

## 1. 振鈴波波形

依據 IEC 61000-4-12:1995 的定義單衝擊的振盪瞬態波被稱為“振鈴波, 阻尼振盪瞬態的脈衝群被稱為“阻尼振盪波”標準變更提高了快速阻尼振盪波的振盪頻率和重複率而振鈴波則參考雷擊波的測試方式對於交/直流電源線 CDN 和互連線 CDN 的系統以及校驗方法都可參照 IEC61000-4-5:2014 的相關章節。

更新標準中振鈴波波形定義不變但給出了下面振鈴波波形的數學公式此公式可以用於振鈴波發生器的設計以及模擬。

$$w(t) = A \cdot K \cdot \frac{\left(\frac{t}{t_1}\right)^n}{1 + \left(\frac{t}{t_1}\right)^n} \cdot \exp\left(-\frac{t}{t_2}\right) \cdot \cos(\beta t)$$

with

$$t_2 = \frac{T}{2} \cdot \frac{1}{\ln R} = 7,21 \mu\text{s} \text{ and } \beta = \frac{2\pi}{T} \text{ and } T = 10 \mu\text{s}$$

where the parameters for oscillation period  $T = 10 \mu\text{s}$  are:

$$A = 1; K = 1,81; n = 1,83; t_1 = 0,507 \mu\text{s}$$

## 2. 振鈴波校準要求

振鈴波校驗的波形參數包含開路電壓峰值、上升時間、振盪週期和衰減比以及短路電流的峰值和上升時間。新標準僅對短路電流的上升時間做了新的規定從舊標準的  $\leq 1 \mu\text{s}$  變為  $0.2 \sim 1 \mu\text{s}$ ，並且對輸出阻抗的選擇有了明確規定：

- AC/DC 電源線以及遮蔽互連線,輸出阻抗的阻值應為  $12 \Omega$
- 非遮蔽互連線,輸出阻抗的阻值應為  $30 \Omega$

距離配電網路較近的設備應承受較嚴苛的試驗環境因此輸出阻抗的阻值為 12 Ω,在 6kV 試驗電壓下對應 500A 的電流峰值,而距離配電網路較遠的設備使用較低的測試等級輸出阻抗為 30Ω,在 6kV 試驗電壓下對應 200 A 的電流峰值。

新標準對於短路電流上升時間限值的改動,是在舊標準的限值基礎上增加了下限,明確區間範圍,以現有的技術較難做到更快的上升斜率而市場的振鈴波產生器的短路電流上升時間也均落在此範圍內

舊標準中輸出阻抗是 12Ω 和 30 Ω,而新標準中對於電源線埠和遮蔽互連線規定輸出阻抗必須是 12Ω 提高了試驗的嚴苛程度,因此滿足舊標準的設備不一定能滿足新標準的要求,振鈴波產生器和 AC/DC 電源 CDN 的校準要求和舊標準相比產生了大的變化同時在新標準中給出了非遮蔽互連線 CDN 的校準參數。

振鈴波產生器校準按照舊版標準中的要求,使用 CDN,則應在 CDN 的輸出端進行產生器特性驗證。新版標準中不同種類的 CDN 使用的輸出阻抗不同,新版要求在產生器輸出端對於不同的輸出阻抗進行特性驗證,其中開路電壓和短路電流的關係見表一。

Open-circuit peak voltage ± 10 % at generator output	Short-circuit peak current ± 10 % at 12 Ω generator output	Short-circuit peak current ± 10 % at 30 Ω generator output
0.25 kV	20.8 A	8.3 A
0.5 kV	41.7 A	16.7 A
1.0 kV	83.3 A	33.3 A
2.0 kV	166.7 A	66.7 A
4.0 kV	333.3 A	133.3 A

表一、開路電壓和短路電流的關係

AC/DC 電源線的 CDN 校驗要求: 振鈴波和雷擊的干擾源相同,當額定電流大於 63 A 時, EUT 應該按照 IEC 61000-4-5:2014 的要求測試,因此對於振鈴波只需考慮額定電流小於 63 A 的情況。

對於額定電流大於 16 A 的 CDN,為了防止產生非期望的電壓下降通常需要降低去耦元件的值,同時還需考慮到電源線 CDN 的輸出阻抗應為 12 Ω(不需要考慮 30 Ω 輸出阻抗的情況),在這種情況下,短路電流峰值的限值要求見表 3. 新版標準還說明非必要振鈴波電壓的要求,在既沒有連接 EUT 也沒有連接供電電源時,非被測線和地之間測得的非期望的振鈴波電壓不應超過施加的試驗電壓(開路)最大值的 15%。

**Table 3 – Ring wave specification at the EUT power port of the CDN**

Ring wave parameter under short-circuit condition	Peak current
Peak current $I_{PK1}$	
Current rating $\leq 16$ A	+10 -10 %
16 A < current rating $\leq 32$ A	+10 -10 %
32 A < current rating $\leq 63$ A	+10 -25 %
NOTE The current rating is the CDN rating.	

新標準對舊標準中引入的互連線 CDN 做了更為詳細的說明,這部分內容與 IEC 61000-4-5: 2014 中的對應章節基本一致,同時還給出了 CDN 的 EUT 輸出波形校準方法以及參數要求,校驗應當在 30 Ω 輸出阻抗下進行,非遮蔽非對稱互連線 CDN 的校驗方法見表 4,參數要求見表 5。

**Table 4 – Summary of calibration process for CDNs for unsymmetrical interconnection lines**

	Coupling	Measuring	AE side	EUT side
Ring wave voltage at EUT side	Single line to PE	Single line Peak voltage, rise time, voltage oscillation period, ratio between peaks	All lines shorted to PE	Open-circuit
Ring wave current at EUT side	Single line to PE	Single line Peak current, rise time	All lines shorted to PE	Short-circuit
Ring wave voltage at EUT side	Single line-to-line	Single line Peak voltage, rise time, voltage oscillation period, ratio between peaks	All lines shorted to PE	Open-circuit
Ring wave current at EUT side	Single line-to-line	Single line Peak current, rise time	All lines shorted to PE	Short-circuit
Residual voltage on AE side (with protection elements)	Single line to PE	Line to PE at a time Peak voltage	Open-circuit	Open-circuit

**Table 5 – Ring wave waveform specifications at the EUT port of the CDN for unsymmetrical interconnection lines**

Coupling method	RWG output voltage <sup>a,b,c</sup>	$U_{PK1}$ at CDN EUT port ± 10 %	Voltage rise time $T_1$ ± 30 %	Voltage oscillation period $T$ ± 10 %	$I_{PK1}$ at CDN EUT port ± 10 %	Current rise time $T_1$
Line to PE CD ≥ 3 μF	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs to 1,0 μs
Line to PE CD = GDT	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs to 1,0 μs
Line-to-line CD ≥ 3 μF	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs to 1,0 μs
Line-to-line CD = GDT	4 kV	4 kV	0,5 μs	10 μs	133,3 A	0,2 μs to 1,0 μs

基於非遮蔽線路的特性,對稱互連線的耦合方式通常為共模耦合因此對於非遮罩對稱線 CDN 的校驗只需考慮共模耦合方式下的參數其校驗方法見表 6 參數要求見表 7。

**Table 6 – Summary of calibration process for CDNs for symmetrical interconnection lines**

	Coupling	Measuring	AE side	EUT side
Ring wave voltage at EUT side	Common mode – all lines to PE	All lines shorted together Peak voltage, rise time, voltage oscillation period, ratio between peaks	All lines shorted to PE	Open-circuit – all lines connect together
Ring wave current at EUT side	Common mode – all lines to PE	All lines shorted together Peak current, rise time	All lines shorted to PE	All lines shorted to PE
Residual voltage on AE side (with protection elements)	Common mode – all lines to PE	Each line to PE in turn Peak voltage	Open-circuit	Open-circuit

**Table 7 – Ring wave waveform specifications at the EUT port of the CDN for symmetrical interconnection lines**

Coupling method	RWG output voltage <sup>a, b, c</sup>	$U_{PK1}$ at CDN EUT port ± 10 %	Voltage rise time $T_1$ ± 30 %	Voltage oscillation period $T$ ± 10 %	$I_{PK1}$ at CDN EUT port ± 10 %	Current rise time $T_1$
Common mode CD <sup>d</sup>	2 kV	2 kV	0,5 μs	10 μs	66,7 A	0,2 μs to 1,0 μs

舊版本的 IEC 61000-4 系列標準中,要求 EUT 以及輔助測試設備應放置在實驗室參考接地上,而這一要求在某些情況下特別是執行工頻磁場耐受度試驗中會帶來一些問題由於參考接地面材質的不同可能會嚴重影響磁場的分佈導致線圈中心位置的磁場強度將與理論值差異變大,無法確保測試結果的有效性。振鈴波試驗要求的變化標準在架設配置方面也有所變動,架設配置上增加了指定類型和長度的電纜要求,並且更改了參考接地的應用場合,只有遮蔽線的測試需要使用參考接地面,舊標準中其他關於參考接地的要求在新標準中已被刪除。