

# 可再生能源 EMS 标准研究与制定

邵羽达, 封志明, 陈道升, 邓凌翔, 吴平宏, 周 雷

(江苏省计量科学研究院, 江苏 南京 210007)

**[摘要]** 根据 GB/T 17626, IEC 61000-4 以及 UL 1741-2005 等国内外关于电子信息产品电磁干扰(EMS)的标准, 分别研究了其关于静电放电试验、电快速瞬变脉冲群试验和雷击浪涌试验的原理、试验方法以及严酷等级要求, 并据此提出了相应的可再生能源电能转换装置 EMS 标准。

**[关键词]** 可再生能源, 电磁抗扰度, 标准

**[中图分类号]** TN97 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-4292(2011)01-0009-04

## Studying and Drafting the Standards of EMS in Renewable Energy

Shao Yuda, Feng Zhiming, Chen Daosheng, Deng Lingxiang, Wu Pinghong, Zhou Lei

(Jiangsu Metrology Institute of Science and Technology, Nanjing 210007, China)

**Abstract:** This paper presents new methods, principle and standards for ESD, EFT and surge immunity test according to the EMC standards both at home and abroad such as GB/T 17626, IEC 61000 and UL 1741-2005. It also presents EMS standards for renewable energy devices.

**Key words:** renewable energy, electromagnetic susceptibility, standards

随着传统能源的日益枯竭及其带来巨大的环境问题, 可再生能源技术得到了空前的重视并取得了巨大的发展。但是, 风能、太阳能等可再生能源并网发电技术尚未完善以及并网发电时电能转换装置产生严重的电磁干扰问题, 严重影响了可再生能源的并网应用。加之目前还没有出台可再生能源电能转换装置电磁兼容标准。因此, 可再生能源电能转换装置的电磁兼容标准的研究对于进一步提高可再生能源并网发电的电能质量具有较大的意义。

本文根据 IEC61000, GB/T17626 等电磁兼容标准提出了关于静电放电、电快速瞬变脉冲群、雷击浪涌、工频磁场以及射频电磁场抗扰度标准和测试方法。

## 1 静电放电标准试验

### 1.1 原理

在低湿度环境下, 通过摩擦能够使人体带电, 然而带了电的人体, 在与设备接触过程中就可能对设备放电, 从而严重影响设备的正常工作。为了有效评价可再生能源电能转换装置静电放电过程中产生的问题, 需要进行静电放电试验测试, 包括设备操作人员直接触摸设备时对设备的放电和放电对设备工作的影响, 以及设备操作人员在触摸邻近设备时, 对所关心的这台设备的影响。

### 1.2 试验方法

在标准测试中, 为了了解静电放电实际情况, 并且最大限度地提高试验严酷等级, 需采用如图 1 所示的静电放电发生电路。该电路由目前唯一能产生重复和高速放电波形的器件——高压真空继电器、电容  $C_s$  表示人体自身的储能电容、电阻  $R_d$  表示在手握钥匙和其他金属工具时的人体电阻构成。

在试验进行过程中, 原则上凡可以用接触放电的地方一律用接触放电。对有镀漆的机壳, 如制造厂未

收稿日期: 2010-12-24.

基金项目: 江苏省质检总局、江苏省地方标准项目。

通讯联系人: 邵羽达, 工程师, 研究方向: 电力电子的电磁兼容. E-mail: icedragons@sina.com

说明是作绝缘的,试验时使用放电枪的尖端刺破漆膜对试品进行放电.如厂家说明是作绝缘使用时,则改用气隙放电.为改善试验结果的重复性和可比性,放电电极要垂直试品表面.对于不可接触放电的地方,我们考虑间接放电:对水平耦合板,放电枪垂直地在离开试品 0.1 m 处用接触放电方式进行放电;对垂直耦合板,耦合板应放在离试品 0.1 m 处,放电枪要垂直于耦合板一条垂直边的中心位置上进行放电.对试品垂直方向的 4 个面都要用垂直耦合板做间接放电试验.

试验前,应对试品表面以 20 次/s 速率快速扫视,以便寻找试品的敏感部位.试验以 1 次/s 速率进行,以便让试品及时做出响应.

1.3 试验严酷度

表 1 给出静电放电实验时,试验等级的优先选择范围.试验应满足表 1 中所列的较低等级.严酷度等级的大体分类是:

- 1 级: 部分得到保护的电气环境.
- 2 级: 电缆线分离很好,且走线很短的电气环境.
- 3 级: 电力电缆与信号电缆并行布线的电气环境.
- 4 级: 内部连线与户外电缆一起沿电力线布线,这些电缆作为电子及一般电气线路的连线使用的电气环境.
- X 级: 开放等级.

接触放电是优先选择的试验方法,空气放电则用在不能使用接触放电的场合中.每种试验方法的电压列于表 1a 和表 1b 中,由于试验方法的差别,每种方法所示的电压是不同的.两种试验方法的严酷程度并不表示相等.

等级的选择取决于环境因素,但对一个具体产品来说,往往已在相应的产品族标准或产品标准中给出.

2 电快速瞬变脉冲群试验

2.1 原理

电路中机械开关对电感性负载的切换,通常会对电路中的其他电气和电子设备产生干扰.其特点是脉冲成群出现,脉冲重复频率高,脉冲波形上升时间短.单个脉冲的能量较小,一般不会对设备故障,但使设备产生误动作的情况却经常可见.国外专家研究认为脉冲群试验是通过脉冲群对线路中半导体器件结电容的充电使电容上的能量积累到一定程度时引起线路(乃至设备)的误动作.

2.2 试验方法

在标准测试中,为了验证电气和电子设备对诸如来自切换瞬态过程的各种类型瞬变骚扰的抗扰度,我们采用如图 2 所示的脉冲群发生器电路.其中, $U$  是高压源; $R_c$  是充电电阻; $C_s$  是储能电容器; $R_s$  是脉冲持续时间形成电阻; $R_m$  是阻抗匹配电阻; $C_d$  是隔直电容.脉冲群由电路元件  $C_s$ 、 $R_s$ 、 $R_m$  和  $C_d$  组成,使发生器在开路 and 接 50  $\Omega$  负载的条件下产生,信号发生器的有效输出阻抗为 50  $\Omega$ .

脉冲群试验是利用脉冲群对线路中半导体器件结电容的充电使电容上的能量积累到一定程度时引起线路(乃至设备)的误动作.因此线路出错有个过程,而且有一定偶然性,特别是当试验电压接近临界值时,不能保证间隔多少时间必定出错.为此,一些产品标准规定电源线上的试验是在线——地之间进行,要求每一根线在一种试验电压极性下做 3 次试验,每次 1 min,中

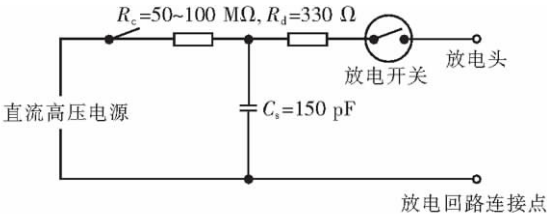


图 1 静电发生器电路  
Fig.1 ESD wave generation circuit

表 1 静电放电试验严酷度等级  
Table 1 Levels of ESD test

1a 接触电压		1b 空气放电	
等级	试验电压/KV	等级	试验电压/KV
1	2	1	2
2	4	2	4
3	6	3	8
4	8	4	15
X	特殊	X	特殊

说明 “X” 是开放等级,该等级必须在专用设备的规范中加以规定,如果规定了高于表格中的电压,则可能需要专用的试验设备.

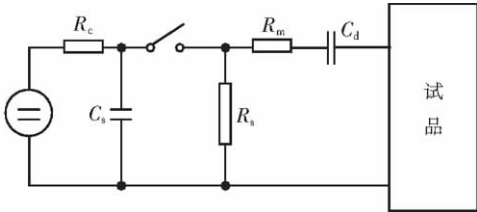


图 2 脉冲群发生器电路  
Fig.2 EFT wave generation circuite

间间隔 1 min; 一种极性做完, 要换做另一种极性. 一根线做完, 再换做另一根线. 当然也可以把脉冲同时注入两根线, 甚至几根线. 由于脉冲群信号在电源线上的传输过程十分复杂, 很难判断分别加脉冲和一起加脉冲哪种方法使设备更容易产生误动作. 因此, 同时加脉冲也仅仅是一种试验形式而已, 最终选取哪种方法要由具体试验来决定.

另外, 还有一种方法是: 在一根线上先加 2 min 正极性脉冲, 稍事休息之后再加 2 min 负脉冲. 可见相同的试验会有不同的试验方法. 但这两种试验方法都通过相对较长的试验过程来尽可能避免偶然性.

2.3 试验严酷度

表 2 中列出了对设备的电源、接地、信号和控制端口进行电快速瞬变试验时应优先采用的试验等级.

试验等级分为 1、2、3、4 和 X 级. 在电源线上试验时, 分别取 0.5 kV(5 kHz)、1 kV(5 kHz)、2 kV(5 kHz)、4 kV(2.5 kHz) 及待定. 在信号线、控制线上试验时, 分别取 0.25 kV(5 kHz)、0.5 kV(5 kHz)、1 kV(5 kHz)、2 kV(5 kHz) 及待定.

这里, 电压为发生器储能电容上的电压, 频率指脉冲群内单个脉冲的重复频率. 严酷度等级的大体分类是:

- 1 级: 保护良好的环境(如计算机机房).
- 2 级: 通常有保护的环境(如工厂中的计算机机房和控制室).
- 3 级: 无保护环境下的设备(如公用电网、工厂、变电站).
- 4 级: 有严重干扰的环境(如采用气体绝缘的开关或真空开关的变电站).

表 2 电快速脉冲群试验严酷度等级

Table 2 Levels of EFT test

等级	开路输出试验电压(10%)和脉冲的重复频率(20%)			
	在供电电源端口, 保护接地(PE)		在 I/O(输入/输出)信号、数据和控制端口	
	电压峰值/kV	重复频率/kHz	电压峰值/kV	重复频率/kHz
1	0.5	5 或者 100	0.25	5 或者 100
2	1	5 或者 100	0.5	5 或者 100
3	2	5 或者 100	1	5 或者 100
4	4	5 或者 100	2	5 或者 100
X	特定	特定	特定	特定

注 “X”是一个开放等级, 在专用设备技术规范中必须对这个级别加以规定

(1) 传统上用 5 kHz 的重复频率; 然而, 100 kHz 更接近实际情况. 专业标准化技术委员会应决定与特定的产品或者产品类型相关的那些频率.

(2) 对于某些产品, 电源端口和 I/O 端口之间没有清晰的差别, 在这种情况下, 应由专业标准化技术委员会根据试验目的来确定如何进行.

品选用哪一等级, 由产品标准给定.

3 雷击浪涌试验

3.1 原理

自然界的雷击、电站或开关站中大型开关切换的瞬间都会在供电线路上感应出大的浪涌电压和电流. 这两种浪涌的共同特点是能量大、波形缓、频率低. 感应出的浪涌电压和电流会耦合到内部电路中, 对装置造成影响.

3.2 试验方法

由于浪涌试验的电压和电流波形相对较缓, 因此对试验室的配置比较简单. 对于电源线路上的试验, 是通过耦合/去耦网络来完成的. 图 3 以单相试验电路为例, 有差模和共模试验的要求. 对通信线路, 则与被试线路有关, 不一一列出.

试验前务必按照制造商的要求对装置加接保护措施. 试验速率 1 次/min, 不宜太快, 以便给保护器件有一个性能恢复的过程. 事实上自然界的雷击现象和变电站大型开关的切

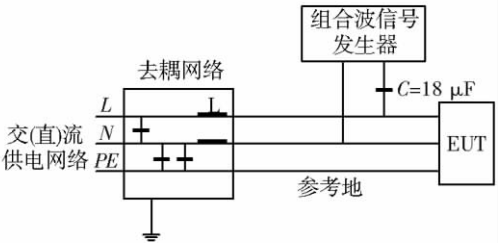


图 3 单相试验

Fig.3 Single-phase short-circuit test

换也不可能有非常高的重复率. 试验一般正/负极性各做 5 次. 试验电压要由低到高逐渐递升, 避免由于试品的 I—V 非线性特性出现的假象. 另外, 注意试验电压不要超出产品标准的要求, 以免带来不必要的损坏.

3.3 试验严酷度

表 3 给出了雷击浪涌试验严酷度等级.

试验的严酷度等级分为 1、2、3、4 和 X 级. 电源线差模试验的 1 级参数未给, 其余各级分别为 0.5 kV、1 kV、2 kV 及待定. 电源线共模试验的各级参数为 0.5 kV、1 kV、2 kV、4 kV 及待定. 试验的严酷度等级取决于环境(遭受浪涌可能性的环境)及安装条件, 大体分类是:

- 1 级: 较好保护的环境, 如工厂或电站的控制室.
  - 2 级: 有一定保护的环境, 如无强干扰的工厂.
  - 3 级: 普通的电磁骚扰环境, 对设备未规定特殊安装要求, 如普通安装的电缆网络, 工业性的工作场所和变电所.
  - 4 级: 受严重骚扰的环境, 如民用架空线, 未加保护的高压变电所.
  - X 级: 特殊级, 由用户和制造商协商后确定.
- 优先选择的试验等级范围如表 3 所示.
- 具体产品选用哪一级, 一般由产品标准定.

表 3 雷击浪涌试验严酷度等级

Table 3 Levels of lighting

等级	开路试验电压(10%) /kV
1	0.5
2	1.0
3	2.0
4	4.0
X	特定

注: X 为开放等级, 可在产品要求中规定.

4 结论

本文通过对国内外现行的电磁兼容标准的研究, 针对目前没有关于可再生能源电能转换装置 EMS 标准的现状, 提出了关于静电放电、电快速瞬变脉冲群以及雷击浪涌抗扰度标准和测试方法, 为制定关于可再生能源电能转换装置的 EMS 标准提供了参考和借鉴.

[参考文献](References)

[1] Stefan Krauter. 太阳能发电—光伏能源系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.  
Stefan Krauter. Solar Power-Solar Energy Systems[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2008. (in Chinese)

[2] 王金良. 风能、光伏发电与储能[J]. 电源技术, 2009, 33(7): 628-633.  
Wang Jinliang. Wind energy, photovoltaic power generation and energy storage[J]. Power Technology, 2009, 33(7): 628-633. (in Chinese)

[3] International Electro-technical Commission. IEC 61000-4-2, 2001, EMC Testing and measurement techniques-electrostatic discharge immunity test[S]. International Electro-technical Commission, 2005.

[4] International Electro-technical Commission. IEC 61000-4-3, 2008, EMC Testing and measurement techniques-radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test[S]. International Electro-technical Commission, 2005.

[5] International Electro-technical Commission. IEC 61000-4-4, 2001, EMC Testing and measurement techniques-electrical fast transient/burst immunity test[S]. International Electro-technical Commission, 2005.

[6] International Electro-technical Commission. IEC 61000-4-5, 2005, EMC Testing and measurement techniques-surge immunity test[S]. International Electro-technical Commission, 2005.

[7] 辛理科, 倪建平, 李劲, 等. 静电放电骚扰整改实例[J]. 安全电磁兼容, 2010(2): 46-48.  
Xin Like, Ni Jianping, Li Jin, et al. Examples of rectification for ESD disturbance[J]. SAFETY and EMC, 2010(2): 46-48. (in Chinese)

[8] GB/T 17626. 2 2006 电磁兼容试验和测量技术静电放电抗扰度试验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.  
Committee for Standardization in China. GB/T 17626. 2 2006 EMC Testing and measurement techniques-electrostatic discharge immunity test[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008. (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]