

SSRF 数字化电源巡检系统的设计

唐俊龙¹ 李德明² 沈天健²

1 (长沙理工大学, 物理与电子科学学院 长沙 410114)

2 (中国科学院上海应用物理研究所 上海 201800)

摘要 开发了 SSRF 数字电源巡检系统, 实现远程巡检与本地巡检两种模式, 采用 LabVIEW 软件开发平台设计了简单美观的用户界面, 两种硬件结构在数字化电源巡检用户软件界面上不需修改。远程巡检用于模拟数字化电源与中央控制室间远程监控通讯的调试, 及时排查远程通讯或电源的故障; 本地巡检可同时检测 18 台数字化电源, 长期(24 h)进行故障状态监视, 并通过 Excel 或 text 记录与保存, 进行电源性能指标验收。两种巡检模式已用于 SSRF 的数字化电源巡检。

关键词 数字化电源, 巡检, SSRF, LabVIEW

中图分类号 TL503.5

磁铁供电电源系统的性能直接影响加速器运行。数字化电源控制器的控制精度高、稳定性好、信号易于传输、成本低, 适用于所有开关电源, 已取代传统的模拟电源控制器。瑞士 PSI 开发的高精度数字化电源控制器, 已应用于 SLS、DIAMOND 等光源^[1,2]。上海光源(SSRF)的数字化电源数量大、品种多、要求高, 有各种规格的中小电源七百多台, 主要电源的稳定度要求达到 2×10^{-5} , 纹波系数小于 2×10^{-5} , 其它电源的稳定度都在 1×10^{-4} 以上^[3]。我们在数字化电源样机和自制数字化电源控制卡方面做了大量努力, 成功研制了自制数字化电源控制卡驱动的国产数字化电源。为验收数字化电源实现对多台控制, 监视多台状态, 并为实现数字化电源与中央控制室之间通讯, 模拟远程监控调试, 完成了

SSRF 数字化电源本地与远程巡检系统的设计^[4-6]。

1 数字化电源通讯协议

该数字化电源控制器有两个通讯接口, 一个用于本地服务的串口 RS232 连接, 另一个用于远程监控的双向光纤连接, 通信协议基于 TI 公司 DSP 芯片 TMS320F2812 的通信功能, 以二进制代码交流, 通信协议的格式有两种: 一种是指令格式, 由计算机向控制器发送; 另一种是返回格式, 由控制器向计算机返回, 任何指令都有返回值, 对不带参数数据的控制命令, 意为查询, 应返回当前控制命令的参数。图 1 为通信协议的两种格式。

Bytes	1	1	1	1,2,4	1
Writing	Preamble 0xAA	Control command	Data length	Data	BCC
Reading	Preamble 0x55	Status	Data length	Data	BCC

图 1 通信协议的指令格式和返回格式
Fig.1 Writing and reading format of the communication protocol.

标志符 AA 作为一条新指令的开始, 并按指令格式处理, 不对本条新指令的内容进行标志符侦测, 按指令格式校验正确后进行译码处理。标志符 55 作为返回信息的开始。Control command 为一个字节表示的控制器指令, Data length 为一个字节表示指令参数的字节数取值为 00—FF, Data 为数据长度字节数的二进制, 表示指令参数, 单字节, 双字节整

数, 浮点数为 32 bit(4 字节)。Status 为控制器返回控制器当前的状态, 包括 PWM 输出状态、电源故障状态、ADC 自校验状态、通信校验错状态、通信超时标志位、数字输入故障、指令被执行标志位或调节参数非法、本地通信操作优先级位等状态信息。BCC 为将<Control command><Data length>[Data]各字节异或, 将<Status><Data length>[Data]各字节异

第一作者: 唐俊龙, 男, 1973 年出生, 2007 年于中国科学院上海应用物理研究所获博士学位, 核技术及应用专业, 现就职于长沙理工大学物理与电子科学学院, 讲师
收稿日期: 2008-12-30, 修回日期: 2009-03-11

或而得。如, 设置电流值指令 AA860479E9F642A6, 表示设置电流值为 123.456 A, 返回 55 01 00 01; 查询电流指令 AA860086, 返回 55010479E9F64231 表示返回电流值为 123.456 A。

2 数字化电源巡检系统结构

研制的 SSRF 数字化电源巡检通讯硬件结构有两种: 1) 基于数字化电源光纤接口通讯——远程巡检(图 2); 2) 基于数字化电源串行接口 RS-232 通讯——本地巡检(图 3), 两种模式以数字化电源接口来定义。通常数字化电源的光纤接口用于远程监控, 串口 RS-232 通讯用于对数字化电源进行本地调试与控制。实际应用中, 远程监控实现功能比串行接口计算机本地调试与控制简单, 指令集简化。

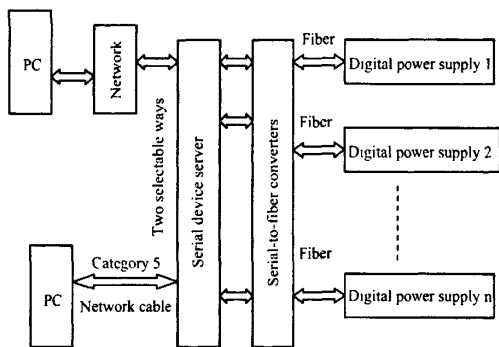


图 2 数字化电源远程巡检模式的结构
Fig.2 The long-distance cyclical monitoring model of the PS.

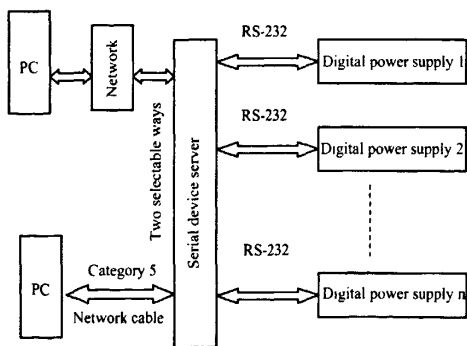


图 3 数字化电源本地巡检模式的结构
Fig.3 The local cyclical monitoring model of the PS.

两种硬件结构都以串口服务器为中心, 串口服务器内建了 TCP/IP 协议, 后面板有 n 个 RS-232 串口, 一个 10/100 Mbps 以太网接口 RJ45。计算机上

完成串口服务器的 Real COM/TTY 驱动程序后, 其串口会被 Windows 操作系统视为 Real COM 端口, 或被 Linux 操作系统视为 TTY 端口, 在原有串口 (COM1–COM2) 基础上自动增加端口号 (COM3–COM n +2), 分别对应串口服务器上的端口号 (Serial port 1– n), 提供基本的传输/接收数据功能, 及 RTS、CTS、DTR、DSR 和 DSD 等控制信号功能; 前面板上所有串口的 Tx/Rx 状态 LED 显示和以太网 LED 显示。设置串口服务器的以太网接口有关 MAC 地址、IP 地址和 n 个串口的参数等, 可将现有的串口设备立即联网, 在串口和以太网界面间轻易的执行双向数据传输, 达到同时集中管理串口设备和网络中分散管理主机的目的。不同主机可同时共享一个串口服务器来控制不同设备。例如, 端口 1、2 和 3 配置为主机 A 的 COM3、COM4 和 COM5, 端口 14、15 和 16 配置为主机 B 的 COM3、COM4 和 COM5。

计算机通过串口服务器扩展 RS-232 端口连接, 控制串口通信的数字化电源, 串口服务器的以太网接口与计算机的网络接口卡连接通讯采用以下方式: 点对点连接、集线器连接、局域网或 Internet 网连接。这样对数字化电源巡检软件不需做任何修改, 只要在数字化电源巡检的用户界面上输入串口服务器的 IP 地址。图 2 中, 串口服务器与串口光纤转换器可模拟中央控制室远程监控, 为数字化电源远程监控调试提供方便; 图 3 中, 串口服务器在数字化电源测试和验收时, 同时实现对被测多台电源和其运行状态的监视。且有两种模式实现对电源的巡检: 一种直接与计算机连接, 适合现场用户; 另一种通过网络, 然后再与计算机连接, 适合局域网用户, 如办公室等。

3 巡检系统软件设计

数字化电源巡检功能与指令集基于远程控制, 是计算机本地调试与控制的一部分。软件采用 LabVIEW 平台开发, 程序流程如图 4。软件源代码主要利用 TCP/IP 协议, 调用 TCP 模块, 包括 TCP Open Connection.vi、TCP Write.vi、TCP Read.vi 及 TCP Close Connection.vi 等, 程序结构框图略。巡检用户界面如图 5, 可同时监视 18 台数字化电源的状态, 包括自动读取被监视的数字化电源名称 (PS Name)、输出电流、输入电压及数字化电源控制器状态。可用于图 2 的远程模式巡检和图 3 的本地模式巡检。目前远程控制与本地控制的串行端口波特率本身定义不同, 远程监控波特率为 115200, 本地控制的为 19200 或 9200, 因此这两种模式只需更改

串口服务器的波特率参数。远程巡检模式在实践中可随时替换远程监控,这样第一次调试时中央监控室远程监控可及时掌握是通讯还是电源故障问题。

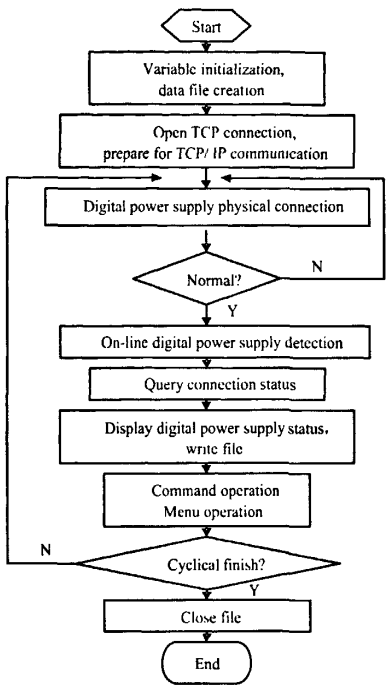


图 4 程序流程图
Fig.4 Flow chart of the program.



图 5 数字化电源巡检用户界面
Fig.5 Main front panel of the cyclical monitoring system of the PS.

巡检系统一开始,如未监视数字化电源,电源名称会提示 No Power Supply 信息,电源控制器状态指示灯不工作,详细按钮不能操作。巡检有电源

时,PS Name 显示当前被巡检的电源,控制器状态指示灯显示控制器状态,绿灯与红灯分别为控制器相应状态位 0 与 1,同时点击详细按钮,查看数字化电源详细状况(图 6),包含比用户界面更多的信息,包括当时查看数字化电源详细情况的电源名称、控制器的具体定义及状态、数字输入屏蔽与数字输入信号(对应电源状态)、参考电流的上限与下限及输出电流、电压的示波器功能显示与实时读数显示。

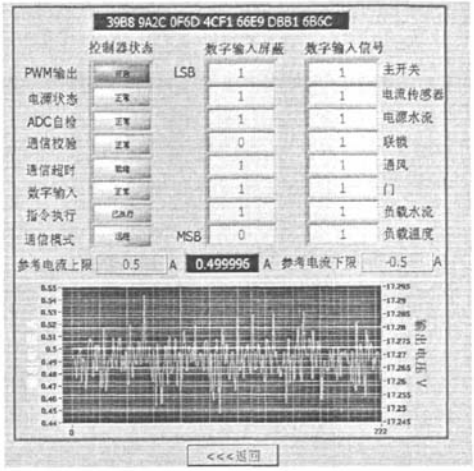


图 6 数字化电源巡检子界面
Fig.6 Sub-front panel of the cyclical monitoring system of the PS.

4 结束语

SSRF 电源系统采用先进的新控制技术——数字化控制结构,针对自制数字化电源控制卡驱动的国产数字化电源,设计了数字化电源远程与本地巡检系统。我们用数字化电源巡检系统对自制数字化电源控制卡驱动的 SSRF 样机反复实验,各个功能都能完全实现,其中长期稳定性巡检功能也很好的满足了电源稳定性指标测试要求。为数字化电源批量验收、测试与远程监控调试提供实际的应用,提高工作效率,大大降低人力资源,简化了中央控制室与数字化电源通讯调试的步骤,及时准确的排查故障。系统运行以来,运行可靠,状态良好。

参考文献

- 1 Rushton R J, Abraham C A, Dobbing J A, et al. DIAMOND storage ring power converters, EPAC'06, Edinburgh, Scotland, June 2006: 2667-2669
- 2 Jenni F, Tanner L. Digital Control for Highest Precision Accelerator Power Supplies, PAC' 01, Chicago, May 2001: 3681-3683

- 3 SSRF Design Report. Shanghai Synchrotron Radiation Center, 2001, 2: 89-105
- 4 唐俊龙, 李德明, 沈天健, 等. 核技术, 2008, 31(10): 780-785
- 5 唐俊龙, 李德明, 沈天健. 核技术, 2009, 32(1): 10-13
- TANG Junlong, LI Deming, SHEN Tianjian, *et al.* Nucl Tech, 2008, 31(10): 780-785
- 6 杨乐平, 李海涛, 杨磊. LabVIEW 程序设计与应用(第2版). 北京: 电子工业出版社, 2005
- YANG Leping, LI Haitao, YANG Lei. LabVIEW Program Designing and Application. 2nd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005

The cyclical monitoring system for digital power supplies at SSRF

TANG Junlong¹ LI Deming² SHEN Tianjian²

1(College of Physics and Electronics Science, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, China)

2(Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China)

Abstract Based on available digital PS testing system and long-distance monitoring hardwares, the cyclical monitoring system for digital power supplies (PS) was developed at SSRF. Two models, i.e. long-distance cyclical monitoring and local cyclical monitoring, were established. The software developed in LabVIEW language was applied to the two models without any user interface modification. The user interface is simple. The system is suitable for debugging the digital PSs during long-distance monitoring and examining the performance. The long-distance model imitates the digital PSs' status for fault analysis and communication between the digital PS and the centre control room. The local model simultaneously examines stability of 18 new PSs for 24 h, monitors the PS controller, and detects malfunction. Parameters and status of the controller can be stored in Excel or Text file. The two models have been used at SSRF for monitoring the digital PSs.

Key words Digital power supply, Cyclical monitoring, SSRF, LabVIEW

CLC TL503.5