

基于 Labview 的卫星电源地面监控系统研究

杨淑珍, 钱锐, 陆园

(上海第二工业大学 机电工程学院, 上海 201209)

摘要: 采用 Labview 平台、基于 SQL Server 设计并开发了一套能在卫星电源分系统的设计和开发阶段对其充电进行均衡控制并对相关性能进行测试的地面监控系统; 介绍了卫星电源地面测控系统的组成和软件总体框架, 详细阐述了软件主要功能, 包括实时监测程序、在轨状态仿真控制程序、数据的保存、回放和维护程序等关键技术的实现方法; 测试结果表明, 该监控系统监测数据准确, 采样精度优于 0.1%, 运行高效可靠。

关键词: Labview; 卫星电源; 地面监测; 在轨状态仿真; SQL Server

Research on Test System for Space Power System Based on Labview

Yang Shuzhen, Qian Rui, Lu Yuan

(Mechanics & Electronic Engineering Faculty, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 201209, China)

Abstract: This paper shows an Data Acquire and control system which is designed and developed by Labview and SQL Server to test the performance of the space power system. Composition of the system and software architecture design are introduced. The approaches for its key technologies, including acquire and monitor data in real-time, On-orbit simulate, preserve data, display and maintain historical data and so on, are elaborated as well. The application shows that this system runs stably and accurately, sampling accuracy is better than 0.1%.

Key words: Labview; space power system; acquire and monitor system; SQL Server

0 引言

卫星运行所需能量全部要靠电源产生和存储, 电源分系统故障直接影响卫星平台和载荷, 甚至导致任务终结。统计表明, 66% 的电源系统失效是由于电子产品故障, 几乎一半 (49%) 发生在第一年, 地面测试的不充分是一个重要原因^[1]。所以, 卫星电源地面测试是电源分系统研发过程中必不可缺的步骤, 是优化卫星电源分系统总体设计的必要条件。本文基于 Labview 设计并开发了一套卫星电源分系统地面监控系统, 在电源分系统研制过程中和卫星交付使用前模拟电源星上工作状态, 均衡控制锂电池的充电过程, 对分系统进行相关性能、功能和技术指标的测试, 检验电源系统工作是否正常, 各单元设计是否合理。

1 系统功能

卫星电源地面监测系统主要功能是针对电源控制器及锂电池组在系统联试和测试过程中对其各项功能指标和性能进行全面的监测和控制。主要功能包括:

- (1) 卫星电源的在轨工作状态模拟;
- (2) 电源分系统 120 路工程参数的实时采集、分析和显示;
- (3) 模拟星务计算机发送 30 路遥控指令;
- (4) 锂电池组充电均衡控制;
- (5) 遥测和遥控参数保存、回放和维护;

2 系统硬件组成

对空间电源分系统进行地面测试时, 不仅要监测电源发出的参数, 还需要使用可编程的仿真仪器来代替卫星的电源系统组件^[2], 模拟电源在卫星上的工作状态 (如对太阳电池阵输出状态的模拟、对星上工作负载的各种变化状态模拟等)。故地面自动监控系统由电源遥测遥控系统和电源在轨状态仿真系统这两个子系统组成。如图 1 所示。

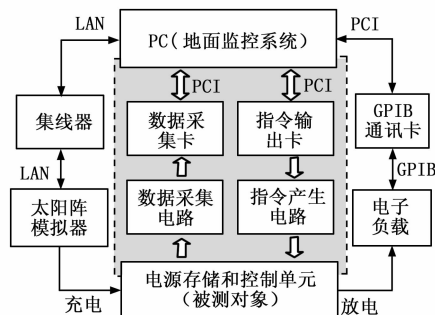


图 1 地面监控系统组成

电源在轨状态仿真系统由太阳能电池阵模拟器, 电子负载, GPIB 通讯卡, LAN 通讯设备以及 PC 机组成。在系统中, 采用 6 台 Agilent 的太阳电池阵模拟器 E4360 模拟实际太阳电池阵在轨运行的各种状态 (如光照角、进出阴影等), 电子负载采用 1 台博计 3300C (含 4 组 3312C) 来模拟卫星负载的各种变化 (平均功率、短期功率、脉冲功率等), 太阳阵模拟器和电子负载均可通过 PC 机进行远程控制, PC 机与 E4360 的通讯采用先进的 LAN 总线, PC 机与 3300C 的通讯采用 GPIB 总线。各组件之间的连接关系如图 1 外圈 (非灰色) 区域所示, 电源存储和控制单元是被测对象, 将电池阵模拟器

收稿日期: 2014-01-13; 修回日期: 2014-02-23。

基金项目: 上海市科委 2013 年度重点科技攻关计划项目资助 (13521103605)。

作者简介: 杨淑珍 (1978-), 女, 江西人, 讲师, 主要从事机电控制和计算机自动测控技术方向的研究。

(E4360) 的输出连接到电源存储和控制单元, 同时将电源存储和控制单元的输出送至电子负载, 形成回路, 构成卫星电源在轨运行状态的模拟环境。

电源遥测遥控系统系统需要实现电源遥测信号的实时采集, 模拟星务计算机发送遥控指令, 针对锂电池组充电进行均衡控制。其组成如图 1 灰色区域所示, 电源系统工作时发出的性能参数如电压、电流、温度、运行状态等, 经过相应测量电路转化和调理, 通过数据采集卡输入 PC 机进行分析、显示和保存。遥控指令的发送通过指令输出卡和指令产生电路送到电源系统。本系统中, 数据采集卡采用性价比较高的研华 PCI1747 卡, 指令输出卡采用 PCI1734 卡。

3 地面监控系统软件设计与实现

3.1 地面监控系统软件总体框架

系统采用适用于自动化测试软件快速高效开发、擅长信号采集分析和仪器控制的图形化编程平台 Labview 进行开发。系统采用模块化设计, 包括实时监测平台、遥控平台、均衡控制平台、电源在轨状态仿真平台、历史数据回放维护平台、参数设置和人机界面, 如图 2 所示。

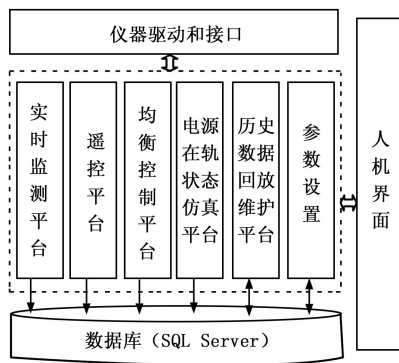


图 2 地面监控系统软件框架

所有平台涉及到的相关数据, 例如遥测数据、遥控指令发送状态、均衡控制指令发送状态的数据均需记录并回放。本系统的遥测数据通道高达 120 个, 每秒采集一次, 一般系统要连续运行 1~2 个月左右, 系统需要记录的数据量很大, 采用 SQL Server 作为数据库平台, 实现对测试数据的高效管理。

3.2 实时监测程序

实时监测程序主要功能是实现各通道的信号采集, 转换分析、保存以及显示。本系统要测试的卫星工作参数比较多, 有 120 个通道, 采集各通道数据后, 还要再进行信号的转换、滤波处理、分析报警以及将数据存入数据库等操作, 系统需要分析和保存的信息量较大, 比较费时, 一个处理周期如果按正常的顺序处理方式, 根据实际的性能测算, 需要 1.2 s 左右, 然而, 系统要求采样分析周期为 1 s, 所以按照顺序处理的方式无法达到系统要求。本系统的实时监测程序结构采用 Labview 中的队列来并行处理, 如图 3 所示, 将信号采集和分析处理分别放在两个循环中并行执行, 采集数据循环中定时采集数据, 在信号分析和处理循环中分析和保存数据, 采集循环中的数据通过队列传送到分析处理循环中, 如果分析和处理循环在指定的循环周期中来不及处理完当次采集数据, 数据可暂存在队列中, 不会影响采集循环中的定时采集。

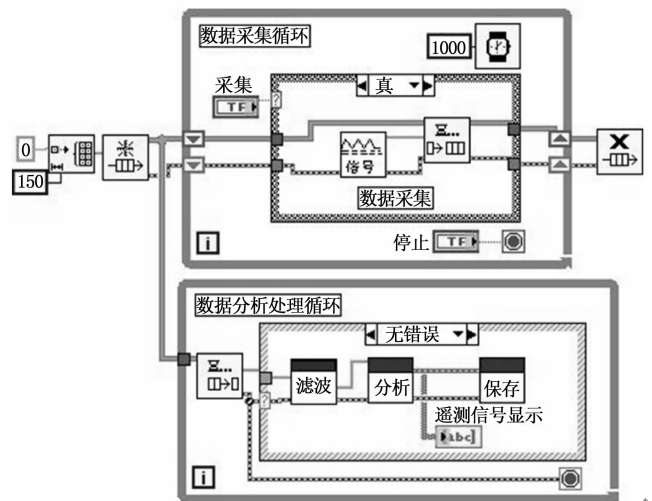


图 3 遥测数据实时监测程序框图

信号采集卡和控制卡均采用台湾研华的 PCI 卡, LABVIEW 通过调用研华的 32 位驱动函数来实现对遥测信号的采集^[3]。

3.3 卫星电源在轨状态仿真控制程序

卫星电源在轨状态仿真通过对太阳阵列模拟器和电子负载的可编程控制来实现。

考虑到太阳阵模拟器和电子负载分别用 LAN 和 GPIB 总线进行通讯, 为了保持编程的一致性, 系统程控程序采用与接口无关的 VISA 函数进行开发^[4], 提高程序的一致性和可移植性。

3.3.1 太阳能电池阵模拟器的控制

太阳能电池阵 E4360 采用 LAN 总线通讯, PC 机要对其进行程控, 首先需要进行网络环境的设置: 设置计算机侧 IP 和 E4360 本机 IP, 确保其在同一个局域网内, 例如, PC 机的 IP 设为 169.254.67.0, 则设置 E4360 的 IP 为 169.254.67.5。PC 机通过该 IP 地址可以找到程控仪器并对其发送指令进行相应的控制。然后, 通过 VISA write.vi 来发送控制指令, 用 VISA read.vi 来查询数据。

3.3.2 电子负载的控制

电子负载工作时需要设置其工作于 CC/CR/CV (恒流/恒阻/恒压) 模式下进行加载。编程方法与太阳能电池阵模拟器的一样, 只是指令和 workflow 不同。workflow 为: 开始→通道选择→工作模式选择→参数值设置→加载。控制指令 (以恒阻模式为例) 如下: CHAN 1; MODE CR; PRES on; Level high; CR: high 100; Load on。

3.4 数据保存、回放和维护

系统利用 LABVIEW SQL Toolkit 对 SQL Server 数据库进行链接、添加、删除、查询、分析、导入和导出等, 实现测试系统对遥测遥控数据的保存、回放和维护等数据管理功能。

系统采用 Active 数据对象 ADO (ActiveX Data Objects) 技术链接数据库。数据库中的相关操作, 例如添加、查询、删除, 导入、导出数据、创建表格等, 通过在 labview 中执行相应 SQL 语句来完成^[5]。其中创建表格和添加记录的操作可以直接调用工具包中的“创建表格”子 VI 和“添加记录”子 VI, 方法很简单, 此处不详述。下面介绍数据回放和数据维

护等功能的实现方法。

3.4.1 数据回放

数据回放是将指定时间段内、指定通道的遥测数据从数据库中查询出来并显示在用户界面上。Labview 中常用的方法是将所有查询出来的记录集里的数一次性转化并显示到 Labview 主界面的表格上。使用这种方法，如果查询的数据量不大，那么没有问题，但是，本系统遥测通道较多，每秒钟记录一次数据，通常一次需要回放几天的数据，那么需要查询的数据量就会很大，可能要查询几十万条记录，在这种情况下，如果采用上述方法，那么在获取查询数据并将其转化成适当格式显示时，需要耗费很大的内存，如果经常操作，会影响系统正常运行。本文设计了一种基于 Labview 的分段查询和显示方法，如图 4 所示，采用 SQL 指令查询，查询集获取、动态数据转换和显示采用分段法。每次只获取并显示数据表能直接显示在界面下的行数的数据，图 4 循环中的部分就是分段获取和显示的程序。通过拖动数据回放表格边上的滚动条，改变显示的数据和值，实现分页显示。通过这种方法，每次需要转化和显示的数据一次最多只有 30 行左右，占用内存很小。

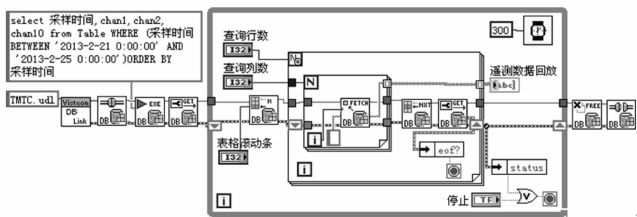


图 4 数据回放程序框图

3.4.2 数据维护

数据维护包括将数据库表中的数据导出，导入等功能，以对数据库中的数据进行备份等管理。SQL 中有很多方法可以将大批量数据导出，但是在 LABVIEW 中，目前尚无现有的方法可以实现将表中的大批量数据快速导出和导入。本文通过在 labview 中使用 BCP 成功实现将 SQL Server 中的表数据

导出为 txt 格式和将 txt 格式数据导入。BCP 导出数据所用的 SQL 指令为：Master. xp_cmdshell 'BCP 数据库名.dbo. 表名 out 导出路径\文件名.txt -c'。

数据导入的方法和数据导出方法类似，只是采用的 SQL 指令不同。

4 实验结果

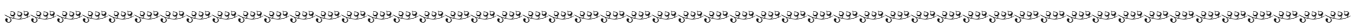
将该系统进行测试，经 2 个月的不间断测试表明：系统的采样和处理周期为 0.7 s 左右，模拟信号采样通道的采样精度优于 0.1%，遥控信号的脉宽误差小于 2 ms，锂离子电池单体电压的偏差小于 50 mV，能有效的模拟卫星电源的各种在轨工作状态，很好的满足卫星电源的地面测试要求。

5 结束语

本文基于 Labview 设计并开发了一套针对卫星电源分系统的性能参数进行测试的系统，该系统能完成对太阳阵模拟器和电子负载的在线编程，实现卫星电源在轨状态的模拟，对遥测信号的采集和遥控信号的发送，对锂电池组的充电均衡控制、对遥测数据的回放和维护。该系统已用于测试了 3 种型号卫星电源分系统，运行结果表明，该系统监测数据准确，功能完善，运行高效可靠。

参考文献：

- [1] 王超, 张东来, 李勇, 等. 航天大功率 PCU 测试技术研究 [J]. 测控技术, 2012, 31 (11): 135-139.
- [2] 闰蕾, 王宇. 卫星电源测试评估系统的初步研究 [J]. 中国科学院研究生学报, 2005, 22 (1): 100-105.
- [3] 王梦玲, 王思明. 基于 PCI-1713 和 LabVIEW 的高速数据采集系统设计 [J]. 微计算机信息, 2006, 22 (7): 120-122.
- [4] 蒋薇, 张晓波, 赖青贵. 基于 LabVIEW 的仪器通信技术研究 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (4): 1030-1032.
- [5] 全钢, 常广晖, 胡春枝. Labview 访问 SQL 2000 数据库 [J]. 微计算机信息, 2011, 27 (8): 17-18.



(上接第 1449 页)

针对目前基于专家经验和样本建立规则库的不足，采用模糊关联规则的方法建立 T-S 模型的规则库。同时，为了快速挖掘关联规则，采用了基于矩阵的模糊关联规则挖掘算法。将改进的 T-S 模型用于监控航空发动机振动值监控，建立了航空发动机振动值监控的“灰匣子”模型，实验结果表明，得到的模型具有较好的学习能力和泛化能力。

参考文献：

- [1] 蔡国强, 邢宗义, 潘丽莎, 等. 采用遗传神经网络的轮轨力建模方法 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2012, 44 (7): 114-119.
- [2] 刘瑞叶, 黄磊. 基于动态神经网络的风电场输出功率预测 [J]. 电力系统自动化, 2012, 36 (11): 19-22.
- [3] 张军, 单永海, 曹殿广, 等. 基于最小二乘支持向量机的机舱加速寿命建模 [J]. 兵工学报, 2012, 33 (1): 63-98.
- [4] 李建宏, 姜同敏, 何玉珠, 等. 基于 NMF 的 SVM 故障诊断方法 [J]. 北京航空航天大学学报, 2012, 38 (12): 1639-1643.
- [5] Takagi T, Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its appli-

- cation to modeling and control [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1985, 15 (1): 116-132.
- [6] 赵晓华, 谈玲珑, 胡敦利. 基于 Sub_FCM 聚类算法的交通流量路段自动划分方法 [J]. 北京工业大学学报, 2011, 37 (8): 1169-1174.
- [7] 陆建江, 张亚非, 宋自林. 关联规则的研究与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [8] 崔建, 李强, 吴暇. 某机载雷达数据库关联规则挖掘算法研究 [J]. 计算机工程, 2011, 37 (18): 16-18.
- [9] 刘青宝, 王文熙, 王万军. 基于线性链表的模糊关联规则挖掘 [J]. 计算机科学, 2012, 39 (3): 135-138.
- [10] 田雨波. 混合神经网络技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [11] Hong T P, Kuo C S, Chi S C. Trade-off between time complexity and number of rules for fuzzy mining from quantitative data [J]. International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 2001, 9 (5): 587-604.
- [12] 李应红, 尉询凯, 刘建勋. 支持向量机的工程应用 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 2004.