

EMC 整改案例

助力转向系统

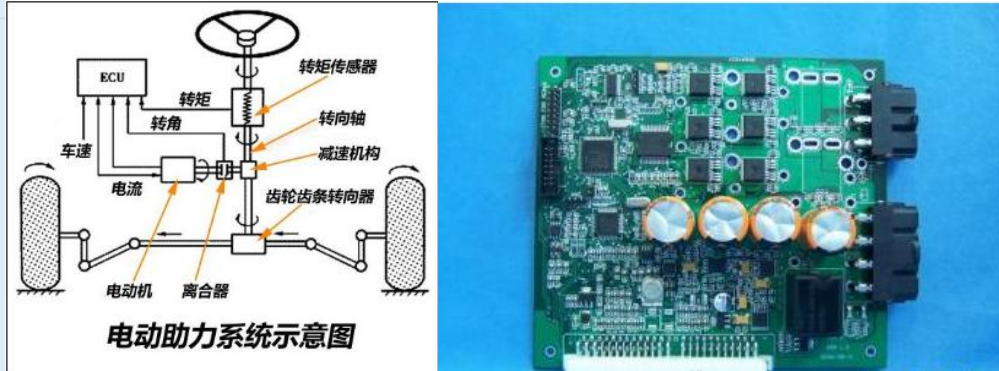


深 圳 市 恒 创 技 术 有 限 公 司

助力转向系统整改案例

1. 现象描述

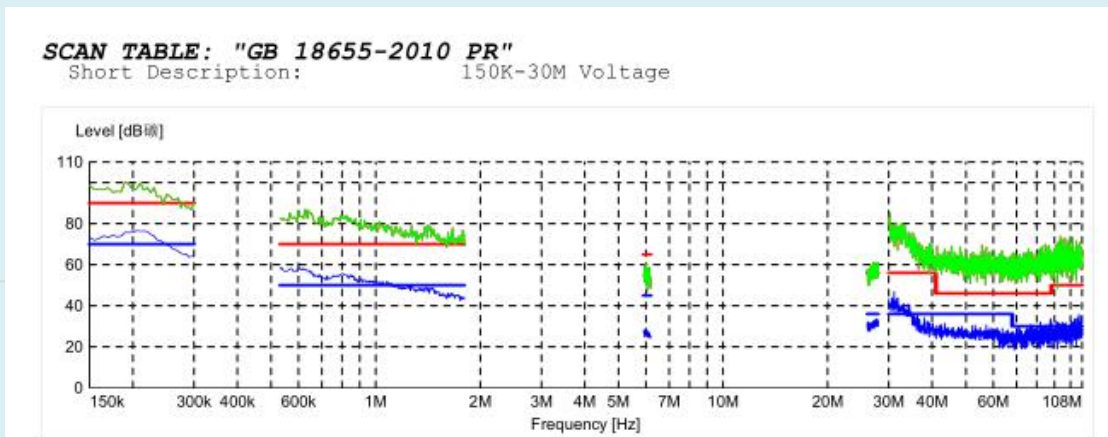
一款助力转向系统按照标准 GB1855:2010 LV3 测试，发现传导，辐射测试不通过，下面为各不合格项目测试情况。



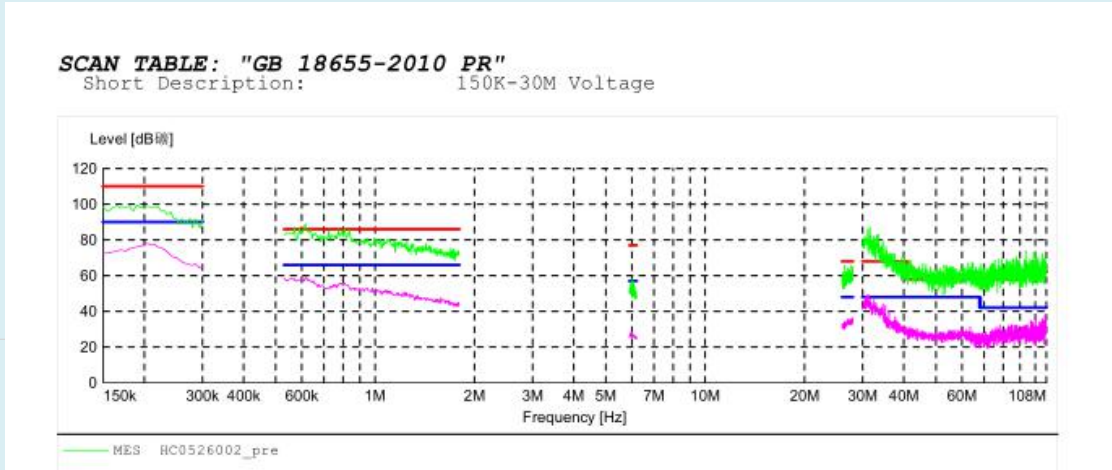
试验项目	引用标准	测试端口	测试结果及测试现象
传导发射	GB18655:2010 LV3	整机测试	Fail, 150k-108M 超标
辐射发射	GB18655:2010 LV3	整机测试	Fail, 150K-300M 超标

2. 原始测试数据

2.1 传导原始超标测试数据



+极



-极

图 1

2.2 辐射原始超标测试数据

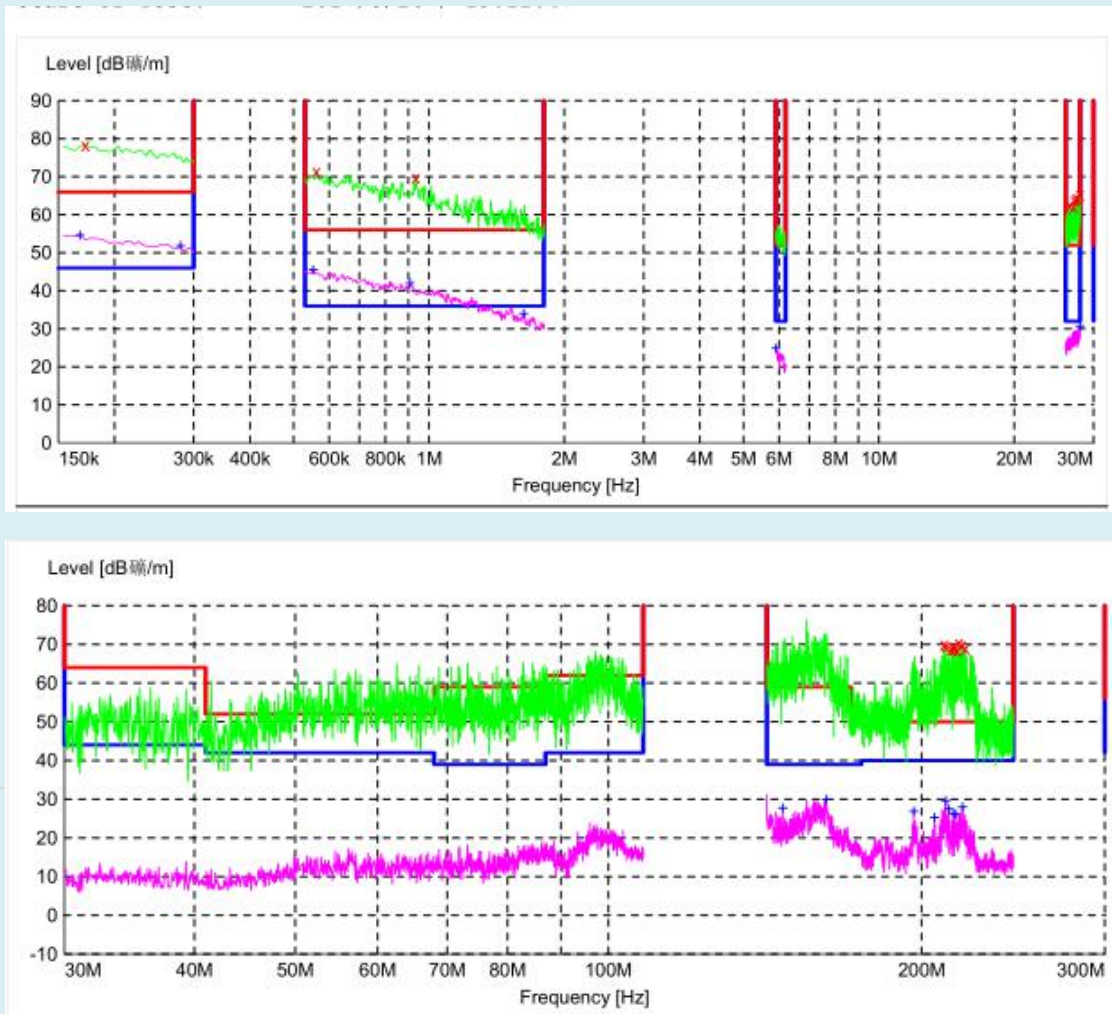


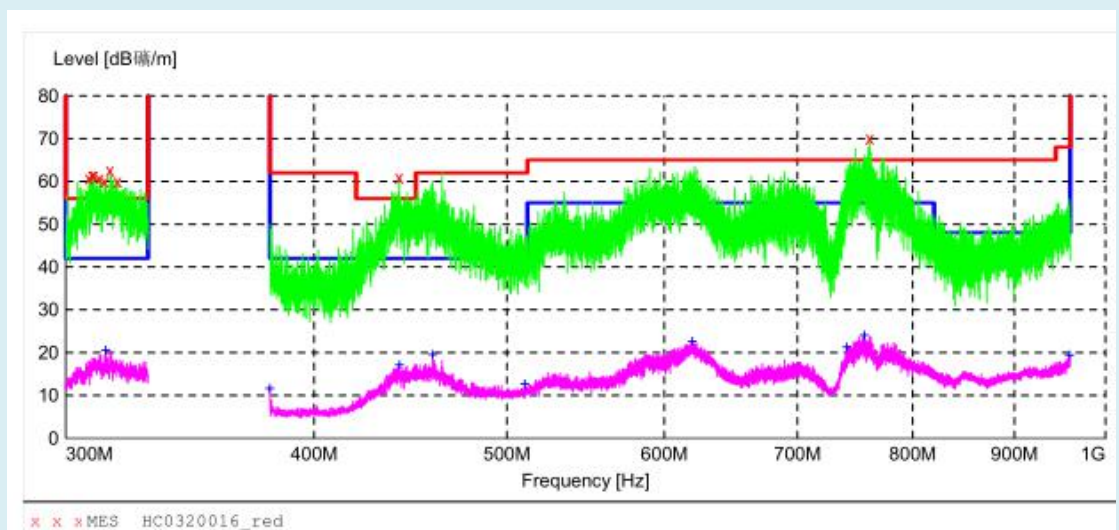
图 2

3. 定位分析

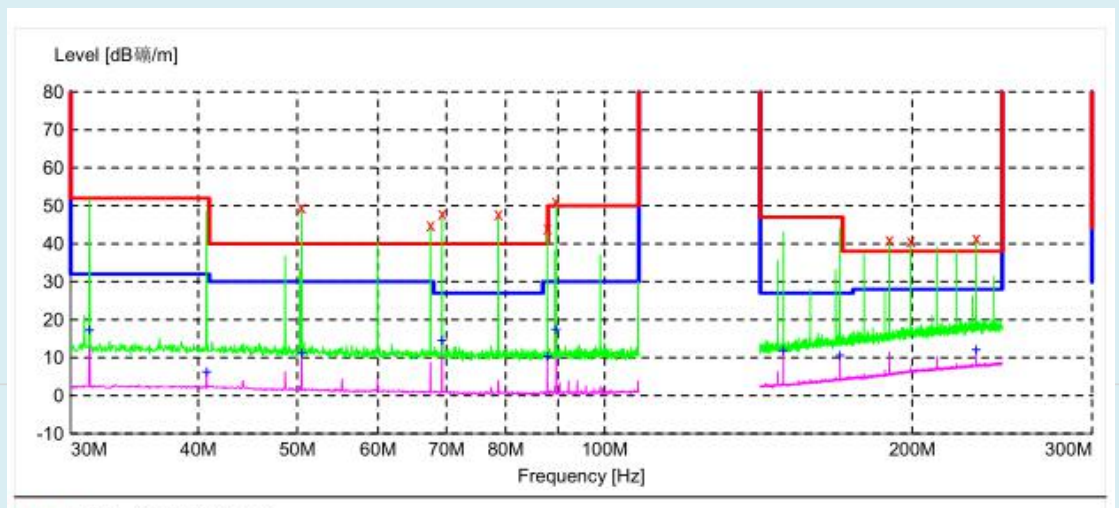
3.1 测试数据定位分析

根据图 1 传导原始超标测试数据，超标频段为整频段包络状超标，因此从原始数据分析时不能明显分析出是电机还是助力转向控制器产生问题；

由于于助力转向电机为直流有刷电机，电机在工作时产生的电火花形成了对外干扰，容易引起 EMC 超标。经过沟通，不用电机做负载，采用客户提供的负载方式先将助力转向电机与控制器分开测试，结果电机与控制器都有问题。



单独测试电机



单独测试控制器

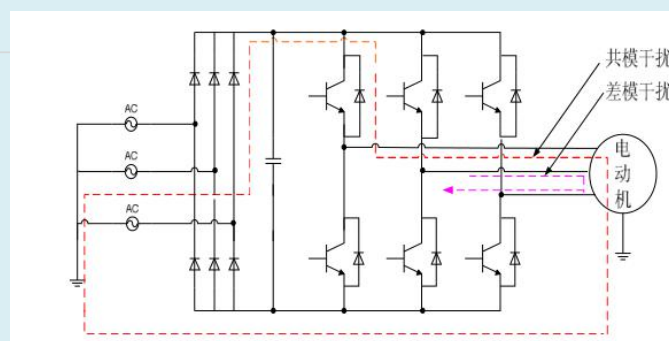
3.2 电机超标定位分析

电机侧的传导干扰路径：由于电机的机壳和大地是相连的，电机三相绕组和机壳之间存在很大的寄生电容，同时三相绕组和转子、转子轴承和机壳、转子和机壳之间也会存在寄生电容，于是具有很高 du/dt 的高频电压将会对这些寄生电容进行充放电，这样就形成电机侧的传导干扰漏电流，该电流将通过电机的转子轴承，在电机轴上产生轴电流，大大缩短了电机的使用寿命



3.3 控制器定位分析

由 MOSFET 构成的功率变换器的开关频率可达十几千赫兹，随着开关频率的不断提高和电压脉冲上升时间的不断减小，一方面改善了功率变换器的性能；另一方面也带来了一些严重的负面影响：逆变器直接驱动电机系统时将会产生较大的频率与开关频率相同的共模与差模电压，这样就会使电机端承受很的电压应力作用，严重时会导致电机定子线圈绝缘损坏。逆变器侧的共模电压将通过电机定子和转子之间的寄生电容产生轴电压以及轴电流，这样就会对电机轴承构成威胁，从而降低了电机的寿命。此外，共模电压还将与寄生电容耦合形成对地干扰漏电流，这样就会给系统内其他设备的正常工作带来一定的影响。一般来说，传导电磁干扰主要包括差模干扰和共模干扰两种形式，差模干扰是指相线和零线之间的干扰，而共模干扰是指相线、零线与大地之间的干扰，差模电磁干扰可以通过系统中的差模滤波电感和差模滤波电容所构成的滤波器进行抑制；而对于共模电磁干扰来说，它是通过电路中的寄生参数进行耦合而产生的，所以同差模干扰相比，共模电磁干扰更难分析和抑制。



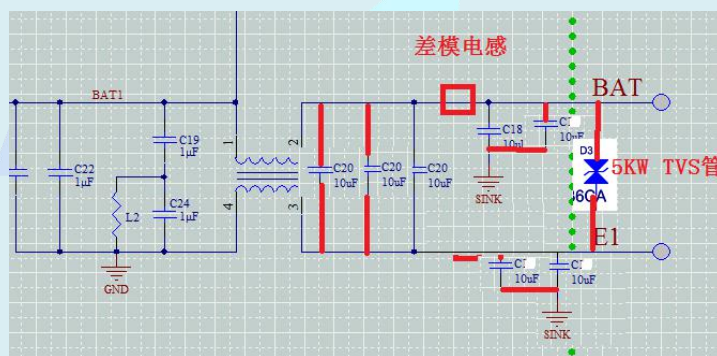
4. 整改方案

由于电机是客户外购部件，所以在整改时供应商提供 EMC 较好的电机，以下方案只是针对控制器进行整改；

4.1 【问题描述】电源输入接口滤波防护不合理，容易导致产品传导发射、辐射发射及瞬态传导抗扰度达不到法规要求；

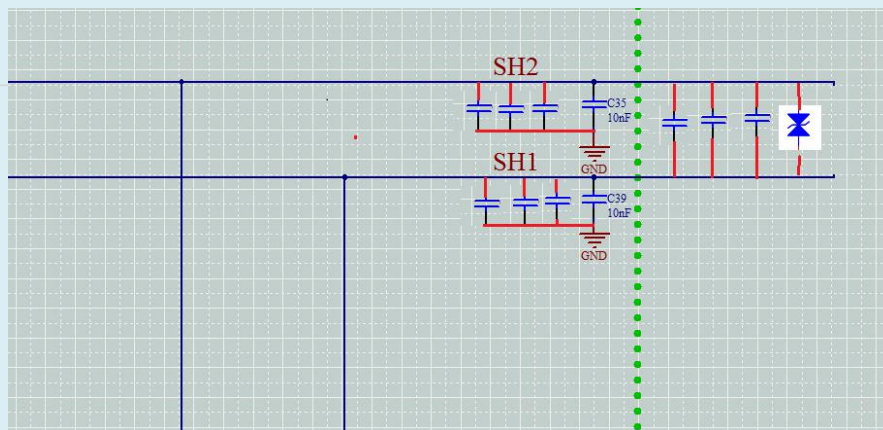
【问题改善建议】电源输入接口滤波防护按照如下方式进行；

- 1、为防止启动瞬间产生的突波干扰将内部电路损坏，在输出前端增加 5KW 的双向 TVS 管进行防护；
- 2、产品最终参考机壳地，电源输入接口+、-对地电容 10UF 抑制频率无高频抑制效果，所以需要在+、-增加高频滤波电容，电容容值为 1000PF（对地电容的耐压值需考虑在 630V）
- 3、输入+极增加差模电感进行差模滤波，差模电感感量在 10uH 左右
- 4、增加两个差模电容进行差模滤波，增加的差模电容值预选 1000PF；



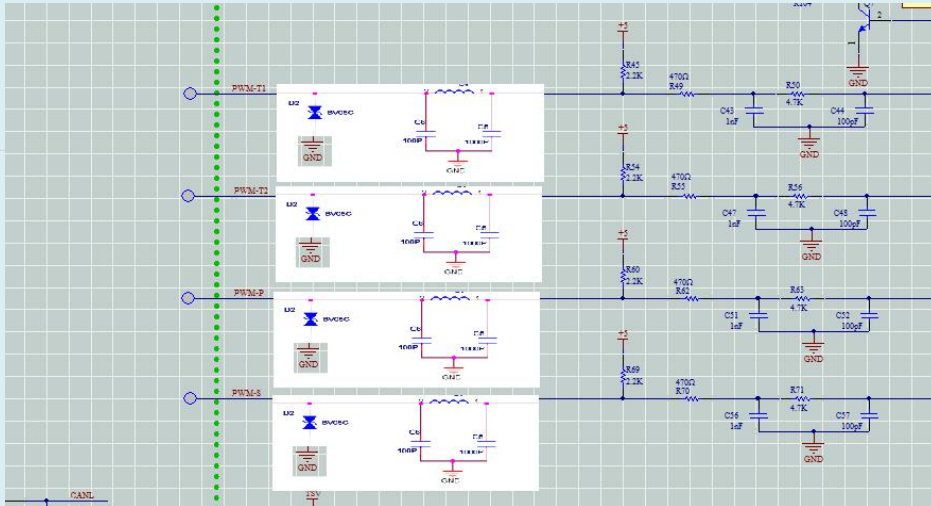
4.2 【问题描述】输出 SH1、SH2 接入电机后干扰较强，由于电流大，而且电机也是属于感性负载工作时干扰较大

【问题改善建议】SH1、SH2 接口增加预留共模电容及差模电容方便后续整改时调试；TVS 为吸收电机产生的瞬变突波，TVS 管工作电压为 24V



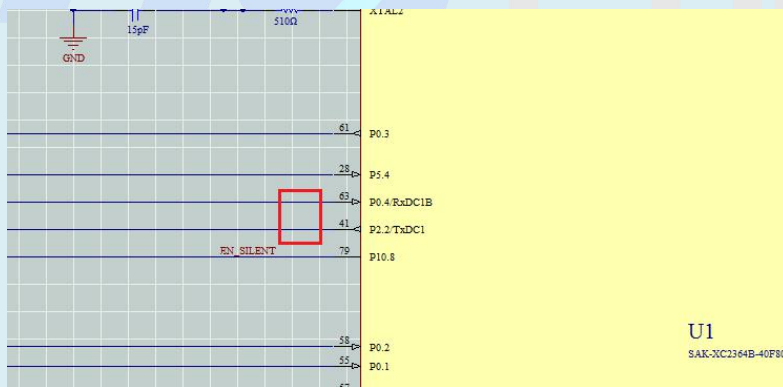
4.3 【问题描述】由于 J1 接口为 PWM 信号，PWM 易产生主频的谐波干扰；

【问题改善建议】在接口接加 CLC 滤波电路,L 选用磁珠，磁珠阻抗值预选 120Ω@100MHz,电容预选为 100PF 电容，TVS 管为防护静电放电干扰，TVS 预选为 5V



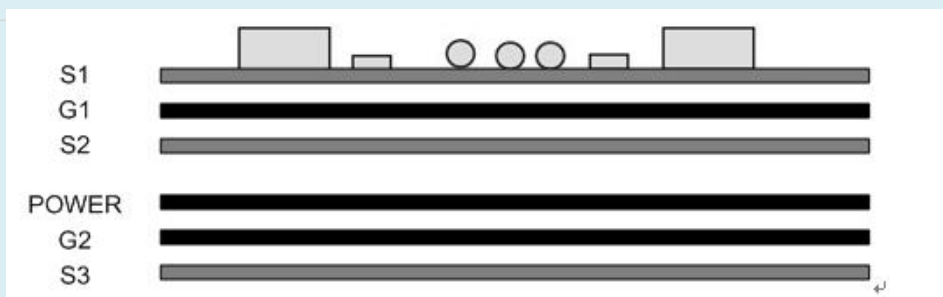
4.4 【问题描述】IC 的 RX TX 滤波不合理，容易导致 RX TX 工作时产生共模干扰

【问题改善建议】在靠近 IC 端增加 RC 滤波电路，R 选用电阻，阻抗为 22 欧姆，电容对地滤波，电容值预选为 100PF；



4.5 【问题描述】目前叠层使部分信号线没有完整的参考地平面，使信号线回流路径增大；

【问题改善建议】PCB 板叠层按以下方式叠层和布线



层叠方案简介:

这是 6 层单板层叠结构方案，一共 3 个布线层，2 个地平面层，单个电源层。其中 S 层代表布线层，G 层代表地平面层，P 层代表电源层，另外 S1 (TOP 层) 代表布置主要的元器件层。此方案在 6 层板层叠设计中 EMC 性能最优，推荐使用。

层叠方案优点:

- (1) 3 个信号层，且每个信号层都有与之对应的完整平面参考层，保证信号有良好的低阻抗回流路径；
- (2) 电源平面 POWER 靠近地平面 G2，利用两者间的耦合电容，降低了电源平面的阻抗，同时电源层与地平面构成的平面电容可以为电源层提供很好的高频去耦路径；
- (3) 整体板层结构对称，有利于提高单板的 EMC 整体性能。

层叠方案缺点:

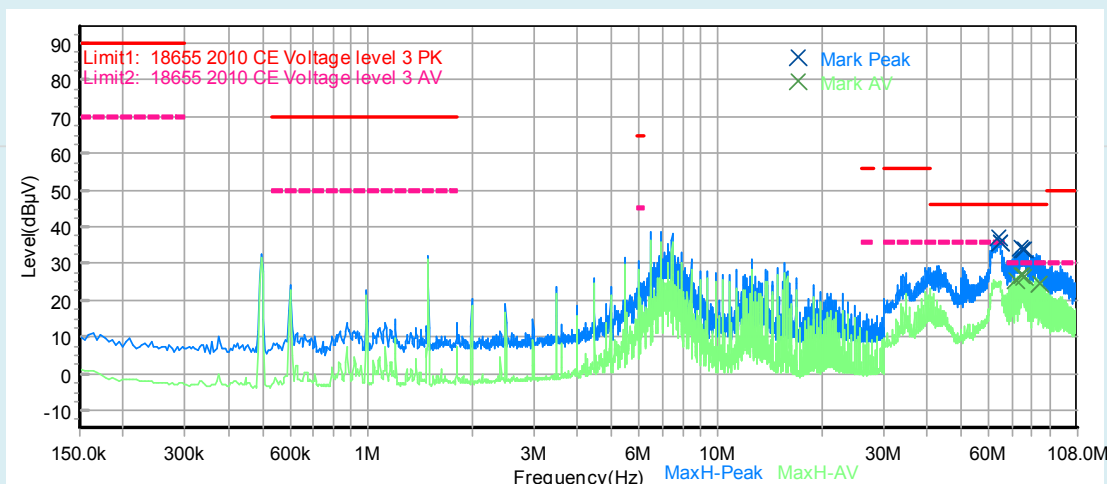
此方案在单电源层层叠结构设计中 EMC 性能最优，无明显 EMC 层叠设计缺陷。

层叠布线要点:

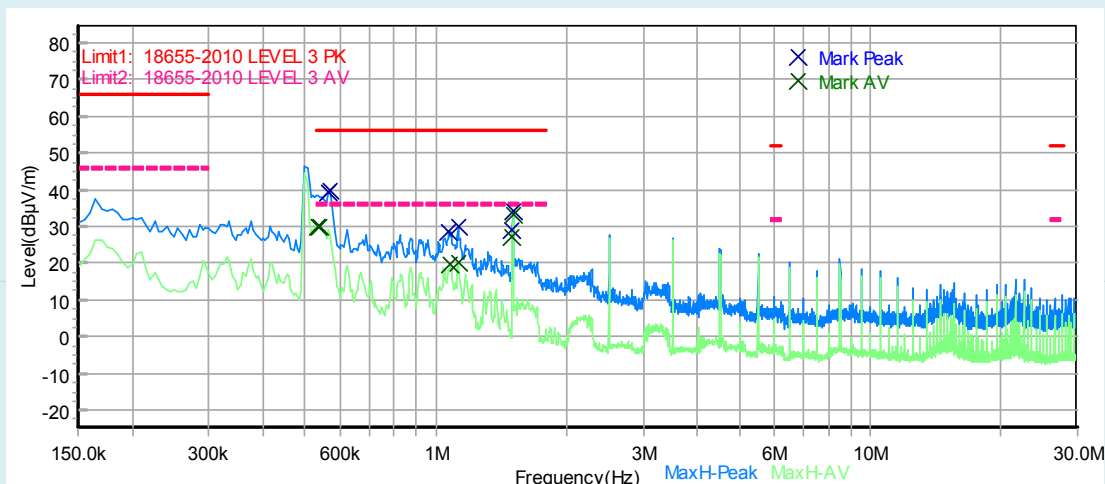
- (1) 重要关键信号布线首先选择布在 S2 层，其余重要信号布在 S1、S3 层；
- (2) 另外如有多余的功率电源或少数芯片使用电源在电源层 P 中没有办法布，可以在 S1、S3 布线层空白处布小面积的相关电源；
- (3) 建议增大 POWER 层至 S3 的层间距，控制信号串扰。
- (4) 布线尽量布在内层，S1 顶层和 S3 底层尽量少布线；
- (5) 由于只有一个电源层，当分割成多个电源的时候，S2 层内的布线要注意避免跨分割。

5. 整改后数据

5.1 整改后传导测试数据



5.2 整改后辐射测试数据



6. 总结

经过以上的整改后，产品通过了传导发射，辐射发射的测试，我们也可以总结出一些经验。

1)对整个系统的性能进行了分析，其仿真结果与实验结果具有很好的一致性，为集成电机驱动系统的电磁兼容分析提供了一个实验平台。

(2)对集成电机驱动系统逆变器侧的传导电磁干扰的产生机理及耦合途径进行了分析，提出了通过共模漏电流补偿和 Snubber 电路的方法来实现对该侧共模干扰的抑制，实验与仿真结果均证明方法的有效性。

(3)对电机的侧的传导共模干扰进行了分析，提出一种用于抑制该侧共模干扰的无源滤波器的结构，通过在功率变换器的输出侧加 LC 低通滤波器可有效的抑制电机侧的共模干扰，并且满足集成电机体积小要求。

(4)从控制电路及信号传输线、功率回路和印制电路板三个方面对整个系统进行了电磁兼容性设计