

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2013.03.030

基于LabVIEW的磁控电抗器测试系统*

赵晓东, 贾孔昊

(杭州电子科技大学 信息与控制研究所, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为了实现对磁控电抗器控制与工作回路电压和电流的监控,以验证磁控电抗器的可靠性及性能,提出了一种基于虚拟仪器技术的软件检测系统设计方案。该系统以NI USB-6210数据采集板卡为硬件平台,采用了LabVIEW和Matlab混合编程的方法,充分利用了LabVIEW友好的图形化人机界面和PC机强大的数据处理能力的优势,通过Matlab Script节点法、后台分析、报表设计、数据库存储,实现了对采集数据及波形的分析,以形成操作简单方便、测试精度高、功能完善的测试及分析平台,进而为磁控电抗器的设计、监控和性能分析提供了依据。系统测试结果表明,该方案在缩短测试系统开发周期的同时实现了对设备实时(毫秒级别)的检测。

关键词: 磁控电抗器; 虚拟仪器; 数据采集系统

中图分类号: TM47; TP29 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2013)03-0380-04

Testing system of magnetically controlled reactor based on LabVIEW

ZHAO Xiao-dong, JIA Kong-hao

(Institute of Information and Control, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to monitor the control and work circuits' voltage and current of the magnetically controlled reactor and verify its reliability and performance, a system designing scheme based on the technology of virtual instrumentation was proposed. The NI USB-6210 data acquisition card was used as the hardware platform, and making full use powerful data-processing capacity of the PC and friendly interface of LabVIEW, the system was established. Matlab Script, backstage calculating, report form designing, database storage were used. It is simple in operation, high in test accuracy and powerful in functions, which can offer the basis of the magnetically controlled reactor about designing and performance analysis. Test results indicate that this scheme can realize millisecond level detecting in shorten testing system development cycle at the same time.

Key words: magnetically controlled reactor; virtual instrumentation; data collection system

0 引 言

人类生活的方方面面都离不开电,随着国民经济的不断发展,社会对电能的需求也越来越大,这就对电力系统提出了更高的要求。而随着现代电力电子设备等非线性负荷大量接入电网,电网供电质量受到严重影响,具体表现在功率因数降低、电网损耗增加、电能利用率下降^[1],也导致了资源的浪费。无功功率的传输加重了电网的负担,使电网损耗增加,因此需要对其进行就近和就地补偿。无功功率平衡对提高电网经济效益和改善供电质量至关重要。磁控电抗

器是目前高压输电系统和各类电网运行首选的无功补偿装置,它对于提高电网的输电能力、调整电网电压、补偿无功以及限制过电压等方面都有非常大的应用潜力^[2-4]。在研究磁控电抗器的快速励磁机制的过程中,对磁控电抗器各种电气参数的监控成为判定其可靠性以及工作效率非常关键的一步。因而研究者有必要设计出一套虚拟的调试平台,以实现磁控电抗器输入与输出电压、电流的检测控制,达到对其工作状态的监测。以及对数据的存储分析,从而实现对设备性能的检测与判定。

随着计算机技术的广泛应用,针对磁控电抗器的

收稿日期: 2012-11-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60974138);浙江省钱江人才计划资助项目(R10080)

作者简介: 赵晓东(1971-),男,山西太原人,教授,硕士生导师,主要从事控制理论与控制工程方面的研究。E-mail: xdzhaoh@hdu.edu.cn

仿真与测试也应运而生,但普遍属于单纯仿真,缺乏与实际控制器连接的动态性能测试。

基于以上不足,本研究提出基于LabVIEW虚拟仪器模块化技术对串抗器设备进行测试研究的新方法。

1 控制与监测系统

磁控电抗器借助控制回路直流的激磁改变铁芯的饱和度(工作点),从而达到平滑调节无功输出的目的。它能随着传输功率的变化自动平滑地调节自身容量,在线路传输大功率时,它运行在小容量范围内,当线路轻载或空载时,它会增大容量而呈现出深度的补偿效应,能够起到降低工频电压升高的作用^[5-6]。本研究所设计的磁控电抗器检测系统在对磁控开关单元进行稳定可靠地控制以及实时返回控制信息的前提下,更能实现对电抗器系统内部各相关数据的自动监测与实时记录。

1.1 硬件设计

磁控电抗器的高端电压可达 35 kV 以上, 低压端电压有 500 V 以上, 而嵌入式控制系统以及采集系统都属于低电压的小信号系统, 所以研究者需要良好的强、弱电系统隔离功能。控制系统主要由 CPU 主控单元、电流电压参数检测单元、光电隔离单元、电抗器外励补偿线圈 4 个单元组成, 电抗器整体回路如图 1 所示。

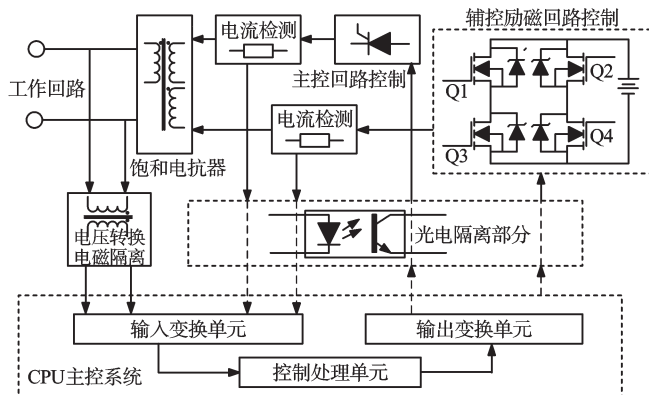


图1 磁控电抗器回路

电流、电压参数检测单元实现对系统电流和电压的检测功能,具有电磁隔离保护设置。

光电隔离单元主要包括 PWM 驱动隔离和 QEP/CAP 隔离,具有强弱电系统隔离功能。饱和电抗器的辅助励磁线圈采用 PWM 方式调节励磁电流,要有较高频率的开关加电气隔离功能。

对于数据采集系统来说,一个高效稳定的采集模块的选取要结合实用性、有效性、精确性和经济性。根据西门子直流调速装置6RA7075的特点,本研究选用的是美国国家仪器(National Instruments, NI)公司的

USB-6210 多功能数据采集卡。它是一款用于自动检测和配置的即插即用 USB 多功能数据采集卡,它具有 16 路的模拟输入,均为 16 位且输入采集速率可达 250 kS/s;4 路数字输入;4 路数字输出;两个 32 位计数器。该采集模块能够很好地满足本研究对于数据采集的需求。

整个采集系统的框架如图2所示,系统由电压与电流转换模块从磁控电抗器回路中获得经强弱电隔离后的控制回路和工作回路电压电流,经信号调理模块将信号传递给高速数据信号采集设备,同时通过PCI总线实现数据采集设备与上位机监控软件间的连接,使得从上位机便可实时的观测整个系统的运行情况。此外,系统还实现对检测数据的波形显示分析以及报表的生成,通过采集数据的存储为后续的分析处理以及设备性能的评估提供充足的依据。

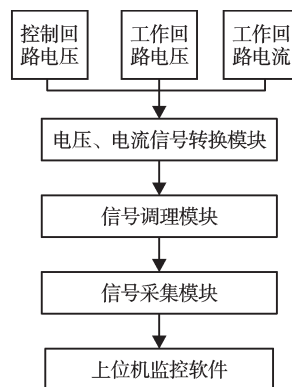


图2 采集系统框架

1.2 软件平台

目前虚拟应用程序的编写方式大致可以分为两类:

第一类是使用通用的编程软件来进行编写,主要有 Visual C++、Visual Basic 等等,而由于 Visual C++ 和 Visual Basic 需要专业的编程人员来进行程序的编写以及数据库、控制监控画面的设计,对于开发人员的要求较高,而且其开发和测试周期也相对较长,故而在实际工作中越来越少地被使用。

另一类则是使用专业的图形化编程软件来进行开发,如 LabVIEW 等。与众多顺序编程语言不同 LabVIEW 程序的执行是由数据流控制的^[7]。它拥有强大的界面开发能力和良好的软硬件接口,在智能化虚拟仪器和检测控制系统设计中广泛使用。它使用图形化编程语言来编写程序,使用框图来代替传统的程序代码,具有较好的直观性,使其能在较短的时间里便被设计人员所掌握;另一方面,它自带庞大的附加软件包,如控制与仿真、数字信号处理、统计过程控制、模糊控制、PID 控制等^[8-9],并含传统程序的调试工

具,如设置断点、单步执行等,便于程序调试。

基于以上情况,该系统采用LabVIEW作为开发平台实现对软件的编写和设备的监测。

2 数据采集

要实现对整个系统性能的分析,首先必须要能够实时准确的采集到磁控电抗器的各个电压电流值,而在实际的试验过程中除了需要对各种波形进行实时地采集外,还需要通过特定情况下的控制信号输出来实现对相应电磁设备的控制切换。

考虑到对数据分析处理的要求,本研究采用实时采集的模式。该模式采用模拟信号差分输入的连续采集方式,即在数据采集(Data Acquisition, DAQ)区域中开辟一段循环缓冲区,设备连续采集数据并将数据向缓冲区中存放,在连续地向数据缓冲区存放数据的同时,LabVIEW依据设置将缓存中的数据依照存入的时间先后顺序读取出来,在监控界面上显示并存入相应的数据库存储文件中,以便对采集数据进行进一步的分析与处理。整个过程包括创建DAQ-mx任务、设定水平精度和采样率、开始采集、读取采样数据、清除资源和任务、停止任务等,实时采集模式流程图如图3所示。本研究根据该思路开发相应的数据采集模块,对于多个采集通道将其加入DAQ任务中,且能够依据实际需求,比较方便地对任务进行相应的修改。

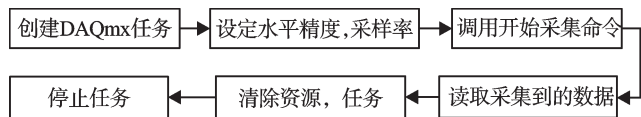


图3 实时采集模式流程图

由于涉及到对电抗器电磁设备的控制,整个程序的核心主要由任务采集部分和控制部分两个大的并行循环组成。

任务的数据采集部分如图4所示,本研究将电抗器控制回路的电压信号、工作回路对应的电压电流信号以及控制回路所对应相关设备的切换信号加入DAQ任务中。在采集子循环中,程序从这4个通道获得相应的数据,便将其依次对应的放入4组队列中,实

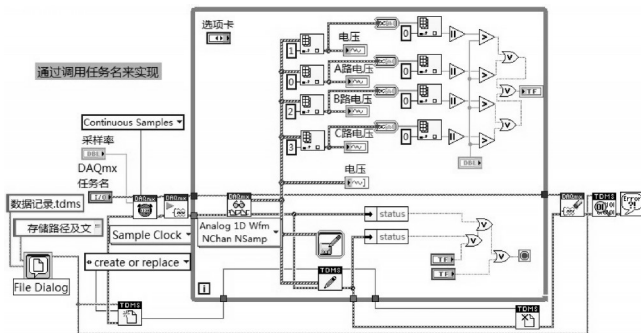


图4 任务采集部分框图

现对不同通道数据的存储,同时将其连续的显示在监控面板上得到通道的实时信号曲线。数据在存储模块中进行存储,以lvm二进制格式和TDMS(Technical Data Management Streaming)格式存储,在给出直观数据的同时也保存了数据量的全部信息。

任务控制部分用于从数据采集板卡输出不同波形、不同幅值、不同周期的信号来实现对设备中相应控制继电器的操作,给出在不同的控制信号条件下系统的工作状态。在启动采集系统的D/A转换条件下,共给出了“固定数值”、“可调方波”和“滑块调节”3种控制方式,实现对设备控制环节的操作,任务控制部分框图如图5所示。

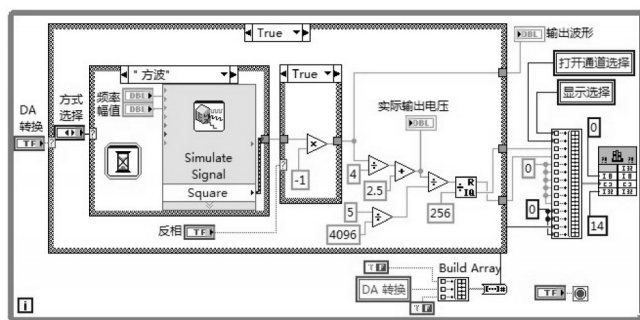


图5 任务控制部分框图

3 信号分析与处理

在实际的测试环境中,因系统是由机械装置和电子装置有机结合而成,加之强弱电隔离所存在的影响,很容易引入一些无用的噪声信号,研究者在采集到系统的数据信息后还需要进行必要的数字信号处理,以得到系统工作状态的真实信号。

在信号处理方面,LabVIEW虽然提供了一些信号处理的功能模块,但是其在处理不确定外界干扰及小波分析等时频分析处理方面存在着一定的局限性。Matlab作为一种直观高效的计算机语言,提供了强大的矩阵运算、图形处理的能力和内容丰富并且可以扩展的工具箱,其中它所提供的小波分析工具箱具有非常强大的分析功能,同时通过Matlab可以编写自适应的滤波算法以实现不确定干扰的解除^[10]。因此,研究者利用LabVIEW与Matlab的混合编程技术可以很好地实现对采集信号的分析处理。

实现Matlab与LabVIEW混合编程的方法共有Matlab Script节点法、动态链接库技术和COM组件技术3种^[11],在此,测试系统主要用到更为方便快捷的Matlab Script节点法。Matlab Script节点法将经由LabVIEW所采集到的数据信息传送到后台的Matlab中进行复杂的运算处理对采集到的信号进行有效的滤波,然后将处理后的结果信息送至LabVIEW进行输

出和显示。本研究通过选取LabVIEW9.0的“Functions→Mathematics→Formula Palette→Matlab Script”节点来调用已经编写的Matlab程序。在使用Script节点法时须注意Matlab脚本节点内外数据类型的匹配,否则在LabVIEW运行时将会产生错误。

现考虑在无外励磁前提下的系统响应。本研究先对采集系统进行相应的配置,采用固定数值控制方式,将切换数值设定为0 V和6.5 V,采样率设置为1 000,将控制信号 V_{set} 、磁控电流 I_c 以及磁控电压 V_{dc} 加入DAQmx任务。研究者运行LabVIEW程序,手动点击切换按钮,通过实时监控界面可以观看到经过滤波分析处理后的电抗器电压电流变化情况,数据波形如图6所示。

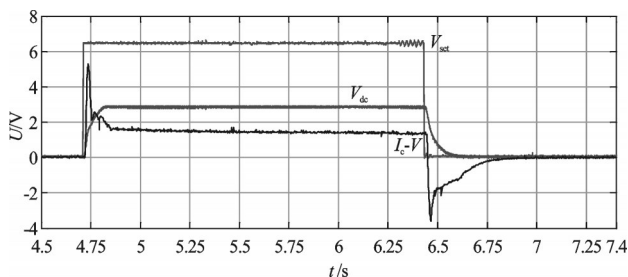


图6 数据波形

由图6可以分析出:控制信号 V_{set} 切换过程中电抗器的响应时间约为120 ms,通过对存储数据的进一步分析,可以得出电抗器系统的精确响应速度及性能,从而为设计过程提供更为充分的依据。

4 结束语

本研究利用LabVIEW的数据采集处理功能以及简便、友好的设计语言构建了基于磁控电抗器的监控测试界面,考虑到外界存在的噪声以及LabVIEW自身的滤波处理模块可能无法满足需求,本研究使用Lab-

VIEW与Matlab混合编程方法,通过Matlab Script节点来调用Matlab下编写的自适应滤波函数以实现对外采集信号中外界干扰的滤除,并得到了较好的结果,很好地显示了磁控电抗器内部参数的变化情况以及对励磁反应时间的确定,为磁控电抗器设计性能的评定提供了充分依据。

参考文献(References):

- [1] 朱 昱. 电力系统静止无功补偿技术的现状及发展[J]. 电力电容器,2001(4):31-34.
- [2] 朱桂萍,王树民. 电能质量控制技术综述[J]. 电力系统自动化,2002,26(19):28-31.
- [3] 葛锁良,袁业剑,于敏华. 一种新型可连续调节的无功补偿装置[J]. 电力自动化设备,2011,31(11):100-102.
- [4] 石有计. 磁控电抗器对特高压输电线路工频过电压的抑制作用[J]. 电力建设,2011(5):26-29.
- [5] 纪延超,魏晓霞. 可控电抗器现状及其发展[J]. 电气应用,2006,25(4):1-4.
- [6] 闫新中,曹 军. 新型电容式自动调谐消弧线圈的分析与设计[J]. 变压器,2003,40(10):32-35.
- [7] ARTHUR J H, SEXTON M R. LabVIEW Application: Energy Laboratory Upgrade[C]//Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education (ASEE). Annual Conference & Exposition. Portland: [s.n.], 2005.
- [8] JAMA R, WENZEL L. The Applicability of the Visual Programming Language LabVIEW to Large Real-world Applications[C]//11th International IEEE Symposium on Visual Languages. Darmstadt: [s.n.], 1995:99-106.
- [9] 曹李农,李志强,胡克佳,等. 基于LabVIEW的工业汽轮机仿真及测试系统[J]. 机电工程,2008,25(12):15-18.
- [10] 宋振华,黄松和. 基于Matlab的缆索起重机承重包络线的仿真[J]. 机械,2012,39(5):4-6.
- [11] 徐 何,李 滔,李 勇. Matlab与LabVIEW混合编程方法应用研究[J]. 科学技术与工程,2010,33(10):8267-8271.

[编辑:李 辉]

(上接第379页)

- [3] 李修琳,鲁建厦,柴国钟,等. 基于混合遗传算法的混流混合车间协同调度问题[J]. 中国机械工程,2012,23(8):935-940.
- [4] 叶 明. 多级混流生产线动态调度系统关键技术研究与应用[D]. 南京:南京航空航天大学机电学院,2007.
- [5] ROSER C, NAKANO M, TANAKA M. A Practical Bottleneck Detection Method[C]. Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, Arlington, 2001:949-953.
- [6] 左 燕,谷寒雨,席裕庚. 大规模流水线调度的瓶颈分解算法研究[J]. 控制与决策,2006,21(4):425-429.
- [7] 郑永前,张 锦,王伟有. 自适应粒子群算法的制造单元

集成布局方法[J]. 工业工程与管理,2010,15(6):58-67.

- [8] 邵庆路,罗 欣,杨叔子. 基于蚂蚁算法的混流车间动态调度研究[J]. 计算机集成制造系统,2003,9(6):456-457.
- [9] 林献坤,李爱平,陈炳森. 混合粒子群算法在混流装配线优化调度中的应用[J]. 工业工程与管理,2006,1(4):53-57.
- [10] 田志友,田 澎,王浣尘. 混流装配线调度问题的离散粒子群优化解[J]. 工业工程与管理,2005,6(7):8-11.

[编辑:张 翔]