

多路输出辅助变流器产品测试系统研制

程 浩 周小玲 刘护林 赵建伟 王长亮 徐丽宾
株洲中车时代电气股份有限公司检测试验中心

摘 要：本辅助变流器是轨道交通中电力机车、动车组和地铁的重要组成部分，它将受电弓、变压器或主变流器中间回路的电能进行转换，用于对车厢内部非动力设备进行供电，如冷却塔风机、牵引风机、压缩机电机、牵引变压器油泵、主变流器辅助用电、车内空调、供电柜风机等。多路（5路及以上）输出辅助变流器产品测试系统，是为多路输出辅助变流器产品进行智能化试验测试所研发的一套实验室用测试测量设备，对多路输出辅助变流器产品的输入电压电流、输出电压电流等信号进行测量和电能质量分析，获取并存储相关数据与分析结果，帮助产品研发人员提高产品质量与性能，保证产品在现场应用环境下稳定可靠运行。

关键词：轨道交通；多路输出辅助变流器；电能质量分析；测试测量

1 引 言

测试测量系统是产品质量保证的关键组成部分。在辅助变流器的研发生产中，国内外常用的测试设备是台式功率分析，比如横河WT1600功率分析仪，台式仪器多用于研发中现场调试诊断。随着技术发展，辅助变流器产品输出通道不断增加，而传统的台式仪器设备测量通道数有限，且不能方便的保留原始数据与分析结果，已经无法满足多路输出（5路及以上）辅助变流器试验研发与生产需求。本文所述的多路输出辅助变流器产品测试系统具有多达52通道的电压电流信号采集、分析和存储能力，最多可以满足辅助变流器产品1路输入（三相或单相）8路输出（三相或直流）的测试需求，测试系统还能够实

时记录原始测试数据与分析结果并且支持在专门的回放软件中对测试场景进行复现，极大地提高了产品测试效率，能有效帮助产品研发测试人员定位故障及快速解决故障，提高产品质量与性能。

2 系统架构

多路输出辅助变流器测试系统系统架构如图1所示。整套测试系统包含电压电流传感器，信号输接口，采集前端采样电阻箱、数据采集平台，以及上位机信号测量分析软件。测试

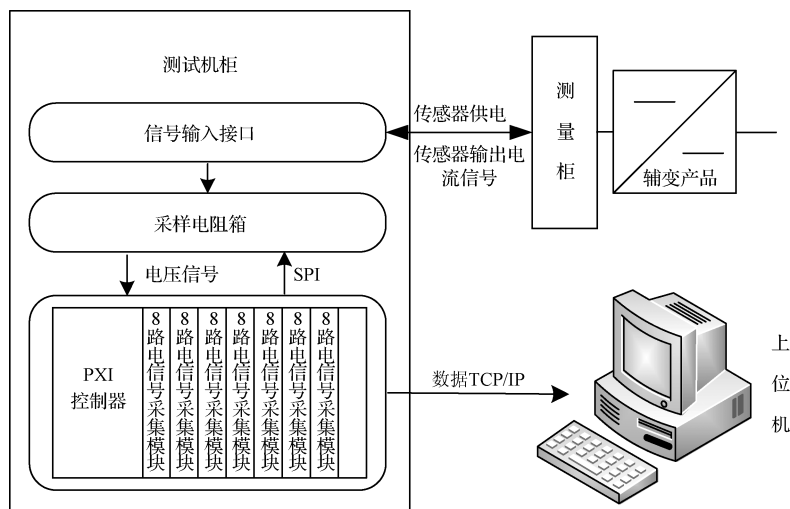


图1 多路输出辅助变流器测试系统架构

系统在多路输出辅助变流器产品的测点位置，将待测电压电流信号通过适当量程的传感器转换成电流信号，然后经过信号输入接口，进入前端采样电阻箱，采样电阻箱将传感器输出的电流信号转换为便于数据采集平台采集的信号，数据采集平台将经过采样电阻转换的电压信号AD采样后送入上位机软件，上位机软件对相关数据进行实时显示、存储、以及电能质量分析。

其中，电压电流传感器部署在系统测量柜中；信号输入接口，采集前端采样电阻箱、数据采集平台部署在系统测试机柜中。

3 测量柜

测试系统中的测量柜主要作用是将辅助变流器输出的大电压/大电流信号通过相应电压电流传感器转换为便于测试分析的小电流信号，送入测试机柜进行采集和分析处理。测量柜内部结构示意图如图2所示。

测量柜设计时考虑强、弱电信号隔离以及安全、屏蔽。测量柜空间布局满足安装26个电流传感器、26个电压传感器。电压传感器布置在柜内上层，电流传感器分两层安放，通过母

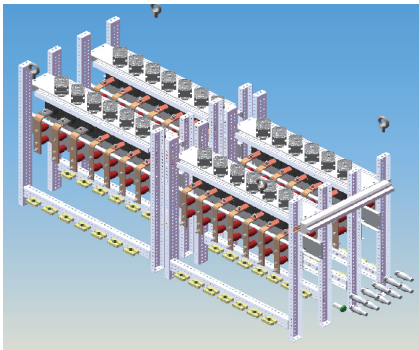


图2 测量柜内部结构设计

排对被测辅变产品的待测信号进行引线。箱体分为上下式结构，从上向下依次布置有电压测量单元、电流测量单元、导线固定层；顶部布置有工作指示灯，右侧面布置有输出航空插头及DC24 V电源指示灯。测量柜内部采用双排对称结构，安全间距大；强弱

电分区，电场分布均匀，传感器安装位置方便传感器拆卸更换，测量柜进线口设计夹持装置，用于释放应力。如图3所示为测量柜实物。

测量柜内部所用传感器的供电与整套测试测量系统的供电保持一致，都由测试机柜的配电单元提供。这样保证了测试系统与传感器共有同一参考地，传感器的部署与测试测量设备构成了一个独立的大系统，能非常有效地抑制共模干扰。由于部署传感器的测点距测试设备有一定的距离，电信号在一定距离的传输过程中，电压比电流容易受到干扰，所以选用电流输出型的传感器。

传感器选型如表1所示。

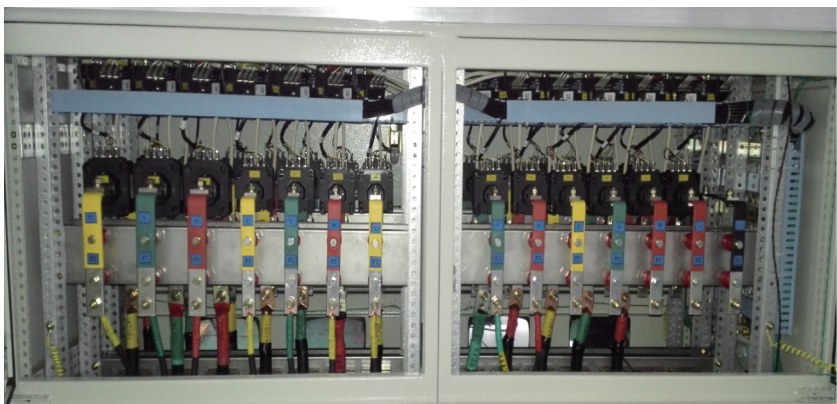


图3 测量柜实物

表1 电流电压传感器选型

传感器型号	覆盖测点	传感器参数	数量/个
LEM DVL750	网侧电压； 变流器输出电压1、2、3	电压测量范围750 V (RMS)，精度±0.5%，电流输出，±15~±24 V供电	26
LEM LTC100-T	网侧电流	测量范围1 000 A (RMS)，精度±0.4%，电流输出，±15~±24 V供电，带宽DC~150 kHz。	3
LEM LTC500-T	变流器输出电流1、2、3	测量范围500 A (RMS)，精度±0.6%，电流输出，±15~±24 V供电，带宽DC~100 kHz。	23

4 测试机柜

测试系统中的测试机柜主要作用是采集和分析处理由测量柜传来的经过电流型传感器转换的电流信号。柜体内部主要包含供电单元、信号输入接口、采样电阻箱、信号接入面板、PXI数据采集单元以及UPS不间断供电单元。测试机柜如图4所示。



图4 测试机柜

4.1 采样电阻箱

采样电阻箱主要用于将电压电流传感器输出的电流信号转换为适合数据采集平台采集的电压形式。

采样电阻箱为系统每个采集通道提供独立的多档高精密度电阻，将电流信号转换为适合后端采集电压信号；调理通道具有独立的激励电压或激励电流输出，满足常见电流电压传感器的应用需求；采样电阻箱具有SPI总线接口，可由上位机软件控制完成系

统内部各种测量功能的切换和测量参数的更改；采样通道共有4档电流-电压转换档位：空档（只针对电压信号）、5 Ω电阻档、20 Ω电阻档和50 Ω电阻档，覆盖0~200 mA电流信号的采集。

4.2 数据采集硬件平台

测试系统数据采集硬件平台支持52个模拟输入通道，每通道最大采样率为250 kS/s，通道间可同步采集且有300 Vrms CAT II通道间隔离，选型列表如表2所示。

表2 数据采集平台选型列表

设备名称	数量	功能描述
PXI机箱	1	配有交流的9槽3U PXI Express机箱，每插槽高达250 MB/s的带宽和1 GB/s的系统带宽，8.43英寸低深度机箱适用于机架以及台式应用
PXI控制器	1	2.3 GHz 4核Intel Core i7-3610QE处理器，标准配置为4 GB (1 × 4 GB DIMM) 双通道1 600 MHz DDR3 RAM，最大为16 GB，2个SuperSpeed USB端口、4个高速USB端口、2个千兆以太网端口、GPIO、串口和其他外设
PXIe数采卡	7	8路同步采样模拟输入通道；250 kS/s/通道的采样率，300 Vrms CAT II通道间隔离

该平台基于PXI架构，PXI (PCI eXtensions for Instrumentation，面向仪器系统的PCI扩展) 是一种坚固的基于PC的测量和自动化平台。PXI结合了PCI的电气总线特性与CompactPCI的坚固性、模块化及Eurocard机械封装的特性，并增加了专门的同步总线 and 主要软件特性。这使得它成为测量和自动化系统高性能低成本运

载平台。基于PXI平台的测试测量系统广泛应用于制造测试、航空航天、工业测试等领域。

5 测试系统软件

测试系统软件主要在智能数据采集软件架构的基础上，实现数据采集、数据显示、电能质量分析、数据流盘、波形回放等功能。软件支持试验参数的配置、具备用户管理功能。软件工作界面如图5所示。

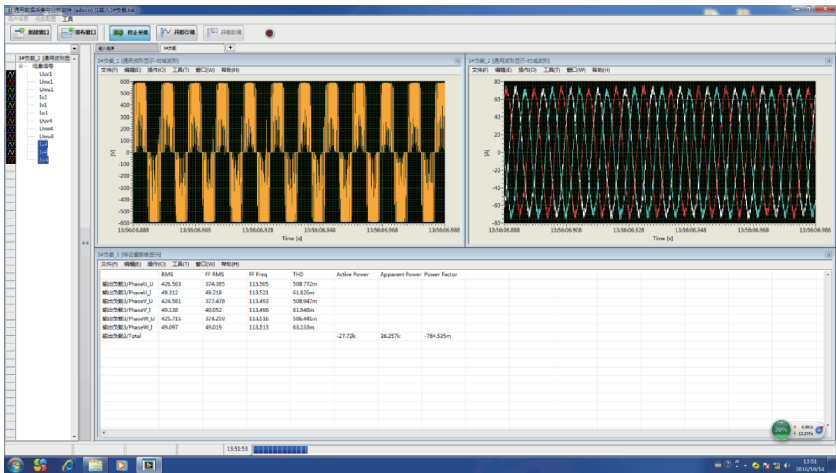


图5 软件工作界面

如图5所示为多路输出辅助变流器测试系统实际运行时的软件工作界面。主要具备如下功能：

1) 数据采集功能

对规定测点的电压电流信号的采集包含网侧三相供电电压、电流信号、辅助变流器输出三相交流电压、电流信号以及输出直流电压、电流信号的采集。

2) 数据显示功能

对原始电压、电流信号的实时显示；完成对信号频率、视在功率、有功功率、功率因数等分析结果的实时显示；具有分类显示的功能，也可选择在同一个波形图中显示所有的电流电压波形。

3) 电能质量分析功能

完成对被测信号进行功率分析与谐波分析的功能，对输入输出电压、电流信号的总有效值、功率总有效值、视在功率总有效值、功率因数；输入输出电压、电流基波值、有功功率基波值、视在功率基波值、基波功率因数、基波频率，直流电压、电流及功率，纹波进行分析测量；谐波分析阶次最高可到达100次。

4) 数据流盘，波形回放

提供数据不间断流盘、波形回放的功能。数据不间断流盘的时长无硬性限制，只取决于存储设备的容量。

6 对比验证试验

在多路输出辅助变流器设备测试系统各项功能运行稳定后，为了进一步验证多路辅变测试系统在基本参数测量以及电能质量分析算法方面的准确性。在设备运行现场，让被测设备处于若干种不同负载情况下，同时运用多路辅变测试系统与横河功率分析仪WT1600，对被测产品的3路输出进行测量分析，并将测试结果进行比较。针对不同的变流器产品，对比验证试验分为三相电信号测量分析对比与PWM波信号测量分析对比。对比试验涵盖系统所有测试通道。

多路辅变测试系统与WT1600功率分析仪进行对比的参数有：三相总电压有效值、三相总电流有效值，总有功功率、总视在功率、基波有功功率，基波视在功率、总有效值功率因数、基波功率因数、基波电压值、基

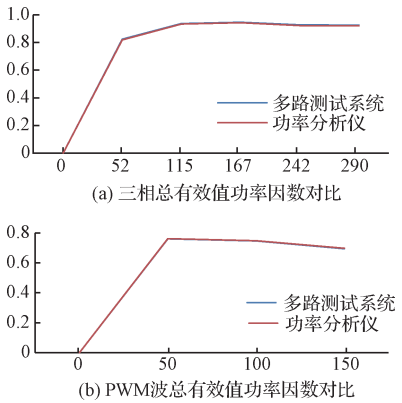


图7 通道组一的总有效值功率因数对比

波电流值、基波电压THD。测试系统分析界面如图6所示。

对比试验验证结果参考如图7所示。受限于文章篇幅，图7仅给出了设备通道组一的总有效值功率因数的对比结果。

7 总结

本文所述的多路输出辅助变流器测试系统研制，具有多达52通道的电流电压信号采集、分析和存储能力，最多可以满足辅助变流器产品1输入（三相或单相）8输出（三相或直流）的测试需求，测试系统还能够记录原始测试数据与分析结果并且支持在专门的回放软件中对测试场景进行再现。

输入电源_3 (特征值表格显示)										
	RMS	FF RMS	FF Freq	THD	Active Power	Apparent Power	Power Factor	FF Active Power	FF Apparent Pow	FF Power Factor
输入电源0/PhaseU_U	393.607	393.587	50	9.683m						
输入电源0/PhaseU_I	166.529	166.482	50	23.686m						
输入电源0/PhaseV_U	397.333	397.315	50	10.245m						
输入电源0/PhaseV_I	167.074	167.029	50	23.277m						
输入电源0/PhaseW_U	397.028	397.009	50	10.073m						
输入电源0/PhaseW_I	167.19	167.144	50	23.553m						
输入电源0/Total					-108.622k	114.494k	-948.716m	-108.625k	114.457k	-949.046m

图6 测试系统电能质量分析计算参数

其测量精度经过第三方资质的计量机构检验认证,电能质量分析参量与第三方标准仪器设备测试结果逐项进行了对比验证,有效的保证了其测量分析精度。该系统应用于多路输出辅助变流器产品的研发、生产和试验验证测试,有助于促进产品质量与性

能的提高。

作者简介

程浩,工程师,主要研究方向为轨道交通标准及实验方法。

周小玲,助理工程师,主要研究方向为轨道交通试验测试系统设计与

软件实现。

刘护林,高级工程师,主要研究方向为轨道交通试验系统设计与相关标准制定。

赵建伟,工程师,主要研究方向为工业传动试验系统设计开发与相关标准制定。

(上接第9页)

6 总 结

本设备综合泛华测控自动测试技术与防夹电机测试经验的积累,在设计开发过程中综合运用了多项技术,包括:机器人应用的自动化生产设备、汽车总线通信的技术应用、自动锁螺钉技术应用、打码贴标技术应用、密封泄漏检测技术应用、防夹功能检测技术应用、机器人码垛技术应用、多工位并行测试技术应用;优化的机械结构、电气

结构、软件功能,提高了设备自动化程度与功能集成度,便于生产质量管理、节约生产成本。作为汽车防夹电机生产装配及测试设备,具有较高的行业适应性与推广性。

参考文献

[1] 廖强,程金堂,张衡. 汽车电动车窗防夹控制系统研究与开发[J]. 重庆理工大学学报,2011,25(3):1-5.

[2] 苏洪. 基于LIN总线的车窗防夹控制系统研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.

[3] 何虎,张照生,张涛,等. 车窗防夹控制器的自动匹配[J]. 汽车工程,2014(6):740-745.

[4] 王欣荣. 汽车车身智能控制系统的设计与实现[D]. 大连:大连理工大学,2014.