

# 电动汽车 DM5 电机控制器自动测试系统概述

贺昌勇 王朝志 王爽

(北京中科泛华测控技术有限公司 北京 100192)

**摘要:** 近年来电动汽车处于高速发展阶段,电机控制器是电动汽车的主要部件,在电动汽车整车系统中起着非常重要的作用。电动汽车电机控制器的测试至关重要,由泛华测控设计的电动汽车电机控制器自动测试系统基于“柔性测试”技术,可实现被测件自动传输,系统电路、气路和水路接口与被测件自动对接,支持多种型号及规格的被测产品,全过程自动化实现,同时具备完善的产线流程控制及工厂数据管理功能。系统适用于电动汽车控制器生产领域的评估、分析及测试。

**关键词:** 电动汽车;电机控制器;自动测试系统

**中图分类号:** TP2   **文献标识码:** A   **国家标准学科分类代码:** 510.80

## Overall of the automatic test system of electric vehicle DM5 motor controller

He Changyong Wang Chaozhi Wang Shuang

(Beijing Pansino Measurement and Control Technology Co. Ltd., Beijing 100192, China)

**Abstract:** Recent years, the electric vehicle is developing very fast, motor controller unit(MCU) is a major part and plays a very import role in electric vehicle. The testing of the motor controller is very important, the automatic test system of electric vehicle MCU produced by Pansino Company based on “flexible testing” technology, which can dock with the production line to realize the UUT automatic test, and support different kind of MCUs. This testing system is suitable for evaluating, analysis, testing in MCU producing.

**Keywords:** electric vehicle; motor controller; automatic test system

## 0 引言

电机控制器是电动汽车的核心控制模块,随着电动汽车的飞速发展,其需求量也在逐年提升,同时对电机控制器的性能要求也在不断提高<sup>[1]</sup>。传统的生产过程过多的依赖人工,组装完成后还要进行终检测试,生产周期长、测试功能有限,已经很难满足生产需求。

本文介绍了电动汽车 DM5 电机控制器的自动测试系统,描述整个系统的原理,机械和电气设计,DM5 是电机控制器的常见种类,同时也为其他类似产品的生产和测试提供了可以借鉴的方法<sup>[2]</sup>。电机控制器的输入输出电量通道数较多,信号波形多样化,因此测试系统要具备良好的可扩展性,而且还要确保测试的准确度。

## 1 设备概述

### 1.1 设备功能概述

DM5 自动测试系统包括绝缘耐压自动测试台和自动

功能测试台两部分:绝缘耐压自动测试台主要测试 DM5 控制器的绝缘耐压性能;自动功能测试台主要进行电机控制器的低压上电测试、高压上电测试、毛刺电流测试、驱动轻载测试、驱动重载测试、电机旋变测试、下电测试等<sup>[3]</sup>。自动测试系统可完成 UUT 的全自动测试(含自动接拆线、测试程序调用、软件烧入、测试执行、出厂程序下载校验、冷却系统控制等测试工位所有的作业过程)<sup>[4]</sup>。

### 1.2 设备构成

绝缘耐压测试工位和自动功能测试工位之间预留一个被测件的缓存位置,生产线与绝缘耐压测试工位、自动功能测试工位之间采用统一倍速链传递(图 1)。绝缘耐压测试工位、自动功能测试工位可以作为独立测试工位独立运行,也可以接受生产线控制。

1) 生产线传送带为穿过测试台形式,测试台内部集成倍速链,产线传送带将被测件传送至测试台倍速链,倍速链将被测件送入测试台内部进行相关测试,测试完成后,倍速链将被测件传送至下一个工序。

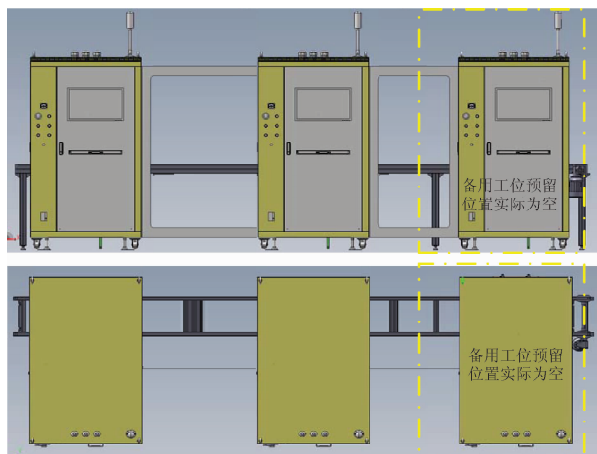


图 1 设备正视图与俯视图

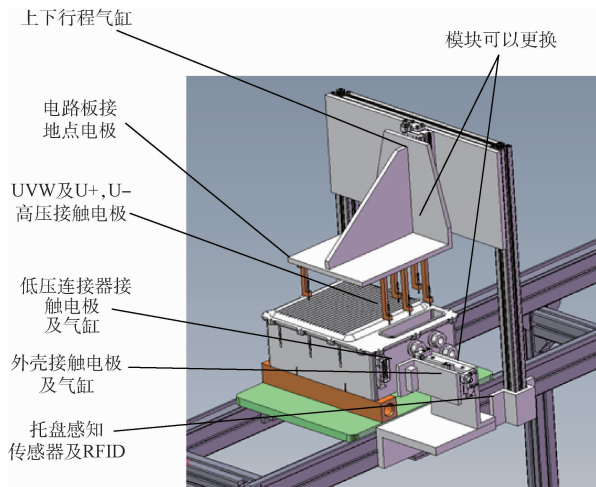


图 2 夹具的结构设计

2)测试台与生产线可以通过 DP 总线、网络、485 通信或数字 I/O 形式进行连接,通过 I/O 状态来监控和控制测试台的状态。测试台通过网络形式和 RFID 形式与产线数据库进行数据交互。

3)测试台可以自动执行或受生产线总体控制,接受订单形式的控制,测试台测试自动调用相应的程序进行测试。

4)测试台可以感知测试台具备的测试接口模块是否于选择的测试程序序列一致,如果不一致,及时通知产线操作人员实现夹具的换型<sup>[5]</sup>。

### 1.3 设备夹具设计

夹具的结构设计(图 2)为快换形式,主要考虑用户可能增加的被测件的类型或功能的扩展。夹具设计时采用销孔结构,保证更换时精确定位,所有支持换型的夹具模块均带有辨识模块,基本的辨识模块采用数字 I/O 编码模式实现,每个模块采用 4 位数字 I/O 编码实现,支持做多种模块的更换,模块上面的辨识模块采用 DB9 连接器母头实现,测试台通过标准线缆连接<sup>[6]</sup>。

被测件随着托盘进入倍速链,倍速链通过底部阻挡器阻挡流过托盘,在测试位置通过光电传感器感知托盘的存在,通过限位及定位机构锁定托盘,并通过 RFID 读出托盘上被测件的序列号及数据信息,测试完成后将数据写入随托盘夹具的 RFID 标签中。

测试过程通过气缸将高压、低压及外壳等测点与被测件相连。测试过程通过高压矩阵切换实现高压+壳体与低压点之间,低压+壳体与高压点之间的耐压和绝缘测试。

## 2 电气设计

针对电机控制器的绝缘耐压测试,选用高精度的交/直流耐压测试,绝缘电阻测试仪。泛华自主研发了一套独立的高压多路复用开关,规格为 1 对 4,2 组,继电器选型为高压真空继电器,最多可以实现 16 个交叉位置点的测

试,最大测试电压可以达到 10 kV。绝缘耐压测试机柜的整体布局图如图 3 所示。设备的正面左下角预留扩展连接接口,模块具备交流电源插座、串口、USB 及网口外接接口。

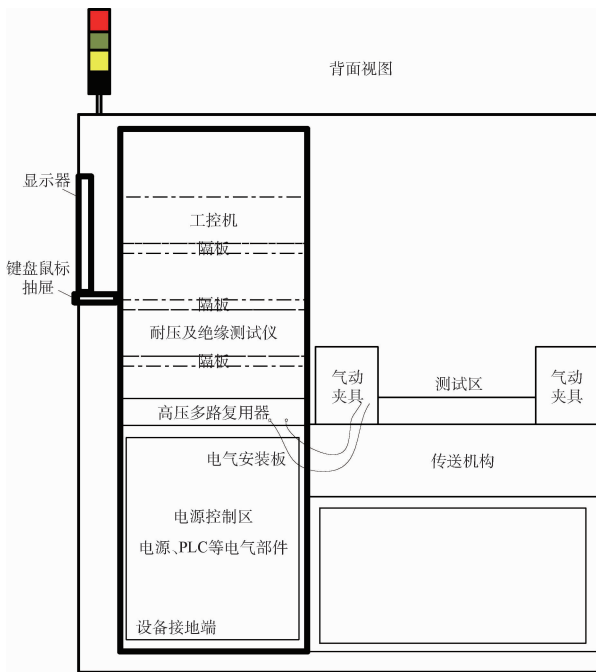


图 3 绝缘耐压测试机柜整体布局

系统功能测试台配备 FPGA 卡、CAN 卡、CANScope 综合分析仪、GPIB 卡、功率分析仪、程控电源,以及泛华自主研发的旋转变换板 RAIB,PLC 控制所有气缸、指示灯、门锁。电气硬件布置在仪器区,操作人员可以从前后门打开进行维修。此外,系统设计冷却水循环机采用压缩机制冷,容积设计为 10 L。测试时,测试回路连接冷却水接头与被测件,通过电磁阀控制 0.15 MPa 压缩空气进入被测

件中,关闭主进气管,利用接近压力开关检测通气回路是否有漏气现象,来确定冷却水接头与被测件接触是否严密,如果严密,冷却管路切换至水冷控制,通冷却水,进行测试,测试完成后,关闭冷却水回路,切换至压缩空气回来,利用低

压压缩空气对被测件进行简单脱水吹除操作<sup>[7]</sup>。如果不够严密,通过报警灯通知操作人员存在问题,报警的紧急程度和泄漏的量操作人员可以设置。系统功能测试台电气连接原理如图 4 所示。

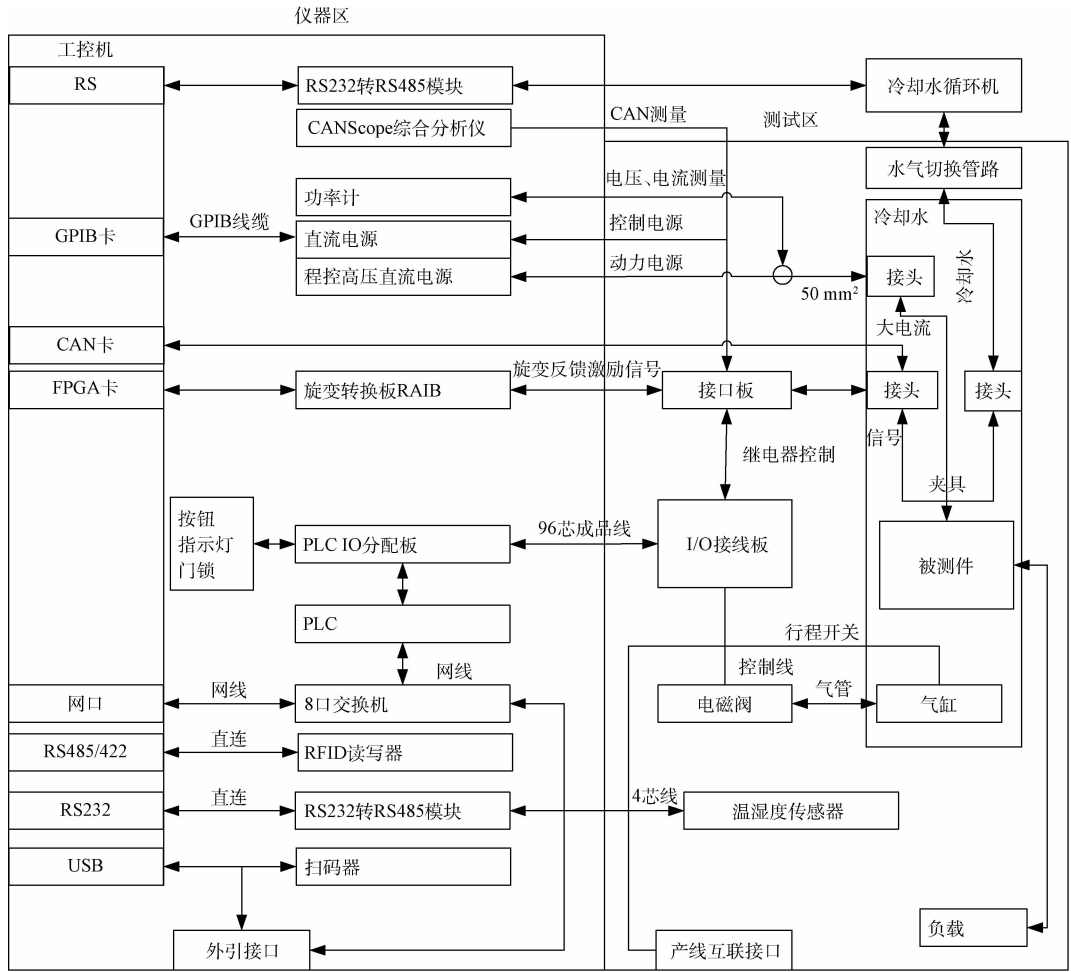


图 4 系统功能测试台电气连接原理

### 3 旋变测试

电机控制器就是控制主牵引电源与电机之间能量传输的装置,它由逆变器和控制器两部分组成。逆变器接收电池输送过来的直流电电能,逆变成三相交流电给汽车电机提供电源。控制器接受电机转速等信号反馈到仪表,当发生制动或者加速行为时,控制器控制变频器频率的升降,从而达到加速或者减速的目的。

电动汽车中所用的位置,速度传感器都是旋转变压器,旋转变压器是目前国内的专业名称,简称“旋变”,英文名称叫做“resolver”根据词义,有人把它称作为“解算器”或“分解器”旋转变压器目前主要是用于角度位置伺服控制系统中,旋变信号也是电机控制器的一个非常重要的测试信号<sup>[8]</sup>。

旋转变压器的工作原理和普通变压器的工作原理相似,区别在于普通变压器的原边、副边绕组是相对固定的,所以输出电压和输入电压之比是常数;而旋转变压器的原边和副边绕组是随转子的角位移发生相对位置的改变,因而其输出电压的大小随转子角位移而发生变化,输出绕组的电压幅值与转子转角成正弦、余弦函数关系。旋变就是利用输出的 sin 和 cos 信号来计算转角的位置,输出电压和转角关系曲线如图 5 所示。励磁方和输出方的电压是同频率的,但存在着相位差,正弦相和余弦相在电的时间相位上是同相的,但幅值彼此随转角分别作正弦和余弦函数变化。本系统采用 NI USB-7855R 卡来模拟电机控制器的旋变信号。经过验证,系统的旋变测试精度高,性能参数如表 1 所示,完全可以满足目前的需求,达到预期的效果<sup>[9]</sup>。

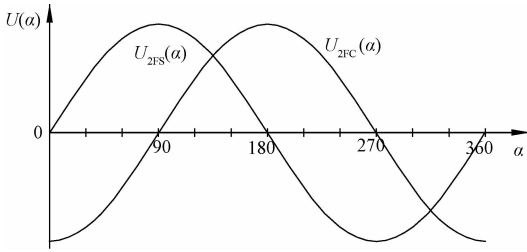


图 5 旋变两相输出电压和转角的关系曲线

表 1 系统旋变性能参数

电压精度	电流精度	输出阻抗	电流驱动能力
0.5%+0.5 V	0.5%+0.5 A	0.5 $\Omega$	$\pm 2.5$ mA
电压范围	最大电压保护	更新时间	最大更新率
$\pm 10$ V	$\pm 15$ V	1.0 $\mu$ s	1 MS/s

## 4 结 论

本系统支持多品种测试,快速更换夹具,而且夹具具备辨识功能,换型方便快捷,采用标准连接器设计,扩展性好;可与生产流水线整线对接,实现 UUT 全自动测试。可以作为电动汽车电机控制器测试的标准化解决方案。具有较高的行业适应性与推广性<sup>[10]</sup>。泛华在产品的开发、设计开发、设计、生产过程中充分发挥标准化工作的作用,确保产品在各阶段的工作质量,以缩短研制周期,降低全过程费用,提高产品的标准化水平和稳定性。并且在开发、设计、生产过程中必须最大限度地贯彻我国各级现行标准,按国家标准、行业标准和企业标准的次序选用。

## 参考文献

[1] 徐绍杰,王爽,祁荣欣,曹爱文. 防夹电机自动化装配

及测试设备[J]. 国外电子测量技术,2016,35(12): 7-9.

- [2] 周晨,胡社教,沙伟,等. 电动汽车绝缘电阻有源检测系统[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(5): 409-413.
- [3] 郭宏榆,姜久春,温家鹏,等. 新型电动汽车绝缘检测方法研究[J]. 电子测量与仪器学报,2011,25(3): 253-256.
- [4] 徐性怡. 电动汽车用电机控制器的设计方法[Z]. 上海:上海大郡动力控制技术有限公司,2010:1-5.
- [5] 乔旭彤,耿海洲,董峰. 集中式电动汽车电池管理系统设计[J]. 电子测量与仪器学报,2015,29(7): 1019-1027.
- [6] 徐毅. 基于 TC1782 的纯电动汽车整车控制器设计与实现[J]. 机械与电气,2012(11):52-53.
- [7] 许斌杰,王耀南. 电动汽车增程器运行优化的改进粒子群算法研究[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(9):1397-1404.
- [8] 张凯. 基于图像熵的直线电机定子位置精密测量方法[J]. 仪器仪表学报,2015,36(12):2821-2827.
- [9] 王辉,赵静,赵吉文,等. 基于 SVD 的直线电机定子位置的高精度测量方法[J]. 仪器仪表学报,2016,37(9):2101-2107.
- [10] 朱江森,张森. 电动汽车充电站实时网络电能计量系统的研制[J]. 国外电子测量技术,2015,34(12): 53-56.

## 作者简介

贺昌勇,1988 年出生,硕士,从事系统开发工作。

E-mail:changyong\_he@pansino.com.cn