

基于 PXI 总线虚拟仪器的测试和故障诊断系统

李冰 王宝良 朱灿彬 张辉
(空军工程大学电讯工程学院 西安 710077)

摘要: 地空通信电台越来越多地采用现代先进的电子技术,结构越来越复杂,使得设备的测试和维修难度加大。同时,现代战争对军用电子通信设备的可靠性和维修效率也提出了更高的要求。而传统的人工测试和维修手段效率低,精度差,且设备功能单一,不能随着装备的更新换代而升级,使得测试的成本比较高。为了克服这些缺点,本文针对超短波地空通信电台设计了一套自动测试及故障诊断系统。采用 PXI 模块化仪器和虚拟仪器软件开发平台,该系统具有操作自动化、测试精度高、便于扩展等优点。与传统的测试设备相比,达到了缩小体积,降低成本,及时发现设备故障的目的,能够很好地满足装备保障的要求。

关键词: PXI 总线; 自动测试; 故障诊断; 虚拟仪器

中图分类号: TP216

文献标识码: A

Automatic measurement and fault diagnosis system based on PXIbus virtual instrument

Li Bing Wang Baoliang Zhu Canbin Zhang Hui
(Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077)

Abstract: As the military air-ground radio are getting more and more complicated by using advanced electronic technology, it is getting harder for testing and maintenance of these equipments, while modern war demand for reliability of military electronic communication devices and efficient maintenance are getting higher at the same time. However tradition manual test methods have many shortages such as low efficiency, bad precision, simplex function, high cost and failure to upgrade when device renewing. In order to overcome these disadvantages, we designed an automatic test and fault diagnosis system based on PXI modularized instruments and virtual instrument soft development suit. Comparing to traditional device the proposed one has the characteristics of automatic operation, higher precision and easier to upgrade. It also superior in size and cost, can detect faults in real time to ensure the equipment working normally.

Keywords: PXI bus; automatic testing system; fault diagnosis; virtual instrument

0 引言

超短波地空通信电台工作频段高,测试任务复杂,数据吞吐量较大,精度要求高,但目前的人工测试平台很难达到这些要求。为了能够快速有效地对电台的性能进行测量并实时监控电台的工作状态,及时发现并排除可能的故障,很有必要建立一个高效、灵活的自动测试及故障诊断平台。而基于 PXI 总线的虚拟仪器具有集成化、模块化、软件化、易升级等优点,正好适应这一需求。本文设计的系统使用 PXI-5660、PXI-5671 等模块化仪器结合虚拟仪器软件包的信号处理功能,代替了传统的无线电综合测试仪、频谱仪、示波器等台式仪器。缩小了体积,降低了测试成本。并且在测试的基础上实现了电台工作状态监测和故障诊断的功能。此外,在本系统的基础上,还可以利用网络化虚拟仪器技术,将不同地域的 PXI 仪器联网,建立

远程分布式测试及故障诊断系统。

1 系统的硬件构成

本测试诊断系统以 PXI 总线测试仪器为核心,可自动控制系统进行数据采集、数据处理和数据再现。在测试诊断系统进行工作之前,先把激励信号加入电台;然后对电台的性能以及各部分电路的关键点进行跟踪测试,控制开关矩阵把信号以一定的次序送入数据采集模块,把采集下来的信号与正常值比较,并分析综合提取关键信息;最后根据故障库进行比较判决,并把故障的原因及相应的电路图显示出来。

电台的性能指标测试包括发射机、接收机、射频 AGC、静噪、音频等部分。不同的测试项目有各自的仪器模块和连接方式,因此必须对电台进行计算机控制,采用自动测试技术,自动选择连接测试设备,自动产生激励并测量响

应,并且能够自动对电台进行性能分析和故障诊断。

系统的硬件组成框图如图 1,主要由主控计算机、PXI 机箱和仪器模块、信号适配器、程控电源等部分组成。

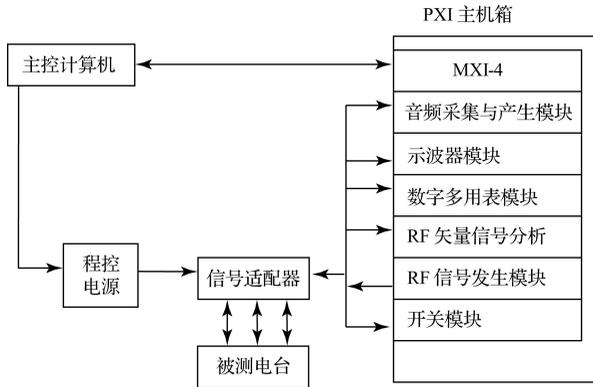


图 1 系统硬件组成

主控计算机是整个系统的控制中心。通过 MXI-4 接口卡使用 PCI 桥接技术实现对 PXI 机箱和仪器模块的控制,通过 GPIB-USB 模块对程控电源进行控制。PXI 机箱采用 PXI1010,它带有 8 个 PXI 槽和 4 个 SCXI 信号调理槽,可以根据需要扩展仪器模块。程控电源主要用于给被测电台提供电源,并实现负载功率的测试和保护。

电台发射和接收性能的射频测试主要使用 NI PXF5660 射频信号分析模块和 PXF5671 射频信号发生模块组成。

PXF5660 是一个基于 PXI 技术标准的射频信号分析仪。它具有模块化仪器的架构,由 PXF5600 宽带射频信号下变频器和 PXF5620 数字化仪组合而成。下变频器和数字化仪为通用的硬件,完全可以对超短波频段的各种信号进行解调、分析。射频信号接入下变频器后转换为 5~25 MHz 的中频信号后输出至数字化仪,数字信号经 PXI 总线传入计算机,之后的信号分析和射频参数分析全部通过数字信号处理实现,使用 NI 的 Spectral Measurement 频谱分析工具包实现频谱分析仪的功能。可以实现功率谱、接收功率、带宽等参数的测量。

与传统的频谱分析仪相比,PXF5660 作为一个矢量分析仪具有很多优点。传统的频谱分析仪使用“扫频调谐”的方法。把 RF 输入和一个频率十分接近所需 RF 频率的可调振荡器进行混频,产生和频和差频信号,再经过低通滤波器滤出差频信号,差频信号送入检波器,然后经过数模转换数字化。其中低通滤波器的带宽决定频谱显示的频谱分辨率。而 PXF5660 是一个宽频的仪器模块。它不需要对一个模拟滤波器进行扫频来显示频谱,而是将所有的频率同时用一个宽频的滤波器进行捕获,然后进行复杂的 FFT 运算。因此,PXF5660 矢量分析仪具有下面的优点:(1)同时采集多路宽带数字信号;(2)数字化的宽带信号包含频率信息;(3)可以对数字信号进行 FFT 计算,包含幅度和相位信息。实验证明,PXF5660 矢量分析仪比传统的频谱分析仪检测带宽更宽,频率准确度更高,测量速度更快。

PXF5671 射频信号发生模块由中频发生器和上变频器组成,用于产生接收机测试需要的射频信号,可进行 100 MS/s 速度(400 MS/s 插值)512 MB 内存和 20 MHz 实时带宽的真 16 位分辨率的任意波形发生。并可以和调制工具包 Modulation Toolkit 配合生成标准的调制信号,包括 AM、FM、PM、ASK、FSK 等多种模拟和数字调制信号。

示波器模块采用高速数字化仪 PXF5124 通过软件编程,实现对静噪灵敏度、静噪门限、波道转换时间等参数测量。音频信号产生与采集使用高精度动态信号采集模块 PXF4462,它具有 4 个模拟输入通道,24 位的 delta-sigma 数模转换器取样速率高达 204.8 ks/s,可以在 95 kHz 带宽范围内可以提供将近 120 dB 的动态范围。该模块作为音频信号发生器,和音频频谱分析仪,可以完成音频电压、调制失真度等测量。

2 测试诊断软件的构成

系统的测试诊断软件采用模块化、通用化的思想设计,主要包括自检软件、自动测试软件、故障诊断软件、数据库管理软件、程控电源控制程序等部分组成,如图 2 所示。

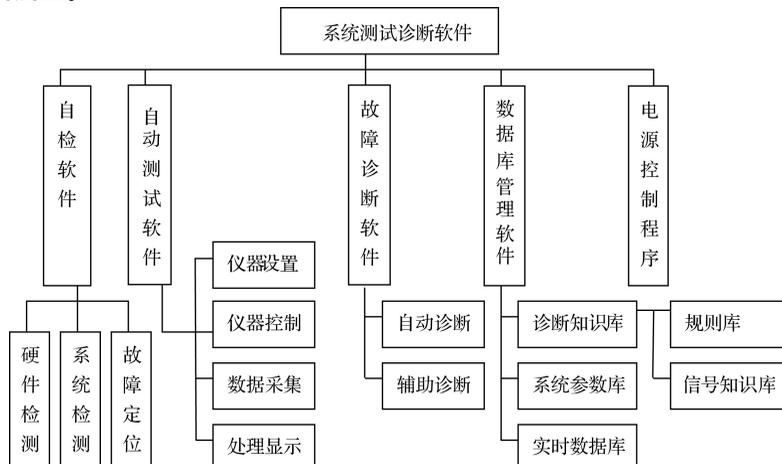


图 2 系统软件组成

自检软件在系统上电后完成硬件资源检测、系统状态检测和故障自动定位。

自动测试软件根据数据库存储的系统参数,设置PXI仪器的工作方式、测试内容等,然后通过仪器驱动程序控制PXI仪器,(如信号发生器、频谱分析仪、示波器等),就可以完成仪器的激励产生和测量任务,并将测得数据采集回来,进行分析处理并显示出来。

系统的故障诊断采用专家故障诊断的方法。计算机在采集被诊断对象的信息后,综合运用各种规则(即专家经验),进行一系列的推理。必要时也可以有人工参与证实,选择推理的转移方向,快速准确的找到可能的故障。专家诊断系统由实时数据、诊断知识库、故障诊断软件组成。

故障诊断软件包括自动故障诊断、专家辅助测试。自动故障诊断指测试系统依靠数据库给出的知识库和规则库自动进行信号测试、特征提取、故障判断。辅助诊断与自动故障诊断相同,但判断每个点后,需由人工来控制下一步转移的方向,即单步诊断。这样可避免因诊断库中专家经验参数限制严格而导致的误判,从而提高诊断准确度。

数据库管理软件实现对系统参数库、测试数据库和诊断知识库的数据操作和管理。

系统参数库包括激励源、仪器模块、程控电源及接口资源等系统资源正常工作所需的参数,以及在进行被测电台的诊断时,系统进行必要的初始化所需的参数。实时数据库是一种动态数据库,存储实时监测到的设备工作状态以及从设备各测试点采集的电压、电流、温度等信号经过处理后的特征值,作为故障诊断的原始依据。

信号知识库存储的是各测试点在电台无故障情况下的信号特征值,作为故障判断的标准。规则库存放一组规则,反映系统出现故障或者工作正常的因果关系,是进行推理的依据,是故障诊断的基础,由诊断程序调用进行故障诊断。规则库编写质量的高低,直接影响到测试效率的高低及诊断的准确度。

电源控制程序控制可编程程控电源完成参数设置、工作状态转换和监控等操作。

软件的实现采用LabWindows/CVI。LabWindows/CVI是优秀的虚拟仪器开发平台,它以ANSI C为核心,将功能强、使用灵活的C语言和用于数据采集、分析和表达的测控专业工具有机的结合起来,可以容易地对PXI仪器模块实现软件控制。在LabWindows/CVI环境下,很容易建立图形用户界面(GUI),用户通过GUI操作被检测仪器设备,与测试仪器设备进行通信,输入控制参数设置,输出测量结果显示。开发平台还提供了代码生成器和函数面板两种交互式编辑工具。利用代码生成器可以自动生成主程序、程序入口和各种回调函数的框架,以及各种结构命令的框架,通过函数面板可交互式执行函数操作,查询

函数的联机帮助信息,并把函数语句嵌入C源码中。

LabWindows/CVI针对测控领域的应用提供了功能各异、使用方便的函数库,如C函数库、数据采集、数据分析、GPIB、VXI、PXI、RS232和VISA硬件驱动函数库、TCP/IP网络函数库等。极大地缩短了测试软件的开发时间。系统采用数据库开发平台PowerBuilder建立关系型数据库,测试软件对数据库的操作使用SQL语言,通过ODBC连接。

整个测试软件采用虚拟仪器平台开发实现,具有开发周期短,软件可维护性强,系统可靠性好等优点,而且PXI虚拟仪器中的仪器驱动程序符合IVI(可互换式虚拟仪器)规范,以后可以方便地更换性能更高的仪器模块,而不需更改驱动软件。

3 测试过程及结果分析

以电台发射状态的测量为例,计算机控制PXF4462产生音频信号,送入电台话筒输入口,经发射机调制,放大产生射频信号。将发射机输出的射频信号接入PXF5600下变频模块,完成下变频后的中频信号从射频端口输出,经射频电缆接入PXF5620的信号输入口。在PXF5620中频数字采集处理模块中信号经抗混叠滤波,然后进行A/D采样数字化,将模拟的中频信号转换成为数字信号;数字信号再经过DDC数字下变频,完成信号正交变换和数字滤波等运算,最后将数字中频I/Q信号经PXI总线输送到计算机中进行数字信号分析处理,得到射频输入信号的频率、功率、解调频率、解调频偏、解调调幅等参数。测量信号流程如图3所示。

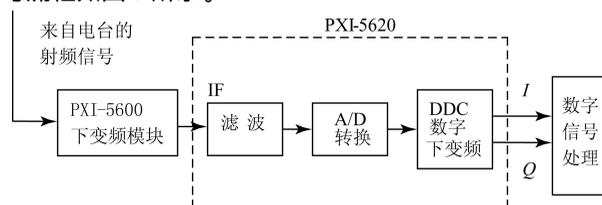


图3 电台发射状态测量信号流程

可见PXF5600和PXF5620应用软件无线电的思想,构造了一个具有仪器品质的软件无线电接收机对电台发射状态进行测量。中频数字化后,完全是利用计算机进行数字信号分析,准确度更高,测量速度更快,可处理的信号带宽也更宽。而且便于软件实现各种参数测量的功能,灵活性强,升级时只需更换某些硬件模块。

4 结论

本系统采用灵活的PXI模块化仪器,配合虚拟仪器的测试开发平台,构建了超短波电台的自动测试和故障诊断系统,有效的避免了人工测试的误差,使自动化程度和精度得到极大提高。给装备的监控和及时维修带来了极大

方便,缩小了测试系统体积,节省了成本。而且系统中模块化的仪器易于更换升级,基于虚拟仪器的软件平台的灵活性,可以方便地开发更多的功能,也可以在此基础上,通过网络建立远程监测和故障诊断系统。

参考文献

- [1] 张伟东,袁昊,周荫清,等. 基于虚拟仪器的电子测量系统[J]. 电子测量技术,2006(4):44-45.
- [2] 李纲,孔祥军,宋宗虎,等. 电子测量新方法——虚拟技术[J]. 现代电子技术,2004,271(20):95-97.
- [3] 扶碧波,樊锐. 基于 PXI 虚拟仪器诊断系统[J]. 电子测量技术,2002(2):39-41.
- [4] 王虎,温建中,梅杓春. PXI 模块仪器系统[J]. 国外电子测量技术,2001(5):14-17.
- [5] 宋宇峰. LabWindows/ CVI 逐步深入与开发实例[M]. 北京:电子工业出版社,2003:140-169,247-251.
- [6] 赵会兵. 虚拟仪器技术规范与系统集成[M]. 北京:北方交通大学出版社,2003:210-240.

[7] 张毅刚. 自动测试系统[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2001:166-170.

[8] 朱大奇. 电子设备故障诊断原理与实践[M]. 北京:电子工业出版社,2003:3-5.

作者简介

李冰,男,1983年11月出生,河南洛阳人,现为空军工程大学电讯工程学院在读硕士研究生,主要研究方向为无线电通信,电子测量。

E-mail:lb1105@163.com

王宝良,男,空军工程大学电讯工程学院副教授,主要研究方向为无线电通信,电子测量,远程测控。

朱灿彬,男,空军工程大学电讯工程学院在读硕士研究生,主要研究方向为无线电通信。

张辉,男,空军工程大学电讯工程学院在读硕士研究生,主要研究方向为军事航空通信。