业学位研究生教学案例库建设项目(项目编号: SDYAL17023); 中国石油大学(华东)教学实验技术改革项目(项目编号: SZ201810); 中国石油大学(华东)教学研究与改革项目重点项目(项目编号: JY-A201812); 中国石油大学(华东)教学研究与改革项目一般项目(项目编号: JY-B201830)。



压力变送器:扩散硅式,量程 0~0.2MPa,精度 0.2 级,模拟量 4~20mA 输出;

液位变送器:扩散硅式,量程 0~500mm,精度 0.2 级,模拟量 4~20mA 输出;

流量传感器:涡轮式,量程 0~6m<sup>3</sup>/h,精度 0.5 级,模拟量 4~20mA 输出;

温度变送器:PT100 热电阻式,量程 0~100℃,精度 1 级,模拟量 4~20mA 输出;

液位开关:磁浮球式,开关量。

## 2.3 执行系统

执行器主要包括磁力泵、调节阀、电磁阀和加热管等设备和元件。执行部分根据控制器的指令来执行动作,如调整加热管的功率、调节电动球阀的开度、电磁阀开关以及调节三相磁力泵频率等工作。整个电控原理图如图 4 所示。

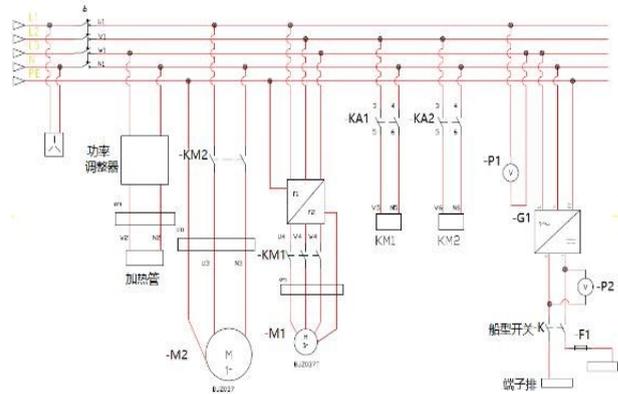


图 4 电控系统原理图

选用三相射流式自吸泵,频率 50Hz,功率 0.37kW,可以承压 6bar,扬程 35m,流量 3L/min;调节阀扭矩为 4Nm,空载运行时间 35s,控制信号 0~10V;工作环境为 0~90℃,球阀口径 DN15,工作压力 4MPa;电磁阀选用二位二口常闭式电磁阀,通径 16mm<sup>2</sup>,承压 1bar。

## 2.4 PLC 控制模块

PLC 控制系统包括 PLC、变频器、集线器、接线端子、系统启停按钮、PLC 上电开关和电源总开关组成。PLC 接线如图 5 所示。

PLC 的 CPU 选用西门子 S7-200,集成 14 输入/10 输出共 24 个数字量 I/O 点,2 输入/1 输出共 3 个模拟量 I/O 点,可连接 7 个扩展模块,最大扩展至 168 路数字量 I/O 点或 38 路模拟量 I/O 点,20k 字节程序和存储空间,6 个独立的 100KHZ 高速计算器,2 个 100KHz 的高速脉冲输出,2 个 RS485 通讯/编程口,具有 PPI 通讯协议、MPI 通讯协议和

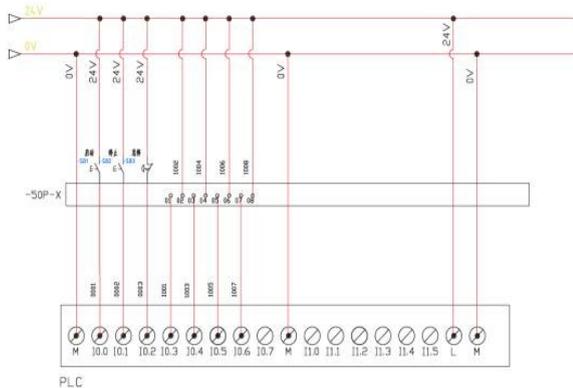


图 5 PLC (CPU) 接线原理图

自由方式通讯协议。

变频器为富士 FRNO. 4G11S-4CX, 50/60HZ, 输出额定容量为 1.1kW, 额定电压 380V, 输出电流 1.5A。

## 3 软件系统

机电控制系统采用的下位机程序编写软件是 STEP-7, 上位机组态软件是 Win CC, 通过 PPI 线连接 PC 上的 USB 口和 PLC, 程序编写完成之后, 需要通过 PC Access 软件建立 PLC 连接, 在 PC Access 中建立项目, 将控制程序从 PLC 中导入, 或者直接从 STEP-7 中选择项目, 然后在 Win CC 中添加 OPC 驱动, 将变量导入 Win CC。在 Win CC 资源管理器中, 用“图形编辑器”建立新界面, 添加需要在运行状态下显示的内容, 完成实验的人机界面设置。软件编制流程如图 6 所示, 实验操作主界面如图 7 所示。

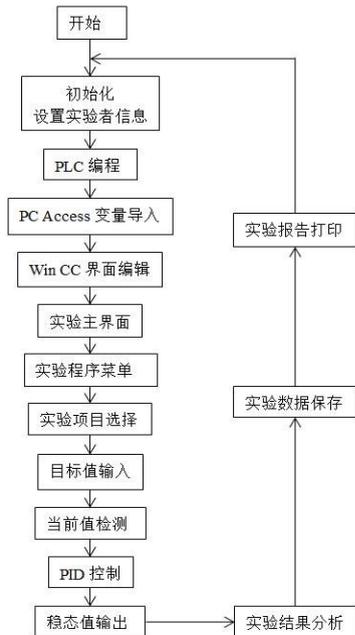


图 6 系统软件流程图

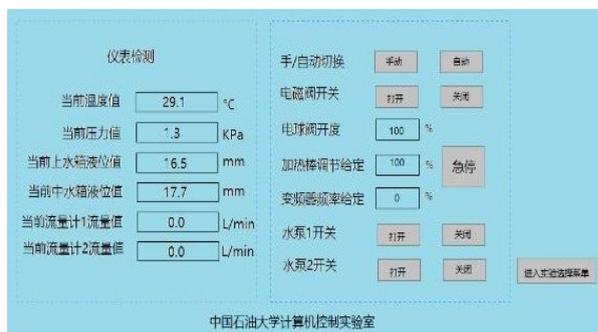


图7 实验人机界面

## 4 实训实例

实验教学平台可以完成恒压力、恒流量、恒液、恒温等六个控制实验。以上水箱恒液位实验为例,实验项目控制界面如图8所示。

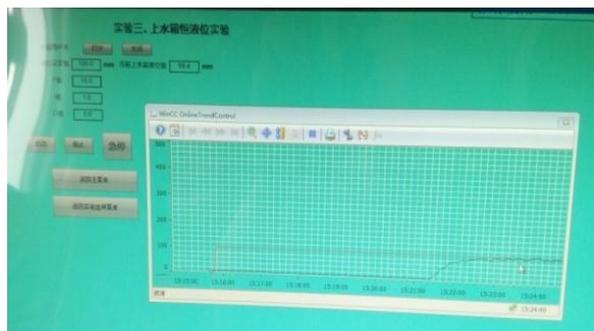


图8 上水箱恒液位实验

首先要将设备台面的上水箱关联水泵1的进水阀打开,将上水箱至中水箱的出水阀关闭,上水箱至下水箱的出水阀半开,然后在初始画面选择控制方式为“手动”,设定变频器的初始频率在0~100%之间,电磁阀开关选择“打开”,水泵1开关打开。启动后观察液位实际值与设定值曲线的差值变化,注意超调量和震荡情况,根据实际工况,调节PID参数。当系统稳定运行后,突加阶跃扰动,观察系统的输出响应曲线,反复调节PID参数,直到实验完成。

建立有实验数据库,学生每登录完成一次实验,数据和曲线自动保存,在菜单中可以实现数据文件的打开、保存和另存,可以对实验数据库中的记录进

行添加、删除和查询等操作。

## 5 结语

研制的一套机电控制综合实验教学平台,包含了理论课程中所涉及的PLC编程及使用、运算单元、执行元件以及变频器等设备的工作原理和方式,可以进行流量、压力、温度等典型物理量的控制。整个平台系统包括流量控制系统、检测系统、执行系统和PLC控制系统等模块,涵盖典型控制系统所需要的全部功能性元件。

开发这样一套系统,用于机械工程和控制工程专业高年级本科生的实验教学,针对性地培养学生传感器应用能力和控制过程操作能力,可以使学生重点了解过程控制传感器的配线、信号转换、PID控制、PLC控制的工作原理及实现方式,实现了实验教学与工程应用的有机结合,对培养学生综合素质起到了积极作用。

## 参考文献 (References):

- [1] 郝莹,闫淑英. 基于LabVIEW的计算机控制系统实验设计[J]. 实验技术与管理, 2007, 24(1): 76-78.
- [2] 高兴泉,王立国. 基于SIMULINK/SIMSCAPE的计算机控制系统仿真实验平台[J]. 实验技术与管理, 2013, 30(9): 88-92.
- [3] 闫明明,杨平,熊静琪. 基于“计算机控制技术”的机器人行走控制实验设计[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(3): 173-175.
- [4] 周华安,邹宪军. 直流电机伺服控制实验台的研制[J]. 实验室研究与探索, 2004, 23(12): 146-147.
- [5] 李彬,魏璇. 虚拟样机技术在机电控制实验中的应用[J]. 实验室科学, 2008(4): 80-81.
- [6] 阎娜. 光伏发电系统实验台设计与搭建[J]. 实验技术与管理, 2012, 29(12): 71-74.
- [7] 刘咏梅. 实验教学改革与创新人才培养[J]. 实验技术与管理, 2005, 22(12): 101-102.
- [8] 袁少强. 计算机控制实验教学的改革与探讨[J]. 实验室研究与探索, 2003, 22(2): 33-34.
- [9] 孙越. 微机控制技术实验的研究[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(2): 246-249.
- [10] 厉荣卫,傅中君. 计算机控制技术综合实验及其效果[J]. 实验室研究与探索, 2001, 20(6): 50-51.
- [11] 史旭华,俞海珍. 基于工控组态软件及MATLAB的计算机控制实验平台[J]. 工业控制计算机, 2008, 21(6): 14-15.
- [12] 李巧真,李刚,徐天室. 传感器实验装置计算机控制系统[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(6): 57-60.
- [13] 廖映华,王春,张良栋,等. 基于PLC和组态软件的机电液综合控制实验台设计[J]. 现代制造技术与装备, 2011(6): 28-30.