

doi: 10.7690/bgzdh.2016.02.013

基于 CPCI 的某电源设备多通道测试诊断系统

范利军, 杜国祥

(中国人民解放军 63981 部队, 武汉 430311)

摘要: 针对现有测试方法不能满足搜索雷达电源的维修保障需求的问题, 设计一种基于 CPCI 总线的多通道测试诊断系统。该系统采用 AD210 芯片对被测信号进行隔离, 利用 CPCI8622 多功能采集卡将隔离后的模拟电压信号转换为数字信号, 最终通过 CPCI 总线传输至 PC 工控机, 并由测试软件对获取的数据信息进行综合分析和判断。实验结果表明: 该系统具有操作简单、携带方便、测试精度高、故障诊断快速准确等特点, 实现了参数在线测试和故障诊断功能, 能够满足多种环境对雷达电源测试的要求。

关键词: CPCI 总线; 测试诊断系统; 多通道; 故障诊断; 在线测试

中图分类号: TP303+.3 **文献标志码:** A

Multi-channel Testing and Diagnosis System for Certain Type Power Based on CPCI

Fan Lijun, Du Guoxiang

(No. 63981 Unit of PLA, Wuhan 430311, China)

Abstract: Aiming at the problem that the current detection method can't meet the needs of the maintenance of the search-radar power supply, a multi-channel testing and diagnosis system based on CPCI bus is designed. The system uses AD210 chip to isolate the measured signal, and uses the CPCI8622 multi-function acquisition card to convert analog voltage signals into digital signals. At last, the digital signals are transmitted to the PC industrial control computer through the CPCI bus, in addition, analyzed and judged by the test software. The experiment results show that the system has the characteristics of convenient operation, portability, high precision, fast and accurate fault diagnosis, and the system realizes the function of parameter online testing and fault diagnosis, and meet the test requirements of radar power in a variety of environments.

Keywords: CPCI bus; testing and diagnosis system; multi-channel; fault diagnosis; online test

0 引言

随着科学技术的不断发展及装备保障信息化建设的不断推进, 测试新技术在装备维修保障领域得到了广泛应用^[1-2], 在线测试技术和维修手段也有了很大进步。由于在战场环境下对装备工作时的性能和技术指标有严格的要求, 目前采用的静态测试手段比较落后; 因此, 设计某型搜索雷达电源的自动测试和诊断系统显得非常必要。

现在对该型雷达电源的检测主要方法有 2 种。第一种是最常用的方法, 由操作人员使用万用表和示波器连接雷达电源进行现场测试, 这种检测方法操作简单, 测试结果直观, 缺点是不能对多路电压信号进行同时检测, 测试过程需要时间较长。此方法不能一次同时完成多个通道的测试, 而且要求装备维修保障人员必须具备较高的装备理论知识和专业维修操作能力。另一种检测方法是使用某型综合检测维修系统, 该检测系统虽然具有一次性多通道

数据的检测和故障诊断功能; 但具有体积大、质量重、价格高、配套数量少等缺点, 每次对雷达电源系统进行检测时都由车载运输, 主要用于后方基地维修保障, 在野战支援保障任务上具有局限性。

上面所述的 2 种测试方法都不能满足目前对搜索雷达电源的维修保障需求, 与现在以及将来的检测技术不相适应。基于此, 笔者在多通道测试诊断系统设计过程中, 采用软硬件相结合的方法, 设计出一套基于紧凑型外部组件连接 (compact peripheral component interconnect, CPCI) 总线的某型雷达电源多通道测试诊断系统^[3], 以便完成各种环境下对雷达电源系统的检测和故障诊断任务。

1 雷达电源测试的重要性和需求

雷达电源对整个武器系统工作时的性能发挥着至关重要的作用。该电源是某搜索雷达系统重要的组成设备, 由于搜索雷达系统在作战和训练时担负着搜索空中目标信息的任务, 该电源是否工作正

收稿日期: 2015-10-20; 修回日期: 2015-11-24

作者简介: 范利军(1978—), 男, 山西人, 本科, 工程师, 从事装备维修保障与故障检测设备研究。

常, 搜索雷达系统的工作状态是否良好, 直接影响某型搜索雷达发现目标的能力, 甚至影响武器装备性能的发挥。因而在装备使用和日常维护过程中, 必须对此搜索雷达电源进行参数测试, 并根据设备技术指标要求进行参数调整。若某个参数经调整仍无法达标, 则需要进行故障诊断和故障排除。

此搜索雷达电源使用三相交流电源供电, 正常工作时, 输入的三相交流电源分别经 10 个变压器进行降压, 然后送至 10 块低压电源电路板进行整流、滤波、稳压得到电压恒定的直流电源, 为雷达系统的各个功能组合电路提供不同参数的低压直流电源。由于搜索雷达电源输出的 10 路直流电源电气参数有差别, 且雷达系统各功能组合电路在正常工作时对低压直流电源供给的电气参数有很高的要求, 如果搜索雷达电源输出 10 路低压电源中任何一路电压超差或者输出电流不能满足技术要求, 都会导致整个搜索雷达系统不能正常工作; 因此, 搜索雷达电源工作正常是整个雷达系统工作正常的基本条件, 可见对该电源输出多路电压参数的测试在整个武器系统工作中的重要性。

由于该电源在结构上使用多个变压器进行降压和多块电源转换电路板进行输出, 功能上是同时为多个雷达电子组合提供不同技术参数的直流稳压电源。对该电源测试时, 每路直流电压输出都是一个单独回路, 因此检测输出的 10 路电压需要对 20 个不同的点进行测试; 检测为电子组合提供报故障指示的直流电压也是一个单独回路, 需要 2 个测试端口; 检测本电源前端变压器的输出交流电压参数, 需要 2 个测试端口。为了在不影响雷达电子设备正常工作的前提下实现系统故障诊断功能, 可简化设计过程, 降低系统生产成本, 在测试前将此电压转换为直流电压; 系统除了具有数据采集和诊断的功能外, 还需要具有对故障支路的故障定位和排故指导功能。

2 系统总体设计

根据某型搜索雷达电源工作时输出的直流电压参数特征和检测要求, 多通道测试诊断系统由 PC 工控机、A/D 数据采集卡^[4-5]、电压调理电路和接插件等组成。系统总体设计结构如图 1 所示。

系统是基于 CPCI 总线, 采用工控机、A/D 数据采集卡、电压调理电路等部件设计的多通道测试诊断系统。由于雷达电源输出的电压参数不同, 根据实际情况, 设置了电压调理和整流稳压电路, 各

路输入电压经电压调理和整流稳压后, 变成符合采集卡输入参数要求的电压信号, 再通过线性隔离进入 A/D 采集卡转换为数字信号, 然后经 CPCI 接口送入 PC 工控机。

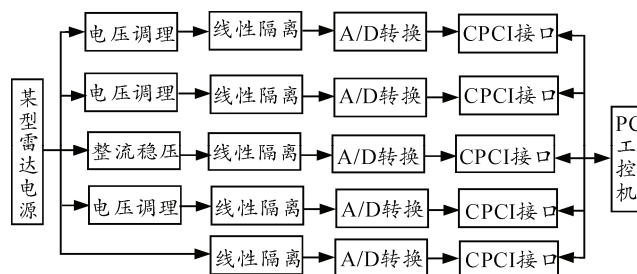


图 1 系统总体结构

PC 工控机安装有某型雷达电源多通道测试诊断专用软件, 该软件系统采用国家仪器(NI)公司的 Lab Windows/CVI 开发。CVI 是一种交互式的 ANSI C 语音开发平台, 有良好的底层硬件驱动, 支持多种接口类型, 由于其编程方法简单易学, 运用于此测试诊断系统可提高系统研发设计效率和可靠性。

根据系统设计需求, 测试诊断软件包括系统设置、数据处理、故障分析 3 个主要模块。系统设置模块完成软件系统的初始化、系统口令的设置和管理; 数据处理模块完成电压信号实时采集、采集数据的显示和判断、采集数据和设备诊断结果的管理; 故障分析模块完成对故障支路的故障定位和排故指导功能。软件系统功能结构如图 2 所示。

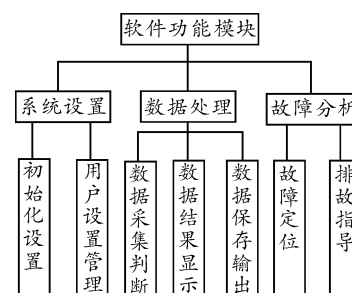


图 2 软件系统功能结构

3 硬件与软件的实现

3.1 CPCI 总线

CPCI 总线在互连方式上是将原来的 PCI 金手指改用 2 mm 密度的针孔连接器, 进一步提高了其可靠性, 并增加了负载能力^[6]。在电气特性上, CPCI 总线以 PCI 电气规范为基础, 解决了 VME 等总线技术与 PCI 总线不兼容的问题, 符合电磁兼容性要求, 支持 132 MB/s 的峰值速度, 延时时间只需 60 ns (33 MHz), 并且支持 66 MHz 的工作频率, 适合

大容量实时数据的传输，具有高开发性、高带宽的特点。在机械结构设计上，CPCI 板卡使用了欧卡连接器和标准 3 U、6 U 板卡尺寸，可以从机箱前面热插拔，从而缩短了平均修复时间 (mean time to repair, MTTR)，由于卡的四面均将固定于 PC 工控机的卡槽内，良好的机械设计带来通畅的散热途径；因此能在剧烈的冲击、震动、高温环境下正常工作。

3.2 A/D 转换

被测对象的模拟电压信号在经 CPCI 总线进入 PC 工控机前，必须进行 A/D 转换。按照系统设计需求，雷达电源多通道测试诊断系统需要对 12 路电压信号进行测试，由于各路信号相互独立，被测试的端点数为 24；因此，需要至少 24 路模拟量输入的数据采集卡，同时系统的诊断功能借助测试软件程序对每路采集数据进行处理，做出被测电源工作状态的故障判断^[7]。本测试系统选用阿尔泰科技发展有限公司生产的 CPCI8622 多功能采集卡，采取差分输入方式。此卡的采样频率是 250 kS/s，采样精度 16 位，8 K 字 FIFO 存储器，AD 量程： ± 10 、 ± 5 、 ± 2.5 V，0~10 V，0~5 V，具有单端 32 路/差分 16 路模拟量输入，可实现多种数字量触发、无跳线操作。

3.3 信号调理隔离

由于被测的雷达电源输出 12 路电压参数不同，在送入 CPCI8622 多功能采集卡前需进行信号调理和隔离处理，设置了电压调理和整流稳压电路。首先将其中 9 路超出 A/D 采集卡输入参数要求的电压进行调理到 ± 10 V 范围内，1 路交流电压进行整流、稳压、降压调理，另外 2 路电压符合采集卡输入参数要求不需调理，然后 10 路信号经线性隔离处理，信号调理隔离电路如图 3 所示。在电路中，采用电阻分压，AD 公司的 AD210AN 进行 1:1 的信号隔离，AD210 的 16、17 两引脚连接在一起，实现信号跟踪功能，18、19 两引脚接分压输入信号，1、2 脚输出至 CPCI 采集卡。

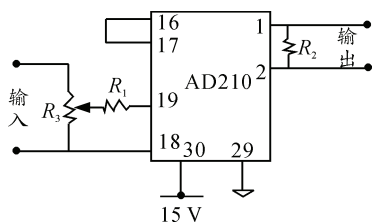


图 3 信号调理隔离电路

3.4 软件设计

多通道测试诊断系统软件使用 Lab Windows/CVI 语言平台在 Windows XP 操作系统下快速地构建，主要实现对 CPCI8622 多功能采集卡的访问控制。为保护被测数据的安全，进入系统软件界面需操作用户提供登录口令，经验证正确后对系统硬件初始化，如果第一次操作使用进行用户管理设置。系统硬件初始化结束，用户可选择是否对测试系统进行自检，然后对采集卡进行控制，进行数据采集、处理、判断、显示采集数据和数据处理结果^[8-9]。若诊断有故障显示时，可以根据软件的排故指导功能进行排除故障，恢复装备技术状况。数据采集判断流程如图 4 所示。

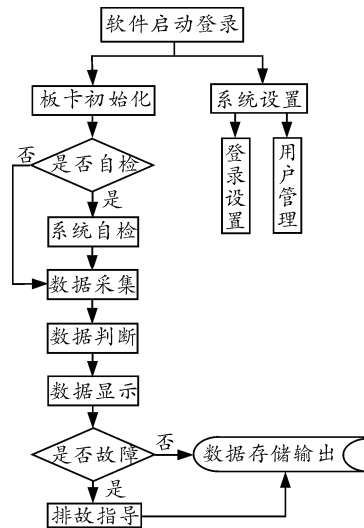


图 4 数据采集判断流程

4 实验结果与分析

在实验过程中，选择一个具有 12 组被测参数的电源组合，由一名测试人员采用该测试系统和传统的测试方法进行测试，传统方法测试用时 126 s，包括测试人员记录测试值、测试操作和测试结果判断的时间；而利用该系统进行测试时，测试结果的记录和判断都由系统自动执行，因此测试仅用时 10 s。由此可见，该系统大大提高了设备的故障检测效率。实验结果表明：该系统的测试精度可达 0.05 V，完全满足某雷达电源测试的要求。

5 结束语

基于 CPCI 总线的某型雷达电源多通道测试诊断系统成功设计与应用，实现了某型导弹装备搜索雷达电源系统的工作状态和技术指标实时在线检测；该系统能够根据在线检测数据结果对电源的每

个通道工作状况进行故障判断; 当电源系统的某个参数被诊断为超差或故障时, 系统能够提供相应的调试方法和排故方法。该系统界面直观、操作简单、使用方便; 在实际使用过程中, 可提高装备维修和操作人员的技术水平, 提高装备保障效率和部队遂行作战能力, 具有较高的性价比和广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 同江, 蔡远文. 下一代自动测试系统在我国航天测试体系结构中的应用[J]. 航天控制, 2011, 29(2): 75-80.
- [2] 蒋新广, 柳维旗, 姜志保, 等. 某型弹药制导系统的 LXI 总线自动测试系统[J]. 兵工自动化, 2013, 32(5): 46-49.
- [3] 朱永兴, 翁明远, 张波. 基于 CPCI 总线的数据采集与

(上接第 51 页)

2) 由图 9 和图 11 中可以看出: 在达到稳定状态时, 模糊 PID 控制跟踪比较稳定, 而常规 PID 出现了一些振荡调整; 通过对图 9 和图 11 局部放大, 即观测分析图 10 和图 12 可以发现, 模糊 PID 控制稳定跟踪精度在 0.05 mrad 平衡点上下微幅调整, 最大值没有超过 0.1 mrad; 常规 PID 控制稳定跟踪精度在 0.3 mrad 平衡点上下微幅调整, 其值在 -0.1~0.4 mrad 之间波动。由此可知, 在需要获得更高控制精度和更小波动的两相混合式步进电机控制系统中, 模糊 PID 稳定跟踪精度明显优于常规 PID 控制。

3) 综合以上仿真特性曲线的分析可知: 在不同响应和精度要求的两相混合式步进电机控制系统中, 通过模糊参数在线调节控制比常规参数 PID 控制可以达到更优的技术指标。实际工程应用时, 可以根据性能要求、成本预算、技术能力等方面的综合平衡, 选择合适的控制策略, 实现快速精确控制的要求。

4 结束语

通过合理的线性化与简化处理, 笔者建立了两相混合式步进电机的数学模型。通过采用先进的模糊控制理论和 PID 结合的控制策略, 将模糊控制对

处理系统[J]. 计算机工程, 2008, 34(增刊): 4-7.

- [4] 杨甘霖, 蔡远文, 姚静波, 等. 基于 CPCI 总线的运载火箭脉冲信号多路采集卡[J]. 兵工自动化, 2012, 31(9): 75-77.
- [5] 袁菁. 一种基于 CPCI 总线 A/D 模块的设计与实现[J]. 计算机与数字工程, 2005, 33(7): 129-130.
- [6] 李震. 基于 CPCI 的车载多通道调试系统[J]. 电子技术应用, 2014, 40(2): 71-73.
- [7] 刘金宁, 孟晨, 杨锁昌. 基于 DataSocket 技术组建网络化虚拟仪器测试系统的研究[J]. 测控技术, 2003, 22(5): 51-53.
- [8] LabWindows/CVI Programmer Reference Manual[Z]. National Instruments, 1998.
- [9] 穆运明, 刘旺开, 尹禄高. 基于 LabVIEW 的航空发动机测试系统[J]. 兵工自动化, 2011, 30(2): 70-72.

环境的适应性强可在线调整控制参数, 能够根据实际调试经验来控制, 和 PID 控制简单易于实现的控制特点相结合。笔者运用模糊控制规则在线对 PID 控制器的参数进行调节, 以获得对两相混合式步进电机的快速响应与稳定高精度控制。仿真特性表明: 在不同性能和技术条件要求下, 研究的内容可指导和支持两相混合式步进电机在机电控制系统中的应用, 具有实际的工程应用价值。

参考文献:

- [1] 刘宝廷. 步进电动机及其驱动控制系统[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1997: 100-105.
- [2] 林皓. 基于步进式电机控制的四维机器人的研究与应用[D]. 上海: 上海交通大学, 2008: 3-7.
- [3] 王成宾. 步进电机控制液压数字阀的建模与仿真研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2006: 4-8.
- [4] 顾娜. 基于步进电机的自适应机翼驱动系统设计[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2009: 3-9.
- [5] 万文, 熊震宇. 数控车床中步进电机的应用[J]. 机床与液压, 2005(12): 71-73.
- [6] 刘川, 刘景林. 基于 Simulink 仿真的步进电机闭环控制系统分析[J]. 测控技术, 2009, 28(1): 44-49.
- [7] 张建民, 王涛, 王忠礼. 智能控制原理及应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003: 39-44.
- [8] 张国良, 曾静, 柯熙政, 等. 模糊控制及其 Matlab 应用[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002: 43-50.