

文章编号:1671-6833(2012)03-0040-04

# 基于 PLC 的矿井提升机模拟实验装置的研究与设计

杨 柳, 阎有运, 邓 君, 常国雷, 苏豪飞

(河南理工大学 电气工程与自动化学院, 河南 焦作 454000)

**摘 要:** 根据我国现代煤矿和矿务局的发展需求, 研究、设计与制作了一套以 PLC 为核心的矿井提升机控制系统模拟实验装置。该模拟实验装置采用工业上最常用的 PLC 作为主控制器, 用电机作模拟负载, 在实验的条件下, 可通过此实验装置来模拟交流或直流矿井提升机的运行工况, 以使煤矿操作人员及技术工人能够更好地了解与掌握矿井提升机的运行原理与操作方法, 从而达到培训和学习的目的。

**关键词:** PLC; 矿井提升机; 实验装置; 模拟负载

**中图分类号:** TP276 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2012.03.010

## 0 引言

目前,我国正在服役的矿井提升机大多都采用绕线式异步电机转子串电阻的交流调速方式,少数则采用直流发电机-直流电动机组和晶闸管-直流电动机的直流调速方式<sup>[1]</sup>。它们的共同特点是:调速方式落后,设备陈旧,自动化水平不高,安全性和可靠性相对较差。为顺应社会发展和科技进步,对我国现役的传统式矿井提升机控制系统进行改造和革新显得尤为必要<sup>[2]</sup>。近年来,,随着国外 PLC、变频器和直流调速器成功应用于矿井提升机中,在我国新投产的矿井中也慢慢地开始采用以“PLC+变频器或直流调速器”方案设计的新型矿井提升机控制系统,其调速性能好、效率高、节能效果明显、自动化水平高,操作简单、方便、安全且可靠性高,是今后矿井提升机发展的主要方向<sup>[3]</sup>。然而我国在这方面的研究还处于试验与探索阶段。因此,笔者研究、设计与制作一套基于 PLC 的矿井提升机控制系统实验装置,以方便相关研究人员在实验条件下通过此矿井提升机控制系统实验装置进一步对我国的交流和直流矿井提升系统进行研究,以更好地提高和完善我国的矿井提升机控制系统<sup>[4]</sup>。此外,该矿井提升机控制系统实验装置还能够同时模拟交流和直流矿井提升机的运行工况,以此可以用来对煤矿操作人员及技术工人进行针对性的岗位培训,以提高煤矿操作人员和技术工人的技术素质和实际

维修操作技能。总之,对基于 PLC 的矿井提升机控制系统实验装置的研究、设计与制作具有较高的实用价值与较大的现实意义。

## 1 系统总体方案设计

本控制系统的原理框图如图 1 所示,本控制系统主要由主控系统、拖动系统、检测及操纵系统、调速系统、监控系统及保护系统等组成<sup>[5]</sup>。

### 1.1 主控系统

有关数据表明,我国新型的矿井提升机中大多都是采用西门子 PLC 或三菱 PLC 作为主控制器来进行设计的,为兼顾通用性,将主系统设计成由两台 PLC 组成,一台是西门子公司 S7-1200 PLC,另外一台是三菱公司的 FX2N PLC,采用此种方式研制的模拟实验装置既能够模拟用西门子 PLC 作为主控制器设计的矿井提升机的运行工况,又能模拟用三菱 PLC 作为主控制器设计的矿井提升机的运行工况,从而使该实验装置具有很强的通用性。

### 1.2 检测及操纵系统

检测及操纵系统主要由操作台、触摸屏、旋转编码器及相关的传感器等组成。其主要作用是模拟矿井提升机上升、下放等运行工况,同时检测速度、电压、电流等信号并在操作台和触摸屏上加以显示,以方便工作人员查看矿井提升机模拟实验装置的各种状态参数,使相关人员更好地了解矿井提升机模拟实验装置的运行工况。

收稿日期:2011-12-19;修订日期:2012-01-30

通信作者:阎有运(1952-),男,河南巩义人,高级工程师,主要从事工业过程控制方面研究,E-mail:yangliuhpu@126.com.

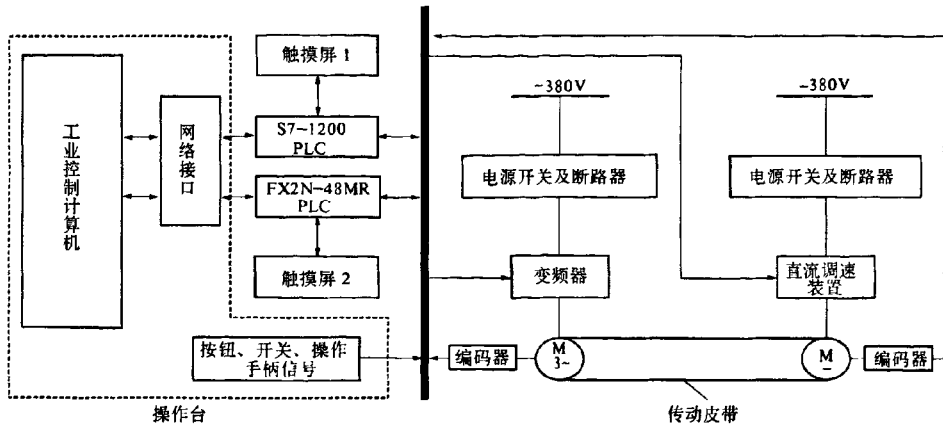


图1 控制系统原理框图

Fig.1 Principle diagram of control system

### 1.3 拖动系统

在实验台上放置额定功率为4 kW的交、直流电机各一台,两台电机通过联接皮带相互传动。两台电机分别通过各自的控制装置进行了驱动,当交流电机作为动力源,直流电机作为负载时,可以模拟交流拖动方式下的矿井提升机的运行工况;当交流电机作为负载,直流电机作为动力源时,模拟的是直流拖动方式下的矿井提升机的运行工况。

### 1.4 调速系统

本模拟系统采用西门子公司6SE70系列的变频器和6RA70系列的直流调速装置分别对交流电机和直流电机进行调速,只需要在控制单元给出对变频器与直流调速器的控制命令(正转、反转、多段速等)即可使此矿井提升机模拟实验装置按照设定的速度曲线运行,满足矿井提升机的运行要求<sup>[6]</sup>。

### 1.5 监控系统

监控系统主要由一台工业控制计算机和两台触摸屏组成。触摸屏主要是用来绘制系统画面,监视系统的运行画面,同时可以显示各种运行参数,以方便人们更好地了解模拟系统的运行工况。此外,在触摸屏上还可以实现手动输入信号及存储、输出报警信号等功能。工业控制计算机与可编程控制器直接通讯,可以实现在线编程,在线读、写和修改程序,可在线监控设备的运行状态并及时发现故障和处理故障。同时可以形象地显示出矿井提升机模拟实验装置的各种预备状态画面、运行状态画面、故障状态画面、各种参数及各种控制元器件的工作状态等。

## 2 控制系统的程序设计

本控制系统的程序流程如图2所示。初始化程序主要作用是对旋转编码器、模拟量输入输出模块、通信模块及传感器进行初始化处理。控制系统启动前,要先判断制动手柄是否处于零位紧闸位上,只有当制动手柄处于零位紧闸位时才能启动系统<sup>[7]</sup>。当开车信号发出之后,根据发出的开车信号的类别来分别执行相应的上提重物子程序和下放重物子程序。当完成上提重物和下放重物时,此时需要判断是否要停车,若要停车,则要进行施闸停车;若不需要停车,则进入下一阶段的运行。其控制系统的流程图如图2所示。

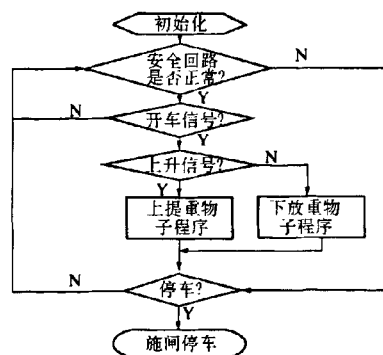


图2 控制系统程序流程图

Fig.2 Flow chart of program of control system

## 3 模拟负载的运行分析与研究

本模拟系统可以模拟交流拖动方式下的矿井提升机的运行工况,同时又可以模拟直流拖动方

式下的矿井提升机的运行工况,现以交流拖动方式下的矿井提升机为例来对模拟负载进行研究.规定控制系统中各量的正方向如图 3 所示.

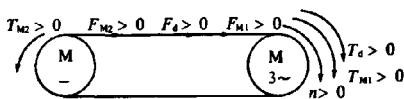


图 3 拖动系统中各量的正方向示意图

Fig. 3 Sketch map of positive direction of various physical quantities of drag system

图 3 中,  $T_{M1}$  为交流电机的电磁转矩;  $T_{M2}$  为直流电机的电磁转矩;  $T_d$  为传动系统的合转矩, 且  $T_d = T_{M1} - T_{M2}$ ;  $F_{M1}$  为交流电机的电磁力;  $F_{M2}$  为直流电机的电磁力;  $F_d$  为传动系统的合力, 且  $F_d = F_{M1} - F_{M2}$ ;  $n$  为拖动系统的转速, 顺时针为正, 且规定当  $n > 0$  时, 模拟负载为上升过程.

现以交流电机作为动力源, 直流电机作为负载为例来模拟交流矿井提升机在提重物和下放重物的过程中的运行工况. 图 4 为模拟矿井提升机在上提重物时的系统速度、加速度和力图, 此时直流电机在其驱动装置和 PLC 的共同控制作用下产生大小恒定, 方向为逆时针的电磁转矩  $F_{M2}$ , 且  $|F_{d3}| < F_{M2}$ , 如图 4 所示.

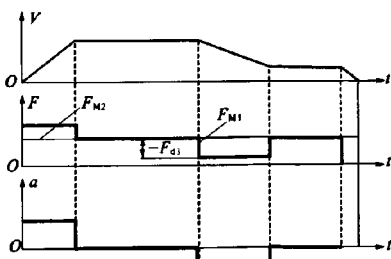


图 4 控制系统模拟交流矿井提升机上提重物时的速度、加速度和力图

Fig. 4 Graph of speed and acceleration and nexuiz of control system when it is simulating the AC mine hoist that is lifting the weight

由图 4 可知, 在加速阶段: 有  $F_{d1} = F_{M1} - F_{M2} > 0$ , 所以必有  $F_{M1} > F_{M2} > 0$ , 所以  $F_{M1} > 0$ . 在等速阶段: 有  $F_{d2} = F_{M1} - F_{M2} = 0$ , 所以有  $F_{M1} = F_{M2} > 0$ , 所以  $F_{M1} > 0$ . 在减速阶段: 有  $F_{d3} = F_{M1} - F_{M2} < 0$ , 所以  $F_{M1} = F_{d3} + F_{M2}$ , 又因  $|F_{d3}| < F_{M2}$ , 且  $F_{M2} > 0$ , 所以  $F_{M1} > 0$ . 在爬行阶段: 有  $F_{d4} = F_{M1} - F_{M2} = 0$ , 所以  $F_{M1} = F_{M2} > 0$ . 总之, 在模拟交流矿井提升机上提重物的整个过程中, 转速  $n$  始终大于零, 拖动电机的电磁转矩  $T_{M1}$  始终大于零, 所以拖动电机一直处于正向电动状态, 其两电机运行状态图

如图 5 所示.

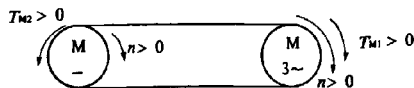


图 5 模拟交流矿井提升机上提重物时的两电机运行状态示意图

Fig. 5 Sketch map of the two motors' running state of control system when it is simulating the AC mine hoist that is lifting the weight

相应地, 当模拟负载处于下放的过程时, 负载电机在交流拖动电机的拖动下作逆时针方向运行, 即系统转速始终小于零, 直流电机在其驱动装置和 PLC 的共同控制作用下保持恒定的电磁转矩, 且保持  $|F_{d1}| < F_{M2}$ , 如图 6 所示.

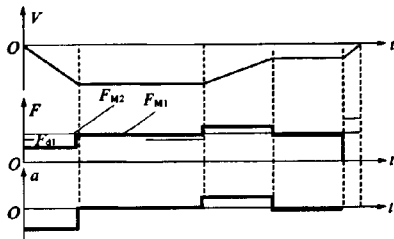


图 6 控制系统模拟交流矿井提升机下放重物时的速度、加速度和力图

Fig. 6 Graph of speed and acceleration and nexuiz of control system when it is simulating the AC mine hoist that is lowering the weight

如图 6 所示, 在加速阶段: 有  $F_{d1} = F_{M1} - F_{M2} < 0$ , 所以必有  $F_{M1} = F_{M2} + F_{d1}$ , 又因  $|F_{d1}| < F_{M2}$ , 所以  $F_{M1} > 0$ . 在等速阶段: 有  $F_{d2} = F_{M1} - F_{M2} = 0$ , 所以有  $F_{M1} = F_{M2} > 0$ , 所以  $F_{M1} > 0$ . 在减速阶段: 必有  $F_{d3} = F_{M1} - F_{M2} > 0$ , 所以  $F_{M1} = F_{d3} + F_{M2}$ , 因为  $F_{M2} > 0$  且  $F_{d3} > 0$ , 所以  $F_{M1} > 0$ . 在爬行阶段: 有  $F_{d4} = F_{M1} - F_{M2} = 0$ , 所以  $F_{M1} = F_{M2} > 0$ , 所以  $F_{M1} > 0$ . 因此, 此矿井提升机模拟实验装置在模拟下放此类大小的负载时, 拖动电机始终处于反向制动状态, 其电机运行状态示意图如图 7 所示.

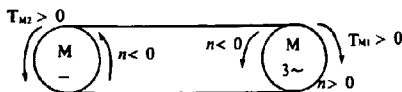


图 7 控制系统模拟交流矿井提升机下放重物时的两电机运行状态示意图

Fig. 7 Sketch map of the two motors' running state of control system when it is simulating the AC mine hoist that is lowering the weight

以上分析的是用交流电机作为拖动电机时模拟交流矿井提升机上提和下放重物时的运行工况。相应地,若采用直流电机作动力源,用交流电机作负载,此时本实验装置就可以模拟直流矿井提升机的运行工况,从而真正地达到培训的目的。

#### 4 结论

基于 PLC 的矿井提升机模拟实验装置是采用“PLC + 变频器/直流调速器”进行设计的,其技术先进,调速性能优越,自动化水平高,控制性能好且安全可靠。该装置用 PLC 作为主控制器,用电机作负载,其模拟负载的方式独特新颖,且能够很方便地在实验的条件下来研究和分析矿井提升机在提升重物和下放重物过程中的各种运行工况,既能够模拟交流矿井提升机的运行工况,又能模拟直流矿井提升机的运行工况,所以该实验装置具有较高的实用价值,对此实验装置的研究具有较大的现实意义。

#### 参考文献:

- [1] 李金金,李铁鹰. 基于 PLC 控制的变频调速在矿井提升机中的应用[D]. 太原:太原理工大学信息工程学院,2007.
- [2] 张均伟,马星河. 基于 Profibus 总线矿井提升机电控系统的研究与设计[D]. 焦作:河南理工大学电气工程与自动化学院,2011.
- [3] 王清灵,龚幼民. 现代矿井提升机电控系统[M]. 北京:机械工业出版社,1996.
- [4] 冯树旭. 矿井提升机控制系统设计[D]. 长沙:中南大学机电工程学院,2005.
- [5] 卢燕. 矿井提升机电力拖动控制[M]. 北京:冶金工业出版社,2001.
- [6] 刘涛,付子义. 新型矿井提升机变频电控系统的研究与设计[D]. 焦作:河南理工大学计算机学院,2011.
- [7] 黄仰金. 矿山副井提升机计算机控制系统的设计与应用[D]. 长沙:中南大学信息科学与工程学院,2004.

### Study & Design of Simulation Experiment Device of Mine Hoist Based on PLC

YANG Liu, YAN You-yun, DENG Jun, CHANG Guo-lei, SU Hao-fei

(School of Electrical Engineering & Automation. Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

**Abstract:** According to the development requirements of our country's modern coal mine and bureau of mines, a set of simulation experiment device of mine hoist control system based on PLC was studied, designed and developed. This simulation experiment device put the PLC which is used mostly in industry as main controller, and uses the motor as simulated load. By doing experiments, we can simulate the AC mine hoist's or the DC mine hoist's operation situation so that the operators and technical workers of coal mine can better understand and comprehensively grasp the mine hoist's operation principle and operation method and also achieve the purposes of training and learning.

**Key words:** PLC; mine hoist; experimental device; simulated load