

PC 式卫星天线测试仪的设计与实现

朱友良

(烟台师范学院物理系 山东 烟台 264025)

摘要 本文主要描述卫星天线测试仪的设计原理和实现方法。主要解决了以下三个问题:一是利用 PC 机控制天线转台按测试要求准确转动;二是对测试信号进行数字采集;三是根据采集的数字信号画出天线的振幅方向图,计算并分析卫星天线的主要测试指标。

关键词 卫星天线 天线测量 方向图 PC 机

DESIGN AND REALIZATION OF SATELLITE ANTENNA TESTING INSTRUMENT BASED ON PERSONAL COMPUTER

Zhu Youliang

(Department of Physics, Yantai Normal College, Yantai Shandong 264025, China)

Abstract Design principle and realization is introduced in this article that is about satellite antenna testing instrument. Three problems are resolved: The number one is controlling of the antenna platform's rotation following the testing requirement strictly; The second is how to deal with testing signals and translate it into digital signals; The last is getting the antenna radiation pattern on the basis of digital signals and drawing the corresponding antenna pattern envelop, then the main standards of satellite antenna are calculated according to the antenna pattern.

Keywords Satellite antenna Antenna measurement Radiation pattern PC computer

1 前言

用来发射或接收无线电波的装置称为天线,它是各种无线电发射和接收设备必不可少的装置,它的优劣直接影响到整个系统的工作性能指标。天线的种类很多,但无论何种天线系统一般都有电路特性和辐射特性。前者包括天线的输入阻抗、频带宽度、匹配程度等特性,后者则包括天线的方向图、增益、极化、相位等特性。天线测量的任务就是用实验方法测定和检验天线的这些参数特性。天线参数特性中,方向图特性尤为重要,在实测中天线方向图占有独特的地位。因此,卫星天线测试仪将以测试和绘制方向图为主,并兼顾测试其他几个与方向图有关的天线参数。

2 设计原理

方向图包括幅度方向图和相位方向图,除特殊需要外,一般只要求幅度方向图。测量方向图的方法有多种,一般实验室和用户限于测试条件和设备,除非特殊情况,一般都采用测试场测量。所以在卫星天线测试仪的研制中,主要是根据测试场测试法的测试原理和测试特点来设计的。

2.1 测试仪的原理框图

根据天线测量和计算机控制系统的知识,画出天线测试仪的原理框图,如图 1 所示。

2.2 测试仪的组成说明

主要分软件和硬件两部分。

软件部分主要用来完成测试信号的 A/D 转换、数字测试信号的处理、天线转台的控制、测试状态的显示和测试结果的屏幕显示及打印。

硬件部分可分为三块:
①控制计算机及其外围设备。

②测试信号的接收和模拟信号处理部分,包括被测天线、室外单元、A/D 转换卡。

③辅助测量部分,包括辅助天线(或其他信号源)、脉冲信号发生器、步进电机驱动器、步进电机、天线转台和电源。

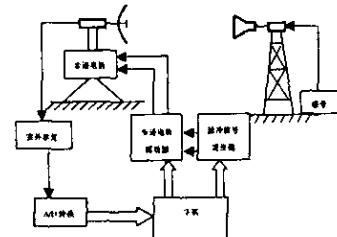


图 1 测试仪原理框图

3 测试控制

天线测试中的控制主要是指对天线转台转速和转向的控制,即对步进电机的控制。天线测试仪的控制主要由计算机、可编程脉冲发生器、步进电机驱动器和天线转台组成。

为完成控制功能,自行设计了可编程脉冲发生器。该器件主要包括 125KHz 脉冲信号发生器、8253 可编程定时器和输出信号驱动电路。为了使用方便,特将它们集成在一块卡上,直接扩展在计算机的扩展槽上。该卡的工作原理是:由 555 芯片及

收稿日期 2004-02-20。朱友良,讲师,主研领域:计算机教育应用。

其外围电路产生 125kHz 固定频率的方波,然后由可编程定时器 8253 对其进行分频,再根据实际的需要通过软件编程,初始化 8253,得到所需频率的脉冲。最后经一级三极管放大驱动,使脉冲信号满足所需的幅度和驱动能力,输出给步进电机驱动器。

天线转台中步进电机要由步进电机驱动器来驱动,控制信号则由计算机提供。转台的水平和俯仰两个方向的转动各需一个电机,所以驱动器也需要两个。步进电机需要 40 伏交流电源,由变压器提供。控制转台的转向,可由计算机经 278H 端口,向驱动器写入所需的控制信号即可。以向左转动为例,D1 = 0,D0 = 1,其他各位信号为 0,则应向端口 278H 写入 00000001。程序如下:

```
MOV DX 278H
MOV AL ,1
OUT DX ,AL
```

4 信号采集和处理

在测试的过程中,测试仪要及时接收和处理信号,需要用到一些模拟电路和信号处理程序。对于模拟信号,由具体的模拟电路来处理,而对于数字信号,则需要相应软件来处理。

4.1 信号采集

信号采集由室外单元(包括被测天线)和 A/D 转换卡来完成。室外单元将测试天线接收的微弱高频信号变换为中频信号。经中频放大后送给检波器。由检波电路检出直流毫伏级测试信号后,对其进行再放大,使最大峰值接近 5 伏。

由放大器引出的信号是 0~5 伏的模拟信号,计算机处理前要先转换成数字信号。选用 MS-0819 模入数出接口板完成转换。该卡是 IBM-PC XT/AT 总线兼容的数据采集板,可直接插入扩展槽。转换前由控制计算机对转换卡进行启动,并在设计信号处理软件时,定义整型变量 importValue 以保存测试信号。具体编程如下:

```
asm
MOV DX ,312H
MOV AL ,0
OUT DX ,AL ;          启动 A/D 转换
MOV DX ,313H
IN AL ,DX ;           读取数据到寄存器
MOV importValue ,AL ; 将读入的数据存入 importValue 变量中
End ;
```

上面所采集到的数据是测试过程中某一瞬间的数据。在实际的卫星天线测量中,需要对整个测试过程的测试信号不间断地进行采集,所以要把采集到的测试信号不断地存储在介质上。显然,只靠 importValue 变量是无法完成这一要求的。这一问题可用 Delphi 自带的单机数据库 Paradox 来解决。使用 Delphi 中的嵌入 SQL 语言创建一个 Table,具体语句为:

NewTable := TAnfTable. Create(application),然后把数字测试信号存入 Table 中。

4.2 信号分析

卫星天线性能指标主要包括:天线的方向图、波瓣宽度、方向性系数 D、增益 G、方向图的包络和交叉极化隔离度,其中后五项都可以通过天线方向图分析近似求得。

1) 画出方向图 在 Delphi 控件 MapImage 上划出一块高

290(像素数)、宽 426 的区域,其中横向 5~416,纵向 5~265 范围内用来画方向图,所以(5,5)坐标为方向图的坐标原点。规定纵向上的 260 个象素表示 50dB 范围,而且(x,5)表示 0dB,(X,265)表示 -50dB。

假设测量过程中某一时刻 t 采集到的数据为 ImportValue,y = ImportValue/255 则表示此刻方向图上的点在纵向上的相对位置,但 t 时刻方向图该点的位置并不是 260*(1-y),还应转化成对数的形式,因为方向图的增益一般用 dB 数表示,所以纵坐标为:py = 5 + trunc(-20 * log10(y) * 5.2)。

横坐标则利用测试的范围和转台的转速计算出 x = (time-StartTime) * 24 * 3600 / LastingTime。

其中 StartTime 为采集数据开始时刻,LastingTime 是采集数据所用的时间,Time 为当前时刻。用像素表示则为 x = 5 + trunc(x * 2 * (halfwidth - 5))。

这样 t 时刻方向图在 MapImage 上的坐标即为(px,py),将其存在刚创建的 NewTable 中。然后继续下一时刻数据采集,直至完成。

根据测试得到的信号,可在 Image 控件上,根据 px 和 py 的值用语句:

```
MapImage. Canvas. lineto( px ,py )
```

逐点画出被测天线的方向图。这时得到的方向图主瓣最大值不一定是 0dB,对其进行归一化后才能评价和比较。

2) 归一化方向图 先求测试电平的最大值,然后每点的测试值与该最大值相比,最后根据此比值用 Image. Canvas 的 lineto() 属性画出归一化方向图。

具体方法是采用穷举法找 Table 中的最大值,记录下 y 字段最大值所在记录的记录号 Maxrecnum,供后面求 RSL、LSL 和主瓣宽度用。得到最大值,将 Table 中的每一条记录的 y 字段与其比较,得一新的 y 值(0 < y < 1),根据这一新值,求出新的 py,即可画出归一化方向图。

3) 方向图的 RSL、LSL 和主瓣宽度 得到归一化方向图后,即可对其进行分析,以求出方向图的主瓣宽度、RSL、LSL。三者都需要先找出 0dB 点的位置,即主瓣峰值的坐标。然后用循环语句分别向两边查找 -3dB 点和第一个峰值。

4) 方向图的包络 这时需要用到被测天线的直径和测试频率等数据,这些数据都存于数据库的相应字段中。取出这些数据,并代入 95 年以后方向图包络标准所给出的公式:

D/λ ≥ 50 时 $G = 29 - 25 \log_{10} dBi$

画出方向图的包络。画左边包络线的程序:

```
if D2/(3/(f2 * 10)) >= 100 then //求方向图的左边各点包络值
```

```
begin
```

```
hh1 := 1;
```

```
Baoluozhi1 := 29 - 25 * log10(hh1) - G0; //G0 是天线增益的标准
```

```
end;
```

```
if D2/(3/(f2 * 10)) < 100 then
```

```
begin
```

```
hh1 := 100 * ((3/(f2 * 10))/D2);
```

```
Baoluozhi1 := 29 - 25 * log10(hh1) - G0;
```

```
end
```

5) 最大辐射方向上的方向性系数 D、增益 G 和交叉极化隔离度 这些数据可分别根据相应的经验公式来计算,可参考文献[6]。

分析方向图得到的测试结果将利用 MapImage. Canvas. TextOut 方法和方向图一起输出,同时关于测试的一些信息也列

在方向图上,可利用 PrintDialog 控件和 PrintSetupDialog 控件将方向图和分析结果打印出。以亚洲一号卫星为模拟信号源,测量结果如图 2 所示。

6) 对测试精度的分析 在不考虑干扰脉冲的情况下,整个系统的测试精度主要取决于待测天线的定位和 A/D 转换卡的转换精度。实测方向图中 Y 轴方向的精度由系统中采用的 MS-0819A/D 卡的性能决定,其主要指标为:

输入信号范围:

0V ~ +5V

分辨率 8Bit

系统误差: $\leq \pm 1\%$ (满量程)

经其转换后的测试信号变成 8 位的数字信号,最小值是 0(输入电压为 0 伏),最大值为 255(输入电压为 5 伏)。考虑转换卡系统误差和转换的精度,Y 轴方向的测试误差应 $<=(5 * 1\% + (5 * 1/2^8)) / 5 = 1.373\%$ 。X 轴方向的误差由天线转动角度决定,其精度则由步进电机决定。步进电机转动的精确性受驱动器接收的脉冲频率(555 定时器产生后分频得到)影响。用数字频率计测量脉冲频率精度,其误差 $<0.1\%$ 。实际测量中,转动 90 度的角度误差 <0.5 度。

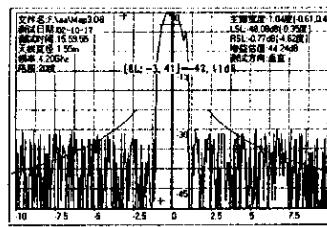


图 2 实测方向图

5 界面设计

卫星天线测试仪除了有硬件部分外,还需要有功能完善、界面友好的信号处理软件。测试仪的界面有启动界面、对话界面和主界面。启动界面只是在启动应用程序时提示用户一些关于程序的信息,与测试功能无关;对话界面用来输入测试天线的直径和测试频率,以供程序处理信号时使用;主界面是测试仪的工作窗口,提供对天线转台的控制,方向图的绘制、分析和打印的功能。

6 结束语

天线测量技术发展的同时,也出现了一些新的天线测试仪器,如频谱仪。但是,这些仪器的价格都比较昂贵,多在十万元以上。对普通用户来说,需要的是一种既能完成基本的测试功能,又价格低廉的测试仪器。卫星天线测试仪就是针对这种需要而设计的,其测试精度已能满足作为一般教学实验仪器设备的需要。

参 考 文 献

- [1] 陈奇波,“天线方向图包络要求的发展趋势”,《通信技术与发展》,1994 年第六期.
- [2] 林昌禄,天线测量技术,成都电讯工程学院出版社,1987 年 8 月.
- [3] 黄晨武,最新集成电路应用大全(第一部分),北京希望电脑公司,1991 年 10 月.
- [4] 李大友、张秀琼、吴定荣,微型计算机接口技术(第一、五、七章),清华大学出版社,1998 年 6 月.
- [5][美]Marco Cantu 著,王辉、谭海平等译,Delphi3 从入门到精通,电子工业出版社,1998 年 3 月.
- [6] 吕善伟编,卫星电视接收站天馈线实用基础,国防工业出版社,1988 年 8 月.

(上接第 28 页)

表 1 PSO 与其它算法的计算结果比较

实验序号	算法	最佳优化值	平均优化值	最差优化值	优化值方差	陷入局部最小次数
1	S-PSO	1958.718	1958.752	1960.397	0.8524676	5
	PSO	1961.537	1968.286	2000.125	363.29030	19
	SGA	1972.537	1981.126	2002.225	176.57957	25
	I-NESA	1985.537	1992.871	2006.722	83.679253	49
2	S-PSO	1958.715	1958.743	1959.492	0.2892617	6
	PSO	1960.812	1969.272	2007.029	439.05422	22
	SGA	1969.337	1981.259	2003.329	189.73966	27
	I-NESA	1978.537	1991.106	2008.292	162.11279	49
3	S-PSO	1958.722	1958.741	1959.368	0.1502783	4
	PSO	1962.362	1972.226	2008.723	453.42317	17
	SGA	1979.537	1988.753	2005.359	117.23130	28
	I-NESA	1982.537	1995.621	2012.127	183.67970	52

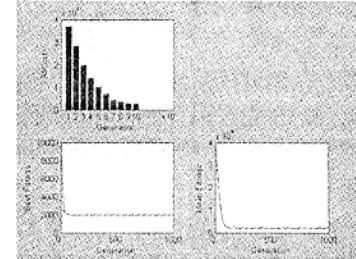


图 2 S-PSO 收敛曲线及成本分析图

可以看到 S-PSO 算法的收敛速度较快,随着进化代数的增加,总开发成本呈指数式减少趋势。

4 结束语

本文将粒子群优化算法应用到软件系统的可靠性分配中,成功地解决了一类多变量、多约束条件的组合规划问题,最后,将改进的 S-PSO 算法应用于“XX 省邮政物流信息系统”项目中的“礼仪中心子系统”的可靠性分配中。仿真结果表明 S-PSO 算法在求解大型、复杂软件系统的可靠性分配问题上是有效的。

参 考 文 献

- [1] Kennedy J., Eberhart R. C., Particle swarm optimization, IEEE International Conference on Neural Networks[C], Piscataway, NJ: IEEE Press, 1995, 1942 ~ 1948.
- [2] 黄锡滋,“软件可靠性分配 FMEA 及 FTA[J]”,《质量可靠性》,1994, Vol. 5.
- [3] F. Zahedi, The Analytic Hierarchy Process—A Survey of Method and Its Applications, Interfaces, Vol. 16, 1986.
- [4] Fundamentals of Particle Swarm Optimization Techniques[J], http://homepage2.nifty.com/fukuyama-yoshikazu/ECTutorial_chapt20pso.pdf.
- [5] 周弛、高海兵等,“粒子群优化算法[J]”,《计算机应用研究》,2003,(12) 7 ~ 11.
- [6] Eberhart R. C., Shi Y. H., Comparison between Genetic Algorithms and Particle Swarm Optimization[R], Annual Conference on Evolutionary Programming, San Diego, 1998.
- [7] Carlisle A., Dozier G., Adapting Particle Swarm Optimization to Dynamic Environments[R], Proceedings ICAI 2000.
- [8] M. R. Lyu, Handbook of Software Reliability Engineering[M], New York: McGraw Hill, 1996.

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>