

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.06.021

基于PLC的仓库桥式起重机变频控制系统

刘志刚¹, 杨伯军^{2*}

(1. 邢台市污水处理厂, 河北 邢台 054001; 2. 河北工业大学 机械工程学院, 天津 300401)

摘要: 针对传统桥式起重机控制系统存在体积庞大、可靠性差、故障率高的问题,将可编程逻辑控制器(PLC)技术和变频技术应用到新型控制系统中。该系统通过PLC控制变频器改变电源频率和相序来调节起重机的电机转速和方向,实现了前进、后退和升降的速度调节;分析了该新型控制系统的工作原理,在该控制系统内,建立了PLC与电源及安保系统之间的自动保护关系;设计了控制系统的架构,给出了控制系统的硬件组成及其接线原理图,编写了基于欧姆龙(Omron)PLC的控制系统软件,并给出了软件梯形图;在仓库桥式起重机上对该控制系统进行了安装、调试和运行的试验。研究表明,改进后的桥式起重机控制系统体积小,运行稳定、可靠,并且具有明显的节能效果。

关键词: 仓库; 桥式起重机; 控制系统; PLC; 变频器

中图分类号: TH215; TP249; TH39 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2013)06-0725-04

Warehouse bridge crane inverter control system based on PLC

LIU Zhi-gang¹, YANG Bo-jun²

(1. Xingtai Waste Water Treatment Plant, Xingtai 054001, China;

2. School of Mechanical Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract: Aiming at the problems of a large volume, poor reliability, high failure rates on the traditional bridge type crane control system, a new control system based on PLC and variable frequency control was designed. In the system, the speed and direction of crane motor were controlled by PLC-based inverter. The back, forward and lift speed regulations were realized. After analysis of the principle, the automatic protection relation between the PLC and the system of power and security was established in the control system. The structure of the control system was designed. Hardware components and wiring diagram of the control system were given. The software of the control system based on Omron PLC was written and the software ladder diagram was given. The experiments of installation, commissioning and operation were done on the control system of the warehouse bridge crane. The results indicate that the improved bridge type crane control system is small, operates stably and reliably, reduces resource waste.

Key words: warehouse; bridge crane; control system; PLC; inverter

0 引 言

桥式起重机是桥架型起重机的一种,它依靠起升机构和在水平面内的两个相互垂直方向移动的运行机构,能在矩形场地及其上空作业,是工矿企业广泛使用的一种起重运输机械。它具有承载能力大、工作可靠性高、制造工艺相对简单等优点。但在实际使用中,由于传统桥式起重机的电控系统采用转子回路串

接电阻进行有级调速,控制方式为“继电-接触器”控制,采用这种控制方式的起重机机械特性软,负载变化时转速也变化,调速不理想,所串电阻长期发热,电能浪费大,效率低;继电-接触器控制系统可靠性差,操作复杂,故障率高,控制柜体积大;桥式起重机工作环境差,工作任务重时,电动机以及所串电阻烧损和断裂故障时有发生^[1]。要从根本上解决这些问题,只有彻底改变起重机传统的电气控制方式。

收稿日期: 2012-11-15

作者简介: 刘志刚(1975-),男,河北邢台人,主要从事机电一体化方面的研究。E-mail:XLZGDYX@sina.com

通信联系人: 杨伯军,男,副教授,硕士生导师。E-mail:ybj@hebut.edu.cn

近年来,随着计算机技术和电力电子器件的迅猛发展,同时也带动了电气传动和自动控制领域的发展。其中,具有代表性的交流变频调速装置和可编程控制器获得了广泛的应用,为PLC控制的变频调速技术在桥式起重机控制系统中的应用提供了有利条件^[2]。变频技术的运用使得起重机的控制系统从整体上得到了较大提高,可以解决传统桥式起重机控制系统存在的诸多问题,变频调速以其可靠性好、调速范围宽、能够实现无级调速、节能效益显著的特征在起重运输机械行业中具有广泛的发展前景。同时,采用可编程序控制器代替传统的继电-接触器控制系统,减少了控制系统的中间环节,减少了控制元件和控制线,极大地提高了起重机控制系统的稳定性和可靠性^[3]。

本研究以仓库桥式起重机为研究对象,采用欧姆龙(OMRON)公司CJ1M-CPU22型PLC作为起重机控制系统的主控制器,结合变频调速技术设计起重机的逻辑控制系统,该控制系统可实现桥式起重机的高效、稳定运行。

1 变频调速控制系统的工作原理

PLC作为该控制系统的大脑,负责整个控制系统的工作。作为主控制器,它接收主令控制器(起重机操作平台)和其他电气元件采集来的各种信号,通过内部程序运算,输出控制指令给变频器。变频器根据PLC的输入指令,控制着起重机各电机的启停、正反转和调速。同时,如果PLC接收到的信号有异常,经过内部程序运算,PLC会向变频器发出停车指令而使起重机停车,并指令电源及安保系统使起重机电源断开。

2 系统硬件构成及各部分功能

PLC控制的桥式起重机变频调速系统框图如图1所示。

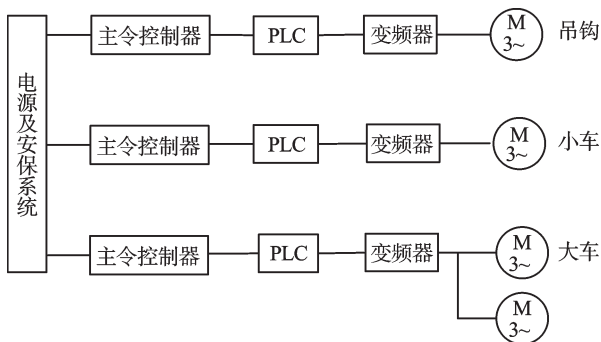


图1 桥式起重机PLC及变频器系统框图

桥式起重机大车、小车、吊钩的电动机都需要独立运行。大车为两台电动机同时拖动,所以整个系统由4台电动机、3台变频器传动,并由3台PLC分别控

制。图1中各部件的功能及实现方法如下:

(1) 主令控制器。大车、小车、吊钩各设一台主令控制器分别操作,主令控制器的功能是将调速及电机转向命令输送给系统。以大车为例,主令控制器的开合表如表1所示。

表1 具有11档位,每档只一个触点的主令控制器开合表

输入口	档位	向前					0位	向后				
		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
0.02	前5	×										
0.03	前4		×									
0.04	前3			×								
0.05	前2				×							
0.06	前1					×						
0.07	0位						×					
1.00	后1							×				
1.01	后2								×			
1.02	后3									×		
1.03	后4										×	
1.04	后5											×

注:×—触头闭合

(2) 变频器。变频器为电动机提供频率可调节的交流电源,是实现电动机速度调节的关键设备。变频器是微计算机及现代电力电子技术高度发展的结果。微计算机是变频器的核心,电力电子器件构成了变频器的主电路。在我国,从发电厂送出的交流电的频率是恒定不变的,即50 Hz。而交流电动机的同步转速为:

$$n_1 = 60 \frac{f_1}{p} \quad (1)$$

式中: n_1 —同步转速, r/min; f_1 —定子频率, Hz; p —电动机的磁极对数。

异步电动机转速为:

$$n = n_1(1 - s) = 60 \frac{f_1(1 - s)}{p} \quad (2)$$

式中: s —异步电动机转差率, $s = (n_1 - n)/n_1$, 一般小于3%。

由此可见,交流电动机的同步转速、异步电动机的转速均与送入电动机的电流频率 f 成正比例或接近于正比例,也就是说,通过改变频率可以方便地改变电动机的运行速度,即变频对于交流电动机的调速是十分合适的^[4-7]。

大车、小车是普通反抗性负载,可以配用普通型或高功能型变频器,而吊钩是位能性负载,应配用可实现四象限运行的矢量控制型变频器。从变频器工作频率控制来看,可以采用变频器模拟量电压控制端加接电位器方式,这样电动机的转速是无级调节的。但这样的方案与传统的操作方式相差较远。考虑到

转速平滑调节对起重机来说并不必要,则可采用变频器机外开关多段速度选择方式实现速度控制,这和选取主令控制器作为操作器件是配套的。采用变频器后,电动机的正、反转控制也变得简单了,不再需要使用接触器交换电源的相序,只要操作变频器的相序控制端口就可以了。

起重机变频器(特别是吊钩变频器)需配用制动电阻。起重机下放重物时,由于重力作用,电动机将处于再生制动状态,拖动系统的动能要反馈到变频器直流电路中,使直流电压不断上升,甚至达到危险的地步。因此,必须将再生到直流电路里的能量消耗掉,使直流电压保持在允许范围内,制动电阻就是用来消耗这部分能量的。

(3) 电源及安保系统。起重机的保护中有一个重要的手段是电源控制,当出现任何意外时,首先是断开起重机的电源接触器KM,这时起重机各环节的电磁抱闸发挥制动作用,保障设备及人身安全。这套机制在采用变频器后仍将保留。

(4) 电动机。采用变频器的交流起重机各电动机,可以使用专用的变频调速起重电机,也可以用起重机原有的线绕转子电动机,将转子绕组短接就可以了。

(5) 可编程控制器。可编程控制器完成系统逻辑控制部分,含接收主令控制器送来的操作信号,对变频器的控制及系统的安全保护,是系统的核心。

现以大车为例说明PLC的接线及工作过程。

根据大车控制的要求输入点是18个,输出点是9个。本研究选用欧姆龙的CJ1M—CPU22型PLC配32点输入单元CJ1W—ID231/232、16点继电器输出单元

CJ1W—OC211^[8-11]。大车PLC及变频器的接线示意图如图2所示。

图2中,起重机的启动按钮SB1、停车按钮SB2、复位按钮SB、主令控制器的11个档位的触点以及系统安保用各种限位设备都接在PLC的输入口上。输出口上接的是许多小型继电器。它们是用来控制变频器的输出相序及频率的,其中,K₁控制变频器的正向相序端,K₂控制变频器的反向相序端,当K₁及K₂中其一接通时,变频器输出一定相序的电源,当二者都接通或都不接通时,变频器中止电源的输出。K₃、K₄、K₅所连接的X₁、X₂、X₃为变频器的多段频率选择端,利用这3个端子的组合,可以有7种速度可选择,具体的速度值可通过变频器的功能码设定,这里只用了其中的5档速度。X₁、X₂、X₃的组合与速度档位的关系如表2所示。

表2 变频器多段频率选择端子状态表

速度档位	0	1	2	3	4	5	6	7
X ₁	0	1	0	1	0	1	0	1
X ₂	0	0	1	1	0	0	1	1
X ₃	0	0	0	0	1	1	1	1

3 系统的软件设计

PLC程序的编制以实现PLC在系统中的任务为目标。笔者编制好的梯形图如图3所示。

其基本功能如下:

(1) 系统的安全保护。梯形图的前4个支路完成系统的安全保护。其中,过载为过电流继电器动作,紧急停车为应急控制开关,复位为故障排除后重新工作时的复位按钮。起重机的安保主要体现在电源控

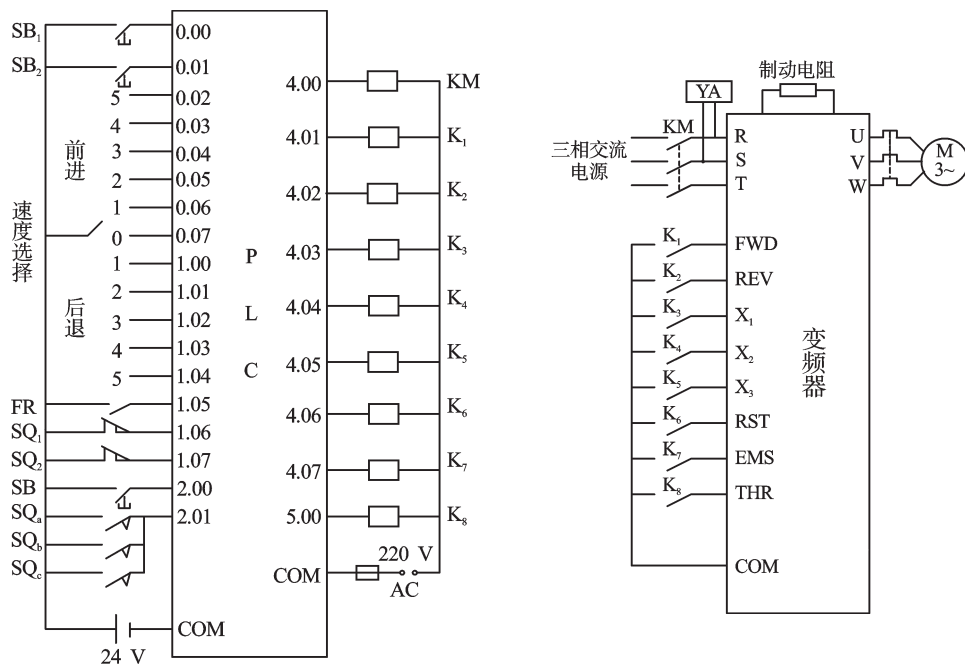


图2 大车PLC及变频器接线示意图

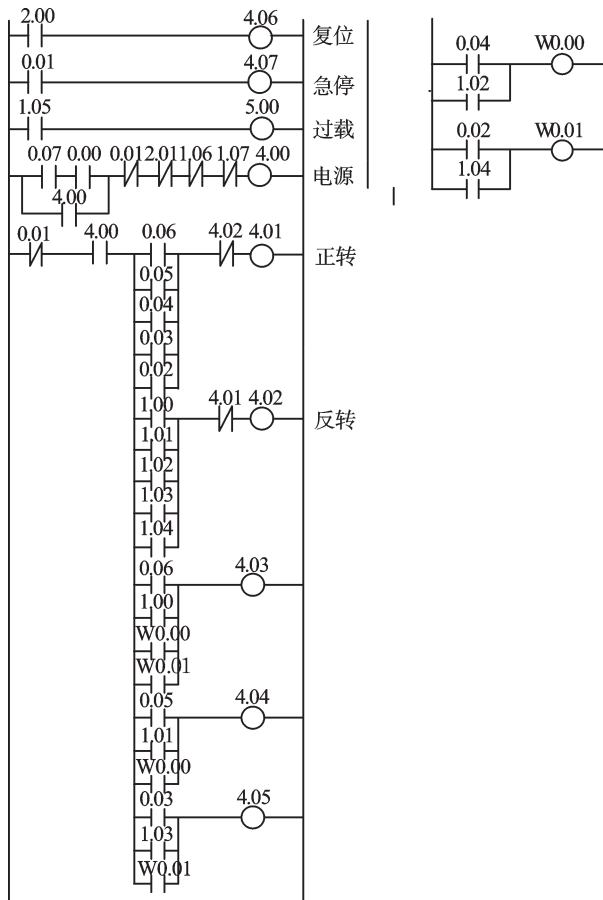


图3 大桥控制梯形图

制上:①只有所有的操作开关均位于零位时才能接通系统的总电源;②系统的所有安全位置保护、应急保护都通过总电源实现控制。

(2) 对变频器的控制。针对变频器的控制有两个方面:①相序控制,其通过4.01及4.02连接的继电器 K_1 、 K_2 控制变频器的相序控制端口实现,从图3中可知,决定转向的正是主令控制器的各个触点;②变频器的输出频率控制,其通过主令控制器的触点控制4.03、4.04、4.05的组合实现的,这里只用了其中的5档速度。梯形图中W0.00及W0.01是为了进行档位信号的综合而引入的辅助工作继电器。

4 运行试验

经安装、调试,变频调速控制系统已经完全可以正常、稳定地运行。经试验,新的控制系统具有以下几个优点:

(1) 变频器调速控制系统的保护功能强。使用变频器控制电机的运行,可以进行电机的软启动,而让电机具有很快的动态响应并且实现无级调速;对电源的缺相、欠压、过压、过流等都能做到很及时、准确地检测而自动采取应变措施保护电机。

(2) 工作可靠性显著提高。电磁铁的寿命可大大

延长;控制系统的故障率大为下降;可以在意外停车时使起重机减速停止,消除了突然停车带来的隐患。

(3) 节能效果十分可观。绕线转子异步电动机在低速运行时,转子回路的外接电阻内消耗大量的电能。采用变频调速系统后,不但外接电阻内消耗的大量电能可以完全节约,并且在起重机放下重物时,还可将重物释放的位能反馈给电源。这样,每小时节省的电费相当可观。

(4) 调速质量明显提高。本研究采用了变频调速系统后,系统调速平稳,能够长时间低速运行,具有很好的定位精度和运行效率。

5 结束语

本研究将可编程控制器、变频器控制技术应用于桥式起重机控制系统中,实现了对起重机的变频调速控制。实践结果表明,起重机的整体特性得到了较大提高,解决了传统桥式起重机控制系统存在的问题。将变频调速技术应用于起重机电力拖动控制系统,不但使控制性能得到极大的提高也降低了系统的能耗。

该系统操作简便,性价比高,充分发挥了PLC控制系统运行可靠、接线简单、使用灵活、维护方便等优点,具有良好的工业应用前景。因此,该控制系统的研究和应用具有较强的推广价值。

参考文献(References):

- [1] 张万忠,孙晋. 可编程控制器入门与应用实例[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [2] 刘远娟. 三菱PLC在桥式起重机中的应用[J]. 机电工程技术,2011,40(6):103-104.
- [3] 黄净. 电器及PLC控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [4] 韩安荣. 通用变频器及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [5] 李永乐. 交流电机数字控制系统[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [6] 张燕宾. 电动机变频调速图解[M]. 北京:中国电力出版社,2003.
- [7] 姚福来,张艳芳. 电气自动化工程师速成教程[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [8] 樊金荣. 欧姆龙CJ1系列PLC原理与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [9] 欧姆龙(上海)有限公司. 选型手册(可编程控制器部分)[M]. 上海:欧姆龙(上海)有限公司,2002.
- [10] 胡学林. 可编程序控制器原理及应用[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
- [11] 欧姆龙(上海)有限公司. SYSMAC CS/CJ指令参考手册[M]. 上海:欧姆龙(上海)有限公司,2003.

[编辑:洪炜娜]