

无人机的主要电磁干扰源及抑制方案

The major Electromagnetic Interference Sources and Alternative Solutions of UNA

陈 喆

(南京航空航天大学, 南京 210016)

Chen Zhe

(Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

摘 要: 本文简单分析无人机系统的电磁干扰问题, 指出其主要干扰源为二次电源、发动机电火花、机舱电缆等。并详细给出二次电源电磁干扰的抑制方案, 并简单介绍了发动机电火花和电缆的抗电磁干扰方案。

关键词: 电磁干扰; 无人机; 二次电源; 电火花; 电缆。

中图分类号: TM645

文献标识码: A

文章编号: 1003-0107(2004)09-0024-02

Abstract: This article briefly talks about the electromagnetic interference of the unmanned navigate aircraft. The major interference sources are secondary electric power supply, electric spark and cable. And then some methods of interference suppression are given.

Key words: electromagnetic interference; unmanned navigate aircraft; secondary electric power supply; electric spark; cable

CLC number: TM645

Document code: A

Article ID: 1003-0107(2004)09-0024-02

24

引言

现今的无人机不光仅是在军事上的运用, 它更为广泛运用与诸如地面交通管制、海港监控、自然资源遥感气象服务等民用方面。正因为无人机所要执行的任务更加多样化, 故而原本简单的无人机, 其自身也在不断的复杂化, 它们不光带有必要的诸如遥控、自动驾驶等电子设备, 还装备了繁杂的电子任务设备, 其本身的设备密集程度越来越大, 空间电磁环境日益恶化。这些设备之间的电磁兼容问题迫切需要解决。本文就无人机特点简单分析其重要的电磁干扰源和解决方案。

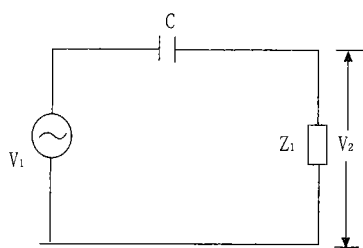
1 电磁干扰概述

电磁干扰主要是由如下三个基本要素组合而产生: 电磁干扰源、对该干扰能量敏感的接收器、将电磁干扰源传输到接收器的媒介, 即传输通道。相应地对抑制所有电磁干扰的方法也应针对这三要素进行解决。电磁干扰按传播途径可分为传导干扰和辐射干扰, 下面简要说明其基本机理。

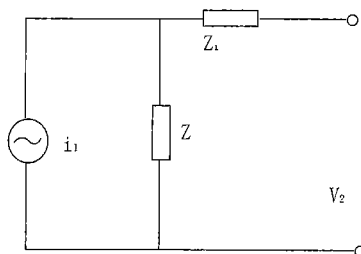
1.1 传导干扰

从传输通道分析, 传导干扰可分为电容传导耦合或称为电场耦合; 电阻

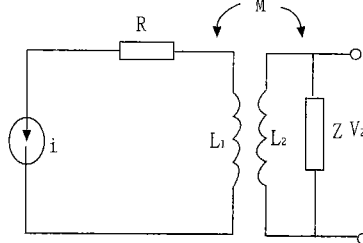
传导耦合或称为公共阻抗耦合; 电感传导耦合或称互感耦合。具体如下图: V_2 为折算后产生的干扰电压



(a) 电容传导



(b) 电阻传导



(c) 电感传导

图1 传导干扰的典型等效电路图

1.2 辐射干扰

辐射干扰是指以电磁波形式传播

的干扰。这类干扰的能量是由干扰源辐射出来, 通过介质(包括自由空间)以电磁波的特性和规律传播的。是否构成辐射干扰, 应由构成辐射干扰的三要素来考虑: 辐射干扰源向外辐射能量的特性, 如方向性、极化、调制特性、带宽等; 辐射干扰传输通道, 即介质(包括自由空间)对电磁波能量的损耗程度, 辐射干扰接收器的敏感度、方向性、极化、选择性、带宽等。

2 无人机主干扰源及解决方案

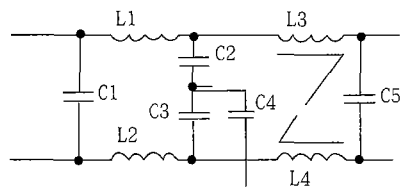
2.1 二次电源

无人机二次电源主要是供给陀螺使用的400Hz交流电, 随着对飞机有效载荷的增加, 早期飞机上我们用的线性的二次电源已被体积小、重量轻、功耗小、效率高开关电源取代。而开关电源是利用半导体的开和关工作的, 其工作频率一般要达到KHz的级别, 在开关过程中产生很大的 di/dt , dv/dt 。它们通过电源线以共模或差模的方式向外传导, 同时向空间进行辐射干扰。下面给出抑制二次电源电磁干扰的几点措施。

2.1.1 接入EMI滤波器

在实际工作中, 我们发现二次电

源主要是高次谐波倒灌电网而污染整个飞机的电网。EMI 滤波技术是一种抑制尖脉冲干扰的有效措施,可以滤除多种原因产生的传导干扰,下图-4 给出滤波器的主电路拓扑:由电容、电感组成的 EMI 滤波器,接在开关电源的输入端。电路中,C1、C5 是高频旁路电容,用于滤除两输入电源线间的差模干扰;L1 与 C2、C4;L2 与 C3、C4 组成共模干扰滤波环节,用于滤除电源线与地之间非对称的共模干扰;L3、L4 的初次级匝数相等、极性相反,交流电流在磁芯中产生的磁通相反,因而可有效地抑制共模干扰。现在很多公司都提供成熟的滤波器,实际设计时可以根据需要选用。



图一 2 滤波器等效电路

2.1.2 共模干扰的有源抑制技术

共模干扰的有源抑制技术是一种从噪声源采取措施抑制共模干扰的方法。基本思路是设法从主回路中取出一个与导致 EMI 干扰的主要开关电压波形完全反相的补偿 EMI 噪声电压,并用它去平衡原开关电压的影响。实验研究结果表明对抑制共模 EMI 电平产生了十分明显的效果。

2.1.3 优化功率开关管的驱动电路设计

通过缓冲吸收电路,可以延缓功率开关器件的导通/关断过程,从而降低开关电源的 EMI 电平,但同时会因为附加的吸收电路损耗,导致电源总效率的下降。另一种降低开关电源的 EMI 电平的方法是选择合适的驱动电路参数,可以在维持电路性能不变的同时降低 EMI 电平。从优化驱动电路设计的角度改善开关电源的 EMI 性能,是近年来发展的一个新方向。

2.1.4 印制电路板元器件布局及布线

在印制板的通路尺寸远小于该频率的波长时,辐射干扰与电流通路中

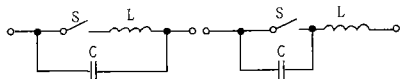
的电流大小、通路的环路面积、电流频率的平方等三者的乘积成正比,即 $E \propto I S f^2$ 。此式表明减小通路面积是减小辐射干扰的关键,也就是说开关电源的元器件在布局时要彼此紧密排列,走线尽可能简洁。下面简单介绍几点设计原则:尽量增大线间距离,使耦合干扰源与敏感电路间的互感尽可能地小;减小干扰源和敏感电路的环路面积;尽量使干扰源与敏感电路布线呈直角,以降低线路间耦合。

2.1.5 软开关技术

开关电源工作中产生很高的 di/dt 、 dv/dt 是造成污染的重要原因,如实现开关在零电压和零电流下进行转换,这就会很大程度上抑制干扰。

谐振软开关是由电力电子开关器件 s 及辅助谐振元件 L 和 c 组成的电路,如图-5 所示。为实现零电流开关条件,电感 L 与开关 s 是串联的, L 和 c 之间的谐振是靠 S 的开通来激励的,目的在于利用辅助的 LC 谐振元件形成开关器件导通期间的电流波形,为将要关断的开关创造零电流条件;为实现零电压开关条件,电容 C 与开关 S 是并联的, L 和 S 之间的谐振是靠 s 的关断来激励的,其目的在于利用辅助的 LC 谐振元件形成开关器件关断期间的电压波形,为将要开通的开关创造零电压条件。

应用软开关谐振电路能够电路的开关损耗极小,无二次击穿的限制,不需要缓冲电路, dv/dt 、 di/dt 应力大为下降,与此相应的电磁干扰可以消除。



零电压开关 零电流开关
图-3 零电压与零电流谐振开关

2.1.6 采用屏蔽

所谓屏蔽是用导电或导磁体的封闭面将其内外两侧空间进行的电磁性隔离。因此,从其一侧空间向另一侧空间传输的电磁能量,由于旅行了屏蔽

而被抑制到极微量。采用屏蔽技术可以有效地抑制开关电源的电磁辐射干扰。为了抑制开关电源产生的辐射,电磁干扰对其他电子设备的影响,可完全按照对磁场屏蔽的方法来加工屏蔽罩,然后将整个屏蔽罩与系统的机壳和地连接为一体,就能对电磁场进行有效的屏蔽。电源某些部分与大地相连可以起到抑制干扰的作用。

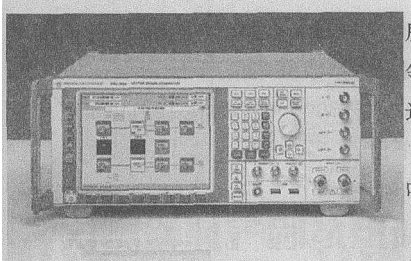
2.2 活塞发动机

在决大多数无人机上,我们使用的是活塞发动机,而活塞式发动机的点火系统是很大的一个干扰源。发动机点火系统是由点火装置(磁电机)、高压线、火花塞 3 部分组成,在整个点火系统中,电磁辐射干扰主要是由次级高压点火电路产生。而且往往它干扰飞机最为关键的遥控遥测设备。实际设计工作中发动机是由专门的发动机厂家提供的,我们没有办法改变发动机本身的结构。就此本文介绍选用发动机时从电磁干扰角度的几个注意点: 1) 选用采用电阻型高压线、电阻型火花塞的发动机; 2) 高压线的长短对干扰抑制具有重要意义,尽量选用如采用磁电机、高压线、火花塞一体化设计的发动机; 3) 线绕电阻型高压线因其感抗和线绕电阻的“趋肤效应”作用,使得高频干扰抑制能力加强。4) 电火花塞在具体的频段会产生明显电磁辐射,频谱特征为大量离散的脉冲信号,这些脉冲信号持续时间只有几个微秒,用频谱仪在 MAX HOLD 方式下,排除其它电波影响,用飞机的遥控遥测频段测量的火花塞干扰的频谱特征,尽量选用干扰频段与遥控遥测频段错开的发动机。

2.3 全机电缆

现代无人机系统的一个重要特点是在不很宽裕的空间里布置很多电子设备,这些设备通过一套全机电缆相互连接。无论在做 EMC 试验还是在部件试验中,往往会发现,当设备上没有电

下转第 30 页



所有电子测试和检测领域的产品都可以参选。

SMU200 是 2004 年度唯一入选提名的信号源。

SMU200A 是一款
性能极其卓越的矢量

信号源。它不仅可以把两个独立的信号源集成在一个单元中,而且还拥有无与伦比的射频和基带特性。它支持 GSM、GPRS、3GPP 和 WLAN 等各个移动通信标准,可以内置衰落模拟、AWGN 噪声源和失真模拟。可以满足现代通信系统的研发和生产中遇到的所有需求。

30 : 日本发明便携式超声波诊断装置

日本奈良尖端科学技术大学千原国宏教授领导的研究小组，最近开发出一种便携式超声波诊断装置。

据《日本经济新闻》报道，这种便携式装置由超声波感知器和笔记本电脑构成。医生出诊时，将超声波感知器放在患者要检查的部位，即可通过贴在头部的显示器观察超声波图像。此外，患者还可利用这一装置，通过无线局域网向医院传送自己的超声波图像。出于实用性的考虑，研究人员下一步计划与手机公司合作，争取用手机代替电脑完成检查，从而使这一装置变得更小更轻。

UbiNetics 的 HSDPA 移动测试系统加速 3G 发展

电信测试设备供应商UbiNetics扩充了其HSDPA测试系

统产品。

该产品面向Node B基础设施制造商和运营商,适用于HSDPA网络商业化之前的测试。

Multi-UE 选项主要利用 500 平台的已有功能进行软件升级, 是 UbiNetics 公司单独开发技术。HSDPA 通过不同的信道条件改变移动电话的传输以优化功率和带宽。总体性能取决于网络基于通道性能算法的对于任意时间的快速和精确的响应。

此次升级 TM500 平台, 可使 Node B 开发人员和网络提供商能够评估和优化网络内调度功能, 益于实现 HSDPA。TM500 的扩展产品将于年末开始供货。

法国 ActiCM 公司 推出三维协调测量仪

法国 ActiCM 公司推出全新的 CMM (协调测量器) 三维测量系列产品——Actiris 测量器械, 这种便携式的测量仪设计符合人机工程学的要求, 测量探头和传感器之间没有连接线和其他机械连接, 使用者在测量过程中行动完全不受影响。并组合了摄影测量学和功能强大的计算机图像处理技术, 大大提高了测量精度, 同时提高了对零件、组件或复杂的部件测量的可靠性, 适用于冶金、机床和运输设备制造等领域生产线上及生产线之外的测量。

使用这种测量仪器，测量中可自动选取参照点，也可以采取手动选点，并会自动调校。测量仪器是以完全开放的平台为基础设计的，可以与大部分测量软件接口对接。今年10月，该测量仪器将在中国上海举行的“中国金属加工交易会”亮相。◆

← 上接第 25 页

缆时,电磁干扰问题要好得多。下文就此分析无人机系统中电缆设计的注意事项。

信号线的分组是必须进行的设计项目。通过信号线分组,使可能发生的串扰最小。在设计电缆的最初阶段,尽量把信号线与回线靠近,有可能做到每对容易受干扰的低电平信号线都各自穿屏蔽套,尽量不要使这些信号线分散在电缆束中。同时尽量减少可能互相干扰的导线的平行距离。

从以下几个途径减少辐射干扰:

(1)控制电缆长度,在满足使用要求的前提下,使用尽量短的电缆,但是当电缆的长度不能减小到最高辐射频率波长的一半以下时,减小电缆长度没有

明显效果；(2)在电缆上使用适当的共模扼流圈，最简单的方法是套一个铁氧体磁环；(3)布线电路板时，使周期性信号远离I/O接口电路，并将I/O接口电路部分的地线与线路板上的其他地线隔离开，仅在一点连接；(4)I/O接口电路部分的地线与金属机箱之间做射频搭接；(5)对机箱内的I/O电缆(从线路板到连接器的部分)进行屏蔽；(6)使机箱内的I/O电缆(从线路板到连接器的部分)长度尽量短；(7)使用共模低通滤波器，最好是安装面板上的形式(例如滤波连接器)；

3 结束语

随着电子设备的大量运用,EMI对

任何产品的设计都是不可忽视的问题,本文针对无人机系统电磁干扰生成的机理及解决方案作了一些简单的分析,仅供相关的设计者参考。由于无人机电磁兼容性问题随着无人机更广泛的运用将会更加严峻,要做到一个卓有成效的设计,就要求在飞机全局和底层设计时就灌输 EMI 的思想。◆

参考文献:

- [1]. 王庆斌, 电磁干扰与电磁兼容技术[M], 北京: 机械工业出版社, 1998
- [2]. 丁道宏, 电力电子技术[M] 北京: 航空工业出版社, 1995。
- [3]. 宋祖勋, 活塞发动机火花电磁干扰抑制方法研究 [J]西安: 西北工业大学学报, 2003 21 (1)