

基于 LabVIEW 的多功能 GTEM 小室软件设计

戎 融¹, 赵 阳^{1,2}, 褚鹏超¹, 童 亮¹, 张宇环¹, 颜 伟¹

(1 南京师范大学 电气与自动化学院, 江苏 南京 210042;
2 苏州泰思特电子科技有限公司, 江苏 苏州 215011)

[摘要] 介绍了一种用于 EM I 测试的多功能 GTEM 小室基于 LabVIEW 的软件设计. 对于 GTEM 小室与开阔场辐射发射的 3 种关联算法进行了研究和对比, 设计出对小室中所测电压值转换成开阔场电场值的流程图, 根据流程图采用 LabVIEW 软件编写成一套完整的 GTEM 小室与开阔场辐射发射转换软件. 此外, 分析了近场波阻抗法诊断被测设备辐射电磁干扰机理的原理, 并设计了相应的近场诊断软件流程.

[关键词] LabVIEW, GTEM 小室, 软件设计

[中图分类号] TN98 TN15 [文献标识码] A [文章编号] 1672-1292(2010)04-0001-03

Design of Multifunctional GTEM Cell Software Based on LabVIEW

Rong Rong¹, Zhao Yang^{1,2}, Chu Pengchao¹, Tong Liang¹, Zhang Yuhuan¹, Yan Wei¹

(1. School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China
2. Suzhou 3ctest Electronic Co., Ltd. Suzhou 215011, China)

Abstract This paper introduces a design of multifunctional GTEM cell software based on LabVIEW using in the EM I test. The three association algorithms of radiation emissions between GTEM cell and OATS are studied and compared. Flow chart is designed for the measured voltage in the cell into electric field values in the OATS. Whole conversion software of GTEM cell and OATS radiation emissions are edited according to the flow chart using LabVIEW software. In addition, the theory of the wave impedance in the near field diagnosing the mechanisms of EUT radiated emissions is analyzed. And the corresponding near-field diagnosis software flow is designed in this paper.

Key words LabVIEW, GTEM cell software design

目前对于 GTEM 小室与开阔场辐射相关的算法主要有 Wilson Lee 和总功率 3 种方法^[1-3], 使得 GTEM 小室不仅可以做 EMS 的测试, 也可以进行 EM I 的测试. 相比于开阔场或电波暗室、半暗室, GTEM 小室的使用频率很宽, 不需要像在开阔场及半波暗室中测量时更换接收天线, 使得测试效率相对较高, 而且其体积小、造价相对低廉, 因此用 GTEM 小室代替开阔场或暗室、半暗室进行 EM I 测试为许多企业提供了一个行之有效的方法^[4]. 然而目前辐射发射测试的标准测量以及限制的规定仍然是开阔场或电波暗室中所测得的值, 这就需要设计出一种将 GTEM 小室所测值转换成等效的开阔场电磁场值的软件.

有鉴于此, 本文提出了一种基于 LabVIEW 软件的多功能 GTEM 小室软件的设计. 首先分别对 Wilson Lee 和总功率这 3 种算法进行了研究和对比, 采用 LabVIEW 设计和编写了基于这 3 种算法的辐射发射标准测试软件, 将 GTEM 小室测量值转换成为开阔场电磁场值, 并将其绘制成曲线以满足 EC 61000-4-20-2007 和 ANSI C63.4-2003 等标准. 同时本文所述多功能 GTEM 小室还具有辐射电磁干扰机理近场诊断功能, 根据波阻抗这一近场诊断原理设计了相应的流程图.

1 设计原理分析

1.1 辐射发射测试原理

使用多功能 GTEM 小室测试被测物体的辐射发射示意图如图 1 所示. 被测物体在 GTEM 小室中有 3

收稿日期: 2010-09-28
基金项目: 江苏省自然科学基金 (BK2008429)、毫米波国家重点实验室开放基金、南京师范大学优秀硕士论文培育计划 (2010SS0018).
通讯联系人: 赵 阳, 教授, 博士生导师, 研究方向: 电磁兼容. E-mail: zhaoyang2@njnu.edu.cn

种不同的摆法, Wilson、Lee 和总功率这 3 种算法都是通过 GTEM 小室中的转台将被测物体在每种摆法转动各种不同的角度, 在每种摆法的每一个角度上利用与 GTEM 小室相连的频谱分析仪测得相应的电压, 根据这些电压值推算出在开阔场的电场(磁场)值。

1. 1. 1 总功率法

3 种算法对于被测物体的每种摆法所要旋转的角度的要求各有不同。其中总功率法只需要每种摆法上各测得一个电压值, 就可根据如下计算公式得到被测设备的总辐射功率:

$$P_0 = \frac{\eta_0}{3\pi} \cdot \frac{k_0^2}{e_{oy}^2 Z_c} \cdot \sqrt{V_{11}^2 + V_{21}^2 + V_{31}^2}, \tag{1}$$

其中, $k_0 = \lambda/2\pi$ 为波数即电磁波传播单位长度所引起的相位变化; $\eta_0 = 120\pi\Omega = 377\Omega$ 为自由空间波阻抗; Z_c 为 TEM 波导特征阻抗, 为 50Ω ; e_{oy} 为场强因子即被测设备位置上 TEM 模的归一化电场分量:

$$e_{oy} = \frac{2}{a} Z_c^{1/2} \sum_{m=1}^{\infty} \left[\frac{\cosh(My)}{\sinh(Mh)} \right] \cdot \sin(Ma) J_0(Mg), \tag{2}$$

其中, $M = \frac{m\pi}{2a}$, $2a$ 为小室的宽度; h 为芯板高度; g 为缝隙宽度; y 为 EUT 距离地板的高度。进而求出 EUT 的总辐射功率以及其在开阔场的等效最大辐射场。

1. 1. 2 Wilson 方法

Wilson 算法必须通过转台将被测设备进行 9 次测量, 即在每种摆法上旋转 3 次, 共得到 9 个电压值, 根据功率计算公式:

$$b_{ij} = \frac{4V_{ij}^2}{50e_{oy}^2}, \tag{3}$$

就可相应地获得 9 个功率值, 再根据功率与电磁偶极矩的关系就可以获得电偶极矩和磁偶极矩 (P_x, P_y, P_z) 和 (M_x, M_y, M_z), 并且可以同时求出 EUT 在开阔场的电场强度 E 和磁场强度 H 的大小。

1. 1. 3 LEE 方法

LEE 的方法在 Wilson 的方法基础上还考虑了辐射体等效电偶极矩和磁偶极矩的相位, 辐射体产生的辐射场远场可由电偶极矩和磁偶极矩表示:

$$E \approx -i\omega\mu_0 [e^{-jk_0r} / (4\pi r)] [P - jk_0a_r \times M], \tag{4}$$

要求 EUT 在每种摆法上旋转 5 个角度, 即要获得 15 个电压值, 因此其公式更加复杂, 要计算出电磁偶极矩的幅值和相位, 使计算量大大增加。

1. 2 辐射诊断原理

本文所述多功能 GTEM 小室还具有辐射干扰机理诊断功能, 采用近场诊断的方法^[5, 6]。辐射电磁干扰机理分为共模辐射和差模辐射。在近场中共模辐射场的电场强度与测试距离 3 次方的倒数成正比; 磁场强度与测试距离平方的倒数成正比, 即 $E \propto 1/r^3, H \propto 1/r^2$ 。据此, 在共模辐射场中, 近场波阻抗呈现为高阻抗, 即 $Z_w > 377\Omega$, 且与测试距离成反比, 即:

$$Z = \frac{E}{H} \propto \frac{1}{r}. \tag{5}$$

同样由式 (1) 可知, 近场中差模辐射场的电场强度与测试距离平方的倒数成正比; 磁场强度与测试距离 3 次方的倒数成正比, 即 $H \propto 1/r^3, E \propto 1/r^2$ 。因此, 在差模辐射场中, 近场波阻抗呈现为低阻抗, 即 $Z_w < 377\Omega$, 且与测试距离成正比, 即:

$$Z = \frac{E}{H} \propto r, \tag{6}$$

由式 (1)、(2) 可知, 在共模辐射场中, 近场波阻抗为高阻抗, 且其随着测试距离的减小而减小; 而在差模辐射中, 近场波阻抗为低阻抗, 且其随着测试距离的减小而减小。因此, 通过分析近场中波阻抗与测试距离间的关系即可诊断电路辐射主要机理。

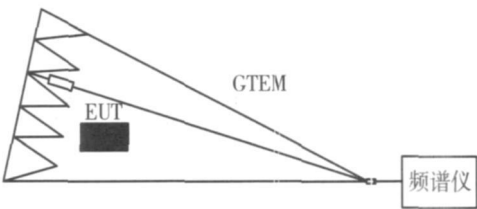


图 1 GTEM 小室辐射发射测试示意图
Fig.1 Schematic diagram radiation emissions test in GTEM cell

2 测试流程设计

多功能 GTEM 小室的软件部分包括辐射发射标准测试和辐射机理诊断测试两个系统. 以 Wilson 算法为例, 辐射发射标准测试系统的流程图如图 2 所示. 建立 GTEM 小室的坐标系为 (x, y, z) , 其中 x 轴方向平行于磁场方向, y 轴方向平行于电场方向, z 轴方向为 GTEM 小室中电磁波的传播方向. 而放置在 GTEM 小室中的被测物体的坐标系为 (x', y', z') , 对于每种摆法分别转动 0° 、 45° 和 -45° 3 个角度将得到 $V_{ij} (i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3)$ 共 9 个电压.

GTEM 小室辐射机理近场诊断流程如图 3 所示. 辐射机理诊断开始后, 分别用电场探头和磁场探头测量被测物体的电场 E 和磁场 H , 根据波阻抗的定义计算出相应的值, 根据之前所述的电磁干扰辐射机理诊断的原理, 若波阻抗值大于 377Ω 则为共模辐射, 反之, 则为差模辐射. 另外需要注意的是在测试过程中, 测试平面应位于被测电路上的矩形区域内, 并且对于近场的概念根据测试频率上限以及被测物体尺寸不同而不同, 应据此来计算和确定近场区域中的测试点位置. 例如设当最高测量频率为 1 GHz 测试点距离小于 4.7 cm 时, 测试区域为近场区域; 当最高测量频率为 500 MHz 时, 此时测试距离小于 9.5 cm 时的区域为近场区域.

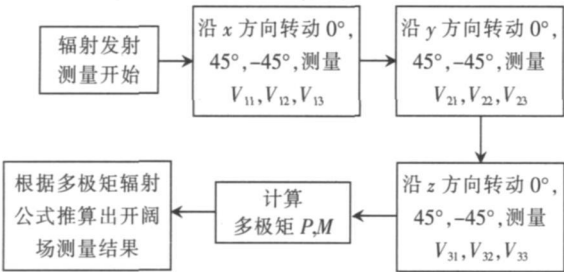


图 2 Wilson 算法流程图
Fig.2 Flow chart of Wilson algorithm

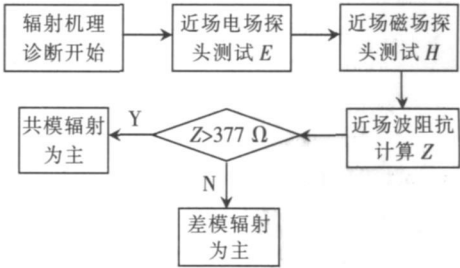


图 3 GTEM 小室辐射电磁干扰机理诊断流程图
Fig.3 Flow chart of radiated EMI mechanism diagnosis
in GTEM cell

3 界面

本文采用 NI 公司的 LabVIEW 8.5 为辐射发射标准测试系统软件设计平台. LabVIEW 是一种图形化编程语言, 基于图形开发、调试和运行的集成化环境, 是借助于虚拟面板用户界面和方框图建立虚拟仪器程序设计系统, 其作为数据采集和仪器控制软件的标准被广泛应用^[7, 8]. 根据上述流程所设计的测试系统软件界面如图 4 所示.

首先输入 GTEM 小室所测得的电压值, 选择其中一种算法进行转换, 就可得到一幅关于频率的开阔场的辐射场强图, 并且可以显示该图中的最大值和其所对应的频点. 此外, 该系统软件还可以将这 3 种算法计算值所产生的开阔场辐射场强曲线进行对比, 这样为进一步研究这 3 种算法的优劣以及应用范围提供了较为可信的依据.

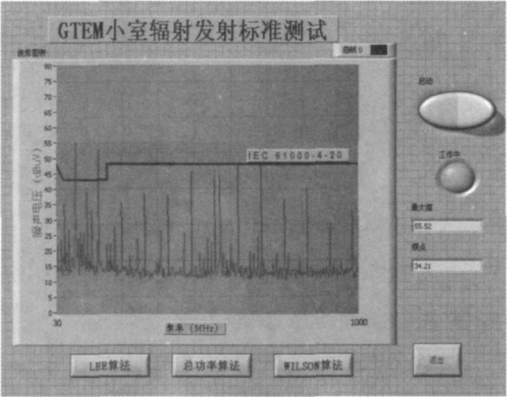


图 4 测试界面
Fig.4 Testing interface

4 结论

本文所设计的基于 LabVIEW 的多功能 GTEM 小室辐射发射标准测试和辐射机理诊断测试两个系统使 GTEM 小室可以代替开阔场和电波暗室、半暗室进行 EMI 测试的可行性进一步提高. 本文所设计的辐射发射标准测试系统软件可以将 3 种算法所计算的结果进行比较, 为更深入地研究和完善这 3 种算法在 GTEM 小室辐射发射测试上的应用提供了依据. 同时, 电磁辐射机理近场诊断系统使得多功能 GTEM 小室的功能更加全面.

(下转第 16 页)

- Wang Hui Zhao Wenhui Xiong Wei Summarizing the test method of immunity for vehicle component-Absorber-lined shielded enclosure[J]. Shanghai Measurement and Testing 2009(3): 17-18 (in Chinese)
- [6] 徐立. 浅谈汽车电磁兼容实验室[J]. 世界汽车, 1999(10): 18-20
Xu Li A study of EMC laboratory for automobile[J]. World Automobile 1999(10): 18-20 (in Chinese)
- [7] 林毅. 机动车辆 EMC 的测量[J]. 国外电子测量技术, 2005(7): 23-24
Lin Yi EMC measurement of automobile[J]. Foreign Electronic Measurement Technology 2005(7): 23-24 (in Chinese)
- [8] 全国无线电干扰标准化技术委员会. GB18655—2002 机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测量方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002
Committee for Standardization in China GB18655—2002 Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles[S]. Beijing Standards Press of China 2002 (in Chinese)
- [9] 全国无线电干扰标准化技术委员会. GB/T 17619—1998 机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测量方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
Committee for Standardization in China GB/T 17619—1998 Limits and methods of testing for immunity of electrical/electronic sub-assemblies in vehicles to electromagnetic radiation[S]. Beijing Standards Press of China 1999 (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]

(上接第 3 页)

[参考文献] (References)

- [1] Wilson P. On the correlating TEM cell and OATS emission measurements[J]. IEEE Trans, 1995, 237(1): 1-16
- [2] Ae-Kyoung Lee An algorithm for an advanced GTEM to ground Plane correlation of radiated emission Test[C] // IEEE EMC Symposium (Seattle). Santa Clara CA: IEEE Press 1996 58-62
- [3] 秦超, 蒋兴全. GTEM 小室辐射发射自动测试的研究[J]. 电子机械工程, 2006, 22(3): 19-21.
Qin Chao Jiang Xingquan A study on the automatic test of GTEM cell radiated emission[J]. Electro-Mechanical Engineering 2006, 22(3): 19-21 (in Chinese)
- [4] 任列辉, 陈志雨. GTEM 室与开阔场的辐射发射相关研究[J]. 电波科学学报, 2002, 17(1): 74-77.
Ren Liehui Chen Zhiyu Investigation on correlation of radiated emission tests of GTEM cell and open area test sites[J]. Chinese Journal of Radio Science 2002, 17(1): 74-77. (in Chinese)
- [5] Zhao Yang Yan Wei Feng Zhiming et al Investigation on radiated EMI noise identification for high speed digital PCB[C] // The fifth Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics Proceedings Xi'an IEEE Press 2009 297-300
- [6] 赵阳, See Kye Yak 电磁兼容基础与应用(英文版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
Zhao Yang See Kye Yak Foundation and Application of EMC (English Edition) [M]. Beijing Machinery Industry Press 2007. (in Chinese)
- [7] Jeffrey Travis Jim Kring Lab VIEW for Everyone [M]. Beijing Electronics Industry Press 2008
- [8] 张荷涛, 邹澎, 胡海涛. 基于 Lab VIEW 的 GTEM cell 辐射干扰自动测试系统设计[J]. 微计算机信息, 2007, 23(25): 102-103
Zhang Hetao Zou Peng Hu Haitao Design of a radiated emission in GTEM cell automatic test system based on Lab VIEW [J]. Microcomputer Information 2007, 23(25): 102-103 (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]