

瞬时测频系统多套并行自动测试平台实现

梁 伟 付 敏 阮太相 张 东

中国电子科技集团公司第二十九研究所 四川成都 610036

摘 要: 瞬时测频系统^[1]内部放大、温补、检波、均衡等功能模块众多, 信号链路复杂, 为确保瞬时测频系统能够正常运行, 需要在不同温度环境下针对频率测量精度^[2]指标开展大量的校准^[3]验证测试。为了保证校准测试全面性, 针对多种频点和参数设置了大量的校准测试点, 在校准测试时需在特定时间对信号源进行频繁调整。传统的人工校准测试, 作业强度大、效率低。为了降低人员需求和作业强度, 提高校准测试效率和质量, 本文提出了一种“一对四”的并行校准测试方法, 通过总线控制实现多套并行校准自动测试。

关键字: 瞬时测频系统; 校准; 自动测试

Realization of multiple parallel automatic test platforms for instantaneous frequency measurement system

Wei Liang¹, Min Fu², Tai Xiang Ruan³, Dong Zhang⁴

1.China Electronic Technology Group twenty-nine research institute, Sichuan, Chengdu 610036, China

2.The 29th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chengdu 610036, China

Abstract: The instantaneous frequency measurement (IFM) system has many functional modules, such as internal amplification, temperature compensation, detection, and equalization, making the signal chain complex. To ensure the normal operation of the IFM system, a large number of calibration verification tests need to be carried out under different temperature environments for frequency measurement accuracy indicators. In order to ensure the comprehensiveness of the calibration test, a large number of calibration test points have been set for multiple frequency points and parameter settings. During the calibration test, the signal source needs to be frequently adjusted at specific times. Traditional manual calibration testing requires high labor intensity and low efficiency. To reduce the demand for personnel and labor intensity, and improve the efficiency and quality of calibration testing, this paper proposes a “one-to-four” parallel calibration testing method, which realizes multiple sets of parallel calibration automatic testing through bus control.

Keywords: the instantaneous frequency measurement system; calibration; automatic test

引言

瞬时测频系统内部放大、温补、检波、均衡等功能模块众多, 信号链路复杂, 为确保瞬时测频系统能够正常运行, 需要在不同温度环境下针对频率测量精度指标开展大量的校准验证测试。为了保证校准测试全面性, 针对多种频点和参数设置了大量的校准测试点, 在校准测试时需在特定时间对信号源进行频繁调整, 同时由于瞬时测频系统产能需求持续较高, 校准测试工作量带来的产能瓶颈持续存在, 亟待解决。传统的人工校准测试中, 测试系统采用“一对一”的连接模式, 单次测试一件模块, 不仅作业强度大、校准测试效率低, 而且严重依赖作业人员的熟练度, 培训成本较高, 既难以保障装备的质量, 也难以满足繁重的日常生产需求。为了保证装备质量, 降低人员需求和作业强度, 提高校准测试效率, 本文针对瞬时测频系统的测试特点设计了一种“一对四”的自动测试系统, 通过串口与被测装备进行通信

控制, 利用 GPIB 总线进行仪器设备控制, 这种系统架构实现简单, 易扩展, 抗干扰, 可有效提升装备测试效率和质量。

一、总体设计

1.1 自动测试系统架构

本测试平台主要由控制器、测试设备和被测产品三部分组成。控制器是测试系统的核心, 实现对测试设备的控制、被测系统的命令下发、报文数据回读和异常数据修正等功能, 由串口总线、GPIB 总线、通信电缆围绕工控计算机组建而成。系统构架如图 1 所示, 此构架通过加装多路串口卡, 能够灵活扩展被测装备数量, 完成较多被测装备的并行校准测试。

测试仪器主要为微波信号发生器, 信号类型和相关参数由 GPIB 总线指令控制, 具备输出符合测试需求的多种信号组合, 通过带宽多路射频信号功分器将信号经过射频电缆分配到瞬时测频模块口面, 提供目标射频信

号输入。

供电系统由 2 台 3 路输出电源组成，能够为系统提供 $\pm 5\text{V}$ 、 $+12\text{V}$ 等多路直流电压，满足 4 套被测装备同时供电需求，并预留了扩展被测件数量所需的功率，便于测试系统拓展。

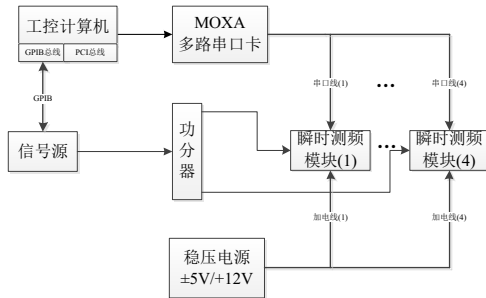


图 1 测试系统架构

1.2 自动测试系统软件设计

自动校码测试系统软件为瞬时测频频率码值校准提供人机交互界面，实现指标项目的自动测试，测试软件的核心功能是仪器、被测设备控制、指标测试、报文回读、数据校正。采用模块化软件设计思想，根据功能特点逐个模块开展决策、接口和功能设计，并将功能代码封装成通用模块，便于二次开发调用，系统测试软件执行流程如图 2 所示。

（1）仪器初始化及参数配置模块

通过 GPIB 总线控制仪器，下发通信协议指令，初始化仪器设备，显示仪器设备连接状态及运行状态。测试时根据需求对仪器输出频率、调制类型、信号功率、重频、脉宽等参数进行配置，产生目标射频信号。

（2）通讯控制模块

工控计算机通过 RS-232 协议与被测装备建立通讯，用户通过计算机向被测装备下发控制命令，并回读被测装备工作状态和射频信号采集结果报文。

（3）频率码值校准模块

在 8 个不同温度区间内测量并记录频率码值，记录各温度区间内的频率码，验证码值的连续性，对个别异常码值进行修正，并合成全温区码表。

（4）指标功能测试模块

根据装备的实际使用场景，在 8 个不同温度区间内测试频率测量精度，可以检测被测装备内部各功能模块的工作状态是否存在异常，又能验证其在复杂温度环境下频率测量结果的可靠性和一致性。

（5）数据处理模块

通过串口读取被测装备的报文信息，对数据进行解析、处理及保存，实时监控校准测试过程。实时展示测试数据图表有助于作业人员及时掌握被测系统运行状态，若存在异常，原始数据可用于故障分析^[12]、及后期的升级改造，自动保存的标准格式图表便于后期追溯查询。

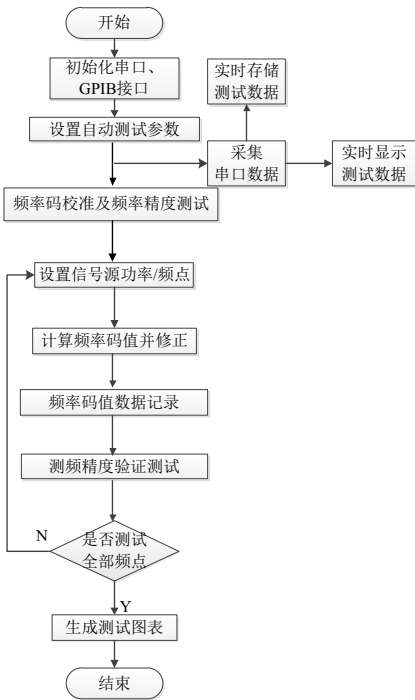


图 2 软件执行流程

二、工程应用

为验证此方案的可行性及有效性，使用工控计算机、MOXA 多路串口卡、信号源、多路功分器、瞬时测频模

块（4 件）、多路稳压直流电源，按图 1 搭建测试环境。

测试系统软件采用模块化设计思想，根据功能特点封装成通用的软件模块，共开发“基础仪器控制模块”、

“串口总线通信模块”、“指标测试应用模块”、“数据处理模块”等主要共性功能软件模块，通过模块外部接口调用拼接，实例化自动测试系统软件。

首先建立测试系统软件运行所需的环境：

运行框架：LabWindows/CVI

运行插件：GPIB 驱动，RS-232 PCI 驱动

办公软件：office 2010 及以上

操作系统：Windows XP 或更高版本

通讯协议：RS-232，NI-488.2，NI-VISA

开发工具：LabWindows/CVI 2009

按照图 2 所示进行软件操作，首先初始化仪器设备，通过 GPIB 总线加载驱动模块，如图 3 所示。选择“脉冲调制”，填写“开始频率”、“截止频率”、“功率”、“重频”、“脉宽”、“频率步进”、“4 件模块的码值文件输出路径”，接下来通过控制总线向仪器设备下

发信号参数，勾选“自动采集频率”，点击“粗/精地址采集 6~18”按钮即开始逐一执行“计算频率码值并修正”、“频率码值数据记录”、“测频精度验证测试”，在测试数据图形显示界面选择“查看校码数据”、“查看测频数据”，即可查看测试图表，若码值存在跳变，选择“校验并更正”自动完成码值修正，码值数据报表便会自动保存至目标路径，完成 4 件瞬时测频模块自动校准及测试。



图 3 应用界面

三、结束语

为了提高多套被测装备的测试效率和质量，本文提出了一种针对瞬时测频模块的“一对四”并行校准测试方法，利用多路串口卡、GPIB 总线、多路射频功分器等易拓展的硬件组件，以及软件功能模块化的开发方式，通过测试仪器控制，频率码校准、测频精度测试，过程数据校正，测试报表生成，可以实现多个温度区间下针对多个被测装备的测试验证。传统人工测试单套耗时 4 小时，转为使用自动测试平台仅耗时 2 小时，效率提高 2 倍，再考虑可 4 套并行校准测试，效率提升达到 8 倍，显著降低人员需求和作业强度，同时自动化的手段提升了作业的标准化和一致性，保证了产品质量。通过实践验证，此校准测试平台具备稳定可靠的特点，能够广泛应用于具有多被测装备特点的测试系统中，有效提升测

试过程的自动化程度，提升测试效率、保证装备质量。

参考文献：

- [1] 陈晓威, 李彦志, 何文波. 瞬时测频系统测 LFM 信号载频误差分析[J]. 现代电子技术, 2015.19:28-32.
 - [2] 李炎, 赵伟, 黄巧巧, 董良, 刘建业. 多通道高精度动态频率测量系统的研究与实现[J]. 电子测量技术, 2012.12:75-80.
 - [3] 高帅, 谷力, 刘烈曙. 高精度时间间隔测量在时间比对和频率校准中的应用[J]. 现代导航, 2016.4:239-245.
- 作者简介：梁伟（1989-），男，学士，工程师；付敏（1990-），女，硕士，工程师；阮太相（1979-），男，学士，高级技师；张东（1993-），男，硕士，工程师。