

# 基于 PLC 和触控屏的远程变频调速监控系统设计

乔社娟, 高 文

(西安航空学院 电子工程学院, 陕西 西安 710077)

**摘要:**针对 PLC 数模混合变频调速控制系统的可靠性受环境影响大、成本高、维护周期长等缺点,设计了一种远程通信变频调速的 PLC 控制系统。采用 Modbus RTU 通讯协议、RS485 通信方式、PLC 及触控屏实现交流电机的精准连续调速,实时获取变频器和电机的工作状态与故障情况。实验结果表明,该设计是一种调速精度高、易于扩展的变频调速控制系统。

**关键词:**远程变频调速;Modbus RTU 通讯协议;台达 PLC;触控屏

中图分类号:TN9

文章编号:1000-0682(2024)02-0021-04

文献标识码:A

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.02.004

## Design of remote frequency control monitoring system based on PLC and touch screen

QIAO Shejuan, GAO Wen

(School of Electrical Engineering, Xi'an Aeronautical University, Shaanxi Xi'an 710077, China)

**Abstract:**To the shortcomings of the digital analog hybrid frequency control system based on PLC such as greatly affected by the environment, high cost, and long maintenance cycle. A remote communication frequency regulation through PLC is designed. The Modbus RTU protocol, RS485, PLC and touch screen are used to realized accurately continuous speed regulation in AC machine, getting the real-time information of its running states and fault conditions. The experimental results show that it can improve precision and expand easily.

**Keywords:**remote frequency control;Modbus RTU protocol;DELTA PLC;touch screen

## 0 引言

交流变频调速控制系统以其显著的节能降耗特性,广泛应用于电力传动产业和大功率生产设备等工程实践中,不断推进国家能源可持续发展战略<sup>[1-6]</sup>。目前,基于 PLC (Programmable Logic Controller, PLC)的交流变频调速控制系统主要采用开关信号量调速、开关量与模拟量信号混合调速两种方式<sup>[7-10]</sup>。开关量通过控制组合变频器的高、中、低速的三个端子来实现多段速调速,通常在调速精度要求低的场合使用。数模混合调速是由外部接线端子通过 0~10 V 电压信号或 4~20 mA 电流信号

通过模数-数模转换实现连续调速,但模拟量易受环境干扰和电缆长度压降影响,降低系统可靠性,同时,一个模拟量仅能独立完成一套变频调速系统,增加了系统成本和维护周期。

现有的 PLC 和变频器基本都支持典型的 Modbus RTU 通讯协议,相比于无协议的串口通信方式更简单方便<sup>[11-12]</sup>。

触控屏是 PLC 工业自动控制系统中实现人机交互的一种实用型可视化画面,具有较强的适应性、友好的开放性和可扩展性,集数据、曲线、动画于一体,能够直观管理监控层和控制层的状态<sup>[13-15]</sup>。

针对上述情况,采用台达 PLC、触控屏和英威腾 CH100A 变频器设计了 Modbus RTU 远程通信变频连续精准调速控制系统,同时,在触控屏上根据工程实际需求实时更改交流电机参考转速,实时获取变频调速系统的工作状态与故障情况,提高变频调速工程的效率。

收稿日期:2023-10-19

基金项目:陕西省教育厅服务地方专项计划项目(21JC014)

第一作者:乔社娟(1982—),女,陕西渭南人,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向为电机控制。

## 1 系统总体方案设计

远程变频调速控制系统的总体设计方案如图 1 所示,硬件主要由变频器、PLC、触摸屏和交流异步电机组成。

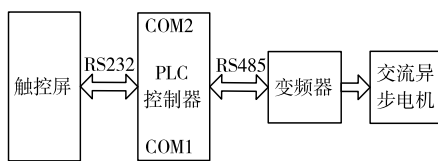


图 1 系统硬件结构框图

PLC 控制模块作为核心控制器,通过 RS232 通信方式和 RS485 通信方式分别与触摸屏和变频器相连接,其主要功能包括数据处理与数据交互。触摸屏作为人机交互界面,实现变频调速系统目标参数设置、实时数据与系统状态监测。变频器模块与 PLC 控制模块之间采用 Modbus RTU 通讯协议,接收 PLC 控制指令,控制交流异步电机启动、停止和精细连续调速运转,并反馈调速系统实际数据和运转状态。

## 2 系统详细方案设计

### 2.1 电气原理图设计

在远程变频调速系统中,电路设计主要包含主电路和控制电路,主电路与传统的开关量信号调速系统、开关量与模拟量信号混合调速系统保持一致,变频器输出端完成交流异步电机的三相供电,主电路电气原理图如图 2 所示。

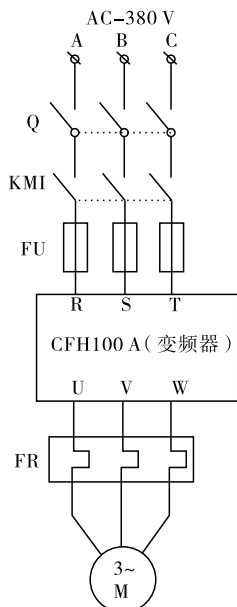
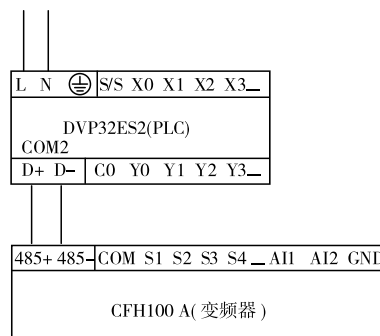
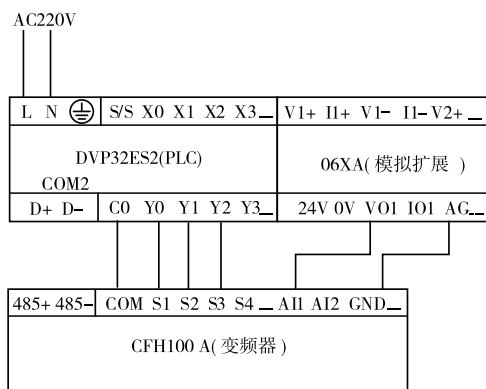


图 2 主电路电气原理图



(a) 远程通信变频调速系统



(b) 数模混合变频调速系统

图 3 控制电路电气原理图

如图 3(a)所示,远程通信变频调速系统的控制电路仅通过 RS485 通信实现控制和调速,PLC 作为主机,变频器作为从机,若需多个调频系统,只需增加变频器和交流异步电机,通过通信级联形成实现多个从机调频。图 3(b)所示的数模混合变频调速控制方式,通过数字量实现调频系统指令控制和模拟扩展模块实现频率调节,一路模拟量仅能调节一路调频系统。因此,从电气原理图的控制电路可见,远程通信变频调速系统减少了数字通道的使用和模拟扩展模块的使用,显著降低了成本,缩减了维护成本,同时,RS485 通讯方式传输数据避免了线缆传输方式带来的干扰和传输压降,提高了系统调速精度。

### 2.2 PLC 控制设计

远程变频调速系统的 PLC 控制主要包含通信设计、数据处理与交互。程序设计流程图如图 4 所示,首先进行通信程序初始化,即,通信格式的设定,其次,PLC 从组态软件中获取调频控制命令和参考数据(如电机转向、电机转速或调节频率),最后,经过模数转换计算,传送至变频器,并从变频器中接收数据。

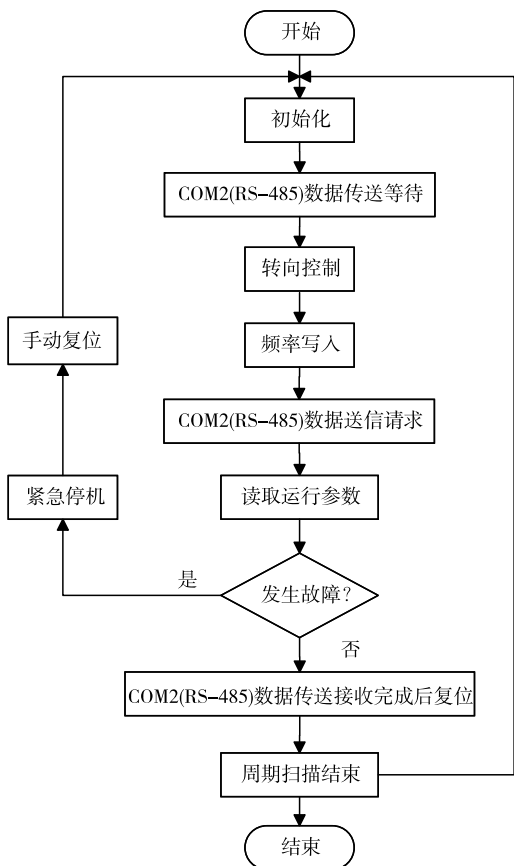


图4 PLC 软件控制流程图

### (1) PLC 通信设计

PLC 通过 RS485 通信方式,使交流异步电动机能够在变频器的控制下实现转速调节和对其状态监控的功能,设计中用到的特殊继电器和特殊寄存器如表 1 所示。

表 1 PLC 特殊继电器和特殊寄存器

地址	功能
M1002	启始正向脉冲(RUN 的瞬间‘on’)
M1122	COM2 送信请求
M1127	COM2 通讯指令传输完毕
M1143	COM2 的 ASCII/RTU 模式选择 (off 为 ASCII,on 为 RTU)
M1161	8/16 位处理模式(on=8 处理模式)
D1050	Modbus 通讯指令数据处理
D1120	COM2 通讯格式设定

PLC 和变频器之间的通讯程序的设计采用 RS485 通讯端口、Modbus RTU 通讯协议,相对无协议 RS485 通信,PLC 程序规定了通讯端口、通讯格式(如校验位、波特率、RTU 模式、数据位模式等)和应用 Modbus 数据传输指令的限定。通讯设置程序如图 5 所示。

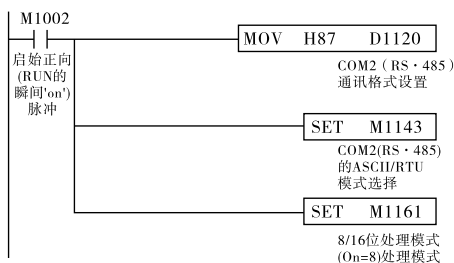


图5 PLC 通讯设置程序图

### (2) PLC 数据交互

PLC 和变频器之间使用 Modbus RTU 通讯协议,一种是 MODRD 指令,该指令的作用是读取存放在变频器特定地址中的频率、转速、电流、电压信息,PLC 会将传回的数据自动处理后存储于特殊寄存器 D1050 ~ 1055 中。第二种指令为 MODWR 指令,该指令的作用是将电机运行方式的功能码和频率写入变频器。两种指令的使用在程序中没有限制,但同一个通讯端口同时仅有一个指令被执行。

表 2 PLC 与变频器数据交互特殊寄存器

指令	地址	数据:含义
MODWR	1000H	0001H:连续正转
		0002H:连续反转
		0003H:正转点动
		0004H:反转点动
		0005H:减速停机
		0006H:紧急停机
		0007H:故障复位
	2000H	通讯频率设定(0~10000)
指令	地址	数据:含义
MODRD	3000H	运行频率
	3003H	运行电压
	3004H	运行电流
	3005H	运行转速
	5000H	故障代码

PLC 和变频器之间数据交互的特殊地址如表 2 所示,两者之间的数据交互 PLC 程序如图 6 所示。

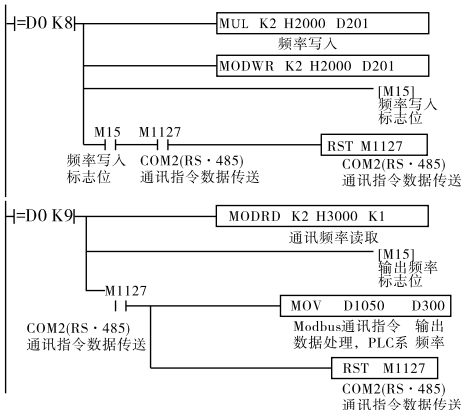


图6 PLC 数据交互子程序 - 写入/读取频率

### 2.3 变频器参数设置

变频器参数设置是变频器调速控制系统的一个重要环节,变频器的参数设置应该根据实际需求进行调整,以确保系统的性能和效果能够满足工业生产的要求。主要包含运行指令通道、频率指令选择、加减速时间、启停控制、电机参数、输入/输出端子、界面参数等设置,变频器的相关通讯参数设置如表 3 所示。

表 3 变频器通讯参数设置

功能码	名称	设定值
P0.01	运行指令通道	2:通讯指令通道
P0.07	A 频率指令选择	7:远程通讯设定
PC.00	本机通讯地址	2
PC.01	通讯波特率设置	9600 bps
PC.02	数据校验设置	1:偶校验(N,8,1)for RTU
P0.03	通讯应答延时	100 ms
P0.04	通讯超时故障时间	0.1 s
P0.05	传输错误处理	1:不报警并继续运行

同时,根据变频器面板的指示灯判断变频调速器的控制方式,当“LOCAL/REMOT”指示灯点亮时,表明变频器的运行指令通道为通讯指令通道。

### 2.4 触控屏界面设计

远程变频调速系统触控屏界面设计具有设定转速、当前转速、当前频率、当前电压、当前电流、故障代码等动态实时显示功能。调速系统故障报警与触控屏连锁,产生报警后,系统暂停运行,保持当前状态,并在触控屏上显示故障代码,故障指示灯闪烁提示,在实际应用中连接声光报警器,待系统故障排除后按故障复位可继续进行工作。该触控界面操作灵活,能够通过显示对调速系统的各个状态进行监控。触摸屏界面设计如图 7 所示。

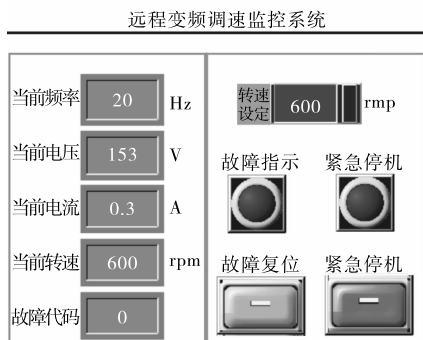


图 7 触控屏界面

## 3 实验验证

根据经济通用原则,本实验选用英威腾

CFH100A 通用型变频器、台达 DVP32ES2 系列 PLC 控制器和台达 DOP - B10S411 触控屏。选用 YS5624 三相异步电机,额定电压为 380 V,额定转速为 1400 rpm,额定频率 50 Hz,通过 RS485 通讯方式实现变频调速。实物搭建如图 8 所示。

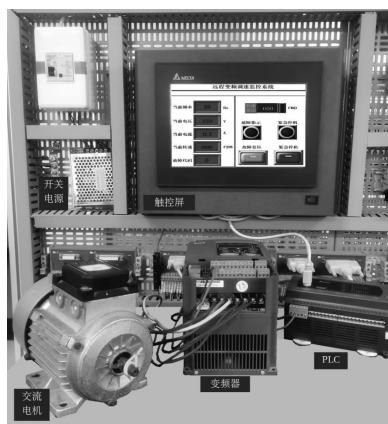


图 8 远程变频调速系统实物图

实验过程中,交流异步电机根据触控屏的转速设定实时变化,触控屏的实时数据与变频器显示屏保持一致,当发生异常情况时,交流异步电机能够及时停止。

## 4 结束语

该文设计了一种采用 Modbus RTU 通讯协议和 PLC 的 RS485 通讯方式的远程变频调速控制系统,实验结果表明,本设计能够根据需求实时实现变频调速,并结合实际反馈电机关键运行参数和故障代码。提高了变频调速的精准性和系统可靠性,减少了硬件成本和系统维护周期,具有节能的工程实践意义。

### 参考文献:

- [1] 付乐,杨林初,朱鹏程,等. 交流电机变频调速装置的设计与研究[J]. 工业仪表与自动化装置,2022(02): 16-20.
- [2] 王建华. 浅析高压变频调速技术应用现状与发展趋势[J]. 海峡科技与产业,2020(04):51-53+59.
- [3] 郭宏宇. 电气自动化控制中变频调速技术的应用与研究[J]. 农业工程与装备,2023,50(01):21-22+25.
- [4] 李俊秀,韩育民. 基于 PLC 变频调速节能控制系统的设计[J]. 工业仪表与自动化装置,2014(05):33-36.
- [5] 迟鑫. 变频器调速技术在电气自动化控制中的应用[J]. 中国设备工程,2023(07):192-194.
- [6] 张智敏,刘健童,潘文良,等. 浅谈变频调速技术在电气自动化中的应用[J]. 电动工具,2023(02):40-41.
- [7] 魏国莲,林成全. 基于 PLC 技术的变频器自动控制研究[J]. 现代电子技术,2020,43(17):92-95+101.

(下转第 38 页)

等方法,通过对某型号舱段模拟件柔性装配试验、标准体质量质心与长度测量及几何水平测量试验进行一体化平台功能性试验验证工作,试验表明:

(1)一体化平台设计合理可行,关键部件选型与设计有效、可靠;

(2)一体化平台满足多种弹径舱段柔性装配与质量质心、长度及几何水平测量的需求;

(3)一体化平台采用电驱动设计、多机构自动化协同作业,减少人工参与,提高装配与测量效率、质量,实现舱段自动化、柔性化装配及质量质心、几何水平测量数据可视化;

(4)一体化平台设计方法对舱段装配与测量技术普及应用具有较好借鉴意义,对未来进一步建设导弹总装智能化工厂具有一定探索价值。

#### 参考文献:

- [1] 董云龙,李祥飞,刘行,等. 航空航天领域机器人化智能装配技术综述[J]. 人工智能,2022(03):6-20.
- [2] 袁桢棣,周愿愿,张解语,等. 导弹舱段六自由度并联调姿托架设计及运动学分析[J]. 机械设计与制造,2022(01):202-205.
- [3] 吴昉,李桢,张礼立. 数字化柔性装配生产线的建设方法与实践[J]. 自动化仪表,2022,43(10):86-90.
- [4] 赵罡,李瑾岳,徐茂程,等. 航空发动机关键装配技术综述与展望[J]. 航空学报,2022,43(10):475-507.
- [5] 刘如才. 飞行器舱段柔性装配系统设计与控制仿真研

究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2019.

- [6] 宋兴君. 导弹舱段对接中的非接触测量系统设计与分析[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2021.
- [7] 李亚军. 基于双机器人协同的舱段对接装置结构设计与分析[D]. 西安:西安电子科技大学,2021.
- [8] 张解语. 面向舱段对接的位姿自动化测量关键技术研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2021.
- [9] 高健程. 筒类舱段调姿机构控制系统设计[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2021.
- [10] 陈胜政,高晓波. 小型飞航导弹发展综述[J]. 兵器装备工程学报,2020,41(01):94-99.
- [11] 杨波,江晨,冯立杰,等. 面向自动化物料传送的被动驱动托架设计与分析[J]. 航空制造技术,2021,64(Z1):94-98.
- [12] 李强,黄小春,张志博,等. 大型运载火箭质量质心测量系统校准方法[J]. 机械工程与自动化,2019(2):5-7.
- [13] 刘明勇,罗锋,徐健. 质量质心测量方法及实例分析[J]. 制造技术与机床,2019(04):138-141.
- [14] 段礼才. 西门子 S7-1200 PLC 编程及使用指南[M]. 北京:机械工业出版社,2020.
- [15] 西门子(中国)有限公司. S7-1200 可编程序控制器[Z]. 2023.
- [16] 廖常初. S7-1200 PLC 编程及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2021.

(上接第 20 页)

- [13] 王兴鑫. 高精度快速升降温热电阻检定恒温槽的研制[D]. 泰安:山东农业大学,2022.
- [14] 庞党锋,宋亚杰,王春光,等. 基于工业机器人的数控加工控制系统设计[J]. 机床与液压,2020,48(21):62-64.
- [15] 罗旋,李永忠. Modbus TCP 安全协议的研究与设计

[J]. 数据采集与处理,2019,34(06):1110-1117.

- [16] 韩丹涛,赵艳领,公彦杰. 一种工业以太网状态安全监视器的设计[J]. 电子测量技术,2019,42(08):110-114.
- [17] 张建敏,罗昶,王建森,等. 省级气象计量检定业务自动化系统[J]. 应用气象学报,2012,23(02):251-256.

(上接第 24 页)

- [8] 郑田娟. 基于可编程逻辑控制器的变频调速系统研究[J]. 现代电子技术,2019,42(19):164-167.
- [9] 张丽. 基于 PLC 和 HMI 的电机无级调速系统的设计与实践[J]. 今日制造与升级,2022(10):45-47.
- [10] 郑伟卫. 基于 PLC 控制的三相异步电动机变频调速系统设计[J]. 能源与环保,2022,44(07):260-264.
- [11] 王付军,宋妮俐,杨长青. 基于 Modbus RTU 协议的 Delta 系统与西门子 S7-200 SMART PLC 串行通信[J]. 工业控制计算机,2023,36(08):38-39.
- [12] 李建飞,王万成,卢斯煜,等. 基于 Modbus RTU 协议

实现 DCS 与 PLC 实时数据通讯设计[J]. 自动化应用,2021(03):76-78.

- [13] 张伟,周鹏飞. 基于 S7-300 PLC 和 WinCC 组态软件的自动打料控制系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置,2020(03):99-102.
- [14] 乔社娟,陈佩. 基于 PLC 与组态软件的异步电机在线故障诊断设计[J]. 工业仪表与自动化装置,2021(06):17-20+73.
- [15] 孙子贻,孙国靖,孙延寿,等. 基于 PLC 与力控组态软件的液化天然气工厂模拟仿真系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置,2021(03):22-25+70.