

[研究简报]

基于均值法的 GTEM 小室辐射 EMI 噪声提取

陈 旻, 赵 阳, 颜 伟, 夏 欢, 陈雪丽

(南京师范大学江苏省电气装备电磁兼容工程实验室, 江苏 南京 210042)

电磁兼容标准中所规定的辐射测试装置主要为开阔场以及电波暗室、半波暗室,其场地要求、设备配置要求均较高,价格昂贵,一般为权威检测单位独立建造,有偿提供给企业使用,大大增加企业的研发成本和研发时间,延长了产品投入市场的时间,降低了企业的竞争力.为了解决上述问题,Wilson、Lee 等人在多年前便开展了基于吉赫兹横电磁波 GTEM(Gigahertz Transverse Electromagnetic)小室的辐射 EMI 噪声测试研究.然而目前常规的 GTEM 小室通常被用于辐射电磁抗扰度测试,然而针对其运用于电磁干扰的测量却并不广泛,且并不成熟,其主要原因是因为采用 GTEM 小室进行辐射 EMI 噪声测试时,其测量精度较低.

针对上述问题,本文提出了基于均值法的 GTEM 小室辐射 EMI 噪声提取研究,并分别完成了噪声提取模型的建立,标准化校准因子的提取以及商用刷卡机的辐射 EMI 噪声提取实验,验证了本文分析方法的有效性.

1 基于均值法的辐射 EMI 噪声提取模型

虽然 Lee 算法同时考虑了幅值和相位,也增加了极化角度,但是由于辐射发射常规测试频段为 30 MHz ~ 1 GHz 的高频频段,高频信号在辐射过程中存在电磁波的发射、折射、透射等情况,而每种不同算法处理过程中并未考虑该问题,且算法采用的计算参数也各有区别.

均值法即为求两种算法的平均值,然后加以均值因子进行修正,公式如下:

$$E_0(f_i) = a \frac{E_T(f_i) + E_L(f_i)}{2}, \quad (1)$$

其中, a 为均值因子, E_T 、 E_L 分别为 GTEM 测试时总功率算法、Lee 算法得到的电场强度,该电场强度包括垂直极化和水平极化两种情况, $f_i (i=0, 1, 2, \dots, n)$ 对应的频段为 30 MHz ~ 1 GHz.

2 标准化均值因子的提取

由于 GTEM 小室的测量与标准测量电磁场随频率变化趋势一致,根据均值模型可得到 GTEM 小室等效远场辐射电场强度的多项式提取模型:

$$E_i = f(E(f_i); A) = \sum_{i=1}^m a_i E(f_i)^i, i=1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

其中, A 为 (a_1, a_2, \dots, a_m) , m 为多项式模型的阶数; a_i 为待定均值系数,由 GTEM 小室的均值处理结果与标准测量值共同确定.假设 3 m 法电波暗室标准测试结果为 $E_b(f_i) (i=0, 1, 2, \dots, n)$,则当该多项式模型计算值与标准测量结果的误差最小时,则 GTEM 噪声提取模型精度最高,在此情况下,求解对应 a_1, a_2, \dots, a_m 的多元函数关于 a_i 的偏导数并令其为零便可得到欲求解的 A .

3 标准化均值因子的实验提取

为了提取标准化因子,需要设计标准梳状源作为标准被测品,分别采用 GTEM 小室和标准电波暗室对校准梳状源进行测试,根据上述标准化因子提取方法对测试结果进行理论计算,考虑到计算的复杂性问

收稿日期:2013-10-29.

基金项目:江苏省自然科学基金(BK2011789)、江苏省产学研联合创新资金——前瞻性联合研究项目(BY2012004).

通讯联系人:赵阳,博士,教授,博士生导师,研究方向:电磁兼容技术与应用. E-mail:zhaoyang2@njnu.edu.cn

题,只对 3 阶多项式进行 10 MHz 梳状源标准化因子提取,可得表 1 所示的水平垂直两种测试条件下的均值因子. 超过 3 阶的多项式可以采取同样的方式进行标准化因子提取,且结果实验验证,阶数越高,标准化因子在测量应用时的准确性越高.

表 1 均值因子 3 阶提取结果
Table 1 3 order extraction results of mean factor

测试条件	a_1	a_2	a_3	测试条件	a_1	a_2	a_3
水平	2.001 1	0.002 4	-3.192 4e-004	垂直	3.662 8	-0.092 9	8.288 0e-004

4 基于某商用刷卡机的验证试验

为了有效验证上述 GTEM 小室均值模型辐射 EMI 噪声提取模型的准确性,采用如图 1 所示的某商用刷卡机作为实验对象. 首先分别采用传统的总功率算法和 Lee 算法测量并计算实验对象的等效辐射 EMI 噪声,然后采用标准 3 m 法电波暗室对其进行标准测试,将表 1 中所提取的水平垂直标准化均值因子分别代入所提取的对应噪声模型中即可得到如图 2 所示的刷卡机辐射 EMI 噪声大小,其中虚线为电波暗室测试结果,实线为均值模型辐射 EMI 噪声提取结果.

对图 2 测试结果进行分析可得:可以用本文噪声提取方法对被测品进行辐射 EMI 噪声的摸底评估,有效验证了本文方法的工程实用性.

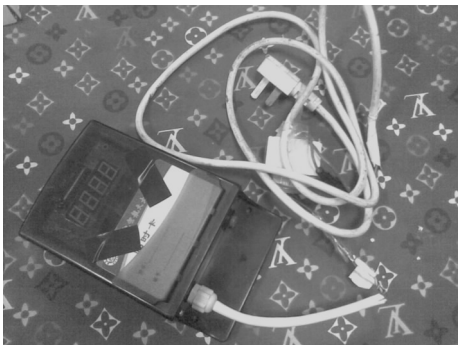


图 1 某商用刷卡机
Fig. 1 A commercial credit card machine

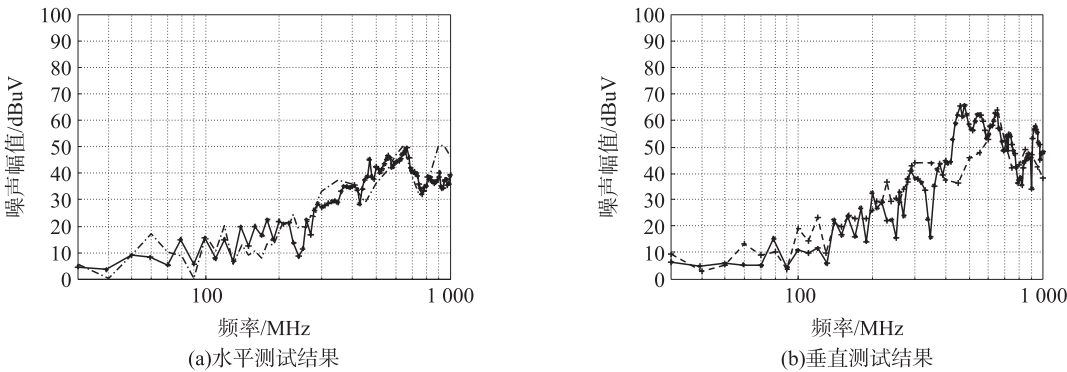


图 2 GTEM 测试结果与 3 m 法电波暗室测试结果对比
Fig. 2 The contradistinction between GTEM testing result and 3 m anechoic chamber testing result

5 结论

本文在考虑 GTEM 小室传统测量精度不高的基础上,提出了基于均值因子的辐射 EMI 噪声提取模型,且利用 3 阶校准模型和 10 MHz 标准梳状源对均值因子进行了参数提取. 最终采用某型商用刷卡机作为实验对象,分析测量计算了均值因子模型水平、垂直测试结果,并与电波暗室的测试结果进行了对比分析,实验结果有效验证了本文辐射 EMI 噪声提取模型的实用性,具有一定的工程应用价值.

[责任编辑:刘 健]