



深圳市恒创技术有限公司

EMC 期刊分享 (2020年)

二月第2期

可控硅产品电磁兼容整改

可控硅产品整改案例

电热毯产品传导发射整改案例分析

1. 现象描述

随着电力电子行业的不断发展，可控硅的应用越来越广泛，广泛应用与各种电子设备和电子产品中，多用来作可控整流、逆变、变频、调压、无触点开关等。家用电器中的调光灯、调速风扇、空调机、电视机、电冰箱、洗衣机、照相机、组合音响、声光电路、定时控制器、玩具装置、无线电遥控、摄像机及工业控制等都大量使用了可控硅器件。

此文档主要通过一款家用电热毯产品的电磁兼容问题，来了解可控硅产品的电磁兼容干扰源头、传播途径、以及抗干扰方式。



图 1：可控硅的应用

2. 原始产品测试数据

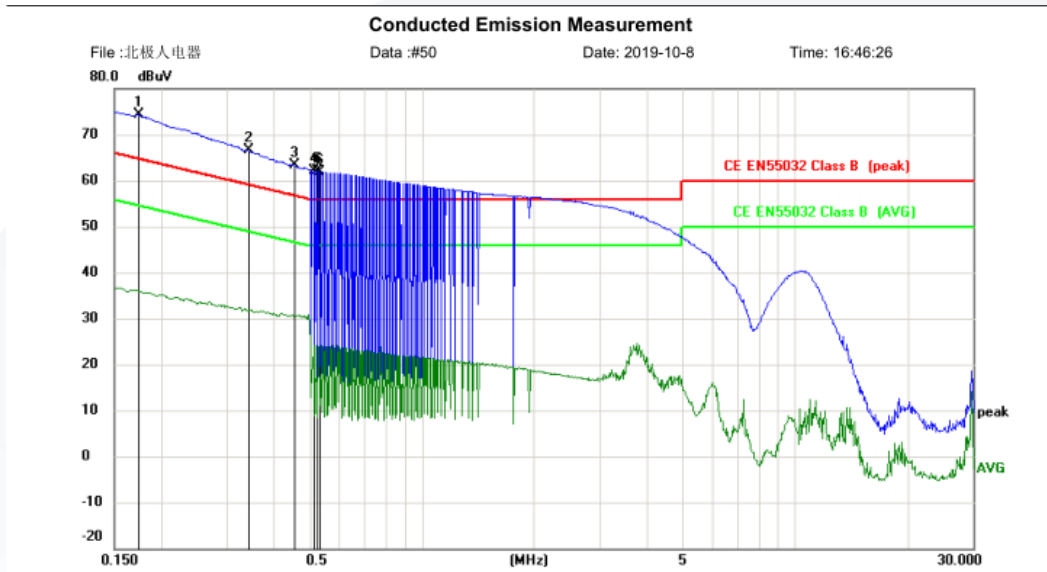


图 2 L 线 1 档

3. 干扰源头

A: 外部供电线路的干扰

外部交流供电线路存在大量的谐波源，这些谐波源通过干扰可控硅的供电电源从而干扰可控硅。

B: 可控硅自身对外部的干扰

可控硅的整流桥对供电线路来说是非线性负载，它所产生的谐波干扰，对同一线路的其他电子产品也有谐波干扰。

可控硅的逆变器，当工作与开关模式且高速切换时，会产生大量的耦合性噪声。

4. 传播途径

可控硅能产生功率较大的谐波，其干扰途径与一般的电磁干扰途径基本一致，主要为电路耦合、电磁辐射、感应耦合。

此款电热毯的辐射发射测试符合测试要求，只有传导发射测试超标。推断出，当可控硅在非全导通状态的时候，输出正弦波的畸变，产生的高频电流和电压沿着电源线耦合所产生的干扰，所以其传播途径为电路耦合。

5. 解决方案

A、软件调整

调整可控硅功率输出，输出比例以时间占空比的形式进行，比如 50%输出为 1 秒钟通电 1 秒钟断电的间隔，这种时间形式的功率输出比例只有两种状态，可控硅导通和可控硅关闭。

此方案相比与原始数据有较大的改善。

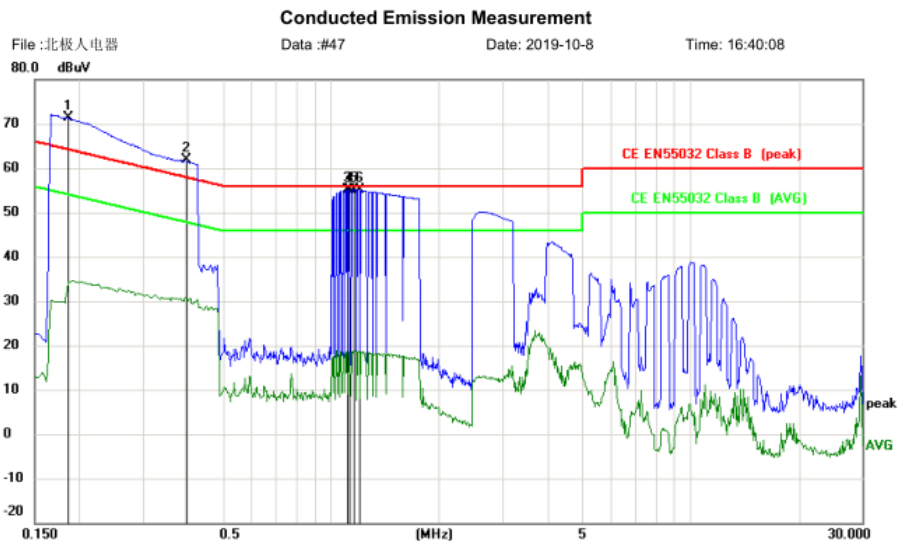


图 3: 调整软件后测试数据

B、滤波电容的选择

1) 电容模型分析

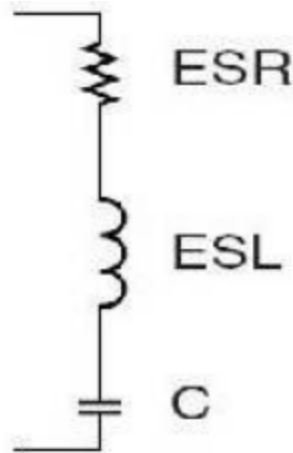


图 4: 电容模型

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。

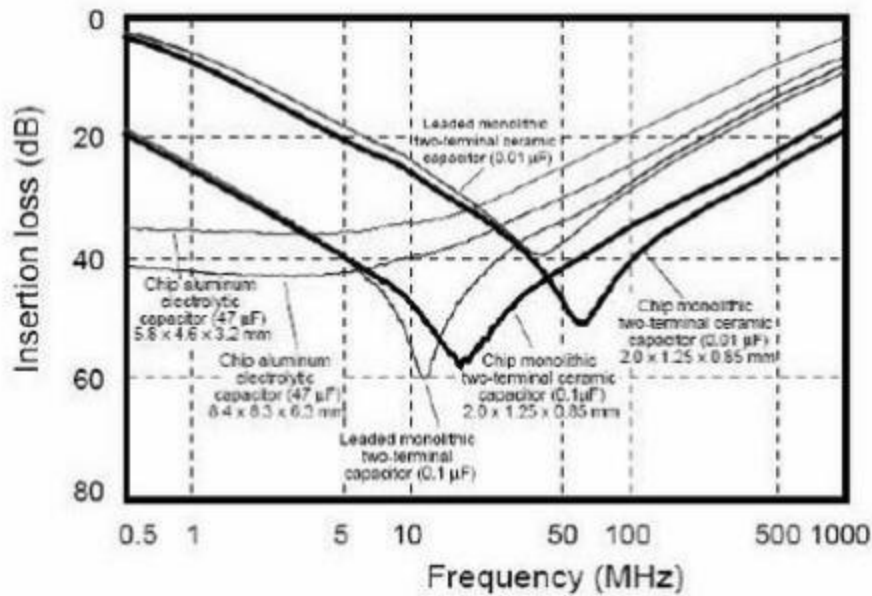


图 5： 电容滤波曲线图

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。针对滤波电容的选型，可参照下图：

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 ↕

图 6： 滤波电容参照图

2) 增加吸收电路

针对电路引到负载的线路以及电磁波耦合到负载处产生的干扰源，需要在负载与电路连接的两端增加 RC 吸收电路。

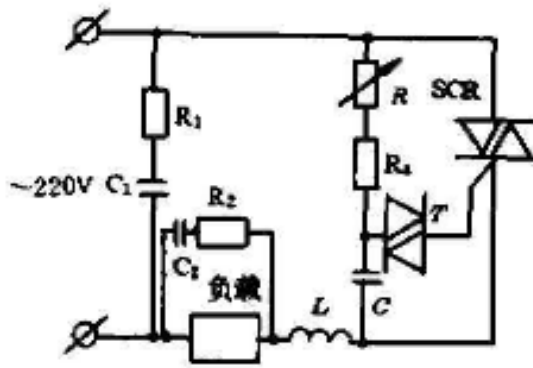


图 6: 吸收回路调压电路

参照上面电路图，当可控硅处于非全导通状态时，正弦波畸变所产生的干扰，一路经过滤波板电路 R_1, C_1 入地；另外的干扰受到电感的抑制，残余的干扰经吸收电路 R_2, C_2 入地。

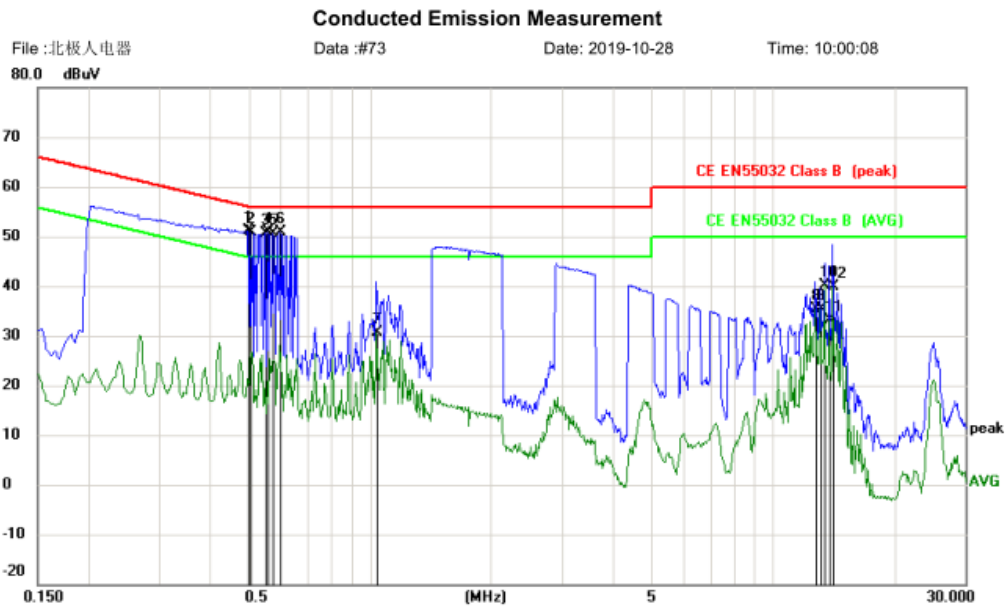


图 7: 整改后的测试数据

通过软件调整结合电路优化，此款双向可控硅控制电热毯产品的传导发射最终测试通过。

6. 经验分享

- 1) 电磁兼容问题都应该从干扰源头、传播途径去一步步分析，才能快速了解问题的根源；
- 2) 电磁兼容的整改，不应该局限于硬件上的改动；

- 3) 可控硅类产品的传导抑制可在靠近电源输入端增加 LC π 型滤波调压电路;
- 4) 滤波电容的参数选择以及位置摆放对单板的滤波有较大的影响。

感谢您对恒创技术的支持，敬请期待下一期；



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

联系邮箱: flora@hc-emc.com

公司网址: www.hc-emc.com

电话: 0755-27082789\27083789 转 808

传真: 0755-27325566-804