文章编号: 1671-7449(2002)02-0083-04

雷电冲击电流测试系统研究

武占成, 胡小锋, 魏　明, 刘尚合

(军械工程学院 静电与电磁防护研究所, 河北 石家庄 050003)

摘　要:　**目的**　研究雷电冲击电流测试系统　**方法**　用无感电阻网络分流器测量雷电冲击电流, 并进行测量重复性、线性度试验和阶跃波响应试验　**结果与结论**　所研制的无感电阻网络分流器符合国家标准 GB/T 17626.5-1999 和国际电工委员会标准 IEC61000-4-5 的要求, 且可用于 kV 级脉冲大电流的测量和雷电浪涌(冲击)模拟器短路电流的波形校准

关键词:　雷电; 冲击电流; 分流器

中图分类号:　O 441; TM 835　　**文献标识码:** A

0　引　言

雷电放电是一种放电路径长为千米计的瞬时大电流放电, 其频谱较宽, 并且伴随有强电磁脉冲(LEMP)发生　雷电对建筑物或结构物放电, 或靠近它们放电, 往往会引起电气和电子设备的损坏: 由快速上升的大幅值电磁脉冲所形成(感应)的电压, 往往高得足以击穿绝缘层或造成人员的伤亡, 并引起电子元器件及设备的失效[1,2].

雷电产生浪涌(冲击)电压、电流的主要原理如下[3]:

(1) 直接雷击于外部电路(户外). 注入的大电流流过接地电阻或外部电阻阻抗而产生的电压;

(2) 在建筑物内、外导体上产生感应电压和电流的间接雷击(即云层之间或云层中的雷击或击于附近物体的雷击, 这种雷击产生电磁场);

(3) 附近直接对地放电的雷电入地电流耦合到设备组接地系统的公共接地路径

在电子设备电磁兼容性测试方面, 对雷电浪涌(冲击)抗扰度试验时, 国家标准 GB/T 17626.5-1999 等效采用国际电工委员会标准 IEC61000-4-5, 提出了雷电瞬态模拟的方法[4], 指出参数为 8/20 μs 的雷电流波形适用于沿线路传送的浪涌(冲击)电流　试验的方法是用雷击浪涌发生器进行冲击试验, 评估电子设备的抗雷电放电性能　为了校验雷击浪涌发生器的短路电流特性是否满足 IEC61000-4-5 的要求, 必须研制满足测试要求的分流器

1　雷电浪涌模拟器短路电流波形的特点

雷电模拟器短路电流波形是一种快速上升(8 μs)、持续时间短(半峰值时间 20μs)、频率成分复杂、峰值电流很大(达 2 kA)的冲击电流波形　IEC61000-4-5 规定了雷电浪涌模拟器的短路电流波形(8/20 μs), 见图 1. 图中 t_1 为波前时间 ($t_1 = 1.25 \times t$), t_2 为半值时间　IEC61000-4-5 标准还规定, 冲击大电流幅值的测量误差应不大于 ±3%, 波头、波长时间的测量误差不大于 ±10%, 所以, 要测量图 1 所示

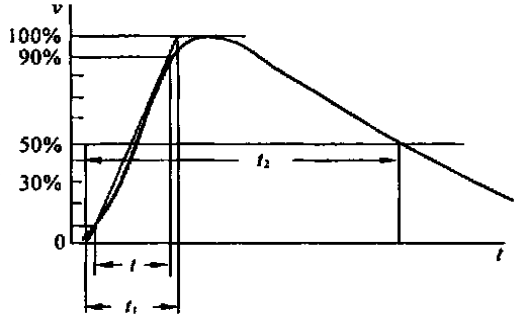

图 1　雷电浪涌模拟器短路电流波形

*　收稿日期: 2001-01-15
基金项目: 国防科技重点实验室基金资助
作者简介: 武占成(1962-), 男, 副教授, 博士　从事专业: 武器系统与运用工程研究

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

电流波形参数，就必须建立一套通频带较宽、测量峰值大、能准确测量上升沿的测量系统 测量系统的关键部件是分流器，常用的冲击电流测量方法是分流器法和电流测量线圈[5] (Rogowski 线圈) 等方法 Rogowski 线圈法对高频响应较好，但不能体现被测波形的直流成分[6]. 我们借鉴静电放电电流波形的校验方法[7,8]，研制了无感电阻网络分流器

2 无感电阻网络分流器的研制

2.1 无感电阻网络同轴分流器的结构

雷电浪涌电流测试用分流器要解决的主要问题，一是分流器的通流能力，二是要尽量减小分流器的电感 我们研制的无感电阻网络同轴分流器的结构如图 2 所示

图 2 中 1 为 25 个 20 mΩ 的无感电阻并联，选用天津无线电厂生产的 RI40 型圆柱型金属玻璃釉膜电阻器，其参数为：标称阻值 R_0= 20 mΩ、精度 ±5%、功率 2W、尺寸 Φ5×15，单个此种无感电阻的耐冲击电流最大值为 2 000 A 以上，作为取样电阻 R，R 约为 0.8 mΩ；2 为 5 个 250 Ω 的电阻并联，作为匹配电阻 R'，R' 约为 50 Ω

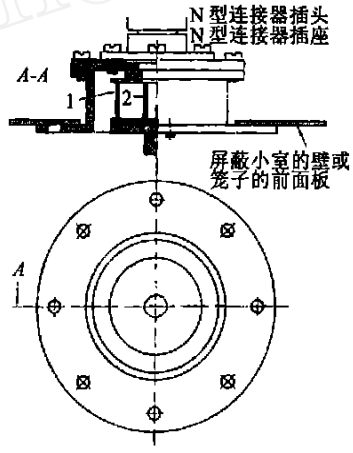

图 2 无感电阻网络同轴分流器的结构

无感电阻网络同轴分流器的结构具有以下特点：

(1) 从图 2 上可以看出，电阻的排列及接口的设计都是采用同轴的结构 这种结构具有很好的对称性，而且外部采用金属圆桶，不仅能减少分布参数的影响，而且能屏蔽杂散磁场 信号是通过同轴电缆接入示波器，具有很好的保真性；

(2) 器件的各个部件都由黄铜制成，表面都镀银，这种材料具有强导电性；

(3) 分流器设计了与屏蔽室连接的接口，这样能将测量仪器(示波器等) 及信号传输线放置于屏蔽室中，以免测量仪器及信号线受到冲击电流等产生的杂散磁场的干扰

2.2 实测波形及分析

用研制的无感电阻网络同轴分流器来实测冲击电流 I，冲击电流源选用 LSG-8015 雷击浪涌发生器的组合波发生器输出的短路电流波形，其时间参数为 8/20 μs 记录仪器选用 TDS680B 数字存储示波器 测得的波形如图 3 所示

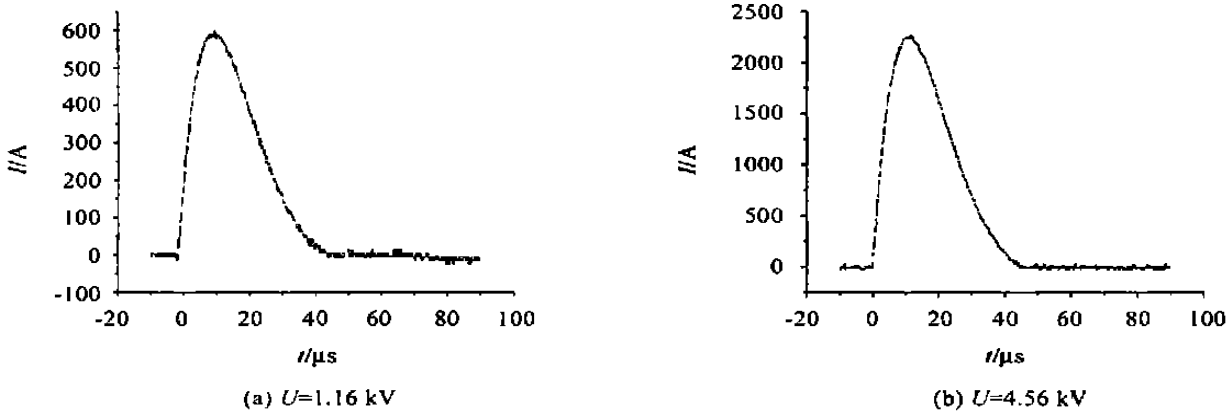

图 3 放电电压 U 为不同值时测量的冲击电流波形

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

选取 U = 1. 61 kV 时测量的冲击电流波形进行频谱分析如图 4 所示

我们用此分流器测量不同放电电压下雷击浪涌发生器输出冲击电流的特性参数如表 1 所示　将表 2 中放电电压与示波器峰值电压 U_{max} 读数作出关系图，如图 5 所示　从图 5 中可以看出放电电压与示波器显示的峰值电压读数具有很好的线性，计算表明分流器线性度为 0. 86%，在 GB/T 16927. 2- 1997 规定的不大于 1% 范围内，说明此分流器在测量冲击电流峰值范围内，刻度因数具有良好的线性度

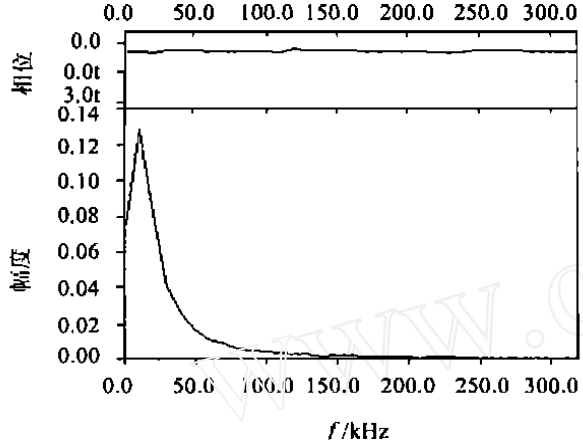

图 4　U = 1. 61 kV 时测量的冲击电流波形频谱

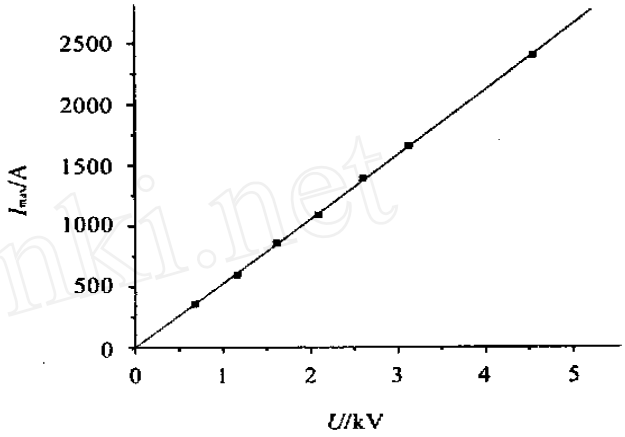

图 5　放电电压与示波器峰值电流 I_{max} 读数的关系

表 1　雷击浪涌发生器特性参数测量结果

放电电压/kV	0. 68	1. 16	1. 61	2. 08	2. 6	3. 13	4. 56
t_1/μs	7. 61	7. 76	7. 62	7. 82	7. 87	7. 67	8. 10
t_2/μs	23. 4	22. 9	23. 4	23. 3	23. 2	23. 3	23. 5
U_{max}/mV	144	240	344	436	556	664	960
I_{max}/A	360	600	860	1090	1390	1660	2400

为了研究测量结果的重复性　固定雷电浪涌发生器 U = 1. 61 kV，测量十次冲击电流的波形参数，测量数据如表 2 所示

表 2　放电电压为 1. 61 kV 时十次测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_1/μs	7. 40	7. 38	7. 73	7. 75	7. 75	7. 65	7. 62	7. 63	7. 9	7. 58
t_2/μs	23. 0	23. 9	23. 4	22. 6	23. 0	23. 4	23. 4	22. 6	23. 2	24. 0
I_{max}/A	860	850	850	860	860	850	850	840	860	880

将表 2 的数据进行统计分析，统计结果如表 3 所示

表 3　数据统计结果

	均值	标准差	变异系数(%)
t_1/μs	7. 64	0. 160	2. 09%
t_2/μs	23. 25	0. 474	2. 04%
I_{max}/A	856	10. 7	1. 26%

从上表统计的数据可以看出，用无感电阻分流器测得的各项数据的变异系数均不大于 3%，说明此分流器测量的重复性好.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 结 论

从实测波形和频谱分析，说明我们研制的无感电阻网络同轴分流器具有良好的测量特性，抗干扰能力强，能反映被测冲击电流的真实波形 放电电压与示波器显示的峰值电压读数具有很好的线性，用无感电阻分流器测得的各项数据的变异系数均不大于 3%，说明此分流器测量的重复性好.

参考文献:

[1] 虞昊 现代防雷技术基础[M]. 第一版 北京: 清华大学出版社, 1995. 1～10.
[2] 关象石 雷电电磁脉冲防护基本原理和初步实践经验[J]. 工科物理, 1998(副刊): 35～46.
[3] GB/T 17626.5-1999[S]. 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验 1999.
[4] 国际电工委员会标准 IEC61000-4-5[S]. Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 4: Testing and measurement techniques- Section 5: Surge Immunity test. Basic EMC Publication. 1996.
[5] 揭秉信 大电流测量[M]. 第一版 北京: 机械工业出版社, 1987. 35～48.
[6] 清华大学电力系高电压技术专业组 冲击大电流技术[M]. 北京: 科学出版社, 1978. 138～145.
[7] 武占成, 刘尚合, 魏明 静电放电模拟器电流波形校验装置研究[J]. 军械工程学院学报, 1999, 11(2): 1～4.
[8] 魏明, 刘尚合, 武占成 ESD 模拟器校验研究[J]. 仪表技术与传感器, 1999, (2): 33～37.

The Research of a Measurement System of Lightning Surge Current

WU Zhan-cheng, HU Xiao-feng, WEI Ming, LIU Shang-he

(Institute of Electrostatic & Electromagnetic Protection, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: **Aim** To give a measurement system of lightning surge current. **Methods** To measure the lightning surge current using a shunt with non-inductance resistors network. The experiments on the repetition, linear degree and the step response are carried out. **Results and Conclusion** The shunt is accordance with the national standard GB/T 17626.5-1999 and the international electrical committee standard IEC61000-4-5. The shunt may be used in the measurement of lightning surge current and the waveform calibration of the lightning surge simulator.

Key words: lightning; surge current; shunt

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net