

装甲车辆驾驶员终端的电磁兼容设计

陈建明, 丑力, 刘军辉
(装甲兵工程学院, 北京 100072)

摘要: 简要介绍了装甲车辆驾驶员终端的基本功能组成, 详细分析了驾驶员终端所处的电磁环境, 从电源端口、信息端口、屏蔽、接地和电路板设计等方面进行了电磁兼容设计, 保证系统正常工作, 为装甲车辆驾驶员终端的可靠性设计提供了参考。

关键词: 驾驶员终端; 电磁干扰; 电磁兼容设计

中图分类号: TN15; O411 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)01-0086-04

Electromagnetic Compatibility Design of Driver Terminal in Armored Vehicle

CHEN Jian-ming, CHOU Li, LIU Jun-hui
(Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: The basic functional components of the driver terminal in armored vehicle were introduced. The electromagnetic environment of the driver terminal was analyzed in detail. Electromagnetic compatibility (EMC) design was described in detail from the aspects of power ports, data ports, shield, ground connection and PCB design. The purpose was to provide reference for reliability design of the driver terminal in armored vehicle.

Key words: driver terminal; electromagnetic interference; electromagnetic compatibility design

电磁兼容的目的在于降低和消除人为和自然的电磁干扰, 减少其危害, 提高设备和系统的抗电磁干扰能力, 实现设备和系统的电磁兼容, 最大限度地发挥设备和系统的效能。随着电子、电气、计算机、控制技术的迅速发展, 装甲车辆作为陆军地面武器的作战平台, 其内部设备的信息化程度高, 信息设备多而复杂, 相互干扰严重, 且经常工作在强振动、高噪音、粉尘多、温度变化大的恶劣环境中, 因而所处的

电磁环境愈来愈复杂, 各类信息设备及系统的电磁兼容已成为影响系统正常运行的主要问题之一。装甲车辆驾驶员终端是典型的信息设备, 其外部和内部的干扰源会对其敏感电路和器件产生干扰, 该设备要运行稳定, 必须具备一定的抗电磁干扰能力, 同时, 在工作过程中产生的电磁泄漏不能超过一定的限度, 以满足 GJB 1143 和 GJB 151A 对电磁兼容性的要求。

收稿日期: 2010-06-12

作者简介: 陈建明(1964—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为信号与信息处理。

通过分析装甲车辆驾驶员终端内外环境影响因素,提出了电磁兼容的设计方法。

1 装甲车辆驾驶员终端的功能及组成

驾驶员终端由电源模块、传感器信号调理模块、报警信号采集模块、通信模块和嵌入式计算机组件等组成,主要完成:车内各传感器的数据采集,经调理后在虚拟仪表上显示;报警信号采集,适时报警;与其他各控制器通信,进行信息交互。

驾驶员终端包含的信号有模拟信号(A/D, D/A转换)、开关量、视频信号、串口通信信号等。

2 装甲车辆驾驶员终端的电磁环境分析

装甲车内环境完全满足电磁干扰发生必须的3个基本条件^[1-3]:1)具有众多的如大功率电机、电台等干扰源;2)由于车内空间限制,车内众多的电力线及信号线缠绕在一起,具有传播干扰能量的途径和通道;3)各种精密电子设备在装甲车辆中的大量应用,形成了大量的敏感设备。因此,必须进行电磁兼容设计。

2.1 外部主要干扰源

1)雷电干扰。雷电现象发生时,其频率在1 kHz~5 MHz,电位梯度高达1 000 kV/m,主放电电流可高达30 kA,干扰破坏力极强。虽然装甲车体本身有较好的屏蔽作用,但这种极强干扰也会影响到车内电子系统。

2)静电充电和放电。引起静电的原因主要有:(1)物体间摩擦生热,激发电子转移;(2)物体间的接触和分离产生电子转移;(3)电磁感应造成物体表面电荷的不平衡分布;(4)摩擦和电磁感应的综合效应。在装甲车内,上述现象都可能存在而形成静电充电和放电。

3)通信设备干扰。装甲车内配备了短波电台、超短波电台、高速数据电台、GPS、北斗等,通信电台发射频率一般在20 kHz~100 MHz内,而宽带电台高达600 MHz以上。

4)机械噪声干扰。车内机械噪声主要包括:发动机相关噪声(燃烧、排气、冷却风扇和发电机等);发动机本身噪声(发动机振动、配气轴转动、进气和

排气门开关等引起的噪声);液压噪声(齿轮泵、液压阀及管路振动引起的噪声);制动系统噪声;工作装置动作冲击噪声等。这些噪声通过辐射进行干扰。

2.2 内部主要干扰源

1)电源线传导发射干扰。电源和车内电网形成了覆盖面最大的一个电磁系统,是产生和传导电磁干扰的主要途径,共用电网的设备越多,设备产生干扰的概率越大,其干扰特征是“量值大,衰减小”。

2)设备负载特性。车内设备集机、电、液于一体,负载特性以阻性负载和感性负载为主。功率上是强电负载和弱电负载并存,频率范围为10 kHz~1 GHz。

3)机械开关、触点的干扰。装甲车内许多执行机构在电气电子部件的作用下驱动通断开关(如继电器、断路器等),这些通断开关需要大电流,在开关转换的瞬间可能产生电火花,形成前沿陡峭的幅值很大的浪涌电压。

4)电缆线间的干扰。车内设备的互连电缆种类多、数量大,又受限于车内空间,难免相互干扰。

3 电磁兼容设计

驾驶员终端实际上是一个以嵌入式计算机为核心的数据采集与处理系统,为适应所处的恶劣电磁环境,主要从电源端口、信息端口、屏蔽、接地和电路板设计等方面进行电磁兼容设计。

3.1 电源端口滤波设计^[4]

装甲车内电网中的电压变化(如过压、欠压、浪涌和瞬变电压等)、持续噪声或杂波以及瞬变所形成的电源干扰,主要是通过电源端口线传入驾驶员终端的,干扰其正常工作。因此,电源端口的干扰抑制成为电磁兼容设计的重点。车内驾驶员终端的电源采用+24 V供电,在电源端口处串接如图1所示的前级抑制干扰滤波器。

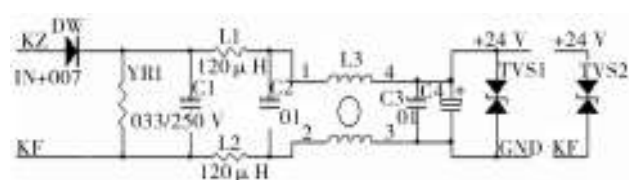


图1 直流电源抑制干扰原理

Fig. 1 Principle of interference restraint for DC power

图1中:KZ,KF外接24 V直流电源,YR1为压敏电阻, $U_{mA}=36\text{ V}$,用于抗浪涌冲击;L1,L2,C1和C2构成平衡型LC滤波器,抑制差模干扰;L3为共模电感,用于抑制共模干扰。TVS1用于抑制电快速瞬变脉冲群干扰。图1中如果“GND”不能通过机壳接地,必须加TVS2接KF,目的是把瞬变脉冲干扰信号“导”向大地。

通过以上的抗干扰措施,输出的DC 24 V就比较干净了,可以后接稳压块等向电子电路供电。该电路满足IEC 61000-4-2,IEC 61000-4-3,IEC 61000-4-4,IEC 61000-4-5等标准要求,并通过抗扰度试验。

3.2 信息端口光电耦合技术

装甲车辆驾驶员终端的信息采集是通过外接端口来完成的。端口接入点是干扰的来源,因此,采用如图2所示的光电耦合方法抑制干扰的进入。

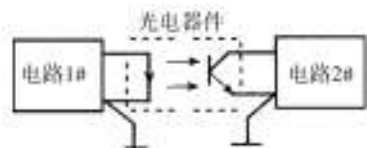


图2 光电耦合

Fig. 2 Schematic diagram of photoelectric coupling circuit

1) 应用于输入输出的隔离。光电耦合器用在输入、输出间隔离情况下,线路是很简单的,由于避免形成地环路,而输入与输出的接地点也可以任意选择。这种隔离的作用不仅可以用在数字电路中,也可以用在线性(模拟)电路中。

2) 用于消除与抑制噪声。光电耦合器用于消除噪声是从2个方面体现的:使输入端的噪声不传递给输出端,只是把有用信号传送到输出端;由于输入端到输出端的信号传递是利用光来实现的,极间电容很小,绝缘电阻很大,因而输出端的信号与噪声也不会反馈到输入端。使用光电耦合器时,应注意这种光电耦合器本身有 $10\sim 30\text{ pF}$ 的分布电容,所以频率不能太高。另外在接点输入时,应注意加RC滤波环节,抑制接点的抖动。另外,用于低电压时,其传输距离以100 m以内、传输速率在10 kbps以下为宜。

3.3 屏蔽设计^[5]

电磁屏蔽就是以某种材料(导电或导磁材料)形

成的屏蔽壳体将需要屏蔽的区域封闭起来,形成电磁隔离,使其内的电磁场不能越过这一区域,而外部的辐射电磁场不能进入这一区域。采用屏蔽技术用来抑制电磁干扰沿空间的传播。

1) 箱体屏蔽。采用全密封的铝合金结构箱体进行电磁屏蔽和静电屏蔽设计。铝合金是具有较高导电、导磁特性的材料,通过将箱体外壳与车体相连接,可达到静电屏蔽的作用。

2) 孔缝屏蔽。驾驶员终端内部需与外界交互信息,因此箱体必需开孔,这些开口处是电磁波的泄漏源,使屏蔽效能降低,产生电磁干扰。采取的控制方法是在开口处使用导电橡胶衬垫,引出电缆,采用航空插头,并使二者紧密接触,达到电连续性的要求。

3) 电缆屏蔽。内部产生的电磁干扰可以耦合在进、出屏蔽箱体的电缆上,传导到机箱外,造成辐射;同样,外界的干扰也可通过电缆的耦合和传导,进入机箱,对机箱内的电路造成干扰。此外,在同一线束内的导线之间或电缆之间还存在电磁耦合现象,即串扰。因此采用屏蔽电缆可以有效地防止电磁干扰。

3.4 接地设计

接地是最有效的抑制干扰源的方法,可解决50%的电磁干扰问题。系统基准地与大地相连,可抑制电磁干扰。外壳金属件直接接大地,还可以提供静电电荷的泄漏通路,防止静电积累。

3.4.1 地线

1) 安全接地。包括保护接地和防雷接地。保护接地是为产品的故障电流进入大地提供一个低阻抗通道;防雷接地是提供泄放大电流的通路。

2) 参考接地。为产品稳定可靠工作提供参考电平,为电源和信号提供基准电位。

安全接地是为了当出现一些电气异常时,为大电流和高电压提供一个泄放的回路,主要是对电路的一种保护措施。参考接地主要是信号地和电源地,是保证电路实现功能的基础。

3.4.2 接地方式

1) 悬浮接地。对一个独立的与外部没有接口的系统来说一般也没有什么问题,但是如果该系统与其他的系统之间存在接口如通讯口和采样线,那

么悬浮接地很容易受到静电和雷击的影响,所以一般电子产品大多不采用悬浮接地。

2) 单点接地。当 $f < 1\text{ MHz}$ 时可以选择单点接地,可分为并联单点接地和多级电路串联单点接地。并联单点接地是指每个电路模块都接到一个单点地上,每个单元在同一点与参考点相连。多级电路的串联单点接地是将具有类似特性的电路的地连接在一起,形成一个公共点,然后将每一个公共点连接到单点地。

3) 多点接地:当 $f > 10\text{ MHz}$ 时采用多点接地,设备中的电路都就近以接地母线为参考点。

单点接地时各电路接在同一点,提供公共电位参考点,没有共阻抗耦合和低频地环路,但对高频信号存在较大的地阻抗。多点接地时为就近接地,每条地线可以很短,提供较低接地阻抗。 $1\sim 10\text{ MHz}$ 可根据实际需要选用一种接地方法。

4) 混合接地是综合单点接地与多点接地的优点,对系统中的低频部分采用单点接地,对系统中高频部分采用多点接地。

5) 信号线屏蔽接地有高频和低频之分,高频采用多点接地,低频电缆采用单点接地。低频电场屏蔽要求在接收端单点接地,低频磁场屏蔽要求在两端接地。多点接地除在两端接地外,还以 $3/20$ 或 $1/10$ 工作波长的间隔接地。

3.5 电路板设计^[6]

电路板的抗干扰设计是电路能够正常工作的基础,一般应注意以下几个基本原则。

1) 元器件选择。适当选用抗干扰的器件,尽量选用低电压、低功耗的表贴元器件以减少电磁辐射的功率。

2) 布局合理设计。注意高压电路与低压电路分开,高频电路与低频电路分开,数字电路与模拟电路分开,电源尽量分区供电等。

3) 适当增加抗干扰器件。如电源端口增加压敏电阻、TVS管等抗干扰器件。

4) 正确连接PCB板内电源入口两端、芯片电源线的去耦电容,板内电源、地线和信号线的宽度等应合理设计。

5) 尽量使用多层电路板,电源线和地线各占一层,以降低电磁干扰。

6) 在电路PCB布局布线完成后,进行EMC分析和模拟仿真。可使用SPACE, EMC-WORKBENCH以及QUARTUS等软件进行印制板级的噪声模拟与分析以及电磁辐射的模拟仿真,某些高级PCB制作软件也有类似功能。

4 结语

1) 装甲车辆的车体本身由于具有较好的屏蔽作用,车体外的电磁干扰相对较弱,主要考虑车内的电磁干扰。随着陆军数字化程度的不断提高,作为陆战平台的装甲车辆内的电气电子设备越来越多,车内电磁环境会愈加恶劣。因此,车内各种信息设备的电磁兼容设计应受到足够重视。

2) 电磁兼容设计,实际上主要是“堵”和“导”的方法。“堵”的方法是抑制干扰,不让干扰进入系统;“导”的方法是把内部的干扰信号泄漏到大地。因此,在实际应用中往往多种方法并用,以提高整个系统的可靠性。

3) 电磁兼容设计不只是系统设计完成后的事情,而是应贯穿于系统分析、系统设计和系统实现全过程。

参考文献:

- [1] 臧克茂. 军用车辆电气系统瞬态分析[M]. 北京:国防工业出版社,2002.
- [2] 杜祖升. 装甲车辆计算机的电磁兼容设计[J]. 舰船电子工程,2007,27(1):177—179.
- [3] 王志强,陈启忠,顾幸生. 某航天系统控制器的电磁兼容设计[J]. 宇航学报,2009,30(3):1159—1162.
- [4] 陈建明. 电子线路中的EMC标准与EMC设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2008,87(3):10—12.
- [5] 徐克俊. 航天发射故障诊断技术[M]. 北京:国防工业出版社,2008.
- [6] 邹逢兴. 电磁兼容技术[M]. 北京:国防工业出版社,2005.