

基于 sbRIO-9606 的波浪发电数据采集系统设计^{*}

林凯东 杨金明

(华南理工大学电力学院 广州 510640)

摘 要:提出一种用于机电式波浪发电模拟实验的数据采集系统,实现对发电机电压、电流和加速度等参数的实时数据采集。系统硬件采用 NI sbRIO-9606 和 NI 9683 配合使用,避免了依靠 DAQ 助手的硬件采集系统的局限性,可控性强,应用性好。系统软件采用 LabVIEW 语言编写,提供友好的人机界面,采用 TDMS 文件格式进行数据的存储及回放操作,占用存储空间小,易于维护。实际运行显示,该系统数据采集过程操作方便、稳定、可靠,可以满足波浪发电实时性分析与控制要求。

关键词:波浪发电系统;数据采集;LabVIEW;TDMS

中图分类号: TK79 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 480.30

Design of data acquisition system based on sbRIO-9606 used in wave energy converter

Lin Kaidong Yang Jinming

(The College of Electric Power, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Proposes a data acquisition system which is applied in electromechanical wave energy converter analog device, realizes the real-time collection of generator's voltage, current and acceleration signals. Use NI sbRIO-9606 and NI 9683 instead of traditional DAQ assistant as the hardware part of the system, controllability and applicability are strong. The software part is LabVIEW-based to provide friendly HMI. Data are recorded and read in TDMS file format which needs small memory space and is easier to maintain. Actual operation shows that the system is stable and reliable, and meets the real-time analysis and control requirement of the wave energy converter system.

Keywords: wave energy converter; data acquisition; LabVIEW; TDMS

0 引 言

海洋波浪能作为一种极其重要的可再生能源,能量密度高、发布广,具有良好的发展前景。

波浪转换装置(wave energy converter, WEC)效率的提高和控制是波浪发电领域中的一个热点,需要进行理论分析和实验验证。目前主要的实验手段是人工造浪装置^[1-3],但这种设备建设成本和运行成本较高,且不易实现对波浪的参数控制。

本文提出了一种机电式波浪发电模拟实验平台,运用机电装置实现波浪的起伏运动,基于 sbRIO-9606 构建了数据采集系统和数字控制系统,并运用图形化编程语言 LabVIEW^[4-6]开发了监控界面。

模拟实验平台上需要采集电气和机械位移信号,目前有两种比较常用采集信号的方法:以单片机或 DSP 为核

心处理器的数据采集系统和基于高速 FPGA 的数据采集和数据处理系统^[7-8]。前者编程复杂,开发周期长,不易维护,难以适应高速数据采集系统的要求。后者时钟频率高、速度快、效率高,可满足大数据量的高速传输控制,但相应的编程语言—HDL 语言比较复杂。

目前,大多数的数据采集卡配套着特定的驱动和上位机软件,而且功能专一,只用于数据采集,而实际应用中数据采集往往只是一个中间环节,完整的工业现场还需要以处理器为核心的控制系统。NI sbRIO-9606 嵌入式控制和采集设备在单块 PCB 上集成了实时处理器、FPGA 和 I/O^[9],使得数据采集系统和控制系统结合为一体,减少硬件复杂度,增强系统可靠性。利用 NI 公司提供 LabVIEW FPGA 开发工具可以实现对 FPGA 进行图形化编程,使得对 FPGA 的开发利用变得简单^[10]。

收稿日期:2017-06

^{*} 基金项目:国家自然科学基金项目(51177050)、广东省部产学研合作项目(2013B090500089)资助

1 波浪发电模拟实验系统

波浪发电模拟实验系统包括波浪发电模拟装置和数据采集与控制系统,如图1所示。

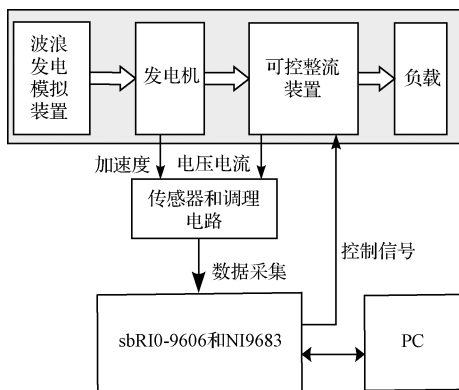


图1 波浪发电模拟系统

1.1 波浪发电模拟装置

波浪发电模拟装置的设计如图2所示,系统实验平台和图3所示。设滑块的运动位移为 x_0 ,动子运动位移为 x ,质量块和动子质量为 m ,弹簧弹性系数为 k ,导轨摩擦等效阻尼系数为 c_1 电机等效阻尼系数为 c_2 ,则发电机的电磁力可表示为 $F_e = c_2 \dot{x}^{[11]}$,对图2的动子和质量块进行整体受力分析,可得:

$$m\ddot{x} + c_1\dot{x} + c_2\dot{x} + kx = kx_0 \quad (1)$$

上式与振荡浮子发电系统的数学模型一致^[11]。

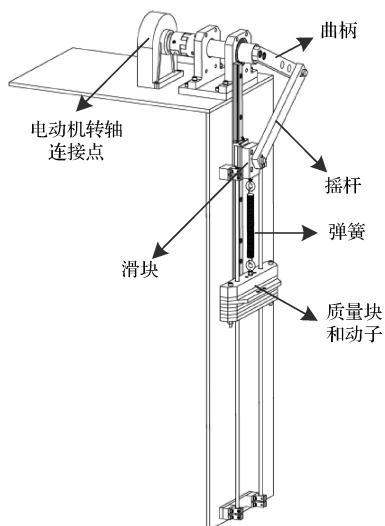


图2 海洋波浪发电模拟装置设计

1.2 数据采集系统

数据采集系统由硬件和软件两大部分组成。硬件由传感器、板卡和计算机组成,软件由底层FPGA VI、RT VI和HOST VI构成。



图3 波浪发电模拟系统实验平台

1.2.1 硬件系统设计

NI sbRIO-9606、NI 9683和传感器等构成数据采集系统的下位机部分,发电机的输出电压和输出电流分别经过电压传感器和电流传感器,电机的加速度由加速度传感器测量,传感器的输出信号经调理电路接到NI 9683的差分输入端口。上位机选用预装了LabVIEW 2015、NI LabVIEW Real-Time、NI LabVIEW FPGA等软件的PC机^[12],上位机是LabVIEW软件图形语言编程开发平台,通过以太网端口对下位机进行配置,并对波形进行显示。

1.2.2 软件系统设计

采用模块化、结构化的编程思想,软件系统分为3部分:1)运行于sbRIO内部FPGA的数据采集程序FPGA VI; 2)运行于sbRIO内部实时处理器的RT VI; 3)运行于PC机的实现数据回放显示的HOST VI。软件结构如图4所示,软件界面如图5所示。

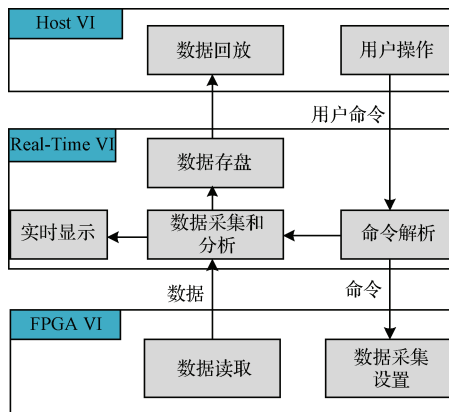


图4 软件结构

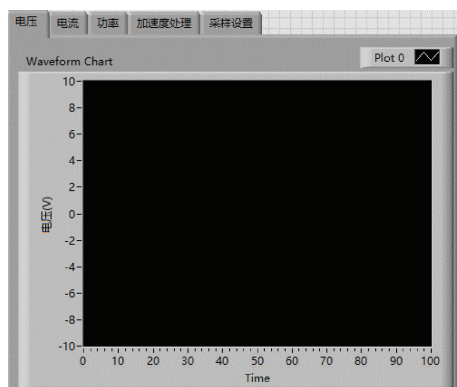


图5 程序界面

1) FPGA VI 的设计

由于采集的数据量大, FPGA VI 通过 DMA FIFOs 方式向 RT VI 进行数据传输, FPGA VI 程序如图 6 所示。

2) RT VI 的设计

RT VI 的功能是接收来自 Host VI 的用户命令并解析命令, 对 FPGA 的采样频率和采样数等参数进行设置, 读取 FPGA 采集到的信号并将数据进行处理之后显示、存盘。RT 部分程序如图 7 所示, 本系统采用 TDMS 文件格式来保存采集到的数据, 同时保存通道名称。

3) Host VI 的设计

运行于 PC 端的 Host VI 程序主要功能是接收用户命令以及对存盘的波形数据进行回放显示。

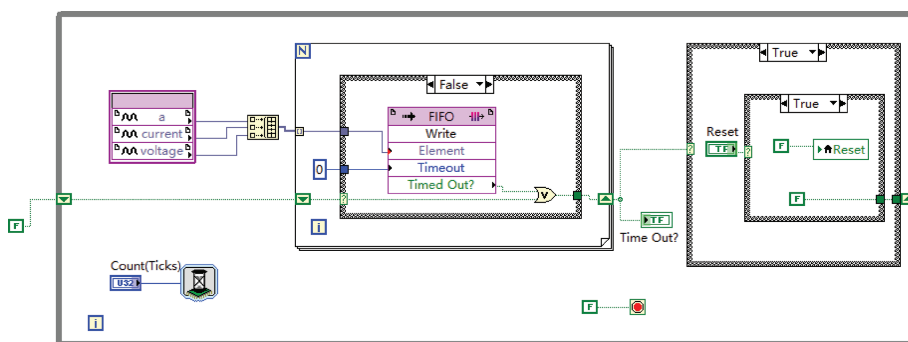


图6 FPGA 读取数据

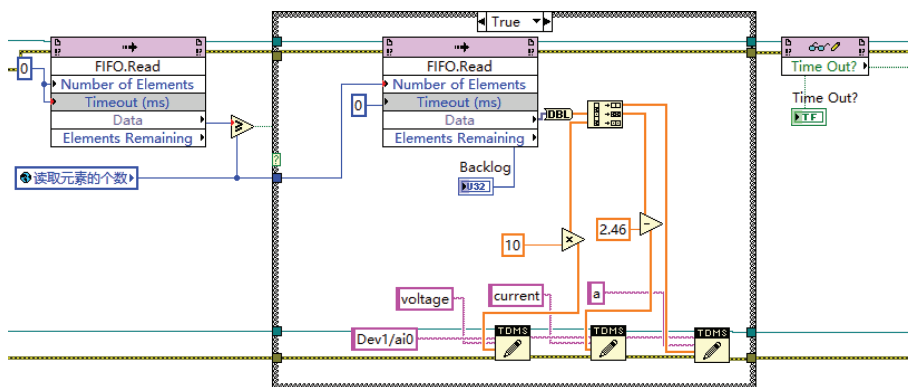


图7 Real-Time VI 设计

2 实验验证

设定曲柄摇杆旋转周期(也即模拟波浪周期)为 2.1 s, 采样频率为 200 Hz, 测得的结果如图 8~12 所示。加速度信号经低通滤波之后得到的波形如图 8 所示。对其进行积分, 采用多项式拟合法消去积分后产生的趋势项^[13-15], 再经带通滤波便得到速度信号, 如图 9 所示。对速度信号再次进行积分、去趋势项和滤波处理, 可得位移信号, 如图 10 所示。电机整流之后的输出电压波形如图 11 所示。电机输出的瞬时功率波形如图 12 所示。

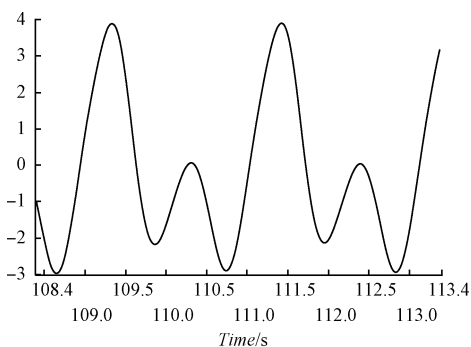


图8 加速度波形

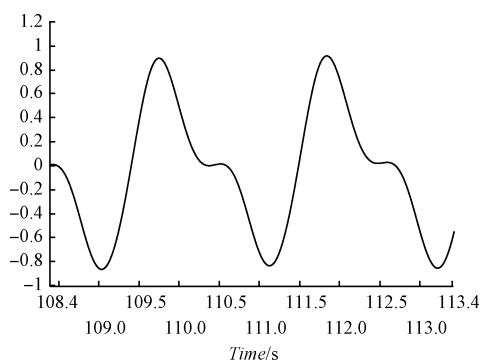


图9 速度波形

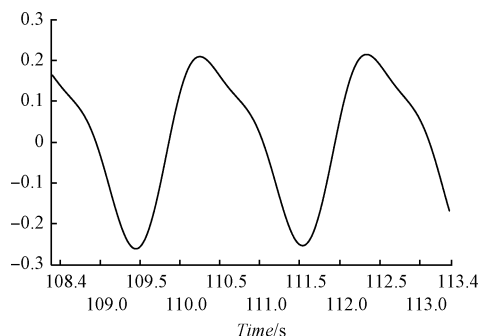


图10 位移波形

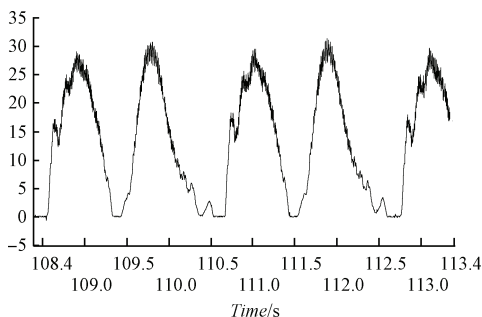


图11 电压波形

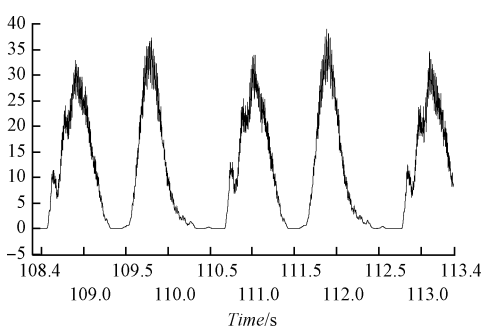


图12 功率波形

护方便、稳定性高,可以满足波浪发电的特性分析和实时控制要求。

参考文献

- [1] 肖文平. 摆式波浪发电系统建模与功率控制关键技术研究[D]. 武汉: 华南理工大学, 2011.
- [2] 刘春元. 圆筒永磁直线发电机在直驱式波浪发电系统的应用研究[D]. 南京: 东南大学, 2015.
- [3] 齐家龙. 带波浪模拟的浮力摆式波浪能发电装置的试验研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [4] 刘正琼, 胡丽莉, 唐璇, 等. 基于虚拟仪器的肢体姿态检测系统研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(6): 907-913.
- [5] 梁忠仔, 姜金辉, 陈洋, 等. 基于 LabVIEW 的智能语音控制振动数据采集系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2017, 36(2): 63-68.
- [6] 俞宙, 李静, 魏亚峰, 等. 基于虚拟仪器的高速混合信号自动测试系统设计[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(增刊 1): 94-101.
- [7] 吴宇, 黄新迪, 吴媚, 等. 基于 DSP 的高速数据采集处理系统的研究[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(5): 62-65.
- [8] 张素萍, 李朝强. 基于 MScmm 和队列技术的 LabVIEW 数据采集系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(6): 86-91.
- [9] 权震华. 基于 sbRIO 的直流发电机电性能参数检测系统[J]. 中国科技信息, 2015(17): 89-91.
- [10] 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(6): 103-106.
- [11] MENDONCA H, MARTINEZ S. A resistance emulation approach to optimize the wave energy harvesting for a direct drive point absorber[J]. IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2016, 7(1): 3-11.
- [12] 王树东, 孙野, 梁国栋. 基于 LabVIEW 和 FPGA 在数据采集系统中的开发设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2014(6): 64-67.
- [13] 许自顺, 张强. 时域积分在振动信号分析中的应用[J]. 车用发动机, 2016(4): 87-92.
- [14] 牟玉喆, 潘鑫, 高金吉, 等. 基于 LabVIEW 的振动加速度信号积分方法研究[J]. 北京化工大学学报: 自然科学版, 2016, 43(2): 70-74.
- [15] 陈培永, 王彤. 动态加速度信号的时频域积分方法[J]. 江苏航空, 2011(增刊 1): 73-76.

作者简介

林凯东, 1992 年出生, 硕士研究生, 主要研究方向为波浪能发电技术。

E-mail: 156098902@qq.com

3 结论

设计并实现了基于 NI sbRIO-9606 和 NI 9683 的数据采集系统, 采用 DMA FIFO 的方式实现了 FPGA 和实时控制器之间大数据量的可靠传输, 系统开发周期短、维