



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 17626.18—2016/IEC 61000-4-18:2011

---

## 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验

**Electromagnetic compatibility—Testing and measurement techniques—  
Damped oscillatory wave immunity test**

[IEC 61000-4-18:2011, Electromagnetic compatibility(EMC)—  
Part 4-18: Testing and measurement techniques—  
Damped oscillatory wave immunity test, IDT]

2016-12-13 发布

2017-07-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 概述 .....	3
4.1 有关慢速阻尼振荡波现象的信息 .....	3
4.2 有关快速阻尼振荡波现象的信息 .....	3
5 试验等级 .....	4
6 试验设备 .....	5
6.1 信号发生器 .....	5
6.2 耦合/去耦网络的技术规范 .....	8
7 试验布置 .....	8
7.1 接地连接 .....	9
7.2 接地参考平面 .....	9
7.3 受试设备 .....	9
7.4 耦合/去耦网络 .....	10
7.5 信号发生器 .....	10
8 试验程序 .....	10
8.1 试验室参考条件 .....	11
8.2 试验实施 .....	11
9 试验结果评定 .....	12
10 试验报告 .....	12
附录 A (资料性附录) 阻尼振荡波试验等级信息 .....	24
参考文献 .....	25



## 前 言

GB/T 17626《电磁兼容 试验和测量技术》目前包括以下部分：

- GB/T 17626.1—2006 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论；
- 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；
- GB/T 17626.3—2006 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验；
- 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 17626.7—2008 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、谐间波的测量和测量仪器导则；
- GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验；
- GB/T 17626.9—2011 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验；
- GB/T 17626.10—1998 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验；
- 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 17626.12—2013 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验；
- GB/T 17626.13—2006 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；
- GB/T 17626.14—2005 电磁兼容 试验和测量技术 电压波动抗扰度试验；
- GB/T 17626.15—2011 电磁兼容 试验和测量技术 闪烁仪 功能和设计规范；
- GB/T 17626.16—2007 电磁兼容 试验和测量技术 0 Hz~150 kHz 共模传导骚扰抗扰度试验；
- GB/T 17626.17—2005 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口纹波抗扰度试验；
- GB/T 17626.18—2016 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验；
- GB/T 17626.20—2014 电磁兼容 试验和测量技术 横电磁波(TEM)波导中的发射和抗扰度试验；
- GB/T 17626.21—2014 电磁兼容 试验和测量技术 混波室试验方法；
- GB/T 17626.24—2012 电磁兼容 试验和测量技术 HEMP 传导骚扰保护装置的试验方法；
- GB/T 17626.27—2006 电磁兼容 试验和测量技术 三相电压不平衡抗扰度试验；
- GB/T 17626.28—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频频率变化抗扰度试验；
- 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 17626.30—2012 电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法；
- GB/T 17626.34—2012 电磁兼容 试验和测量技术 主电源每相电流大于 16 A 的设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验。

本部分为 GB/T 17626 的第 18 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 61000-4-18:2011(第 1.1 版)《电磁兼容(EMC) 第 4-18 部分:试

验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 4365—2003 电工术语 电磁兼容[IEC 60050(161):1990, IDT]

——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 (IEC 61000-4-4:2004, IDT)

——GB/T 17799.5—2012 电磁兼容 通用标准 室内设备高空电磁脉冲(HEMP)抗扰度 (IEC 61000-6-6:2003, IDT)

本部分由全国电磁兼容标准化技术委员会(SAC/TC 246)提出并归口。

本部分起草单位：上海市计量测试技术研究院、上海工业自动化仪表研究院、中国电力科学研究院、工业和信息化部电子工业标准化研究所。

本部分主要起草人：龚增、王英、李妮、陈世钢、赵文晖、刘麒。

# 电磁兼容 试验和测量技术

## 阻尼振荡波抗扰度试验

### 1 范围

GB/T 17626 的本部分涉及到电气和电子设备在运行条件下的抗扰度要求和试验方法,它包括:

- a) 主要在高压和中压(HV/MV)变电站安装的电源电缆、控制电缆和信号电缆中出现的重复阻尼振荡波。
- b) 主要在气体绝缘变电站(GIS)和某些情况下的空气绝缘变电站(AIS)或者由于高空电磁脉冲(HEMP)现象下的任何设施的电源电缆,控制电缆和信号电缆中出现的重复阻尼振荡波。

本部分的目的是为了在试验室评价居住、商业和工业用电气和电子设备的性能而建立抗扰度要求和共同参考,适用时,也可用于发电厂和变电站设备。

**注:**按 IEC 导则 107 规定,本部分是电磁兼容基础标准,供产品委员会使用。IEC 导则 107 还规定,产品委员会负责确定是否应用本抗扰度试验标准,如果使用,还应负责确定合适的试验等级和性能判据。全国电磁兼容标准化技术委员会及其分技术委员会愿与产品委员会合作,以评估其产品的特殊抗扰度要求。

本部分的目的在于规定:

- 试验电压和电流波形;
- 试验等级范围;
- 试验设备;
- 试验布置;
- 试验程序。

本部分的目的在于建立一个共同准则来评价电气和电子设备受到阻尼振荡波时的抗扰度。本部分所规定的试验方法描述了评定设备或系统对于定义的电磁现象抗扰度的一致性方法。

### 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。

IEC 60050(161) 国际电工词汇(IEV) 第 161 章:电磁兼容[International electrotechnical vocabulary (IEV)—Chapter 161: Electromagnetic compatibility]

IEC 61000-4-4:电磁兼容(EMC) 第 4-4 部分:试验和测量技术—电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验 [Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-4: Testing and measurement techniques—Electrical fast transient/burst immunity test]

IEC 61000-6-6:电磁兼容(EMC) 第 6-6 部分:通用标准—室内设备的高空电磁脉冲抗扰度 [Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-6: Generic standards—HEMP immunity for indoor equipment]

### 3 术语和定义

本部分采用下列术语和定义,包括在 IEC 60050(161)中的术语和定义,其中有些在这里重复引用

是为了方便使用。

注：这些术语限于用于振荡瞬态领域。

3.1

**空气绝缘变电站 air insulated substation; AIS**

仅由空气绝缘开关设备组成的变电站。

3.2

**猝发 burst**

数量有限且清晰可辨的脉冲序列或持续时间有限的振荡。

3.3

**校准 calibration**

在规定条件下,在参考标准示值和测量结果之间建立关系的一组操作。

注1:该术语基于“不确定度”方法。

注2:原则上,标示值与测量结果之间的关系可以用校准图表示。

3.4

**耦合 coupling**

能量由一个电路传输到另一电路的电路之间的相互作用。

3.5

**耦合网络 coupling network**

用于将能量从一个电路传输到另一个电路的电路。

3.6

**去耦网络 decoupling network**

用于阻止施加于受试设备(EUT)上的测试电压影响其他非受试装置、设备和系统的电子电路。

3.7

**气体绝缘(金属封闭)变电站 gas insulated (metal enclosed) substation; GIS**

仅由气体绝缘金属封闭开关设备组成的变电站。

3.8

**高空电磁脉冲 high altitude electromagnetic pulse; HEMP**

地球大气层外部核爆炸产生的电磁脉冲。

注:典型高度超过30 km。

3.9

**(对骚扰的)抗扰度 immunity (to a disturbance)**

装置、设备或系统面临电磁骚扰不降低运行性能的能力。

3.10

**端口 port**

EUT与外部电磁环境特有的界面。

3.11

**上升时间 rise time**

脉冲瞬时值首次从10%上升到90%的时间间隔。

3.12

**瞬态(的) transient (adjective and noun)**

在两相邻稳定状态之间变化的物理量或物理现象,其变化时间小于所关注的时间尺度。

3.13

**校验 verification**

用于检查试验仪器系统(如试验信号发生器和互连电缆)的操作过程,以确认试验系统的运行功能



满足第6章的规定。

注1：校验可以采用和校准不同的方法。

注2：作为指南性质的6.1.3和6.2是为了保证信号发生器和构成试验配置的其他设备的正确运行，以使期望的试验波形施加到EUT。

## 4 概述

阻尼振荡波现象可分为两个部分。第一部分称为慢速阻尼振荡波，振荡频率在100 kHz和1 MHz之间。第二部分称为快速阻尼振荡波，振荡频率在1 MHz以上。这两类振荡波的成因如下。

### 4.1 有关慢速阻尼振荡波现象的信息

这种现象代表了户外HV/MV变电站隔离开关的切换情况，特别是有关HV母线的切换，以及工厂的背景骚扰。

在电站中HV隔离开关的合、分操作引起陡波前瞬态，其上升时间的数量级为几十纳秒。

由于涉及的高压(HV)电路的特征阻抗失配，电压前波会发生包括反射在内的演变，由此，高压母线中产生的瞬态电压和瞬态电流可用基波振荡频率来表征，这个频率取决于电路长度和传播时间。

在户外变电站，这种振荡频率从100 kHz到几兆赫兹，取决于上述参数的影响以及母线的长度，母线长度从几十米到几百米变化(可能达到400 m)。

为此，1 MHz的振荡频率可认为是代表大多数的情况，但对于大型HV变电站，取100 kHz为振荡波频率更合适。

重复频率在几赫兹到几千赫兹之间变化，这种变化取决于开关触点间距：触点较近时，重复频率最大，但当触点间距接近灭弧距离时，重复频率最小，相对每相而言，是电源频率的两倍(对于50 Hz系统每相100次/s，对于60 Hz系统每相120次/s)。

考虑到这种现象有不同的持续时间、不同频率的适用性以及受试电路可承受的能量等因素，选择40次/s和400次/s的重复率是折衷方案。

在工厂内，重复的振荡瞬态可由开关瞬态和电力系统(网络及电气设备)中注入的脉冲电流产生。

系统对为试验目的而选择的阻尼振荡波的基频及其上升时间所覆盖的频段具有局部响应。

### 4.2 有关快速阻尼振荡波现象的信息

快速阻尼振荡波抗扰度试验应包括下列两个具体环境：

- 电力网的变电站(由开关设备和控制设备产生)；
- 所有暴露在高空电磁脉冲(HEMP)下的设施。

#### 4.2.1 开关设备和控制设备产生的骚扰

在隔离开关的开、关操作中，在操作设备的两个触点之间，由于慢速的接触而产生了大量的点火击穿。因此隔离开关的操作产生非常快的瞬态，如同行波在变电站的母线内传播。屏蔽导线的电气长度和开路母线的长度决定了瞬态过电压的振荡频率。

对于空气绝缘变电站(AIS)，这些瞬态会在变电站环境中产生辐射电磁场。目前，在空气绝缘变电站使用了宽带仪器进行测量<sup>[1]</sup>。这些测量表明，高于1 MHz的瞬态现象也会在这些变电站发生。

对于气体绝缘变电站(GIS)，这些瞬态会在有SF<sub>6</sub>气体的金属壳体内传播。由于趋肤效应，高频瞬态局限于壳体内，不会造成问题。然而壳体的不连续性，使一部分瞬态传播到壳体外表面上。因此，壳体电势上升，在壳体外表面流动的电流会在变电站环境中产生辐射电磁场。瞬态地电位的上升是二次电路上瞬态共模电流的直接来源。辐射电磁场也在二次电路上感应共模电流。

测量表明,这些电流的频谱密度显著分量的最大频率可以高达 30 MHz~50 MHz。(见图 1 和图 2)<sup>[5]</sup>。

在图 1 和图 2 中,可以看出在电流谱密度特性上出现几个峰值,在几十兆赫上可以观察到重要的频谱分量。

如参考文献[1]中概述的,由于变电站规模的减小,气体绝缘变电站(GIS)的使用和电子设备的安装位置更接近了开关装置,而使得间隔距离减小,因而高压变电站(GIS,也包括 AIS)的频率环境比过去变得更加严酷。

因此,振荡频率为 3 MHz、10 MHz、30 MHz 的快速阻尼振荡波是合适的,因这较好地考虑了在有些 AIS 和全部 GIS 的更切合实际的环境。

重复频率在几赫兹到几千赫兹之间变化,这种变化取决于开关触点间距:触点较近时,重复频率最大,但当触点间距接近灭弧距离时,重复频率最小,相对每相而言,是电源频率的两倍(对于 50 Hz 系统每相 100 次/s,对于 60 Hz 系统每相 120 次/s)。

考虑到在 GIS 中测到过更高的重复率,所以将重复率选择为 5 000 次/s。考虑到这种现象有不同的持续时间、不同频率的适用性以及受试电路可承受的能量等因素,选择该重复率是折衷方案。

#### 4.2.2 高空电磁脉冲(HEMP)产生的骚扰

如 IEC 61000-2-9<sup>[6]</sup>中所述,高空电磁脉冲(HEMP)是上升时间为 2.5 ns,脉冲宽度约 25 ns 的平面波强电磁脉冲场。这个场与暴露的电缆和电线相互作用产生振荡电压和电流,取决于线的长度(见 IEC 61000-2-10<sup>[7]</sup>)。大多数外部线都足够长,如电源线和通信线(大多长于 1 km),以至于耦合的电流和电压通常是脉冲性质的。

对于建筑物内的电线和电缆,入射的 HEMP 被部分衰减,然而,仍然有足够的场耦合到室内的短电缆上,对连接的电子设备造成了威胁。过去的实验清楚表明,虽然低于 30 MHz 阻尼振荡波频率是最常见的,但是 HEMP 场耦合到短线可产生高达 100 MHz 的高频阻尼振荡波(见 IEC 61000-2-10)。由于大多数建筑物内存在吸收墙,振荡波的阻尼速率相当快,典型的共振品质因数  $Q$  为 10~20。

值得注意的是外部短线,例如在变电站或者发电厂中的部分控制电路也能很好地耦合 HEMP 场。这些电缆也会产生 1 MHz~100 MHz 的阻尼振荡电压,具体频率取决于电缆长度。

鉴于 HEMP 环境典型只是一个或两个脉冲,任何规定的试验不一定需要高的重复率来重现事件的环境。但是,由于对数字电子产品可靠性的关注,建议 HEMP 试验也采用类似推荐用于开关设备和控制设备的重复率(5 000 次/s),以增加发现故障的概率。这与通常只有当电子系统出现严重失效时,才进行 HEMP 防护和试验的事实相符。

至今已经出版了 HEMP 的抗扰度和通用标准(IEC 61000-4-25<sup>[8]</sup>和 IEC 61000-6-6),但现在仍需要一个包含试验等级、信号发生器设计、试验程序等信息的阻尼振荡波基础标准,这是进行高空电磁脉冲(HEMP)感应的电压试验所必须的。此电压波形是一种施加到连接设备的快速阻尼正弦波。虽然,现实条件下可能存在很多振荡频率,但还是决定这个快速振荡波试验宜用不高于 30 MHz 的振荡频率进行,以符合电网变电站产生的电磁环境。

## 5 试验等级

表 1 和表 2 给出施加到设备电源、信号及控制端口的振荡波的优先试验等级范围。试验等级定为试验波形中的第一个峰值电压(最大或最小)(图 1 的  $Pk_1$ )。

电源、信号和控制端口可以采用不同的试验等级。用于信号和控制端口的试验等级与用于电源端口的试验等级相差不应超过一级。

表 1 慢速阻尼振荡波试验等级(100 kHz 或 1 MHz)

等级	共模电压 kV	差模电压 kV
1	0.5	0.25
2	1	0.5
3	2 <sup>a</sup>	1
4	—	—
$x^b$	$x$	$x$

<sup>a</sup> 对于变电站设备此电压增加至 2.5 kV。  
<sup>b</sup>  $x$  可是任何等级,可以高于、低于或者在其他等级之间。该等级可以在产品标准中给出。

表 2 快速阻尼振荡波试验等级(3 MHz、10 MHz 或 30 MHz)

等级	共模电压 kV
1	0.5
2	1
3	2
4	4
$x^a$	$x$

<sup>a</sup>  $x$  可是任何等级,可以高于、低于或者在其他等级之间。该等级可以在产品标准中给出。

阻尼振荡波的适用性应参考产品技术规范。

表 1 和表 2 的试验等级的选定应以设施中电缆走线暴露的主要现象为基础。试验等级被定义为信号发生器输出端或使用的 CDN(耦合去耦网络)输出端上的开路电压。

抗扰度试验与这些试验等级对应,以建立设备在预期工作环境中的性能等级。电磁环境等级由主要现象和设施实际情况确定。

适用选择这些试验等级的设施主要是高压变电站和由自身供电(变电站)的工厂。

在高压电厂中,电缆与母线平行的程度和长度、电路的工作电压、屏蔽及接大地(接地)情况将决定感应电压的等级。

为了尽可能减少这些变化因素,并考虑到专用于此类设施的设备仅在工厂的某些运行电压范围内使用(如从 150 kV~800 kV),试验等级的确定主要考虑互联的设备、位置、电缆屏蔽质量及接地情况(参见附录 A)。

## 6 试验设备

### 6.1 信号发生器

试验信号发生器应具有在短路情况下工作的能力。图 2 给出了一个典型的阻尼振荡波信号发生器的原理图。

当阻尼振荡波施加在 EUT 的端口时,试验信号发生器应具备下列的特性。如果通过耦合/去耦网络来施加,应规定该网络输出端的特性。

信号发生器的输出端应浮地且输出端对地寄生电容的不平衡应小于 20%,以差模方式进行 EUT 控制及信号端口试验时这种条件是必需的。信号发生器应有双端口输出。快速阻尼信号发生器具有单一的同轴输出端,此信号发生器试验应只用共模方式。

当信号发生器的输出不是浮地时,要采用 8.2b) 的规定。

应采取措施防止信号发生器强骚扰的发射,这些骚扰可能被注入到电网中,或者可能影响试验结果。

### 6.1.1 慢速阻尼振荡波信号发生器的性能和参数

技术参数:

- 电压上升时间(图 1 的  $T_1$ ):  $75 \times (1 \pm 20\%) \text{ ns}$ ;
- 电压振荡频率(注 1):  $100 \times (1 \pm 10\%) \text{ kHz}$  和  $1 \times (1 \pm 10\%) \text{ MHz}$ ;
- 重复率:  $100 \text{ kHz}$  时  $40 \times (1 \pm 10\%) \text{ 次/s}$ ,  $1 \text{ MHz}$  时  $400 \times (1 \pm 10\%) \text{ 次/s}$ ;
- 衰减(见图 1):  $Pk_5$  值应大于  $Pk_1$  值的 50%,  $Pk_{10}$  值应小于  $Pk_1$  值的 50%;
- 猝发持续时间: 不小于 2 s;
- 输出阻抗(注 2):  $200 \ \Omega$ ;
- 开路电压( $Pk_1$  值, 见图 1):  $250 \times (1 \pm 10\%) \text{ V} \sim 2.5 \times (1 \pm 10\%) \text{ kV}$ ;
- 短路电流( $Pk_1$  值):  $1.25 \times (1 \pm 20\%) \text{ A} \sim 12.5 \times (1 \pm 20\%) \text{ A}$ ;
- 与电源频率的相位关系: 无要求;
- 第一个半周期极性: 正和负。

注 1: 振荡频率定义为在初始峰值后第一和第三个零点之间时间段的倒数。这个时间段在图 1 中用  $T$  表示。

注 2: 输出阻抗是由开路电压  $Pk_1$  除以短路电流  $Pk_1$  计算出来的。

图 1 给出了用峰值点标记的慢速阻尼振荡波波形。

图 2 给出了该信号发生器的电路原理图示例。

### 6.1.2 快速阻尼振荡波信号发生器的性能和参数

开路技术参数:

- 电压上升时间(图 1 的  $T_1$ ):  $5 \times (1 \pm 30\%) \text{ ns}$ ;
- 电压振荡频率(注 1):  $3 \times (1 \pm 10\%) \text{ MHz}$ ,  $10 \times (1 \pm 10\%) \text{ MHz}$  和  $30 \times (1 \pm 10\%) \text{ MHz}$ ;
- 重复率:  $5\ 000 \times (1 \pm 10\%) \text{ 次/s}$ ;
- 衰减(见图 1):  $Pk_5$  值应大于  $Pk_1$  值的 50%,  $Pk_{10}$  值应小于  $Pk_1$  值的 50%;
- 猝发持续时间:  $3 \text{ MHz}$ :  $50 \times (1 \pm 20\%) \text{ ms}$ ;  
 $10 \text{ MHz}$ :  $15 \times (1 \pm 20\%) \text{ ms}$ ;  
 $30 \text{ MHz}$ :  $5 \times (1 \pm 20\%) \text{ ms}$ ;
- 猝发周期:  $300 \times (1 \pm 20\%) \text{ ms}$ ;
- 输出阻抗(注 2):  $50 \times (1 \pm 20\%) \ \Omega$ ;
- 开路电压(图 1 中  $Pk_1$  值):  $250 \times (1 \pm 10\%) \text{ V} \sim 4 \times (1 \pm 10\%) \text{ kV}$ ;
- 与电源频率的相位关系: 无要求;
- 第一半周期极性: 正和负。

短路技术参数:

- 电流上升时间(图 1 的  $T_1$ ):  $3 \text{ MHz}$ :  $< 330 \text{ ns}$ ;

10 MHz: <100 ns;

30 MHz: <33 ns。

——电流振荡频率(注 1):  $3 \times (1 \pm 30\%)$  MHz,  $10 \times (1 \pm 30\%)$  MHz 和  $30 \times (1 \pm 30\%)$  MHz;

——衰减(见图 1):  $Pk_5$  值应大于  $Pk_1$  值的 25%,  $Pk_{10}$  值应小于  $Pk_1$  值的 25%;

——短路电流( $Pk_1$  值):  $5 \times (1 \pm 20\%)$  A ~  $80 \times (1 \pm 20\%)$  A。

注 1: 振荡频率定义为在初始峰值后第一和第三个零点之间时间段的倒数。这个时间段在图 1 中用  $T$  表示。

注 2: 输出阻抗是由开路电压  $Pk_1$  除以短路电流  $Pk_1$  计算出来的。

图 1 给出了快速阻尼振荡波波形。

图 2 给出了该信号发生器的电路原理图示例。

### 6.1.3 阻抗值

尽管电缆(双绞线)的实际阻抗更接近 150  $\Omega$ , 但慢速信号发生器的输出阻抗选定为 200  $\Omega$ 。选择 200  $\Omega$  阻抗的原因是不必改变可能主要应用于高压变电站系列设备技术规范的一般现状。

快速阻尼信号发生器的输出阻抗已选定为 50  $\Omega$ 。选择 50  $\Omega$  阻抗的原因是要与 IEC 61000-4-4 规定的 EFT/B 发生器阻抗一致。50  $\Omega$  的同轴电缆应用于 CDN 或者耦合器。为了防止反射, 信号发生器的阻抗应为 50  $\Omega$ 。

此外, 这类电气和工业设备所用的电缆长度的数量级多为几百米, 因此其在现场的连接阻抗接近于电缆的特征阻抗, 并不会小于这个值。

### 6.1.4 试验信号发生器特性的校验

校验程序作为导则是为了确保试验信号发生器、耦合/去耦网络和试验布置中的其他设备能正确运行, 以便让期望的波形注入 EUT。

为使不同的信号发生器的试验结果具有可比性, 最主要的特性都应校验。

按照 6.1.1 及 6.1.2 所列参数校验下列特性:

——上升时间;

——振荡频率;

——衰减;

——猝发持续时间;

——猝发周期;

——开路电压(开路阻抗: 对于慢速阻尼信号发生器  $Z_{oc} \geq 10$  k $\Omega$ );

——短路电流(只在短路阻抗下得到  $Pk_1$  值: 对于快速、慢速阻尼信号发生器  $Z_{sc} \leq 0.1$   $\Omega$ );

——信号发生器源阻抗。

校验时应使用电压或电流探头(如果适用)和示波器或其他等效测量仪器, 对于慢速阻尼振荡波, 至少具有 40 MHz 带宽, 对于快速阻尼振荡波, 带宽则至少为 400 MHz。

对于快速阻尼振荡波信号发生器:

——开路试验负载阻抗是  $1\,000 \times (1 \pm 2\%)$   $\Omega$  的电阻并联  $\leq 6$  pF 的电容。电阻在直流下测量, 电容用商用低频电容表测量;

——测量短路电流的首选仪器是分流器, 其转移阻抗应为  $0.1 \times (1 \pm 2\%)$   $\Omega$ 。分流器的阻值在直流下校验, 400 MHz 时的 3 dB 带宽可用适当的网络分析仪校验。

注: 短路负载阻抗  $Z_{sc} = 0.102$   $\Omega$  认为是符合  $Z_{sc} \leq 0.1$   $\Omega$  要求的。

波形的特性参数应直接在试验信号发生器的输出端用开路和短路负载阻抗校验。

## 6.2 耦合/去耦网络的技术规范

耦合/去耦网络(CDN)能将共模(对于两个信号发生器)或差模(只有 100 kHz 和 1 MHz)试验电压施加到 EUT 的电源、信号和控制端口,并防止试验电压对试验用的辅助设备产生影响。在 CDN 的 EUT 端口波形应在 6.1.1 或 6.1.2 的允差内。应用  $0.1\ \Omega$  的短路试验负载阻抗进行端口到端口的校验,例如三相 CDN: $L_1$  到 PE, $L_2$  到 PE, $L_3$  到 PE,N 到 PE。

下面给出关于电源及输入/输出端口网络的共同规范,其他特殊要求在 6.2.1 和 6.2.2 中给出。

耦合网络中的  $0.5\ \mu\text{F}$ (慢速阻尼振荡波)或  $33\ \text{nF}$ (快速阻尼振荡波)的耦合电容的耦合衰减应小于 10%。

耦合电容可以用其他类型的耦合装置替代,如气体放电管、硅雪崩二极管或压敏电阻。如果使用这类装置,阻尼振荡波的特性可能有显著变化。

耦合/去耦网络应有专门的接地端。

按照 6.1.1 和 6.1.2 中的技术规范校验时,应使用示波器或其他等效测量仪器,对于慢速阻尼振荡波,至少具有 40 MHz 带宽,对于快速阻尼振荡波,带宽则至少为 400 MHz。

### 6.2.1 交/直流电源端口用耦合/去耦网络

耦合/去耦网络的输出波形应满足 6.1.1 和 6.1.2 中对信号发生器所提出的相同要求。

技术规范:

当 EUT 断开后,去耦网络的电源输入端上的阻尼振荡残余电压(从  $Pk_1 \sim Pk_{10}$ )不得超过所施加的试验电压的 15%,或耦合/去耦网络额定峰值电压的两倍,以较高值为准。

——电流容量:按 EUT 要求;

——相数:按 EUT 要求。

注:共模/差模去耦衰减最小值可能不足以保护试验所用的辅助设备。

### 6.2.2 信号和控制端口用耦合/去耦网络

除下列要求外,此网络的技术规范与 6.2.1 中给定的相同。

当 EUT 断开后,去耦网络的电源输入端上的阻尼振荡残余电压(从  $Pk_1$  到  $Pk_{10}$ )不得超过所施加的试验电压的 10%,或耦合/去耦网络额定峰值电压的两倍,以较高值为准。

当去耦衰减最小值不能对辅助信号源提供充分保护时,可能需要附加保护装置。

网络可由一些单个单元组成,以便能够对单个电路或电路组(例如,有公用线的多线组)的输入/输出端口进行试验。

当 CDN 不适合所要使用的 EUT 端口工作信号时,可将 IEC 61000-4-4 规定的电容耦合夹与快速振荡波信号发生器一起使用。

## 7 试验布置

试验布置包括下列设备:

——接地连接,接地参考平面(GRP);

——EUT;

——试验信号发生器;

——测量仪器;

——耦合/去耦网络;



——辅助设备。

下图给出试验布置的例子：

图 3——使用 GRP 的台式设备试验布置示例；

图 4——使用 GRP 的落地式设备试验布置示例。

如果提供的网络适合 EUT 端口工作信号，应通过耦合/去耦网络来施加试验电压。

对于系统(涉及快速工作信号)通信端口试验，通过耦合/去耦网络施加试验电压时，可能引起工作信号性能降低。在这种情况下，试验电压应根据图 13 施加在相互连接设备(EUT 1 和 EUT 2)的机柜间。

当 EUT 1 是一种辅助设备(如模拟器)时，应预先验证模拟器的抗扰度。在模拟器的抗扰度不足且没有可采取的措施来避免敏感性时，则按以下目标来进行试验：

——通信端口没有被损坏；

——通信只有在施加试验电压时被损坏；

——除了与有关通信的功能之外，EUT 性能不受影响。

对于只有一端接地的屏蔽电缆，其没有接地的另外一端应通过  $0.5 \mu\text{F}$  的耦合电容和机柜连接。

标准的试验电缆长度为 10 m。

应根据产品的规范来连接信号电缆，规范也应给出任何要采取的保护措施的信息。

### 7.1 接地连接

试验过程中，应遵守 EUT 制造商和试验设备的安全接地要求。

在进行试验布置时，试验信号发生器、耦合/去耦网络、EUT 和辅助设备的地可接在已有的接地参考平面上，或者适当的接地连接件上。

### 7.2 接地参考平面

当使用接地参考平面(通常在 1 MHz 以上)，它是一块厚度不小于 0.25 mm 的金属平板(铜或铝质)；也可以使用其他金属平板，但厚度不应小于 0.65 mm。

如果使用 GRP，则 EUT、辅助设备和试验设备应放在接地参考平面上且与其连接。与 GRP 的连接线应尽可能短。

GRP 的最小尺寸为  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ ；最终尺寸决定于 EUT 的大小。GRP 应超出 EUT 及其辅助设备各侧至少 0.1 m。

GRP 应与试验室的安全接地系统连接[见图 5a)~图 12a)]。

### 7.3 受试设备

受试设备应按照设备安装规范布置和连接。

除 EUT 下方的 GRP 之外，EUT 与其他导体结构(例如，屏蔽室的墙壁)的最少距离应为 0.5 m。

EUT 的工作信号可由辅助设备或模拟器提供。

连接到辅助设备上的输入输出回路应采用去耦网络以防止设备受到干扰。

应使用设备制造商提供或规定的电缆，当没有这些电缆时，应采用适合信号传输的非屏蔽电缆。

耦合/去耦网络应接入在距 EUT 1 m 处的电路上并与 GRP 连接。

通信线(数据线)应使用相应的技术规范或标准规定的电缆与 EUT 连接，应高于 GRP 0.1 m，长度至少为 1 m。

以下给出台式和落地式设备的一些详细信息。

### 7.3.1 台式设备

台式设备应置于一个木台上。如果使用 GRP, EUT 和电缆应置于  $0.1\text{ m} \pm 0.01\text{ m}$  厚的绝缘支撑物上, 与 GRP 隔离。

图 3 给出了台式设备试验布置示例。

### 7.3.2 落地式设备

如果使用 GRP, 落地式设备应置于  $0.1\text{ m} \pm 0.01\text{ m}$  厚的绝缘支撑物上。

EUT 应按照制造商安装要求接地。

设备机柜应从 EUT 接地端开始以最短长度直接连接到 GRP 上, 不允许有附加连接。

图 4 给出了落地式设备试验布置示例。

## 7.4 耦合/去耦网络

如果耦合/去耦网络是与试验信号发生器本身分开的一个单元, 那么试验信号发生器应靠近耦合/去耦网络放置, 并通过一个不超过  $1\text{ m}$  长的导线连接到后者。耦合/去耦网络与 GRP 的连接应尽可能短。

对于不提供电源电缆的 EUT, 应使用  $1\text{ m}$  长的电源电缆。如果 EUT 提供的电源电缆超过  $1\text{ m}$ , 超长电缆部分应折叠成直径为  $0.2\text{ m}$  的扁平线圈, 并置于 GRP 上方  $0.1\text{ m}$ 。

EUT 采用不可拆卸模压式电缆时:

按实际提供长度试验。

EUT 采用可拆卸两端模压式电缆并在制造商手册作了明确规定时:

应用规定的电缆试验, 但若制造商规定了几种长度的模压电缆时, 则应使用最短长度的电缆进行试验。

## 7.5 信号发生器

信号发生器应连到 GRP 或与试验室保护地尽可能短地连接。关于通信端口试验, 见图 7、图 8、图 11 和图 12 的相关试验布置。

## 8 试验程序

应在试验前检查试验设备的性能。通常可以仅检查耦合/去耦网络输出端口的阻尼振荡波。

试验程序包括:

- 校验试验室参考条件;
- 首先校验设备的正确运行情况;
- 进行试验;
- 评价试验结果。

试验时间应不少于  $1\text{ min}$  (选定  $1\text{ min}$  是为了加快试验)。然而, 为了避免同步, 试验时间可分为 6 次持续  $10\text{ s}$  的脉冲, 每次间隔为  $10\text{ s}$ 。在实际情况下, 猝发作为单个事件随机发生, 所以不要使猝发和 EUT 信号同步。产品委员会可选择其他的试验持续时间。

最大重复率的规定在 4.1 中给出, 其他重复率或限值可由产品标准或产品规范给出。



## 8.1 试验室参考条件

为了使环境参数对试验结果的影响最小,试验应在 8.1.1 和 8.1.2 规定的气候及电磁参考条件下进行。

### 8.1.1 气候条件

除非负责制定通用标准和产品标准的技术委员会另有规定,试验室气候条件应在 EUT 和试验设备各自制造所规定的设备正常工作的范围内。

如果相对湿度过高以至在 EUT 或试验设备上形成了凝露,则不应进行试验。

注:如果有充分证据表明本部分所涉及的现象所产生的结果受到气候条件的影响,就需提请负责本部分的技术委员会注意。

### 8.1.2 电磁环境

试验室的电磁环境应保证 EUT 的正常工作,不影响试验结果。

## 8.2 试验实施

应按照试验计划进行试验,包括按照产品标准或无标准时按照技术规范来验证 EUT 的性能。

EUT 应处于正常工作状态。

试验计划应规定:

- 实施的试验类型;
- 试验等级;
- 试验信号发生器;
- 试验电压极性(两个极性都是必要的);
- 试验持续时间;
- 受试的 EUT 端口;
- 施加试验电压的方式(线对地,线对线,机柜对机柜);
- EUT 各端口施加试验电压的顺序;
- EUT 典型的工况;
- 辅助设备。

施加的电源、信号和其他功能性电量都应在它们的额定范围内。如果无法提供实际运行的信号源,则可使用模拟信号源。在施加试验电压前,应在完整的试验布置下对设备性能预先进行校验。

#### a) 线对地试验(共模)

试验电压应通过耦合网络施加到各电路与地(GRP)之间。

试验信号发生器的一个端子应与地(GRP)连接,其他端子应通过一根单线与耦合网络的全部输入端子连接,这些端子相互连接。

受试电路有两个以上端子时(如电路组),则试验电压应同时施加在每个电路端子和地(GRP)之间。

以下图中给出不同类型 EUT 端口的应用示例:

图 5:单相交流/直流电源端口线对地试验布置;

图 6:三相交流电源端口线对地试验布置;

图 7:单线路输入/输出端口线对地试验布置;

图 8:有公用回路电路组输入/输出端口线对地试验布置。

以上各图是关于用 GRP 实现的布置[图 5 的 a)、图 6 的 a)、图 7 的 a)和图 8 的 a)]和用专用地连接线实现的布置[图 5 的 b)、图 6 的 b)、图 7 的 b)和图 8 的 b)]。

b) 线对线试验(差模)

试验电压通过耦合网络施加到受试电路每一个有代表性的组合端子之间。这只适用于慢速阻尼振荡波试验。

试验信号发生器输出端应浮地。

以下各图给出不同类型 EUT 端口的应用示例：

图 9:单相交/直流电源端口线对线试验布置；

图 10:三相交流电源端口线对线试验布置；

图 11:单线路输入/输出端口线对线试验布置；

图 12:有公用回路的电路组输入/输出端口线对线试验布置。

各图适用于 GRP 实现的布置[图 9 的 a)、图 10 的 a)、图 11 的 a)和图 12 的 a)]或用专用地连接线实现的布置[图 9 的 b)、图 10 的 b)、图 11 的 b)和图 12 的 b)]。

## 9 试验结果评定

试验结果应依据受试设备在试验中的功能丧失或性能降低现象来分类,相关的性能等级由受试设备制造商或试验的委托方确定,或由产品的制造商和采购方双方协商同意。推荐的分类如下:

- a) 在制造商、委托方或采购方规定的限值内性能正常；
- b) 功能或性能暂时丧失或降低,但在骚扰停止后能自行恢复,不需要操作者干预；
- c) 功能或性能暂时丧失或降低,但需操作者干预才能恢复；
- d) 因设备硬件或软件损坏、或数据丢失而造成不能恢复的功能丧失或性能降低。

制造商的技术规范可以规定一些对 EUT 产生了影响但被认为是不重要的因而是可以接受的。

在没有合适的通用、产品或产品类标准时,这种分类可以由负责相应产品的通用标准、产品标准和产品类标准的专业标准化技术委员会用于作为明确表达性能判据的指南,或作为制造商和采购方协商性能判据的框架。

## 10 试验报告

试验报告应包括能重现试验的全部信息,特别是下列内容:

- 本部分要求在试验计划中规定的项目；
- EUT 和辅助设备的标识,例如商标名称、产品型号、序列号；
- 试验设备的标识,例如商标名称、产品型号、序列号；
- 任何进行试验所需的专门环境条件,例如屏蔽室；
- 进行试验所需的任何特定条件；
- 制造商、委托方或采购方规定的性能等级；
- 在通用标准、产品标准或产品类标准中规定的性能判据；
- 在骚扰施加期间及以后观察到的对 EUT 的任何影响,及其持续时间；
- 判定试验合格/不合格的理由(根据通用标准、产品标准或产品类标准规定的性能判据或制造商和采购方达成的协议)；
- 为达到符合性要求而采用的任何特殊条件,例如电缆长度或类型,屏蔽或接地,或 EUT 运行条件。

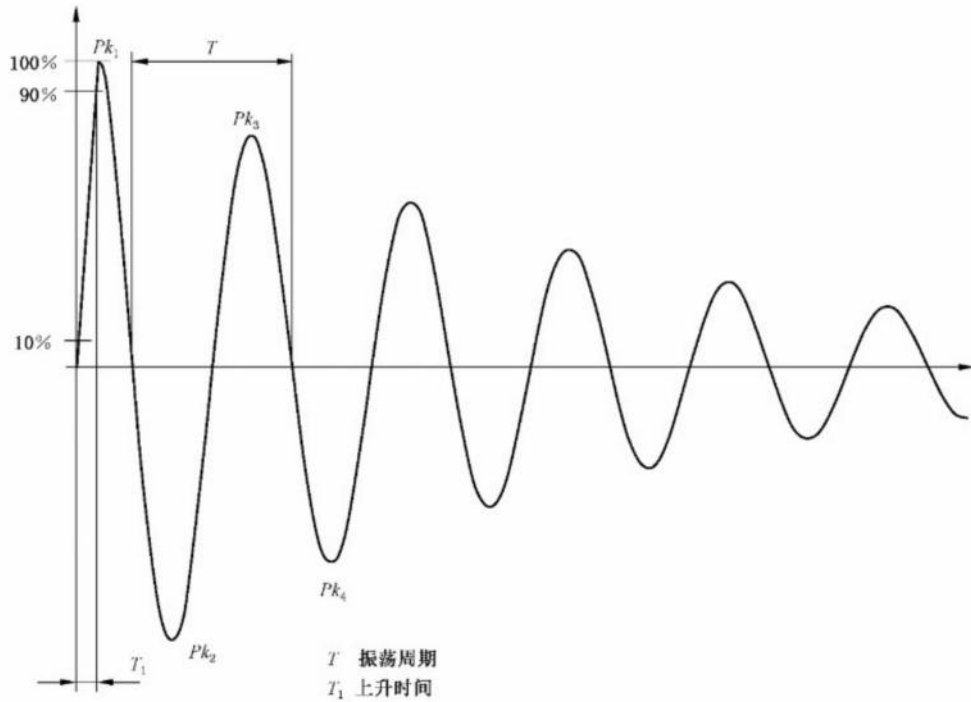
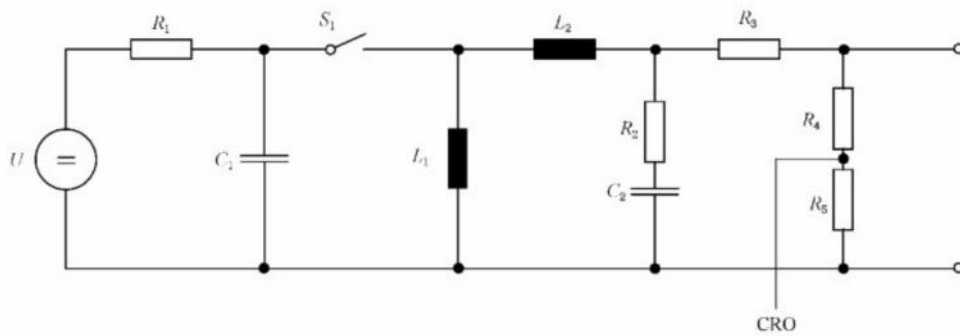


图 1 (快速或慢速)阻尼振荡波波形(开路电压)

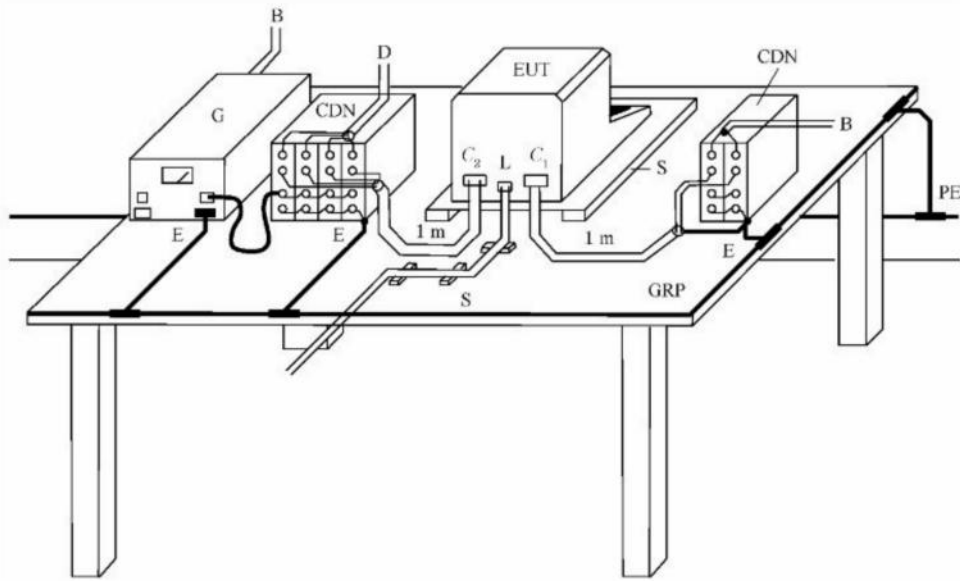


说明:

$U$  —— 高压源;  
 $R_1$  —— 充电电阻;  
 $C_1$  —— 储能电容;  
 $S_1$  —— 高压开关;  
 $L_1$  —— 振荡电路线圈;  
 $L_2$  —— 滤波电感;

$R_2$  —— 滤波电阻;  
 $C_2$  —— 滤波电容;  
 $R_3$  —— 源电阻;  
 $R_4, R_5$  —— 分压电阻(可选);  
 CRO —— 监视信号(可选)。

图 2 阻尼振荡波试验信号发生器原理电路图示例



说明：

PE —— 保护接地；

B —— 供电电源；

C<sub>1</sub> —— 电源端口；

C<sub>2</sub> —— 输入/输出端口；

D —— 信号/控制源；

E —— 接地连线；

注：接地连接根据实际情况尽可能短。

EUT —— 受试设备；

G —— 试验信号发生器；

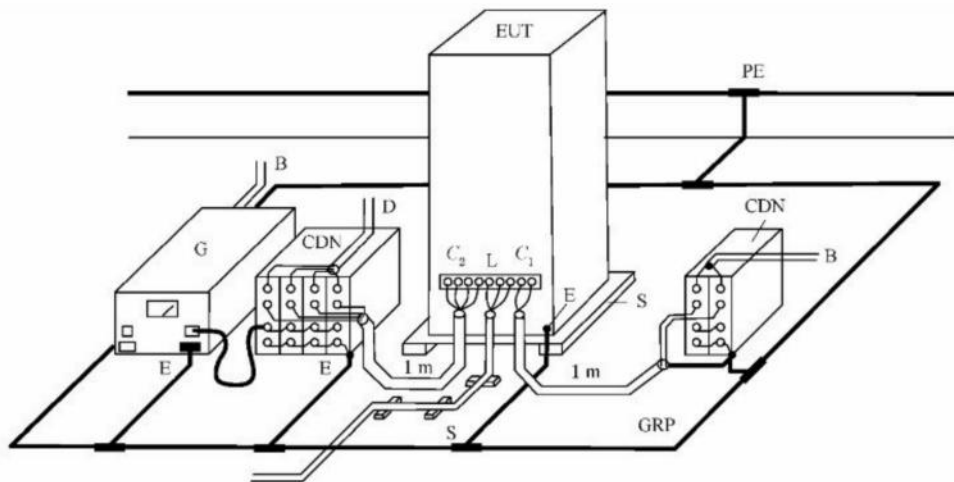
L —— 通信端口；

GRP —— 接地参考平面；

CDN —— 耦合/去耦网络；

S —— 绝缘支座。

图 3 使用接地参考平面的台式设备试验布置示例



说明：

PE —— 保护接地；

B —— 供电电源；

C<sub>1</sub> —— 电源端口；

C<sub>2</sub> —— 输入/输出端口；

D —— 信号/控制源；

E —— 接地连线；

注：接地连接根据实际情况尽可能短。

EUT —— 受试设备；

G —— 试验信号发生器；

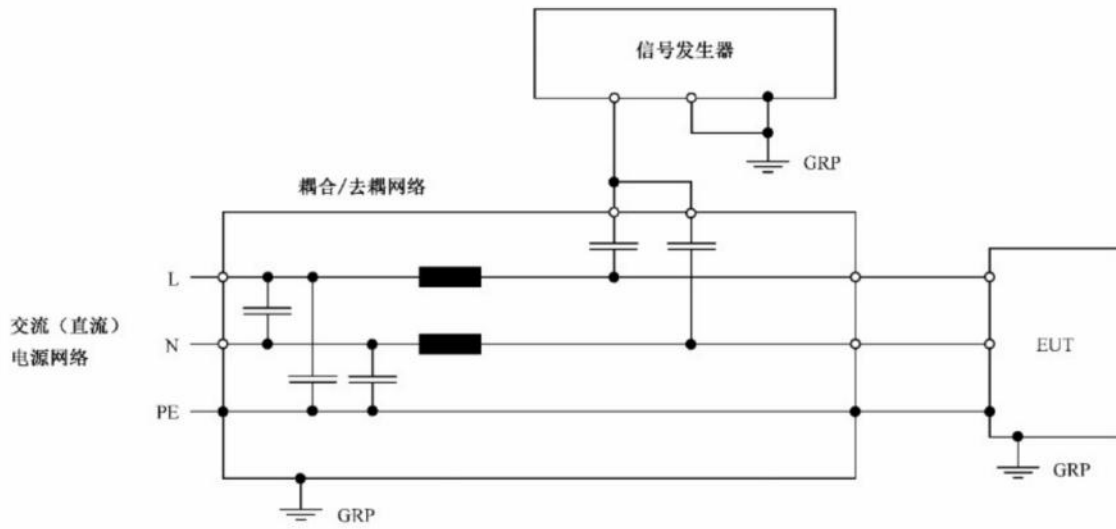
L —— 通信端口；

GRP —— 接地参考平面；

CDN —— 耦合/去耦网络；

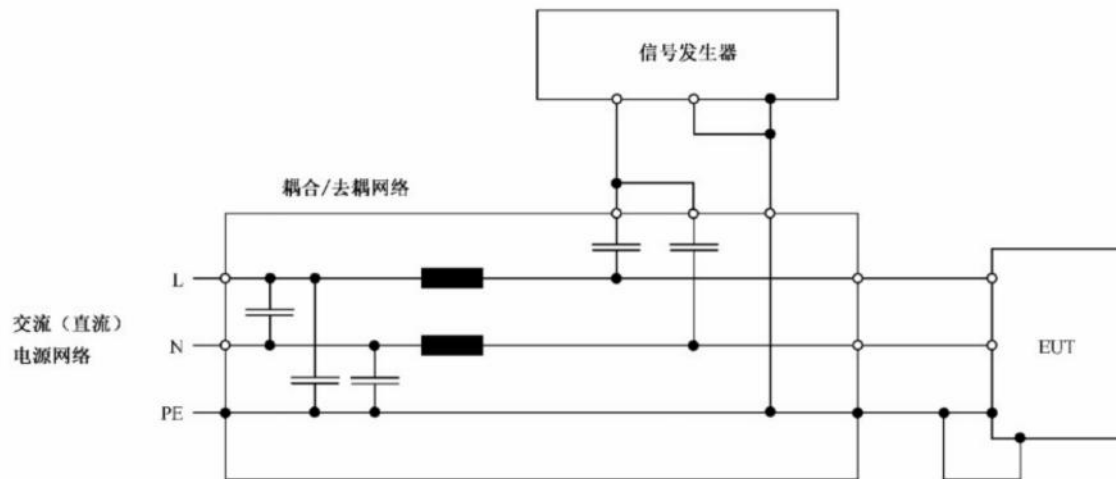
S —— 绝缘支座。

图 4 使用接地参考平面的落地式设备试验布置示例



CDN 去耦部分的最大电感:1.5 mH。

a) 使用接地参考平面的试验布置



CDN 去耦部分的最大电感:1.5 mH。

b) 使用专用接地连线的试验布置

注:对于快速阻尼振荡波试验,信号发生器的输出和耦合器的输入是同轴型的。

图 5 单相交/直流电源端口线对地试验布置























