

基于S7-1200 PLC在松下伺服电动机位置控制中的应用

西门子的SIMATIC S7-1200 PLC集成了工艺功能,通过脉冲接口为伺服电动机和步进电动机的运行提供强大的控制功能。通过选用松下A5系列伺服电动机,详细介绍了系统软硬件特点,及其硬件部分与PLC系统的接线方法。再由软件程序实现伺服电动机的位移运动控制方式,同时对其进行试验验证,结果证明其位移准确度控制可达0.1 mm。

周佳佳/国家中低压输配电设备质量监督检验中心 王明帅/华北电力大学
电气与电子工程学院 余平/浙江省送变电工程公司



周佳佳/工程师

0 引言

在许多工艺领域中,面向小型自动化系统的逻辑控制和运动控制产品被广泛地应用。在越来越多的工控场合,对伺服电动机的位置控制如何实现更准确、更方便成为人们关心的重要问题。高端的运动控制模块能够轻易地实现对位置控制准确度的要求,但是其价格比较昂贵^[1]。西门子的SIMATIC S7-1200 PLC集成了工艺功能,通过脉冲接口为步进电动机和伺服电动机的运行提供运动控制功能。CPU将微处理器、集成电源、输入和输出电路、内置PROFINET、高速运动控制I/O以及板载模拟量输入组合到一个设计紧凑的外壳中来形成功能强大的控制器^[2]。

在对运动控制的功能中,与传统的S7-200系列CPU相比,S7-1200系列CPU提供了30 kHz、100 kHz和1 MHz三种频率脉冲,其中1211 CPU包含4个脉冲信号,而1217则包含10个脉冲信号。通过一个脉冲输出和一个方向输出接口对步进电动机驱动器或伺服电动机驱动器进行控制。脉冲输出为驱动器提供电

动机运动所需的脉冲,方向输出则用于控制驱动器的行进方向,1217 CPU最多可以一次控制5个伺服电动机或步进电动机。在本试验中选取西门子S7-1200系列中的1211 CPU为核心控制器。

1 硬件控制设置

1.1 限位开关

伺服电动机在控制模式中,应有左限位开关LF,右限位开关LR及参考点位置开关REF。西门子PLC与传感器接线时,对传感器输入端源型和漏型的定义是根据PLC接线端子上I点的电流流向来区分的,而日系PLC譬如三菱公司生产的PLC则是根据COM端电流流向来定义的,与前者恰好相反^[3]。对于西门子PLC,电流从I点流出时,则为源型;若从I点流入,则为漏型。当PNP型传感器与西门子PLC相接时,电流从传感器流入到I端,为漏型接法。1211 CPU的DI模块32DI DC 24 V的数字量信号输入类型为漏型,所以在传感器选取的时候应注意区分选择PNP型还是NPN型。系统选用的欧姆龙EE-SX672为PNP型,与PLC的接线方式如图1所示。

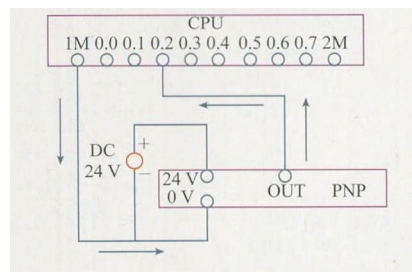


图1 PNP型传感器与PLC接线

关键词/Keywords

PLC ·
运动控制 ·
伺服电动机 ·

1.2 松下伺服驱动器

松下A5系列交流伺服电动机是松下公司生产出来可满足高速、高准确度和高性能等各种要求的最新产品^[4]。其编码器可自行选择为17 bit或20 bit增量式编码器，其中20 bit编码器可达1 048 576分辨率，且实现了低齿槽转矩化。此外，该驱动器除了对应2个全闭环控制（脉冲、A相/B相）之外，还配备了具有各种自动设定项目的实时调整等多种功能，能简单地进行复杂的调整。

本例中采用的MADHT1-5系列驱动器，控制方式为IGBT PWM正弦波方式驱动，共支持位置控制、速度控制、转矩控制和全闭环控制等七种控制模式，可通过参数切换其中任意一种，在本控制系统中，采取位置控制模式。当采取位置控制模式时，其接线图如图2所示。需要注意的是驱动器MADHT1支持源型与漏型输出，图2为A5手册中给出的位置控制模式源型输出接线方式。

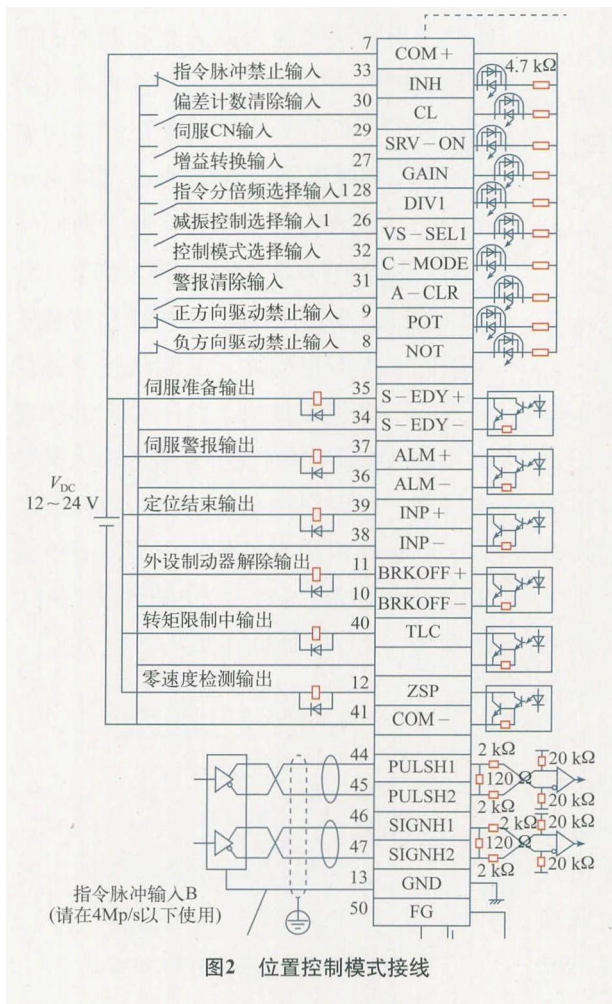


图2 位置控制模式接线

由于1211 CPU仅支持漏型输入，故对于驱动器而言，应该采用漏型输出方式，将其接线方式进行更改，如图3所示。其中驱动器3与4接1211 CPU的脉冲输出Q0.0与Q0.1通道。脉冲输入电流大小约为10 mA，其电阻值可以根据下式轻易求出： $(V_{DC} - 1.5)/(R + 220) = 10$ ，故R可取值2 kΩ。

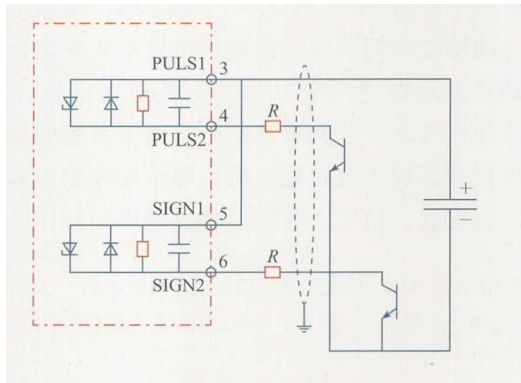


图3 驱动器与1211 CPU接线

1.3 滚珠丝杆

在整机控制系统中，伺服电动机负责滚珠丝杆的正反转功能，以完成被控对象的前进、升降等功能。伺服电动机由伺服驱动器与PLC进行控制驱动，其准确度最高可达0.000 5 mm。

由于伺服驱动器的位置分辨率与移动速度和指令分倍频比两个变量有极大的关系，故需要在满足准确度的要求前提下，通过PLC的脉冲输出Q0.0及Q0.1来控制正反转，同时设置好驱动器的电子传动装置比，迫使腔体动能模块上升和下降。指令分倍频比（电子传动装置比）的设定，以机械为例的滚珠丝杆，如图4所示。

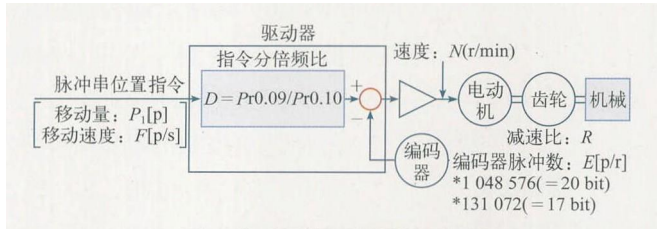


图4 电动机的滚珠丝杆驱动示意

设滚珠丝杆螺距为 L （mm），则相对移动量指令 P_1 （p）的滚珠丝杆实际移动量 M （mm）为

$$M = P_1 \times (D/E) \times (1/R) \times L \quad (1)$$

因此，位置分辨率（每1指令脉冲的移动量

ΔM) 为

$$\Delta M = (D/E) \times (1/R) \times L \quad (2)$$

将式(2)变形,指令分倍频比 D 可由式(3)求得

$$D = (\Delta M \times E \times R) / L \quad (3)$$

此外,相对于移动速度指令 F 的滚珠丝杆实际移动速度 V (mm/s) 如式(4)所示,此时电动机转速 N 如式(5)所示,即

$$V = F \times (D/E) \times (1/R) \times L \quad (4)$$

$$N = F \times (D/E) \times 60 \quad (5)$$

将式(5)变形,指令倍频比 D 可由式(6)得出,即

$$D = (N \times E) / (F \times 60) \quad (6)$$

式中, P_1 为相对移动指令; D 为指令分倍频比; N 为电动机转速, r/min; E 为编码器脉冲数; R 为减速比。其中指令分倍频比 D 的分子 $Pr0.09$ 与分母 $Pr0.10$ 虽然可以任意设定,但若过于极端,则无法保证正常工作,所以一般将其设置在1/1 000~1 000倍以内。

若使用的滚珠丝杆螺距 $L=20$ mm, 减速比 $R=1$, 移动速度 $F=500$ kp/s, 编码器为17 bit, 电动机转速设定为 $N=2\ 000$ r/min, 根据式(6), 可算出指令分倍频比

$$D = \frac{2\ 000 \times 2^{17}}{500\ 000 \times 60} = \frac{262\ 144}{300\ 000} \quad (7)$$

即设定 $Pr0.09=262\ 144$, $Pr0.10=300\ 000$, 平均每个指令的移动量(位置分辨率mm)可根据式(2)求得 $\Delta M=0.001\ 33$ mm。

完成驱动器本身的设定以及驱动器与PLC的接

线后,腔体的上升与下降到极限位置信号检测是通过欧姆龙U型光电开关来完成的,该U型光电开关受检测体的制约少,且检测距离长,可进行长距离的检测(几十米),检测准确度高,能检测小物体,应用非常的广泛。整个系统简易接线如图5所示。

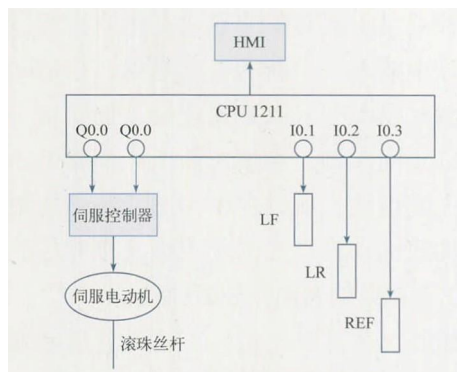


图5 硬件系统简易接线图

2 软件程序组态

全集成自动化软件(Total Integrated Automation, TIA) Portal, 中文名为博途, 是西门子工业自动化集团2010年发布的一款全新的全集成自动化软件。它是业内首个采用统一的工程组态和软件项目环境的自动化软件, 几乎适用于所有自动化任务。借助该全新的工程技术软件平台, 用户能够快速、直观地开发和调试自动化系统。与传统step7编程软件相比, 在控制参数、程序块、变量和消息等数据管理方面, 所有数据只需输入一次, 无须花费大量时间集成各个软件包, 显著地降低了成本。TIA博途的设计兼顾了高效性和易用性, 目前最新的版本为V13, 如图6所示。

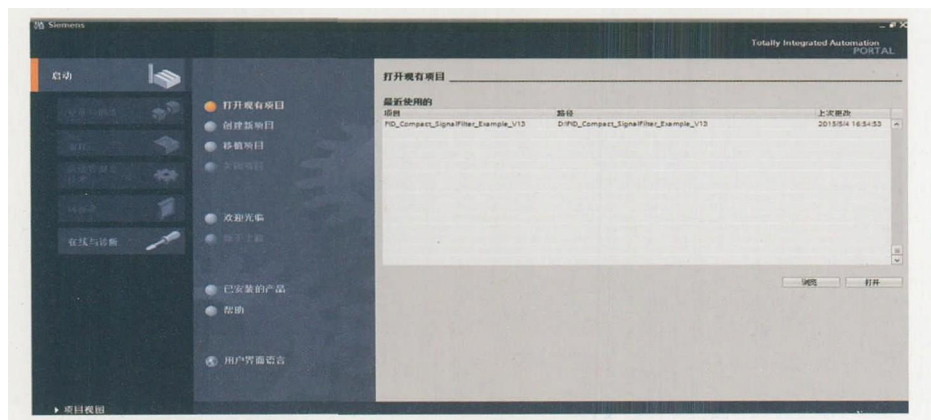


图6 TIA博途V13界面

图7为高速脉冲输出方式位置控制流程图。在硬件组态中选择脉冲发生器“Pulse1”，信号类型选择为PTO（脉冲A和方向B），通过启用高速计数器HSC，对输出脉冲实现实时计数和定位控制，以控制伺服电动机的运动过程。

在S7-1200 PLC的运动控制功能中，被控电动机都是以工艺对象的形式存在的，所以需要先在项目中插入一个新的工艺对象，在运动控制里面看到对象类型可以是速度轴、位置轴、外部编码器以及同步轴。根据前面所述伺服驱动器采取位置控制模式，所以在本控制系统中选用位置轴，与伺服电动机设置的位置模式相对应。并定义一个工艺对象的名称，如图8所示。

在插入工艺对象之后，工艺对象所必需的硬件接口基本已经配置完毕，后面需要配置扩展参数。扩展参数是用户根据自己项目的实际情况进行调整的一些参数，例如需要在“机械”配置页面选择编码器所在位置，以及传动比参数和丝杆螺距参数等。在本例中，传动比为1：1，丝杆螺距为10 mm，这意味着之后在控制指令里面让轴移动10 mm^[5]，实际电动机转一圈，工艺对象参数设置及调试界面如图9所示。其控制准确度可以达到0.1 mm。

经过前面的调试后，运行没有问题就可以

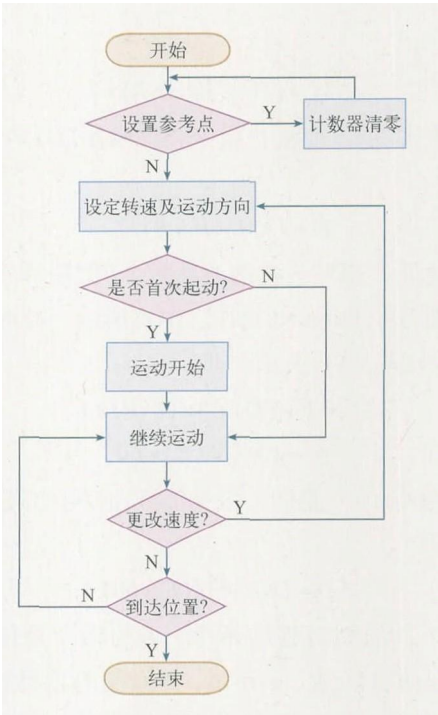


图7 位置控制流程

编写用户程序了。在指令库中“工艺”分类里面可以找到S7-1200 PLC运动控制的功能块，以“MC_POWER”和“MC_MOVEVELOCITY”为例，直接拖拽功能块到程序段中，分配背景数据块，之后将前面配置好的工艺对象从项目树中拖拽到功能块的“Axis”管脚。功能块的其他管脚根据定义填写，如图10所示。

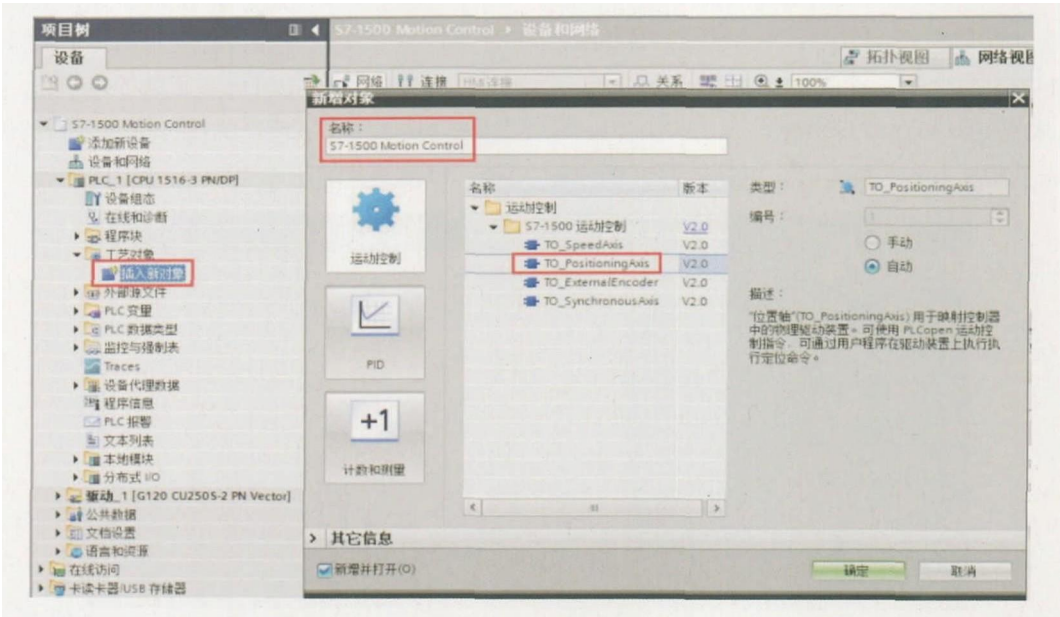


图8 插入定位轴工艺对象

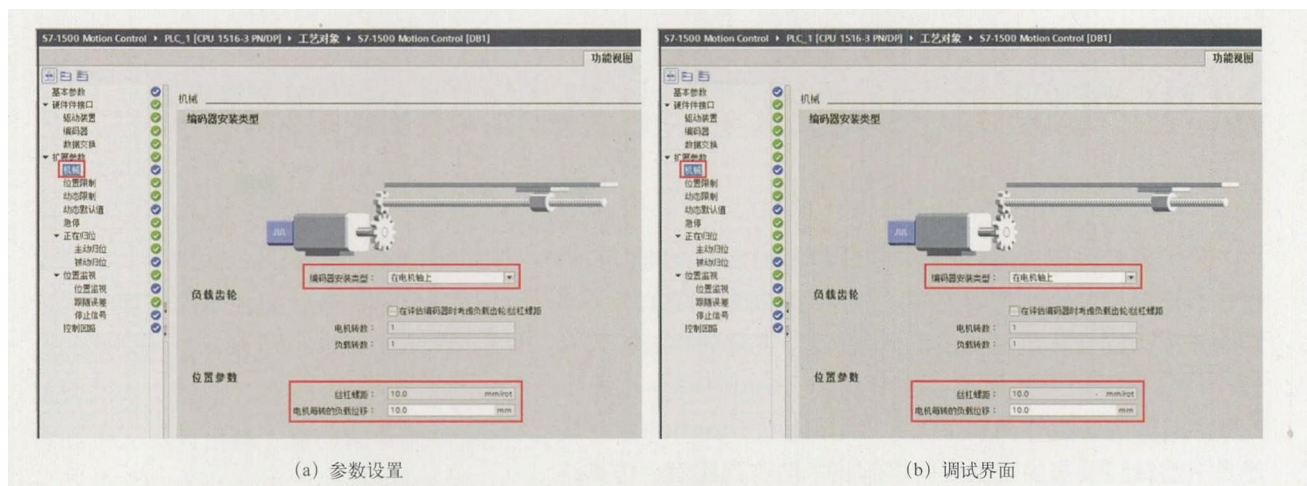


图9 工艺对象参数设置和调试界面

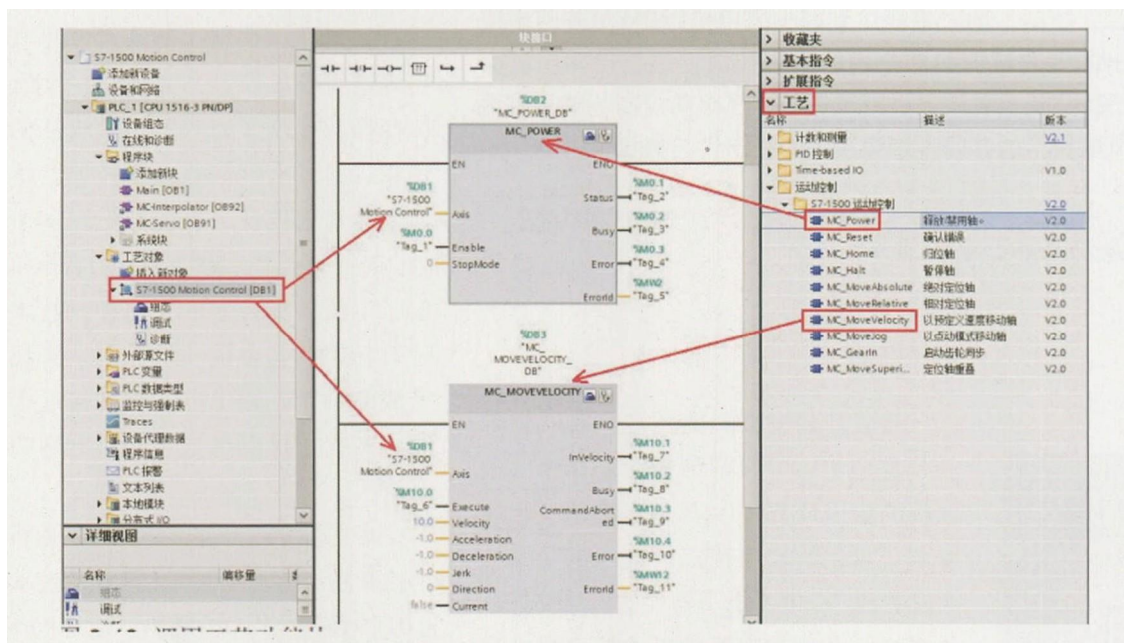


图10 伺服电动机运动程序块

3 控制结果

本文通过对S7-1200 PLC控制松下A5系列伺服电动机作了详细的阐述：硬件部分包括从伺服驱动器选择的位移控制方式接线，到限位开关与PLC的接线，及滚珠丝杆的计算设置；软件部分介绍了西门子最新的TIA编程软件对电动机进行的“轴”组态，通过流程图对运动过程进行程序设计。相对传统S7-200 PLC，具有集成化的S7-1200 PLC功能更加强大大，具有集成化工艺性能，除能够提供不同频率的高速计数器外，最多可以同时控制5个伺服电动机。

在实际的工程应用中，可将位移控制模式应用于压印设备中，部分实物接线如图11所示。

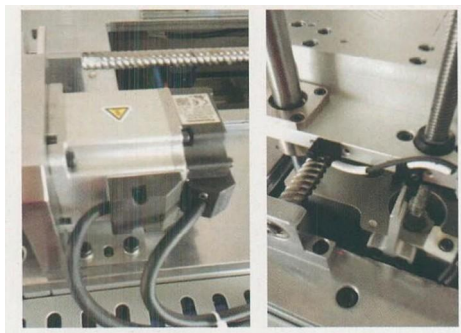


图11 伺服电动机部分实物接线

(下转第43页)

- 2015, 43 (13): 79-85.
- [4] 袁建党, 袁铁江, 晁勤, 等. 电力市场环境下的大规模风电并网系统电源规划研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39 (5): 22-26.
- [5] 刘观起, 张书梅, 张家吉. 改进SVPWM在直驱型风电并网控制中的仿真研究 [J]. 电力科学与工程, 2011, 27 (1): 11-15.
- [6] Mohamed Aner, Ed Nowicki. Two-level backward operation of a VSMC for PMSG grid-connected variable speed wind turbine systems [C]. 2011 IEEE International Electric Machines & Drives Conference, 2011: 1100-1106.
- [7] 张强, 张崇巍, 张兴, 等. 风力发电用大功率并网逆变器研究 [J]. 中国电机工程学报, 2007, 27 (16): 54-59.
- [8] 李正熙, 郑春雨, 樊生文. 风力发电并网逆变器的前馈解耦控制 [J]. 北方工业大学学报, 2011, 23 (1): 56-59.
- [9] 苏小玲, 韩民晓, 孙海. 基于自适应全局滑模控制的微电网稳定控制策略 [J]. 中国电机工程学报, 2014, 34 (31): 5535-5541.
- [10] Li Shuhui, Timothy A Haskew, Richard P Swatloski, et al. Optimalan direct-current vector control of direct-drive PMSG wind turbines [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2012, 27 (5): 2325-2337.
- [11] 姚骏, 夏先锋, 陈西寅, 等. 风电并网用全功率变流器谐波电流抑制研究 [J]. 中国电机工程学报, 2012, 32 (16): 17-25.
- [12] 王建华, 张方华, 龚春英, 等. 滞环电流控制逆变器建模及分析 [J]. 电工技术学报, 2010, 25 (6): 63-69.
- [13] 吴国祥, 马伟, 陈国呈, 等. 双馈变速恒频风力发电空载并网控制策略 [J]. 电工技术学报, 2007, 22 (7): 170-175.
- (收稿日期: 2015-08-18) **EA**

(上接第37页)

4 结束语

西门子的SIMATIC S7-1200 PLC具有抗干扰能力强、可靠性高及适应能力强等优点, 且能满足各种工业设备的自动化控制, 所以具有广泛的应用范围, 尤其是在工业生产中。S7-1200 PLC在松下伺服电动机位置控制中的应用, 包括各种硬件与软件。在硬件达到一定程度时, 西门子最新的TIA编程软件可以更好配合硬件的发展, 促进开发新的应用。使其更加直观、高效地控制伺服电动机位置, 同时界面简洁、操作灵活且工作可靠稳定。

本文给出了利用西门子PLC的高速脉冲输出及限位开关控制功能, 实现对数字式交流伺服电动机进行控制的原理及相应编程方法。主要应用于对速度及位置控制, 准确度要求均不高的位置控制中, 从而节省硬件资源、提高经济效益。在实际应用中, 将位置控制方式应用于压印设备的自

动控制。与传统的S7-200系列相比较有着更突出的优势, 同时在位置控制系统中结构简单、抗干扰能力强且定位准确, 充分发挥了PLC和伺服驱动单元各自的优势, 能够满足位置控制的性能要求, 具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 王永华. 现代电气控制及PLC应用技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
- [2] 胡佳丽, 等. S7-200 PLC在伺服电机位置控制中的应用 [J]. 自动化仪表, 2009, 30 (12).
- [3] 耿文学. 可编程序控制器应用技术手册 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1996.
- [4] 卢建刚, 陈小颀. Minas A4系列交流伺服电机的PLC控制 [J]. 微计算机信息, 2008, 24 (25).
- [5] 苗涛, 曹云东. 利用PLC模拟量控制伺服电机转速 [J]. 科技信息, 2008 (3): 101-104.

(收稿日期: 2016-05-24) **EA**