

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.01.15

频谱分析仪自动校准中的问题及解决方式

卞剑

(国防科技工业 3214 二级计量站, 江苏 南京 210014)

摘要: 频谱分析仪用于周期信号或准周期信号的频谱分析, 广泛应用于通信、广播等行业, 为了确认频谱分析仪的可靠性, 每年都需要定期对其校准。频谱分析仪传统的校准方法中问题较多, 如: 校准方法不统一、校准指令不通用、被校准点不可更改。针对这些问题, 本文提出了频谱分析仪自动校准软件解决方式, 所设计的自动校准系统可对多品牌、多系列的频谱分析仪做自动校准, 自动查找识别仪器、智能校准、生成原始记录和证书、功能可扩展等。该校准系统智能、高效、可靠。

关键词: 频谱分析仪; 自动校准; 多系列

中图分类号: TB937; TP212.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2016)01-0057-04

Problems and Solutions for Automatic Calibration of Spectrum Analyzers

BIAN Jian

(National Defence Technological Industries NO. 3214 Grade Two Centering Station, Nanjing 210014, China)

Abstract: A spectrum analyzer is used for the analysis for periodic signals, and it's widely used in telecommunications, broadcasting and other industries. In order to confirm the reliability of the spectrum analyzer, it should be calibrated every year. The traditional calibration methods for spectrum analyzers have many disadvantages, such as: the calibration method is not unified, calibration commands are not used universally, calibration points can not be changed, etc. In order to deal with these shortcomings, we develop the automatic test system software for spectrum analyzers, and the automatic testing system can automatically calibrate the spectrum analyzers of multiple series and multiple brands, automatically find the instrument, intelligently test, generate the original records and certificates, and expand functions. In this paper, a detailed description is given on the automatic calibration system software for the spectrum analyzer. The calibration system is intelligent, efficient, and reliable.

Key words: spectrum analyzer; automatic calibration; multiple series

0 引言

频谱分析仪是一种带有显示装置的超外差接收设备, 由预选器、扫描本振、混频、中放、滤波、检波、放大、显示等部分组成。主要用于频谱分析, 也可用于频率、电平、增益、衰减、模拟调制和数字调制、失真抖动等测量, 是通信、广播、电视、雷达、宇航等技术领域不可缺少的仪器^[1-2]。频谱分析仪用途广、数量大, 这对频谱分析仪的校准工作提出了更高的要求。以往对频谱分析仪的校准方法是人工手动方法, 面对大量的频谱分析仪, 校准工作劳动强度大、效率低, 而且有可能由于个人的疏忽等原因造成错误。为

解决手动校准存在的问题, 本文给出了自动校准软件设计方案, 利用该软件可校准与频谱分析仪有关的大部分参数。

1 频谱分析仪自动校准系统的设计方案

1.1 硬件平台的搭建

根据 JJF 1396-2013《频谱分析仪校准规范》对频谱分析仪进行校准时, 需要的标准器有: 合成信号发生器; 功率计、频率计、衰减器(为了方便自动校准, 优先选用可编程衰减器)等, 由此搭建的频谱分析仪自动校准系统的硬件平台如图 1 所示。

1.2 软件设计

软件的总体框架是整个自动校准系统的核心, 也是系统的主要组成部分。通过在计算机上运行软件, 一方面提供一个系统的功能和友好的图形界面; 另一

收稿日期: 2015-04-20; 修回日期: 2015-12-19

作者简介: 卞剑(1979-), 男, 江苏南京人, 工程师, 硕士, 主要从事微波计量工作。

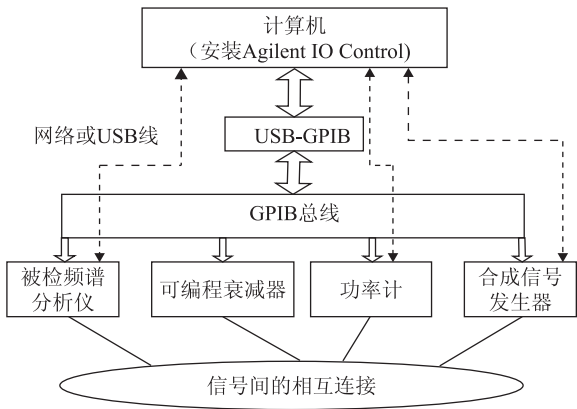


图1 系统硬件平台

方面计算机控制仪器，完成输入输出、分析存储等功能。该校准系统使用 Visual Basic 6.0 结合安捷伦 82357B 型 GPIB-USB 接口的 VISA 标准库进行开发，通过 ADO 访问 Access2000 数据库^[3]。

1.2.1 系统软件的模块化设计

系统软件采用模块化设计，主要有系统设置、标准器指令库、频谱仪指令库、执行校准菜单、报告管理菜单等，其软件功能框图如图 2 所示。

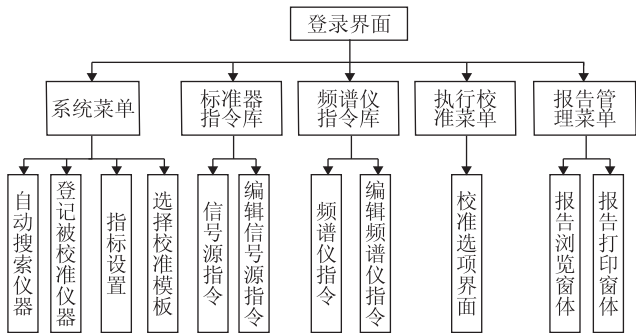


图2 软件功能框图

为了保证系统的安全性及试验数据和结果，系统中设置了用户登录界面，对系统进行加密处理。只有经过授权的人员输入用户名和密码方可使用，否则不能使用该系统。

自动搜索仪器能够识别出频谱分析仪、标准器，并把频谱分析仪和标准器的型号、编号、生产厂家、版本号显示出来，方便用户^[4]。

校准模板是让用户选择频谱仪的校准项目和校准点，有着良好的交互界面。

标准器指令库和频谱分析仪指令库增加了软件的通用性，指令库存于 ACCESS 数据库中，系统通过 ADO 访问指令库。如果出现新的频谱仪或信号源只需增加相应的指令库即可实现自动校准。

报告管理部分配合登记被校准仪器，可以生成原始记录和证书。

1.2.2 系统软件的功能设计

功能设计的目的是要实现频谱分析仪的自动校准并生成原始记录和证书。首先通过 GPIB 接口卡自动搜索总线上的仪器，并读取相关信息，确定仪器种类^[4]；根据用户需求选择与之对应的校准项目和校准点；然后系统将遵循 JJF 1396 – 2013《频谱分析仪校准规范》的要求，进行自动校准。校准完成后根据要求生成原始记录和证书。软件流程图如图 3 所示。

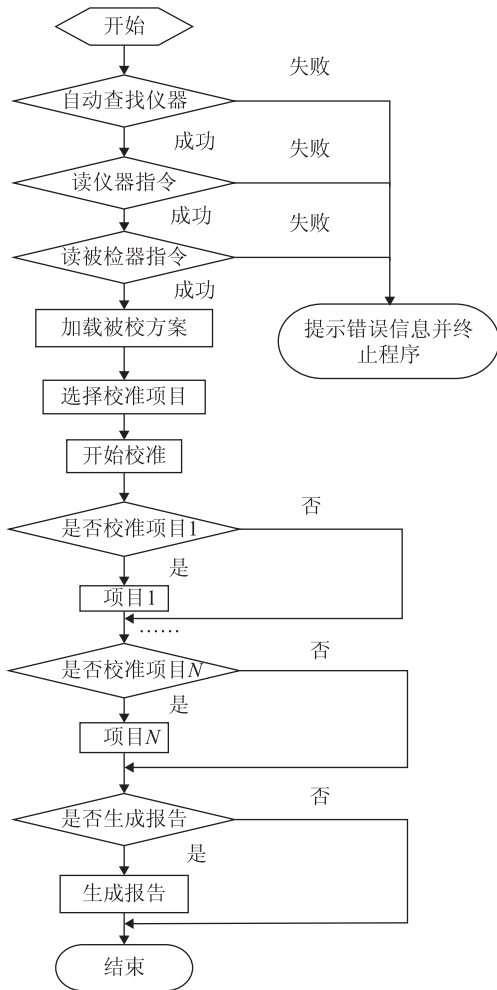


图3 系统软件流程图

1.2.3 分辨力带宽的校准方法

根据 JJF 1396 – 2013《频谱分析仪校准规范》的要求，频谱分析仪被校指标有频率读数、扫频宽度、分辨力带宽、输入频率响应等 24 项，本文所述软件可校准其中的 15 项，包括：外观检查、频率读数、标记频率读数、扫频宽度、分辨力带宽(3 dB 和 60 dB)、分辨力带宽转换误差、扫描时间、显示线性读数、输入

衰减转换误差、10 MHz 频率参考、校准信号功率电平、边带噪声、显示平均噪声电平、绝对幅度、频率响应。以分辨率带宽(RBW)校准为例,校准方法是采用光标读数法,即将扫频宽度调至适当的位置,清楚显示中频滤波器形状,直接用光标测量测得 3 dB 或 60 dB 的频率值,自动校准系统直接调用与之相对应的命令,读出参数即可。

2 关键技术及实现方法

2.1 扩展校准软件应用范围

频谱分析仪自动校准软件已有人设计过,但大多不能广泛应用,这是因为所设计的软件应用范围较窄,例如需要用指定的标准器或针对特定的频谱仪,而实际情况是频谱仪和标准器的种类都比较多,那么针对指定标准器、频谱仪的软件就不能推广使用。经研究发现,可从三个方面解决这个问题。

1) 采用统一的校准方法

频谱分析仪的校准方法和校准项目不尽相同,这就为自动校准带来了麻烦。例如,安捷伦系列的频谱分析仪和 RS 系列的频谱分析仪,由于是两家不同的企业,设计理念不一样,硬件差别较大,因此校准方法也不同。为了解决校准方法不同的问题,自动校准系统的校准项目和校准步骤均参照校准规范 JJF 1396 - 2013《频谱分析仪校准规范》的要求,让不同种类的频谱分析仪都按照相同的项目和步骤来进行校准,采用统一的校准方法。

2) 用指令库适用不同系列频谱分析仪、标准器

由于生产厂家不同,频谱分析仪的指令也各不相同,甚至于同一厂家生产的频谱分析仪由于年代不一样,指令也会有差异。为了使校准系统具有通用性,系统设计中,为不同的频谱分析仪建立相应的指令数据库,校准系统根据数据库中的指令,自动进行调整,完成不同型号频谱分析仪的校准。如果被校准的频谱分析仪的指令不在数据库中,根据指令添加向导,参照编程手册,向数据库中添加指令,添加完成后,即可对被校仪器进行自动校准。同样的原理,为标准器也建立了与之对应的指令库。

3) 用校准点表及阵列表实现校准点的任意选择

不同的频谱分析仪校准点均有所差异,即使是同一型号的频谱分析仪,由于其选件的不同,频率范围亦会相差很大。以安捷伦 PXA 系列的 N9030A 为例,如选件是 503,频率范围:3 Hz ~ 3.6 GHz;选件是 543,频率范围则是:3 Hz ~ 43 GHz。为了用同一套软

件分别对这不同仪器进行校准,将这被校仪器的校准点按照固定格式分别存储于两个 Excel 表格中,当自动校准系统运行时,到指定的 Excel 表格中调取被校点,并设置到对应的频谱分析仪和标准器中,可灵活地完成校准点的选择。

通过以上三种途径,基本上实现了不同标准器对不同系列频谱分析仪的校准。

2.2 校准报告的生成

校准报告的生成是整个校准过程的总结,同时也是整个校准过程的重要组成部分。本自动校准系统采用 Microsoft 公司的 Office 软件包,这是一个强大的报告出具环境,可以通过 Visual Basic 编程控制 Office 软件包中的软件:如 Word、Excel 等,形成用户所需要的各种格式的报告^[5]。

平时校准数据及证书信息存放在 Excel 表格中,如果需要生成报告,则将 Excel 中的内容形式生成最终的报表文件。证书输出只需将 Excel 中的内容写入相应固定格式的 Word 或 Excel 中,并生成相应的文件。而“打印和打印预览”操作调用 Excel 程序中的 Print 和 Printpreview 函数即可实现。生成报表文件的操作被封装在“报告”对象中。在点击数据输出的相应操作按钮时,程序执行以下步骤:

1) 检查“报告”对象是否已创建,如未创建则创建之。

2) 调用“报告”对象生成函数,由它调用相应的操作。

3) 在卸载“报告”窗体时,删除“报告”对象。

“报告”对象函数执行的操作序列如下:

1) 创建 ExcelApplication 对象,以启动 Excel 程序。

2) 创建工作簿对象和相应工作表对象。

3) 根据被校频谱分析仪选择相应 Excel 证书模板,打开相应的工作簿文件。

4) 选择 Excel 工作表“封面”、“封底”,打开相应待校仪器数据库并将相关数据填入 Excel 工作表对象的相应位置。

5) 选择 Excel 工作表“数据”,打开相应待校仪器数据库并将相应数据根据证书格式填入 Excel 工作表对象的相应位置。此时,该报表文件存放在临时文件夹中。

6) 判断选择的操作。如果是“导出至 Excel 工作簿”,则将此临时文件移动至目标路径;如果是“打印”或“打印预览”,则调用 Excel 程序的 Print 或 Printpreview 函数,实现相应功能。

7)关闭 Excel 工作簿。

此时，将 Excel 表格转变成 pdf，报告生成完毕，对被检频谱仪的自动校准业已完成。

2.3 测量不确定度的自动生成

测量不确定度评定比较繁琐，如果通过人工计算比较费时费力，而且易出计算错误。在频谱分析仪自动校准系统的研制过程中，参照《测量不确定度理解评定与应用》以及校准规范，在校准过程中根据建立的数学模型，调用相应的校准参数，代入计算公式，就得出了测量不确定度^[5]。

3 校准结果比较

频谱分析仪自动校准系统设计完成后，为了验证其可靠性，对 Agilent PXA 系列的频谱分析仪 N9030A 分别进行了自动和手动校准，以 3 dB 分辨力带宽为例，校准结果分别见表 1 和表 2。从校准结果看，几乎一致。手动校准一台 N9030A 大概需要 2 h 左右，采用该自动校准系统，需要 15 min 左右，效率大大提高，劳动强度也大为降低。另外该自动校准系统也对惠普 HP8563E，RS 的 FHS3 进行了校准，取得了较好的效果。

表 1 自动测试结果				kHz
标称值	下限	实测值	上限	
1000	800	997	1200	
100	80	99	120	
10	8	10.1	12	
1	0.8	1.00	1.2	
0.1	0.095	0.100	0.105	
0.01	0.0095	0.0100	0.0105	

表 2 手动测试结果			kHz
标称值	下限	实测值	上限
1000	800	998	1200
100	80	99	120
10	8	10.1	12
1	0.8	1.00	1.2
0.1	0.095	0.100	0.105
0.01	0.0095	0.0100	0.0105

4 结论

以前也有针对频谱分析仪设计出自动校准软件，但这些软件常常只适用于某种标准器、某类型号频谱分析仪，应用范围有限。因此研究一款频谱分析仪自动校准系统十分必要。实验验证结果表明，采用所设计的自动校准软件开发出的校准系统通用性强、智能化程度高、能自动生成原始记录和证书，并大幅度提高工作效率和校准的准确性。

参 考 文 献

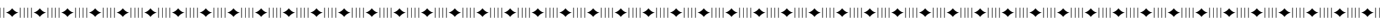
[1] 国防科学技术工业委员会 . GJB/J5859 - 2006 宽频带频谱分析仪检定规程[S]. 北京：国防科工委军标发行部，2006.

[2] 国家质量监督检验检疫总局 . JJF 1396 - 2013 频谱分析仪校准规范[S]. 北京：中国质检出版社，2013.

[3] 赵斯思 . Visual Basic 数据库编程技术与实例[M]. 北京：人民邮电出版社，2004.

[4] Agilent 科技有限公司 . VISA User's Guide[Z].

[5] 叶德培 . 测量不确定度理解评定与应用[M]. 北京：中国质检出版社，2013.



中图仪器 SJ6000 激光干涉仪护航高端制造业

近日，我国自主研发的 C919 大型客机正式下线。产业发展和升级对检测精度的要求越来越高，要求更大的检测量程。所以在实现高精度测量方面，激光干涉检测技术得到了广泛的应用。

中图仪器推出的 SJ6000 激光干涉仪，采用进口高稳频氦氖激光器及其他先进工艺和技术，通过与不同的光学组件结合，实现对直线度、垂直度、距离、角度、平面度、平行度等多种几何参数的测量。成为改善定位装置精度及线性指标常用的标准仪器。

目前，SJ6000 激光干涉仪可用于精密机床定位

误差、重复定位误差、微量位移误差的测量，为机床误差修正提供依据，并可大幅度提高数控机床的加工精度。

该产品搭配其镜组和辅件，可检测三坐标测量机的位移误差、直线度、垂直度。使用激光干涉仪对三坐标测量机进行静态误差、动态误差测量和补偿，对提升测量精度具有重要意义。

利用激光干涉仪对位移传感器检定成为发展趋势，其特点是反应速度快、测量精度高，是位移传感器实现高精度校准的重要手段。

(孙玉蓉 报道)