浅析旋翼无人机数字电路产生噪声的机制及其对 GPS 信号的影响

潘清元^{1,2} 孙雷^{1,2} 曹东东^{1,2}

1 天水三和数码测绘院有限公司 2 甘肃省测绘工程技术研究中心

DOI:10.32629/gmsm.v3i3.694

[摘要] 本文着重分析了旋翼无人机内PCB数字电路产生高次谐波噪声的机制及其对GPS信号的影响,并提出了一种旋翼无人机GPS天线安装结构来降低高次谐波对GPS信号的干扰,经测试,该技术能有效解决此类问题,从而提升无人机使用寿命,节约成本。

[关键词] 旋翼无人机; PCB; 高次谐波; GPS天线安装结构

引言

随着无人机快速发展,现已在测绘、电力、农业、物流、勘探、应急救援、环境监测、军事勘察与打击、疫情防控等行业和领域得到广泛应用。按飞行平台构型分类,民用无人机主要分为固定翼无人机、旋翼无人机和混合翼无人机等。旋翼无人机因准备时间短、机动灵活、能垂直起降等优势备受人们青睐。但旋翼无人机为了达到结构紧凑往往会将GPS天线、IMU、CPU等各类电子元器件紧凑的集成在机体内PCB(印刷线路板)上,随着无人机频繁使用,电子元器件不断损耗,PCB数字电路会产生高次谐波噪声,对GPS信号产生干扰,使无人机导航定位性能降低,严重时甚至会造成GPS失锁,从而使无人机不能到达预定位置进行作业甚至出现坠毁事故。

1 噪声产生机制分析

数字电路通过切换高低信号电平操作电路,从而传输信息。切换信号电平的瞬间,高频电流流过信号线。电流不仅在信号线中流动,也在电源和接地中流动,如图1所示。数字电路中使用的这些高频电流正是产生高次谐波噪声的起因。其产生机制有如下几类:

图1 数字电路的运行模式

(1) 信号电流产生噪声

在信号切换的瞬间,电容充电和放电所产生的电流会像长钉一样流动,这种波形会包含各种频率,然后通过用作天线的线路发射出来,从而造成噪声干扰,如图2所示。

(2) 短路电流产生噪声

当驱动器内的开关切换时,数字集成电路在一瞬间使电源和接地相互连接,也会产生像长钉一样的电流,但与信号电流不同,在信号上升和下降时这种短路电流的方向相同。从频率的角度而言,短路电流的频率是双重信号循环频率,其产生的噪声即可能在与信号偶次谐波相重叠的频率处出现,通过用作天线的线路发射出来。

信号电流和短路电流都是通过形成一个电流回路,并将此回路作为天线发射无线电波,因此,我们将它们统称为普通模式电流发射的噪声,其产生机制如图2所示。由于产生这类噪声的天线很小,噪声只能发射到达相对较小的区域。

生机制如图2所示。由于产生这类噪声的天线很小,噪声只能发射到达相对较小的区域。

图2 信号电流放电时产生噪声的机制

(3) 共模噪声

某些电流不仅会流经信号线,也会流经接地和电源线,这些电流可能导致产生更具影响力的噪声,称为共模噪声。共模噪声不仅会出现在电源和信号线,也会出现在接地,由于接地延伸到PCB周围的所有区域,如果产生共模噪声,则PCB自身将会成为天线发射噪声,或者从用作天线的连接至PCB的各种电缆发射噪声,其产生机制如图3所示。由于用作天线的导体远远大于信号线,尽管电压很小,但却会发出很强的噪声,从而导致影响的区域范围很大。

图3 共模噪声的感应和发射

2 噪声对 GPS 信号的影响原理

尽管数字信号的电压波形是一种简单的矩形波,但按傅氏级数都可分解为均值、基波和谐波,由于谐波的频率是基波频率的整数倍数也常称为高次谐波。

当基波频率是15MHz时,其相应105次谐波频率即是1575MHz,刚好在GPS的民用频段1575.42MHz附近,从而对GPS信号造成干扰,导致GPS定位精度降低甚至失锁。

3 GPS 天线安装结构改造

本文提出的GPS天线安装结构是针对普通模式电流发射噪声的解决方案,由于此类噪声影响范围很小,所以可通过设计远离PCB板的GPS天线安装结构来解决GPS信号受高次谐波干扰的问题。

3.1 设计原则

(1)GPS天线安装结构要远离PCB板,降低数字电路产生的高次谐波对GPS天线接收信号的影响,甚至不受其影响。

(2)GPS天线安装结构要简单方便,便于安装或拆卸,不会影响无人机作业效率。

(3)GPS天线安装结构要坚固耐用,不会由于飞行速度过快导致损坏,也不会使用数次就损坏。

(4)GPS天线安装结构要轻,不能对飞机重量分布产生较大影响,导致飞机飞行重心不稳。

3.2 方案设计

按照设计原则,通过多次设计验证,设计的GPS天线安装结构如图4所示,天线安装结构固定于无人机机体顶部边缘固定座上,GPS天线从机体内PCB板上引出固定于天线安装结构顶部。天线安装结构采用碳纤维材料,重量轻且坚固耐用。

图4 GPS天线安装结构示意图

图5 GPS天线安装结构工作状态示意图

GPS天线安装结构采用可旋转结构,在工作状态时,将旋转杆旋转至与固定座垂直的方向,并将底部环圈部与接脚部通过螺纹进行固定,保证旋转杆不会晃动,如图5所示,从而保障GPS天线朝向天空方向,确保能接收到全部信号。在结束工作时,将环圈部和接脚部松开,旋转杆即可旋转至水平方向,如图6所示,便可将无人机收入运输箱中。本天线安装结构安装或拆卸非常方便,既能让GPS天线远离PCB板,降低甚至消除高次谐波对信号的干扰,又能保障工作效率,是一种非常方便实用的设计。

图6 GPS天线安装结构运输状态示意图

3.3 改造及测试

按照设计方案对出现问题的无人机GPS天线进行改造,在改造过程中,需注意消除身上的静电,尽量不要直接用手接触PCB板,GPS天线未安装到位前切勿贸然通电测试。

在天线安装结构改造完成后,在空旷的无人机试验场,以遥控器在视距范围内控制无人机在天上进行飞行,用地面站实时监控无人机定位信息,测试无人机GPS天线接收信号的稳定性。在多次测试过程中,无人机定位信息连续变化,无跳变,说明接收信号稳定,基本未受到高次谐波影响。

3.4 生产测试

为了进一步测试改造后的GPS天线安装结构的可靠性,采用无人机搭载两镜头倾斜相机获取目标区域倾斜影像,通过倾斜影像质量来评判其可靠性。

在设计航线时,利用谷歌影像了解测区概况,初步制定飞行方案,再根据飞行范围,利用专业无人机航线设计软件设计航线,使航向、旁向重叠度达到75%。

在航飞前一天以区域网为基础布测像控点,先布测目标范围的周边,后布测测区中间地带,像控点全部为平高点。

选择天气晴朗、光线均匀且无风的天气进行航摄,操作人员和机组人员应提前到场,检查维护航摄硬件并使其处于最佳状态,等到合适的航摄时间,按照设计的航线实施航摄工作,保障在相同天气条件下完成航飞任务。

经过内定向、相对定向、绝对定向、区域网平差、三角网生成、纹理映射等内业数据处理过程即可生成倾斜三维模型。

从整体效果来看,倾斜三维模型没有漏洞且完整拼接到一块,说明无人机在按照航线飞行过程中,GPS天线信号未受到较大强度的干扰;将范围线叠加到倾斜三维模型上,发现能完全套合,说明无人机在进入航线过程中也未受到干扰。

通过本次生产实测,验证了本文设计的GPS天线安装结构能有效解决普通模式电流发射的高次谐波对GPS信号影响的问题。

4 结语

随着科技的不断发展,旋翼无人机被广泛应用于各行各业。旋翼无人机的频繁使用会导致各部件性能逐渐降低,数字电路普通模式电流发射的高次谐波对GPS接收机的信号干扰问题也会越来越严重,本文提出的GPS天线安装结构设计简单,容易实施,能有效解决此类问题,从而提高无人机使用寿命,节约成本。

[参考文献]

- [1]任克宁.数字印制电路板电源面/地面层结构对 ΔI 噪声影响的研究[D].北京:北方交通大学,1998.
- [2]唐世悦,高新成.有限地平面上差分对共模噪声的分析[J].电讯技术,2008,(09):33-37.
- [3]何敏,胡勇,赵龙.无人机倾斜摄影测量数据获取及处理探讨[J].测绘与空间地理信息,2017,40(07):77-79.