

高精度稳流电源的网络化检测系统

龙锋利, 张旌, 陈斌, 程健

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100049)

摘要: 利用 24 位高精度宽动态范围 Δ - Σ 模数转换器 ADS1210 和 CAN 总线技术, 研制了高精度稳流电源网络化检测系统。应用该系统测试了北京正负电子对撞机重大改造工程(BEPC II)的电源工程样机, 并与数字电压表的测试结果进行了比较。试验结果表明, 该系统能够满足测试 BEPC II 高精度稳流电源的需求。

关键词: 模数转换器; CAN 总线; 稳定度测试; 网络化检测

中图分类号: TL503.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-6931(2006)02-0249-03

Network Measuring System for High Precision Stabilized Current Supply

LONG Feng-li, ZHANG Jing, CHEN Bin, CHENG Jian

(*Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: Using 24-bit resolution, high precision, wide dynamic range, delta-sigma A/D converter ADS1210 and CAN bus, a network data acquisition system for testing power supplies with high accuracy current is developed. Compared with the traditional digital voltage meter measuring system used in Beijing Electron-Positron Collider Upgrade(BEPC II), this method is proved to be able to use in BEPC II power supply system for measurement of current stability. The principle is analyzed and test data are presented.

Key words: A/D converter; CAN bus; stability measuring; network measuring

目前正在进行北京正负电子对撞机重大改造工程(BEPC II)。电源系统中需制造各种规格的高精度稳流电源达数百台, 每台电源稳定度测试平均需要 40 h。为节省工程验收时间, 并在未来加速器运行期间为中央控制室提供真实可靠的电流数据, 拟研制一套电流稳定度在线快速测试系统。

1 系统构成

CAN (Controller Area Network) 总线^[1, 2], 又称控制器局域网, 是 Bosch 公司在现代汽车技术中领先推出的一种多主机局域网, 是一种全数字化的通讯网络, 目前广泛应用于各种工业控制现场。在 BEPC II 电源的网络化检测系统中采用了 CAN 总线的控制方式。

BEPC II 电源近 400 台,而目前大多数 CAN 总线数据采集卡所能容纳的最大节点个数为 110,故系统采取了节约 CAN 节点的设计方案。采用微型封闭式继电器隔离方式,以 8 台电源作为 1 个单元,用 1 个模数转换器(ADC)ADS1210,并占用 1 个 CAN 总线的 ID 号,构成 8 通道的数据采集板。

系统的构成如下:1) 上层的数据采集和存储采用 PC 机和 NI 公司的 CAN 智能数据采集卡,人机界面的设计采用 NI 公司的 Labview 软件编写,并生成可执行文件;2) 电流值的回采数据及电源稳定度的计算值实时显示在 PC 机上,并以文件形式存储,以便于数据的分析和绘制稳定度测试曲线;3) 底层硬件以 51 系列单片机 P89C61X2 为控制核心,控制模数转换器 ADS1210,同时,由 PC 机发送的控制信号选择 CAN 网络节点号。

系统的结构框图示于图 1。

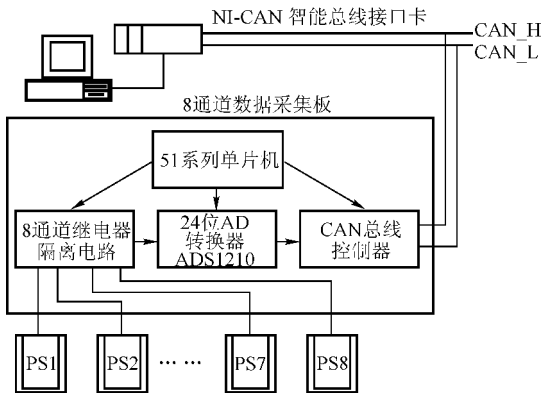


图 1 系统结构框图

Fig. 1 System block diagram

2 硬件设计

系统的硬件电路设计分为模数转换器 ADS1210 及其外围电路、输入端的继电器隔离电路和 CAN 网络节点的控制电路。

2.1 模数转换器 ADS1210 及其外围电路

由于 BEPC II 的稳流电源稳定度要求在 $1 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-5}$ 之间,所以,采用了高精度零磁通直流传感器(DCCT)作为电流采样元件。测量如此高精度的信号,必须选用高分辨率的模数转换器,且其模拟量的输入范围必须满足 DCCT 输出电压范围的要求。为此,选择

ADS1210 作为模数转换器,并利用 ADS1210 内部 $\Delta-\Sigma$ 结构的宽动态性和放大倍数可从 1 到 16 进行设定的程控放大器,可方便地与各种输出规格的 DCCT 直接连接。同时,使用 ADS1210 独特的调制器加速工作模式,即使在转换频率达 1 kHz 时仍可达到 20 位的有效分辨率。

2.2 继电器隔离电路

为节约 CAN 总线网络节点,以 8 台电源为 1 个单元,共同使用 1 块 8 通道的数据采集板。各台电源的 DCCT 输出信号在通过 ADS1210 前必须保证隔离。若采用每台电源输出信号对应 1 个隔离放大器的方式,则其价格十分昂贵;采用多通道的 ADC,用其内部的多路选通器进行通道切换,由于 BEPC II 电源布局结构是 8 台电源为 1 个单元,而对于 ADS1210 系列多通道的 ADC 最多只有 4 通道,所以,结构设计不方便。采用继电器隔离方式,其优点是设计简单,成本低,只是在采样时间上要考虑继电器切换过程中会有几毫秒的稳定时间。继电器的选通信号通过单片机的串行接口和串并转换电路形成。用其 8 位并行输出数据作为继电器选通信号,单片机的工作指令由 PC 机控制。这样,可通过上层 PC 机任意选通某一电源对应的继电器,采集来自该电源电流值检测元件 DCCT 的输出信号。

2.3 CAN 网络节点控制电路

CAN 总线智能节点硬件原理图参见文献 [2]。电路主要包括独立的 CAN 通信控制器 SJA1000、CAN 总线收发器 PCA82C250 和光耦。单片机完成对 SJA1000 的初始化,并通过控制 SJA1000 实现数据发送和接收。SJA1000 的 TX0 和 RX0 通过光耦后与 PCA82C250 相连,目的是增强 CAN 总线节点的抗干扰能力,并实现总线上各 CAN 节点间的电气隔离。

3 软件设计

软件设计包括用 Labview 编写的上层 PC 机程序和用 C 编写的底层单片机控制程序,通过 NI 的 CAN 卡实现 PC 机与单片机的通讯。

上层软件设计流程图示于图 2。上层软件的基本功能包括:1) CAN 口的初始化,包括端口选择、波特率的设置等;2) 对 CAN 总线的实

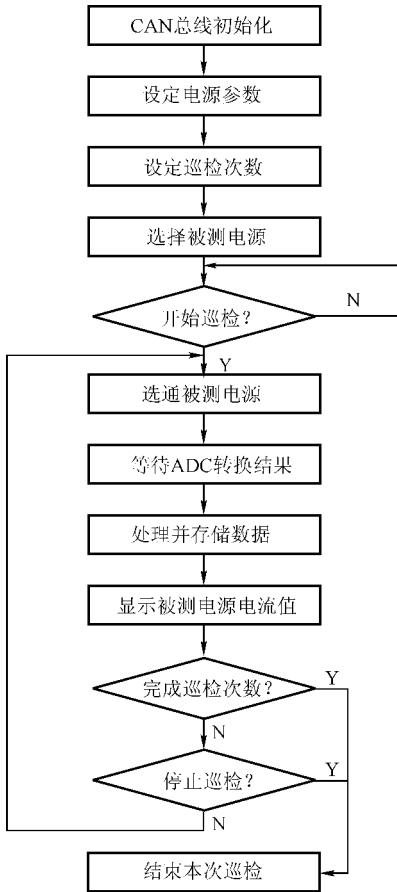


图2 上层PC机程序设计流程图
Fig.2 Flow chart of PC program

时监控;3) 选择所需监控的电源,实时显示采集的电流值并计算当前电源电流稳定度;4) 以文件格式保存采集的数据,以便深入分析。

底层单片机软件实现的控制功能包括:1) CAN的初始化,包括波特率的设置、验收代码滤波器和验收屏蔽滤波器的设置等;2) 控制ADS1210,存储A/D转换后的数字量;3) 通过CAN总线网络接受PC机传送的数据,选通继电器,并通过该通道将采集的电流值数据传送给上层PC。

4 实验结果

目前,BEPC是以6 1/2位数字电压表HP3255A为核心的数据采集系统,其测试的可靠性业已经多年BEPC运行的经验认可。所以,现在研制的系统以此系统作为比较对象。在BEPC II的电源样机上(电源稳定度要求为 5×10^{-5} ,额定输出为170 A/70 V),同时使用两个系统进行了12 h的电流稳定度测试。网络化数据采集系统的ADC的数据输出频率设定为50 Hz;数字电压表的1个积分周期也为50 Hz。实验数据证实,在ADS1210的数据输出频率设定为50 Hz时,其输出数据的有效分辨率优于18位。图3为两个系统同时测试1台电源的电

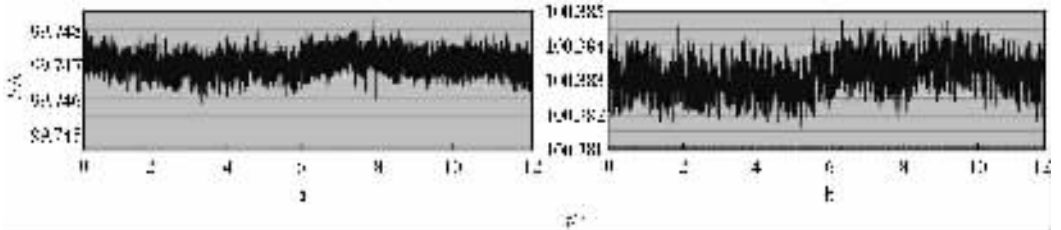


图3 电源稳定度测试数据

Fig.3 Test data of power supply stability
a——网络化检测系统; b——数字电压表测试系统

流值曲线。沿袭BEPC计算电流稳定度的公式 $Stability = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$ (其中,Stability表示电源稳定度; I_{max} 和 I_{min} 分别表示该被测试电源电流的最大和最小值),以数字电压表测试的稳定度为 1.5811×10^{-5} ;以网络化数据采集系统测试的稳定度为 1.2286×10^{-5} 。

实践证明,网络化测试系统由于采用全数字化的CAN网络设计,其抗干扰能力更强,且

成本低,结构简单。测试结果完全能够满足检测BEPC II高精度稳流电源的需求。

参考文献:

[1] 邬宽明. CAN总线原理和应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1995: 187-236.
[2] 周立功. 增强型80C51单片机应用速成与实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002: 208-240.