

基于 LabVIEW 的滚动轴承非平稳过程 监测诊断及性能评估系统的开发

孟文俊^a, 徐光华^{a,b}, 姜阔胜^a, 王 义^a, 陈晓光^a, 陶唐飞^{a,b}

(西安交通大学 a. 机械工程学院; b. 机械制造系统工程国家重点实验室, 西安 710049)

摘要:以 LabVIEW 软件为开发平台, 建立滚动轴承非平稳过程故障诊断及性能评估系统, 完成系统硬件和软件的设计。系统采用 NI9234 数据采集卡, 针对变工况下滚动轴承振动和瞬时角速度信号进行采集和分析。该系统集成了多通道数据采集、试验台控制、数据库存储以及基于该文研究算法的测试分析等模块。

关键词: LabVIEW; 滚动轴承非平稳过程; 数据采集; 故障诊断; 性能评估

中图分类号: TP277.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0682(2015)02-0018-05

Development of non-stationary process for rolling bearing fault diagnosis and performance evaluation system based on LabVIEW

MENG Wenjun^a, XU Guanghua^{a,b}, JIANG Kuosheng^a, WANG Yi^a, CHEN Xiaoguang^a, TAO Tangfei^{a,b}

(a. School of Mechanical Engineering; b. State Key Laboratory for Manufacturing Systems Engineering,

Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: Based on LabVIEW software development platform, a non-stationary process for rolling bearing fault diagnosis and performance evaluation system is established, and the hardware and software of this system are designed. The system uses NI9234 data acquisition card, collecting and analysing vibration and instantaneous angular velocity signal on the variable conditions of rolling bearing. This system integrates multi-channels data acquisition, test stand control, database storage and analysis based on this paper algorithms.

Key words: LabVIEW; non-stationary processes for rolling bearing; data collection; fault diagnosis; performance evaluation

0 引言

滚动轴承作为机械设备中重要的零部件,其运行状态将直接影响机器设备的使用寿命、可靠性及精度。因此研究滚动轴承的故障诊断及性能评估技术具有重要的意义。目前滚动轴承的监测与故障诊断主要以恒速恒载工况下的平稳信号研究为主,缺乏有效的针对轴承变工况下非平稳信号的诊断方法,因此有必要对其进行深入研究。

数据采集是滚动轴承非平稳过程监测诊断及性

能评估的重要环节,而 LabVIEW 是目前国际上应用最广的数据采集和控制开发环境之一。LabVIEW 是一种图像化编程语言,它用图标、连线和框图代替传统的程序代码,可以形象地观察数据的传输过程,是开发测量或控制系统的理想选择。系统采用 NI9234 数据采集卡,结合 LabVIEW 语言实现信号的采集、分析和处理。

1 滚动轴承非平稳过程系统设计

根据需求分析,开发的系统由测试硬件平台、软件分析平台和软件控制平台组成,系统的总体结构如图 1 所示。测试硬件平台由传感器、变频器、控制器和数据采集卡等部分组成,可以对不同工况下轴承非平稳信号进行同步采集;软件分析平台包括数据存储模块、以及在 LabVIEW 平台上开发的滚动轴

收稿日期:2014-11-07

基金项目:“基于自供能无线传感器的航空发动机滚动轴承监测技术”项目(51075323)

作者简介:孟文俊,西安交通大学硕士研究生,研究方向为滚动轴承故障诊断技术。

承非平稳信号测试分析模块等,能够实现轴承非平稳信号的采集、分析、存储等功能;软件控制平台由载荷控制模块和转速控制模块两部分组成,实现对模拟试验台变速变载的实时控制。

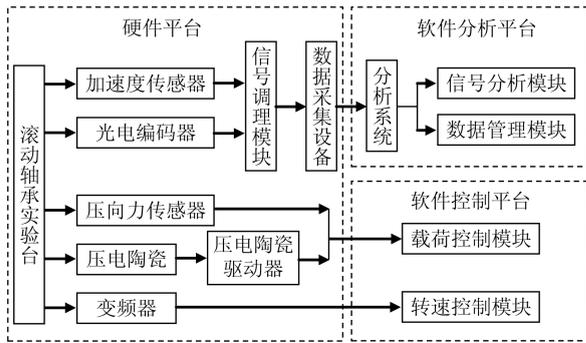


图1 系统总体结构图

1.1 测试控制硬件平台设计

系统的测试控制硬件平台由加速度传感器、光电编码器、压向力传感器、压电陶瓷、压电陶瓷驱动器、变频器及数据采集卡7部分组成,各个组件的详细参数及功能如表1所示。

表1 硬件系统组成

| 硬件名称 | 型号 | 功能 |
|---------|------------|--------------|
| 加速度传感器 | PCB608A11 | 拾取轴承振动信号 |
| 光电编码器 | MK80 | 测量轴承瞬时转速信号 |
| 压向力传感器 | WAC-10 | 测量压电陶瓷的实际输出力 |
| 压电陶瓷 | SCMPA05-12 | 对轴承进行轴、径向加载 |
| 压电陶瓷控制器 | XE500-501 | 控制压电陶瓷的输出 |
| 变频器 | MR-J3 | 对实验台电机进行转速控制 |
| 数据采集卡 | NI9234 | 采集各类传感器数据 |

1.2 软件分析与控制平台设计

为了满足系统的需求,该文设计的滚动轴承非平稳过程监测诊断及性能评估系统的软件结构如图2所示,软件分析与控制平台主要由系统控制、数据采集、信号分析、数据管理等模块所组成。

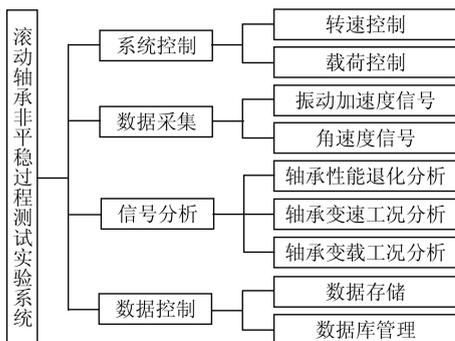


图2 测试控制软件平台结构框图

控制功能。能够控制电机转速的变化方式和变化速度,以及控制滚动轴承实际承受的载荷大小。

2)数据采集模块:该模块能够对采样频率、采样时间、数据长度等参数进行设置,并且控制信号采集过程的启停。

3)信号分析模块:该模块能够对不同工况下的非平稳信号分别进行处理分析,对于轴承性能退化信号采用形态学滤波及复杂度算法进行处理,对于变速工况下的滚动轴承故障信号采用谱峭度和阶比分析的方法,对于变载荷工况采用瞬时角速度的方法进行分析。

4)数据管理模块:主要是实现对录入数据库中的轴承数据和相应测试参数的查询和修改管理的作用。

2 系统模块开发

2.1 开发平台介绍

虚拟仪器技术是指依托通用计算机,根据用户的测试需求和定义设计仪器的测试任务,通过软件实现多样的仪器功能,LabVIEW是开发测量或控制系统的理想选择。

2.2 系统主界面

系统的主界面如图3所示,由系统控制、数据采集、信号分析、数据管理和退出系统几个按钮组成,单击每一个按钮都能够调用相应的模块,进入相关子程序完成进一步的操作。

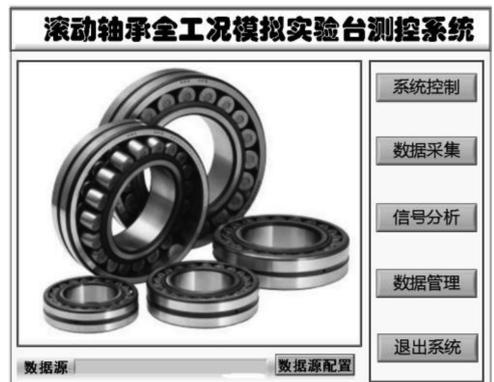


图3 系统主界面

2.3 系统控制模块

系统控制模块主要功能是对试验台的电机转速和测试轴承的轴、径向载荷进行控制,以实现变速、变载工况的模拟。系统控制界面如图4所示,包括电机控制和载荷控制两部分。电机控制部分可对电机的启停、转速、变速方式和变速时间进行控制;载荷控制部分可通过调整压电陶瓷的输入电压分别对轴向和径向进行加载。

1)系统控制模块:该模块主要实现对试验台的



图4 系统控制界面

首先,将计算机与变频器及压电陶瓷控制器相连,即可通过计算机输出控制指令对电机和压电陶瓷分别进行控制。在转速控制方面,首先需要选择

通信端口,其次根据测试需求设置目标转速和加减速方法,为了满足不同的变速需要,系统提供了线性加减速和S型曲线加减速两种变速方案,在变速方式对话框中输入0即为直线型加减速,输入1即为S型曲线加减速。此外,系统还可以对变速时间以及电机运转方向进行设置,转速控制部分 LabVIEW 后台程序如图 5 所示。在载荷控制方面,系统设计了3路加载通道,可以分别通过调整输入电压值来控制压电陶瓷加载,并通过获取压力传感器的实时数据监控每一路的实际加载状态,载荷控制部分 LabVIEW 后台程序如图 6 所示。

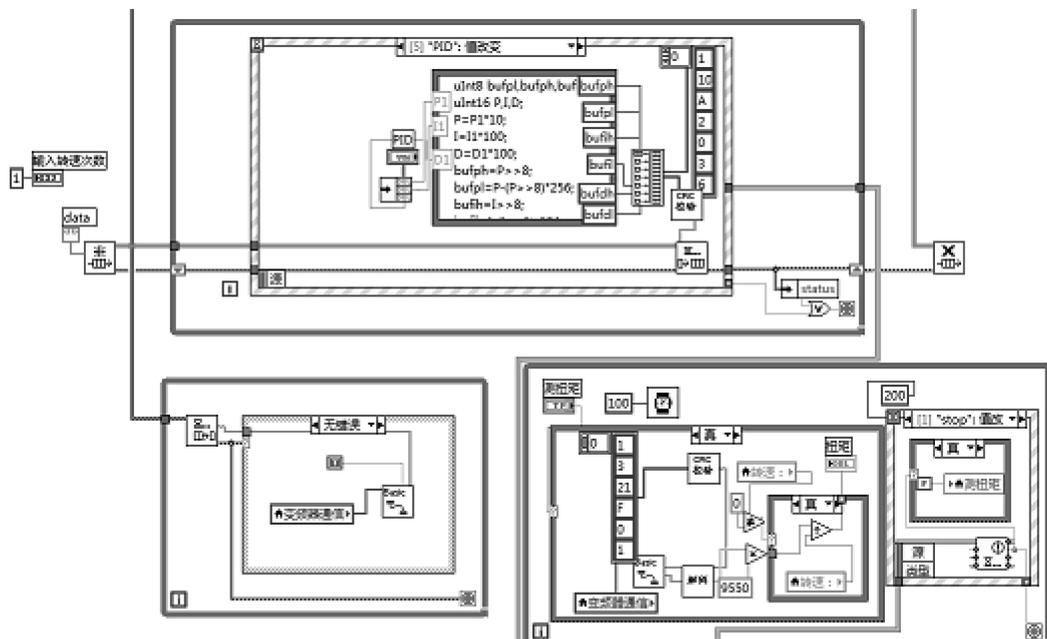


图5 转速控制部分 LabVIEW 后台程序图

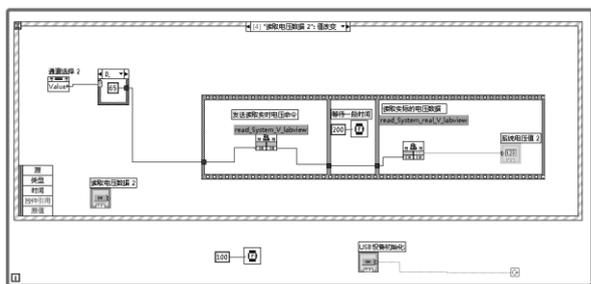


图6 载荷控制部分 LabVIEW 部分程序

2.4 数据采集模块

数据采集模块主要实现不同传感器数据的采集,将采集的数据实时显示,并将其按一定的方式存储。数据采集模块主要包括了波形显示区域、采集参数设定区域和数据保存区域 3 个主要部分,其界面如图 7 所示。其中,波形图表区显示时域波形和

实时幅值谱;采集参数设定区域,需要分别对采样频率、采样时长、轴承编号及运行状态等几部分参数进行输入;数据保存区域主要是能够选择和改变采集得到的数据文件的保存路径。

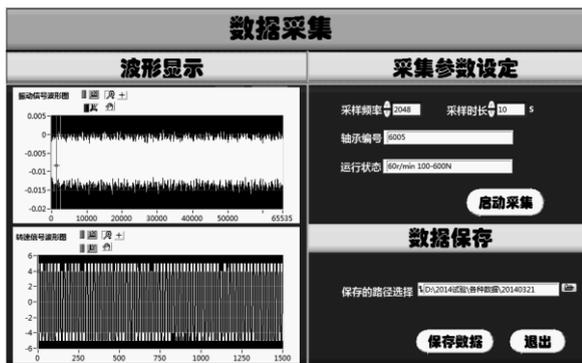


图7 数据采集界面

数据采集流程:利用不同的数据采集卡和采集设备,将采集获取的数据经过调理箱的滤波和放大后存放在采集卡数据缓存区里,通过安装采集卡驱动程序,并利用 LabVIEW 控制程序把数据从采集卡缓存读取到操作系统的内存缓存中,并按照程序的设置把数据按照一定的方式存储起来。图 8 所示为基于 LabVIEW 平台数据采集流程图。

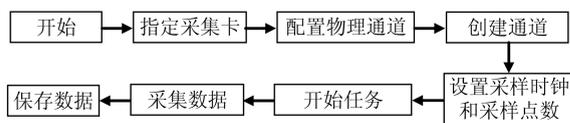


图 8 数据采集流程图

数据采集后台程序主要部分如图 9 所示。在进行数据采集之前必须首先建立数据采集任务,通过调用 DAQmx 面板上的“DAQmx 创建虚拟通道”控件,“DAQmx 读取”控件和“DAQmx 开始任务”控件,通过该子程序框图可以完成硬件采集通道的配置,采样方式、采样长度和采样频率的设置。

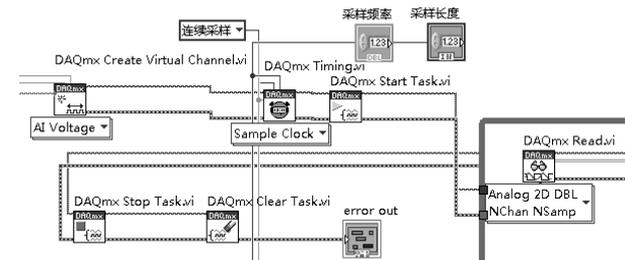


图 9 LabVIEW 数据采集程序图

采集任务设定好以后,通过任务输出连线传递给“DAQmx 读取”控件,这样所采集到的数据就能以一定的方式显示,并按照设置保存到系统数据库中,图 10 所示为数据录入数据库部分程序图,其功能是利用数据库访问模块建立数据插入子 VI,实现数据的录入。

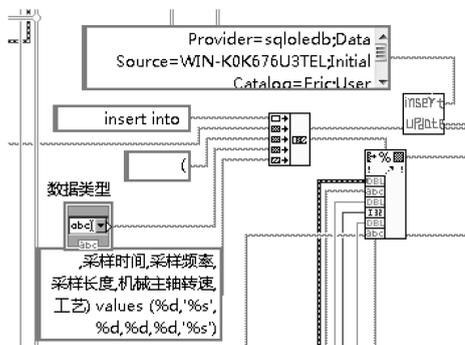


图 10 数据录入数据库程序

2.5 信号分析模块

信号分析模块包含轴承性能退化分析,轴承变速工况分析与轴承变载工况分析三部分,轴承性能退化

分析界面如图 11 所示,根据采集时间选择数据后,先点击形态学滤波按钮,当处理结束指示灯亮起时,再单击复杂度计算按钮即可得到信号的复杂度。同时,原始波形及形态学滤波结果将会在波形图上显示。

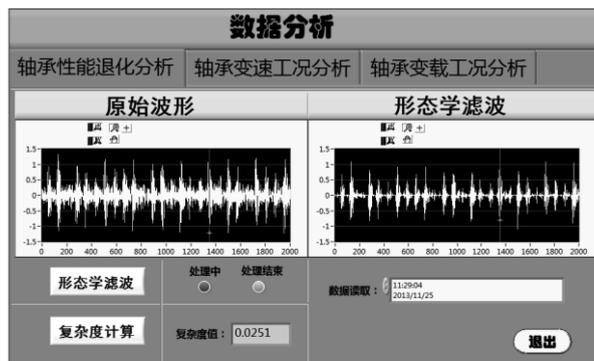


图 11 轴承性能退化信号分析界面

轴承变速信号分析界面如图 12 所示,根据采集时间选择数据后,先单击 EMD 降噪按钮,当处理结束指示灯亮起时,再单击谱峭度解调按钮,当处理结束指示灯亮起时,单击阶比分析按钮,波形图区域会显示原始振动信号及阶比分析的结果。

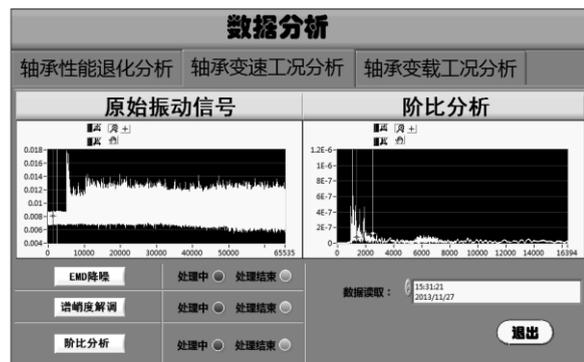


图 12 轴承变速信号分析界面

轴承变载信号分析界面如图 13 所示,根据采集时间选择数据后,单击脉冲计数按钮,当处理结束灯亮时再单击 FFT 按钮,检测结果会显示在左侧的波形图区域。

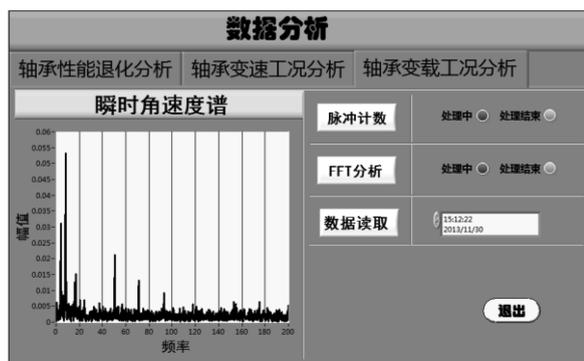


图 13 轴承变载信号分析界面

2.6 数据管理模块

数据库是系统分析模块和数据采集模块的桥梁,既能够存储采集得到的各种数据,并且还能够对历史数据进行查询和组织管理。

为了实现数据库与 LabVIEW 软件的动态链接,利用 LabVIEW 自带模块和 SQL 结构化查询语言,结合微软公司的 Access 数据库来实现数据储存和访问数据库等功能。数据管理界面如图 14 所示,可以实现对历史数据按照人员信息、轴承信息、采集时间信息等条件进行查询、增删等操作。



图 14 数据查询界面

3 系统测试

为了评价系统的运行性能,在完成系统设计的编译后,将系统用于实际轴承数据采集,并将试验数据输入到系统相关模块,利用所编译的系统对数据进行分析、处理及存储,从而对系统的可行性进行了验证。

设置好轴承实验的采集参数和数据保存路径后,开始进行振动信号及转速信号的同步采集,数据采集面板显示结果如图 15 所示。

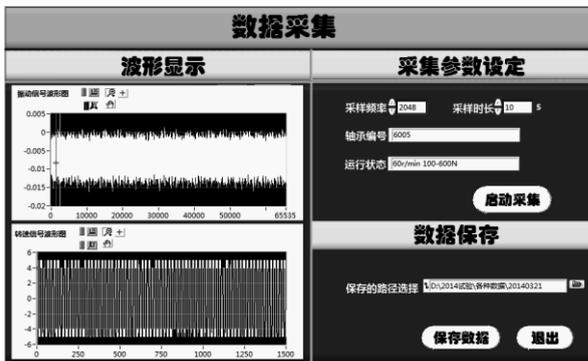


图 15 系统采集模块测试结果

采集完成后,选择数据分析模块中的轴承变载工况分析子模块,将轴承变载工况下的数据读入系统后,单击脉冲计数按钮,当处理结束灯亮时再单击

FFT 分析按钮,检测结果如图 16 所示,结果证明了系统数据分析模块能够对输入数据进行有效的信号处理并得到正确的结果。

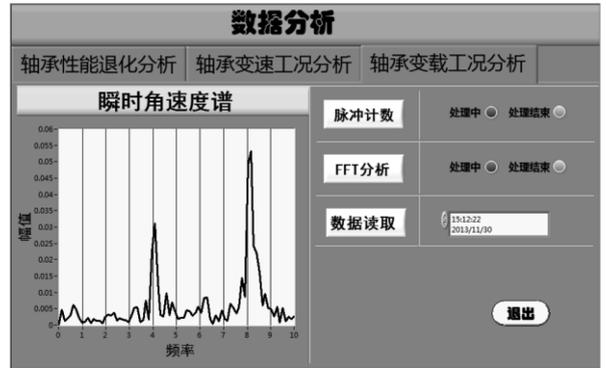


图 16 系统分析模块测试结果

4 结论

该文根据系统需求,设计了系统的总体方案。依托 LabVIEW 软件平台,开发了滚动轴承非平稳过程监测诊断及性能评估系统。系统由硬件平台、系统控制模块、数据采集模块、数据分析模块和数据管理模块组成,可实现试验台的控制与滚动轴承不同工况和运行状态下数据采集、显示、分析、管理和存储等功能。最终,通过实验数据对所开发的系统的有效性进行了调试和验证。

参考文献:

- [1] 刘晓东,吴斌,冯长建. 变速非平稳条件下滚动轴承故障特征提取方法研究[J]. 现代制造工程,2007(8):4-9.
- [2] 张洁,高品贤,林建辉. 变速旋转机械的锁相倍频测试技术[J]. 中国测试技术,2003,9(5):13-14.
- [3] 宋京伟,梅秀庄,郭云. 变转速变载荷下滚动轴承故障的小波-HMM 诊断[J]. 轴承,2005(12):9-12.
- [4] 秘晓元. LabVIEW 中利用 LabSQL 对数据库访问技术的探讨[J]. 自动化与仪器仪表,2004,116(6):54-56.
- [5] 沈保山,姬长英,郭玉平,等. 基于 LabVIEW 数据采集系统的设计[J]. 机械与电子,2009(4):76-78.
- [6] 栗佳,包瑞新. 基于 LabVIEW 的旋转机械故障诊断系统的研究与开发[J]. 噪声与振动控制,2008,28(2):47-50.
- [7] 梅宏斌. 机械学·滚动轴承振动监测与诊断:理论·方法·系统[M]. 北京:机械工业出版社,1995.
- [8] 陈树学,刘萱. LabVIEW 宝典[M]. 北京:电子工业出版社,2011.

的开发

作者: [孟文俊](#), [徐光华](#), [姜阔胜](#), [王义](#), [陈晓光](#), [陶唐飞](#), [MENG Wenjun](#), [XU Guanghua](#),
[JIANG Kuosheng](#), [WANG Yi](#), [CHEN Xiaoguang](#), [TAO Tangfei](#)

作者单位: [孟文俊, 姜阔胜, 王义, 陈晓光, MENG Wenjun, JIANG Kuosheng, WANG Yi, CHEN Xiaoguang \(西安交通大学 机械工程学院, 西安, 710049\)](#), [徐光华, 陶唐飞, XU Guanghua, TAO Tangfei \(西安交通大学 机械工程学院, 西安710049; 西安交通大学 机械制造系统工程国家重点实验室, 西安710049\)](#)

刊名: [工业仪表与自动化装置](#) 

英文刊名: [Industrial Instrumentation & Automation](#)

年, 卷(期): 2015(2)

引用本文格式: [孟文俊](#). [徐光华](#). [姜阔胜](#). [王义](#). [陈晓光](#). [陶唐飞](#). [MENG Wenjun](#). [XU Guanghua](#). [JIANG Kuosheng](#). [WANG Yi](#). [CHEN Xiaoguang](#). [TAO Tangfei](#) [基于LabVIEW的滚动轴承非平稳过程监测诊断及性能评估系统的开发](#)[期刊论文]-[工业仪表与自动化装置](#) 2015(2)