

【武器装备】

某型导弹无线电近炸引信测试系统

牛 亮,钱天伟,王秋霞,涂远欣,王建朝

(中国人民解放军第五七一五工厂,河南 洛阳 471000)

摘要:介绍了某型导弹无线电引信测试系统的测试原理及软件、硬件实现方法,并研制出了相应的测试设备。该设备采用工控机通过 GPIB 标准接口程序控制通用仪器方法,主要由测控计算机系统、通用测试仪器、程控交直流电源、目标模拟器单元组成,编程软件采用 VC++。实际工程测试表明:使用这种测试方法和设备,能测试出无线电近炸引信的性能参数,进行产品故障定位,在功能、精度等方面达到了预期目的。

关键词:无线电近炸引信;谱分析;回波信号;VC++

中图分类号:TJ765

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2011)04-0047-03

Test System of Radio Proximity Fuze in Certain Type of Missile

NIU Liang, QIAN Tian-wei, WANG Qiu-xia, TU Yuan-xin, WANG Jian-chao

(Factory No. 5715 of PLA, Luoyang 471000, China)

Abstract: The radio proximity fuze is the important part of the missile. Based on the characteristic of radio proximity fuze, the test system realized the whole function test of fuze by adopting spectrum analysis method and echo signal voltage ratio theory. Its principle would be rather simple and it would be easy to realize. In the paper, the system design of automatic test equipment for a radio proximity fuze in missile was presented, and its realization of hardware and software was explained, and also it made a test design. By means of GPIB, The industrial computer could control the common apparatus, and the main hardware of automatic test equipment would be composed of an industrial computer system, common apparatus, programmed AC power supply and target simulator, and the main programming software would be as VC++. The results of the engineering test show that the equipment can measure the performance of radio proximity fuze in detail, and can locate the failure accurately, and the expected object in function and precision is achieved.

Key words: radio proximity fuze; spectrum analysis; echo signal; VC++

1 测试对象

本文所研究的测试对象是某无线电近炸引信,引信类型是主动式多普勒微波引信。无线电近炸引信主要功能是保证导弹在引信有效作用距离内穿越目标时可靠地引爆战斗部。

无线电近炸引信的基本组成见图1。

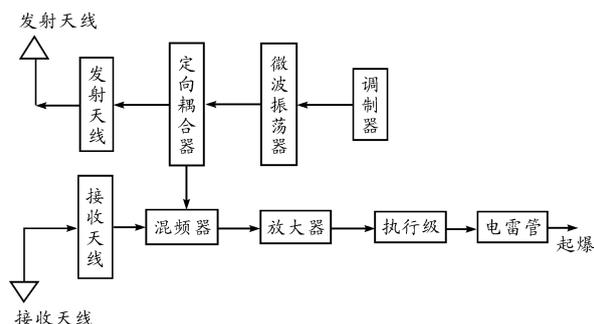


图1 无线电引信基本框图

收稿日期:2011-02-16

作者简介:牛亮(1982—),男,工程师,主要从事无线电引信研究。

多普勒无线电引信的基本工作原理:无线电引信发射装置的高频发生器产生频率为 f 的无线电波,由发射天线发射到周围空间去;接收天线接收从目标反射回来的无线电波,由于目标与导弹间存在着相对运动,则所接收的回波信号的频率变为 f' ;将接收到的信号和发射信号一起送到混频器,在混频器中进行叠加而得到2个信号的差频,即多普勒频率 f_d ;由混频器输出的多普勒信号 f_d 到放大器中进行放大。随着导弹与目标的逐渐接近,则多普勒信号的幅值逐渐增大,当此信号幅值增大到一定值、幅度变化率满足要求时,则执行级工作,使电雷管工作,引爆战斗部杀伤目标。

引信的起爆时机由执行级决定。信号的幅度随着导弹接近目标而逐渐增大,执行级必须在信号幅度和幅度变化率到达一定值才能工作,可保证在最佳时机引爆战斗部^[1]。

2 测试内容与方法

在对无线电近炸引信进行测试时,利用天线带对引信形成了闭合微波回路,用微波同轴电缆加电控可变衰减器来控制闭合微波通道的衰减。对电信号的测试是给产品输入战斗状态工作指令,模拟空间引信和目标的交会状态,监测记录引信输出信号。微波系统要利用天线带让引信形成一个可调节的闭合微波衰减回路,并能达到测试要求。

2.1 测试内容

先将引信按照分组件功能将测试参数分类,再根据引信工作状态下时序就可以将测试项目确定下来,具体测试分类项目列举:① 灵敏度;② 导弹安全距离时间;③ 发射频谱及发射功率;④ 调制波波形;⑤ 延迟时间;⑥ 噪声电压;⑦ 引信的稳定安全性;⑧ 起爆脉冲幅值;⑨ 工作电源检测等。

2.2 测试原理及方法

无线电近炸引信测试原理是利用进入引信发射装置直接辐射区域的目标的无线电反射信号。调频振荡器用做频率调制,按直角锯齿波规律调频的信号经功率分配器进入发射天线,并辐射到空间,与此同时还作为基准信号经差频电缆进入平衡混频器。当目标进入发射机辐射场范围,且目标距离符合产品给定的作用距离时,目标反射信号由接收天线接收,并在平衡混频器中进行转换之后以差频的形式在中频放大器中进行放大,再经过相应的处理之后引爆保险执行机构的电雷管,即引爆导弹的战斗部。

为了保证距离选择,调频信号的处理在调制频率的2个谐波上进行。中频放大器调谐在调制频率的2次和3次谐波上。在中频放大器输出端的平衡检波器的第2个转换器之后,经过从振幅检波器输出端分离出一个多普勒频率信号,该多普勒频率信号进入处理通道。对灵敏度测试主要是对2次谐波、3次谐波灵敏度测试,而测试这2个谐波的灵敏度和弹目的距离有关系。在测试过程中把弹目距离转换成了目标模拟器中几根固定长度的延迟线,选择不同的延迟线就可以有选择的测试2次谐波或是3次谐波的灵敏度。

先说明几个概念: Ω_D 表示由于相对运动产生的多普勒频移; Ω_m 表示中心频率; k 表示谐波次数; $r(t)$ 表示发射机调制函数。

锯齿波调频基本原理:从变频信号的函数表达式可以看出,当发射机频率调制函数 $r(t)$ 是频率为 Ω_m 的周期函数时,

混频器输出的变频信号是以 $k\Omega_m \pm \Omega_D$ 组成的离散谱函数。因为导弹和目标存在相对运动时,回波信号产生多普勒频移,原来的 $k\Omega_m$ 变为 $k\Omega_m \pm \Omega_D$ 。当频偏和延时到达一定关系时,这时就剩下了每次谐波固定的单根谱线。从变频信号的函数表达式看出,当发射机频率调制函数 $r(t)$ 是频率为 Ω_m 的周期函数时,混频器的输出是以 $k\Omega_m \pm \Omega_D$ 为单根谱线组成的离散频函数。

在无线电近炸引信的测试方面主要采用了闭合空间模拟弹目交会的测试方法。具体来说,就是在闭合微波回路中模拟实际引信和目标的交会情况,主要是通过调节目标模拟器单元的可控衰减器和延迟电缆来实现。总的来说,是通过目标模拟器对引信发射波进行处理,并模拟产生弹目相对运动时的多普勒效应,通过单边带调制器实现;模拟信号发射到接收的延迟时间,通过设置不同的延迟线实现;通过电控衰减器模拟回波信号的空间衰减;通过目标模拟器的通道选择开关,选择被测试引信的通道;通过引信出现引爆信号时目标模拟系统的衰减可测试引信的不同距离的启动灵敏度。

目前的引信测试信号主要包括数字信号、模拟信号以及微波信号。对数字信号和模拟信号的测试可以利用I/O、A/D、D/A等采集卡和 GPIB 程控的通用仪器来进行采集、记录。微波信号(灵敏度、发射功率频谱等)要利用微波回路来进行测量,具体来说就是将系统的初始差损与可调节衰减器部分的衰减值换算得出。

3 测试设备

3.1 测试设备硬件

无线电近炸引信测试系统主要是基于 GPIB 接口的可编程控制器来组成的自动测试系统,主要由工控机系统、目标模拟系统、控制系统(包括设备电源)、标准仪器、天线带等组成,除天线带外其他均装在标准双联机柜中。测试系统硬件结构如图2所示。

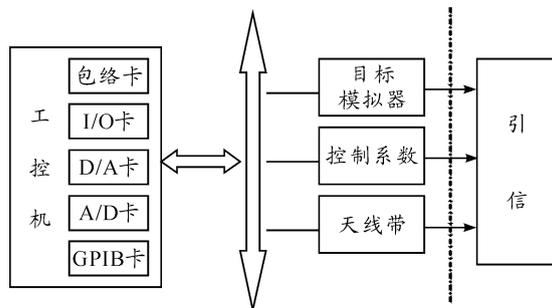


图2 硬件结构示意图

工控机系统构成设备的测试控制核心,由工控机的基本配置、功能接口卡、显示器和打印机外设组成,其中功能接口卡包括DIO卡、AD卡、DA卡、包络线卡和GPIB卡,它们构成了工控机与外部测控电路联系得纽带。

控制系统为测控接口信号分配、转接、电平变换、切换控制的关键部分。来自工控机接口模块的控制信号和电源、调制信号源在这里汇集变换后送往被测引信组件本体、微波单元;来自被测引信组件本体的测试信号在这里汇集转接后送

往数据采集单元和模拟/数字存储示波器等通用测量仪器。

目标模拟系统用来进行目标模拟,主要由微波电子开关、延迟线、可控衰减器、功分器、移相器等组成,微波回路还包括微波电缆、微波天线带。

标准仪器部分:频谱分析仪、微波功率计用于引信的微波发射功率测试;模拟/数字存储示波器、数据采集单元用于引信组件的电气接口信号测试;可编程电源及设备电源用来给引信组件和控制箱接口电路提供工作电源;波形发生器用来产生微波单元工作所需的多普勒锯齿波调制信号;工控机通过 GPIB 总线接口与通用仪器设备间实现工作状态控制、参数设置和测量数据的交换通讯。

微波天线带用于匹配安装了壳体后的引信组件测试,它给引信的收发天线提供通道耦合和隔离,形成了收发天线之间的闭合微波回路。

3.2 测试设备软件

该测试设备的测试软件采用面向对象、事件驱动的设计方法,全部的测试逻辑是由事件推动的,并在一组事件处理例程中集中处理。界面层接收操作员的命令事件,传入事件处理例程,并显示从中返回的执行过程和结果信息。逻辑层包含了测试过程中的逻辑规则,把相对较大的测试概念分解为详细的执行流程。驱动层接受逻辑层传来的通讯任务,转换为对板卡信号的读写操作,同时驱动层监听从接口总线传来的通讯数据帧,以事件的形式通知系统处理。

1) 驱动层设计。在采购来的 I/O 板等板卡一般都带有底层的驱动程序。在底层的驱动之上做一次封装。一方面,把功能相关的读写操作序列组合为较大的操作命令;另一方面,处理好发送和接收时的延时。最后,还要实时监听接口总线上主动发来的信号。

2) 逻辑层设计。逻辑层包含以下几个逻辑处理单元:灵敏度测试逻辑处理,距离截止特性逻辑处理,发射功率、频谱及噪声逻辑处理,电压电流检测逻辑延迟时间和逻辑处理等。

3) 界面层设计。界面层设计遵循功能实用和操作简便的原则。

主控界面提供主要功能的入口点。操作员从这里可以选择自检、测试产品种类选择、测试项目自动识别、操作员登录、操作员管理、查询测试记录、系统退出等命令。

软件结构如图 3 所示。

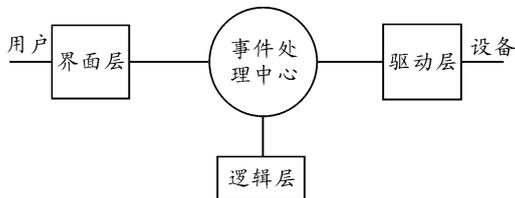


图3 软件结构示意图

测试软件基于 Windows2000 操作系统,使用 Visual C++ 6.0 语言和 Access 数据库,采用动态链接库、ActiveX 控件及面向对象的编程技术开发,在总体结构设计上采用 OPC 和组态软件技术。

无线电引信总体测试系统中有各种类型的近 10 种板卡

和仪表。测试软件将采用 OPC 技术与这些设备通信,由 OPC Server 统一管理这些设备。将这些板卡和仪表的驱动程序封装到类里,由 OPC Server 调用。系统运行时,计算机上启动一个设备服务进程,在这个设备服务进程将为每一个设备启动一个 OPC Server,每一个 OPC Server 均有一个独立的线程负责与硬件通信。测试应用软件采用统一的 OPC 接口从 OPC Server 中获得各个设备的数据或向设备发送数据。测试系统软件采用了组态技术,这样可以方便地设计数据的显示界面,采用统一的接口从 OPC Server 获得数据。设备驱动程序、ActiveX 控件由硬件开发商提供。设备软件测试流程如图 4 所示。

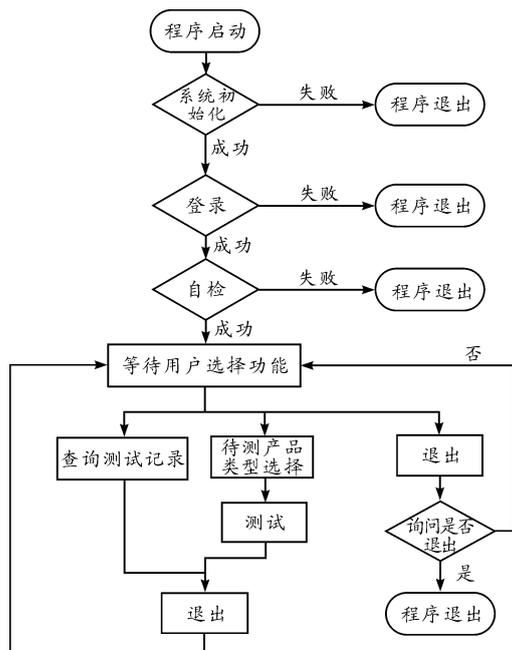


图4 软件测试流程

4 结束语

采用 GPIB 标准接口的可编程仪器组成的某型导弹无线电近炸引信自动测试系统,可以对无线电近炸引信进行模拟真实交会状态的自动测试,对实时测试的数据进行采集、存储,并能按照要求自动生成测试报表。该系统在某型导弹无线电近炸引信的修理过程中使用效果良好,完全满足了对引信的总体性能测试要求。

参考文献:

- [1] 刘海峰. 苏二七型飞机空空导弹[D]. 西安:空军工程学院,1998.
- [2] 杨飞燕. 某型无线电引信测试系统方案设计[Z]. 洛阳:中国空空导弹研究院,2007.

(责任编辑 刘 炯)