关于DC/DC变换器PCB设计及其伺服电机系统运行中实现低EMI的新举措

About the design of PCB of DC/DC converter and the new measure of low EMI in the operation of servo motor system

叶云燕

摘　要： 本文将关于DC/DC变换器PCB设计及其伺服电机系统运行中实现低EMI的新举措等解决方案作分析研讨。与此同时有必要应首先对伺服电机系统新理念与选型作说明。

关键词： 直流电源变换器，辐射磁场，伺服电机系统，电磁干扰，脉冲驱动

Abstract: In this paper, the PCB design of DC/DC converter and the new measures to achieve low EMI in the operation of servo motor system are analyzed and discussed.At the same time, it is necessary to explain the new concept and selection of servo motor system.

Keywords: DC power converter, radiated magnetic field, servo motor system, EMI, pulse drive

自动化与驱动技术创新是助力智能工厂创新升级的核心要素，也是数字化、智能化社会建设的重要基础设施，伺服电机的性能更是智能工厂创新升级的关键技术之一。在伺服电机及其 DC/DC 变换器 PCB 设计领域已深耕多年并积累了大量成功经验，拥有着完整的伺服电机系统连接解决方案及创新的定制化产品。由于伺服电机系统及其低 EMI DC/DC 变换器 PCB 设计是一个密不可分的整体系统。特别是伺服电机运行过程与低 EMI DC/DC 变换器 PCB 设计中会产生多种电磁干扰问题，从而造成智能化设备与伺服电机系统会造成不可估量的损毁。为此在掌握助您“智”胜未来与最新的伺服电机系统与连接器解决方案的同时，很重要的是对 DC/DC PCB 设计及其伺服电机系统运行中实现低 EMI 中所迂到挑战作出应对。

据此本文将关于 DC/DC 变换器 PCB 设计及其伺服电机系统运行中实现低 EMI 的新举措等解决方案作分析研讨。与此同时还有必要应首先对伺服电机系统新理念与选型作说明。

1　伺服电机系统新理念

伺服电机系统是闭环系统中的一个电子装置，为伺服电机的运行提供电流和电压。闭环系统包括伺服驱动器、伺服电机和反馈装置，可接收模拟或数字信号指令。

伺服驱动器可选用各种电压和电流额定值，且可提供位置、速度和扭矩控制功能。使用伺服驱动器可控制各种类型的伺服电机，包括交流电机、直流电机、有刷电机、无刷电机、旋转电机或直线电机。反馈装置可以是电位计、霍尔传感器、转速计、旋转变压器、编码器、线性传感器或任何其他适用的传感器。伺服驱动器用于给电机供电，并比较反馈数据和命令，以验证伺服电机是否按照命令运行。 命令信号可来自各种命令源，最常见的命令源有 PLC、CNC 或运动控制器。其图 1（A）为伺服电机系统新理念架构图，而图 1（B）是伺服电机系统应用示意框图。

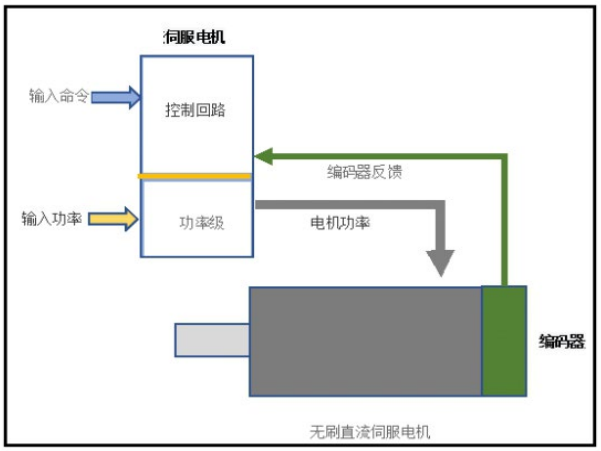

图 1(A) 为伺服电机新理念架构框图

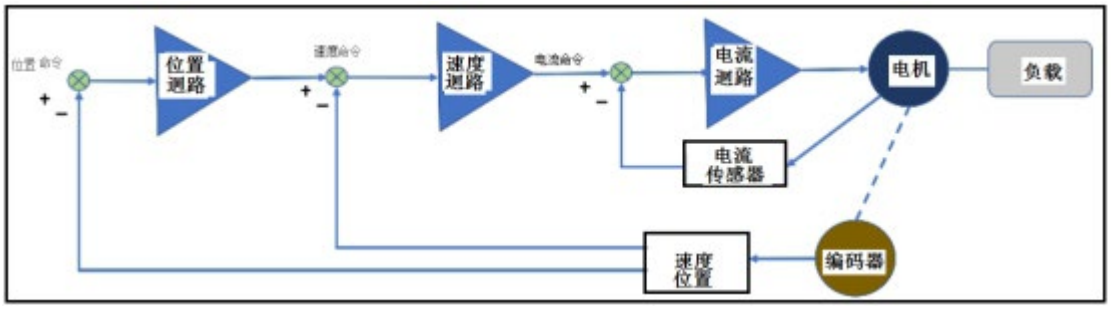

图 1(B) 伺服电机系统新应用示意框图

伺服驱动器的两个主要元件为功率级和伺服回路，常见于所有伺服驱动器之中。驱动器功率级从交流或直流电源的输入功率开始，并在 H 桥配置中利用晶体管向伺服电机供电。晶体管充当开关，使电压和电流沿任意方向流经伺服电机，从而正向或反向运动。

伺服回路可根据输入命令信号提供电机的比例控制。简单的伺服驱动器可包含用于控制扭矩的单个伺服回路。更先进的伺服驱动器可增设速度环，并且还可以包含位置环。在完整的伺服驱动器系统中，运动控制器发出的数字信号将命令所需的运动轨迹利用这三个伺服回路来优化性能。每个环路向后续环路发送信号，并监测适当的反馈元件，从而进行实时更正，以匹配命令参数。

伺服驱动器可用作 ASIC 芯片，电子设计工程师可将其集成到定制的控制平台中，或直接连接整机装配单元。此外，伺服驱动器可与各种 I/O 和安全元件一起集成到运动控制器中。

2 关于伺服电机及其系统选型指南

* 若需要知道对驱动器的电流和电压要求，则应输入您的规格，以搜索和比较产品，并使产品选择器工具确定最适合您需求的产品。为特定应用选择伺服电机时需要考虑多个方面，如所需的速度、扭矩或者力、运动轨迹、可用物理外壳和环境因素。这意味着所选择的电机解决方案必须满足负载扭矩和速度的要求，适应可用空间，并在应用所处的环境条件下性能符合要求。

伺服电机是让负载进行运动（移动、加工、提升、检查等）的综合机制的一部分。伺服电机是提供所需扭矩、力和速度（所需负载点）来执行给定功能的力量所在。确定这些需求最快最可靠的方式是采用电机选型工具，计算电机所需的负载点，分析有关负载、传输元素和运动轨迹的信息，以便从匹配负载参数的电机数据库中选择电机。确定初始负载时，选型工具检查最优解决方案，并根据所需的扭矩、速度、惯量比以及从电机额定值获取的裕量，缩小电机选择范围。伺服电机的物理尺寸主要取决于其连续的转矩产生能力，其中包含电机直径和长度。小直径的较长电机与较短、较大直径的电机具有相同的扭矩。实现功率要求的另一种方法是使用较小的电机，通过齿轮头增加扭矩，或应用替代技术——如平面锤、直接驱动伺服电机、无框电机或电机套件或直线电机。每一种技术都有不同的形式，可以满足特定的空间需求。

* 境因素可以在几个方面影响电机的选择。在大多数应用中，电机的工作环境温度是低于电机的额定温度的（通常为 40℃）。电机自身产生规定的热量（基于制造商指定的连续额定值），而这些热量由绕组的温升和线圈的最高温度来表示。例如，如果电机额定在 40℃环境温度下产生 10 磅英尺的扭矩，且在 50℃环境温度下有 130℃温升和 170℃最高线圈温度，则当电机在 10 磅英尺额定值下连续运转时，最高线圈温度将超过 170℃。在这种情况下，电机的连续扭矩将减小，除非选择更大的电机。更特殊的环境可能需要定制解决方案，包括替代材料、特殊密封结构，或其他修改。在外太空、高海拔甚至潜水环境等极端条件下，电机性能可能会受到不利影响。

从而也伴随而来的是，在 DC/DC PCB 设计及其伺服电机系统运行中实现低 EMI 中所迂到挑战作出应对。

3 关于伺服电机系统与 DC/DC 变换器 PCB 设计实现低 EMI 的有效举措

为此将该二大问题先后作解析。而重点是对低 EMI DC/DC 变换器 PCB 设计中的挑战作阐述。

由于伺服电机系统及其低 EMI DC/DC 变换器 PCB

设计是一个密不可分的整体系统。值此先对 DC/DC 变换器 PCB 设计实现低 EMI 的有效举措作研讨。

3.1 低 EMI DC/DC 变换器 PCB 设计中的挑战

* 由于每个开关电源都会产生宽频带噪声，所以，想要将电路板网络中 DC/DC 变换器集成到伺服电机驱动器或设备控制装置中的同时，还能满足汽车 OEM 的 EMC 标准，简直是难上加难。通常，DC/DC 变换器和其他高速电路的噪声会通过有效天线路径的连接电缆传播辐射。为了阻断这些潜在辐射路径，就需要在每个电缆连接处过滤掉噪声。因为只有噪声源的磁场和电场没有耦合到滤波器件或电缆中时，此种滤波才有效。在近场环境中，场强的下降与距离平方的倒数成正比 (1/d2)，见图 2 所示。因此，噪声源、滤波器件和连接器之间必须有一个最小距离。为此，噪声源离连接器和电缆越远越好，见图 2 所示。

但实际上，通常会根据机械尺寸提前定义好 PCB 尺寸和电缆连接器的位置。另外，在 PCB 的某些区域中，最大元器件的高度可能非常有限，还有可能无法双面组装。这时，需仔细布局元器件的位置和 PCB 走线，尤其针对伺服电机驱动器或设备制造等高标准行业。

那么对上述挑战如何应对呐？即实现低 EMI DC/DC 变换器 PCB 设计是最关心的要点。

* 实现低 EMI DC/DC 变换器 PCB 设计中的有效举措

应该它是 3D PCB 视图 - 布局是电路的一部分 其一是布局规划 为避免直接将 DC/DC 变换器中的电场磁场耦合进连接器和电缆，电路应务必尽远离 PCB 连接点布置（见图 3 所示）。

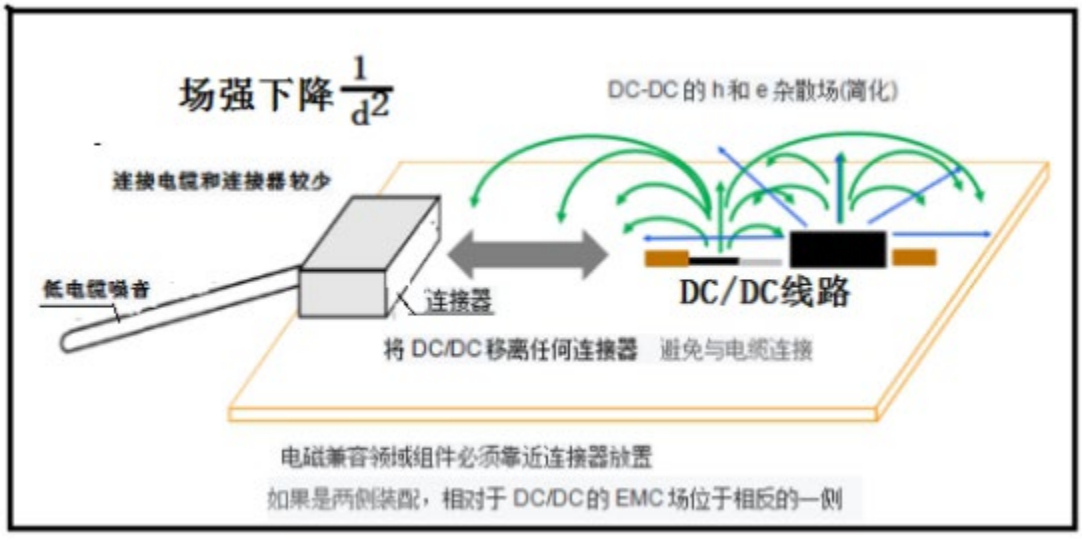

图 2 噪声源离连接器和电缆越远越好

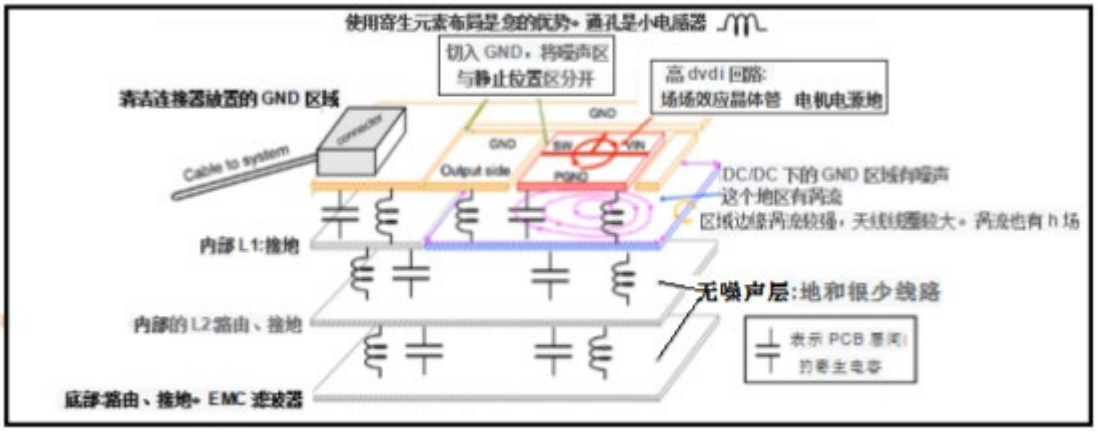

图 3 所示为实现低 EMI DC/DC 变换器 PCB 设计中的有效举措示意图

从图 3 可知，距离或额外的屏蔽能降低电磁兼容滤波器、连接器和电缆的场强。可以考虑用屏蔽代替距离！最好至少使用 4 层板、两端贴片的 PCB，这样，DC/DC 电路和滤波器件就可以放在板子的反面。其中，至少有一层应为全部的 GND，以便最大限度地降低噪声源到滤波电路的交叉耦合。在 DC/DC 电路必须非常靠近连接器的系统中，一定要在设计早期考虑好有效的屏蔽。散热片有时也可以用于屏蔽。理想情况下，电感、带功率 MOSFET 的 DC/DC IC 及其去耦电容都应放在屏蔽层的下方。

其二是 PCB 布局指南 在降压变换器中，主要场源有：高 di/dt 环路（热环路），由两个电源开关和输入电容组成，辐射宽带磁场；功率 FET 与电感之间的开关节点，带有强电场辐射；电感，辐射电场和磁场。

交流磁场通过固体金属区域屏蔽，允许感应涡流。由于其高导电性，所以铜非常有效。PCB 中返回固定电位的电位差路径中的任何导体都能有效地屏蔽电场辐射。任何高 di/dt 环路都会辐射与环路面积和电流幅度成比例的磁场。将输入电容靠近两个电源开关，并使用低阻抗连接，以最大限度地减小天线环路面积。

为了进一步减少来自该回路的磁场，需要在电源开关处对称放置两组电容。理想情况下，两个回路中的峰值电流为原始值的一半，能将磁场降低至 6dB。而且两个环路的方向相反，可以进一步减少辐射磁场。

在 DC/DC 电路的下一层中应该有一个完整的 GND 区域，且间隔需小于 100μm。在此铺铜区域中，流过电路元器件和 PCB 走线的高 di/dt 电流会产生涡流。涡流与元器件侧的原始电流相反，它们的磁场会抵消原始磁场。如果涡流能够在最近的距离内对元器件侧的高 di/dt 回路电流进行镜像，则效果最佳。这可以减少来自 PCB 元器件侧的磁场辐射。在理想情况下（超导、零距离且两个环路完美匹配），辐射将被来自涡流的磁场抵消。

由上分析该图 3 所示实现低 EMI DC/DC 变换器 PCB 设计中的有效举措，应该说它是 3D PCB 视图 - 布局是电路的一部分，也是 一种多层 PCB 的 3D 视图概念的应用。

3.2 伺服电机系统运行过程中消除与降低 EMI 的解析

对于伺服电机系统运行过程中消除与降低 EMI 的解析问题，本文在此重点仅对伺服电机系统运行过程中 EMI 的引发作分析。

3.2.1 伺服电机系统运行过程中 EMI 的引发

应该说由脉冲驱动信号引发的设备的电磁干扰首先应说明二个问题：一是脉冲驱动信号的特性；其二是脉冲边沿过电压。

关于脉冲驱动信号的特性问题。为了减少设各成本，驱动脉冲逆变器采用快速开关来驱动脉冲使其具有几纳秒的上升和下降时间，从而将这些信号的频谱扩展到几兆赫兹。这些短边沿驱动脉冲是各种问题的主要来源。以下是由尖脉冲驱动信号或相关引起的一些问题：电动机轴承损毁；过电压和关联绝缘损坏；电力线和地线中的高电平传导电磁干扰；地平面中高电平电磁干扰电流引起的电气过载 (EOS) 问题；来自电缆的高水平辐射电磁干扰；机械噪声及电动机过热。

关于脉冲边沿过电压引发的设备的电磁干扰。

过电压不仅会引起压筋的损害，还会压迫电缆和电动机内部线圈的隔离层，除此以外，还会引起电压控制驱动电流损坏，电动机过热和噪音问题，这还没包括其他不严重的影响。用标准绝缘的电动机终端的脉冲电压不能超过 1350V。

仅关注伺服电机系统损坏或伺服电机上高频驱动信号过电压方面的问题是不够的。电动机不是单独工作的一它们安装在设备上，而这些设备可能对电动机产生的电磁干扰敏感。

那么确定伺服电机系统及设备的电磁干扰的理念是什么呐?

其一、电子设备收到强电磁波时，电路中会感应到不想要的电流，这会产生非预想的操作或对预想的操作形成干扰。如果外部施加的能量过于强大，电子设备可能会损坏。外部电磁波造成的这些干扰称为电磁噪声干扰，而造成干扰的电磁波称为电磁噪声。

其二、通常，随着电子设备的密集度增加，噪声源和噪声受体之间的距离在缩短，而噪声干扰的程度在上升。此外，随着电子设备的性能提升，工作电路频率增加，会产生更高频率的噪声，扩大了受影响的频率范围。而且，由于电子设备的省电功能，更多的电路可以按更低的电压运行，这样低能量噪声影响的情形在增多。今后随着电

子设备进一步的高密集化、高性能化及小型化，预期噪声干扰问题会更加严重。根据上述伺服电机系统运行过程中EMI的引发如何应对呐?

3.2.2 消除与降低伺服电机系统中的EMI有效举措

*通常有效的举措是，在电源上使用电源线滤波器是兼容性设计的主要方法，这是大多数伺服电机系统应用方案。这有助于取得电磁兼容性。

*对于“系统内EMC”，伺服电机系统或智能化设备自体中毒。没有任何外部噪声，电子设备本身就可能出现噪声干扰。电子设备内部电路中产生的噪声可能会干扰电子设备本身内部的其他电路。这称为系统内EMC。例如，如果手机设有内置数字电路，数字电路的噪声会令手机的接收器性能下降（降低接收器灵敏度）。这种情况下，噪声源和噪声受体之间的距离明显小于常规噪声源之间的距离，会产生更严重的干扰。视具体情形而定，提供的噪声抑制水平要远比噪声规定的限制更加严格。

4 小结

如果采取了以上的办法之后还是不能够奏效，那么继续所作干扰的隔离，是指从电路上把干扰源和易受干扰的部分隔离开来，使他们不发生电的联系。通常是在电源和控制器等放大器电路之间在电源线上采用隔离变压器以免传导干扰，电源隔离变压器可应用噪声隔离变压器，能够有助于整个工业界提高设备的可靠性，延长它们的使用寿命并减少运行成本。

上接183页

视频录像管理、视频回放和媒体转发业务，充分利用云存储高可靠硬件和网络。安防云存储由于其使用场所、用户的固定性以及用户对视频高效应用的要求，一般都会采用码流直存的方式，从而简化系统的架构，降低故障点，提升系统部署的效率以及运维成本，而且云存储一般也是架设于专网之中，更能保障录像的质量。

近年来，网络安全事件频频发生，如何保障用户信息安全成为云存储发展的关键。特别是安防行业，无时无刻不在产生大量的数据，日积月累后形成海量的数据，而且这些数据对安全性的要求极高。互联网的数据传输环境比较复杂，对于专业安防中高码率视频数据传输的要求不能很好匹配，为适应庞大用户不同的使用场景，一般会采用宽带自适应功能，即当带宽条件较差时，为保证视频传输的顺畅，会适当压缩、降低视频质量，这在专业安防行业中是很难接受的，安防监控系统必须保证视频图像的传输质量以及控制响应速度。

安防存储厂商要做好安防云存储，还需要不断自我提升，满足专业用户的多样化需求、保障存储的安全性，促使整个安防云存储的价格更加具有市场竞争力，安防存储厂商才能在市场竞争中赢得更多的市场份额。目前云存储在平安城市、智能交通等大行业市场以及基于公有云架构的民用市场已经得到应用。可以预见，随着越来越多基于海量数据的高清视频监控业务应用依托云存储架构解决方案，云存储在安防领域未来的市场应用将更加宽广。

7 结束语

总之，智能化安防技术随着科学技术的发展与进步，21世纪信息技术的腾飞已迈入了一个全新的领域，智能化安防技术与计算机之间的界限正逐步消失，没有安防技术社会就会显得不安宁，世界科学技术的前进和发展就会受之影响。智能化安防技术的测量必须依据国家安全标准和相关规范的方法正确执行，并以相关的规定标准极限参数作为依据。