

雷达微波模块通用测试平台设计与实现

宋吟龄

(中国电子科技集团公司第三十八研究所 合肥 230088)

摘要: 雷达微波模块包括变频组件、延时组件、T/R 组件及放大组件等雷达核心部件,着重介绍雷达微波模块通用测试平台的设计和实现。通过对雷达微波模块测试指标和测试方法的研究,详细探讨了通用测试平台的硬件搭建和软件设计,利用该测试平台实现了雷达微波模块测试方法的统一。经过实际应用证明,该系统具有良好的通用性,测试精度和准确度高,自动化程度高,该系统的应用使得雷达微波模块测试效率大大提高,充分满足雷达产品的测试需求。

关键词: 微波模块;通用测试;自动测试;测试平台

中图分类号: TP2 TN98 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 51099

Design and realization of universal test platform for microwave radar module

Song Yinling

(China Electronics Technology Group Corporation No. 38 Research Institute, Hefei 230088, China)

Abstract: The microwave radar module contains the frequency converter, the artificial delay line, the T/R component and the amplifier. This paper introduces the design and realization of universal test platform for microwave radar module. It introduces hardware and software design of common test platform in detail through the research of test index and method of radar module. This test platform unifies the test method of the microwave module. It turns out that this system is universal with high precision and accuracy. The application of the system greatly enhances the test efficiency of the microwave module which fully meets the test requirements of radar products.

Keywords: microwave radar module; common test; automatic test; test platform

1 引言

随着雷达技术的不断发展,雷达产品包括变频组件、延时组件、T/R 组件、放大组件等微波模块的测试指标要求也越来越多,对雷达综合性能的影响越来越大。目前,国内外关于微波模块的自动测试基本局限于单品种测试,针对不同的模块,不同的频段,无法实现通用性。根据雷达微波模块的测试现状,研究测试技术,搭建通用测试平台,开发自动测试软件,统一测试方法,提高准确性和测试快速性,满足雷达产品测试需要。

2 测试指标

雷达微波模块主要包括 T/R 组件、变频组件、延时组件、放大组件等,根据雷达产品测试要求,技术指标主要包

括有功功率类指标、S 参数类指标、噪声类、频谱类指标等,具体测试项目主要包括:输出信号功率、增益、初始衰减/相位、衰减/移相精度、非线性相位误差、1 dB 压缩点、噪声系数、输入输出驻波比、隔离度、谐波、群时延与波动、1 dB 压缩点、镜像抑制、变频损耗、三阶互调等。

3 测试方法研究

针对微波模块的各项测试指标,可以看到有很多指标是较为基础的测试比如功率、谐波等,该类指标我们依据常规仪表直接测试的方法。本节只讨论部分较为复杂的指标测试方法^[1-11]。测试主要使用的仪表有直流电源、峰值功率计、信号发生器、矢量网络分析仪、频谱分析仪、噪声系数分析仪等。

3.1 初始衰减、初始移相

矢网测试设为 S21,直通校准,T/R 组件输入输出端

收稿日期:2014-10

分别与矢网 1、2 端口相连,设置组件状态为发射/接收状态、不衰减、不移相,此时记录矢网上测得的幅度、相位值,即为初始衰减和初始相位值。

3.2 移相精度、衰减精度

T/R 组件有多个移相和衰减状态,在初始衰减和相位测试结束后,归一化 S21 曲线,分别按照测试点要求设置组件各个状态的时序码,然后记录矢网上显示的幅度、相位,最后根据读取到所有态的测试值,利用标准差方差计算公式计算出每个频点的移相、衰减精度。

3.3 非线性相位误差

调整脉冲矢量网络分析仪设置,减去组件的群时延,测试并记录组件的非线性相位。

3.4 群时延及波动

用矢量网络分析仪选择 S21 延时测量,设置测试点数为最大,自动定标打开,校准后接入变频组件,利用分析仪的平滑功能来增大孔径,减小迹线上的噪声,同时维持有意义的细节,对显示的测量定位保有最佳观察,利用标记来测量所关注特定频率处的群时延(秒)。该通道带内群时延测试结果中最大值减去最小值即为该通道的带内群时延起伏测试结果;在该通道带内群时延测试结果曲线中寻找 1 MHz 范围内差值最大的点,该差值即为该通道的带内群时延波动测试结果。

3.5 1 dB 压缩点

将矢网工作状态设置为功率扫描模式,测试设为 S21,记录增益低于信号增益 1 dB 时的输入功率,即为变频组件的 1 dB 压缩点。

3.6 三阶交调

设置 2 台信号源输出频率分别为 2 个主波信号频率,设置频谱仪的中心频率为 2 个基础信号的中间值;打开信号源 1 信号输出,关闭信号源 2 的输出,设置功率计通道 A 频率为信号源 1 的输出频率,监视信号源 1 输出到 DUT 的功率,根据该值调节信号源 1 的输出,直到该值在 $[(\text{饱和功率} - 3 \text{ dBm}) \pm 0.1 \text{ dBm}]$ 范围内(饱和功率应该为当输出达到饱和时的输入功率值。);关闭信号源 1 信号输出,打开信号源 2 信号输出,设置功率计通道 A 频率为信号源 2 的输出频率,监视信号源 2 输出到 DUT 的功率,根据监视值调节信号源 2 的输出,直到监视值在 $[(\text{饱和功率} - 3 \text{ dBm}) \pm 0.1 \text{ dBm}]$ 范围内;打开信号源 1 信号输出,使信号源 1 和信号源 2 同时工作;设置频谱仪为单扫模式,即可读取 2 个主波(频率分别为信号源 1 和信号源 2)幅度值和 2 个三阶交调信号幅度值。

4 通用测试平台组建

通过研究雷达微波模块的测试指标和测试方法,针对不同模块设计适配网络,使得与测试仪表的接口能够通用,利用计算机编写控制程序,实现自动测试功能。系统框图如图 1 所示。

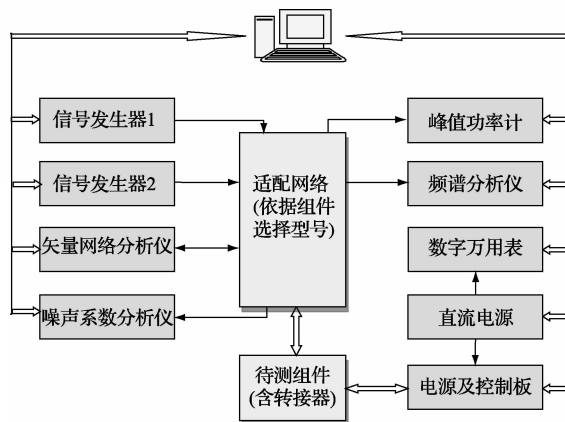


图 1 通用测试平台系统

4.1 系统搭建

系统中,主控计算机对测试仪器和待测组件的状态控制,对组件进行测试,并对测试结果进行分析、处理、进行报表输出。测试仪表负责为待测组件提供激励信号、供电并进行参数测试。电源及控制板、适配网络则用于装配、设置组件,并与计算机进行控制状态通信。

4.2 软件设计

由于雷达微波模块种类繁多,各型号组件测试频段范围不同,要求测试的指标数量也有不小的差别,设计通用测试软件,能够大大的提高测试效率,同时减少人为干预,增加测试准确度。软件开发过程中,针对同一类型的指标设计子程序模块,能够减少程序的重复开发量,同时方便用户使用。

软件采用模块化开发模式,具有信息确认、参数选择、测试设置、仪表初始化、测试、数据处理、报表输出等功能如图 2 所示。

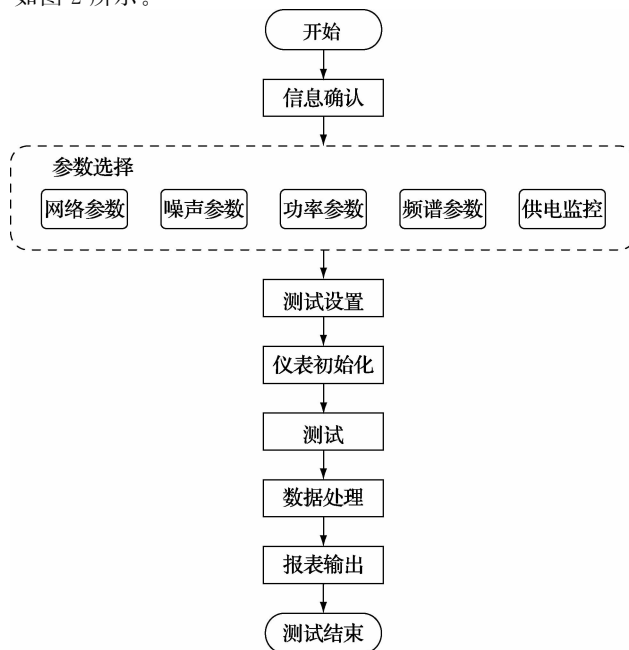


图 2 通用测试平台软件流程

1)信息确认模块:用于待测微波模块的信息输入,包括待测组件型号、编号,测试时间,测试人员,测试地点,测试环境等,这些信息将在最终输出的测试报表中呈现。

2)参数选择模块:针对待测组件进行测试项目的选择,分为一级选择和二级选择,一级选择主要选择测试项目的类别,如图2中网络参数等,二级选择是在一级选择的基础上具体选择如增益等测试项目。

3)测试设置:包括指标设置、仪表参数设置、测试点数设置等。

4)仪表初始化:根据测试参数和测试设置,将涉及的仪表进行初始化设置,需要调用预设状态的要保证仪表内预设状态的准确。

5)测试:按照测试项目依序测试。

6)数据处理:对测试结果进行指标超差判断,一致性、稳定性计算等。

7)报表输出:将测试报告以 Word 文档的方式输出,具有保存、打印等功能。

4.3 应用实例

雷达微波模块通用测试平台已经成功的应用于我所多型雷达产品的生产测试中,该系统能够实现工作频段在 0.01~20 GHz 范围内的雷达微波模块的自动测试。图3为某变频模块测试界面,该类模块的增益测量不确定度为±1.5 dB,噪声系数的测量不确定度为±0.6,压缩点和信杂比测量不确定度均为±1.0 dB,测试结果能够满足科研生产要求。

编号:	日期:			测试员:				
f (GHz)	下变频			上变频				
	增益	压缩点	信杂比	噪声系数	增益	压缩点	信杂比	噪声系数

图3 某变频模块测试指标

5 结论

针对雷达微波模块搭建通用测试平台,设计自动测试软件,解决了系统中增益、功率、S参数、噪声系数等参数的测试难题。该系统可以完成多参数、多频率的测量工作,真正实现了仪表参数自动设置、数据自动采集、测试结

果自动存储等功能。目前该系统已经成功地应用到科研生产中,它对测试效率和产品质量的提高奠定了坚实基础。

参考文献

- [1] 盛永鑫,王新献,宋吟龄. 移相器自动测试系统[J]. 国外电子测量技术,2007,26(11):65-67.
- [2] 关捷. 多通道接收机幅相测试校准系统的设计[J]. 现代雷达,2005,27(8):65-67.
- [3] 宋翔,年夫顺. 基于矢量网络分析仪的混频器测试技术[J]. 电子测量技术,2011,34(11):113-117.
- [4] 吕朋尧. 网络分析仪的线性相位偏差测量应用[J]. 民营科技,2011(3):7-30.
- [5] 温和,腾召胜,胡晓光,等. 谐波存在时的改进电能计量方法及应用[J]. 仪器仪表学报,2011,32(1):157-162.
- [6] 林茂六,张奕弛,张喆,等. 基于混频器的非线性矢量网络分析仪双端口校准方法[J]. 仪器仪表学报,2010,31(10):2386-2393.
- [7] 张娜. 矢量网络分析仪在混频器件测试中的应用[J]. 国外电子测量技术,2006,25(10):11-13.
- [8] 江肇莲. 矢量网络分析仪和频谱分析仪测量混频器[J]. 国外电子测量技术,2005,24(1):19-22.
- [9] 陶成忠,杨露. 可扩充阵列模块自动测试系统的研制[J]. 国外电子测量技术,2014,33(1):46-49.
- [10] 白力军,张冠宇,苏志强,等. 任意频点双混频时差测量方法及仪器的研究[J]. 电子测量与仪器学报,2014,28(5):500-506.
- [11] 苟元潇,傅佳辉,林茂六,等. 基于矢量测量的射频微波器件非线性参数化行为建模技术评述[J]. 仪器仪表学报,2013,34(6):1319-1329.

作者简介

宋吟龄,1983年出生,本科,主要研究方向为计量与测试技术等。

E-mail: 93703774@qq.com