

GJB151B 标准部分解析 及常规机载电子设备电磁兼容设计

□艾铁柱 赵君 闫稳 任晓琨 航空工业西安航空计算技术研究所

【摘要】 电磁兼容设计的目的有两个，一个是保证电路之间、模块之间、系统内部的自兼容，另一个是顺利通过电磁兼容试验，随着电磁兼容要求纳入强制认证，大部分硬件设计师已经开始有意识开展电磁兼容设计，GJB151B-2013《军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求与测量》作为军用机载电子设备电磁兼容要求，约束着机载电子设备电磁兼容设计，本文从GJB151B中筛选出针对机载电子设备常用若干项试验项目和要求进行解析，同时给出了常规机载电子设备的针对性设计方法。

【关键词】 GJB151B 电磁兼容 机载电子设备 设计方法

引言：

随着电气电子技术在航空飞行器上的成熟应用，机载电子设备所处的电磁环境日益复杂，各类航空电子设备及分系统的电磁兼容性设计与评估就显得越来越重要。使设备和系统达到电磁兼容的方法是首先对其运行所处的电磁环境进行评估，然后再进行设计和制造，使这些设备和系统能在预定的工作环境中工作而自身不产生电磁干扰。这里从GJB151B对机载电子设备的要求进行解析，并针对常规机载电子设备提出电磁兼容设计措施。

一、辐射发射防护设计

RE102 2MHz ~ 18GHz 电场辐射发射

具体要求：辐射发射限值不超过GJB151B中图57中适用于固定翼内部首尾间距小于25m的曲线限值。

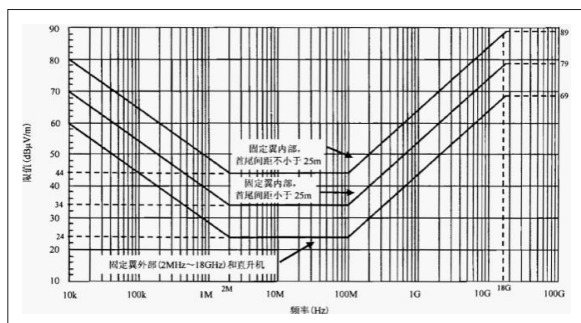


图1 RE102 极限值 选用固定翼内部首尾间距小于25m 曲线

此项目考核系统2MHz ~ 18GHz电场空间辐射发射水平，针对机载电子设备信号频点在此项目频率范围内的信号进行减扰设计，特别是主要干扰源的电源功率信号和高频数字信号，晶振应放在PCB的中间位置，避免接近边缘，晶振周围包地设计，并且晶振下方不经过印制线。时钟信号也不应布在印制板的边缘，尽量设计在两层地平面的中间层。在严格执行通用电磁兼容设计准则的前提下，重点屏蔽加固设计：1. 机箱屏蔽加固设计；2. 电缆屏蔽加固设计；3. 接地加固设计。

二、传导发射防护设计

CE102 10kHz ~ 10MHz 电源线传导发射

具体要求：电源线传导发射不应超过图2中的极限值

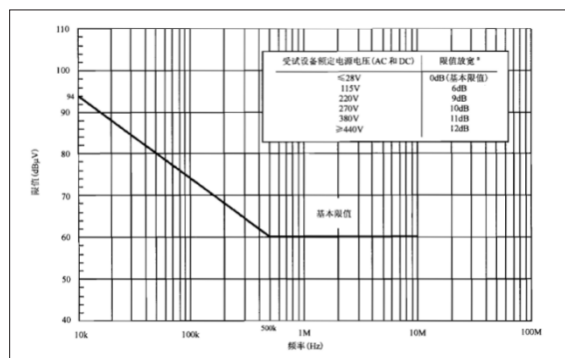


图2 CE102 极限值

这里以机载电子设备最常见的28V直流供电电源线展开说明，适用于机载电子设备的28V直流电源的高低线。选取极限范围为：额定电压的+50%，-150%，传导发射测试曲线应选择GJB151B-2013中的图CE102-1基准曲线。机载电子设备通常通过DC/DC电源模块隔离变换一次电源28V，产生电子部件内部需要+5V等二次电源，因此一次电源线上的干扰噪声主要来源于DC/DC模块的工作开关频率及其高次谐波。电子部件采用的DC/DC模块开关频率在500kHz~600kHz之间，针对性的选择EMI滤波器在500kHz频率以上有至少40dB的抑制能力。电子部件的EMI滤波器设计在一次电源的入口处，通过法兰安装在散热冷板上，冷板导电氧化处理，冷板与机箱之间通过导电的机械锁紧条紧固，保证滤波器外壳与机箱壳地之间的低阻抗连接，增强对DC/DC产生共模噪声的抑制能力。

三、传导敏感度防护设计

3.1 CS101 25Hz ~ 150KHz 电源线传导敏感度

具体要求：当按图曲线二的电压限值进行试验时，被测设备不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值、或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。

测试中对机载电子设备电源线施加GJB151B-2013中的图CS101-1曲线2，见图3。根据CS101的曲线2，最大的噪声电压是126dBμV，即为2V的电压值。在25Hz~10kHz的频段内，电子部件DC/DC模块内部的反馈控制环路能够

响应输入一次电源 2V 以内的电压波动, 可保证输出的二次电源电压稳定度及纹波不受影响; 在 10kHz~50kHz 的频段内, EMI 滤波器至少需要有 10dB 的衰减能力, 可将噪声电平降低三分之二左右, 如果电子部件内部电路的工作频率均远高于 50kHz, 可认为在该频段内噪声不会影响电子部件的二次电源。根据以上分析, 无需增加额外的电路设计来抑制 CS101 的干扰噪声, 电子部件可保证正常工作。

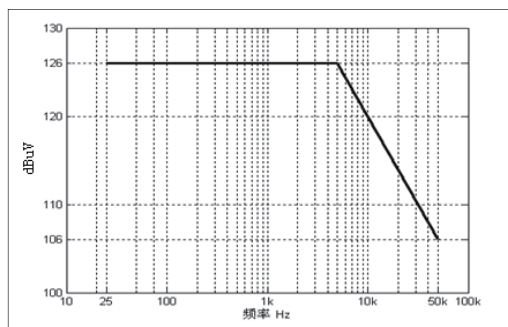


图3 CS101 电压限值

3.2 CS106 电源线尖峰信号传导敏感度

具体要求: 按照 GJB151B-2013 曲线施加电源线尖峰信号, 被测设备不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值、或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。峰值电压为 400V。

机载电子设备电源入口端通过设计 TVS 管, 尖峰电压吸收器件, 选择 TVS 瞬态浪涌抑制二极管将尖峰电压抑制在后端器件可接受的范围之内; 根据瞬态时间和功耗以及击穿电压, 可选择相应 TVS 器件, 保证 400V/10 μ s 尖峰正常使用。

3.3 CS112 静电放电敏感度

具体要求: 在空气放电 (最大 15KV) 和接触放电 (最大 8KV) 条件下, 被测设备不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值、或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。试验放电网络为 150pF, 330 Ω 。1. 电路设计。对于机载电子设备的静电防护设计, 优先采用 ESD 敏感度不低于 2 级的电子元器件, 若必须采用 ESD 敏感度为 1 级的元器件时, 其保护电路应设置在惯导部件相关 SRU 功能模块的最低层次上。2. 机箱屏蔽设计。为提高静电抗扰度, 在机箱的结构设计中, 需使得机箱能够形成一个良好电接触的导体, 首先在机箱壁内表面进行导电阳极化处理, 最大限度的减少机箱面板装配后可能的存在的缝隙, 使机箱形成一个封闭的良好导电结构, 在遭受静电时能够迅速通过机箱壳将电荷导向大地, 避免静电电荷积累。3. 电搭接设计。按照 GJB 358-1987《军用飞机电搭接技术要求》和产品电磁环境效应设计要求进行, 部件的机箱与飞机基本构件之间采用电气搭接技术, 使得设备外壳到机体基本结构之间有连续的低阻抗通路,

电阻小于 2.5m Ω , 保证静电的泄放通道。

3.4 CS114、CS115、CS116 电缆束注入传导敏感度

电缆束注入传导敏感度项目包括 CS114、CS115、CS116。其中 CS114 10kHz ~ 400MHz 电缆束注入传导敏感度项目要求最严。此项目主要考核电缆束的抗干扰能力, 在做好上述电路的滤波设计的同时, 重点电缆束的防护设计。

1. 电缆屏蔽层应与机箱壳 360 度端接, 机箱壳应有良好的地搭接; 2. 电缆内部信号分类布线设计, 最大限度的减小串扰, 提高抗干扰能力; 3. 总线和外部模拟输入和输出都采用差分平衡电路设计, 提高共模干扰抑制能力; 4. 检测电路设计滤波防抖动电路, 避免系统误报故障。

在产品对外接口信号处感应共模电压干扰, 为抑制噪声电平, 应针对性的设计共模滤波电路。为保证输入和输出阻抗匹配, 对发射和干扰有相同的滤波能力, 设计图 4 为 LC 型的 π 型滤波电路, 截止频率为 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 。

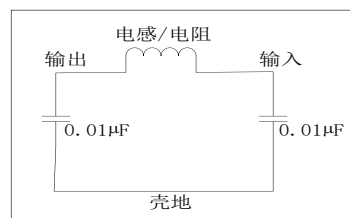


图4 π 型滤波电路

也可以使用 RC 型的 π 型滤波器, 截止频率为 $f = \frac{1}{2\pi RC}$, 在 RC 滤波电路中, R 值越大截止频率越低、滤波的带宽越大; 但是 RC 滤波器还有一点需要注意的是, 由于有电阻器本身就是耗能的元件, 在此处一定会有功耗以及压降, 当电压比较小、电流比较大的时候, 必须要考虑必出的功耗以及压降。

四、辐射敏感度防护设计

4.1 RS101 25Hz ~ 100kHz 磁场辐射敏感度

因考核频率范围均在 25Hz~100kHz, 机载电子设备 CPU 主频通常为几十 MHz, 磁场辐射敏感度考核不在晶振工作范围之内, 敏感度试验不会对系统功能性能产生影响, 所以除常规机箱、电缆屏蔽措施之外, 无需再针对性设计。

4.2 RS103 10KHz ~ 40GHz 电场辐射敏感度及高强辐射场

具体要求: 当按 200V/m 和电场限值进行试验时, 被测设备不应出现任何故障、性能降低或偏离规定的指标值、或超出单个设备和分系统规范中给出的指标允差。

此项目主要考核系统整体的抗辐射干扰能力, 而 200V/m 的电场限值与 CS114 的严酷度类似, 因此在做好电路的降敏设计及 CS114 电缆束屏蔽加固设计的同时, 重点应在机箱的屏蔽加固设计及接地加固设计。

参考文献

- [1] 杨自佑等译, 电磁兼容原理与应用 - 方法、分析、电路、测量 (原书第三版) 机械工业出版社
- [2] 杨继深编著, 电磁兼容 (EMC) 技术之产品研发及认证 电子工业出版社
- [3] 徐亮, GJB151B 传导敏感度测试要求的分析 微波学报, 2017 年第 2 期
- [4] 许鸣, 某机载飞行控制器传导敏感度分析与设计 舰船电子工程, 2016 年第 1 期

艾铁柱 (1985-), 男, 辽宁辽阳, 高级工程师, 主要研究方向为机载计算机应用技术。