DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)07-0037-05

基于 PLC 的伺服轴及步进轴同步跟随物联网系统设计与实现

王晓瑜[1], 阎宇威[2]

(1.西安航空学院 电子工程学院,西安 710077;2.西安建筑科技大学 机电工程学院,西安 710055)

摘　要:为解决多种运动形式下同步跟随控制复杂以及传统控制系统远程监测与操作能力有限等问题,提出了一种基于可编程逻辑控制器(programmable logic controller,PLC)的伺服轴与步进轴同步跟随物联网系统。首先,构建了主从站控制系统,其中主站采用西门子 S7-300 PLC,从站采用 S7-1200 PLC。主从站遵循 PROFIBUS 通信协议,通过主站对从站的协调控制,实现步进电机对伺服电机运动的同步跟随。然后,设计了基于腾讯云的物联网平台,在手机终端的腾讯云远程监控界面发布操作指令,由 IOT2050 智能网关及 Node-RED 接收并下发至 PLC,同时 PLC 运行数据可反向上传至手机终端,实现远程监控与交互。最后,搭建了双电机同步跟随实验系统,对物联网数据上传与下发功能以及步进电机同步跟随性能进行了测试。实验结果表明,该基于 PLC 的伺服轴与步进轴同步跟随物联网运动系统能够在线、实时完成双轴速度设定、从轴介入等操作,系统运行稳定,控制精度较高。

关键词:PLC;编码器;伺服电机及驱动器;步进电机及驱动器;物联网平台 Node-RED;同步跟随

中图分类号: TP273;TP393;TM383.4　　**文献标志码**: A　　**文章编号**: 1003-7241(2026)07-0037-05

Design and implementation of servo axis and stepper axis of synchronous following system of internet of things based on PLC

Wang Xiaoyu[1], Yan Yuwei[2]

(1. Electronic Engineering College, Xihang University, Xi′an 710077, China;
2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Xi′an University of Architecture and Technology, Xi′an 710055, China)

Abstract: To solve the problems of complex synchronous following control under multiple motion forms and limited remote monitoring and operation capabilities of traditional control systems, this paper proposes an internet of things system for synchronous following of servo axis and stepper axis based on programmable logic controller (PLC). firstly, a master-slave control system is constructed, where the master station uses siemens s7-300 PLC and the slave station uses s7-1200 PLC. the master and slave stations follow the profibus communication protocol, and through the coordinated control of the master station over the slave station, the stepper motor synchronously follows the motion of the servo motor. secondly, an iot platform based on tencent cloud is designed. operation instructions are issued on the tencent cloud remote monitoring interface of the mobile terminal, received and sent to the PLC by the IOT2050 intelligent gateway and node-red, while the plc operation data can be uploaded back to the mobile terminal to achieve remote monitoring and interaction. then, a dual-motor synchronous following experimental system is built to test the iot data uploading and downloading functions as well as the synchronous following performance of the stepper motor. finally, experimental results show that the proposed PLC-based IOT motion system for synchronous following of servo axis and stepper axis can complete operations such as dual-axis speed setting and slave axis intervention online and in real time, with stable system operation and high control accuracy.

Keywords: programmable logic controller; encoder; servo motor and drive; stepper motor and driver; the Internet of Things platform Node-RED; synchronous following

随着物联网技术和先进制造产业的发展,多轴运动控制系统广泛运用于各领域。文献[1]中,主控制器为西门子 S7-1200PLC,通过高速脉冲串输出和脉冲宽度调制,由主从结构实现伺服轴和步进轴同步控制。文献[2]通过三菱 FX5U PLC 和电机 FX5 运动模块,设计了 *X-Y* 双轴伺服随动控制系统,实现预设的动作要求。文献[3]中,主控芯片选用 FPGA,通信为 PCIE 总线,基于 Qt 开发设计了上位机界面,仿真验证结果达预期目标。文献[4]设计了“ARM+FPGA”网络型四轴运动控制卡,实现单块运动控制,搭建了实验台测试结果验证设计多轴运动控制系统的实用性。文献[5]将模糊 PID 引入双笼式异步电动机同步控制策略,主控制器为西门子 S7-1200PLC,通过 Smart1000 IE V3 人机界面,实现双电机同步实时监控。文献[6]主控制器为西门子 S7-200 SMART PLC,通过伺

收稿日期:2025-01-04;**录用日期**:2025-03-14

基金项目:陕西省省级一流线下课程(陕教[2021]107 号)

作者简介:王晓瑜(1974—),女,博士,教授,高级工程师,研究方向为工业物联网、智能控制算法。

引用本文:王晓瑜, 阎宇威. 基于 PLC 的伺服轴及步进轴同步跟随物联网系统设计与实现[J]. 自动化技术与应用, 2026,45(7):37-40,179. (Wang Xiaoyu, Yan Yuwei. Design and implementation of servo axis and stepper axis of synchronous following system of internet of things based on PLC[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026,45(7):37-40,179.)

服驱动器实现对伺服电机精确控制,监控画面在 SMART 1000 IE V3 触摸屏上搭建,实现基于 PLC 与 HMI 的伺服电机运动控制稳定性好,控制精度高的目的。文献[1-3]的控制计数均仿真实现,未搭建试验台测试;文献[4-6]搭建试验台验证了控制功能的有效性,但未设计和实现远程手机端监控。因此,本文以步进轴同步跟随伺服轴运动为研究目标,设计并搭建系统实验装置。主站 S7-300PLC 负责电机转速运算;从站 S7-1200 PLC 负责控制伺服轴和步进轴运转,主从通信选用 CM1242-5 通信模块遵从 PROFIBUS 协议;交换机和 IOT2050 智能网关构成物联网平台;利用 TIA Portal V15.1 软件及 Node- RED 平台联合编程,设计实时监控的远程手机端画面,实现了基于 PLC 及物联网的伺服轴及步进轴同步跟随运动的控制。测试结果表明,该方法可精准完成步进轴跟随伺服轴同步运转,控制具备远程手机端实时监控的功能。

1 系统总体方案设计

基于 PLC 的伺服轴及步进轴同步跟随物联网运动系统拓扑结构如图 1 所示。系统实验装置由远程控制中心、主从站控制器、伺服电机及步进电机(以下简称双电机)运动控制机构 3 部分组成:远程控制以手机小程序腾讯连连为主,通过腾讯云画面组态将双电机同步跟随机构和远端进行连接,主要由 IOT2050 网关设备和云平台组成。控制器主站 S7-300 PLC 负责双电机转速转换运算,从站 S7-1200 PLC 下发伺服轴和步进轴的运转指令、读取数据并发送给主站,主从通信为 PROFIBUS 协议。双电机运动控制机构中,伺服/步进电机驱动器接收从站 PLC 发送的控制脉冲和方向信号,然后驱动伺服/步进电机旋转;2 个旋转编码器则监测双电机转速并实时反馈给主站 PLC。PLC 控制程序在 TIA Portal V15.1 环境下编写;物联网平台 Node-RED 上搭建 1200 PLC 与云端数据交换,实现实时监控伺服主轴和步进从轴运转状态以确保快速同步跟随稳定运行的目的[1-2]。

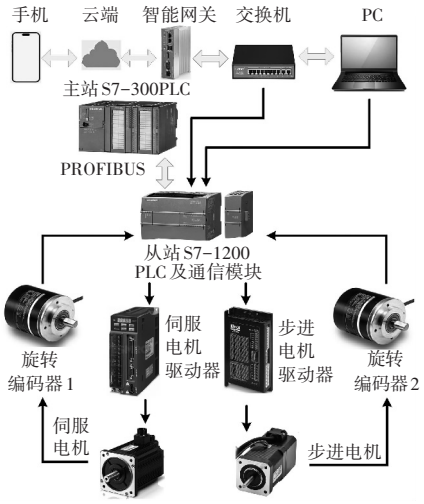


图 1 系统拓扑图

Fig. 1 System topology diagram

2 硬件组态

2.1 主站硬件设置

在 TIA Portal V15.1 环境下创建项目,配置主站 PLC_1 CPU315-2DP、AI 模块和 AO 模块,订货号和版本与硬件设备一致。设置 DP 接口的 PROFIBUS 网络通讯地址,点击选择主站、子网 PROFIBUS_1,地址 2,最高地址保持默认,传输率选择 1.5 MB/s。主站负责数据运算和转速转换运算[3-4]。

2.2 从站硬件设置

添加从站 PLC_2 CPU 1214C 和 PROFIBUS-DP 通讯模块 CM 1242-5,DP 接口子网选项 PROFIBUS-1,站地址 3,传输率 1.5 Mbps。从站选 S7-1200(CPU1214C DC/DC/DC),负责控制伺服轴和步进轴的指令下发、读取数据及将数据传回主站。

2.3 传输区设置

共设置 2 个传输区域,传输区域的单位、长度、一致性设置要根据规定设置,设置传输区 1,主站地址 I0….31、从站地址 Q100…131;传输区 2,主站 QB0….31、从站 IB100…131;传输区 1 和 2 长度均为 16 个字长[5]。

2.4 伺服电机及驱动器选型

选用台达 ASD-B2 伺服电机(位置式脉冲输入)及伺服驱动器(ASDA-B2)各 1 个。选择外部脉冲输入为正转/逆转脉冲列,分别设定参数 P2-08 为 10、P2-15 为 122、P2-16 为 123、P2-17 为 121;设定电子齿轮比 25,分子参数 P1-44 为 1 600、分母参数 P1-45 为 64。

2.5 步进电机及驱动器选型

选取两相铭锐昂科技 57 HD 3 403 步进电机 1 个,扭矩 1 N/m,步距角 1.8°,电流 3.0 A。步进电机驱动器选型 TB 6600。设置驱动器 S1~S5 拨码开关挡位 OFF,S6 为 ON,电流 2.8 A,细分数为 6 400 PUL/(r·min^{-1})。

2.6 旋转编码器选型

双电机实际转速需实时回传至从站 PLC,故在两电机末端使用挠性联轴器连接编码器以测速,从站 PLC 将编码器产生的脉冲信息通过高速计数器进行累加后得到双电机的转速。选用欧姆龙 E6B2 型旋转编码器 2 个,每转发送 1 000 个脉冲,最高允许转速 6 000 r/min,最高响应频率 50 kHz,PNP 开路集电极输出[6]。

2.7 网关选型

网关选型西门子 IOT2050,连接工业互联网和云端,实现实时数据交换;连接 Industrial Edge 平台分析处理数据,优化上下行数据。

3 软件设计

主要分为 4 个部分:第 1 部分为主站程序,主要为两电机的数据和转速转换运算以及监控从站;第 2 部分为从站程序,主要为控制伺服轴和步进轴的指令下发、读取数据、并将数据传回主站;第 3 部分为腾讯云物联网平台的

产品开发,主要完成系统远程监控界面(手机端)管理、相关状态和数据的监控等任务;第 4 部分为物联网平台 Node-RED 程序设计,主要完成 PLC 在该平台上腾讯云节点的设置、数据转换为报文的上传和下发。伺服轴及步进轴同步跟随控制流程图如图 2 所示。

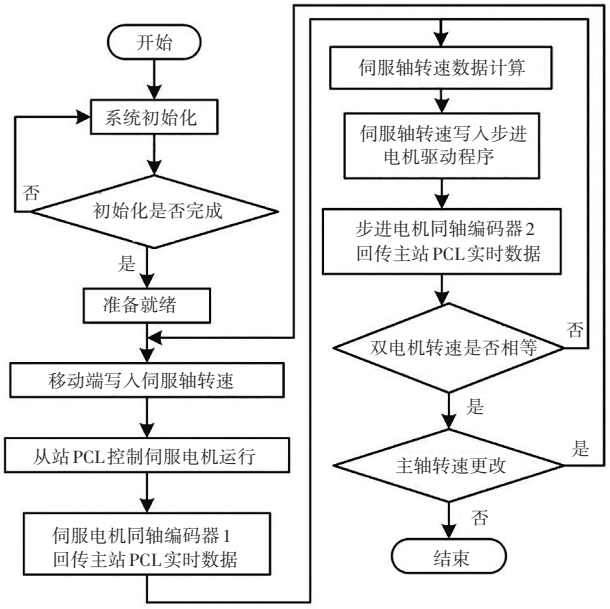


图 2　伺服轴及步进轴同步跟随控制流程图

Fig. 2　Synchronous following control flow diagram for servo and stepper axes

系统上电初始化后,移动端下命令,启动伺服电机(主轴)并设定速度;从站 PLC 接收命令,发送控制脉冲给伺服驱动器,驱动伺服电机旋转,产生伺服脉冲由编码器 1 回传主站 PLC;主站读取脉冲信息、做数据运算后写入步进电机轴驱动程序,从站下发控制脉冲给步进电机驱动器,驱动器驱动步进电机旋转,产生步进脉冲由编码器 2 回传主站 PLC;主站进行双电机转速判定,若相等,则实现同步控制,否则回主站继续做主轴转速运算进而控制从轴运转;若更改转速则在移动端界面设定。

3.1　主站程序

负责与从站的稳定通信、双电机的数据运算及转速转换运算后发给从站,主站 PLC 变量如图 3 所示,现列举伺服轴及步进轴转速转化程序,如图 4 所示。

名称	数据类型	偏移量	起始值
Static			
伺服轴转速转换	Real	0.0	0.0
伺服轴1分转速	Real	4.0	0.0
伺服轴设定转速	Real	8.0	0.0
伺服轴转速转换值	Real	12.0	0.0
步进轴转速转换	Real	16.0	0.0
步进轴1分转速	Real	20.0	0.0
步进轴设定转速	Real	24.0	0.0
步进轴转速转...	Real	28.0	0.0

图 3　主站 PLC 变量

Fig. 3　Master station PLC variables

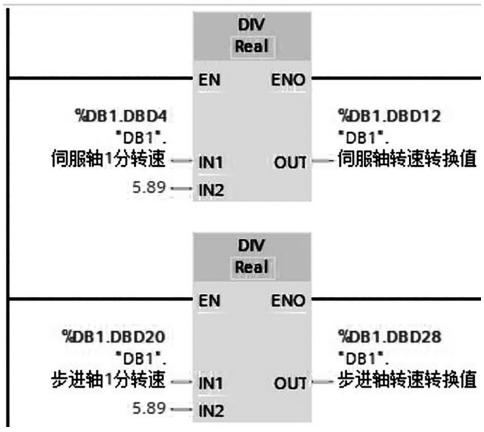


图 4　主站伺服轴及步进轴转速转换程序

Fig. 4　Master station servo and stepper axes speed conversion program

3.2　从站程序

从站 PLC_2 CPU 1214C 程序由循环中断程序和主程序两部分组成。其中循环中断程序中的高速计数器,计数伺服电机编码器和步进电机编码器捕捉到的脉冲,完成信号采集和主轴速度写入等功能,如图 5 所示;主程序负责伺服电机和步进电机的使能、给定速度转动、急停、转速采集,同时接受主站发给从站的转速转换值、从轴介入等命令,如图 6 所示;CM1242-5DP 通讯模块完成与主站 PLC 数据交换[7]。

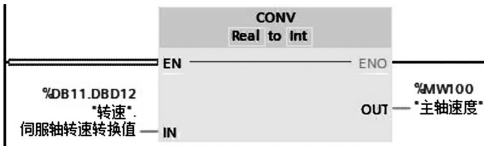


图 5　主轴速度写入

Fig. 5　Master spindle speed write-in

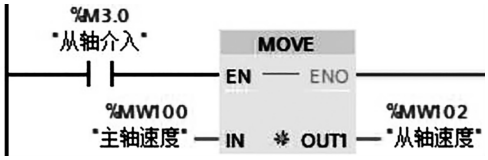


图 6　从轴介入

Fig. 6　Slave axis engagement

3.3　腾讯云物联网平台的产品开发

3.3.1　腾讯云相关设置

建立同步跟随运动系统项目,建立伺服轴启动/停止、主轴转速、从轴介入及低速、中速、时间、高速 9 个自定义变量,在此数据开发项目上,在画布上拖入设备数据的节点并设置参数,连接数据过滤节点,最后连接公众号推送节点。

3.3.2　远程监控界面(手机端)开发

完成以上内容后,通过可视化面板(Beta 版)进行手机端远程监控界面开发。该界面包括 3 部分内容,第 1 部分为系统启动及停止;第 2 部分为主轴(伺服轴)电机转速区间显示;第 3 部分为从轴速度、从轴介入及同步时间显示,如图 7 所示[8-9]。

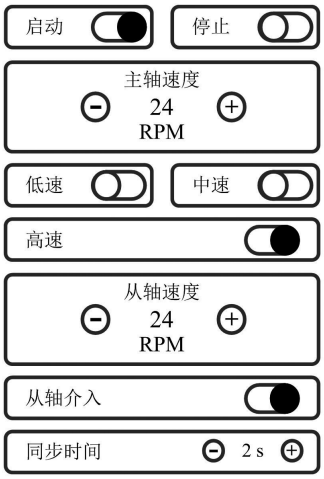


图7 手机端远程监控界面

Fig. 7 Mobile remote monitoring interface

图7显示此时系统启动运行,主轴转速为24 r/min,处于高速运行状态,此时从轴介入,2 s后开始和主轴保持同速同步运转状态。

3.3.3 通讯及节点安装

首先通过以太网连接电脑与IOT2050智能网关,通过putty软件远程打开网关并在浏览器上输入地址,打开物联网平台Node-RED;其次将智能网关并在Node-RED上并打开节点管理,分别在控制板上安装节点node-red、node-red-contrib-moment、node-red-contrib-qcloud-iotexplorer、node-red-contrib-s7和node-red-dashboard,其中包括仪表盘节点、时间节点、与SIMATIC S7-1200 PLC通讯的节点以及与腾讯云物联网开发平台通讯的节点。再次,编写程序将上传的数据转化成报文传输给腾讯云节点以及读取腾讯云下发的指令,设置腾讯云上传数据的Tencent IoT Publish节点、function节点和s7 in节点,然后搭建PLC上传到腾讯云的数据流。

3.3.4 变量的分配与节点设置

首先,新建连接PLC的节点并设置Address地址为192.168.200.5,在Rack/Slot处填写0和1,Cycle time中填写1 000 ms,Time填写2 000 ms,产生连接;其次,按照Node-RED的地址命名规则新建变量一一对应PLC变量;最后,新建一个MQTT连接节点设置输入产品IDTEIJQJRBJB、名称:sleep 2032、密钥:6WPfUF38l4pss A4TbaBbw==,完成连接在腾讯云平台开发的产品[10-11]。

3.4 Node-RED控制程序

3.4.1 数据下发

对Tencent IoT Subscribe节点下发topic编写,对下发转换函数节点编写,读取腾讯云物联网开发平台下发的数据,判断数据是否为空,非空则读取到实际的数据,反之则该数据赋空。然后输出到PLC中数据对应的节点[12]。

3.4.2 数据上传

方法类似数据下发逆过程,此处不再赘述。

4 实验系统测试

将硬件安装在配电盘上,连接专用线缆及通信线,平行搭建伺服电机轴和步进电机轴,DC 24 V电池供电,实验系统如图8所示。

1)以太网通讯线装载程序至PLC,通过putty软件登录IOT2050智能网关,通过Node-RED给网关装载程序。

2)接通电源,按下伺服轴使能开关,检查伺服电机编码器数码变化;转动伺服电机轴,观察伺服电机驱动器上显示的数值是否变化,若有则复位伺服轴使能开关,反之切断电源检查电路。

3)从PC机端下载PLC控制程序至主站和从站,注意项目的完整性,防止下位组件错误[13]。

4)在TIA Portal V15.1编程软件中转至在线状态,在PC端进行PLC控制程序测试。

5)PLC主从站通信测试,传输区进行相关的配置,完成后转至在线,监测从站数据是否显示在主站监测区[14]。

6)通过腾讯云平台调试,向PLC下发启动、从轴介入等指令,观察指令是否下发到PLC中;通过手机端腾讯连连小程序观察主轴及从轴速度等信息是否推送至手机端,完成物联网与PLC的通信调试[15]。

测试结果表明基于PLC与物联网的双电机同步跟随实验系统设计方案得以有效实现。

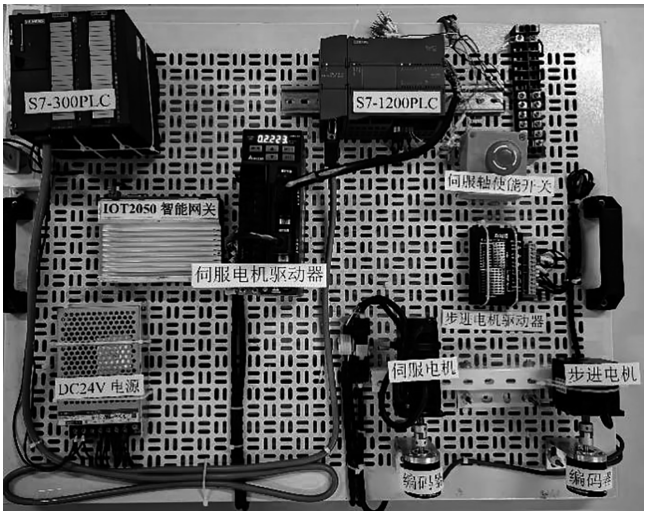


图8 双电机同步跟随实验系统主视图

Fig. 8 Dual-motor synchronous following experimental system front view

5 结论

本系统由手机作为远程移动端,通过西门子IOT2050智能网关和物联网平台Node-RED,实现了由主从站PLC对伺服电机和步进电机同步跟随控制的应用。实验结果表明,用户通过移动端设定主轴(伺服电机)转速以及从轴介入等命令,主站PLC和从站PLC将双电机的控制功能与电机转速的运算功能分离,系统并发处理能力高;物

(下转第179页)