



深圳市恒创技术有限公司

EMC 期刊分享 (2024年)

四月第1期 差模干扰整改案例分享

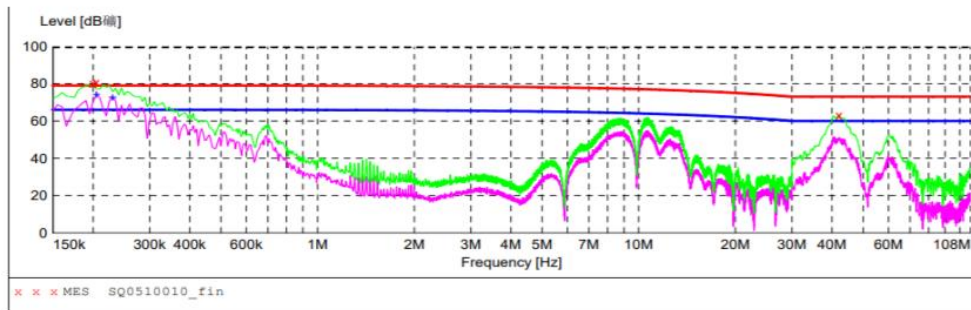
差模干扰整改案例分享

1. 现象描述

此款新能源 BMS 产品，在测试高压电压法时，出现低频段超标问题。现通过对超标频点进行定位分析，定位出干扰路径，并提出相对应的整改方案。

2. 原样机超标数据

传导发射 HV+



MEASUREMENT RESULT: "SQ0510010_fin"

2022-6-24 10:42

Frequency MHz	Level dBμV	Transd dB	Limit dBμV	Margin dB	Detector	Line	PE
0.200000	80.30	1.2	79	-1.3	PK	L1	???
0.205000	80.80	1.2	79	-1.8	PK	L1	???
42.050000	63.10	0.8	73	9.9	PK	L1	???

MEASUREMENT RESULT: "SQ0510010_fin2"

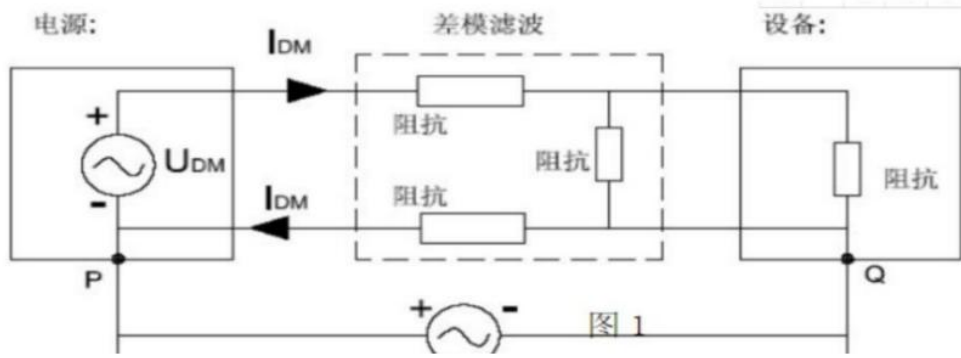
2022-6-24 10:42

Frequency MHz	Level dBμV	Transd dB	Limit dBμV	Margin dB	Detector	Line	PE
0.205000	74.20	1.2	66	-8.2	AV	L1	???
0.230000	72.90	1.2	66	-6.9	AV	L1	???

3. 定位分析

差模干扰一般频率较低，要集中在 1MHz 以下为主，共模干扰主要集中在 5MHz 左右为主，这是由于共模干扰是通过空间感应到电缆上的，这种感应只有在较高频率时才容易发生。目前超标频点为 200KHz 左右，所以根据分析判断干扰源为差模干扰。

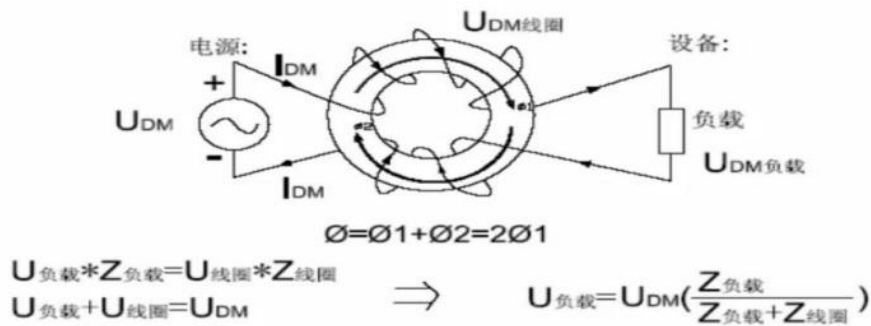
差模干扰指的是干扰电压存在于信号线及其回线(一般称为信号地线)之间，干扰电流回路则是在导线与参考物体构成的回路中流动。



如上图所示，电源给设备供电，电源线和地线上的电流叫差模电流 I_{DM} ，它在两根线上大小相同，方向相反。在供电电源端，两根线上的压差 U_{DM} 叫差模电压。 U_{DM} 一般都是定值，在上面产生的尖峰、跌落、中断等就叫差模干扰。

4. 抑制差模干扰

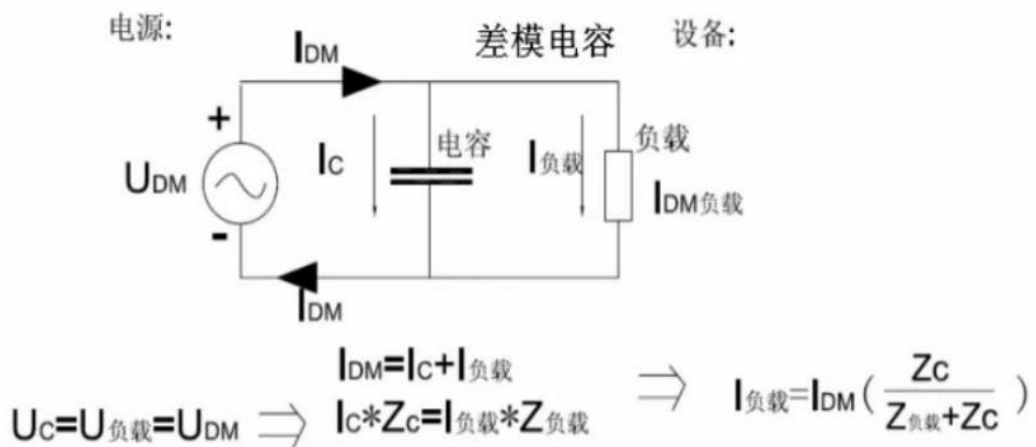
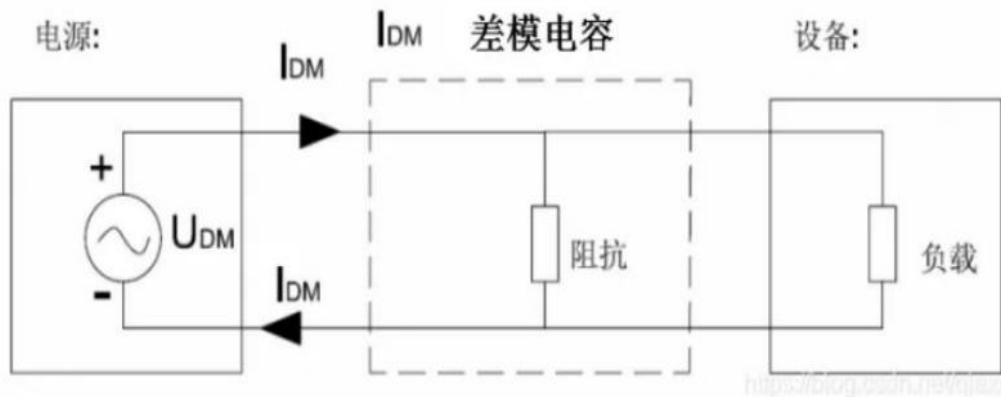
1: 差模电感



从上述图列可以看出，当 $Z_{\text{线圈}}$ 处于无穷大时， U_{DM} 负载则趋近于 0。当电流流过差模线圈之后，线圈里面的磁通是增强的，相当于两个磁通之和。线圈特性是频率越高，阻抗越大，因此利用线圈在高频率时阻抗大的特性来衰减差模信号。当频率为 50Hz，线圈阻抗接近于 0，不起衰减作用，相当于导线。当频率为 500K，线圈阻抗达到 5K 欧姆，假定负

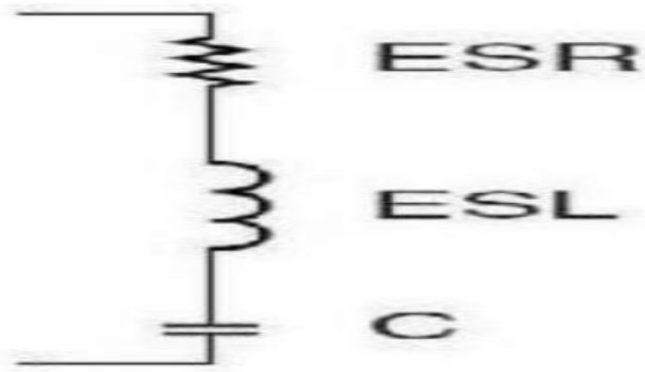
载阻抗为 50 欧，则差模线圈分得了 99%的差模干扰电压，负载上的干扰电压只有 1%，但同时电流也有衰减。当前产品为高压 800V 产品，当使用差模电感时，需要考虑电感的耐压以及冲击电流所带来的相关安全问题，另外一般的车规级差模电感，耐压基本上都达不到当前高压需求。

2: 差模电容



从上述图列看出，当 Z_C 处于 0 时， I_{DM} 负载趋近于 0。可以看到，电容特性为频率越高，阻抗越小。滤波器正好利用其在高频时低阻抗的特性，短路掉差模干扰。当频率为 50Hz，电容阻抗大，相当于短路，不起作用。当频率为 500K，电容阻抗很小，容抗为 0.05 欧，假定负载 50 欧，则电容分得了 99.9%的差模干扰电流。

3: 电容模型分析



图中 ESR 是电容的串联等效电阻，ESL 是电容的串联等效电感，C 才是真正的理想电容。ESR 和 ESL 是由电容的制造工艺和材料决定的，没法消除。那这两个东西对电路有什么影响。ESR 影响电源的纹波，ESL 影响电容的滤波频率特性。我们知道电容的容抗 $Z_c=1/\omega C$ ，电感的感抗 $Z_l=\omega L$ ，($\omega=2\pi f$)，实际电容的复阻抗为 $Z=ESR+j\omega L-1/j\omega C=ESR+j2\pi f L-1/j2\pi f C$ 。可见当频率很低的时候是电容起作用，而频率高到一定的时候电感的作用就不可忽视了，再高的时候电感就起主导作用了。电容就失去滤波的作用了。所以记住，高频的时候电容就不是单纯的电容了。实际电容的滤波曲线如下图 5 所示。

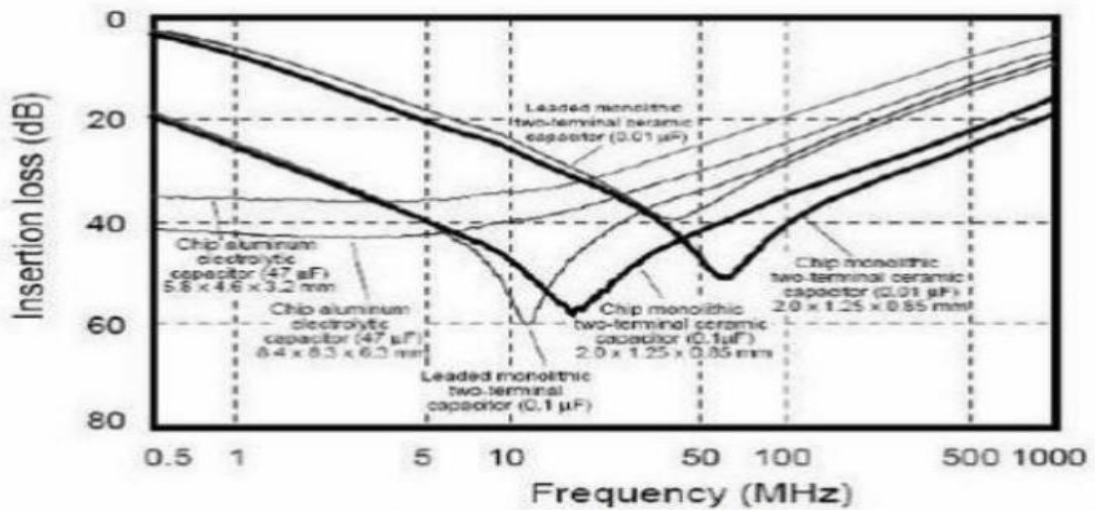


图 5： 电容滤波曲线图

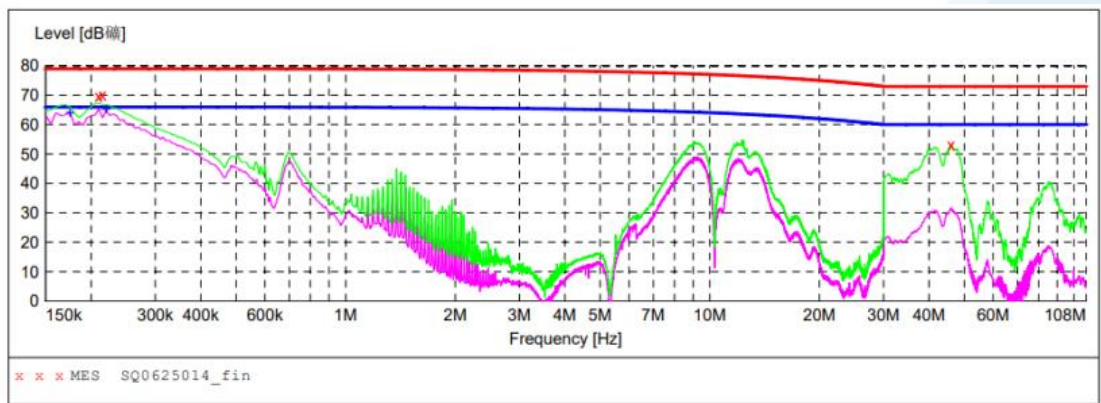
从上面电容的滤波曲线上我们还看出并不是平坦的，它像一个 V，也就是说有选频特性，在时候我们希望它是越平越好（前级的板级滤波），而有时候希望它越尖越好（滤波或陷波）。影响这个特性的是电容的品质因素 Q， $Q=1/\omega CESR$ ，ESR 越大 Q 就越小，曲线就越平坦，反之 ESR 越小 Q 就越大，曲线就越尖。

频率范围 (HZ)	电容取值
DC-100K	10uF 以上的钽电容或铝电解
100K-10M	100nF(0.1uF)陶瓷电容
10M-100M	10nF(0.01uF)陶瓷电容
>100M	1nF(0.001uF)陶瓷电容和PCB的地平面与电源平面的电容

结合当前产品超标频点为 200KHz 左右,而当前产品高压直连母线输入部分的滤波电容组成为 2.7uf 电解电容与 10nf 的 MLCC 电容组成。而针对 100Khz-10MHz 部分的滤波,需要增加 100nf 以上的电容。

通过对输入端口差模电容参数进行调整,将原来 10nf 的差模电容参数调整为 180nf,低频超标数据可以通过测试,由原来的超标 8dB 到现在有 2db 左右余量,通过对直流母线的 X 电容参数进行调整,可以使原超标频点下降 10dB 左右。

调整差模电容参数



感谢您对恒创技术的支持，敬请期待下一期；



恒创公众号



恒创订阅号

深圳市恒创技术有限公司——您的电磁兼容伙伴
公司地址:深圳市宝安区黄田工业城中信宝光电产业园 A5 栋 102

联系人：王艳丽

联系邮箱：li@hc-emc.com

公司网址：www.hc-emc.com

电话：0755-27082789 转 806

传真：0755-27325566-804