



# 江苏省地方计量技术规范

JJF（苏）281—2024

## 差模传导干扰模拟器校准规范

Calibration Specification for Differential Mode Conducted Disturbances Simulators

2024-09-26 发布

2024-12-01 实施

江苏省市场监督管理局发布

# 差模传导干扰模拟器校准规范

Calibration Specification for Differential Mode

Conducted Disturbances Simulators

JJF(苏)281 — 2024

本规范经江苏省市场监督管理局于 2024 年 09 月 26 日批准，并自 2024 年 12 月 01 日起施行。

归口单位：江苏省通讯计量专业技术专业委员会

主要起草单位：江苏省计量科学研究院

苏州市计量测试院

参加起草单位：东南大学

苏州泰思特电子科技有限公司

江苏省产品质量监督检验研究院

本规范委托江苏省通讯计量专业技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

冯铁英（江苏省计量科学研究院）

赵品彰（江苏省计量科学研究院）

江 铖（苏州市计量测试院）

本规范参加起草人：

宋光明（东南大学）

孙 正（苏州泰思特电子科技有限公司）

陈雨龙（江苏省计量科学研究院）

彭彦伟（江苏省产品质量监督检验研究院）

# 目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
3.1 驻留时间.....	1
3.2 调制周期与调制频率.....	1
3.3 总谐波畸变率.....	1
3.4 调制周期与调制频率.....	1
3.5 总谐波畸变率.....	1
4 概述.....	2
5 计量特性.....	2
5.1 差模电压试验发生器.....	2
5.2 差模电流试验发生器.....	3
5.3 耦合/去耦网络 (CDN) 单元.....	4
6 校准条件.....	4
6.1 环境条件.....	4
6.2 测量标准及其他设备.....	4
7 校准项目和校准方法.....	6
7.1 校准项目.....	6
7.2 校准方法.....	6
8 校准结果表达.....	11
9 复校时间间隔.....	12
附录 A 测量不确定度评定示例.....	13
附录 B 校准原始记录格式.....	17
附录 C 校准证书内页格式.....	20
附录 D 差模电压/电流试验等级.....	23

# 引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范参考 GB/T17626.19《电磁兼容性试验和测量技术 交流电源端口 2 kHz 至 150 kHz 差模传导骚扰和通信信号抗扰度试验》和 IEC 61000-4-19: 2014《电磁兼容性(EMC). 第 4-19 部分: 试验和测量技术. 交流电源端口 2 kHz 至 150 kHz 差模传导骚扰和通信信号抗扰度试验》中相关条款进行编写。

本规范为首次发布。

# 差模传导干扰模拟器校准规范

## 1 范围

本规范适用于符合 GB/T17626.19《电磁兼容性试验和测量技术交流电源端口 2 kHz 至 150 kHz 差模传导骚扰和通信信号抗扰度试验》及 IEC 61000-4-19: 2014《电磁兼容性(EMC). 第 4-19 部分: 试验和测量技术. 交流电源端口 2 kHz 至 150 kHz 差模传导骚扰和通信信号抗扰度试验》中要求的差模传导干扰模拟器的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T17626.19 电磁兼容性试验和测量技术交流电源端口 2 kHz 至 150 kHz 差模传导骚扰和通信信号抗扰度试验

IEC 61000-4-19:2014 电磁兼容性(EMC). 第 4-19 部分: 试验和测量技术. 交流电源端口 2 kHz 至 150 kHz 差模传导骚扰和通信信号抗扰度试验(Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-19: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, differential mode disturbances and signaling in the frequency range 2 kHz to 150 kHz at a.c. power ports)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3 术语和计量单位

### 3.1 驻留时间 dwell time

对于选定的调制频率，某一频率的脉冲序列的持续期。

### 3.2 调制周期与调制频率 modulation period and modulation frequency

调制频率为按照所需传递信号的变化规律而变化的载波瞬时频率。调制周期与调制频率互为倒数关系。

### 3.3 总谐波畸变率 Total harmonic distortion (THD)

不大于指定次数的所有谐波分量（电压/电流）的均方根值与基波分量（电压/电流）均方根值的比值。

## 4 概述

差模传导干扰模拟器是实现差模电压和电流干扰注入的试验装置，通常由差模电压试验发生器、差模电流试验发生器和耦合/去耦网络（CDN）单元组成，其中差模电压/电流试验发生器具备间歇期的连续波脉冲试验波形和矩形调制脉冲试验波形输出功能，如图1和2所示。

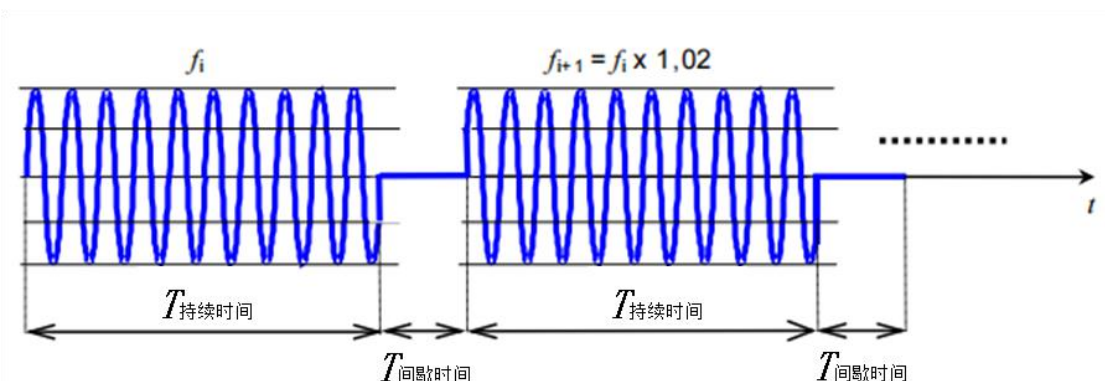


图 1 间歇期的连续波脉冲试验波形

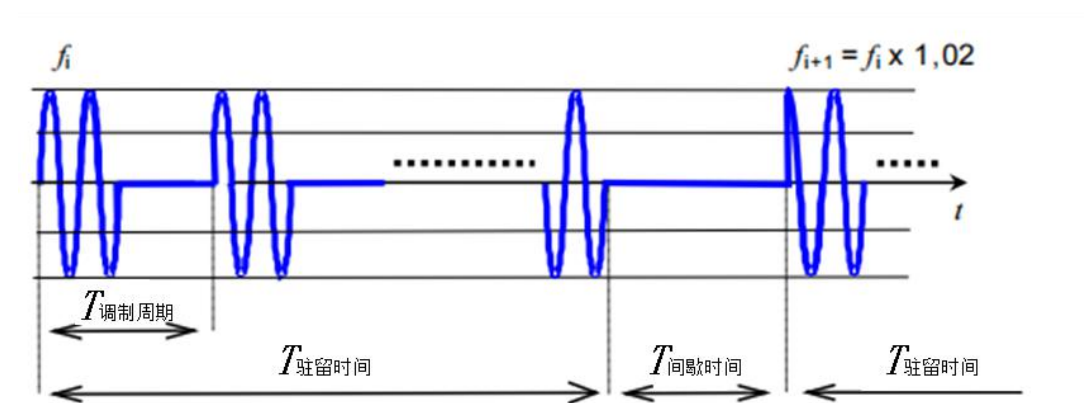


图 2 矩形调制脉冲试验波形

## 5 计量特性

### 5.1 差模电压试验发生器

#### 5.1.1 开路电压

测量范围：0.1V<sub>rms</sub>~20V<sub>rms</sub>；

最大允许误差：±5%。

#### 5.1.2 频率

测量范围：2kHz~150kHz；

最大允许误差：±10%。

### 5.1.3 持续时间/驻留时间

标称值: 3s;

最大允许误差:  $\pm 30\%$ 。

### 5.1.4 间歇时间

标称值: 300ms;

最大允许误差:  $\pm 200\text{ms}$ 。

### 5.1.5 调制周期与调制频率

调制频率: 3Hz、101Hz、301Hz、601Hz;

调制频率与调制周期互为倒数关系;

最大允许误差:  $\pm 10\%$ 。

### 5.1.6 电压总谐波畸变率

小于 5%。

## 5.2 差模电流试验发生器

### 5.2.1 短路电流

测量范围: 0.5Arms~4Arms;

最大允许误差:  $\pm 5\%$ 。

### 5.2.2 频率

测量范围: 2kHz~150kHz;

最大允许误差:  $\pm 10\%$ 。

### 5.2.3 持续时间/驻留时间

标称值: 3s;

最大允许误差:  $\pm 30\%$ 。

### 5.2.4 间歇时间

标称值: 300ms;

最大允许误差:  $\pm 200\text{ms}$ 。

### 5.2.5 调制周期与调制频率

调制频率: 3Hz、101Hz、301Hz、601Hz;

调制频率与调制周期互为倒数关系;

最大允许误差:  $\pm 10\%$ 。

### 5.2.6 电流总谐波畸变率

小于 5%。



### 5.2.7 内阻

标称值:  $1\Omega$ ;

最大允许误差:  $\pm 30\%$ 。

## 5.3 耦合/去耦网络 (CDN) 单元

### 5.3.1 去耦衰减

测量范围:  $2\text{kHz}\sim 150\text{kHz}$ ;

允许范围: 小于  $-10\text{dB}$  ( $2\text{kHz}$ ),  $-50\text{dB}$  ( $150\text{kHz}$ ), (随频率的对数线性减小, 从  $2\text{kHz}$  时的  $-10\text{dB}$  减少到  $50\text{kHz}$  时的  $-50\text{dB}$ , 并保持  $-50\text{dB}$  直至  $150\text{kHz}$ )。

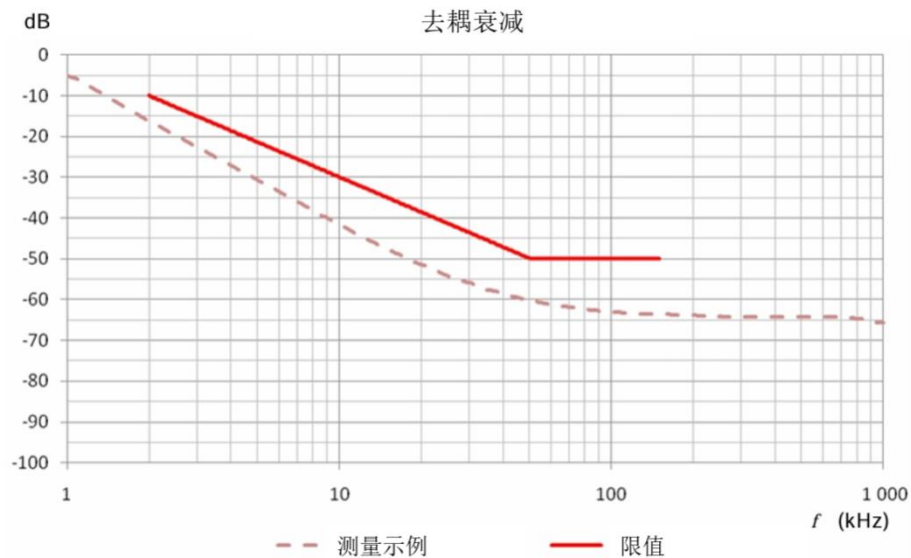


图 3 耦合/去耦网络单元--去耦衰减特性

注: 上述指标不适用于合格性判别, 仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

环境温度:  $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 。

相对湿度:  $\leq 80\%$ 。

电源要求:  $(220\pm 22)\text{V}$ ,  $(50\pm 1)\text{Hz}$ 。

其他: 周围无影响校准工作正常进行的电磁干扰及机械振动。

### 6.2 测量标准及其他设备

#### 6.2.1 数字示波器

带宽: 不小于  $20\text{MHz}$ ;

幅度测量最大允许误差：±2%；

时基最大允许误差：±1×10<sup>-4</sup>。

#### 6.2.2 宽频电压差分探头

带宽：不小于1MHz；

输入阻抗：不小于1MΩ；

衰减比：1:1、1:10；

最大允许误差：±2%。

#### 6.2.3 电流传感器

带宽：不小于1MHz；

最大允许误差：±1%。

#### 6.2.4 谐波分析仪

频率范围：2kHz~1MHz；

电压输入范围：（0.1~20）V；

电流输入范围：（0.5~4）A；

谐波电压含有率最大允许误差：±0.1%；

谐波电流含有率最大允许误差：±0.2%。

#### 6.2.5 网络分析仪

频率范围：2kHz~150kHz；

传输系数幅值测量最大允许误差：±（0.01~0.1）dB。

#### 6.2.6 平衡不平衡阻抗转换器（巴伦）

频率范围：2kHz~150kHz；

电压驻波比：不大于1.3。

#### 6.2.7 匹配负载

频率范围：2kHz~150kHz；

标称值：10Ω；

最大允许误差：±5%。

#### 6.2.8 同轴衰减器

频率范围：2kHz~150kHz；

标称值：10dB；

电压驻波比：不大于1.3。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

如表 1 所示。

表 1 校准项目表

序号	校准项目	
1	外观及工作正常性检查	
2	差模电压试验发生器	开路电压
		频率
		持续时间
		间歇时间
		驻留时间
		调制周期与调制频率
		电压总谐波畸变率
3	差模电流试验发生器	短路电流
		频率
		持续时间
		间歇时间
		驻留时间
		调制周期与调制频率
		电流总谐波畸变率
		内阻
4	耦合/去耦网络单元	去耦衰减

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 外观及工作正常性检查

被校差模传导干扰模拟器不应有影响正常工作的机械损伤，前面板各按键、开关、连接器应安装牢固，通断分明，并按规定时间进行预热，将检查记录在附录 B.1。

#### 7.2.2 差模电压试验发生器的校准

##### 7.2.2.1 开路电压和频率

1) 按照图 4 进行设备连接。以单相耦合/去耦网络单元为例，耦合方式为 L-N（电源端口短路），差模电压试验发生器切换至间歇期的连续波脉冲输出模式。

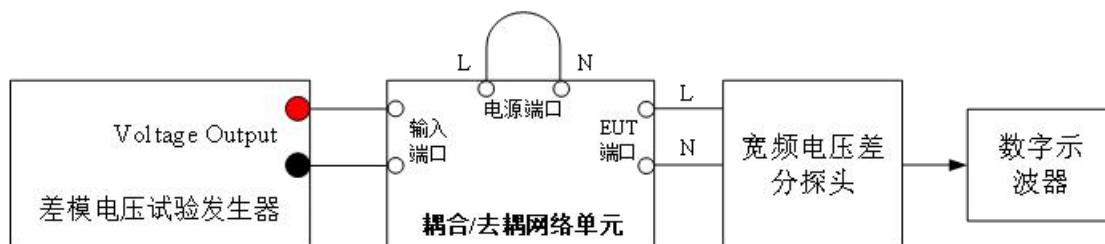


图 4 差模电压试验发生器开路电压和频率校准示意图

2) 设置差模电压试验发生器的频率为 2kHz，合理选择宽频电压差分探头的衰减比，

并调节数字示波器的垂直灵敏度、时间基准和触发模式（自动触发）使完整的开路电压波形显示在屏幕中心，测量差模电压试验等级（见附录 D.1）下的开路电压(有效值)和频率，记录在附录 B.2。

3) 改变差模电压试验发生器的频率分别为 9kHz、95kHz 和 150kHz，测量差模电压试验等级和对应频率设定下捕捉的开路电压和频率，记录在附录 B.2。

4) 针对三相耦合/去耦网络单元，按照 L1-N、L2-N、L3-N、L1-L2、L2-L3、L3-L1 耦合方式依次进行，同时调整对应的电源端口线路短路，重复步骤 2-3)，记录开路电压与频率在附录 B.2。

5) 差模电压试验发生器切换至矩形脉冲调制输出模式，在电源频率 50Hz 下，重复步骤 2~4)，记录开路电压与频率在附录 B.3。

注：若差模电压试验发生器的输出电压在数字示波器或真有效值电压表的电压和频率测量范围内，可以不用宽频差分电压探头，直接用数字示波器或真有效值电压表测量。

#### 7.2.2.2 持续时间和间歇时间

1) 按照图 4 进行设备连接。差模电压试验发生器切换至间歇期的连续波脉冲输出模式。

2) 设定差模电压试验发生器的持续时间为 3s，间歇时间为 300ms。合理选择宽频电压差分探头的衰减比，调整数字示波器保证至少 2 个完整的波形显示在屏幕中央，读取数字示波器在差模电压试验等级和对应频率下捕捉的持续时间和间歇时间，记录在附录 B.2。

3) 针对三相耦合/去耦网络单元，按照 L1-N、L2-N、L3-N、L1-L2、L2-L3、L3-L1 耦合方式依次进行，重复步骤 2)，记录持续时间和间歇时间在附录 B.2。

#### 7.2.2.3 驻留时间、调制周期与调制频率

1) 按照图 4 进行设备连接。差模电压试验发生器切换至矩形脉冲调制输出模式。

2) 设定差模电压试验发生器的驻留时间为 3s，调制频率为 3Hz。合理选择宽频电压差分探头的衰减比，调整数字示波器保证至少 2 个完整的波形显示在屏幕中央，读取数字示波器在差模电压试验等级和对应频率下捕捉的驻留时间、调制周期和调制频率，记录在附录 B.3。

3) 改变调制频率分别为 101Hz、301Hz 和 601Hz，设定驻留时间为 3s，测量差模电压试验等级和对应频率设定下捕捉的驻留时间、调制频率和调制周期，记录在附录 B.3。

4) 针对三相耦合/去耦网络单元，按照 L1-N、L2-N、L3-N、L1-L2、L2-L3、L3-L1 耦合方式依次进行，重复步骤 2~3)，记录驻留时间、调制周期与调制频率在附录 B.3。

#### 7.2.2.4 电压总谐波畸变率

1) 按照图 5 进行设备连接。以单相耦合/去耦网络单元为例，耦合方式为 L-N（电源端口短路）。差模电压试验发生器切换至间歇连续波脉冲输出模式。

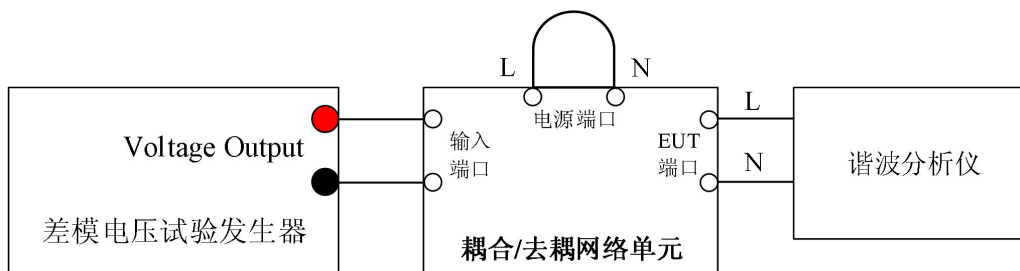


图 5 差模电压试验发生器电压总谐波畸变率校准示意图

2) 设定差模电压试验发生器的频率为 2kHz，合理选择谐波分析仪的电压量程，测量差模电压试验等级下的谐波电压分量，结合公式 1，计算得到电压总谐波畸变率，记录在附录 B.2。

3) 改变差模电压试验发生器的频率分别为 9kHz、95kHz 和 150kHz，测量差模电压试验等级和对应频率设定下捕捉的电压总谐波畸变率，记录在附录 B.2。

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^N V_i^2}}{V_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $V_i$ ——为第  $i$  次谐波电压的均方根值，其中  $V_1$  为基波电压的均方根值，单位 V；  
 $N$ ——为谐波次数。

4) 针对三相耦合/去耦网络单元，按照 L1-N、L2-N、L3-N、L1-L2、L2-L3、L3-L1 耦合方式依次进行，重复步骤 2~3)，记录电压总谐波畸变率在附录 B.2。

#### 7.2.3 差模电流试验发生器的校准

##### 7.2.3.1 短路电流和频率

1) 按照图 6 进行设备连接。差模电流试验发生器切换至间歇期的连续波脉冲输出模式。



图 6 差模电流试验发生器短路电流和频率校准示意图

2) 设定差模电流试验发生器的频率为 2kHz，合理选择电流传感器的 V/A 系数，并调节数字示波器的垂直灵敏度、时间基准和触发模式（自动触发）使完整短路电流波形显示在屏幕中心，测量差模电流试验等级（见附录 D.2）下的短路电流(有效值)和频率，记录在附录 B.4。

3) 改变差模电流试验发生器的频率分别为 30kHz 和 150kHz, 测量差模电流试验等级和对应频率设定下捕捉的短路电流和频率, 记录在附录 B.4。

4) 差模电流试验发生器切换至矩形脉冲调制输出模式, 在电源频率 50Hz 下, 重复步骤 2~3), 记录短路电流和频率在附录 B.5。

#### 7.2.3.2 持续时间和间歇时间

1) 按照图 6 进行设备连接。差模电流试验发生器切换至间歇连续波脉冲输出模式。

2) 设定差模电流试验发生器持续时间为 3s, 间歇时间为 300ms。合理选择电流传感器的 V/A 系数, 调整数字示波器保证至少 2 个完整的波形显示在屏幕中央, 读取数字示波器在差模电流试验等级和对应频率下捕捉的持续时间和间歇时间, 记录在附录 B.4。

#### 7.2.3.3 驻留时间、调制周期与调制频率

1) 按照图 6 进行设备连接。差模电流试验发生器切换至矩形脉冲调制输出模式。

2) 设定差模电流试验发生器驻留时间为 3s, 调制频率为 3Hz。合理选择电流传感器的 V/A 系数, 调整数字示波器保证至少 2 个完整的波形显示在屏幕中央, 读取数字示波器在差模电流试验等级和对应频率下捕捉的驻留时间、调制周期和调制频率, 记录在附录 B.5。

3) 改变调制频率分别为 101Hz、301Hz 和 601Hz, 设定驻留时间为 3s, 测量差模电流试验等级和对应频率设定下捕捉的驻留时间、调制频率和调制周期, 记录在附录 B.5。

#### 7.2.3.4 电流总谐波畸变率

1) 按照图 7 进行设备连接。差模电流试验发生器切换至间歇连续波脉冲输出模式。

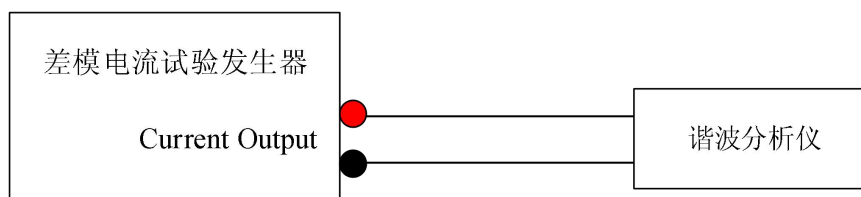


图 7 差模电流试验发生器电流总谐波畸变率校准示意图

2) 设定差模电流试验发生器的频率为 2kHz, 合理选择谐波分析仪的电流量程, 测量差模电流试验等级下谐波电流分量, 结合公式 2, 计算得到电流总谐波畸变率, 记录在附录 B.4。

3) 改变差模电流试验发生器的频率分别为 30kHz 和 150kHz, 测量差模电流试验等级和对应频率设定下的电流总谐波畸变率, 记录在附录 B.4。

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^N I_i^2}}{I_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $I_i$ ——为第  $i$  次谐波电流的均方根值, 其中  $I_1$  为基波电流的均方根值, 单位 A;

$N$ ——为谐波次数。

### 7.2.3.5 内阻

1) 按照图 8 进行设备连接。差模电流试验发生器切换至间歇连续波脉冲输出模式。

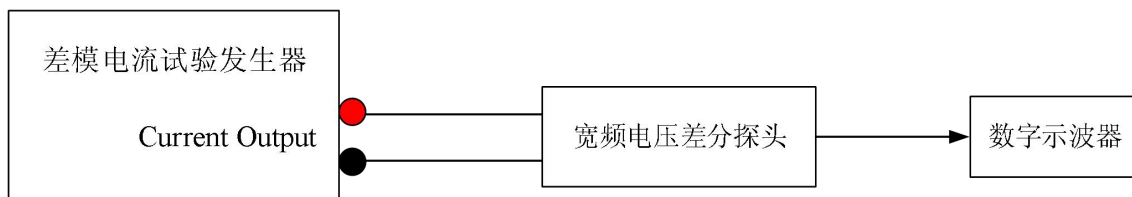


图 8 差模电流试验发生器内阻校准示意图

2) 设定差模电流试验发生器的频率为 2kHz, 合理选择宽频电压差分探头的衰减比, 并调节数字示波器的垂直灵敏度、时间基准和触发模式 (自动触发) 使完整开路电压波形显示在屏幕中心, 测量差模电流试验等级下的开路电压, 记录在附录 B.4。

3) 改变差模电流试验发生器的频率为 30kHz 和 150kHz, 测量差模电流试验等级和对应频率设定下的开路电压, 记录在附录 B.4。

4) 计算相同频率和相同差模电流试验等级设定下捕捉的开路电压与短路电流的比值, 记为差模电流试验发生器的内阻, 记录在附录 B.4。

### 7.2.4 耦合/去耦网络单元的校准

#### 7.2.4.1 去耦衰减

1) 设置网络分析仪的测量频率范围为被校耦合/去耦网络单元的工作频率, 源功率为 0dBm, 中频带宽不大于 1kHz。使用校准件对网络分析仪进行单端口开路、短路、匹配负载校准及二端口直通校准。

2) 按照图 9 进行设备连接。将巴伦 50Ω/10Ω 和巴伦 10Ω/50Ω 采用连接线连成对, 两端各接入一个同轴衰减器并通过电缆连接至网络分析的端口, 设置网络分析仪测量模式为  $S_{21}$  传输测量, 显示格式为对数幅度, 读取网络分析仪在不同频率下的插入损耗  $A_1$ , 记录在附录 B.6。

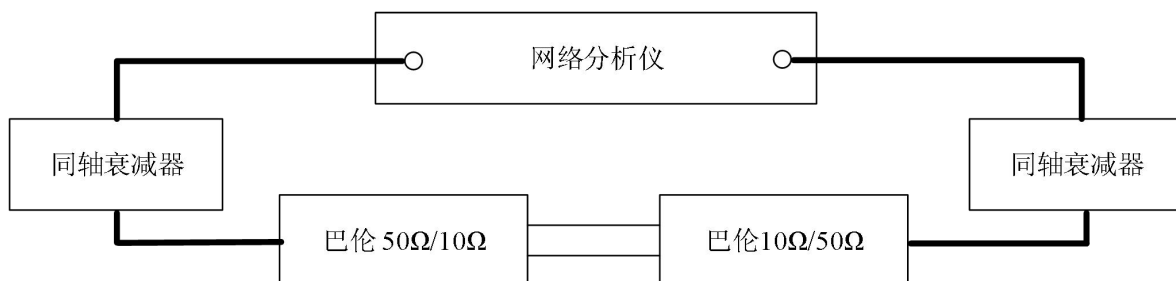


图 9 巴伦对插入损耗校准示意图

3) 按照图 10 进行设备连接。以单相耦合/去耦网络单元为例, 将步骤 2 所用的巴伦 10Ω/50Ω 连接到耦合/去耦网络单元的 EUT 端口, 巴伦 50Ω/10Ω 连接到电源端口, 并将匹配负载端接在耦合/去耦网络单元的输入端口, 读取网络分析仪在对应频率的

插入损耗  $A_0$ ，记录在附录 B.6。

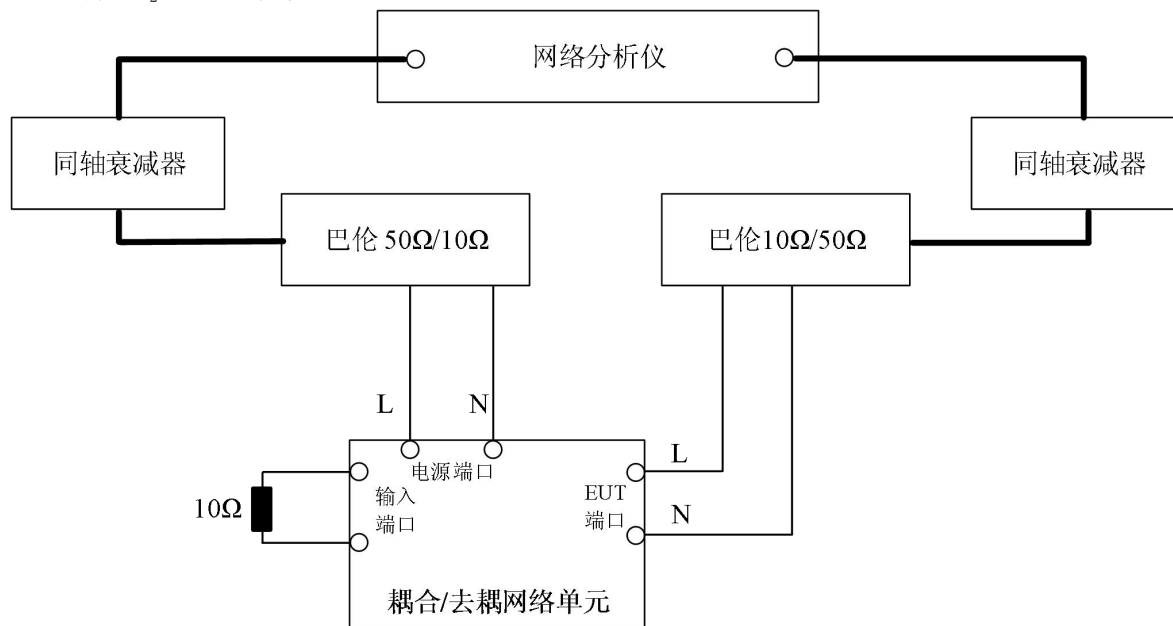


图 10 耦合/去耦网络单元去耦衰减校准示意图

4) 依据式 3 计算去耦衰减  $A$ ，并将结果记录在附录 B.6。

$$A = A_2 - A_1 \quad (3)$$

式中：

$A$ ——去耦衰减，单位 dB；

$A_1$ ——接入巴伦对的插入损耗，单位 dB。

$A_2$ ——接入耦合/去耦网络单元的插入损耗，单位 dB。

5) 针对三相耦合/去耦网络单元，去耦衰减按照 L1-N、L2-N、L3-N、L1-L2、L2-L3、L3-L1 耦合方式依次进行，重复步骤 1~4)，记录在附录 B.6 中。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反应，校准证书应至少包括以下信息：

- 标题，“校准证书”；
- 实验室名称和地址；
- 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 客户的名称和地址；
- 被校对象的描述和明确标识；
- 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；



- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

## 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。

送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 测量不确定度评定示例

## A.1 去耦衰减的测量不确定度评定

## A.1.1 测量模型

$$y = A_2 - A_1 \quad (\text{A.1})$$

式中:

$y$ —被测耦合/去耦网络单元 EUT 端口-电源端口的去耦衰减, dB;

$A_1$ —接入巴伦对的插入损耗, 单位 dB。;

$A_2$ —接入耦合/去耦网络单元的插入损耗, 单位 dB。

## A.1.2 不确定度来源

不确定度来源如下:

- 1) 网络分析仪传输系数幅值测量的最大允许误差引入的标准不确定度  $u_1$ ;
- 2) 平衡不平衡阻抗转换器(巴伦)对中连接线引入的标准不确定度  $u_2$ ;
- 3) 失配误差引入的标准不确定度  $u_3$ ;
- 4) 测量重复性引入的标准不确定度  $u_4$ 。

## A.1.3 标准不确定度分量的评定

- 1) 网络分析仪传输系数幅值测量的最大允许误差引入的标准不确定度  $u_1$

用 B 类方法评定。网络分析仪传输系数幅值测量的最大允许误差为 $\pm 0.1\text{dB}$ , 假设为均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 则:

$$u_1 = 0.1\text{dB} / \sqrt{3} = 0.058\text{dB}$$

- 2) 平衡不平衡阻抗转换器(巴伦)对中连接线的插入损耗引入的标准不确定度  $u_2$

用 B 类方法评定。平衡不平衡阻抗转换器(巴伦)对中有无连接线对插入损耗影响的最大偏差为 $\pm 0.2\text{dB}$ , 假设为均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 则:

$$u_2 = 0.2\text{dB} / \sqrt{3} = 0.116\text{dB}$$

- 3) 失配误差引入的标准不确定度  $u_3$

用 B 类方法评定。在去耦衰减的校准过程中, 网络分析仪的测试端口没有直接与耦合/去耦网络单元及平衡不平衡阻抗转换器相连, 分别插入同轴衰减器用于改善电路匹配。由于同轴衰减器与网络分析仪的阻抗仍然无法完全匹配, 会产生失配误差而影响传输测量结果。

网络分析仪输入端电压驻波比 $\leq 1.2$

同轴衰减器输出端电压驻波比 $\leq 1.3$

失配误差极限用下式估计：

$$\Delta_p = 4.34 \times 2 \times |\Gamma_{\text{out}}| |\Gamma_{\text{in}}|$$

$\Delta_p$ —失配误差极限值，dB；

$|\Gamma_{\text{out}}|$ —同轴衰减器输出端反射系数；

$|\Gamma_{\text{in}}|$ —网络分析仪输入端反射系数。

根据仪器设备的技术指标，得到：

$$|\Gamma_{\text{out}}| = (1.3 - 1) / (1.3 + 1) = 0.13$$

$$|\Gamma_{\text{in}}| = (1.2 - 1) / (1.2 + 1) = 0.09$$

$$\Delta_p = 4.34 \times 2 \times |\Gamma_{\text{out}}| |\Gamma_{\text{in}}| \approx 0.1(\text{dB})$$

网络分析仪输出端与同轴衰减器输入端的失配误差与之相同，总的失配误差极限为

$$\sqrt{(0.1)^2 + (0.1)^2} = 0.1414(\text{dB})$$

故失配误差范围为 $\pm 0.1414\text{dB}$ 。按反正弦分布处理，取  $k=\sqrt{2}$ ，则：

$$u_3 = 0.1414\text{dB} / \sqrt{2} = 0.1\text{dB}$$

#### 4) 测量重复性引入的标准不确定度 $u_4$

各种随机因素导致的不确定度，用 A 类方法评定。测量耦合去耦网络单元在 2kHz 的去耦衰减，重复测量  $n$  ( $n=10$ ) 次，用贝塞尔公式计算得到单次测量值的实验标准偏差  $s(y)$  为 0.05dB。校准值由单次读数的算术平均值得到，故由重复性引起的测量不确定度分量  $u_4$ ：

$$u_4 = s(y) = 0.05\text{dB}$$

#### A.1.4 合成标准不确定度

表A.1.1 去耦衰减测量不确定度分量汇总表

不确定度分量	来源	评定方法	分布	$k$ 值	标准不确定度
$u_1$	网络分析仪传输系数幅值测量的最大允许误差	B 类	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.058dB
$u_2$	平衡不平衡阻抗转换器(巴伦)对中连接线的插入损耗	B 类	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.116dB
$u_3$	失配误差	B 类	反正弦分布	$\sqrt{3}$	0.1dB
$u_4$	测量重复性	A 类	/	/	0.05dB

各分量互不相关， $u_c(y) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.17\text{dB}$

## A.1.5 确定扩展不确定度

取 $k=2$ ,  $U = 2 \times u_c(y) = 0.34\text{dB}$

## A.2 开路电压的测量不确定度评定

## A.2.1 测量模型

$$y = V_{rms} \quad (\text{A.2})$$

式中:

$y$ ——被校差模电压试验发生器开路电压有效值, 单位: V;

$V_{rms}$ ——数字示波器上的开路电压有效值, 单位: V。

## A.2.2 不确定度来源

不确定度来源如下:

- 1) 差模电压试验发生器输出电压测量重复性引入的不确定度分量 $u_1$ ;
- 2) 由宽频电压差分探头衰减比引入的不确定度分量 $u_2$ ;
- 3) 由数字示波器示值误差引入的不确定度分量 $u_3$ 。

## A.2.3 标准不确定度评定

- 1) 由测量重复性引入的不确定度分量:

设置差模电压试验发生器电压在2kHz处输出20V, 进行10次重复性测量, 读取示波器的数值, 测量重复性引入的不确定度分量用测量结果的实验标准偏差表示, 见表A.2.1。

表A.2.1 测量重复性引入的不确定度分量

序号	开路电压 (Vrms)	序号	开路电压 (Vrms)
1	19.4	6	19.4
2	19.5	7	19.5
3	19.8	8	19.6
4	19.7	9	19.5
5	19.5	10	19.5
平均值 $\bar{x}$	19.54	实验标准偏差 $s(x_i)$	0.126

$$u_1 = \frac{s(x_i)}{\sqrt{10} \times \bar{x}} = \frac{0.126}{\sqrt{10} \times 19.54} = 0.2\%$$

- 2) 由宽频电压差分探头衰减比引入的不确定度分量

按照B类方法评定，宽频电压差分探头衰减比最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，按照均匀分布计算，则其标准不确定度：

$$u_2 = \frac{2\%}{\sqrt{3}} = 1.16\%$$

3) 由数字示波器示值误差引入的不确定度分量

在进行开路电压测量时，数字示波器最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，服从均匀分布，即 $k = \sqrt{3}$ ，则由数字示波器示值误差引入的不确定度分量为：

$$u_3 = \frac{2\%}{\sqrt{3}} = 1.16\%$$

#### A.2.4 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总主要分量见表 A.2.2。

表A.2.2 开路电压测量不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度		灵敏系数	标准不确定度分量
	符号	数值		
测量重复性引入	$u_1$	0.2%	1	0.2%
宽频电压差分探头衰减比引入	$u_2$	1.16%	1	1.16%
数字示波器示值误差引入	$u_3$	1.16%	1	1.16%

各测量不确定度分量按不相关考虑，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 1.65\%$$

#### A.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = k \cdot u_c = 2 \times 1.65\% = 3.3\%$$

附录 B

校准原始记录格式

B.1 外观及工作正常性检查：

B.2 差模电压试验发生器（间歇期的连续波脉冲输出模式）

耦合 方式	频率（kHz）		开路电压(Vrms)		持续时间(s)		间歇时间(ms)		电压总谐 波畸变率 （%）
	设定值	实测值	设定值	实测值	设定值	实测值	设定值	实测值	
L-N (L1-N L2-N L3-N L1-L2 L2-L3 L3-L1)	2		0.5		3		300		
	9		0.5		3		300		
	95		0.1		3		300		
	150		0.1		3		300		
	2		3		3		300		
	9		3		3		300		
	95		0.6		3		300		
	150		0.6		3		300		
	2		12		3		300		
	9		12		3		300		
	95		2.4		3		300		
	150		2.4		3		300		
	2		20		3		300		
	9		20		3		300		
	95		10		3		300		
	150		10		3		300		

## B.3 差模电压试验发生器(矩形脉冲调制输出模式)

耦合方式	频率 (kHz)		开路电压(Vrms)		驻留时间(s)		调制频率(Hz)	
	设定值	实测值	设定值	实测值	设定值	实测值	设定值	实测值
L-N (L1-N L2-N L3-N L1-L2 L2-L3 L3-L1)	2		0.5		3		3	
	9		0.5		3		101	
	95		0.1		3		301	
	150		0.1		3		601	
	2		3		3		3	
	9		3		3		101	
	95		0.6		3		301	
	150		0.6		3		601	
	2		12		3		3	
	9		12		3		101	
	95		2.4		3		301	
	150		2.4		3		601	
	2		20		3		3	
	9		20		3		101	
	95		10		3		301	
	150		10		3		601	

## B.4 差模电流试验发生器 (间歇期的连续波脉冲输出模式)

频率 (kHz)		短路电流 (Arms)		开路电压 (Vrms)	内阻 ( $\Omega$ )	持续时间(s)		间歇时间(ms)		电流总谐波畸变率 (%)
设定值	实测值	设定值	实测值	实测值	实测值	设定值	实测值	设定值	实测值	
2		1				3		300		
2		2				3		300		
2		3				3		300		
2		4				3		300		
30		1				3		300		
30		2				3		300		
30		3				3		300		
30		4				3		300		
150		0.5				3		300		
150		1				3		300		

150		1.5				3		300		
150		2				3		300		

## B.5 差模电流试验发生器 (矩形脉冲调制输出模式)

频率 (kHz)		短路电流(Arms)		驻留时间(s)		调制频率(Hz)	
设定值	实测值	设定值	实测值	设定值	实测值	设定值	实测值
2		1		3		3	
2		2		3		101	
2		3		3		301	
2		4		3		601	
30		1		3		3	
30		2		3		101	
30		3		3		301	
30		4		3		601	
150		0.5		3		3	
150		1		3		101	
150		1.5		3		301	
150		2		3		601	

## B.6 去耦衰减

频率 (kHz)	$A_1$ (dB)	$A_2$ (dB)	去耦衰减实测值 (dB)					
			L-N/L1-N	L2-N	L3-N	L1-L2	L2-L3	L3-L1
2								
...								
50								
...								
150								



## 附录 C

## 校准证书内页格式

## C.1 外观及工作正常性检查:

## C.2 差模电压试验发生器 (间歇期的连续波脉冲输出模式)

## (1) 开路电压与频率

耦合方式	频率 (kHz)		开路电压(Vrms)		不确定度( $k=2$ )
	设定值	实测值	设定值	实测值	

## (2) 持续时间

耦合方式	频率(kHz)	开路电压(Vrms)	持续时间(s)		不确定度( $k=2$ )
	设定值	设定值	设定值	实测值	

## (3) 间歇时间

耦合方式	频率(kHz)	开路电压(Vrms)	间歇时间(ms)		不确定度( $k=2$ )
	设定值	设定值	设定值	实测值	

## (4) 电压总谐波畸变率

耦合方式	频率(kHz)	开路电压(Vrms)	电压总谐波畸变率 (%)	不确定度( $k=2$ )
	设定值	设定值	实测值	

## C.3 差模电压试验发生器 (矩形脉冲调制输出模式)

## (1) 开路电压与频率

耦合方式	频率 (kHz)		开路电压(Vrms)		不确定度( $k=2$ )
	设定值	实测值	设定值	实测值	

## (2) 驻留时间

耦合方式	频率(kHz)	开路电压(Vrms)	驻留时间(s)		不确定度( $k=2$ )
	设定值	设定值	设定值	实测值	


## (3) 调制周期/调制频率

耦合方式	频率 (kHz)	开路电压(Vrms)	调制周期(s)		调制频率(Hz)		不确定度( $k=2$ )
	设定值	设定值	设定值	实测值	设定值	实测值	

## C.4 差模电流试验发生器 (间歇期的连续波脉冲输出模式)

## (1) 短路电流与频率

频率 (kHz)		短路电流(Arms)		不确定度( $k=2$ )
设定值	实测值	设定值	实测值	

## (2) 持续时间

频率(kHz)	短路电流(Arms)	持续时间(s)		不确定度( $k=2$ )
设定值	设定值	设定值	实测值	

## (3) 间歇时间

频率(kHz)	短路电流(Arms)	间歇时间(ms)		不确定度( $k=2$ )
设定值	设定值	设定值	实测值	

## (4) 电流总谐波畸变率

频率(kHz)	短路电流(Arms)	电流总谐波畸变率 (%)	不确定度(k=2)
设定值	设定值	实测值	

## (5) 内阻

频率(kHz)	短路电流(Arms)	开路电压(Vrms)	内阻 ( $\Omega$ )	不确定度( $k=2$ )
设定值	实测值	实测值	实测值	

## C.5 差模电流试验发生器 (矩形脉冲调制输出模式)

## (1)开路电压与频率

频率 (kHz)		短路电流(Arms)		不确定度( $k=2$ )
设定值	实测值	设定值	实测值	

## (2)驻留时间

频率(kHz)	短路电流(Arms)	驻留时间(s)		不确定度( $k=2$ )
设定值	设定值	设定值	实测值	

## (3)调制周期/调制频率

频率(kHz)	短路电流(Arms)	调制周期(s)		调制频率(Hz)		不确定度( $k=2$ )
设定值	设定值	设定值	实测值	设定值	实测值	

## C.6 耦合/去耦网络单元

## (1)去耦衰减

耦合方式	频率(kHz)	去耦衰减 (dB)	不确定度( $k=2$ )
	设定值	实测值	

附录 D

差模电压/电流试验等级

D.1差模电压试验等级

表D.1 差模电压试验等级

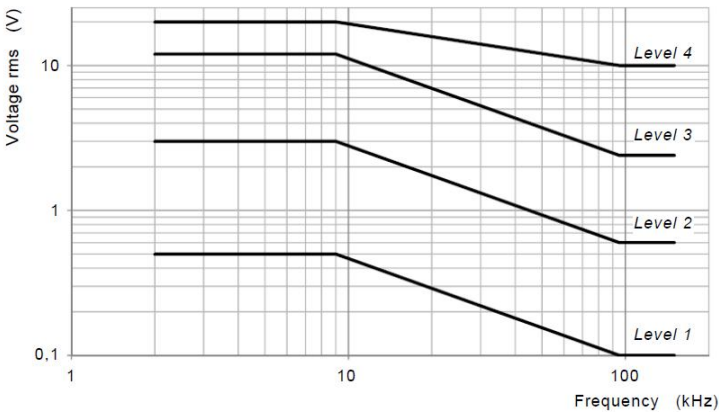
等级	未调制差模电压（Vrms）		
	2kHz~9 kHz	9kHz~95 kHz	95kHz~150kHz
1	0.5	0.5~0.1	0.1
2	3	3~0.6	0.6
3	12	12~2.4	2.4
4	20	20~10	10
X	特定	特定	特定

注：X为特殊等级或其它产品规定电压等级；

其中在 2kHz~9kHz，电平不变；

在 9kHz~95kHz，电平的对数随频率的对数线性减小；

在 95kHz~150kHz，电平不变。



图D.1 差模电压试验幅值-频率图

D.2差模电流试验等级

表D.2 差模电流试验等级

等级	未调制差模电流（Arms）	
	2kHz~30 kHz	30kHz~150kHz
1	1	0.5
2	2	1
3	3	1.5
4	4	2
X	特定	特定

注：X为可以高于、低于、或位于其间的任何试验等级特殊等级。

江苏省地方计量技术规范  
差模传导干扰模拟器校准规范  
JJF(苏)281—2024  
江苏省市场监督管理局发布

\*

江苏省计量协会印刷  
版权所有不得翻印

\*

开本 880 mm×1230 mm 16 开本  
2024 年 12 月 印刷