

虚拟仪器在大型试验系统中的运用

作者：阮向艳

职位：工程师

单位：湖南株洲电力机车有限公司

运用领域：工业控制/产品测试

挑战：大型试验系统需要动态模拟被试品的真实运行工况，实现被试品运行数据的高速同步采集、记录与实时分析，要求试验系统设备的运行控制和被试品运行数据检测二者有机结合，传统的控制和测试技术分属于两个不同的运用领域，很难实现高性能控制与检测一体化。

应用方案：使用 NI 公司 PXI 总线嵌入式计算机平台完成试验数据的采集、分析与存储；使用 SIMATIC S7-300 系列 PLC 完成试验设备的运行逻辑控制，同时配置一台专用计算机作为人机接口，三者通过工业以太网进行数据的实时交换；测控软件采用 NI 公司的 LabView8.5、DSC8.5（OPC）软件平台进行统一设计，实现了运行逻辑控制与试验数据检测的融合。

使用的产品：

- LabVIEW 8.5 软件平台
 - DCS8.5 OPC Servers
 - PXI-1042 PXI 机箱
 - PXI-8196 嵌入式控制器
 - PXI-6143 同步数据采集卡
- 介绍：**

在大功率风力发电机组的设计、生产过程中，设计验证与出厂前地面检验是必不可少的环节，为验证产品的性能是否达到设计参数要求，必须具有可以模拟机组的运行负载与运行环境的试验系统，同时检测发电机组在不同模拟运行工况下的数据。本文主要介绍国内某风电公司兆瓦级风力发电机组试验系统设备运行控制与被试发电机组数据检测方案。

正文：

1. 试验系统的组成及工作原理

本兆瓦级风力发电机组试验系统，采用双机组能量内反馈法实现被试发电机组动态加载。试验系统主要由被试发电机组、负载拖动机组、开关转换电路以及测控部分组成，试验系统组成如图 1 所示：

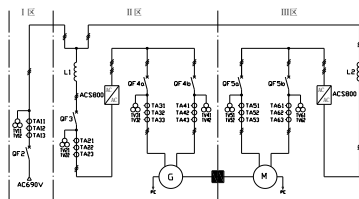


图 1 试验系统组成原理图

图中，I 区为试验系统的供电电源，II 区为被试发电机组，III 区为负载拖动机组。运行过程为，负载拖动机组做电动运行，拖动被试发电机组运转，发电机组产生的电能直接反馈给拖动机组，能量在 II 区和 III 区之间循环，I 区仅提供试验设备的损耗电能。试验时，需控制 II 区被试发电机组和 III 区拖动负载机组配合运行，同时检测分析被试发电机组和负载拖动机组的电压、电流、转速、转矩、振动等参数。对控制和测试的要求如下：

1.1 根据试验系统测控需求，控制部分采用 PLC 完成试验系统的运行逻辑控制、两套变频器的 Profibus 通讯控制、逻辑连锁、安全保护及现场警示控制。

1.2 本试验系统两机组的电机均为双绕组永磁同步机，需要测量的信号为图 1 中所示的 12 路电压传感器（代号为 TVxx）信号和 18 路电流传感器（代号为 TAxx）信号，共 30 路，为对比变频器输入输出端电量参数及计算发电效率，30 路数据要求同步采集，为计算谐波，要求采样率大于 100kHz/通道，同时要求完成有效值、功率、谐波的计算分析，实现数据的计算机存

储，数据分析结果通过以太网实现共享。

1.3 采用专用计算机作为人机接口，完成试验操作指令的发送及设备运行状态监视；同时通过以太网接收存储试验数据，完成数据后期统计分析并生成报表。

2. 测控方案描述

本试验系统两机组输出电能为 PWM 波，不同于工频电源，要求 30 路电量信号的同步采集、计算分析和存储，是传统仪器仪表所难以实现的；同时要求实现智能控制，系统的运行逻辑复杂，检测数据作为调节反馈信号，对检测数据的实时性及可靠性要求极高。测控方案如图 2 所示：

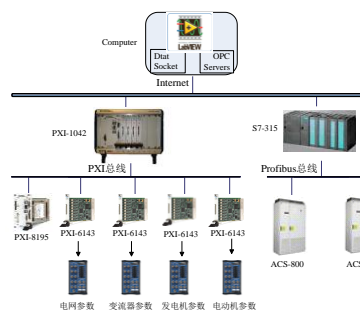


图 2 系统测控拓扑图

2.1 测试部分

测量的电参数每 2 路线电压和 3 路相电流为一组，实现一个功率单元的计算分析，本试验系统共有 5 组电量测量。电压采用 LEM 公司 1000V/50mA 传感器进行信号变换，电流信号采用 LEM 公司 2000A/400mA 传感器进行信号变换。变换后信号通过信号调理单元转换为±5V 标准信号，由 4 块 PXI-6143 DAQ 卡进行采集，机箱为 PXI-1042，控制器为 PXI-8195 嵌入式控制器。

PXI 总线背板提供了一个用于精确定时、具有最小偏差的星状触

发线以及一个普通的 10MHz 的时钟用于同步多个模块。具有 8 条总线触发线,可以把所有的 PXI 插槽连在一起,因此测量模组可以互相作用、触发、相互控制。

PXI-6143 具有 8 路差分模拟输入,具有 8 个独立 A/D 转换芯片,可实现数据的同步转换,单通道采样率为 250kHz,满足谐波分析采样要求。

PXI-8195 嵌入式控制器具有 USB、以太网及 CRT 接口,可安装 Windows 操作系统,方便编程操作及通讯连接。

2.2 控制部分

试验系统中的两套变流机组可采用 Profibus 通讯实现控制。本试验系统选用同时具有以太网和 Profibus 通讯接口的 S7-315/PN/DP 控制器实现运行逻辑控制,Profibus 通讯接口和变流器进行连接,完成变流器的运行控制;以太网接口和计算机连接,通过人机界面的监控软件完成系统的运行控制。

3. 测控软件实现

本试验系统软件功能包括人机操作接口、逻辑控制、数据检测以及试验数据后期分析处理四部分,其中人机接口和试验数据后期分析处理软件在工控计算机上运行,数据检测(含实时计算)软件运行在 PXI 测试计算机上,逻辑控制软件在 PLC 上运行。

3.1 测试系统软件设计及实现

LabVIEW 为图形化软件开发平台,具有和传统语言同样的语言结构,能实现高速波形采集、生成和显示;具有大量的数学运算函数和 FFT 频谱分析、谐波分析、曲线拟合、插值等时域和频域分析功能,还具有 Microsoft Word 和 Excel 报表生成、存储、打印功能。适合于测试软件设计。本试验系统选用 LabVIEW 8.5 进行软件设计,实现数据采集与实时计算。

软件采用模块化设计,共分为参数配置、数据采集与存储、数据实时计算分析、波形显示及数据通讯传输。参数配置是配置板卡的地址、采样率、触发时钟、增益等;数据同步采集利用时钟触发方式实现 4 块板卡的同步,同步采集的实现子程序如图 3 所示。

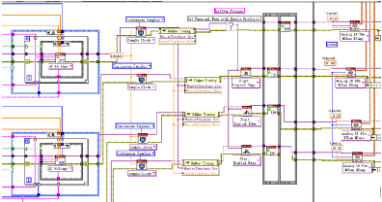


图3 同步数据采集子程序

采用 Signal Processing 工具包中 Waveform Measurements 函数实现有效值、频率的实时计算;数据的传输采用 DataSocket 网络传输技术实现。测试系统主界面如图 4 所示。

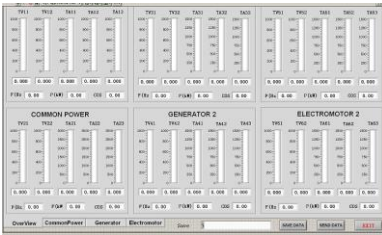


图4 测试部分主界面

3.2 控制系统软件设计及实现

考虑测控软件的统一,控制系统同样使用 LabVIEW 8.5 软件平台设计, Siemens PLC 与 Labview 通讯采用 OPC 方式实现,使用驱动程序为 NI 公司 DCS 8.5。由于采用统一的软件平台,测控部分可有效的实现数据实时交互,提高了软件的稳定性与可靠性。

OPC 采用的是一种客户端服务器的软件架构,对于特定的硬件设备具有特定的服务器驱动程序,客户端程序是通用的。NI OPC Servers 包含多种硬件服务器驱动,方便与不同厂商提供的硬件进行通讯。使用时只需在 OPC Servers 中简单的设置 SIMENS S-300 服务器,并创建与 PLC 相对应的变量,

在 LabVIEW 8.5 中直接调用这些变量,即可实现 LabVIEW 8.5 与 PLC 的数据交换。图 5 为控制部分主界面,包括用户信息、被试机组信息、试验工艺、计算数据显示、试验报表生成等。

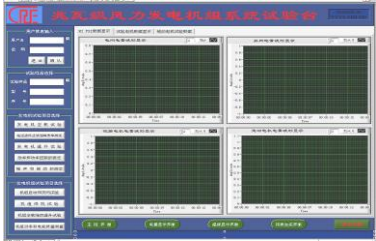


图5 控制部分主界面

试验报表的生成采用 LabVIEW 报表生成工具包生成 Microsoft Word 报表,如图 6 为报表生成子程序。

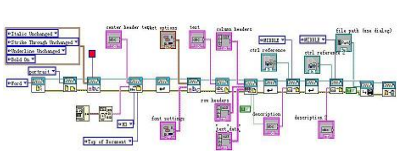


图6 试验报表生成子程序

3.3 数据后期分析软件

数据的后期分析软件是对测试系统采集的原始数据进行综合处理分析,采用 LabVIEW 中 Waveform Measurements 函数模板中的 Harmonic Distortion Analyzer、FFTMeasurement 等函数,实现信号的谐波分析、频谱分析等,并就多次试验数据进行统计分析。如图 7 所示为数据二次处理主界面。

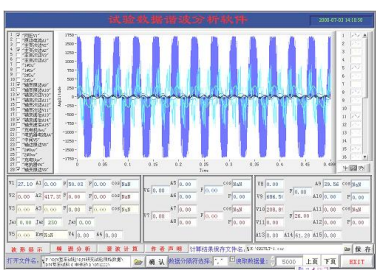


图7 数据二次处理主界面

4. 系统测试

本试验系统已进行了验收测试,测控软件运行稳定;就最终测试数据与 FLUKE 的 NOMAR5000 进行了比对,误差率在国家标准规

定范围内，并对测试系统按标准 JJF1059《测量不确定度评定与表示》进行不确定度评估，分析结果满足该标准的要求。

结论：

通过使用 PXI 虚拟仪器平台，解决了多通道数据的同步采集问题，这是传统仪器无法比拟的；使用 LabVIEW 图形化编程工具进行测控软件开发，由于其包含了大量的计算函数、专用分析工具包及 DCS 扩展功能，非常适用于高性能测控一体化系统软件设计，可方便的实现数据的计算机采集、分析、显示、存储；通过 DCS 和 OPC 驱动，可实现不同厂商的传统硬件控制（如 PLC），解决了控制和测试功能的统一设计，使用户可快速、高效的完成自动测试系统软件开发。

随着测控系统功能的复杂化与计算机硬件可靠性的提高，传统仪器难以满足高速测控要求，许多厂商推出越来越多的基于计算机的控制器（PAC），适于计算机测控编程的 Labview 软件平台必将有更广泛的应用。