

试
验
检
测基于 LabVIEW 的交流传动
试验数据采集系统

蒋骊湘, 陈高华, 刘护林

(株洲南车时代电气股份有限公司 检测试验中心, 湖南 株洲 412001)



作者简介: 蒋骊湘 (1975-), 男, 工程师, 从事测控技术研究和试验装备开发工作。

摘 要:介绍了基于LabVIEW的交流传动试验数据采集系统的硬件方案和软件设计, 提出了在LabVIEW下数据高速连续存储及数据预处理的实现方法。该系统具有功能强、易操作、界面友好等特点, 为交流传动试验工作提供了有力的支持。

关键词: 数据采集; LabVIEW; 交流传动试验; 高速连续数据存储; 数据预处理

中图分类号: U260.14*6

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2011)02-0053-05

Data Acquisition System for AC-drive Test Based on LabVIEW

JIANG Li-xiang, CHEN Gao-hua, LIU Hu-lin

(Test Center, Zhuzhou CSR Times Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: This paper introduced the hardware structure and the software design of data acquisition system for AC-drive test based on LabVIEW and proposed a method to realize high-speed continuous data storage and data preprocess in LabVIEW. The system has strong function, easy operation, friendly interface and so on, which provides a strong support for the AC-drive test.

Key words: data acquisition; LabVIEW; AC-drive test; high-speed continuous data storage; data preprocess

0 引言

随着电力电子和测试控制技术的发展, 铁道部产品质量监督检验中心牵引电气设备检验站现有的交流传动试验数据采集系统已不能满足试验的需求, 具体表现在电压、电流传感器等级不够, 数据采样频率偏低、采集通道不够, 系统不便于溯源等原因, 因此必须重新设计、建设。

新建的交流传动试验数据采集系统必须满足以下测试任务:

- ①按IEC61287-1:2005^[1]进行变流器型式试验;
- ②按IEC61377-1:2006^[2]进行电传动系统的综合试验;
- ③按IEC60349-2:2002^[3]进行交流电机型式试验。

根据交流传动系统的试验要求和测控技术的发展趋势, 设计了基于LabVIEW的交流传动试验数据采集系统。LabVIEW是Lab Virtual Instrument Engineering Work-

bench (实验室虚拟仪器集成环境) 的简称, 是由美国NI公司创立的一个功能强大而又灵活的仪器和分析软件应用开发工具。LabVIEW采用图形化编程语言, 易于实现软件与硬件的无缝连接。在完成数据采集后, 可以利用LabVIEW提供的数据分析模块, 完成数据处理和显示。在LabVIEW的项目管理方式下进行软件开发, 形成自有的软件程序库, 实现程序模块的共享。本系统采用LabVIEW 的软件开发环境, 极大地缩短了系统的开发周期。

从长期的技术支持、持续的技术进步、高带宽、低延迟、完善的软硬件支持以及交流传动试验需求等方面考虑, 作为当前主流且具有良好应用前景的PXI总线成为交流传动试验数据采集系统的理想核心硬件平台。设备与模块的选用基于PXI平台, 实现系统的最佳性能、最低的成本与最低的复杂程度。

1 需求分析

本系统针对变流器、电机及电传动系统等交流传动试验中的被测信号 (包括变压器、变流器和电机的

收稿日期: 2010-06-29; 收修稿日期: 2010-10-14

电压、电流、转矩转速、温度等)的数据信息进行连续采集,并进行计算、分析及保存。测试内容包括电压总有效值、电压基波有效值、电流总有效值、电流基波有效值、电压THD、电流THD、总有功功率、基波有功功率、总视在功率、基波视在功率、总功率因数、基波功率因数、基波频率、各级效率、电流电压的各次谐波、转矩转速、机械功率、温度监视值等。要求数据可长时间、多通道同步、多量程、高速连续采集,数据精度高,系统功能全面、自动化程度高。

1.1 主要被测信号

1) 变流器供电系统及变流器中间环节

被试变流器供电方式有多种:单重单相交流供电、两重单相交流供电、三重单相交流供电、三相交流供电和直流供电。数据采集系统能满足任一种供电系统的测试要求。

2) 被试变流器输出(被试电机输入)

被试电机由被试变流器供电,数据采集系统满足1~4台电机并联运行的测试要求。

3) 被试电机输出

被试电机输出即转矩、转速和机械功率。

4) 温度

温度点包括环境温度和其他温度。

1.2 被测信号及环境特点

被测信号及环境有以下特点:①信号通道数多,数据量大;②信号类型较多,幅值等级较多,其中主要为PWM波;③信号采集需实时、同步、可靠;④现场电气环境复杂。

1.3 系统功能

系统有以下功能:①系统操作软件采用全中文界面,操作简单方便;②可实时以图表形式显示各数据测试结果、信号波形以及谐波分布;③以Excel文件格式实时保存数据测试结果,以bmp格式保存波形图片;④长时间波形高速连续记录功能;⑤系统具备对历史波形进行回放、查看、细分(放大)的功能;⑥同时测量各通道信号的基波频率、总有效值、基波/谐波值、谐波总畸变率/直流纹波等;⑦提供三相/单相交流功率、功率因数和直流功率测量。

2 硬件方案

整个系统由传感器模块、信号调理模块、PXI采集下位机和PC上位机组成。系统的组成如图1所示。

现场温度、转矩、转速传感器输出数字信号,经由RS485和CAN总线,通过安装于PC上位机的总线通信卡,由PC上位机接收和处理。现场电压和电流传感器、电压互感器输出的信号经信号调理模块变换处理后送至PXI数据采集部分进行采集处理,最后由PC上位机进行分析处理。传感器有多个级别,能够灵活地适应各种试验的电压电流等级的需求。对于电机输入电压

信号,配置多台差分探头,直接接至PXI机箱中的高速示波器卡,以实现更高信号精确时域测量和谐波分析的要求。

信号调理模块主要完成数据采集模块与传感器之间的信号匹配,实现信号转换功能,把传感器输出信号调理成符合数据采集卡输入要求的电压信号,送入PXI采集下位机的数据采集卡。

PXI采集下位机是数据采集系统的核心,由它完成整个系统的数据采集与数据分析、数据计算等任务。PXI内置系统为Real-Time实时系统。被测信号进入PXI下位机的数据采集板卡进行采集,内置的实时控制器负责原始数据的分析、计算,并通过千兆以太网与PC上位机通信。PXI下位机主要由1台PXI机箱及其内部模块组成。其中,数据采集板卡的选择^[4]是很重要的,本系统选取高精度、高采样率及同步性好的板卡。

PC上位机由工控机及双显示器组成,实现应用程序管理、试验配置、测试数据显示、测试结果保存和处理、数据回放等功能。

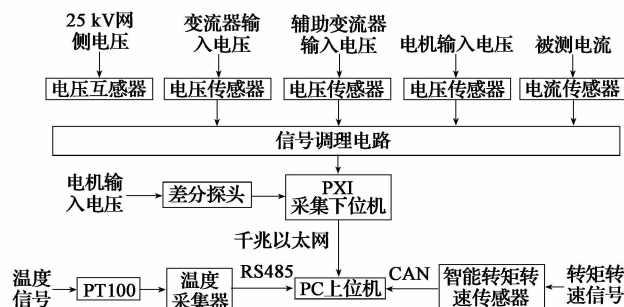


图1 系统组成框图

3 软件设计

软件应用程序按功能分为7个模块:主界面、试验配置、数据采集、波形记录、参数测量、谐波分析、数据回放。软件应用程序结构图如图2所示。

3.1 主界面

主界面提供良好的的人机交互界面,应用程序操作简单、方便,界面

直观大方。主界面负责系统用户权限管理、保护系统和数据的安全工作。系统主界面如图3所示。

3.2 测试配置

根据不同试验项目的具体情况以及所配用的适配线的不同配置系统硬件,主要包含被试品参数、采集卡通道配置、试验通用测试项目配置等。该程序在添加新的试验到系统中时使用,配置后的数据可以在之后的试验中直接使用。

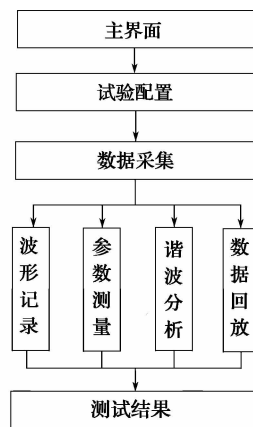


图2 系统应用程序结构图



图 3 系统主界面

3.3 数据采集

被测信号的数据采集及数据传输。通过PXI采集下位机中的数据采集板卡对信号进行高速连续采集,并基于TCP/IP以太网与PC上位机进行数据通信。数据采集的重点是采集参数的设置,其中包括物理通道的选择,采样模式、采样率、每通道采样数、输入方式的配置等。数据采集部分程序如图4所示。

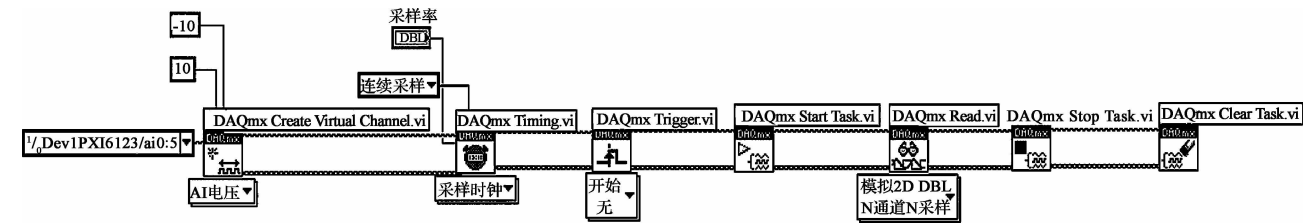


图 4 数据采集

据文件使用二进制存储采集的数据,其文件后缀名为.data。第一个数据文件文件头留出5 KB的空间,以作备用,其他数据文件均为二进制数据。信息文件,可使用VI对文件信息进行存储和读取。信息文件分为3类,后缀名分别为:.link、.set、.bak。link文件包含各个数据文件的重要信息,起到连接各个数据文件的作用。link文件记录每个数据文件的以下信息:数据文件名、数据起始点、总的数据点数、新建数据文件、数据文件状态。set文件记录与数据文件相关并对数据回放起重要作用的信息,包含文件属性、文件识别码、版本号、测量属性、通道属性、数据存储格式、仪器信息等。bak文件是.set文件的备份,且不可修改,保存测量的最原始信息。波形记录的主程序如图5所示。

3.5 参数测量

参数测量是对数据进行计算和分析,并以图表显示和保存。包括被测电压和电流信号的瞬时值、总有效值和基波有效值,各被测单元功率与功率因数,基波功率与相移因数,被测转矩、转速和温度值等。参数测量界面如图6所示。

3.6 数据预处理

在参数计算和分析之前,必须先对采集到的波形数据进行预处理^[5],特别是PWM波信号。在数据采样

3.4 波形记录

在数据采集系统中,除了实时显示测量数据外,一般都需要将采集的数据进行存储记录。为了今后数据存储的便利性,提高数据的通用程度,利于多种场合下的数据交换,提出一种具有一定通用型和扩展性的文件存储格式——波形文件。同时,Windows FAT32单个文件最大不能超过2G,而存储的原始波形文件很可能超过2G,所以提出一种分段存储的方法。当前需要进行存储的数据包括2类:数值类数据,如电压、电流的分析结果,表现为某个具体的数值;波形类数据,如设备采集到的波形数据。根据上述数据的特点,使用以下2种方法:对数值类数据,存在单次试验中数值量少,但试验次数多,试验之间没有很强联系的特点,使用文本保存方式;对波形类数据,有数据类型不确定、数据量大、附加信息多特点。最有效的存储格式是直接存储采集数据的原始格式,可以减少数据存储量,提高整体的数据存储速度。

波形文件存储格式包括数据文件和信息文件。数

中,当采样频率 f_s 小于2倍的信号高频分量 f_m 时,高频分量会混入主周期,被认为是低频主分量(频率混叠)。此时,即使采用数字低通滤波技术也无法将混入的高频分量从低频主分量中除掉,因而形成误差。即使是数据采样技术达到要求,在谐波分析中,仍然会遇到栅栏效应和频谱泄漏等问题。这是因为离散频谱分析是假设在所采用的离散信号数据中包含着所有频率分量信号的整数倍周期。如果这一离散数据含有任一频率分量的非整数倍周期,栅栏效应和频谱泄漏就会发生。

为此,本系统采用频率预取技术,以实时自动地调整采样长度,做到既能进行准确的数据分析又具有实时性。程序中有一个基波频率(f_{dc})估算的子程序, f_{dc} 只作为设置采样长度和数字低通滤波器带通频率的参考。

消除栅栏效应和频谱泄漏的关键是使参与分析的数据长度必须为所有信号周期的整数倍,这样每个频率分量的谱线才会都被检测出。基本思路为:采用数字滤波技术,滤掉高频分量,再用过零点的方式取得基波整周期。本系统采用零相移数字滤波器程序,使滤波后的基波波形无畸变和相移,从而得到准确的过零点。滤波器的低通带宽可参考上面的 f_{dc} 而定。

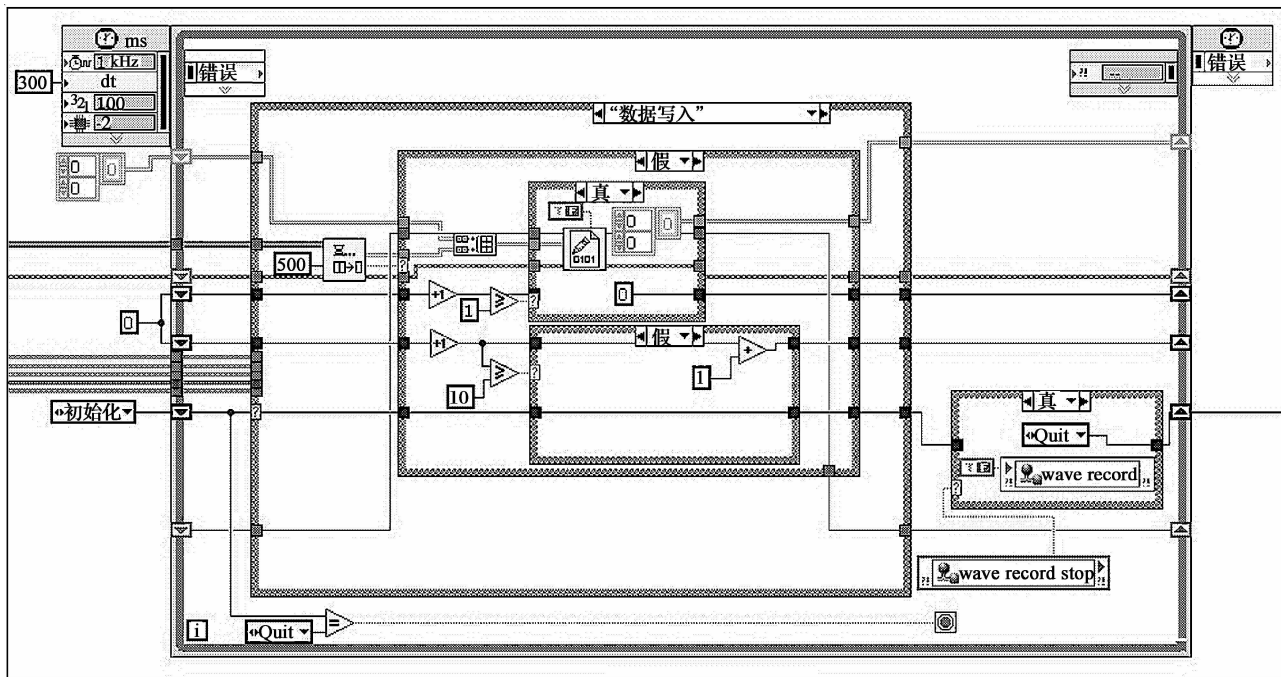


图 5 波形记录主程序

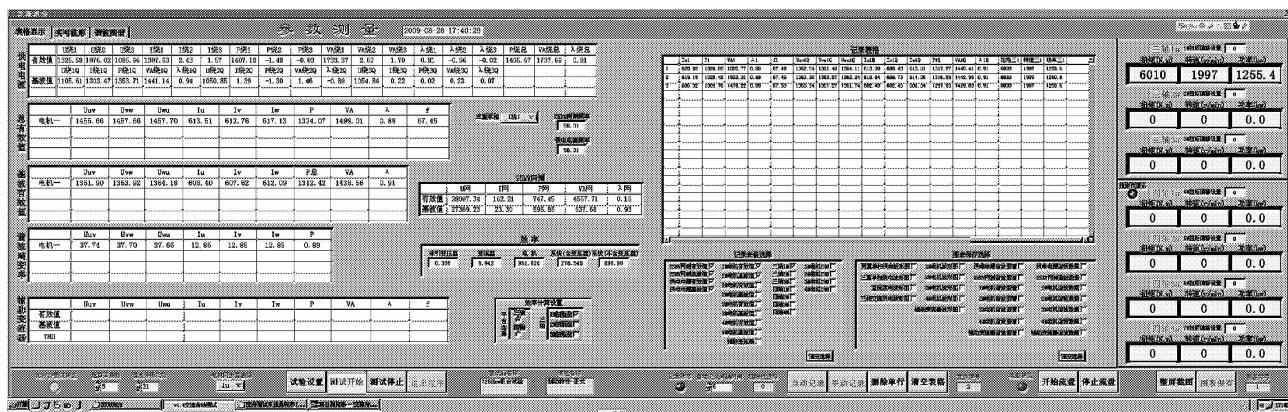


图 6 参数测量界面

3.7 参数计算、显示及保存

电量参数计算和分析建立在测试基本公式和应用公式的基础上,基本公式包括测试计算有效值、基波值等的通用公式,应用公式包括与交流传动试验有关的视在功率、有功功率计算等。然后以表格和图形的形式分类显示,并以记录表格和 Excel 文件格式实时保

存数据,以 bmp 格式保存波形图片。

在“记录表格选择”和“图表保存选择”时,采用复选框,将信号按输入输出、设备类型、数据计算结果等标准分类,用户可任意自定义需要记录和保存的数据和图片,如图 7 所示。记录表格有手动和自动 2 种方式,点击一次“手动记录”即保存一次,按下“自动记录”,

图 7 记录表格选择和图表保存选择

系统将会依照设定的间隔时间进行自动保存, 充分满足某些试验在一定时间内连续记录的需求。

3.8 谐波分析

谐波分析是采用傅里叶变换将时域信号用频域表示。在实际测试与分析中, 连续的傅里叶变换是很难实现的, 本系统采用快速傅里叶变换FFT (Fast Fourier Transform), 运算精确度高、稳定、快速, 将被测信号的谐波分布用表格和图形显示和保存。

3.9 数据回放

读取“ 波形记录 ”程序保存的原始波形数据的信

息文件, 分段还原及合并波形数据, 进行波形回放、计算及分析。

4 实测范例

采用该系统进行了大量的试验, 结果证明该系统运行可靠, 测试精度达到设计要求。以200 KS/s的采样频率进行长时间连续同步采集多个通道数据, 数据采集、传输和分析正常, 系统运行良好。波形与实际吻合, 数据运算准确, 真实可靠。实测数据保存的Excel文件如图8。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	U _{线1}	I _{线1}	P _{线1}	VA _{线1}	λ _{线1}	U _{uv1}	U _{vw1}	U _{wu1}	I _{u1}	I _{v1}	I _{w1}	P ₁	VA ₁	λ ₁	fl
2	1333.15	653.15	696.59	870.74	0.8	784.74	787.08	782.22	794.16	792.56	796.89	648.95	798.91	0.81	18.61
3	1325.54	816.79	876.98	1082.69	0.81	947.91	949.28	949.3	797.61	795.05	794.6	835.08	1023.27	0.82	25.86
4	1330.55	1007.8	1086.16	1340.94	0.81	1091.56	1089.87	1092.27	782.87	781.08	782.21	1015.73	1232.68	0.82	33.97
5	1329.63	1144.38	1232.5	1521.61	0.81	1229.72	1229.23	1228.09	735.27	731.66	732.52	1172.64	1389.01	0.84	42.46
6	1336.35	1301.44	1426.12	1739.17	0.82	1459.42	1459.03	1458.61	619.75	615.85	618.52	1331.22	1504.94	0.88	67.41
7	1346.13	1290.06	1389.27	1736.59	0.8	1482.3	1481.18	1482.73	614.54	612.07	617.01	1326.42	1515.82	0.88	84.19
8	1352.03	1325.1	1433.26	1791.58	0.8	1485.48	1488.95	1488.73	630.07	634.26	632.04	1349.06	1561.63	0.86	92.77
9	1354.28	1341.76	1471.86	1817.11	0.81	1484.47	1489.25	1482.05	658.48	661.24	662.58	1363.83	1626.46	0.84	106.46
10	1350.54	1348.25	1474.91	1820.87	0.81	1484.61	1485.37	1484.95	693.45	692.17	692.17	1367.15	1702.85	0.8	115.32
11	U _{uv1Q}	U _{vw1Q}	U _{wu1Q}	I _{u1Q}	I _{v1Q}	I _{w1Q}	PI _Q	VA _{1Q}	λ _{1Q}	扭矩三1	转速三1	功率三1			
12	503.87	505.55	502.96	785.94	784.3	788.64	625.06	686.52	0.91	10470	509	557.4			
13	651.78	651.57	650.68	786.22	783.64	783.01	806.33	884.77	0.91	9290	752	730.7			
14	812.99	813.24	815.1	771.79	769.88	771.35	986.18	1086.63	0.91	8740	990	905.1			
15	1005.59	1004.83	1004.35	726.59	722.12	722.45	1146.11	1259.63	0.91	8170	1249	1067.4			
16	1364.66	1363.56	1363.71	614.3	607.43	613.06	1319.25	1444.13	0.91	5230	2249	1230.3			
17	1385.59	1383.72	1385.74	611.01	608.39	612.71	1315.22	1466.02	0.9	4410	2745	1266.2			
18	1390.05	1393.51	1393.31	626.68	630.59	628.87	1338.24	1515.91	0.88	4050	3001	1271.3			
19	1391.07	1396.41	1388.91	655.9	657.86	659.91	1353.73	1586.16	0.85	3550	3399	1262.2			
20	1391.81	1392.49	1392.42	690.78	691.64	689.39	1357.16	1665.11	0.82	3730	3248	1267.2			
21															
22															

图8 保存的Excel数据文件

5 结论

本系统投入使用后, 承担了沈阳地铁、7 200 kW的变流器型式试验和组合试验、1 633 kW电机型式试验、300 km/h动车组合试验、北京房山线地铁逆变器型式试验和组合试验等交流传动试验的数据测试任务, 具有测试精度高、自动化程度高、易操作、功能完善等特点, 能同时实现谐波分析仪、示波器、电压表、电流表、转矩转速表、温度巡检仪等多种仪器的功能, 并可进行长时间数据高速连续存储, 以用于波形的回放和分析。使用表明, 本测试系统贴合交流传动试验测试需求, 为试验的正确性提供了有力的保障。

参考文献:

[1] IEC61287-1:2005, 铁路应用 安装在铁路机车上的电力变流器 第1部分: 特性和试验方法 [S].
[2] IEC61377-1:2006, 铁路应用 铁路车辆 第1部分: 逆变器供电的交流电动机及其控制系统的综合试验 [S].
[3] IEC60349-2:2002, 铁路应用 铁路与道路车辆用旋转电机 第2部分: 电子变流器供电的交流电动机 [S].
[4] 白云, 高育鹏, 胡小江. 基于LabVIEW的数据采集与处理技术 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2009.
[5] 李立中. 逆变电源谐波分析中频谱泄漏等问题的解决 [J]. 机电传动, 2002 (3): 28-31.