

汽车整车及电器电子组件电磁兼容试验标准

第 4 部分：电动车电器电子组件 EMC 试验方法及要求

1 范围

本标准规定了汽车整车及电器电子组件电磁兼容性的试验方法及相关要求。

本标准适用于比亚迪汽车有限公司开发的纯电动汽车、混合动力汽车的车载电器电子组件。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17626.4—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

GB/T 17626.6—2008 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 17626.11—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 17626.29—2006 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 18387—2008 电动车辆的电磁场发射强度的限值和测量方法，宽带，9kHz~30MHz

GB/Z 17625.3—2000 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16A 的设备在低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制

GB/Z 17625.6—2003 电磁兼容 限值 对额定电流大于 16A 的设备在低压供电系统中产生的谐波电流的限制

ANSI C63.4—2003 低压电子电气设备在 9kHz~40GHz 的无线电噪声发射测量方法

SAE J551-5—2004 电动车辆宽带(9kHz—30MHz)磁场和电场强度的性能等级和测量方法

IEC 61000-3-2—2009 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流≤16A）

IEC 61000-3-3—2008 电磁兼容 限值 对额定电流≤16A 且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制

IEC 61000-4-4—2011 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

IEC 61000-4-5—2005 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

IEC 61000-4-6—2006 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

IEC 61000-4-7—2004 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐波间的测量和测量设备导则

IEC 61000-4-11—2004 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

IEC 61000-4-13—2009 电磁兼容 试验和测量技术 交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的低频抗扰度试验

IEC 61000-4-15—2003 电磁兼容 试验和测量技术 闪烁测量仪-功能和设计要求

IEC 61000-4-29—2000 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电

压变化的抗扰度试验

Q/BYDQ-A1901.706.1 汽车整车及电器电子组件电磁兼容试验标准 第1部分：总体要求

3 术语和定义

Q/BYDQ-A1901.706.1 中确立的术语和定义适用于本标准。

4 交流电源线传导骚扰试验

4.1 参考标准

交流电源线传导骚扰试验规范参考 GB/T 18387—2008 和 SAE J551-5—2004 的相关规定。

4.2 适用范围

本规范中的传导骚扰测试，适用于车载充电系统，以及可通过交流电源线接入到公用低压供电系统的车载电子电气产品，其开关频率应在 9kHz 以上，能量通过金属导体传输。传导骚扰的技术要求仅适用于通过交流电源线对电池充电过程期间。

4.3 试验要求

- a) 人工电源网络应满足 Q/BYDQ-A1901.706.1 的 5.2.3 第 c) 部分的要求。
- b) 传导骚扰的测试应依据 ANSI C63.4—2003。
- c) 测试应在屏蔽室内进行，以防止来自环境的发射影响测量结果。
- d) 人工网络与车辆连接的电缆应为 $1.5\text{m} \pm 0.05\text{m}$ 。
- e) 人工网络应与车辆所处的接地平板使用铜带线搭接，铜带线尽可能短，长宽比最大不能超过 7。
- f) 当使用多个人工网络(LISN)时，每个 50Ω 的端口都应端接测量仪器或 50Ω 负载阻抗。

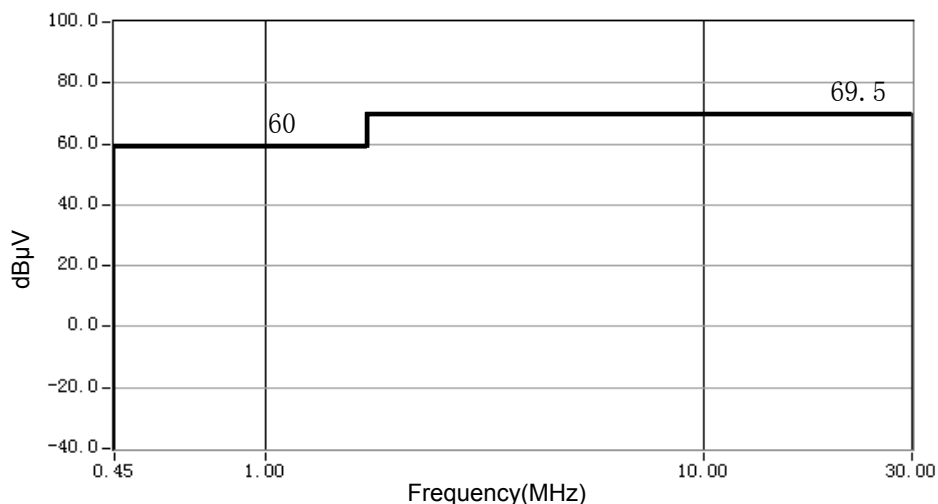
4.4 试验布置及试验方法

- a) 交流电源线传导骚扰的限值见图 1 和表 1，应使用准峰值检波器进行测量。若使用峰值检波器（9kHz 带宽）进行测量且符合准峰值的限值，认为符合本规范的要求。
- b) 对于车载充电器，测量应在最大连续补充充电等级上进行。如果车辆设计有多个充电电源电压，在每个电压上均应对导线进行骚扰测量。

4.5 交流电源线传导骚扰试验限值（见表 1 和图 1）。

表 1 交流电源线传导骚扰限值

频 率	电 平 dB μ V
450 kHz ~ 1.705 MHz	60
1.705MHz ~ 30 MHz	69.5



5 电快速瞬变脉冲群抗干扰试验

5.1 参考标准

本部分参考 IEC 61000-4-4—2011 制定，凡是按本部分规定执行的产品均符合 IEC 61000-4-4—2011 要求。

5.2 适用范围和试验目的

5.2.1 本部分适用于纯电动汽车、混合动力汽车电子零部件或系统（总成）的测试，包括直流和交流（单相或三相）供电的产品。

5.2.2 试验目的：为评估电气和电子设备的供电电源端口、信号端口、控制端口和接地端口在受到重复性快速瞬变（脉冲群）干扰时的性能，和验证电气和电子设备对诸如来自切换瞬态过程（切断感性负载、继电器触点弹跳等）的各种类型瞬变骚扰的抗干扰能力。试验的要点是瞬变的高幅值、短上升时间、高重复率和低能量。

5.3 试验要求

- 试验设备应符合 IEC 61000-4-4—2011 要求。
- 容性耦合夹：容性耦合夹能在与被测设备端口的端子、电缆屏蔽层或被测设备的任何其他部分无任何电连接的情况下将快速瞬变脉冲群耦合到被测线路。特性参数：电缆和容性耦合夹之间典型的耦合电容为 $100\text{pF} \sim 1000\text{pF}$ ，圆电缆可用的直径范围 $\leq 40\text{mm}$ 。
- 根据实际情况，可以在施加试验脉冲期间和/或之后，对被测设备的功能进行评价。
- 试验脉冲参数如下：

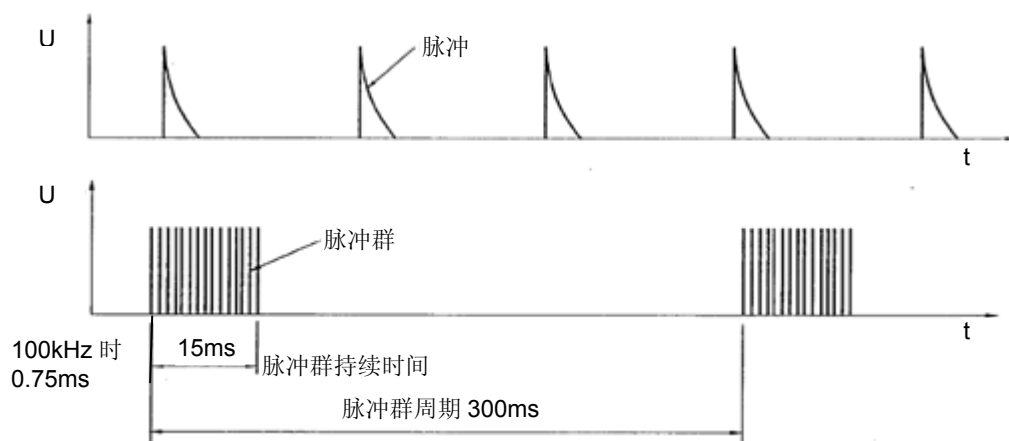


图 2 电快速瞬变脉冲群抗干扰试验脉冲群概略图

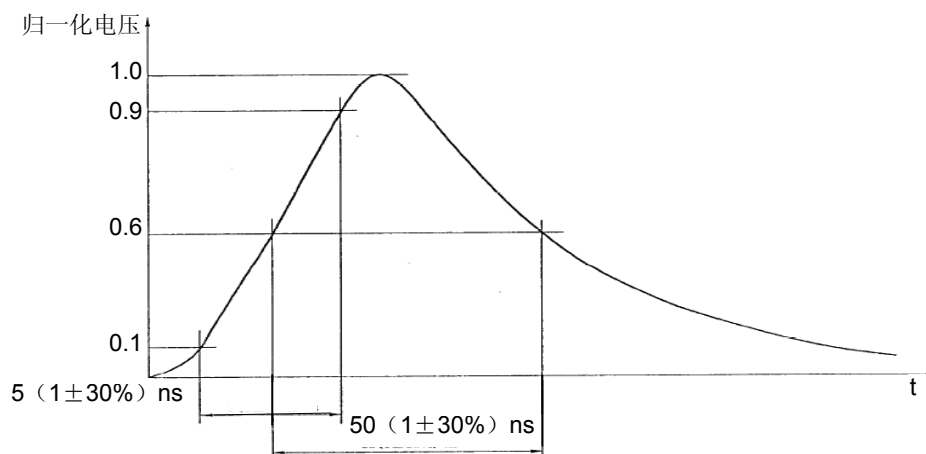


图 3 接 50Ω 负载时单个脉冲的波形

5.4 试验布置及试验方法

试验按照 IEC 61000-4-4—2011 标准进行布置。

5.4.1 对供电电源端口的试验布置见图 4。

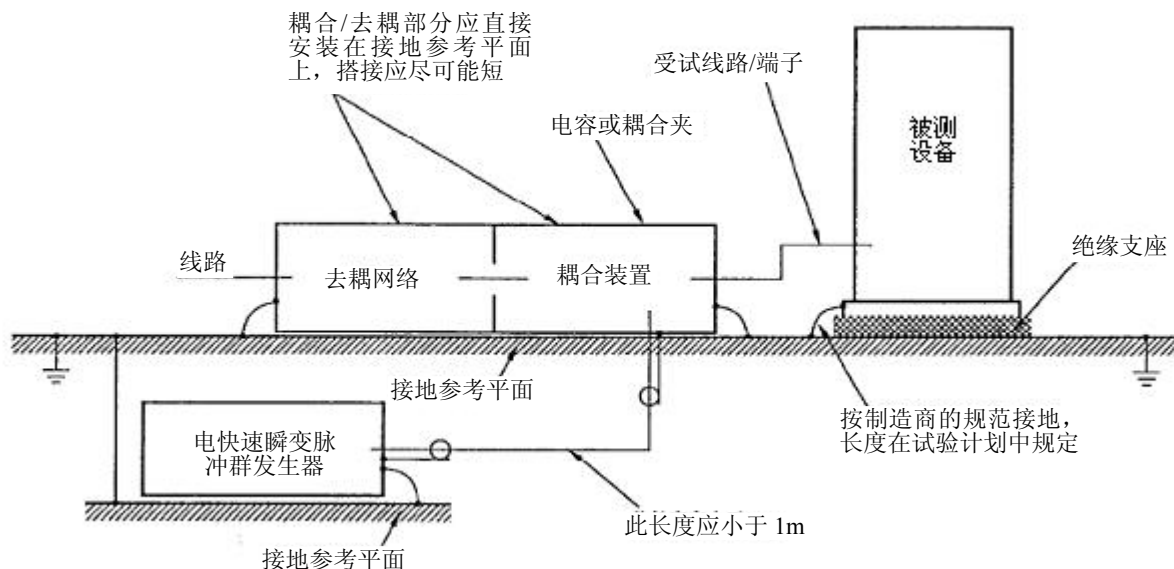
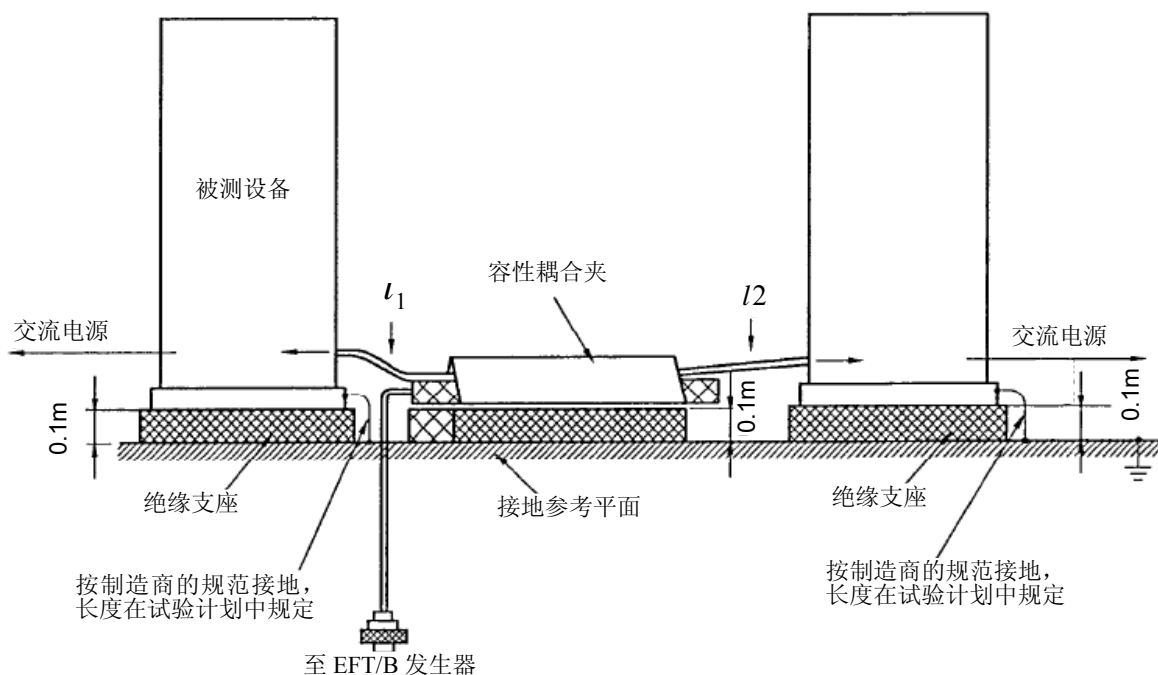


图 4 电快速瞬变脉冲群抗干扰试验布置（供电电源端口）

5.4.2 对输入/输出和通信端口的试验布置见图 5。



注：1) 当对两台被测设备同时进行试验时，被测设备与耦合夹的距离 $l_1 = l_2 = 0.5m \pm 0.05m$ 。当只对一台被测设备进行试验时，容性耦合夹和非被测设备之间必须插入一个去耦网络。

2) 电快速瞬变脉冲群发生器必须搭接到接地参考平面。

图 5 电快速瞬变脉冲群抗干扰试验布置（输入/输出和通信端口）

- 将被测设备按照图 4 所示的布置放在 $0.1m \pm 0.01m$ 高的绝缘板上，被测设备应按照产品制造商的安装规范连接到接地系统上，不允许有额外的接地；
- 将被测设备的测试端口用导线连接起来，与被测设备相连接的所有电缆应放置在接地参考平面

上方 0.1m 的绝缘板上，不经受电快速瞬变脉冲群的电缆布线应尽量远离待测电缆，以使电缆间的耦合最小化；

- c) 除非其它产品标准或产品类标准另有规定，耦合装置和被测设备之间的信号线和电源线的长度应为 $0.5\text{m} \pm 0.05\text{m}$ ，如果制造商提供的与设备不可拆卸的电源电缆长度超过 $0.5\text{m} \pm 0.05\text{m}$ ，那么电缆超出长度的部分应折叠，以避免形成一个扁平的环形，测试线缆应放置于接地参考平面上方 0.1m 处；
- d) 在使用容性耦合夹时，除容性耦合夹下方的接地参考平面外，耦合板和所有其他导电性结构之间的最小距离为 0.5m，接地参考平面的各边至少应比被测设备超出 0.1m；
- e) 试验电压应耦合到被测设备的所有端口；
- f) 对样品的电源线端口进行试验时，脉冲群干扰实际上是加在电源线与参考地之间，即加在电源线上的干扰是共模干扰。

5.5 试验等级和判定标准

- a) 试验严酷等级见表 2。
- b) 性能判定标准见表 3。

表 2 试验等级要求

开路输出试验电压和脉冲的重复频率				
等级	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
I	0.5	5 or 100	0.25	5 or 100
II	1	5 or 100	0.5	5 or 100
III	2	5 or 100	1	5 or 100
IV	4	5 or 100	2	5 or 100
X	特定	特定	特定	特定

注：1) X 是一个开放等级，对特定设备有特殊规定；
2) 习惯上是使用 5kHz，然而 100kHz 更接近于实际。产品技术委员会可针对特殊产品或产品类型来确定其频率。

表 3 试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	C	B	A	A
II	C	C	A	A
III	D	C	A	A
IV	D	D	B	A

6 浪涌(冲击)抗干扰试验

6.1 参考标准

本部分参考 IEC 61000-4-5—2005、GB/T 17626.5—2008 制定，凡是按本部分规定执行的产品均符合 IEC 61000-4-5—2005、GB/T 17626.5—2008 要求。

6.2 适用范围和试验目的

6.2.1 本部分适用于直流和交流（单相或三相）供电的纯电动汽车、混合动力汽车电子零部件或系统（总成）的测试。

6.2.2 试验目的：用于检验产品经受间接雷击和电网系统因切换大型负载时产生的扰动的能力。

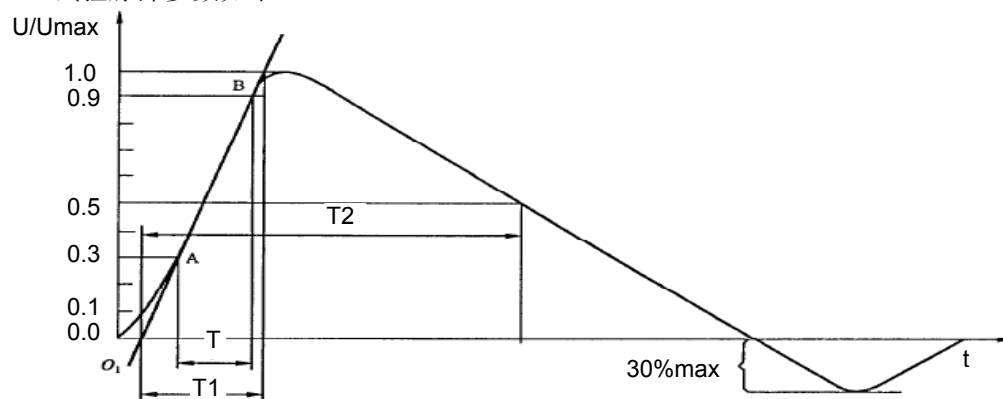
6.3 试验要求

- a) 试验设备应符合 IEC 61000-4-5—2005、GB/T 17626.5—2008 要求，对连接到电源线和短距离

信号互连线的端口，使用 1.2/50 μ s 组合波发生器，发生器有效输出阻抗为 $2 \times (1 \pm 10\%) \Omega$ 。

b) 根据实际情况，可以在施加试验脉冲期间和/或之后，对被测设备的功能进行评价。

c) 试验脉冲参数如下：

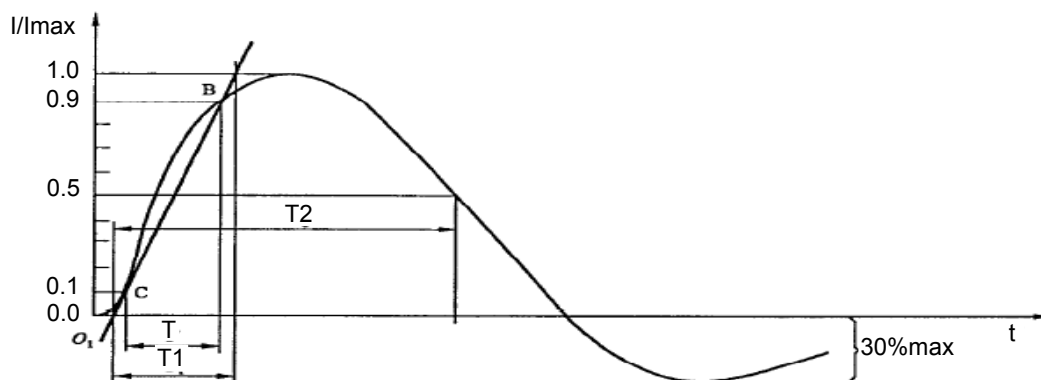


注：电压为归一化电压

波前时间： $T_1 = 1.67 \times T = 1.2 \times (1 \pm 30\%) \mu\text{s}$ ；半峰值时间： $T_2 = 50 \times (1 \pm 20\%) \mu\text{s}$

耦合去耦网络输出端开路电压波形可能存在较大的下冲，在标准规定的范围内也是符合要求的。

图 6 1.2/50 μ s 组合波形发生器的开路电压波形（未连接 CDN）



波前时间： $T_1 = 1.25 \times T = 8 \times (1 \pm 20\%) \mu\text{s}$ 半峰值时间： $T_2 = 20 \times (1 \pm 20\%) \mu\text{s}$

图 7 8/20 μ s 组合波形发生器的短路电流波形（未连接 CDN）

6.4 试验布置及试验方法

- 试验布置参照电快速瞬变脉冲群抗干扰试验的布置情况，见图 4 和图 5。
- 如果没有其他规定，被测设备和耦合/去耦网络之间的电源线长度不应超过 2m。
- 对于没有地线或外部接地连接的双重绝缘产品，测试应按与接地设备类似的方法进行，但是不允许添加额外的外部接地连接。如没有其他接地的可能，可以不进行线到地测试。
- 除非相关的产品标准有规定，施加在直流电源端和互连线上的浪涌脉冲次数应为正、负极性各 5 次，对交流电源端口，应分别在 0° 、 90° 、 180° 、 270° 相位施加正、负极性各 5 次的浪涌脉冲。
- 连续脉冲间的时间间隔为 1 分钟或更短。
- 当进行线-地试验时，如果没有其他规定，应依次对每根线进行试验。
- 试验电压需从低等级逐步增加到产品标准或试验计划/报告中规定的试验等级，所有较低等级（包括选择的试验等级）均应满足要求。

6.5 试验等级和判定标准

- 试验严酷等级见表 4。
- 性能判定标准见表 5。

表 4 试验等级要求

等级	开路试验电压(± 10%), kV
I	0.5
II	1
III	2
IV	4
X	特定
注：X 为开放等级，可在产品要求中规定	

表 5 试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	C	B	A	A
II	C	C	A	A
III	D	C	A	A
IV	D	D	B	A

7 电压暂降、短时中断和电压变化抗干扰试验

7.1 参考标准

本部分参照 GB/T 17626. 11—2008、IEC 61000-4-11—2004 和 GB/T 17626. 29—2006、IEC 61000-4-29—2000 制定。

7.2 适用范围和试验目的

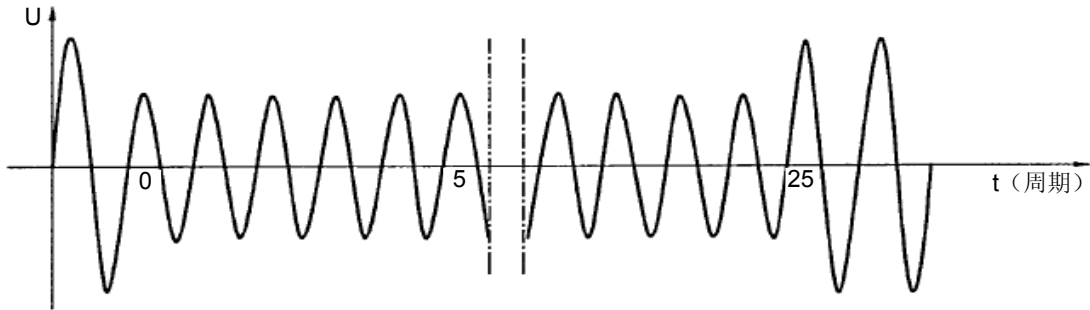
7.2.1 本部分适用于额定输入电流每相不超过 16A、连接到 50Hz 或者 60Hz 的单相或三相交流网络的电气和电子设备以及用于外部直流网络供电的设备的低电压直流电源端口。

7.2.2 试验目的：为了评估电气和电子设备对由于电网、电力设施的故障（如短路）或负荷突然出现大的变化引起的电压暂降、短时中断和电压变化的抗干扰能力。

注：直流系统的电压暂降、短时中断主要是由直流配电系统的故障或负荷突然出现大的变化引起的，这些因素可能会导致出现两次或多次连续的暂降或中断。电压变化主要是由电池系统的充放电引起的，电压变化是突然的，持续时间是 μs 级。当直流网络的负载出现显著变化时也会引起电压变化。这些现象是随机发生的，并且能用与额定电压的偏离和持续时间来表征。电压暂降和短时中断不总是突发的。

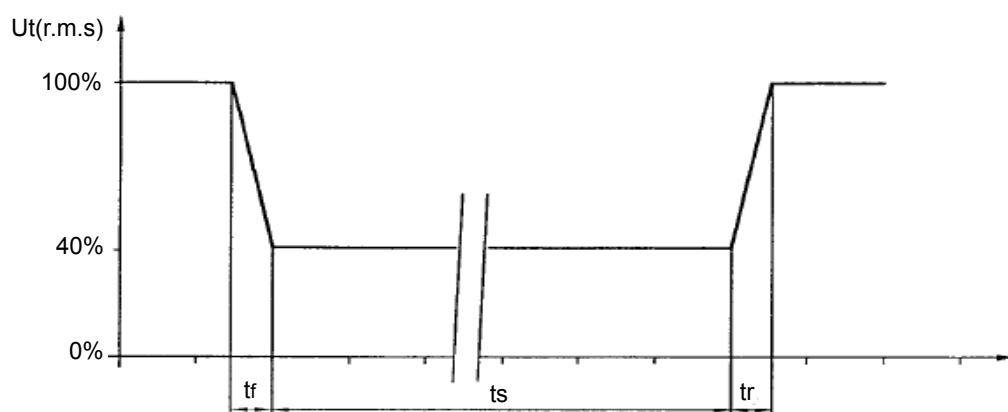
7.3 试验要求

根据实际情况，可以在施加试验脉冲期间和/或之后，对被测设备的功能进行评价。电压暂降、短时中断和电压变化的试验波形见图 8、图 9、图 10、图 11。



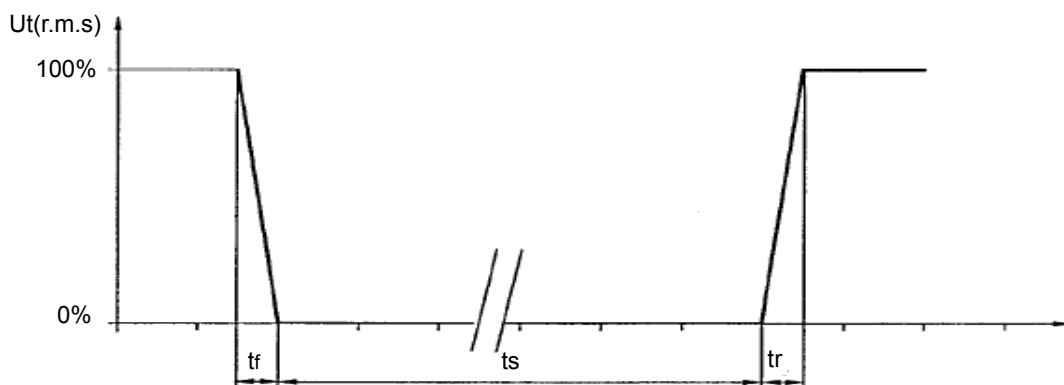
注：电压减少到 70%，持续 25 个周期，在 0 处突变

图 8 电压暂降——70%电压暂降正弦波波形图



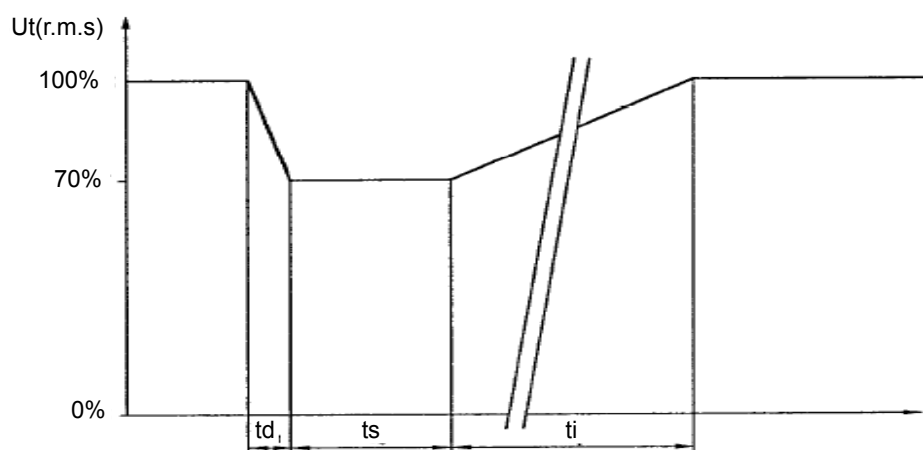
注：tr 电压上升时间，tf 电压下降时间，ts 电压降低后持续时间。

图 9 电压暂降——40%电压暂降均方根值图



注：tr 电压上升时间，tf 电压下降时间，ts 电压降低后持续时间。

图 10 短时中断试验波形图



注：td 减少所需时间，ti 电压增加所需时间，ts 电压降低后持续时间。

图 11 电压变化试验波形图

7.4 试验布置及试验方法

7.4.1 交流电源端口试验方法

- 用被测设备制造商规定的，最短的电源电缆把被测设备连接到试验发生器上进行试验，如果无电缆长度规定，则应是适合于被测设备所用的最短电缆。
- 用于电快速瞬变脉冲群抗干扰试验的布置也适用于此试验，试验详细布置参考图 4，本部分描述三类现象的试验布置：

- 电压暂降；
- 短时中断；
- 在额定电压和变化后的电压之间平缓过渡过程的电压变化。

- c) 被测设备应按每一种选定的试验等级和持续时间组合，顺序进行 3 次电压暂降或中断试验，最小间隔 10s（两次试验之间的间隔）均应在每个典型的工作模式下进行试验。
- d) 对于电压暂降，电源电压的变化发生在电压过零处，如果供应商或试验计划中规定需要附加测试的几个角度，每相优先选择 45°、90°、135°、180°、225°、270° 和 315°。对于短时中断，由供应商或试验计划中规定，根据最坏情况来规定角度，如果没有规定，建议任选一相，在相位角为 0° 时进行测试。
- e) 对于三相系统的短时中断试验，三相应同时进行试验。
- f) 对于具有中线的三相系统的电压暂降试验，每次单独测量一个电压（相-中，相-相）；对于不具有中线的三相系统的电压暂降试验，每次单独对相-相电压进行试验。

注：对于三相系统，在相线对相线电压的暂降过程中，电压的变化最好在其他一个或者两个电压上进行。

- g) 对于带有一根以上电源线的被测设备，在每根电源线都应单独进行试验。
- h) 对被测设备进行每一种规定的电压变化试验，应在最典型的运行方式下进行 3 次试验，其间隔 10s。

7.4.2 直流电源端口试验方法

- a) 用被测设备制造商规定的，最短的电源电缆进行试验，如果无电缆长度规定，则应是适合于被测设备所用的最短电缆。
- b) 试验时，应监测试验发生器的输出电压，使其具有优于±2%的准确度。
- c) 电压暂降和短时中断试验时，被测设备应按每一种选定的试验等级和持续时间组合，顺序进行 3 次暂降或中断试验，最小间隔 10s，在每种典型的运行方式下进行试验。短时中断试验时，试验发生器应设置在以下两种情况下进行：
 - 阻断来自负载的反向电流（高阻抗）；
 - 吸收负载的反向冲击电流（低阻抗）。
- d) 电压变化试验时，对被测设备进行每一种规定的电压变化，在最典型的运行方式下进行 3 次试验，试验之间的间隔为 10s。

7.5 试验等级和判定标准

- a) 交流/直流电源端口试验严酷等级见表 6、表 8、表 10。
- b) 交流/直流电源端口性能判定标准见表 7、表 9、表 11。

表 6a 电压暂降（AC）试验等级要求

等级	电压暂降等级和试验持续时间	
I	0%	0.5 周期
II	0%	1 周期
III	40%	10/12 周期
IV	70%	25/30 周期
V	80%	250/300 周期
X	特定	

注：1) X 为开放等级，可在产品要求中规定。
 2) 试验等级 40%为相对于暂降后剩余电压为参考电压的 40%，10/12 周期是指 50Hz 试验采用 10 周期，60 Hz 试验采用 12 周期。

表 6b 电压暂降（DC）试验等级要求

等级	电压降等级/%Ut	试验持续时间/s
I	40%和 70%	0. 01
II		0. 03
III		0. 1
IV		0. 3
V		1
X	特定	
注： 1) X 为开放等级，可在产品要求中规定。 2) 试验等级 40%为相对于暂降后剩余电压为参考电压的 40%。		

表 7 电压暂降（AC/DC）试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	C	B	A	A
II	C	C	A	A
III	D	C	A	A
IV	D	D	B	A
V	D	D	B	A

表 8a 短时中断（AC）试验等级要求

等级	电压暂降等级和试验持续时间	
I	0%	250/300 周期
X	特定	
注：1） X 为开放等级，可在产品要求中规定。 2） 试验等级 0%为相对于暂降后剩余电压为参考电压的 0%，即完全中断。250/300 周期是指 50Hz 试验采用 250 周期，60 Hz 试验采用 300 周期。		

表 8b 短时中断（DC）试验等级要求

等级	试验条件	电压降等级/%U _t	试验持续时间/s
I	高阻抗 和/或 低阻抗	0%	0.001
II			0.003
III			0.01
IV			0.03
V			0.1
VI			0.3
VII			1
X			特定
注：1) X 为开放等级，可在产品要求中规定。 2) 试验等级 0%为相对于暂降后剩余电压为参考电压的 0%，即完全中断。			

表 9a 短时中断（AC）试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	D	D	B	A

表 9b 短时中断（DC）试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	C	B	A	A
II	C	B	A	A
III	C	C	B	A
IV	D	C	B	A
V	D	D	B	A
VI	D	D	B	A
VII	D	D	C	A

表 10a 电压变化（AC）试验等级要求

等级	电压暂降等级和试验持续时间		
	电压试验等级	降低后电压维持时间	电压恢复时间
I	70%	1 周期	25/30 周期
X	特定		

注：1） X 为开放等级，可在产品要求中规定
2） 试验等级 70%为相对于暂降后剩余电压为参考电压的 70%， 25/30 周期是指 50Hz 试验采用 25 周期，60 Hz 试验采用 30 周期。

表 10b 电压变化（DC）试验等级要求

等级	电压暂降等级/%Ut	试验持续时间/s
I	85%和 120% 或 80%和 120%	0.1
II		0.3
III		1
IV		3
V		10
X	特定	

注：1） X 为开放等级，可在产品要求中规定。
2） 试验等级 85%为相对于暂降后剩余电压为参考电压的 85%。

表 11a 电压变化（AC）试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	D	D	B	A

表 11b 电压变化（DC）试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	C	B	A	A
II	C	B	A	A
III	D	C	B	A
IV	D	C	B	A
V	D	D	C	A

8 谐波电流发射试验

8.1 参考标准

本部分参考 IEC 61000-3-2—2009、GB/Z 17625.6—2003 制定，凡是按本部分规定执行的产品均符合 IEC 61000-3-2—2009、GB/Z 17625.6—2003 要求。

8.2 适用范围和试验目的

8.2.1 本部分适用于准备接入到公用低压供电系统的每相输入电流不大于 16A 的车载电子电气产品，和每相额定输入电流大于 16A，与下列公用低压交流供电系统连接的的车载电子电气产品：

- 标称电压 240V 及以下，单相，两线或三线制；
- 标称电压 600V 及以下，三相，三线或四线制；
- 标称频率 50Hz。

对于每相输入电流不大于 16A 的产品，适用于电源输入端与电压为 220 V /380 V、频率 50Hz 的供电系统相连的设备。

8.2.2 试验目的：考核被测设备注入到公用低压供电系统中的谐波电流是否符合限值要求。

8.3 试验要求

a) 试验设备应符合 IEC 61000-4-7—2004 要求。

b) 试验电源要求：

——试验电压应为被测设备的额定电压，单相和三相（线-线）电源的试验电压应分别为 220V 和 380V。输出电压变化范围应保持在 $\pm 2.0\%$ 之内，频率变化范围应保持在 $\pm 0.5\%$ 之内。

——三相试验电源的每一对相电压基波之间的相位角应为 $120^\circ \pm 1.5^\circ$ 。

——当被测设备按正常运行方式连接时，试验电压的谐波含有率不应超过下列值：

3次谐波：0.9%；

5次谐波：0.4%；

7次谐波：0.3%；

9次谐波：0.2%；

2次~10次偶次谐波：0.2%；

11次~40次谐波：0.1%。

8.3.1 每相输入电流不大于 16A 的产品要求如下：

a) 发射测量应在用户控制下或自动程序设定在正常工作状态下，预计产生最大总谐波电流(THC)的模式进行。这是规定了发射试验时设备的配置，而不是要求测量 THC 值或寻找最恶劣状态下的发射；

b) 谐波电流的测量应按下列要求进行：

——对于每一次谐波，在每一个 DFT(离散傅氏变换)时间窗口内测量 1.5 s 的平滑有效值谐波电流；

——在整个试验观察周期内，计算由 DFT 时间窗口得到的测量值的算术平均值。

注：“1.5s 平滑有功输入功率”中“平滑”定义为通过 1.5 s 一阶低通滤波器。

c) 安装在机架或箱体内的各个独立设备，可分别连接到电源时，则不必把机架或箱体作为一个整体进行试验；

d) 开始和终止，当手动或自动地将一台设备投入或退出运行，开关动作后第一个 10s 内的谐波电流和功率不予以考虑，被测设备不应在待机模式下超过任何观测周期的 10%；

e) 重复性，当满足下列情况时，测量的重复性应优于 $\pm 5\%$ ：

——相同的被测设备(不是同型号中的另一台，但可能类似)；

——一致的试验条件；

——相同的测试系统；

——一致的环境条件。

f) 限值的应用：

——在整个试验观察周期内得到的单个的谐波电流的平均值应不大于所采用的限值；

——对于每一次谐波，所有的 1.5s 的谐波电流平滑均方根值应不大于所应用限值的 150%；

——实际测量小于输入电流的 0.6 %或小于 5mA 的谐波电流，无论哪一个较大，可不予考虑；

——对于 21 次及以上的奇次谐波，按 1.5s 的平滑均方根值计算的整个观察周期中每单个谐波的平均值，只要满足下列条件，可以超过应用的限值的 50%：

测量的部分奇次谐波电流值不超过应用限值计算而得出的部分奇次谐波电流值；

全部 1.5 s 的单个谐波电流平滑均方根值应不大于所应用限值的 150%。

——此限值仅适用于相线电流而非中线电流，对于单相设备，允许测量中线电流替代相线电流。

g) 试验参数设定：

- 测量时间窗窗口宽度为：10（50Hz）或 12（60Hz）个基波周期，即 200ms 时间长度；
- 试验的观察周期依据表 12 选择。

表 12 试验观察周期

设备运行类型	观察周期
准稳态	T_{obs} 应有足够的持续时间以满足试验重复性的要求
短周期 ($T_{obs} \leq 2.5 \text{ min}$)	$T_{obs} \geq 10$ 周期或 T_{obs} 应有足够的持续时间或“同步”以满足试验重复性的要求
随机	T_{obs} 具有足够的周期以满足试验重复性的要求
长周期 ($T_{obs} > 2.5 \text{ min}$)	全部设备程序的周期(参考法)或典型的 2.5 min 制造商认为产生最大 THC 的操作周期
注：1) “同步”意味着总的观察周期是足够闭合的，包括一个准确完整的设备运行周期量，以满足 8.3.1 第 (e) 条中对重复性的要求。	

8.3.2 对于每相额定输入电流大于 16A 的产品要求如下：

- 此限值适用于各种类型的电源线及负载的相线电流，低于输入基波电流 0.6% 的单次谐波电流可不考虑。
- 当一台设备投入或退出运行时，不论是手动或自动控制，持续时间不大于 10s 的谐波电流不超过相应等级所给限值的 1.5 倍。
- 对于 2 次~10 次的偶次谐波电流及 3 次~19 次的奇次谐波电流，在任意 2.5min 观测周期的 10% 的最大持续时间内的各次谐波，允许其为此限值的 1.5 倍。
- 对于几个独立部件组成并具有公共电源线的被测设备，应按被测设备总的输入电流，与此限值比较。
- 以下有三个评估等级，如果设备满足其中之一，则允许接入供电系统。

——第 1 级：简化连接；

——第 2 级：根据电网和设备参数的连接；

——第 3 级：根据用户协议功率的连接。

对于每相输入电流大于 75A 的设备，在任何情况下适用于等级 III。

f) 重要概念：

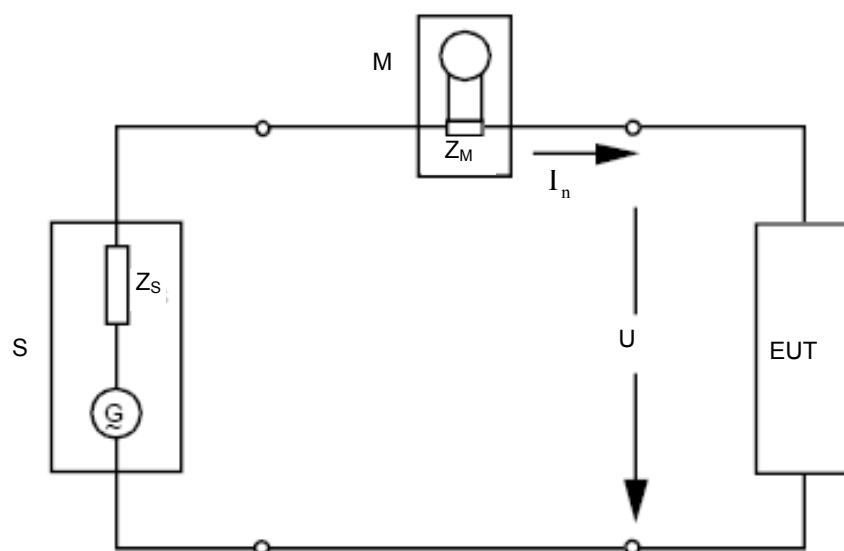
——短路容量 S_{sc} ：三相短路容量由系统标称电压 $U_{nominal}$ 和公共耦合点处的阻抗 Z 计算得到， $S_{sc} = U_{nominal}^2 / Z$ 。

——被测设备的额定视在功率 S_{equ} ：由被测设备的额定相线电流有效值 I_{equ} 与额定电压 U_P （单相）或 U_i （相间）计算乘积得到的值，如对单相被测设备 $S_{equ} = U_P I_{equ}$ 。

——短路比 R_{SCe} ：短路容量与被测设备视在功率的比值。短路比大，是指这个被测设备接到一个强的系统中，表明被测设备的投切对系统影响不大。

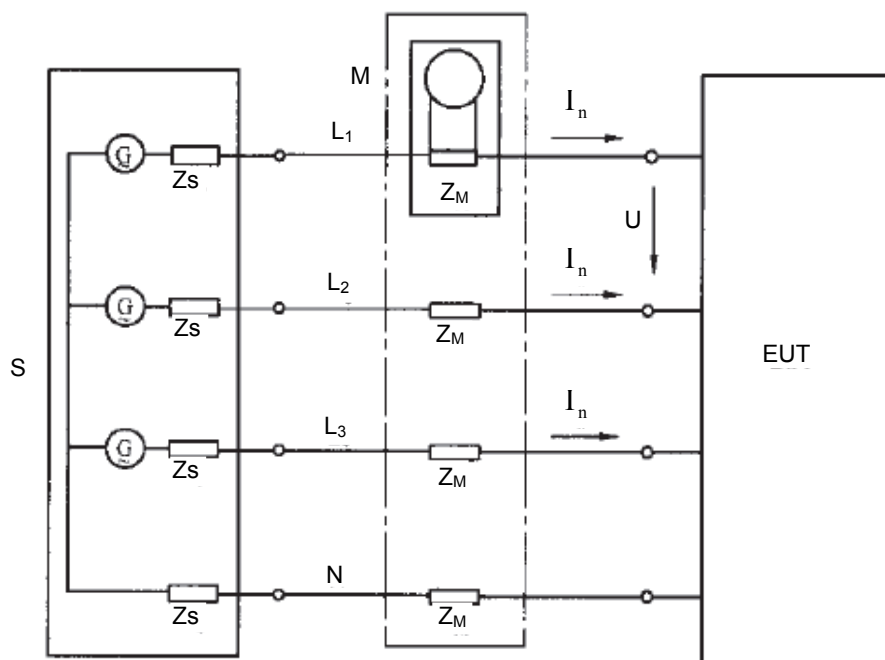
8.4 试验布置

本部分试验布置无特殊要求。对于每相输入电流不大于 16A 的产品布置如图 12a 和图 12b。每相额定输入电流大于 16A 的产品布置如图 12c 和图 12d。



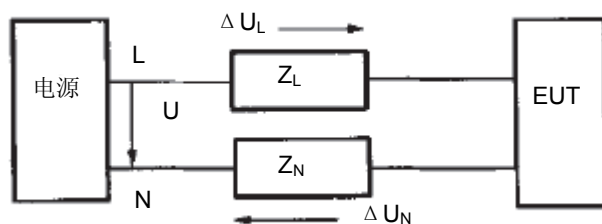
注：1) S: 供电电源； 2) EUT: 被测设备； 3) Z_M : 测量设备的输入阻抗； 4) I_n : 线电流的的n次谐波分量；
5) M: 测量设备； 6) U: 试验电压； 7) Z_S : 试验电源的内阻抗； 8) G: 供电电源的开路电压。

图 12a 单相被测设备测试电路示意图



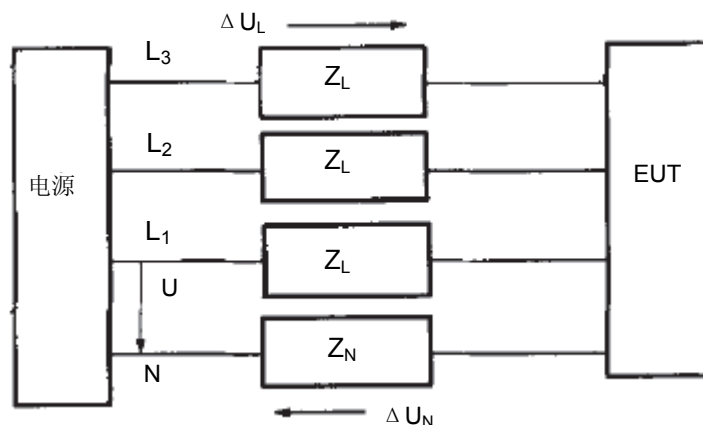
注：1) S: 供电电源； 2) EUT: 被测设备； 3) Z_M : 测量设备的输入阻抗； 4) I_n : 相线电流的的n次谐波分量；
5) M: 测量设备； 6) U: 试验电压； 7) Z_S : 试验电源的内阻抗； 8) G: 供电电源的开路电压。

图 12b 三相被测设备测试电路示意图



注：1) U：电源的相线-中线电压； 2) Z_L , Z_N ：导线及电流探头的阻抗； 3) EUT：被测设备； 4) ΔU_N ： Z_L 和 Z_N 电压降之和； 5) L：相线； 6) N：中线

图 12c 单相被测设备谐波电流发射测试电路



注：1) U：电源的相线-中线电压； 2) Z_L , Z_N ：导线及电流探头的阻抗； 3) EUT：被测设备； 4) ΔU_N ： Z_L 和 Z_N 电压降之和，相间； 5) $L_1 \sim 3$ ：相线； 6) N：中线

图 12d 三相被测设备谐波电流发射测试电路

8.5 判定标准

8.5.1 对于每相输入电流不大于 16A 的 A 类设备，试验限值见表 13a。

表 13a 谐波电流发射的限值（A 类设备）

谐波次数, n		最大允许谐波电流, A
奇次谐波	3	2.30
	5	1.14
	7	0.77
	9	0.40
	11	0.33
	13	0.21
	$15 \leq n \leq 39$	$0.15 \times 15/n$
偶次谐波	2	1.08
	4	0.43
	6	0.30
	$8 \leq n \leq 40$	$0.23 \times 8/n$

8.5.2 对于每相额定输入电流大于 16A 的产品试验限值见下表 13b。

——第 1 级：简化连接，被测设备发射到公用供电系统的谐波电流符合表 13b(1)的限值，则可连接到短路比 R_{SCe} 等于或大于 33 的供电系统任何点；

——第2级：根据电网和被测设备参数的连接，对于不符合表 13b(1) 谐波电流发射值的被测设备，若短路比 $R_{SCe} > 33$ ，则允许有较高的谐波电流发射限值；

——第3级：根据用户协议功率的连接，如果被测设备不满足第1级和第2级的条件，或被测设备的输入电流大于 75A，则供电部门可根据用户协议的有功功率同意被测设备的连接。

表 13b 谐波电流发射的限值

(1) 第1级简化连接设备的谐波电流发射限值 ($R_{SCe} \geq 33$)

谐波次数 n	允许的谐波电流 $I_n / I_1^{(a)} / \%$	谐波次数 n	允许的谐波电流 $I_n / I_1^{(a)} / \%$
3	21.6	21	≤ 0.6
5	10.7	23	0.9
7	7.2	25	0.8
9	13.8	27	≤ 0.6
11	3.1	29	0.7
13	2	31	0.7
15	0.7	≥ 33	≤ 0.6
17	1.2		
19	1.1	偶次	$\leq 8/n$ 或 ≤ 0.6

(α) I_1 = 基波电流额定值； I_n = 谐波电流分量。

(2) 第2级单相、相间及不平衡三相被测设备的谐波电流发射限值

R_{SCe} 最小值	谐波电流畸变率/%		各次谐波电流值 $I_n / I_1^{(a)} / \%$					
	THD	PWHD	I3	I5	I7	I9	I11	I13
66	25	25	23	11	8	6	5	4
120	29	29	25	12	10	7	6	5
175	33	33	29	14	11	8	7	6
250	39	39	34	18	12	10	8	7
350	46	46	40	24	15	12	9	8
450	51	51	40	30	20	14	12	10
600	57	57	40	30	20	14	12	10

注：1) 相关的偶次谐波分量不能超过 $16/n\%$ ；2) 允许相邻的 R_{SCe} 各值之间采用线性插值；3) 对于不平衡三相被测设备，这些值适合于每一相。

(α) I_1 = 基波电流额定值； I_n = 谐波电流分量。

(3) 第3级平衡三相被测设备的谐波电流发射限值

R_{SCe} 最小值	谐波电流畸变率/%		各次谐波电流值 $I_n / I_1^{(a)} / \%$			
	THD	PWHD	I5	I7	I11	I13
66	16	25	14	11	10	8
120	18	29	16	12	11	8
175	25	33	20	14	12	8
250	35	39	30	18	13	8
350	48	46	40	25	15	10
450	58	51	50	35	20	15
600	70	57	60	40	25	18

注：1) 相关的偶次谐波分量不能超过 $16/n\%$ ；2) 允许相邻的 R_{SCe} 各值之间采用线性插值。

(α) I_1 = 基波电流额定值； I_n = 谐波电流分量。

9 电压波动及闪烁试验

9.1 参考标准

本部分参考 IEC 61000-3-3—2008、GB/Z 17625.3-2000 制定，凡是按本部分规定执行的产品均符合 IEC 61000-3-3—2008、GB/Z 17625.3-2000 要求。

9.2 适用范围和试验目的

9.2.1 本部分适用于准备无条件接入到公用低压供电系统（相电压为 220V~250V，频率 50 Hz），且输入电流不大于 16A 的车载电子电气产品，和准备接入到公用低压交流系统中每相额定输入电流大于 16A 的设备。

9.2.2 试验目的：考核在一定条件下被测设备可能产生的电压波动及闪烁是否符合限值要求。

9.3 试验要求

9.3.1 输入电流不大于 16A 的要求：

a) 试验设备应符合 IEC 61000-4-15—2003 要求。

b) 试验电源电压要求

——试验电压应为单相 220V 或三相 380V，变化范围应保持在±2.0%之内，频率变化范围应保持在±0.5%之内，电源电压总谐波失真率应小于 3%；

——如果 P_{st} 值小于 0.4，则试验期间可忽略试验电源电压的波动；

——每次试验都应验证上述条件是否满足。

c) 电压测量可在参考阻抗的电源端和设备端上进行，在此情况下，在电源端测量的最大相对电压变化 d_{max} 应小于被测设备端测量的最大值 d_{max} 的 20%。

d) 对于一次正常运行超过 30min 的被测设备，一般需对 P_{lt} 进行评定。

e) 对于用闪烁计测量、闪烁模拟、解析法来评定闪烁值的情况，其观察时间规定如下：对 P_{st} ，观察时间为 10min，对 P_{lt} ，观察时间为 2h。

——观察时间应包含被测设备在整个运行周期里所产生最不利电压变化结果的那部分时间；

——对 P_{st} 评定时，运行周期应连续地重复，当被测设备运行周期小于观察时间且在运行周期结束时自动停止的情况下，重新启动的最少时间应计入观察时间里；

——对 P_{lt} 评定时，当被测设备的运行周期小于 2h 并且通常不连续使用的情况下，运行周期不应重复。

例如：假设被测设备运行周期为 45min，那么在 50min 的时间内应连续测量 5 个 P_{st} 值，但在 2h 的观察时间里剩余的 7 个 P_{st} 值将被认为是 0。

f) 当设备具有几个独立控制电路时，下述试验条件适用：

——只要控制电路不是设计成同时切换并打算独立使用时，则每个控制电路都应作为被测设备的一个运行模式进行试验；

——如果独立电路的控制设计成同时切换，则这组控制电路可作为设备的一个单独部分进行试验；

——对控制系统仅调节负载的某个部分时，应考虑该负载的每个可变部分单独产生的电压波动。

g) 本部分定义的 P_{st} 和 P_{lt} 要求不适用于由手动开关引起的电压变化，本部分不适用于应急开关动作或紧急中断的情况下引起的电压变化；

h) 相对电压变化特性曲线各参数定义见图 13。

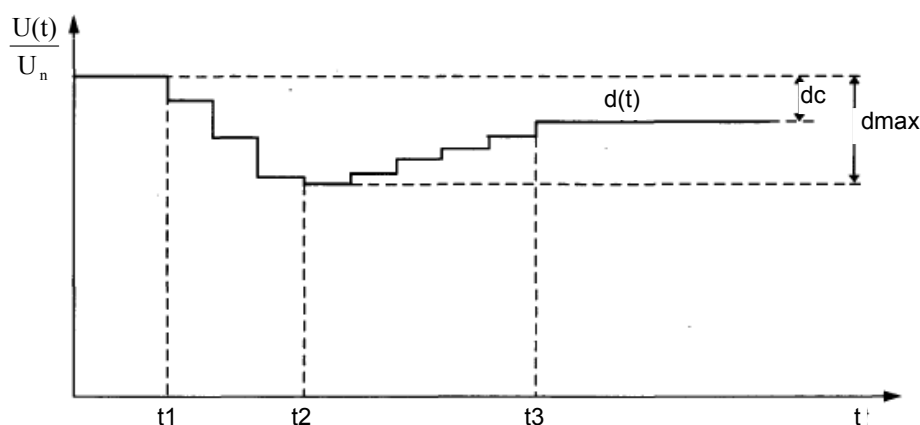


图 13 相对电压变化特性曲线

9.3.2 每相额定输入电流大于 16A 的要求:

a) 对于评定不同类型电压变化引起的闪烁测量方法见以上部分“输入电流不大于 16A 的要求”;

b) 额定输入电流不大于 75A 测量程序:

—— Z_{sys} 表示被测设备可能接入的系统的阻抗, Z_{ref} 是参考阻抗, *表示测量或计算, Z^* 是试验电路的阻抗;

——对额定输入电流不大于 16A 的设备, 试验电路阻抗 $Z^* = Z_{ref}$, 对额定输入电流大于 16A 的设备, 试验电路阻抗 $Z^* < Z_{ref}$; 为了找出最优的试验电路阻抗, 应满足:

由设备引起的电压降 ΔU 应该在 3%~5%之间;

阻抗的电阻分量和感抗分量之比 R^* / X^* 应该在 0.5~0.75 之间 (与参考阻抗类似)。

——按图 14 的试验电路进行试验, 但试验电路中 Z_{ref} 用 Z^* 代替, 应该测量 4 个值: d_c^* 、 d_{max}^* 、 P_{st}^* 、 P_{lt}^* 。其中“*”表示这四个值是用 Z^* 而不是用 Z_{ref} 进行测量的。

——按照 Z_{ref} 进行计算, 如果 $Z^* \neq Z_{ref}$, 这些测量值应重新计算, 例如 $d_c = d_c^* * Z_{ref} / Z^*$, 这样计算出的值 d_c 、 d_{max} 、 P_{st} 、 P_{lt} 是与用参考阻抗测量得到的值近似相等的。

c) 额定输入电流大于 75A 的设备的评估:

——按照实际的系统阻抗来评估被测设备。对 d_c 和 d_{max} 的限值与输入电流不大于 16A 的被测设备限值相同, 对 P_{st} 和 P_{lt} 推荐的限值为:

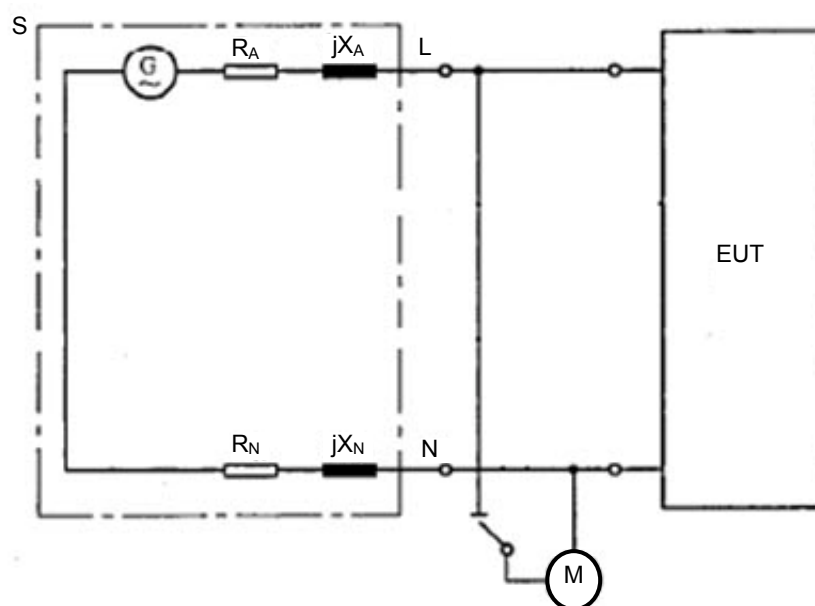
$$P_{st} = (S_L / S_{TR})^{1/2}$$

——其值的范围 $0.6 < P_{st} < 1$; 式中 S_L 是要连接的负荷的额定视在功率, S_{TR} 是 MV/LV 配电变压器的额定视在功率。

$$P_{lt} = 0.65 P_{st}$$

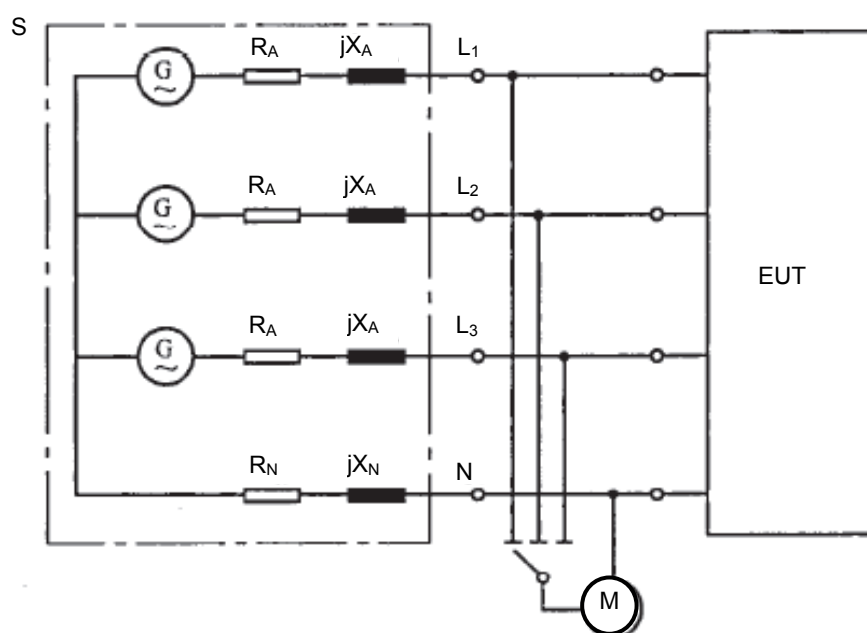
9.4 试验布置

本部分试验布置无特殊要求。单相和三相被测设备测试电路示意图见图 14a 和图 14b。



注： 1) EUT：被测设备； 2) M：测量设备； 3) S：由电源电压发生器 G 和参考阻抗 Z 组成的供电电源，Z 由下列元件组成：50Hz 时， $R_A=0.24\Omega$ ， $jX_A=0.15\Omega$ ， $R_N=0.16\Omega$ ， $jX_N=0.10\Omega$ ；G 电压源； 4) L：火线； 5) N：零线。

图 14a 单相被测设备测试电路示意图



注： 1) EUT：被测设备； 2) M：测量设备； 3) S：由电源电压发生器 G 和参考阻抗 Z 组成的供电电源，Z 由下列元件组成：50Hz 时， $R_A=0.24\Omega$ ， $jX_A=0.15\Omega$ ， $R_N=0.16\Omega$ ， $jX_N=0.10\Omega$ ；G 电压源； 4) L：火线； 5) N：零线。

图 14b 三相被测设备测试电路示意图

9.5 判定标准

本部分限值适用于被测设备电源端。

a) 输入电流不大于 16A 的限值如下：

—— P_{st} 值不大于 1.0；

—— P_{lt} 值不大于 0.65；

——在电压变化期间 $d_{(t)}$ 值超过 3.3% 的时间不大于 500ms；

- 相对稳态电压变化 d_c 不超过 3.3%;
- 最大相对电压变化 d_{\max} 不超过 4%。
- b) 额定输入电流大于 16A 但不大于 75A 的限值, 满足 a) 中限值即可。
- c) 额定输入电流大于 75A 的限值如下:
 - 相对稳态电压变化 d_c 不超过 3.3%;
 - 最大相对电压变化 d_{\max} 不超过 4%;
 - $P_{st} = (S_L / S_{TR})^{1/2}$, 其值的范围 $0.6 < P_{st} < 1$;
 - $P_{lt} = 0.65 P_{st}$, 即其值的范围 $0.39 < P_{lt} < 0.65$ 。

10 谐波、谐间波低频抗干扰试验

10.1 参考标准

本部分参考 IEC 61000-4-13—2009 制定, 凡是按本部分规定执行的产品均符合 IEC 61000-4-13—2009 要求。

10.2 适用范围和试验目的

10.2.1 本部分适用于准备接入到公用低压供电系统(频率 50 Hz), 且每相额定电流不大于 16A 的车载电子电气产品。

10.2.2 试验目的: 考核被测设备对骚扰频率最高 2kHz 的谐波、谐间波和电网信号频率的抗干扰能力。

10.3 试验要求

- a) 试验设备应符合 IEC 61000-4-7-2004 要求。
- b) 本部分 f_1 定义为供电网络标称基波频率, U_1 定义为供电网络标称基波电压, h 定义为谐波次数;
- c) 试验期间, 应按照试验严酷等级相应表格中标明的百分比调节基波和谐波电压值, 使合成电压波形的均方根值保持为供电网络标称值;
- d) 谐波组合试验和扫频试验的试验等级超过单次谐波试验的试验水平;
- e) 谐波组合试验, 包括平顶波和尖顶波两个试验, 每次试验时间为 2min;
- f) 频率扫频试验中遇到被测设备性能异常的频率点以及所有谐振点, 应驻留, 在每个频率点驻留时间至少为 120s, 谐振点可以利用示波器、频谱分析仪或其它可比的方法来观察;
- g) 谐振点应具有下述特点: 如果在某一恒定谐波电压幅度下, 谐波或谐间波电流在频率 f 达到最大值, 并在 $1f \sim 1.5f$ 频率范围内谐波电流衰减至少 3dB, 则该频率应作为一个谐振频率; 如果产生了最大谐波电流, 而幅度在 $1f \sim 1.5f$ 频率范围内发生变化, 则必须在较低但恒定的幅值下重新搜索谐振点; 谐振点的确定应在完成扫频试验时进行;
- h) 对等级 II 的产品, 进行 Meister 曲线试验。
- i) 对于三相被测设备试验, 谐波或谐间波畸变电压应同时施加在三相的相线-中性点, 并且每个相线-中性点电压中的谐波应与相应的基波电压波形有相同的相位关系, 即相互有 120° 相位移, 正如通常在低压网络中观察到的那样, 三相的波形是相同的。本方法要求试验发生器的输出有中性点, 并且不应有不传输同极性的 3 的倍数次谐波的三相输出变压器;
- j) 电网信号试验等级包含 100Hz 以上谐间波的抗干扰试验等级, 并可按 Meister 曲线来选择电网信号水平在 U_1 的 2%~6% 范围, 离散的谐间波频率的幅度为基波电压 U_1 的 0.5% 左右(无谐振时); 对工业网络可采用等级 III, 也可以采用更高等级;
- k) 等级 I、II 试验流程按照图 15 执行, 等级 III 试验流程按照图 16 执行;
- l) 本部分适用的产品各项试验按等级 II 执行。

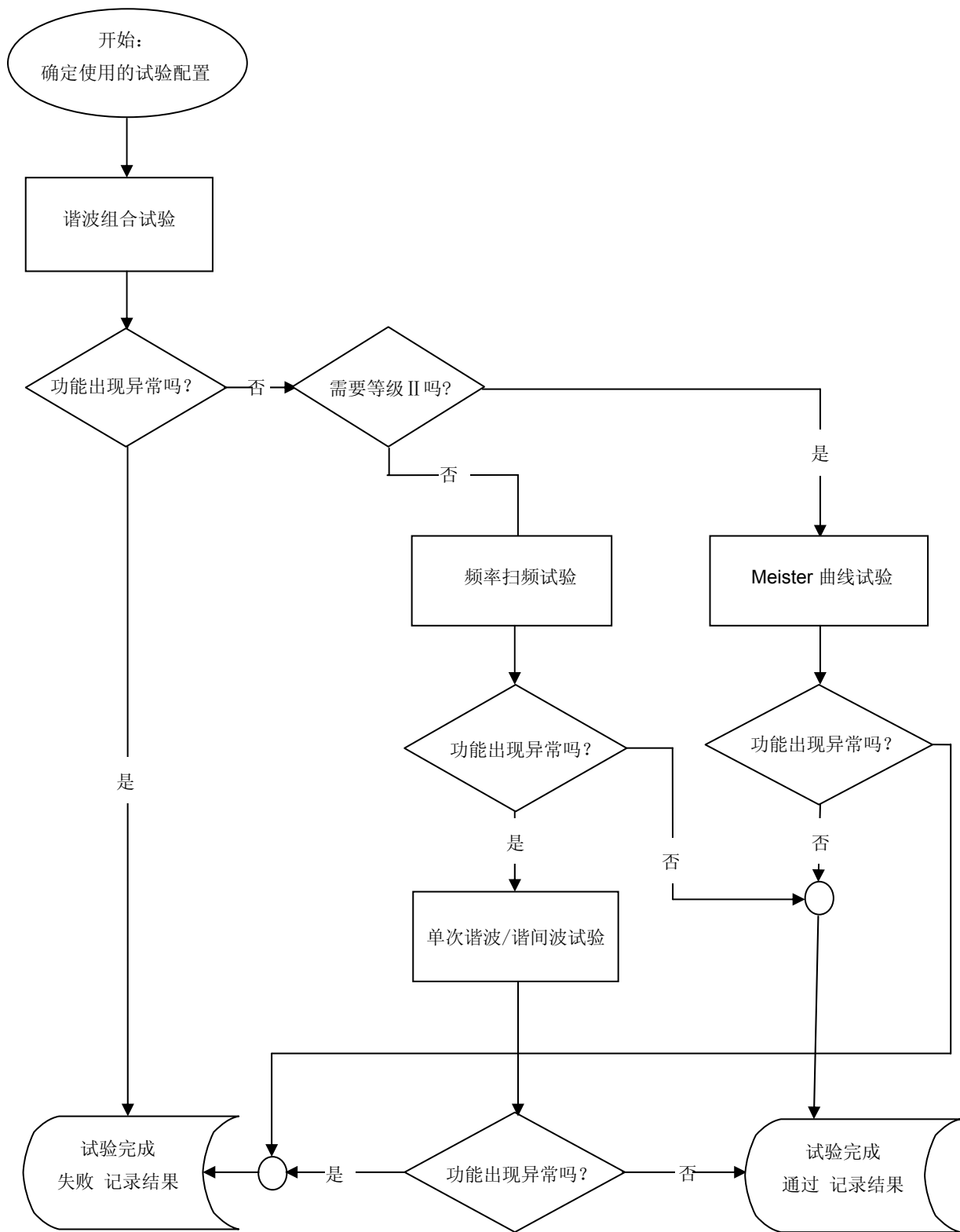


图 15 等级 I 和等级 II 的试验流程图

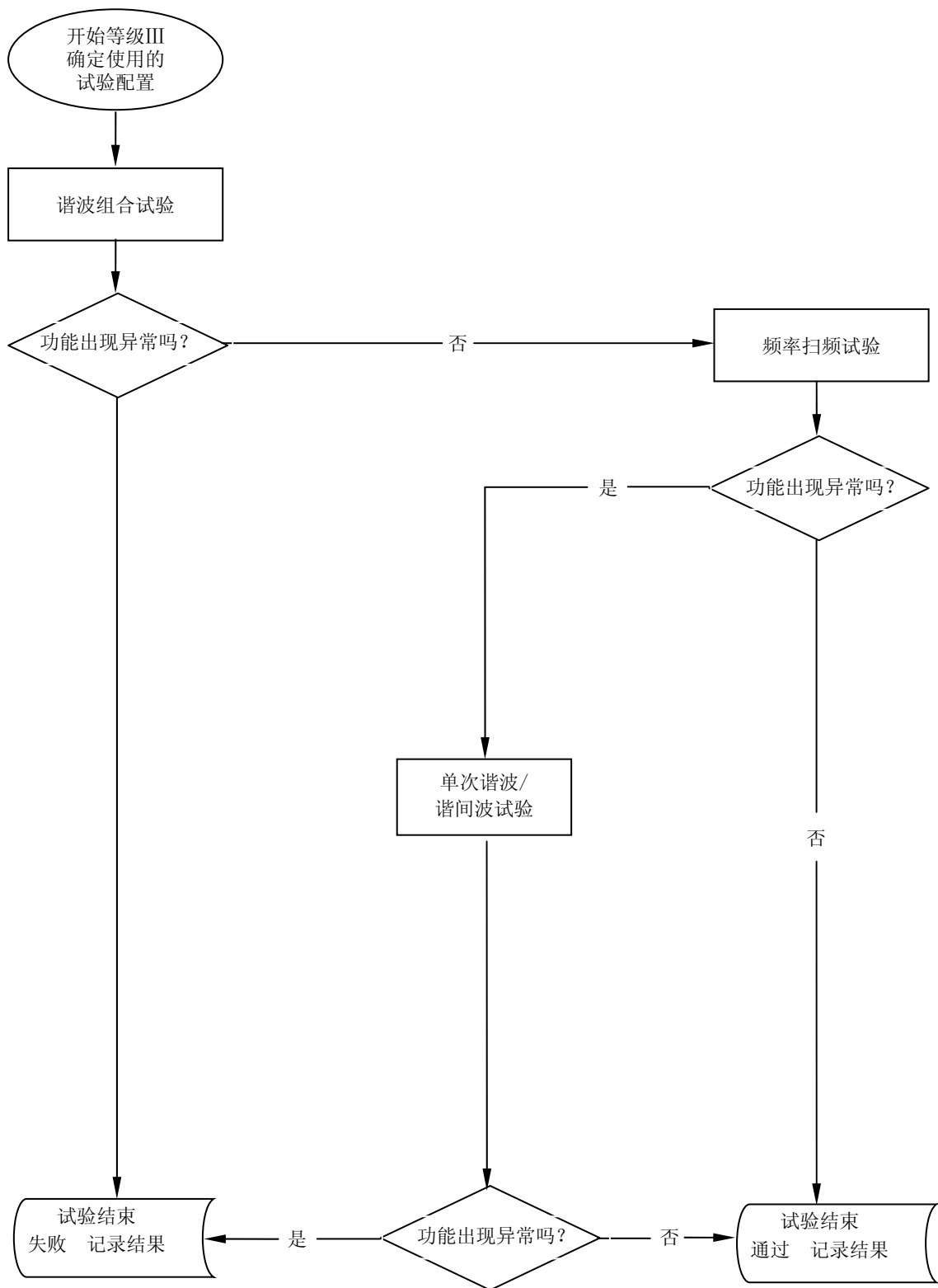


图 16 等级Ⅲ的试验流程图

10.4 试验布置

本部分试验布置无特殊要求。单相和三相被测设备试验布置示意图见图 17a、图 17b。

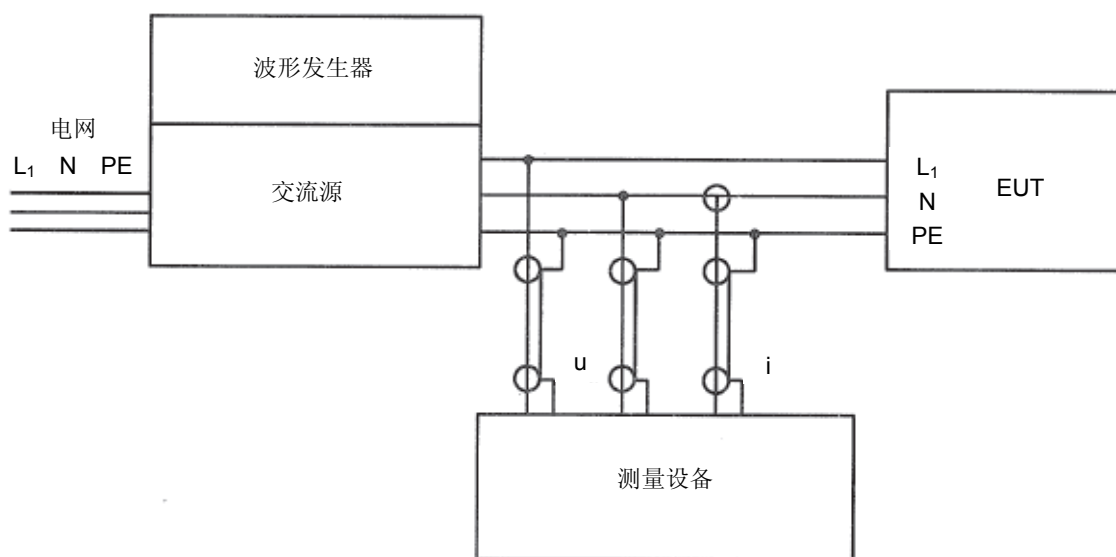


图 17a 单相被测设备试验布置示意图

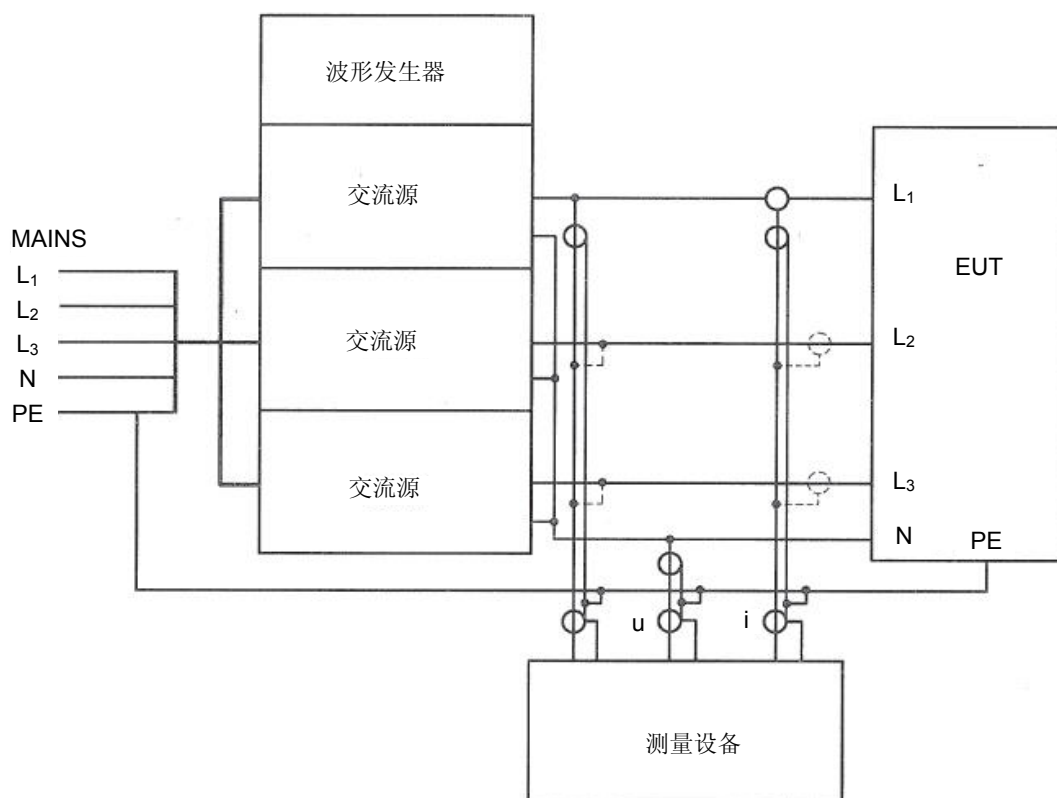


图 17b 三相被测设备试验布置示意图

10.5 判定标准

- 试验严酷等级见表 14~表 16。
- 性能判定标准见表 17。

表 14 谐波组合试验严酷等级

平顶波					
等级	函数（第 1 和 3 部分）	电压系数 k_v	电压（第 1 和 3 部分）	函数（第 2 部分）	电压（第 2 部分）
等级 I	$0 \leq \sin(wt) \leq 0.95$	1.0133	$u = \sqrt{2}U_1 k_1 \sin(wt)$	$0.95 \leq \sin(wt) \leq 1$	$u = \pm 0.95 \sqrt{2}U_1 k_1$
等级 II	$0 \leq \sin(wt) \leq 0.9$	1.0379	$u = \sqrt{2}U_1 k_2 \sin(wt)$	$0.9 \leq \sin(wt) \leq 1$	$u = \pm 0.9 \sqrt{2}U_1 k_2$
等级 III	$0 \leq \sin(wt) \leq 0.8$	1.1117	$u = \sqrt{2}U_1 k_3 \sin(wt)$	$0.8 \leq \sin(wt) \leq 1$	$u = \pm 0.8 \sqrt{2}U_1 k_3$
等级 X	$0 \leq \sin(wt) \leq X$	X	$u = \sqrt{2}U_1 k_X \sin(wt)$	$X \leq \sin(wt) \leq 1$	$u = \pm X \sqrt{2}U_1 k_X$
注： 1） 平顶波和尖顶波试验时间各为 2min。					
2） X 是开放的等级，可由研发方协商制定，但是对于由低压公用供电系统供电的被测设备，不能低于等级 II。					
3） 最大偏离电压： $\Delta u = \pm(0.01 \times \sqrt{2}U_1 + 0.005 \times u)$ 。					
尖顶波					
等级	h	3	5		
等级 I	$U_1 \%$	4% / 180°	3% / 0°		
等级 II	$U_1 \%$	6% / 180°	4% / 0°		
等级 III	$U_1 \%$	8% / 180°	5% / 0°		
等级 X	$U_1 \%$	X / 180°	X / 0°		
注： 1） 平顶波和尖顶波试验时间各为 2min。					
2） X 是开放的等级，可由研发方协商制定，但是对于由低压公用供电系统供电的被测设备，不能低于等级 II。					

表 15 扫频类试验严酷等级

试验项目	频率范围 f	频率步长 Δf	等级 I	等级 II	等级 III	等级 X
			$U_1 \%$	$U_1 \%$	$U_1 \%$	$U_1 \%$
Meister 曲线	$0.33 f_1 \sim 2 f_1$	$0.1 f_1$	不试验	3	4	X
	$2 f_1 \sim 10 f_1$	$0.2 f_1$	不试验	9	10	X
	$10 f_1 \sim 20 f_1$	$0.2 f_1$	不试验	4500/f	4500/f	X
	$20 f_1 \sim 40 f_1$	$0.5 f_1$	不试验	4500/f	4500/f	X
扫频	$0.33 f_1 \sim 2 f_1$	$0.1 f_1$	2	3	4.5	X
	$2 f_1 \sim 10 f_1$	$0.2 f_1$	5	9	14	X
	$10 f_1 \sim 20 f_1$	$0.2 f_1$	4	4.5	9	X
	$20 f_1 \sim 30 f_1$	$0.5 f_1$	2	2	6	X
	$30 f_1 \sim 40 f_1$	$0.5 f_1$	2	2	4	X
谐间波	$0.33 f_1 \sim 2 f_1$	$0.1 f_1$	不试验	2.5	4	X
	$2 f_1 \sim 10 f_1$	$0.2 f_1$	不试验	5	9	X
	$10 f_1 \sim 15 f_1$	$0.2 f_1$	不试验	3.5	5	X
	$15 f_1 \sim 20 f_1$	$0.2 f_1$	不试验	2	3	X
	$20 f_1 \sim 40 f_1$	$0.5 f_1$	不试验	1.5	2	X
注：1）“Meister 曲线”试验中，频率扫描速率不小于每 10 倍频程 5min；“扫频”试验中，频率扫描速率不小于每 10 倍频程 5min；“谐间波”试验中，频率步长施加时间为 5s，间隔 1s 再加下一步长的频率。						
2）X 是开放的等级，可由研发方协商制定，但是对于由低压公用供电系统供电的被测设备，不能低于等级 II。						

表 16 单次谐波试验严酷等级

试验项目		h	等级 I	等级 II	等级 III	等级 X
			$U_1\%$	$U_1\%$	$U_1\%$	$U_1\%$
奇次谐波	非 3 的倍数	5	4.5	9	12	X
		7	4.5	7.5	10	X
		11	4.5	5	7	X
		13	4	4.5	7	X
		17	3	3	6	X
		19	2	2	6	X
		23	2	2	6	X
		25	2	2	6	X
		29	1.5	1.5	5	X
		31	1.5	1.5	3	X
		35	1.5	1.5	3	X
		37	1.5	1.5	3	X
		3 的倍数	3	4.5	8	9
	9		2	2.5	4	X
	15		不试验	不试验	3	X
	21		不试验	不试验	2	X
	27		不试验	不试验	2	X
	33		不试验	不试验	2	X
	39		不试验	不试验	2	X
	偶次谐波	2	3	3	5	X
4		1.5	1.5	2	X	
6		不试验	不试验	1.5	X	
8		不试验	不试验	1.5	X	
10		不试验	不试验	1.5	X	
12~40		不试验	不试验	1.5	X	

注：1) 试验时间为每个频率点 5s，间隔 1s 再加下一个频率；

2) X 是开放的等级，可由研发方协商制定，但是对于由低压公用供电系统供电的被测设备，不能低于等级 II；

3) 采用不小于 $3\%U_1$ 的谐波电压（直到 9 次谐波时），应施加在相对于基波正向过零时有 0° 和 180° 相移，小于 $3\%U_1$ 的谐波电压则没有相移要求。

表 17 性能判定标准

	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
等级 I	A	A	A	A
等级 II	B	A	A	A
等级 III	B	B	A	A
等级 X	—	—	—	—

11 交流电源线传导抗干扰试验

11.1 参考标准

本部分参考 IEC 61000-4-6—2006、GB/T 17626.6—2008 制定，凡是按本部分规定执行的产品均符合 IEC 61000-4-6—2006、GB/T 17626.6—2008 要求。

11.2 适用范围和试验目的

11.2.1 本部分适用于可能受到来自 9kHz~80MHz 频率范围内射频发射机的电磁骚扰的车载电子电气产品，被测设备至少通过一条连接电缆（如电源线、信号线、地线等）与射频场相耦合。

11.2.2 试验目的：考核在一定条件下被测设备可能受到由射频场感应的传导骚扰的抗干扰能力。

11.3 试验要求

a) 本部分涉及的骚扰源，通常来自射频发射机的电磁场。

b) 试验信号发生器的特性如下表 18。

表 18 试验信号发生器的特性

输出阻抗	50Ω
谐波与失真	任何杂散谱线应至少比载波电平低 15dB
幅度调制	内调制或外调制，调制度 80%±5%，1kHz±10%的正弦波
输出电平	足够高，能覆盖试验电平

c) 耦合和去耦装置，被用于将骚扰信号合适的耦合到连接被测设备的各种电缆上（覆盖全部频率，在被测设备端口上具有规定的共模阻抗），并防止测试信号影响非被测装置、设备和系统。

表 19 耦合和去耦装置的主要参数

参数	频段	
	0.15MHz~26MHz	26MHz~80MHz
$ Z_{ce} $	150Ω±20Ω	150Ω ^{+60Ω} _{-45Ω}

d) 耦合和去耦装置有以下几类：

——耦合和去耦网络 CDN；

——钳注入装置；

——直接注入装置；

——去耦网络。

e) 选择注入法的原则：

对提供给耦合和去耦装置的电缆所选择的类型和数目，以及典型安装条件的实际布置应当加以考虑，如最长电缆的大概长度；

对所有的测试，被测设备和辅助设备之间电缆总长度（包括使用耦合去耦网络的内部电缆）不应超过被测设备制造商所规定的最大长度；

f) 在任何一个测试中，只需要两个 150Ω 的网络，用于将测试信号注入的网络可以在不同的被测端口之间转换；如果被测设备有多个相同的端口（相同的输入或输出电子电路，负载，连接设备等），至少要选择这些端口中的一个进行测试，确保所有不同类型的端口被涵盖。

11.4 试验布置及试验方法

a) 被测设备应放在接地参考平面上面 0.1m 高的绝缘支架上；所有与被测设备连接的电缆应放置于接地参考平面上方至少 30mm 的高度上。

b) 当需要耦合和去耦装置的地方，他们与被测设备之间的距离应在 0.1m~0.3m 之间，这个距离是从被测设备对接地参考平面的投影到耦合和去耦装置的水平测量距离。

c) 试验信号发生器调整过程中，对耦合和去耦装置的被测设备端口和辅助设备端口的全部链接，除了要求的外，为避免短路或为避免测量设备的损坏均不应连接。

d) 扫频范围是从 150kHz~80MHz，在设置步骤过程中设置信号电平，骚扰信号是 1kHz 正弦波调

幅信号，调制度 80% 的射频信号；频率递增扫频时，步进尺寸不应超过先前频率值的 1%；在每个频率，幅度调制载波的驻留时间应不低于被测设备运行和响应的必要时间，但最低不应低于 0.5s；敏感的频率（如时钟频率）应单独分析。

e) 采用耦合和去耦网络注入的步骤：

——如果辅助设备位于接地参考平面之上，那么它要放在高于接地参考平面 0.1m 处。

——一个耦合和去耦网络应接在被测试端口上，而一个接有 50Ω 负载的耦合和去耦网络连接的另一个端口。去耦网络应安装在所有其他连接电缆的端口，此方法中，只有一个端接 150Ω 负载的环路。

——被端接的耦合去耦网络的选择应遵循以下的优先次序：

CDN-M1 用于连接地终端；

CDN-S_n ($n=1, 2, \dots$) 最靠近注入点（到测试口最短的几何距离）；

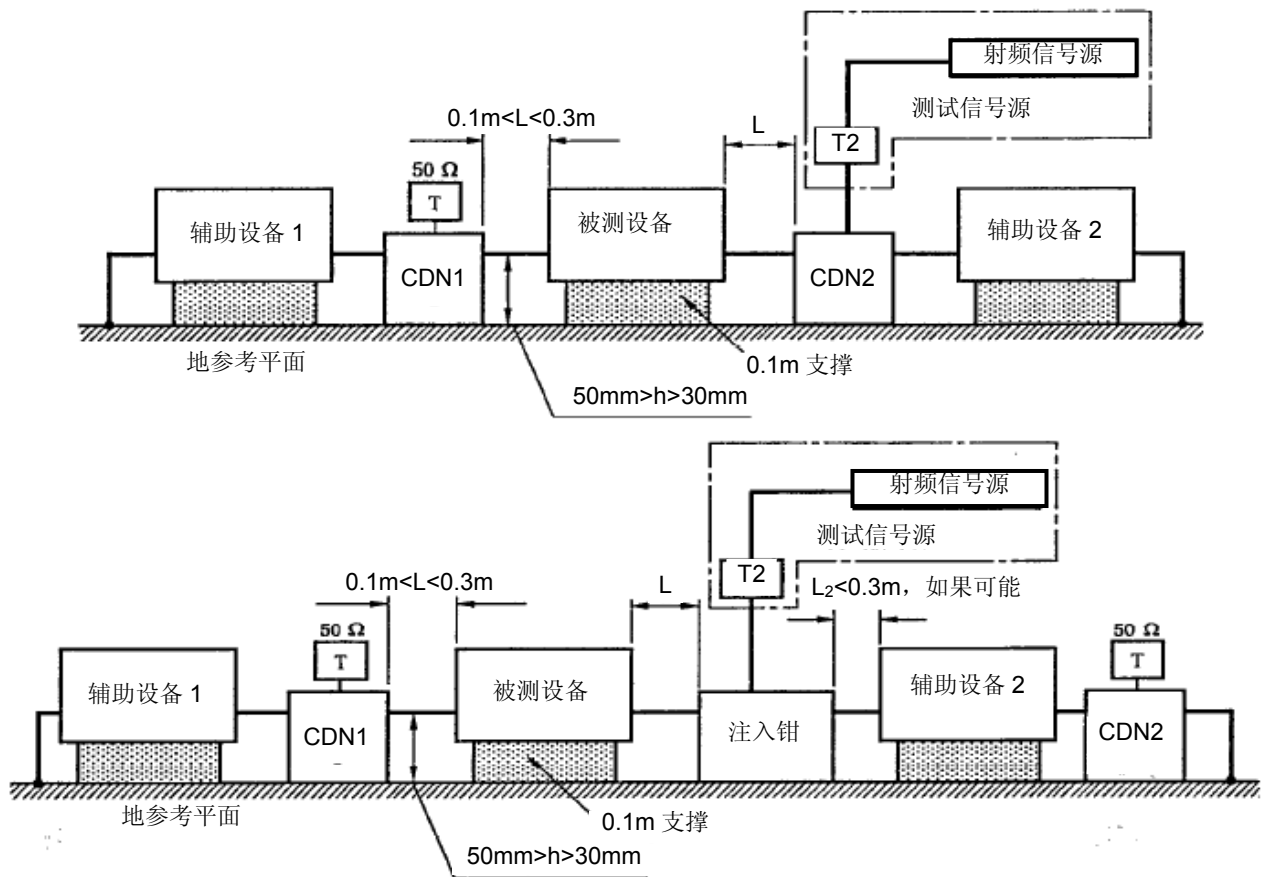
CDN-M2, CDN-M3, CDN-M4, 或 CDN-M5, 用于电源；

其他耦合和去耦网络，最靠近注入点（到测试点最短的几何距离）。

——如果被测试设备只有一个端口，这个端口连接到耦合和去耦网络上用作注入用途。

——如果至少有一个辅助设备连接到被测设备，且只有一个耦合和去耦网络可以连接到被测设备上，根据 CDN 选择的优先次序，辅助设备的一个端口应连接到 50Ω 终端负载的耦合和去耦网络，且辅助设备的其他连接要做去耦处理。

f) 交流电源线传导抗干扰试验的布置示意图如图 18 所示。



注： 1) T：端接 50Ω 负载； 2) T2：功率衰减器（6dB）； 3) CDN：耦合和去耦网络； 4) 注入钳：电流钳或电磁钳。

图 18 交流电源线传导抗干扰试验的示意图

11.5 试验等级及判定标准

a) 试验严酷等级见表 20。

b) 性能判定标准见表 21。

表 20 试验等级

频率范围 150kHz~80MHz		
试验等级	电压 V	调制
等级 I	1	AM (80%, 1kHz)
等级 II	3	AM (80%, 1kHz)
等级 III	10	AM (80%, 1kHz)
等级 X	特定	—
注：等级 X 是一个开放等级。		

表 21 性能判定标准

试验等级	性能要求
等级 I	A
等级 II	B
等级 III	B

附录 A

(资料性附录)

电磁环境分类

A.1 电快速瞬变脉冲群抗干扰

电快速瞬变脉冲群抗干扰试验等级的选择:试验等级应按照最真实的安装和环境条件来加以选择,表 2 列出了这些试验等级,为了确定设备在预期的工作环境中的性能等级应该依据进行抗干扰试验:

对于被测设备的输入/输出、控制、信号和数据端口,试验电压为电源试验电压的一半。根据标准 GB/T 17626.4—2008 电快速瞬变脉冲群抗干扰试验的说明,按照电磁环境的要求来选择电快速瞬变脉冲群试验的试验等级,试验等级如下:

- a) 第 1 级: 具有良好保护的环境
- b) 第 2 级: 受保护的环境
- c) 第 3 级: 典型的工业环境
- d) 第 4 级: 严酷的工业环境
- e) 第 5 级: 需要加以分析的特殊环境。

A.2 浪涌(冲击)抗干扰

浪涌(冲击)抗干扰的等级选择:试验等级应根据安装情况来选择。除非产品标准或产品类标准中另有规定,应按下列给定的资料进行试验:

- a) 0 类: 保护良好的电气环境,常常在一间专用的房间内,浪涌电压不能超过 25V;
- b) 1 类: 有部分保护的电气环境,浪涌电压不能超过 500V;
- c) 2 类: 电缆隔离良好,甚至走线也隔离良好的电气环境,浪涌电压不能超过 1kV;
- d) 3 类: 电缆平行敷设的电气环境,浪涌电压不能超过 2kV;
- e) 4 类: 互联线按户外电缆沿电源电缆敷设并且这些电缆被作为电子和电气线路的电气环境,浪涌电压不能超过 4kV;
- f) 5 类: 在非人口稠密区电子设备与通信电缆以及架空电力线路连接的电气环境,浪涌电压不能超过 500V;
- g) X 类: 产品技术要求中规定的特殊环境。

与公共电源网络相连的最小抗干扰电平如下:

-----线-线耦合: 0.5kV;

-----线-线耦合: 1kV。

A.3 电压暂降、短时中断和电压变化抗干扰

试验的等级和持续时间应由产品规范中给出。

对于电压暂降,优先采用的试验等级和持续时间列于表 A.1。

对于短时中断,优先采用的试验等级和持续时间列于表 A.2。

表 A.1 和表 A.2 中给出的优先采用的试验等级和持续时间考虑了 IEC 61000-2-8 给出的信息。

表 A.1 中列出的优先采用的试验等级严酷程度是适当的,它代表了实际情况下的暂降特性。

但这并不意味着保证抗干扰能够满足所有的暂降。更多更严酷的暂降,例如:0%,持续 1s 和平衡的三相暂降,有关的标准化技术委员会可能在考虑中。

试验等级和持续时间应由产品规范中给出,试验等级为 0%相当于完全电压中断,实际上,额定电

压 U_T 从 0 到 20% 的电压试验等级都可以认为是完全中断。

表中较短的持续时间，尤其是半个周期，应进行试验，以确定被测设备能否按其预定的性能运行。

表 A.1 电压暂降试验优先采用的试验等级和持续时间

类别 ^a	电压暂降的试验等级和持续时间 (t_s) (50Hz/60Hz)				
1 类	根据设备要求依次进行				
2 类	0%，持续时间 0.5 周期	0%，持续时间 1 周期	70%，持续时间 25/30 周期 ^c		
3 类	0% 持续时间 0.5 周期	0% 持续时间 1 周期	40% 持续时间 10/12 周期 ^c	70% 持续时间 25/30 周期 ^c	80% 持续时间 250/300 周期 ^c
× 类 ^b	特定	特定	特定	特定	特定

注：a) 分类依据 GB/T 18039.4。
b) “× 类”由有关的标准化技术委员进行定义，对于直接或者间接连接到公共网络的设备，严酷等级不能低于 2 类的要求。
c) “10/12 周期”是指“50Hz 试验采用 10 周期”和“60Hz 试验采用 12 周期”。
d) “25/30 周期”是指“50Hz 试验采用 25 周期”和“60Hz 试验采用 30 周期”。
e) “250/300 周期”是指“50Hz 试验采用 250 周期”和“60Hz 试验采用 300 周期”。

表 A.2 短时中断试验优先采用的试验等级和持续时间

类别 ^a	短时中断的试验等级和持续时间 (t_s) (50Hz/60Hz)
1 类	根据设备要求依次进行
2 类	0%，持续时间 250/300 周期 ^c
3 类	0%，持续时间 250/300 周期 ^c
× 类 ^b	×

注：a) 分类依据 GB/T 18039.4。
b) “× 类”由有关的标准化技术委员会进行定义，对于直接或者间接连接到公共网络的设备，严酷等级不能低于 2 类的要求。
c) “250/300 周期”是指“50Hz 试验采用 250 周期”和“60Hz 试验采用 300 周期”。

表 A.1 和表 A.2 中的电磁环境的分类可以依据以下来划分：

a) 第 1 类：适用于受保护的供电电源，其兼容水平低于公用供电系统。它涉及到对电源骚扰很敏感的设备（例如，实验室的仪器、某些自动控制和保护设备及计算机等）的使用。

注：安装在第 1 类环境中的设备要求有保护装置如不间断电源（UPS）、滤波器或浪涌抑制器等。

b) 第 2 类：一般适用于商用环境的公共耦合点 PPC 和工业环境中的内部耦合点（IPC）。该类的兼容水平与公用供电系统的相同。因此涉及用于公用系统的元件也适用于这类工业环境。

c) 第 3 类：仅适用于工业环境中的 IPC。该类某些骚扰现象的兼容水平要高于第 2 类。在连接有下列设备应认为是这类环境：

- 大部分负荷经换流器供电；
- 有焊接设备；
- 频繁启动的大型电动机；
- 变化迅速的负荷。

注 1：像诸如通常由隔离母线供电的电弧炉及大型的换流器等强骚扰负荷供电的电源，其骚扰水平要超过第 3 类（严酷环境），在这种特定的情况下，兼容水平应协调确定。

注 2：适用于新建和现有工厂的扩建部分的环境类型不能预先确定，而宜于设备类型和所考虑的生产过程相关联。

A.4 谐波、谐间波低频抗干扰试验

以下对电磁环境的分类由 IEC 61000-2-4 中的电磁环境分类中总结出来的。

a) 第 1 类：该类环境适用于受保护的电源，它的兼容性水平比公用网络兼容性水平低。它关系到对电源骚扰非常敏感的设备的使用，例如技术实验中的仪器，某些自动化及保护设备，某些计

算机等。

注：1) 第 1 类环境一般包括哪些要求不间断电源 UPS，滤波器或涌流抑制器这类装置保护的设备。

2) 若使用高畸变水平的不间断电源 UPS，可以推荐位第 2 类。

b) 第 2 类：一般该类环境适用于工业环境中的公用连接点 PCC 和内部连接点 IPC。其兼容性水平与公用网络兼容性水平相同。因此，规定用于公用网络中的设备可以用于这些工业环境中。

c) 第 3 类：该类环境仅适用于工业环境中的内部连接点，对某些干扰来说，它的兼容性水平比第 2 类更高。例如：当满足下列任一条件时，应该按这一类考虑：

——大部分负荷通过换流器供电；

——有电焊机存在；

——大电动机频繁启动；

——负荷变化迅速。

注：1) 给一般由隔离母线供电的电弧炉和大换流器这样一些高骚扰符合供电的系统经常超过第 3 类中的干扰水平。这些特殊情况下，兼容性水平应该协商解决。

2) 这类环境应用于新建厂矿和旧厂矿扩建时，应该与设备的类型和尚在考虑中的过程相关联。

A.5 交流电源线传导抗干扰试验

按设备和电缆最终安装时所处的电磁环境选择试验等级。在选择所用的试验等级时，应考虑被测设备产生故障的后果，如果故障后果严重，考虑采用更严的试验等级。

如果仅在几个场地上安装被测设备，那么检查本地射频源能够评估可能遇到的场强，如果骚扰源的功率是未知的，尽可能在所关心的位置上测量实际场强。

如果指定设备工作于不同位置，可按以下指南选择所用试验等级。

以下分类是相应等级选择电平的通用指南。

——1 类：低电平辐射环境。无线电台/电视台位于大于 1km 的距离上的典型电平和低功率发射接收机的典型电平。

——2 类：中等电磁辐射环境。用在设备临近的低功率便携式发射接收机（典型额定值小于 1W）。典型的商业环境。

——3 类：严酷电磁发射环境。用于相对靠近设备，但距离小于 1m 的手提式发射接收机（ $\geq 2W$ ）。用在靠近设备的高功率广播发射机和可能靠近工、科、医设备。典型的工业环境。

——X 类：X 是由协商或产品规范和产品标准规定的开放等级。

在上述场所，所描述的试验等级很少超过典型电平值。在某些地点可能超过这些值，例如，在高功率发射机或位于同一建筑物中的工、科、医社保附近。在这种场合下可选择屏蔽的房间或建筑物以及对设备的电源线和信号线滤波，而不规定全部设备免受这些电平的影响。