

PLC控制电机变频调速试验系统的设计与实现

黄永红, 吉裕晖, 杨 东

(江苏大学电气信息工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘 要: 介绍了基于 S7-200 PLC 的电机变频调速试验系统的组成、控制方案及信号处理方法, 设计了硬件电路、相关梯形图程序及触摸屏显示程序。调试应用表明, 该系统简单、实用。通过该综合设计型试验或课程设计的实践、锻炼, 可使学生进一步掌握 PLC 和变频调速控制系统原理及应用, 熟练使用触摸屏, 为将来进行相关设计工作打下基础。对其他相关课题也具有很好的借鉴作用和参考价值。

关键词: 变频器; 变频调速; 触摸屏

中图分类号: TM301.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6540(2007)10-0040-04

Design and Realization of Variable Frequency and Speed Regulation of Motor Experiment System Based on PLC

HUANG Yong-hong, JI Yu-hui, YANG Dong

(School of Electrical and Information Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, 212013, China)

Abstract: Based on S7-200 PLC, the variable frequency speed-adjusting experiment system is introduced with the constitution and controlling scheme and signal-disposal methods of this system, and the hardware circuit, related trapezoid chart and displaying program of touch screen is designed as well. The debugging results show that the system is simple and practical. Students can better master the principle and the application of PLC and variable frequency speed-adjusting system through the practice and exercise of general designing experiment or curriculum design. Furthermore, they can also use the touch screen skillfully, which will lay a good foundation for their future design work in this field. The paper proves to be of high value for reference in the other related research.

Key words: inverter; variable frequency speed-adjusting; touch screen

0 引言

基于可编程逻辑控制器(PLC)的电机变频调速试验系统具有很高的可靠性和实用性,其触摸屏可实时显示电机转速图,可进行远程调速控制,且整个系统体积小、结构简单。通过该综合开发型试验或课程设计环节的锻炼,可使学生进一步掌握 PLC 和变频器的应用,熟练进行 PLC 与变频器及其他硬件的连接及软件设计。

1 PLC控制电机变频调速试验系统

1.1 PLC控制电机变频调速试验系统构成

PLC 控制电机变频调速系统由 S7-200 PLC、变频器、电机及电机测速系统、触摸屏等组成,其原理框图如图 1 所示。需使用的试验设备有: S7-200 PLC 1 台, EM235 模拟量扩展模块(4 输入 1

输出) 1 块, PC/PP 编程电缆一根, 模拟输入开关一套, JD-PLC 变频调速试验模块 1 块, 200 V · A 自耦调压器 1 台, 可加载/可测速的三相异步电动机系统 1 套, 触摸屏 1 只。PLC 控制电机变频调速试验系统总图如图 2 所示。图中表明了控制系统中变频器与各部分的组成和连接。

1.2 电机变频调速控制试验系统要求

通过 PLC 控制变频器, 使三相异步电动机按图 3 所示的曲线运行, 并可通过触摸屏远程控制电机的起动、停止, 可对电机起动时间、减速时间设定调整, 同时要求通过触摸屏实时显示数字电机转速、频率, 实时显示转速波形。电机运行可分为三个部分(见图 3): 第一部分要求电机起动后转速在 60 s 内从 0 线性增加到 1 168 r/min; 第二部分是进入恒转速运行阶段, 运行时间为 180 s, 转速仍为 1 168 r/min; 第三部分是当恒速到了规定时间,

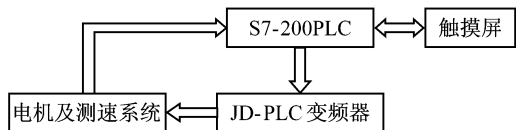
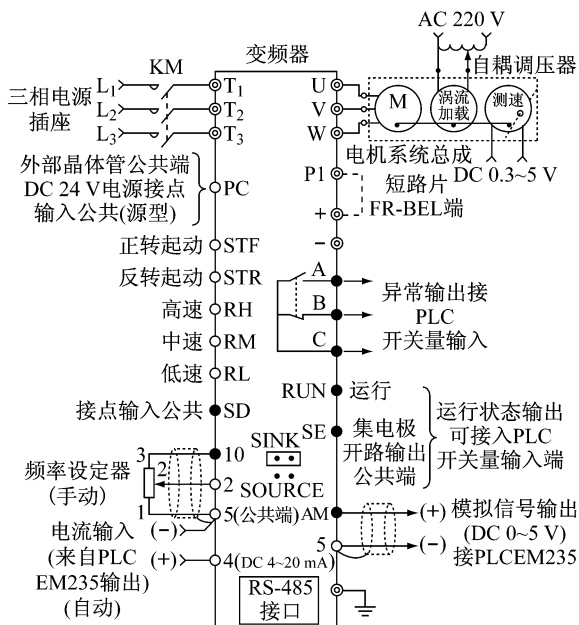


图 1 PLC控制变频调速系统原理框图



◎ 主回路端子 ○ 控制回路输入端子 ● 控制回路输出端子

图 2 PLC控制电机变频调速试验总图

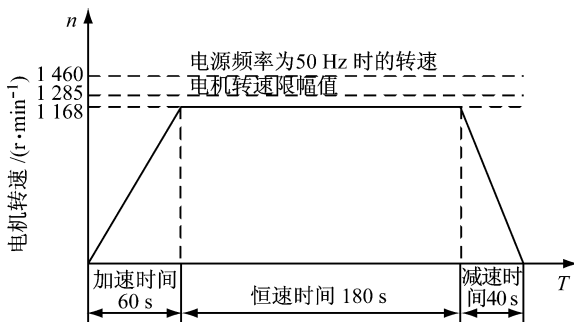


图 3 异步电动机运行曲线图

进入减速阶段,电机转速要求在 40 s内降到 0。

1.3 电机变频调速试验系统控制方案

电机在加速和减速阶段采用开环控制,在恒速阶段采用闭环控制,且为防止试验中出现超调或失控现象,系统具有限幅措施。

在恒速阶段的闭环控制采用 PLC 内部 PD 调节指令。设 $e(t)$ 为 PD 控制器的输入, $u(t)$ 为 PD 控制器的输出,则可表示成连续形式:

$$u(t) = K_p \left\{ e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right\} \quad (1)$$

$$u(s) = K_p e(s) + K_i \frac{e(s)}{s} + K_d s e(s) \quad (2)$$

式中: T_i , T_d ——分别为积分和微分时间常数;

K_p , K_i , K_d ——分别为比例系数、积分系数、微分系数。

在 PLC 控制系统中使用的是 PD 数字调节器,需对式 (1) 进行离散化处理。设 T 为采样周期, $e(k)$, $u(k)$ 分别为第 k 次采样的输入与输出,则根据式 (1),用矩形积分法并用差分代替微分,计算 $u(k)$ 得:

$$u(k) = K_p \left\{ e(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^k e(j) + \frac{T_d}{T} [e(k) - e(k-1)] \right\} \quad (3)$$

$$u(k) = K_p e(k) + K_i \sum_{j=0}^k e(j) + K_d [e(k) - e(k-1)] \quad (4)$$

式 (3) 称为位置式 PD 控制算法。

用 PLC 对式 (3) 编程可计算出 $u(k)$, 经 EM235 模拟量模块转换为 0 ~ 20 mA 的电流信号,经 AQ0 口输出给变频器。作为变频器的输入电流信号,该电流信号控制着变频器的频率输出。变频器输出频率的改变使电机转速得到改变。电机实际转速经电机转速测速系统转变为直流 0 ~ 10 V 的电压信号反馈给 PLC。作为 PLC 的模拟量输入信号,该电压值再转化为数字量与给定值 (SPn) 比较后作为 PD 控制器的输入值 $e(t)$ 。对于反馈的电压信号,由于转速的不稳定,会出现反馈信号的波动性,可采用采集若干个量取平均值的方法使信号稳定;亦可以根据数据值为 15 位而 EM235 的分辨率为 12 位的特点去掉 3 位数据的办法求得稳定。

2 硬件设计及信号转换

2.1 I/O 点数统计及 I/O 接线图

根据控制系统需求,统计共有开关量输入信号 6 点、输出信号 5 点,地址分配表如表 1 所示;模拟量输入信号地址为 AWO,输出信号地址为 AWO;根据输入、输出信号,可设计出 PLC 开关量输入、输出端子接线图如图 4 所示。

2.2 数据分析与信号转换

在电机变频调速控制系统中,变频器的输入信号应是 4 ~ 20 mA 的电流信号,而 PLC 的模拟

表 1 开关量输入输出点地址分配表

信号类型	功能	端口
输入信号号	正转按钮	D 1
	反转按钮	D 2
	高速按钮	D 3
	中速按钮	D 4
	低速按钮	D 5
	停止按钮	D 6
输出信号号	变频器正转接口	Q1. 1
	变频器反转接口	Q1. 2
	变频器高速接口	Q1. 3
	变频器中速接口	Q1. 4
	变频器低速接口	Q1. 5

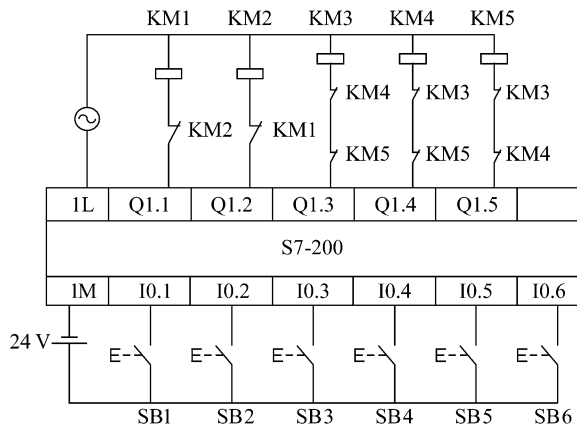
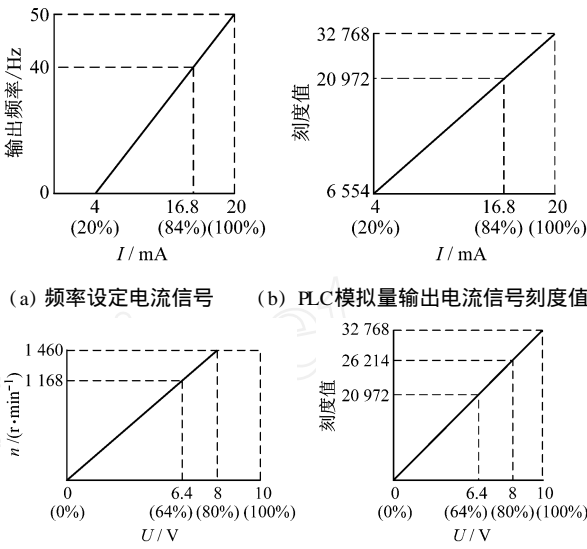


图 4 开关量输入输出接线图

量输出值范围是 0 ~ 20 mA。0 ~ 20 mA 的模拟量对应的 PLC 内部数字量是 0 ~ 32 768,所以需要进行分析与转换。具体转换示意图如图 5 所示。图 5 (b) 中 4 mA 对应的数字量是 6 554,变频器输出 0 Hz 对应的电流信号为 4 mA,所以第一部分加速阶段,要将频率设定电流信号从 4 mA 增加到 16.8 mA。编程时可以在 6 554 刻度值的基础上,均匀地间隔一定时间逐步加刻度值到 20 972 (如果间隔时间为 0.1 s,则 $35 \times 600 = 21\,000$)。这里要注意的是,判断转速是否增加到 1 168 r/min 的比较值必须是转速测量电压信号刻度值。照此法,同理可得到第三阶段减速部分输出的控制方法。



(a) 频率设定电流信号 (b) PLC 模拟量输出电流信号刻度值
(c) 转速测量电压信号 (d) 模拟量输入转速电压信号刻度值
图 5 数据转换示意图

3 PLC 软件设计

3.1 控制程序流程图

根据功能要求, PLC 控制系统的软件设计方案主要采用顺序控制继电器指令,软件设计主要包括加速、恒速、减速三段梯形图。其中主程序流程图如图 6 所示,加速部分流程图如图 7 所示;恒速部分采用 PD 算法,减速部分与加速部分类似。

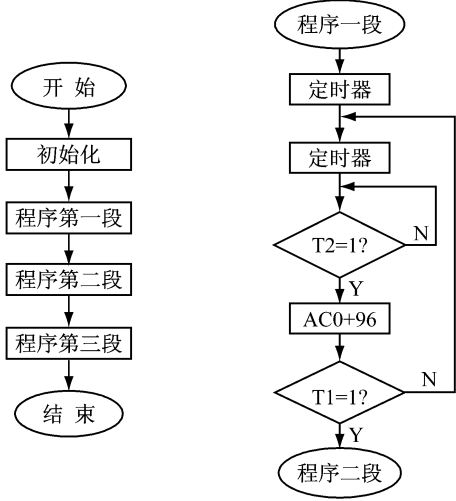
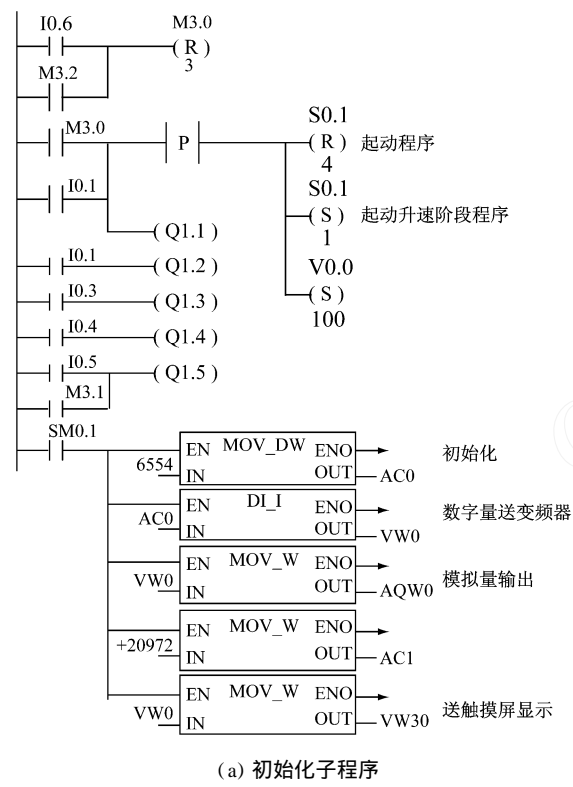


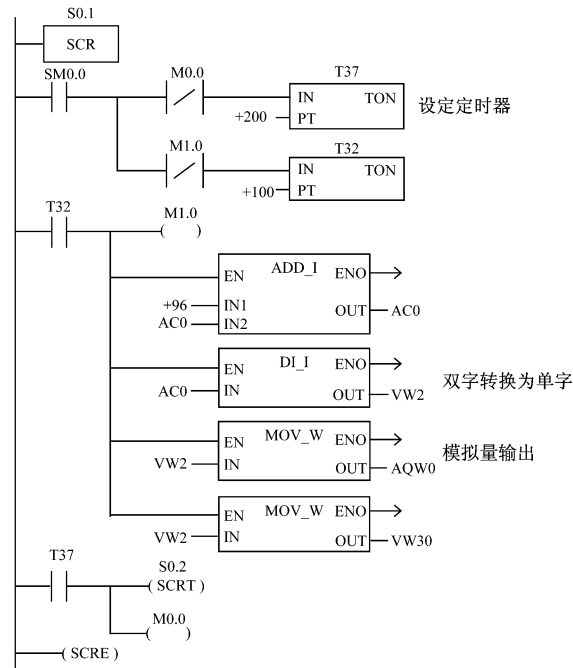
图 6 主程序流程图 图 7 加速部分流程图

3.2 部分子程序

根据 I/O 输入、输出地址分配表,以及各部分流程图及各种信号转换关系,利用 STEP 7-Micro/WIN 32 软件编出相关梯形图。其中初始化子程序及加速阶段子程序如图 8 所示。



(a) 初始化子程序



(b) 加速阶段子程序

图 8 初始化子程序及加速阶段子程序

在程序初始化时,由于 PLC 内部产生的是 0 ~ 20 mA 的电流,而 PLC 输出给变频器的电流必须是 4 ~ 20 mA,因此必须将 4 mA 对应的数字量 6 554 作为 $f=0$ Hz 时的初始值赋给 AC0,加速阶

段则从 + 6554 进行线性增加。在程序第一段利用了 T37、T32 两个定时器,当 T32 为 1 时 AC0 增加一次,当 T37 为 1 时程序一段结束。在程序二段,经多次调试得出合理的 PD 参数。参数设置如下:比例常数 K_p 取 0.16,采样时间 T 为 0.1 s,积分时间常数 $T_i=1\ 024$,微分时间 $T_d=32$ 。程序三段与一段类似。经实验室多次调试,该程序能稳定的控制电机按设定的要求运行,且电机运行情况能在触摸屏上实时显示。

4 触摸屏程序设计

将触摸屏使用在变频调速系统中,可以提高调速系统的实用性和灵活性,操作简便、直观,可用触摸屏远程控制电机的启动、停止。在电机启动后,光电编码器测速系统将转速信号反馈给 PLC,PLC 再将对应的数字量输出给触摸屏。触摸屏实时显示对应的转速值和转速波形,通过观察触摸屏上的数值和转速波形,可以判断电机是否按照设定的要求运转。触摸屏按钮及输出显示信号对应 PLC 的位地址如表 2 所示。

表 2 PLC 与触摸屏连接存储单元分配表

触摸屏	启动	低速	开/关	数值显示	图形显示
PLC	M3.0	M3.1	M3.2	VW30	VW30

对触摸屏的显示界面及与 PLC 连接的数据传输地址根据分配表进行编辑。部分触摸屏编程界面如图 9 所示。在运行梯形图程序之前按输入、输出表和 I/O 接线图进行接线,通过 S7-200 的 RS-485 口连接到触摸屏,用触摸屏进行操作。经试验室调试,试验过程能很好的按照设定的要求进行,试验显示结果如图 10 所示。

5 结 语

PLC 控制电机变频调速系统,具有功能齐全、简单可靠、调试方便等优点。通过该综合设计型试验的锻炼,可使学生加深对 PLC 知识及变频调速知识的理解,使得学生的实践技能及创新能力得到很大的提高,也为学生今后从事相关工作提供丰富的经验。本文对相关工程技术人员也有很好的参考借鉴作用。

(下转第 56 页)

5 结 语

综上所述,SRM 启动时采用电流斩波控制,高速时采用角度位置控制,启动时的电流波形近似为方波,启动转矩较大,且启动电流较小。

SRM 启动电流和启动转矩可调,启动响应迅速。因此,SRM 可以应用于对启动要求高的场合,正好可以满足电动汽车要求启动转矩大、响应速度快的要求。

【参考文献】

- [1] 王宏华. 开关型磁阻电动机调速控制技术 [M]. 北京:机械工业出版社,1998
- [2] 黄建中. 开关磁阻电机控制理论和方法的研究

[D]. 南京:东南大学,1997.

- [3] NDERKA R B, MENNE M, de DONCKER R W A. Control of switched reluctance drives for electric vehicle applications[J]. IEEE Trans on Industrial Electronics, 2002, 49 (1): 48-53.
- [4] LAWRENSON P J. Design and performance of switched reluctance drives with high performance DC drive characteristics [C] // Proc 1989 Int Conf Power Conversion and Intel 1989: 1-11.
- [5] LD-SPONGM, MILLER T J E, MACMNN S R, et al. Instantaneous torque control of electric motor drives[J]. IEEE Trans on Power Electron 1987 (2): 55-61.
- [6] CHAN C C, JIANG Quan. Study of starting performances of Switched Reluctance Motors[J]. Power Electronics and Drive Systems 1995, 1: 174-179.

收稿日期:2007-02-02

(上接第 43 页)



(a) 按钮编译



(b) 数值显示编译



(c) 历史趋势编译

图 9 触摸屏编程界面

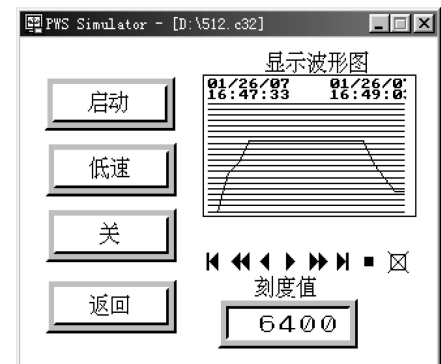


图 10 触摸屏实时显示图

【参考文献】

- [1] 吴中俊,黄永红. 可编程序控制器原理及应用 [M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [2] 贾德胜. PLC应用开发实用子程序 [M]. 北京:人民邮电出版社,2006
- [3] 田明. 触摸屏可编程序控制器 [M]. 北京:机械工业出

版社,2005.

- [4] 杨东. 可编程序控制原理及应用实验指导书讲义 [G], 2005.
- [5] 赵华军,钟波. 基于 PLC和变频器控制的恒压供水系统设计 [J]. 自动化与信息工程. 2006
- [6] 西门子公司. SIMATIC S7-200可编程序控制器系统手册 [G]. 2002

收稿日期:2007-08-14