

# 某机载天线伺服系统电磁兼容设计及分析

□王小宇 刘昕 张德 中国电子科技集团公司第五十四研究所

**【摘要】** 本文采用近场电磁干扰源探测定位法分析了某机载天线伺服系统的辐射发射问题。通过对比测试数据确定码盘及开关电源为主要辐射源,针对码盘和开关电源辐射超标的问题采用屏蔽、接地和滤波等措施进行整改。在设计共模滤波器时使用仿真软件 CST 对滤波器的参数进行仿真,最后通过电磁兼容试验验证整改效果,确定伺服系统的电磁兼容性有明显的改善。

**【关键词】** 电磁兼容 辐射发射 屏蔽 滤波器设计

Design and Analysis of Electromagnetic Compatibility Problems of Airborne Antenna Servo System

Wang Xiao-yu, Liu Xin, Zhang De

The 54th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation

**Abstract:** In this paper, electromagnetic interference sources detection method is used for the analysis of radiated emission problem of the airborne antenna servo system. By comparing the test data, it is confirmed that the main source of radiation is the encoder and switching power supply. In order to solve the problem of the encoder and switch power source radiation exceed the standard, a series of measures such as shielding, grounding and filtering are adopted to carry out rectification. The parameters of filter are simulated using the CST simulation software in the design of common mode filter. Furthermore, the rectification effect is verified by the electromagnetic compatibility test. It is found that the electromagnetic compatibility of the servo system is improved obviously.

**Keywords:** Electromagnetic compatibility, Radiation emission, Shielding, Filter design

## 一、引言

电磁兼容(EMC)作为一门综合性的前沿学科,在 20 世纪末、21 世纪初的电气及电子科学中得到迅速发展,对理论及工程实践紧密结合的要求越来越高<sup>[1]</sup>。

现代社会中飞机、舰艇、汽车等各种平台在狭窄的空间中安装了各种功能的电子设备,在工作时这些设备会产生电磁干扰,对其它设备的正常工作产生影响<sup>[2,3]</sup>。短波通信是现代飞机等载体完成任务、保障安全的重要通信手段。随着技术的进步,各种飞行器对通信质量的要求日益高涨,导致飞行器上电子通信设备的种类和数量不断增长。由于通信设备都安装在飞行器壳体上,以壳体作为共地点,而在飞行期间壳体与大地并无连接,导致设备间的电磁兼容成为不可忽视的问题<sup>[4,5]</sup>。

## 二、故障现象及分析

用户在使用过程中发现,当伺服系统工作时,会导致短波/超短波系统有效通信距离缩短。使用频谱仪观察短波/超短波天线接收信号频谱,在伺服系统工作时,在 10MHz~200MHz 频段范围内短波/超短波天线底噪有明显抬升,抬升幅度随频点不同,但最小幅度也大于 10dBm。伺服系统组成如图 1 所示,组成伺服系统的各设备通过互联线缆进行通信。

采用电磁兼容三原则法进行分析,伺服系统是辐射源,短波/超短波天线是受影响设备,而伺服系统和短波/超短波天线之间无任何线缆连接,并分别由各自系统的隔离电源供电,因此干扰信号无法通过传导方式达到受影响设备。并且由于伺服系统的供电和信号电缆长度超过 10m,而 10MHz 信号的波长约为 30m,电缆长度已满足

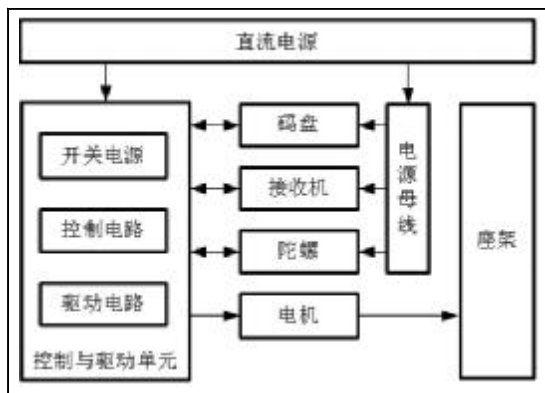


图 1 伺服系统组成框图

$L \geq (\lambda/20)$  的辐射发射条件,由以上条件判断辐射发射为干扰信号的传输路径。为解决该辐射发射问题,按照 GJB 151A-97 中对机载设备的辐射发射要求,对伺服系统进行垂直极化 RE102 测试,测试结果如图 2 所示,测试曲线在 30KHz~500MHz 范围内频谱严重超限,同时包括窄带尖峰

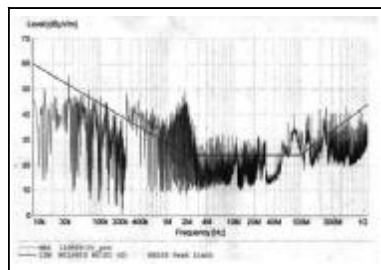


图 2 伺服系统 RE102 测试

噪声、宽带噪声和高密集型尖峰群噪声三种情况。

采用频谱仪和德国安诺尼公司生产的 PBS 系列近场探头对组成伺服系统的每个设备和设备间的互联线缆进行辐射发射检查。使用电场探头分别在距互联线缆 10cm 和 20cm 的位置进行测量,观察频谱仪上测试曲线的峰值变化并将数据记录于表 1。采用对比法分析,由峰值变化可判断辐射类型主要为电场辐射。同时按照频谱仪上曲线峰值及包络的强弱排列,可得开关电源、码盘、设备间的互联电缆为主要辐射源。

表 1 受测设备测试记录

测试方法	被测设备的频谱峰值(dBm)							
	开关电源	控制电路	驱动电路	码盘	接收机	陀螺	电机	互联线缆
电场探头 (距离 10cm)	-91.3	-100.1	-102.2	-93.2	-99.7	-101.4	-102.6	-87.8
电场探头 (距离 20cm)	-109.8	-119.2	-118.3	-111.2	-117.5	-120.1	-119.5	-105.9

### 三、分析及整改措施

针对产生辐射的设备进行分析和整改,按照整改措施的难易程度进行排序为互联电缆、码盘和开关电源,具体措施如下。

#### 3.1 互联线缆

由于在进行伺服系统设计时,未考虑电磁兼容设计,所有的传输线均未使用屏蔽线缆,同时为走线美观,将信号线和电源线集中捆扎,导致线缆间耦合严重,线缆整体成为发射天线。

#### 3.2 码盘

由于码盘在设计时已采用金属壳体进行屏蔽,因此对其使用近场探头进行检测。检测发现辐射发射在码盘插座与壳体连接处最强,拆下插座发现插座上安装的密封胶圈是绝缘体,破坏了码盘整体的电连续,将该密封胶圈更换为导电胶圈后,插座连接处的辐射发射有明显降低。同时在码盘的电源线和信号线上采用馈通滤波器 LT1-200-332 进行滤波,并将滤波器外壳有效接地,再次进行 RE102 测试,测试曲线已满足 GJB151A-97 的要求。

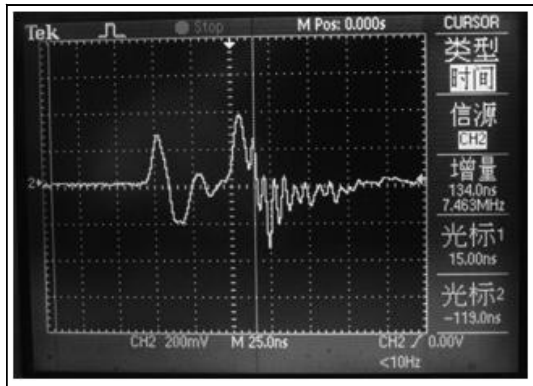


图 3 开关电源高频噪声

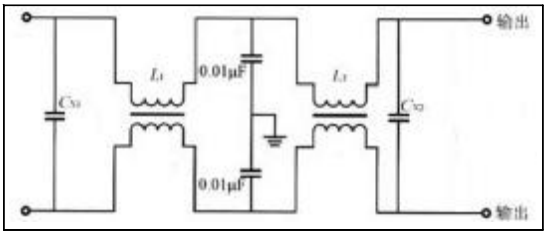


图 4 共模滤波器电路

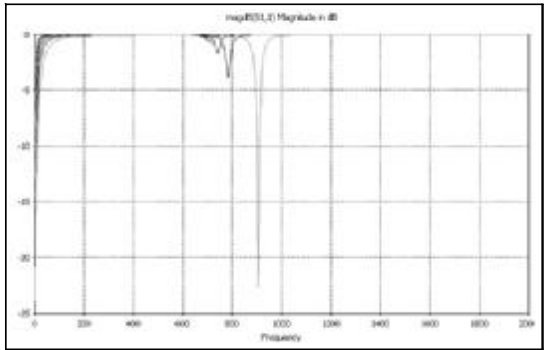


图 5 滤波器特性曲线

#### 3.3 开关电源

采用靠测法,使用 200MHz 带宽的示波器测量开关电源的输入及输出端的电压变化,在开关电源工作时观察到输入输出端电压均叠加有高频共模噪声,将共模噪声在时域展宽后如图 3 所示。

在此引入 CST (COMPUTER SIMULATION TECHNOLOGY) 软件,该软件强大的仿真能力解决了以上滤波器设计所面对的问题。设计共模滤波器如图 4 所示,采用该共模滤波器并匹配合适的参数可有效抑制开关电源输入和输出端的共模噪声。经仿真可得共模滤波器在不同参数下的特性曲线,如图 5 所示。

按照仿真结果设计共模滤波器,在电源输入及输出端串入共模滤波器后,对开关电源进行 RE102 测试,测试结果如图 6 所示,开关电源的辐射发射已满足 GJB151A-97 的要求。

采用以上措施对伺服系统进行整改后,再次进行 RE102 测试,测试曲线如图 7 所示,图 7-a 为水平极化测

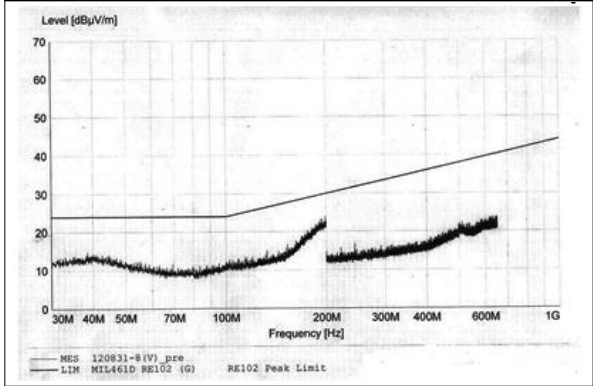


图 6 开关电源整改后 RE102 测试曲线

# 基于路径搜索算法的通信业务优化研究

□陈郁乔 中国移动通信集团广东有限公司汕头分公司

【摘要】 随着光纤逐步成为传输业务的主要载体,越来越多的接入业务基于光路通道开放,由于通信网络资源有限,业务扩张带来的压力与日俱增,如何通过有效的方法,对现网业务进行调整优化,实现更好的市场效应,成为通信维护管理工作的一大挑战。本文尝试引入路径搜索算法,对主干业务系统进行路径分析和优化,找到基于资源现状且面向业务最优分配的调度方案,在完成业务需求的同时,实现最佳的资源配置,并在现网中实践应用。

【关键词】 路径搜索 通信资源 业务优化

## 一、引言

在日常资源调度中,由于现网业务的紧迫性,需要及时根据资源情况调配业务需求。前期的调配本着快速完工形成市场效益,在资源分配上并非最优,甚至会使部分片区资源呈现不合理的紧缺。随着网络规模扩大和建设拓展,维护管理中亟需对业务合理优化,释放紧缺资源,优化网络架构。

随着数年来资源数据信息化的建设,已经实现了资源数据的平台化。在实际分配过程中,不同的需求部门对业务分配方式有各自的侧重关注点,如市场部门关注业务覆盖范围,即资源的可达性;网络线条关注资源的提供和承载能力;业务维护部门关注开通和维护的便利性;建设部门关注建设和当前需求的均衡性等。此外,还有业务的稳定性、后期的扩容性等等。

基于这种全局化的资源分配需求,以及对后续拓展

进行网络优化工作的探索,必须有能够兼顾各方面需求的算法来进行资源调配,本文将针对线路资源数据的特点,采用搜索规划的算法解决优化问题。这种算法能够就对一定规模的网络节点和线段进行分析,寻求具备合理性的最佳业务路线。

## 二、业务模型概述

当前网络基本建立在划分城区而成的网格上,每个规划的网格中都存在相应的业务侧设备,并通过中继段连通至接入侧设备。为了便于简化模型,假定在一个较小的片区中进行传输业务规划,在整个业务的流向中,数据从源端设备到宿端设备所经过的承载载体进行遍历,不难发现业务的走向是经由“始端设备→交接设施→中继段→交接设施→…→交接设施→中继段→末端设备”这种点线交替的形式。剔除首末端固定的设备,该路径是由“点-线”间插交替的路径模型。

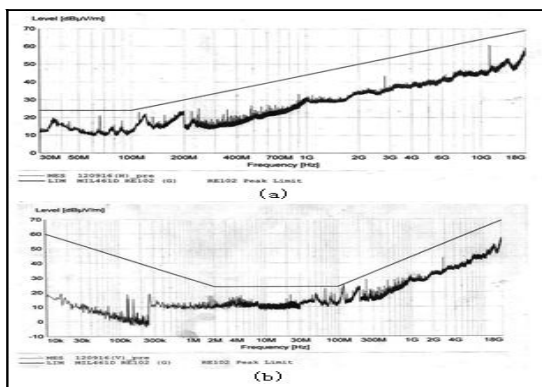


图7 伺服系统整改后 RE102 测试曲线

试曲线,图7-b为垂直极化测试曲线,由图7可知,伺服系统的辐射发射在垂直和水平两个极化方向上都能满足GJB 151A-97中机载设备的电磁辐射发射要求。

## 四、结论

本文采用近场电磁干扰源探测定位法对组成伺服系统的各个设备与互联线缆的辐射发射情况进行了分析,依据分析结果确定电场辐射是干扰信号的主要传输路径。从电磁兼容问题产生所必需具备的三要素出发,采用切断传输路径及减少辐射源等措施对伺服系统进行了整改。在设计共模滤波器时引入仿真分析软件CST对滤波器的参数进行计算,确保整改后的伺服系统顺利通过了水平和垂直两个极化方向的RE102测试,改善了伺服系统的电磁兼容性。

## 参考文献

- [1] 戴斌,张炫. 某雷达产品关于 RE102 试验问题分析[J]. 火控雷达技术,2012,41(1):76-80
- [2] 薛正辉,高本庆. 机载短波天线间隔离度的全波分析[J]. 电波科学学报,2000,15(4):477-481
- [3] 纪奕才,邱杨,陈伟,等. 车载多天线系统的电磁兼容问题分析[J]. 电子学报,2002,30(4):560-563
- [4] 刘莹,谢拥军,张勇. 车载集群通信系统“自顶向下”电磁兼容设计[J]. 电子科技大学学报,2010,39(5):720-724
- [5] 田锦,谢拥军,辛红全,等. 复杂系统电磁兼容评估的改进 TOPSIS 方法[J]. 电子学报,2013,41(1):105-109

## 作者简介:

王小宇,(1980.04—),男,籍贯:黑龙江省五大连池市,硕士研究生,工作单位:中国电子科技集团公司第五十四研究所,工程师,研究方向,天线伺服系统电磁兼容。

## 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](http://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](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、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](http://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>