

基于 LabVIEW 的便携式推力轴承数据采集系统设计

袁永恒, 董秀成, 郑海春, 古世甫

(西华大学 信号与信息处理重点实验室, 成都 610000)

摘要: 在大型水轮发电机工作中, 推力轴承的运行状态与发电机工作的效率与安全有着重要的关联; 因此在水轮发电机运行过程中需要对轴承系统的各项数据进行实时监测, 已保证发电机在可控条件下进行作业; 本系统采用了基于 LabVIEW 软件平台的多路并行数据采集结构, 实现了对轴承系统中推力瓦的温度、油膜厚度、电机转速等试验数据的实时采集, 将采集到的数据实时显示、显示界面的截屏以及对试验数据的分析、处理、记录和保存等功能; 同时利用 DataSocket 技术实现不同计算机之间的高速数据共享, 让多个试验人员实时分析记录轴承系统数据; 试验结果表明此便携式推力轴承数据采集系统具有能够长时间稳定可靠的运行, 数据采集控制精度高, 试验人员查看数据方便, 系统操作简单等特点。

关键词: 推力轴承; 数据采集; 数据存储; 状态队列机

Design of Data Acquisition System for Portable Thrust Bearing Based on LabVIEW

Yuan Yongheng, Dong Xiucheng, Zheng Haichun, Gu Shifu

(Signal and Information Processing Laboratory, Xihua University, Chengdu 610000, China)

Abstract: In the work of large hydro generator, the running state of the thrust bearing is related to the efficiency and safety of the generator; Therefore, in the process of the operation of the hydro generator, the data of the bearing system should be monitored in real time, and the generator can be operated under the condition of control. The system adopts LabVIEW based multi-channel parallel data acquisition structure, realize the real-time data acquisition of the test data of the bearing system and the temperature of the thrust bearing, oil film thickness, the motor speed and the collected real-time data display, display screenshots of the interface and the analysis of the test data, processing, recording and preservation function, realize the sharing of data between different computer using DataSocket technology at the same time, so that a plurality of test personnel real-time recording and analysis of bearing system data. The test results show that the data acquisition system of the portable thrust bearing system has the advantages of stable and reliable operation, high accuracy of data acquisition and control, easy to check the data for the test personnel, and so on.

Keywords: thrust bearing; data acquisition; data storage; queue state machine

0 引言

水轮发电机组推力轴承是水轮发电机组最重要的部件之一, 它承受着发电机组转子质量及轴向水推力等轴向负荷^[1]。在水轮发电机的运行过程中, 推力轴承系统运行时的状态对于整个机组的安全性具有极其重要的意义, 它让整个水轮发电机处于平衡运行的状态, 并且轴承系统的各方面性能会影响发电机的出力与效率。本文以推力轴承运行时的各种性能参数为测试研究对象, 设计了基于 LabVIEW 便携式推力轴承的数据采集系统, 用于采集在水轮发电机运行过程中推力轴承的推力瓦上油膜厚度和油膜温度等实时数据, 并得到可靠可信的推力轴承性能参数。

LabVIEW 是由美国国家仪器 (NI) 公司研制开发出的虚

拟仪器^[2], 它是一种能够把计算机资源与仪器硬件、数字信号处理与不同功能软件模块结合起来的程序开发环境; 是一个标准的数据采集软件和仪器控制程序面板。LabVIEW 集成了绝大多数的满足各种通讯协议的硬件以及各种数据采集卡与计算机通讯的功能。利用 LabVIEW 可以方便的实现多任务的并行^[3], 与 C++ 和 Visual basic 相比, LabVIEW 是一种能够在短时间内创建高质量项目的图形化变成语言^[4]。目前 LabVIEW 广泛的应用于仪器测试与测量, 工业自动化, 跨平台开发, 控制与仿真和快速开发等领域。

在此将 LabVIEW 编程语言引入到推力轴承试验机数据采集系统中, 对轴承试验机中的推力瓦上的电压, 电流, 温度, 油膜厚度等信号进行采集和显示, 并将数据采集到系统数据库中进行记录, 存储和分析, 并对试验机的转速进行监测以保证试验机在正常状态下运行。

1 系统设计需求

推力轴承数据采集分析系统采用美国国家仪器公司的基于 LabVIEW 操作系统模块化数据采集系统, AD 转换精度要求达到 16 位以上, 工作性能应稳定可靠, 硬件采用模块化设计

收稿日期: 2015-10-28; 修回日期: 2015-12-15。

作者简介: 袁永恒 (1991-), 男, 四川成都人, 硕士研究生, 主要从事测试与控制方向的研究。

董秀成 (1963-), 男, 陕西咸阳人, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事智能系统与控制工程方向的研究。

结构, 模块具有可扩充性, 模块插拔方便可靠, 各模块相互隔离, 各通道抗干扰能力强, 选用通用接口 USB 以及 Express-Card 与计算机通信。系统所采用的传感器应在现场测试应表现稳定, 抗干扰能力强, 精度高。所有的硬件应集成在一个便携式机箱中, 便于测试人员移动测试。

数据采集分析软件采用多媒体动态仿真测控软件, 实现测试分析、信号处理、拟合分析、刷新分析、实时采集、监控报警灯功能。数据采集分析系统应由专用工业计算机、热电偶信号调理模块、热电阻调理模块和电源系统组成。并且为了设备具备高可靠的电磁兼容性能, 需要设计能够完全隔离的电源系统进行供电。为了设备的高稳定性、便携性, 设备采用便携式机箱装备采集模块并使用了 PXI 总线作为设备系统的总线方式。

2 系统硬件设计

在推力轴承性能试验中, 典型物理量的测量包括对油膜温度、瓦块温度、轴向力和油膜温度等的测量方法^[5]。采集系统主要采集的数据为油膜厚度, 油膜压力以及油膜温度。为了满足系统设计的要求, 设计了如图 1 所示的系统结构, 采用了工业计算机, 并使 ExpressCard 进行高速数据交换。ExpressCard 模块采用的是优于 PC 卡 PCI 并行总线接口的串行数据接口, 其在减少界面所需信号数目的同时提高了总线数据传送的速度, 功耗比传统 PC 卡更低, 使得拆装过程更方便。机箱选择 NI 公司生产的 PXIE1073 机箱和 SCXI1001 机箱进行数据采集。PXIE1073 通过 ExpressCard 与笔记本进行高速数据交换, 它有 3 个混合插槽和 2 个 PXI-Express 插槽, 每个插槽都接收 PXI-Express 模块, 并有高达 250 MB/s 的专用带宽和 250 MB/s 的系统带宽; 在 0 °C 到 50 °C 的温度下, 总功率达 150 W, 机箱还包括一个集成化 MXI-Express 控制器。SCXI1001 机箱是牢固、小巧的 12 插槽机箱, 可以装载任何 SCXI 模块; 具有强制风冷的机架固定、面板安装以及便携式可供选择; 低噪音信号调理环境、三条内部模拟总线、NI-DAQ 驱动使程序配置和测量简单; 适用于高速多路复用电路。

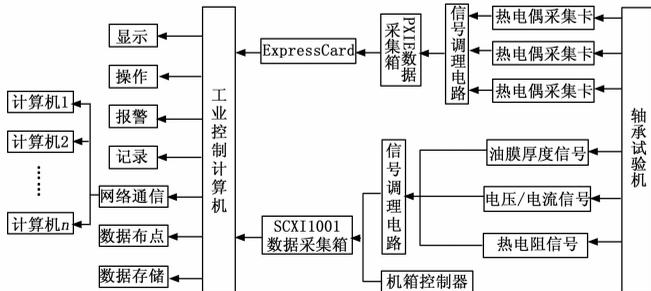


图 1 采集系统结构

热电偶热电阻等信号, PXIE 机箱采 PXI4353 以及 TB4353 为插入板卡进行热电偶的采集; SCXI 机箱采用 SCXI1104, SCXI1300, SCXI1308 以及 SCXI1306 等板卡进行油膜厚度, 电压/电流信号以及热电阻的采集。具体配置如图 2 所示。

硬件配置具有重量轻, 设备稳定, 易携带以及防电磁干扰等特点, 在实际使用过程中方便测试人员搬运, 拆装以及使用。

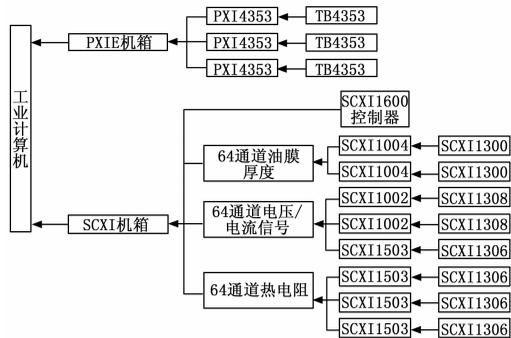


图 2 采集系统硬件设计

3 系统软件设计

3.1 软件的结构和功能

Labview 程序由程序框图以及前面板组成。前面板是用户和程序交互使用的界面, 程序框图写出的代码能够通过前面板以图形的方式显示出来, 能够直观的理解各种界面的功能。为了使得试验人员能方便的获取轴承运行时采集到的数据, 满足系统设计需要, 采用了如图 3 所示的软件程序结构。

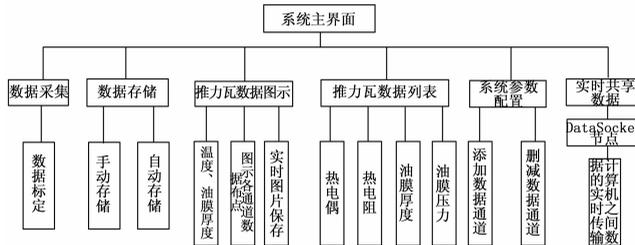


图 3 系统软件结构

数据采集系统主要主要包括以下功能:

- 1) 从设备硬件采集卡中采集到数据, 并对数据进行滤波和标定;
- 2) 提供一个人机交互界面以选择采集时需要调整的参数和功能 (自动存储或手动存储、存储时间间隔、采集数据的精度以及不同界面显示的数据量等);
- 3) 对指定采集通道进行图示的布点显示和实时图片保存, 以及相应通道布点的增加与删减;
- 4) 将采集到的数据通过 Datasocket 技术进行实时的交换和共享, 不同计算机之间能够通过有线以及无线的方式进行数据传输。
- 5) 将采集到的数据连接到 Excel 表中, 进行数据存储。

3.2 程序功能的实现

数据采集, 数据列表与界面的设置, 数据通信以及数据存储是实现数据采集分析系统功能的关键。

3.2.1 数据采集

本系统采集的通道较多, 采集的频率较高, 导致采集的和需要处理的数据量大, 因此系统在软件结构上采用了并行数据采集的方式。并行数据采集的工作方式分为两种方式, 分别是独立性和交互式采集模式。交互式数据采集模式是数据采集设备在工作过程中存在某些功能上、时序上的联系^[6]。鉴于硬件设备采用两个不同的采集机箱, 软件结构需要让数据采集和数据处理同步进行, 因此数据采集模式采用交互式采集模式。

LabVIEW 中提供了一种实现数据同步操作的队列技术,此队列技术将一个有序的消息,从一个状态机传递到另一个与之独立的并行运行的状态机中^[7]。

LabVIEW 中提供的同步机制中,最常用的技术是队列同步操作技术。队列同步操作技术就是将所在系统采集到的一系列有序的数据信号传递到一个正在运行的状态机中,并且同步的将数据信号传递到另一个并行运行的状态机中完整对采集到的信号的循环处理,程序如图 4 所示。数据采集处理采用“生产者-消费者模型”^[8]，“生产者-消费者模型”的实现在 LabVIEW 中常采用队列技术,上半部分不断的采集信号,下半部分不断的处理信号。

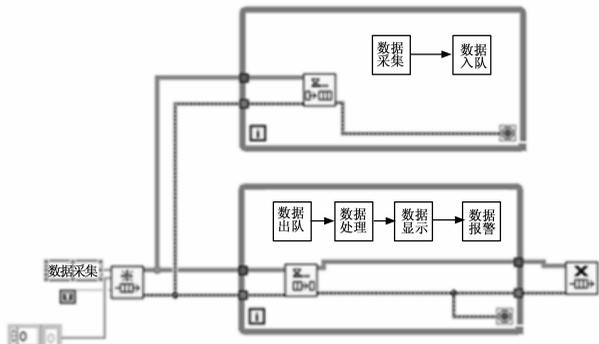


图 4 状态队列机结构

因数据是从各传感器中采集到的原始数据,无法达到系统对于数据的要求,所以在系统中有匹配了相应通道的配置文件,通过配置文件能够对相应通道的数据进行数据标定。考虑到硬件设备采集频率较快,可能出现数据的失真,采集模块使用了均值滤波的方法对采集数据进行滤波处理。在采集数据时可以设置系统的采样率,通道开辟缓冲区大小,读取采样数和数据保留位数的参数,如图 5 所示。

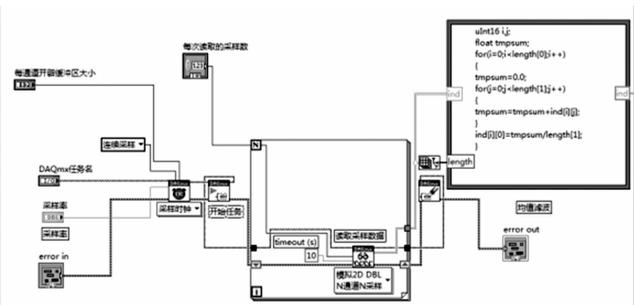


图 5 数据采集模块

3.2.2 数据列表与数据界面

数据采集分析系统的主界面由系统设置、数据存储、数据采集以及数据显示几个部分组成。设置模块分为系统参数设置和数据精度调整,采集的数据能够通过主界面调整数据的具体位数,参数设置能够增加和删减所需要采集的通道以及通道数据。数据存储分为存储间隔设置以及自动和手动存储设置两个模块,可以分别设置存储间隔的时间以及存储数据的方式。数据采集分为开始采集和停止采集,用来控制系统运行。

数据显示由推力瓦数据图示以及推力瓦数据列表组成,点击按钮便进入数据图示以及数据列表界面;数据图示界面主要

以图片和推力瓦图片布点的方式来显示,标志点能在推力瓦图片任意位置放置并显示相应通道的采集数据;数据列表界面由各通道采集实时数据以列表的形式显示。

目标布点通过将通道相对应的布尔控件作为不同的元素,再将通道元素进行组合为布尔控件数组;然后把采集到不同数据通道的数值组合成对应的数组,通道采集到的数组经过配置文件的参数配置,由加载坐标配置文件的子 VI 将数值控件与布尔控件(显示灯)连接合成为混合控件,加载坐标配置文件的子 VI 如图 6 所示;再将当前 VI 的属性节点设置为鼠标点击放置布尔控件,最终实现在图示界面增添与删除对应通道布尔控件的功能。混合控件能够实时显示对应通道位置所采集到的数据。

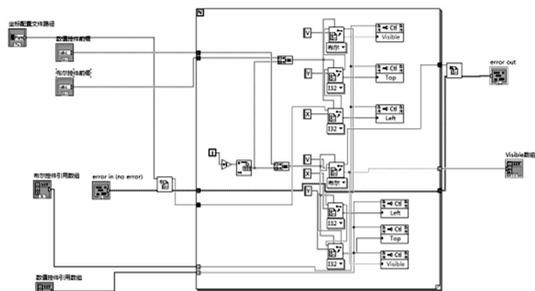


图 6 坐标配置文件加载

推力瓦数据图示界面运用 LabVIEW 自带的截取 VI 簇面板的模块,实现了在任意时刻截取推力瓦数据图示并保存的功能。

3.2.3 数据通信

为了使得试验人员能够多方面的处理和分析采集到的数据,程序使用 LabVIEW 自带的 DataSocket 节点技术模块。DataSocket 是 National Instrument 提供的一种编程工具,借助它可以在不同应用程序和数据源之间共享数据^[9]。

DataSocket 技术基于 TCP/IP 协议并对其进行高度封装,能在测试测量过程中实现服务器与多用户的实时数据交换与共享,而用户不必担心程序底层的细节^[10],采用的网络通信模式为 Client/Server 模式,即客户/服务器模式^[11]。当 DataSocket Server 运行在计算机中时,本机、局域网或 Internet 中的其他 DataSocket 程序都能方便的从采集数据的计算机中获取数据。因此我们将连接采集机箱以及存储数据的工业计算机作为服务器,使它在无线局域网中发布数据给带有 DataSocket 计算机应用程序,如图 7 所示。

将服务器中的程序使用 LabVIEW 里的 DataSocket 工具箱的写入模块,连接到采集的数据,并将数据数组设置为全局共享变量,再将客户端的接受程序写为 DataSocket 读入模块。在服务器与客户端之间建立一个无线网络,服务器写入的数据通过无线网传递给客户端,客户端读入服务器传来的数据后通过程序前面板显示出来。远程测试人员从 Web 服务器获取的总是最新的数据,但只有服务器能够控制仪表。

3.2.4 数据的存储

数据存储的模块使用 LabVIEW 的报表生成模块,它提供了与 Microsoft Office 软件的接口,可以生成的数据直接存储在 Word 或者 Excel 中,同时可以在存储时直接通过软件加入

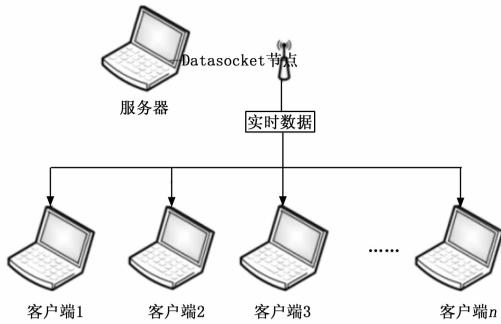


图 7 Datasocket 数据共享

各种图片, 使数据的表现更加丰富^[12]。软件中数据存储模块的实现方式如图 8 所示。

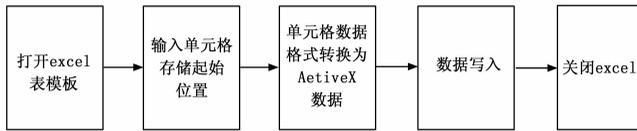


图 8 Excel 存储流程图

Labview 报告生成工具包通过 ActiveX 技术将 Microsoft Word 和 Excel 与 LabVIEW 集成开发环境结合起来, 用于生成专业的报告, 因而高效的标识出各种测试数据和结果^[13]。ActiveX 是基于 COM 组件对象模型技术, 也就是 OLE 技术的扩展。利用 LabVIEW 中 ActiveX 技术对数组的属性节点的操作和使用, 对 excel 表格进行数据的读取和存储, 具体 LabVIEW 程序如图 9 所示。

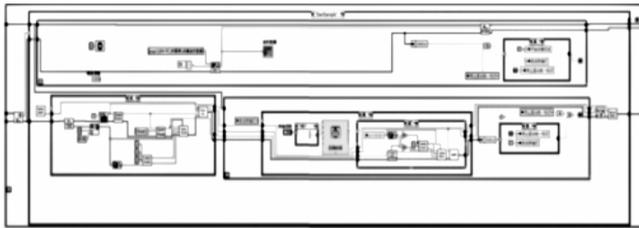


图 9 Excel 表数据读取与存储

考虑到现场测试在时间上有间断性和延续性, 在存储功能模块还添加了存储时间间隔的设置功能, 可设置了时间间隔, 数据存储便会在设置的时间中将采集到的数据存储到 Excel 表中。为了实现这个功能, 在采集判断程序外添加一个条件结构, 条件结构外的条件项连接一个存储灯控件。当灯亮时表示采集开始, 灯灭表示采集结束。并在此条件结构中增加一个小的条件结构, 里面包含时间条件, 分别为 5 s、10 s、20 s...10 min, 然后连接 LabVIEW 里的定时控件, 定时控件做为存储数据的条件项, 完成后实现此采样时间设置功能。

试验中, 将系统采集模块打开, 对所有通道进行模拟信号采集, 将采集的数据实时显示在程序前面板上, 如图 4 所示; 然后将采集到的数据存入 excel 表中, 数据存储过程中表现稳定, 存储完成后能在后台 excel 文件查看所采集到的历史数据。

4 试验结果与分析

在推力轴承现场条件下进行数据采集试验, 通过传感器连

接到相应的数据采集卡, 再将数据卡相应的通道进行系统标定, 采集的数据符合系统设计需求。如油膜温度、油膜厚度等数据在系统标定后, 在主程序的数据界面和数据列表中对应的通道数据中能实时显示并且数据精确, 误差小。

在试验过程中, 系统表现稳定, 能长时间高速运行。采集的数据实时显示在系统各个应用界面上; 数据通过 DataSocket 节点在不同计算机之间传输稳定, 速度快, 延迟低。试验结束后, 采集数据存储到 excel 表中, 表中数据完整, 精度高, 无数据丢失现象。

5 结论

利用 LabVIEW 软件以及 NI 各系列的采集机箱与采集卡和 LabVIEW 强大的图形化编程功能, 完成了整套便携式推力轴承系统数据采集分析系统。

系统根据实际情况选择生产者/消费者模式, 达到了数据采集与数据处理同步, 通过软件的优化精确了数据结构。数据分析从推力轴承系统上推力瓦的油膜厚度、油膜温度等数据出发, 系统全面的展示轴承推力瓦运行时的状态。数据存储方面直接与 Excel 相连, 使得存储的数据对于试验人员更加简便的查看、分析和后续处理。

整个系统能够实时、准确显示轴承系统工作状态, 并且具有较高的易扩展性, 通过采集机箱能加入更多的采集通道, 进行信息的显示和分析。同时系统本身与轴承系统的使用无关, 更改软件系统本身与所使用的轴承系统没有关联, 更换轴承系统配件也不需对系统软件做修改。软件的维护和升级简便, 整套设备具有很高的稳定性和可靠性。

参考文献:

- [1] 张惟彬, 赖喜德, 唐 健, 等. 大型水轮发电机组推力轴承油膜特性分析 [J]. 水力发电, 2015, 41 (2): 63-66.
- [2] 王树东, 何 明. LabVIEW 在数据采集系统中的应用研究 [J]. 国外电子测量技术, 2014, 33 (5): 103-106.
- [3] 张 望, 于清旭. 基于 LabVIEW 的 CO 激光器控制系统 [J]. 计算机测量与控制, 2007, 15 (5): 629-631.
- [4] Christoph wagner, Sergio Armenta, Bernhard Lendl. Developing automated analytical methods for scientific environments using LABVIEW [J]. Talanta, 2010, 80: 1081-1087.
- [5] 王维民, 刘宾宾, 张 娅. 推力轴承试验研究技术发展综述 [J]. 风机技术, 2015, 2: 71-78.
- [6] 张 清. 多功能实验室数据采集系统 [J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2004, 23 (2): 202-204.
- [7] 李 超, 焦瑞莉, 陈家田. 基于 LabVIEW 的并行数据采集系统设计 [J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2012, 31 (2): 89-92.
- [8] 阮奇桢. 我和 LabVIEW [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2012.
- [9] 王志鹏, 王 昕, 徐振良. DataSocket 技术在远程测试中的研究与应用 [J]. 微计算机信息, 2006 (5S): 136-137.
- [10] 杨丹峰, 王 芳, 马 聪, 等. 基于 LabVIEW 的轴承试验机测控系统设计 [J]. 测量与仪器, 2015 (6): 38-41.
- [11] 马海瑞, 周爱军. 基于 DataSocket 技术的 LabVIEW 远程测控 [J]. 现代仪器, 2005 (6): 20-22.
- [12] 唐剑飞, 石 林, 蔡 涛. 基于 LabVIEW 的光伏逆变器性能检测系统 [J]. 电测与仪表, 2014, 51 (7): 75-80.