



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—XXXX

共模传导骚扰模拟器校准规范

Calibration Specification for Common Mode Conducted Disturbances Simulators

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

共模传导骚扰模拟器校准规范

Calibration Specification for Common
Mode Conducted Disturbances Simulators

JJF XXXX—XXXX

归口单位：全国无线电计量技术委员会

主要起草单位：江苏省计量科学研究院(江苏省能源计量数据中心)

参加起草单位：

本规范委托全国无线电计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

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 纹波因数 ripple factor | 1 |
| 3.2 总谐波失真 total harmonic distortion (THD) | 1 |
| 3.3 源阻抗 source impedance | 1 |
| 3.4 开关同步 switch synchronization | 2 |
| 4 概述 | 2 |
| 5 计量特性 | 2 |
| 5.1 DC 试验发生器模块 | 2 |
| 5.2 电源频率试验发生器模块 | 3 |
| 5.3 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块 | 4 |
| 6 校准条件 | 4 |
| 6.1 环境条件 | 4 |
| 6.2 校准用设备 | 4 |
| 7 校准项目和校准方法 | 5 |
| 7.1 校准项目 | 5 |
| 7.2 校准方法 | 5 |
| 8 校准结果表达 | 11 |
| 9 复校时间间隔 | 12 |
| 附录 A 校准原始记录格式 | 13 |
| 附录 B 校准证书内页格式 | 19 |
| 附录 C 测量不确定度评定示例 | 25 |
| 附录 D 试验电压等级 | 28 |
| 附录 E 耦合网络 | 30 |

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 JJF 1023《常用电学计量名词术语（试行）》、JJF 1188《无线电计量名词及术语》、GB/T 17626.16《电磁兼容 试验和测量技术 第 16 部分：0 Hz~150 kHz 共模传导骚扰抗扰度试验》及 IEC 61000-4-16:2015《电磁兼容—第 4-16 部分：试验和测量技术—0 Hz~150 kHz 共模传导骚扰抗扰度试验》中相关条款进行编写。

本规范为首次发布。

共模传导骚扰模拟器校准规范

1 范围

本规范适用于符合 GB/T 17626.16 《电磁兼容 试验和测量技术 第 16 部分：0 Hz~150 kHz 共模传导骚扰抗扰度试验》及 IEC 61000-4-16:2015 《电磁兼容—第 4-16 部分：试验和测量技术—0 Hz~150 kHz 共模传导骚扰抗扰度试验》中要求的共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：

JJF 1023 常用电学计量名词术语（试行）

JJF 1188 无线电计量名词及术语

GB/T 17626.16 电磁兼容 试验和测量技术 第 16 部分：0 Hz~150 kHz 共模传导骚扰抗扰度试验

IEC 61000-4-16:2015 电磁兼容—第 4-16 部分：试验和测量技术—0 Hz~150 kHz 共模传导骚扰抗扰度试验（Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 4-16: Testing and measurement techniques—Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz）

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 纹波因数 ripple factor

其定义为：

$$\text{纹波因数} = \frac{\text{波动分量的 RMS 值}}{\text{DC 分量值}}$$

注：

纹波因数是表征纹波大小的相对量。

3.2 总谐波失真 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，亦称为总谐波畸变率。

3.3 源阻抗 source impedance

开路电压与短路电流之比。

3.4 开关同步 switch synchronization

输出电压的控制开关保持与电源电压波形信号的 0° 同步。

4 概述

共模传导骚扰模拟器由DC试验发生器模块、电源频率试验发生器模块、15 Hz~150 kHz试验发生器模块组成，其中DC试验发生器模块、电源频率试验发生器模块通过耦合网络以共模形式施加在EUT电源端口（输入/输出）上，用于模拟电力分配系统的故障或大地和接地系统中漏电流产生的电源频率（DC、 $16^{\frac{2}{3}}$ Hz、50 Hz和60 Hz）的电压/电流骚扰，内部组成电路如图1所示。15 Hz~150 kHz试验发生器模块通过耦合网络以共模形式施加在EUT通信端口（控制/信号）上，用于模拟工业和电站的电力电子设备产生的15 Hz~150 kHz频率范围内（包括电源频率谐波）内的电压/电流骚扰，内部组成电路如图2所示。

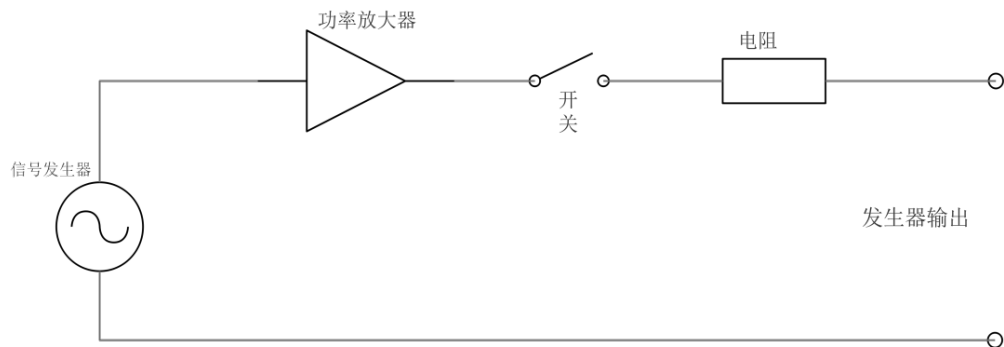


图 1 DC 试验发生器模块、15 Hz~150 kHz 试验发生器模块内部组成电路

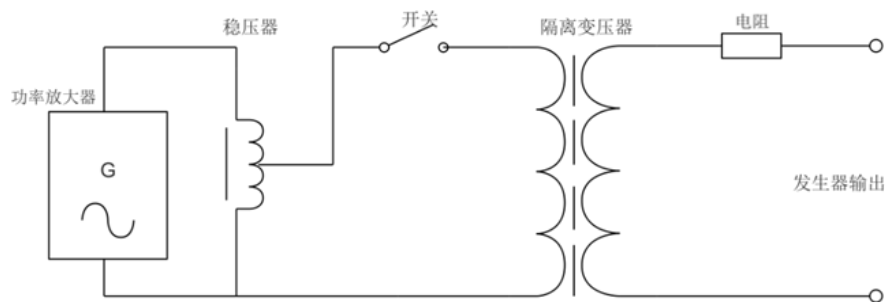


图 2 电源频率试验发生器模块内部组成电路

5 计量特性

5.1 DC 试验发生器模块

5.1.1 开路电压

持续骚扰电压输出范围：(1~30) Vrms；

短时驻留电压输出范围：(10~300) Vrms；

最大允许误差：±10%。

5.1.2 上升时间和下降时间

允许范围：1 μs~5 μs。

5.1.3 驻留时间

标称值：1 s；

最大允许误差：±30%。

5.1.4 纹波因数

小于 5%。

5.1.5 源阻抗

标称值：50 Ω；

最大允许误差：±10%。

5.2 电源频率试验发生器模块

5.2.1 开路电压

持续骚扰电压输出范围：(1~30)Vrms；

短时驻留电压输出范围：(10~300)Vrms；

最大允许误差：±10%。

5.2.2 频率

标称值：16 ^{$\frac{2}{3}$} Hz，50 Hz，60 Hz；

最大允许误差：±10%。

5.2.3 驻留时间

标称值：1s；

最大允许误差：±30%。

5.2.4 电压总谐波失真

不大于 10%。

5.2.5 源阻抗

标称值：50 Ω；

最大允许误差：±10%。

5.2.6 开关同步

标称值：0°；

最大允许误差：±18°。

5.3 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块

5.3.1 开路电压

频率范围：15 Hz~150 kHz；

电压输出范围：(0.1~30)V_{rms}；

最大允许误差：±10%。

5.3.2 频率

测量范围：15 Hz~150 kHz；

最大允许误差：±10%。

5.3.3 电压总谐波失真

不大于 1%。

5.3.4 源阻抗

标称值：50 Ω；

最大允许误差：±10%。

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±5) °C。

相对湿度：≤80%。

电源要求：(220±22) V，(50±1) Hz。

其他：周围无影响正常校准工作的电磁干扰及机械振动。

6.2 校准用设备

6.2.1 数字示波器

带宽：不小于 20 MHz；

幅度测量最大允许误差：±2%；

时基最大允许误差：±1×10⁻⁴。

6.2.2 宽频电压差分探头

带宽：不小于 20 MHz；

电压测量范围：(0.09~710) V；

衰减比：1:1~1:100，最大允许误差：±2%；

数量 2。

6.2.3 谐波分析仪

频率范围：15 Hz~1 MHz；

电压测量范围：（0.09~33）V；
谐波电压最大允许误差：±0.5%。

6.2.4 电流探头

带宽：不小于 1 MHz；
电流测量范围：1.8 mA~6.6 A；
最大允许误差：±2%。

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 | DC 试验发生器模块 | 开路电压 |
| | | 上升时间和下降时间 |
| | | 驻留时间 |
| | | 纹波因数 |
| | | 源阻抗 |
| 2 | 电源频率试验发生器模块 | 开路电压 |
| | | 频率 |
| | | 驻留时间 |
| | | 电压总谐波失真 |
| | | 源阻抗 |
| 3 | 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块 | 开路电压 |
| | | 频率 |
| | | 电压总谐波失真 |
| | | 源阻抗 |

7.2 校准方法

7.2.1 外观及工作正常性检查

共模传导骚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，定位准确，连接耦合网络后应工作正常，将检查结果记录在表 A.1。

7.2.2 DC 试验发生器模块的校准

7.2.2.1 开路电压

1) 如图 3 所示连接设备。设置共模传导骚扰模拟器的 DC 试验发生器模块为持续骚扰模式。

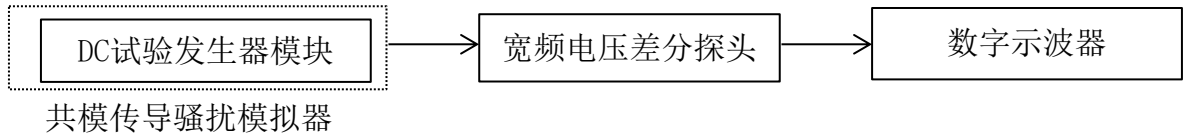


图3 DC 试验发生器模块开路电压校准示意图

2) 合理选择宽频电压差分探头的衰减比, 调整数字示波器的水平时基、垂直偏置系数和触发模式, 保持完整的开路电压波形显示在屏幕中心。测量不同试验电压等级(见表 D.1) 设定下的开路电压值 U_m , 记录在表 A.2。

3) 设置 DC 试验发生器模块为短时驻留骚扰模式, 测量不同试验电压等级(见表 D.2) 设定下的开路电压值 U_m , 记录在表 A.2。

7.2.2.2 上升时间和下降时间

1) 如图 3 所示连接设备。设置共模传导骚扰模拟器的 DC 试验发生器模块为短时驻留骚扰模式

2) 触发 DC 试验发生器模块的时间控制开关, 调整数字示波器的水平时基、垂直偏置系数和触发模式, 保持完整的波形显示在屏幕中心。使用数字示波器的光标测量不同试验电压等级设定下的上升时间和下降时间, 记录在表 A.3。

7.2.2.3 驻留时间

1) 如图 3 所示连接设备。设置共模传导骚扰模拟器的 DC 试验发生器模块为短时驻留骚扰模式。

2) 调节 DC 试验发生器模块的驻留时间为 1s, 调整数字示波器的水平时基、垂直偏置系数和触发模式, 保持完整的 50%~50%波形显示在屏幕中心。使用数字示波器的光标测量不同试验电压等级设定下的驻留时间, 记录在表 A.4。

7.2.2.4 纹波因数

1) 如图 3 所示连接设备。设置共模传导骚扰模拟器的 DC 试验发生器模块为持续骚扰模式。

2) 调整数字示波器的带宽为低通 20 MHz、输入阻抗为 1 M Ω 和交流耦合模式, 合理选择宽频电压差分探头的衰减比和接口类型, 保持波形显示在屏幕中心, 测量不同试验电压等级设定下的交流电压有效值 V_{rms} , 记录在表 A.5。

3) DC 试验发生器模块的纹波因数 γ 由式 1) 得到:

$$\gamma = \frac{KV_{rms}}{U_m} \quad (1)$$

式中:

γ ——纹波因数;

V_{rms} ——数字示波器测得的交流周期电压，单位 V ；

K ——宽频电压差分探头的衰减比；

U_m ——DC 试验发生器模块的试验电压实测值，单位 V 。

7.2.2.5 源阻抗

1) 如图 4 所示连接设备。设置共模传导骚扰模拟器的 DC 试验发生器模块为持续骚扰模式。

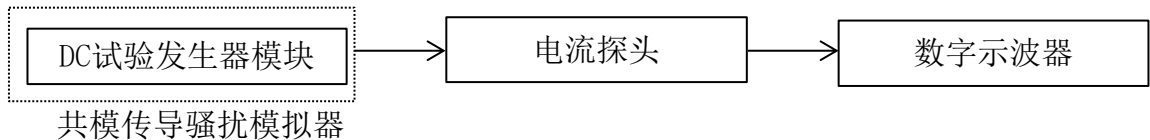


图 4 DC 试验发生器模块源阻抗校准示意图

2) 调节电流探头为 DC 档，合理选择电流探头的 V/A 系数，调整数字示波器的水平时基、垂直偏置系数和触发模式，保持完整的波形显示在屏幕中心，测量试验电压等级 1 和等级 4 设定下的短路电流，记录在表 A.6。

3) 计算相同试验电压等级设定下的开路电压与短路电流比值，记为 DC 试验发生器模块的源阻抗，记录在表 A.6。

4) 设置 DC 试验发生器模块为短时驻留骚扰模式，重复步骤 2~3)，测量 DC 试验发生器模块的源阻抗（忽略前 50 ms 开路电压与短路电流波形），记录在表 A.6。

7.2.3 电源频率试验发生器模块的校准

7.2.3.1 开路电压和频率

1) 如图 5 所示连接设备。设置共模传导骚扰模拟器的电源频率试验发生器模块为持续骚扰模式。

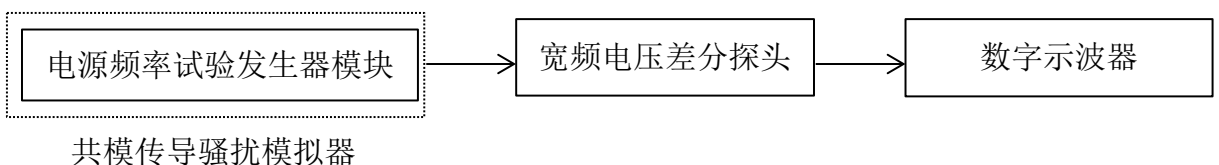


图 5 电源频率试验发生器模块开路电压和频率校准示意图

2) 调节电源频率试验发生器模块的频率为 $16^{\frac{2}{3}}\text{Hz}$ ，合理选择宽频电压差分探头的衰减比，调整数字示波器的水平时基、垂直偏置系数和触发模式，保持完整的开路电压波形显示在屏幕中心，测量不同试验电压等级（见表 D.1）设定下的开路电压和频率，记录在表 A.7。

3) 改变电源频率试验发生器模块的频率分别为 50Hz 和 60Hz，测量不同试验电压等级下的开路电压和频率，记录在表 A.7。

4) 设置电源频率试验发生器模块为短时驻留骚扰模式, 重复步骤 2~3), 测量不同试验电压等级 (见表 D.2) 设定下的开路电压和频率, 记录在表 A.7。

7.2.3.2 驻留时间

1) 如图 5 所示连接设备。设置共模传导骚扰模拟器的电源频率试验发生器模块为短时驻留骚扰模式。

2) 调节电源频率试验发生器模块的驻留时间为 1 s, 调整数字示波器的水平时基、垂直偏置系数和触发模式, 保持完整的波形显示在屏幕中心。使用数字示波器的光标测量不同试验电压等级和对应频率的驻留时间, 记录在表 A.8。

7.2.3.3 电压总谐波失真

1) 如图 6 所示连接设备。设置共模传导骚扰模拟器的电源频率试验发生器模块为持续骚扰模式。

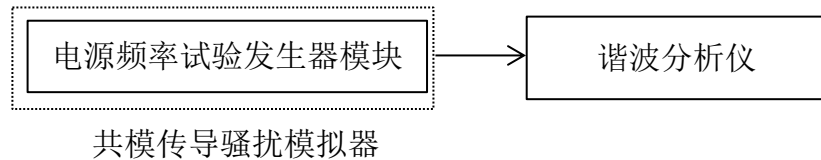


图 6 电源频率试验发生器模块电压总谐波失真校准示意图

2) 调节电源频率试验发生器模块的频率为 $16^{\frac{2}{3}}$ Hz (基波频率), 合理选择谐波分析仪的电压量程, 测量电源频率试验发生器模块在不同试验电压等级的电压总谐波失真, 记录在表 A.9。

3) 改变电源频率试验发生器模块的频率分别为 50 Hz 和 60 Hz, 测量电源频率试验发生器模块在不同试验电压等级和对应频率的电压总谐波失真, 记录在表 A.9。

7.2.3.4 源阻抗

1) 如图 7 所示连接设备。设置电源频率试验发生器模块为持续骚扰模式。



图 7 电源频率试验发生器模块源阻抗校准示意图

2) 调节电源频率试验发生器模块的频率为 $16^{\frac{2}{3}}$ Hz。切换电流探头为 AC 档, 合理选择电流探头的 V/A 系数, 调整数字示波器的水平时基、垂直偏置系数和触发模式, 保持完整的波形显示在屏幕中心, 测量试验电压等级 1 和等级 4 设定下的短路电流, 记录在表 A.10 中。

3) 改变电源频率试验发生器模块的频率为 50 Hz 和 60 Hz，测量不同试验电压等级的短路电流，记录在表 A.10。

4) 计算相同试验电压等级和对应频率设定下的开路电压与短路电流的比值，记为 DC 试验发生器模块的源阻抗，记录在表 A.10。

5) 设置电源频率试验发生器模块为短时驻留骚扰模式，重复步骤 2~4)，测量电源频率试验发生器模块的源阻抗（忽略前 50 ms 开路电压与短路电流波形），记录在表 A.10。

7.2.3.5 开关同步

1) 如图 8 所示连接设备。设置电源频率试验发生器模块为短时驻留骚扰模式。

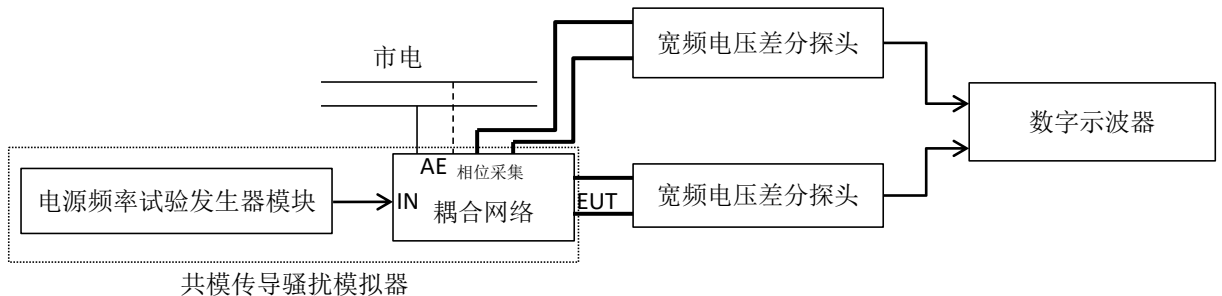


图 8 电源频率试验发生器模块相位校准示意图

2) 调节电源频率试验发生器模块的频率为 $16\frac{2}{3}$ Hz，合理选择宽频电压差分探头的衰减比，调整数字示波器的水平时基、垂直偏置系数和触发模式，保持耦合网络 EUT 端叠加的第一个骚扰电压信号波形和市电相位采集端（零相位参考点）电压信号波形显示在屏幕中心，如图 9 所示，使用数字示波器的光标测量时间间隔 Δt ，按照公式 3 计算开关同步，记录在表 A.11。

$$\theta = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ \quad (2)$$

式中： θ —— 0° 开关同步实测值， $^\circ$ ；

Δt ——时间间隔实测值， $\Delta t = t_2 - t_1$ ，ms；

T ——市电相位采集端电压信号波形周期，ms。

注：相位采集端默认为 L-PE（单相）或 L₁-PE（三相），实际可参考说明书。

2) 改变电源频率试验发生器模块的频率为 50 Hz 和 60 Hz，测量不同试验电压等级的开关同步，记录在表 A.11。

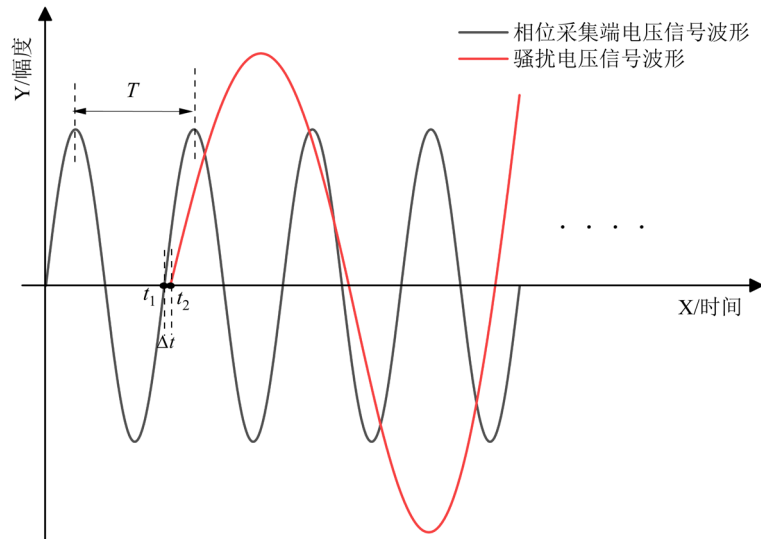


图9 开关同步示意图

7.2.4 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块的校准

7.2.4.1 开路电压和频率

1) 如图 10 所示连接设备。

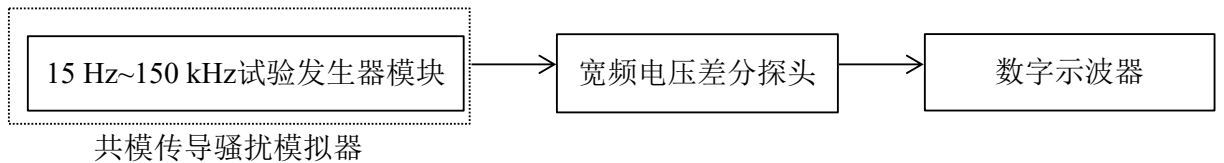


图 10 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块开路电压和频率校准示意图

2) 调节 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块的频率为 15 Hz，合理选择宽频电压差分探头的衰减比，调整数字示波器的水平时基、垂直偏置系数和触发模式，保持完整的开路电压波形显示在屏幕中心，测量不同试验电压等级（见表 D.3）设定下的开路电压和频率，记录在表 A.12。

3) 改变 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块的频率为 150 Hz、1.5 kHz、15 kHz 和 150 kHz，测量不同试验电压等级和频率设定下的开路电压和频率，记录在表 A.12。

7.2.4.2 电压总谐波失真

1) 如图 11 所示连接设备。

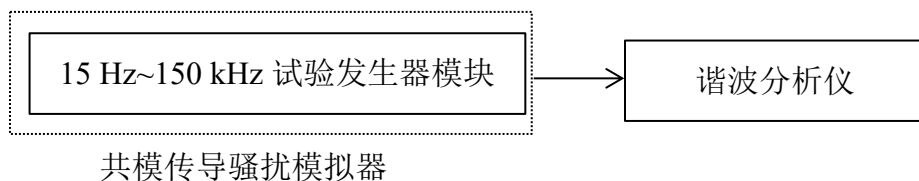


图 11 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块电压总谐波失真校准示意图

2) 调节 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块的频率为 15 Hz, 合理选择谐波分析仪的电压量程, 测量 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块在不同试验电压等级下的电压总谐波失真, 记录在表 A.13。

3) 改变 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块的频率为 150 Hz、1.5 kHz、15 kHz 和 150 kHz, 测量 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块在不同试验电压等级和对应频率下的电压总谐波失真, 记录在表 A.13。

7.2.4.3 源阻抗

1) 如图 12 所示连接设备。

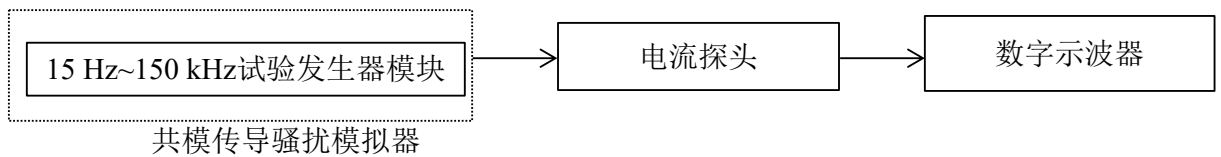


图 12 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块源阻抗校准示意图

2) 调节 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块的频率为 15 Hz, 电流探头设置为 AC 档, 合理选择电流探头的 V/A 系数, 调整数字示波器的水平时基、垂直偏置系数和触发模式, 保持完整的波形显示在屏幕中心, 测量试验电压等级 1 和等级 4 设定下的短路电流, 记录在表 A.14。

3) 改变 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块的频率为 150 Hz、1.5 kHz、15 kHz 和 150 kHz, 测量试验电压等级 1 和等级 4 设定下的短路电流, 记录在表 A.14。

4) 计算相同试验电压等级和对应频率设定下的开路电压与短路电流的比值, 记为 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块的源阻抗, 记录在表 A.14。

8 校准结果表达

共模传导骚扰模拟器校准后, 出具校准证书, 校准证书至少应包含以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点(如果与实验室的地址不同);
- d) 证书的唯一性标识(如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 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) 校准证书或校准报告签发人的签名、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

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，推荐为 1 年。

附录 A

校准原始记录格式

A.1 外观及工作正常性检查

表 A.1 外观及工作正常性检查

| 项目 | 检查结果 |
|-------|------|
| 外观 | |
| 工作正常性 | |

A.2 DC 试验发生器模块

表 A.2 开路电压

| 骚扰形式 | 开路电压(Vrms) | | 不确定度(k=2) |
|------|------------|-----|-----------|
| | 设定值 | 实测值 | |
| 持续 | 1 | | |
| | 3 | | |
| | 10 | | |
| | 30 | | |
| 短时驻留 | 10 | | |
| | 30 | | |
| | 100 | | |
| | 300 | | |

表 A.3 上升时间和下降时间

| 骚扰形式 | 开路电压(Vrms) | 上升时间(μ s) | | 下降时间(μ s) | | 不确定度(k=2) |
|------|------------|----------------|-----|----------------|-----|-----------|
| | 设定值 | 参考值 | 实测值 | 参考值 | 实测值 | |
| 短时驻留 | 10 | 1~5 | | 1~5 | | |
| | 30 | 1~5 | | 1~5 | | |
| | 100 | 1~5 | | 1~5 | | |
| | 300 | 1~5 | | 1~5 | | |

表 A.4 驻留时间

| 骚扰形式 | 开路电压(Vrms) | 驻留时间(s) | | 不确定度(k=2) |
|------|------------|---------|-----|-----------|
| | 设定值 | 设定值 | 实测值 | |
| 短时驻留 | 10 | 1 | | |
| | 30 | 1 | | |
| | 100 | 1 | | |
| | 300 | 1 | | |

表 A.5 纹波因数

| 骚扰形式 | 开路电压(Vrms) | 纹波因数(%) | 不确定度(k=2) |
|------|------------|---------|-----------|
| | 设定值 | 实测值 | |
| 持续 | 1 | | |
| | 3 | | |

| | | | |
|--|----|--|--|
| | 10 | | |
| | 30 | | |

表 A.6 源阻抗

| 骚扰形式 | 开路电压(Vrms) | | 短路电流 (Arms) | 源阻抗 (Ω) | 不确定度($k=2$) |
|------|------------|-----|-------------|------------------|---------------|
| | 设定值 | 实测值 | 实测值 | 实测值 | |
| 持续 | 1 | | | | |
| | 30 | | | | |
| 短时驻留 | 10 | | | | |
| | 300 | | | | |

A.3 电源频率试验发生器模块

表 A.7 开路电压和频率

| 骚扰形式 | 频率 (Hz) | | 不确定度($k=2$) | 开路电压(Vrms) | | 不确定度($k=2$) |
|------|--------------------|-----|---------------|------------|-----|---------------|
| | 设定值 | 实测值 | | 设定值 | 实测值 | |
| 持续 | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 1 | | |
| | 50 | | | 1 | | |
| | 60 | | | 1 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 3 | | |
| | 50 | | | 3 | | |
| | 60 | | | 3 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 10 | | |
| | 50 | | | 10 | | |
| | 60 | | | 10 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 30 | | |
| | 50 | | | 30 | | |
| | 60 | | | 30 | | |
| 短时驻留 | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 10 | | |
| | 50 | | | 10 | | |
| | 60 | | | 10 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 30 | | |
| | 50 | | | 30 | | |
| | 60 | | | 30 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 100 | | |
| | 50 | | | 100 | | |
| | 60 | | | 100 | | |

| | | | | | | |
|--|--------------------|--|--|-----|--|--|
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 300 | | |
| | 50 | | | 300 | | |
| | 60 | | | 300 | | |

表 A.8 驻留时间

| 骚扰形式 | 频率 (Hz) | 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 | |
| 短时驻留 | $16^{\frac{2}{3}}$ | 10 | 1 | | |
| | 50 | 10 | 1 | | |
| | 60 | 10 | 1 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 30 | 1 | | |
| | 50 | 30 | 1 | | |
| | 60 | 30 | 1 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 100 | 1 | | |
| | 50 | 100 | 1 | | |
| | 60 | 100 | 1 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 300 | 1 | | |
| | 50 | 300 | 1 | | |
| | 60 | 300 | 1 | | |

表 A.9 电压总谐波失真

| 骚扰形式 | 频率 (Hz) | 开路电压(Vrms) | 电压总谐波失真 (%) | 不确定度 (k=2) |
|------|--------------------|------------|-------------|---------------|
| | 设定值 | 设定值 | 实测值 | |
| 持续 | $16^{\frac{2}{3}}$ | 1 | | |
| | 50 | 1 | | |
| | 60 | 1 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 3 | | |
| | 50 | 3 | | |
| | 60 | 3 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 10 | | |
| | 50 | 10 | | |
| | 60 | 10 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 30 | | |
| | 50 | 30 | | |

| | | | | |
|--|----|----|--|--|
| | 60 | 30 | | |
|--|----|----|--|--|

表 A.10 源阻抗

| 骚扰形式 | 频率 (Hz) | 开路电压(Vrms) | | 短路电流 (Arms) | 源阻抗 (Ω) | 不确定度(k=2) |
|------|--------------------|------------|-----|-------------|------------------|-----------|
| | 设定值 | 设定值 | 实测值 | 实测值 | 实测值 | |
| 持续 | $16^{\frac{2}{3}}$ | 1 | | | | |
| | 50 | 1 | | | | |
| | 60 | 1 | | | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 30 | | | | |
| | 50 | 30 | | | | |
| | 60 | 30 | | | | |
| 短时驻留 | $16^{\frac{2}{3}}$ | 10 | | | | |
| | 50 | 10 | | | | |
| | 60 | 10 | | | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 300 | | | | |
| | 50 | 300 | | | | |
| | 60 | 300 | | | | |

表 A.11 开关同步

| 骚扰形式 | 相位采集端 | 频率 (Hz) | 开路电压(Vrms) | 开关同步 ($^{\circ}$) | | 不确定度(k=2) |
|------|-------|--------------------|------------|---------------------|-----|-----------|
| | | 设定值 | 设定值 | 标称值 | 实测值 | |
| 短时驻留 | | $16^{\frac{2}{3}}$ | 10 | 0 | | |
| | | 50 | 10 | 0 | | |
| | | 60 | 10 | 0 | | |
| | | $16^{\frac{2}{3}}$ | 30 | 0 | | |
| | | 50 | 30 | 0 | | |
| | | 60 | 30 | 0 | | |
| | | $16^{\frac{2}{3}}$ | 100 | 0 | | |
| | | 50 | 100 | 0 | | |
| | | 60 | 100 | 0 | | |
| | | $16^{\frac{2}{3}}$ | 300 | 0 | | |
| | | 50 | 300 | 0 | | |
| | | 60 | 300 | 0 | | |

A.4 15Hz~150kHz 试验发生器模块

表 A.12 开路电压和频率

| 等级 | 频率 (Hz) | 不确定度(k=2) | 开路电压(Vrms) | 不确定度(k=2) |
|----|---------|-----------|------------|-----------|
|----|---------|-----------|------------|-----------|

| | 设定值 | 实测值 | | 设定值 | 实测值 | |
|---|--------|-----|--|-----|-----|--|
| 1 | 15 | | | 1 | | |
| | 150 | | | 0.1 | | |
| | 1500 | | | 0.1 | | |
| | 15000 | | | 1 | | |
| | 150000 | | | 1 | | |
| 2 | 15 | | | 3 | | |
| | 150 | | | 0.3 | | |
| | 1500 | | | 0.3 | | |
| | 15000 | | | 3 | | |
| | 150000 | | | 3 | | |
| 3 | 15 | | | 10 | | |
| | 150 | | | 1 | | |
| | 1500 | | | 1 | | |
| | 15000 | | | 10 | | |
| | 150000 | | | 10 | | |
| 4 | 15 | | | 30 | | |
| | 150 | | | 3 | | |
| | 1500 | | | 3 | | |
| | 15000 | | | 30 | | |
| | 150000 | | | 30 | | |

表 A.13 电压总谐波失真

| 等级 | 频率 (Hz) | 开路电压(Vrms) | 电压总谐波失真 (%) | 不确定度 (k=2) |
|----|---------|------------|-------------|------------|
| | 设定值 | 设定值 | 实测值 | |
| 1 | 15 | 1 | | |
| | 150 | 0.1 | | |
| | 1500 | 0.1 | | |
| | 15000 | 1 | | |
| | 150000 | 1 | | |
| 2 | 15 | 3 | | |
| | 150 | 0.3 | | |
| | 1500 | 0.3 | | |
| | 15000 | 3 | | |
| | 150000 | 3 | | |
| 3 | 15 | 10 | | |
| | 150 | 1 | | |
| | 1500 | 1 | | |
| | 15000 | 10 | | |
| | 150000 | 10 | | |
| 4 | 15 | 30 | | |
| | 150 | 3 | | |
| | 1500 | 3 | | |

| | | | | |
|--|--------|----|--|--|
| | 15000 | 30 | | |
| | 150000 | 30 | | |

表 A. 14 源阻抗

| 等级 | 频率 (Hz) | 开路电压(Vrms) | | 短路电流 (Arms) | 源阻抗 (Ω) | 不确定度 ($k=2$) |
|----|------------|------------|-----|----------------|---------------------|-------------------|
| | 设定值 | 设定值 | 实测值 | 实测值 | 实测值 | |
| 1 | 15 | 1 | | | | |
| | 150 | 0.1 | | | | |
| | 1500 | 0.1 | | | | |
| | 15000 | 1 | | | | |
| | 150000 | 1 | | | | |
| 4 | 15 | 30 | | | | |
| | 150 | 3 | | | | |
| | 1500 | 3 | | | | |
| | 15000 | 30 | | | | |
| | 150000 | 30 | | | | |

附录 B

校准证书内页格式

B.1 外观及工作正常性检查

表 B.1 外观及工作正常性检查

| 项目 | 检查结果 |
|-------|------|
| 外观 | |
| 工作正常性 | |

B.2 DC 试验发生器模块

表 B.2 开路电压

| 骚扰形式 | 开路电压(Vrms) | | 不确定度(k=2) |
|------|------------|-----|-----------|
| | 设定值 | 实测值 | |
| 持续 | 1 | | |
| | 3 | | |
| | 10 | | |
| | 30 | | |
| 短时驻留 | 10 | | |
| | 30 | | |
| | 100 | | |
| | 300 | | |

表 B.3 上升时间和下降时间

| 骚扰形式 | 开路电压(Vrms) | 上升时间(μ s) | | 下降时间(μ s) | | 不确定度(k=2) |
|------|------------|----------------|-----|----------------|-----|-----------|
| | 设定值 | 参考值 | 实测值 | 参考值 | 实测值 | |
| 短时驻留 | 10 | 1~5 | | 1~5 | | |
| | 30 | 1~5 | | 1~5 | | |
| | 100 | 1~5 | | 1~5 | | |
| | 300 | 1~5 | | 1~5 | | |

表 B.4 驻留时间

| 骚扰形式 | 开路电压(Vrms) | 驻留时间(s) | | 不确定度(k=2) |
|------|------------|---------|-----|-----------|
| | 设定值 | 设定值 | 实测值 | |
| 短时驻留 | 10 | 1 | | |
| | 30 | 1 | | |
| | 100 | 1 | | |
| | 300 | 1 | | |

表 B.5 纹波因数

| 骚扰形式 | 开路电压(Vrms) | 纹波因数(%) | 不确定度(k=2) |
|------|------------|---------|-----------|
| | 设定值 | 实测值 | |
| 持续 | 1 | | |
| | 3 | | |

| | | | |
|--|----|--|--|
| | 10 | | |
| | 30 | | |

表 B.6 源阻抗

| 骚扰形式 | 开路电压(Vrms) | | 短路电流 (Arms) | 源阻抗 (Ω) | 不确定度 (k=2) |
|------|------------|-----|----------------|------------|---------------|
| | 设定值 | 实测值 | 实测值 | 实测值 | |
| 持续 | 1 | | | | |
| | 3 | | | | |
| | 10 | | | | |
| | 30 | | | | |
| 短时驻留 | 10 | | | | |
| | 30 | | | | |
| | 100 | | | | |
| | 300 | | | | |

B.3 电源频率试验发生器模块

表 B.7 开路电压和频率

| 骚扰形式 | 频率 (Hz) | | 不确定度(k=2) | 开路电压(Vrms) | | 不确定度(k=2) |
|------|--------------------|-----|-----------|------------|-----|-----------|
| | 设定值 | 实测值 | | 设定值 | 实测值 | |
| 持续 | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 1 | | |
| | 50 | | | 1 | | |
| | 60 | | | 1 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 3 | | |
| | 50 | | | 3 | | |
| | 60 | | | 3 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 10 | | |
| | 50 | | | 10 | | |
| | 60 | | | 10 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 30 | | |
| | 50 | | | 30 | | |
| | 60 | | | 30 | | |
| 短时驻留 | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 10 | | |
| | 50 | | | 10 | | |
| | 60 | | | 10 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 30 | | |
| | 50 | | | 30 | | |
| | 60 | | | 30 | | |

| | | | | | | |
|--|--------------------|--|--|-----|--|--|
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 100 | | |
| | 50 | | | 100 | | |
| | 60 | | | 100 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | | | 300 | | |
| | 50 | | | 300 | | |
| | 60 | | | 300 | | |

表 B.8 驻留时间

| 骚扰形式 | 频率 (Hz) | 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 | |
| 短时驻留 | $16^{\frac{2}{3}}$ | 10 | 1 | | |
| | 50 | 10 | 1 | | |
| | 60 | 10 | 1 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 30 | 1 | | |
| | 50 | 30 | 1 | | |
| | 60 | 30 | 1 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 100 | 1 | | |
| | 50 | 100 | 1 | | |
| | 60 | 100 | 1 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 300 | 1 | | |
| | 50 | 300 | 1 | | |
| | 60 | 300 | 1 | | |

表 B.9 电压总谐波失真

| 骚扰形式 | 频率 (Hz) | 开路电压(Vrms) | 电压总谐波失真 (%) | 不确定度 (k=2) |
|------|--------------------|------------|-------------|---------------|
| | 设定值 | 设定值 | 实测值 | |
| 持续 | $16^{\frac{2}{3}}$ | 1 | | |
| | 50 | 1 | | |
| | 60 | 1 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 3 | | |
| | 50 | 3 | | |
| | 60 | 3 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 10 | | |
| | 50 | 10 | | |

| | | | | |
|--|--------------------|----|--|--|
| | 60 | 10 | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 30 | | |
| | 50 | 30 | | |
| | 60 | 30 | | |

表 B.10 源阻抗

| 骚扰形式 | 频率 (Hz) | 开路电压(Vrms) | | 短路电流 (Arms) | 源阻抗 (Ω) | 不确定度($k=2$) |
|------|--------------------|------------|-----|-------------|------------------|---------------|
| | 设定值 | 设定值 | 实测值 | 实测值 | 实测值 | |
| 持续 | $16^{\frac{2}{3}}$ | 1 | | | | |
| | 50 | 1 | | | | |
| | 60 | 1 | | | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 30 | | | | |
| | 50 | 30 | | | | |
| | 60 | 30 | | | | |
| 短时驻留 | $16^{\frac{2}{3}}$ | 10 | | | | |
| | 50 | 10 | | | | |
| | 60 | 10 | | | | |
| | $16^{\frac{2}{3}}$ | 300 | | | | |
| | 50 | 300 | | | | |
| | 60 | 300 | | | | |

表 B.11 开关同步

| 骚扰形式 | 相位采集端 | 频率 (Hz) | 开路电压(Vrms) | 开关同步 ($^{\circ}$) | | 不确定度($k=2$) |
|------|-------|--------------------|------------|---------------------|-----|---------------|
| | | 设定值 | 设定值 | 标称值 | 实测值 | |
| 短时驻留 | | $16^{\frac{2}{3}}$ | 10 | 0 | | |
| | | 50 | 10 | 0 | | |
| | | 60 | 10 | 0 | | |
| | | $16^{\frac{2}{3}}$ | 30 | 0 | | |
| | | 50 | 30 | 0 | | |
| | | 60 | 30 | 0 | | |
| | | $16^{\frac{2}{3}}$ | 100 | 0 | | |
| | | 50 | 100 | 0 | | |
| | | 60 | 100 | 0 | | |
| | | $16^{\frac{2}{3}}$ | 300 | 0 | | |
| | | 50 | 300 | 0 | | |

| | | | | | | |
|--|--|----|-----|---|--|--|
| | | 60 | 300 | 0 | | |
|--|--|----|-----|---|--|--|

B.4 15Hz~150kHz 试验发生器模块

表 B.12 开路电压和频率

| 等级 | 频率 (Hz) | | 不确定度(k=2) | 开路电压(Vrms) | | 不确定度(k=2) |
|----|---------|-----|-----------|------------|-----|-----------|
| | 设定值 | 实测值 | | 设定值 | 实测值 | |
| 1 | 15 | | | 1 | | |
| | 150 | | | 0.1 | | |
| | 1500 | | | 0.1 | | |
| | 15000 | | | 1 | | |
| | 150000 | | | 1 | | |
| 2 | 15 | | | 3 | | |
| | 150 | | | 0.3 | | |
| | 1500 | | | 0.3 | | |
| | 15000 | | | 3 | | |
| | 150000 | | | 3 | | |
| 3 | 15 | | | 10 | | |
| | 150 | | | 1 | | |
| | 1500 | | | 1 | | |
| | 15000 | | | 10 | | |
| | 150000 | | | 10 | | |
| 4 | 15 | | | 30 | | |
| | 150 | | | 3 | | |
| | 1500 | | | 3 | | |
| | 15000 | | | 30 | | |
| | 150000 | | | 30 | | |

表 B.13 电压总谐波失真

| 等级 | 频率 (Hz) | 开路电压(Vrms) | 电压总谐波失真 (%) | 不确定度 (k=2) |
|----|---------|------------|-------------|------------|
| | 设定值 | 设定值 | 实测值 | |
| 1 | 15 | 1 | | |
| | 150 | 0.1 | | |
| | 1500 | 0.1 | | |
| | 15000 | 1 | | |
| | 150000 | 1 | | |
| 2 | 15 | 3 | | |
| | 150 | 0.3 | | |
| | 1500 | 0.3 | | |
| | 15000 | 3 | | |
| | 150000 | 3 | | |
| 3 | 15 | 10 | | |
| | 150 | 1 | | |
| | 1500 | 1 | | |

| | | | | |
|---|--------|----|--|--|
| | 15000 | 10 | | |
| | 150000 | 10 | | |
| 4 | 15 | 30 | | |
| | 150 | 3 | | |
| | 1500 | 3 | | |
| | 15000 | 30 | | |
| | 150000 | 30 | | |

表 B.14 源阻抗

| 等级 | 频率 (Hz) | 开路电压(Vrms) | | 短路电流 (Arms) | 源阻抗 (Ω) | 不确定度 ($k=2$) |
|----|------------|------------|-----|----------------|---------------------|-------------------|
| | | 设定值 | 实测值 | 实测值 | 实测值 | |
| 1 | 15 | 1 | | | | |
| | 150 | 0.1 | | | | |
| | 1500 | 0.1 | | | | |
| | 15000 | 1 | | | | |
| | 150000 | 1 | | | | |
| 4 | 15 | 30 | | | | |
| | 150 | 3 | | | | |
| | 1500 | 3 | | | | |
| | 15000 | 30 | | | | |
| | 150000 | 30 | | | | |

附录 C

测量不确定度评定示例

C.1 电源频率试验发生器模块的开路电压

C.1.1 测量方法

将宽频电压差分探头连接到DC试验发生器模块的输出端口和数字示波器的输入端口，通过数字示波器读取开路电压测量值。

C.1.2 不确定度来源

- 1) 数字示波器幅度最大允差引入的不确定度分量 u_1 ；
- 2) 宽频电压差分探头最大允差引入的不确定度分量 u_2 ；
- 3) 幅度分辨力误差引入的不确定度分量 u_3 ；
- 4) 测量重复性引入的不确定度分量 u_A 。

C.1.3 标准不确定度评定

- 1) 数字示波器幅度最大允差引入的不确定度分量 u_1

数字示波器幅度测量最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，服从均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则不确定度分量 $u_1=\frac{2\%}{\sqrt{3}}=1.15\%$ 。

- 2) 宽频电压差分探头最大允差引入的不确定度分量 u_2

宽频电压差分探头最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，服从均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则不确定度分量 $u_2=\frac{2\%}{\sqrt{3}}=1.15\%$ 。

- 3) 幅度分辨力引入的不确定度分量 u_3

数字示波器幅度测量分辨力为 0.1 V ，半区间 $a=0.05\text{ V}$ ，服从均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则不确定度分量 $u_3=\frac{0.05\text{ V}}{\sqrt{3}}=0.029\text{ V}$ ，相对于有效值为 100 V 的不确定度分量 $u_3=0.029\%$ 。

- 4) 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_A

对电源频率试验发生器模块在 100 V 设定电压下进行10次重复性测量，结果如下表(V)：

表 C.1 测量重复性数据

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 测量序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 测量结果 | 99.6 | 99.5 | 99.5 | 99.8 | 99.9 |
| 测量序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量结果 | 99.7 | 99.6 | 99.9 | 99.6 | 99.7 |

| | | | |
|---------------|-------|--------|-------|
| 平均值 \bar{x} | 99.68 | 标准偏差 s | 0.148 |
|---------------|-------|--------|-------|

测量重复性引入的不确定度分量 $u_A = \frac{s}{\bar{x}} = 0.15\%$ 。

由于测量重复性包含了人员读数时因分辨力引入的误差，因此由分辨力引入的不确定度分量 u_3 和测量重复性引入的不确定度分量 u_A 取大者。

C.1.4 合成标准不确定度

表 C.2 不确定度来源汇总表

| 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 | | |
| 数字示波器幅度最大允差 | u_1 | 1.15% | 1 | 1.15% |
| 宽频电压差分探头最大允差 | u_2 | 1.15% | 1 | 1.15% |
| 幅度分辨力 | u_3 | 0.029% | 1 | 0.029% |
| 测量重复性 | u_A | 0.15% | 1 | 0.15% |

以上各项不确定度分量相互独立不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_A^2} = 1.6\%$$

C.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则测量不确定度为： $U_{rel} = ku_c = 3.2\%$ ， $k=2$ 。

C.2 电源频率试验发生器模块的频率

C.2.1 测量方法

将宽频电压差分探头连接到电源频率试验发生器模块的输出端口和数字示波器的输入端口，通过数字示波器读取频率测量值。

C.2.2 不确定度来源

- 1) 数字示波器时基最大允许误差引入的不确定度分量 u_1 ；
- 2) 频率分辨力引入的不确定度分量 u_2 ；
- 3) 测量重复性引入的不确定度分量 u_A 。

C.2.3 标准不确定度评定

- 1) 数字示波器时基最大允许误差引入的不确定度分量 u_1

数字示波器时基最大允许误差为 1×10^{-4} ，服从均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则不确定度分量 $u_1 = 1 \times 10^{-4} / \sqrt{3} = 5.8 \times 10^{-5}$ 。

- 2) 频率分辨力引入的不确定度分量 u_2

数字示波器频率测量的分辨力为0.01 Hz，半区间 $a = 0.005$ Hz，服从均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则不确定度分量 $u_2 = 0.005 \text{ Hz} / \sqrt{3} = 0.0029 \text{ Hz}$ ，相对频率50 Hz处的不确定度分量

$u_2=5.8\times 10^{-5}$ 。

3) 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_A

对电源频率试验发生器模块在 50 Hz 频率处进行 10 次重复性测量，结果如下表 (Hz):

表 C.3 测量重复性数据

| | | | | | |
|---------------|--------|-------|--------|--------|-------|
| 测量序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 测量结果 | 49.96 | 49.97 | 49.98 | 49.98 | 49.98 |
| 测量序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量结果 | 49.98 | 49.97 | 49.98 | 49.99 | 49.98 |
| 平均值 \bar{x} | 49.977 | | 标准偏差 s | 0.0082 | |

测量重复性引入的不确定度分量 $u_A=\frac{s}{\sqrt{10}}=1.6\times 10^{-4}$ 。

由于测量重复性包含了人员读数时因分辨力引入的误差，因此分辨力引入的不确定度分量 u_2 和测量重复性引入的不确定度分量 u_A 取大者。

C.2.4 合成标准不确定度

表 C.4 不确定度来源汇总表

| 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 | | |
| 数字示波器时基最大允许误差 | u_1 | 5.8×10^{-5} | 1 | 5.8×10^{-5} |
| 频率分辨力 | u_2 | 5.8×10^{-5} | 1 | 5.8×10^{-5} |
| 测量重复性 | u_A | 1.6×10^{-4} | 1 | 1.6×10^{-4} |

以上各项不确定度分量相互独立不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c=\sqrt{u_1^2+u_A^2}=1.7\times 10^{-4}。$$

C.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为： $U_{rel}=ku_c=3.4\times 10^{-4}$ ， $k=2$ 。

附录 D

试验电压等级

D.1 DC 试验发生器模块和电源频率试验发生器模块

试验电压等级（DC、 $16^{\frac{2}{3}}$ Hz、50 Hz 和 60 Hz）见表 D.1 和表 D.2。

表 D.1 持续骚扰等级

| 等级 | 开路试验电压（Vrms） |
|----|--------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 3 |
| 3 | 10 |
| 4 | 30 |

表 D.2 短时驻留骚扰等级

| 等级 | 开路试验电压（Vrms） |
|----|--------------|
| 1 | 10 |
| 2 | 30 |
| 3 | 100 |
| 4 | 300 |

D.2 15 Hz~150 kHz 试验发生器模块

表 D.3 试验电压等级

| 等级 | 开路试验电压（Vrms） | | | |
|----|--------------|----------------|----------------|----------------|
| | 15 Hz~150 Hz | 150 Hz~1.5 kHz | 1.5 kHz~15 kHz | 15 kHz~150 kHz |
| 1 | 1~0.1 | 0.1 | 0.1~1 | 1 |
| 2 | 3~0.3 | 0.3 | 0.3~3 | 3 |
| 3 | 10~1 | 1 | 1~10 | 10 |
| 4 | 30~3 | 3 | 3~30 | 30 |

试验电压与频率的关系如下：

- 从 15 Hz 开始到 150 Hz，电压以 20 dB/十倍频程减小。
- 从 150 Hz 开始到 1.5 kHz，电压保持不变。
- 从 1.5 kHz 开始到 15 kHz，电压以 20 dB/十倍频程增加。
- 从 15 kHz 开始到 150 kHz，电压保持不变。

试验电压等级与频率关系如图 D.1 所示。

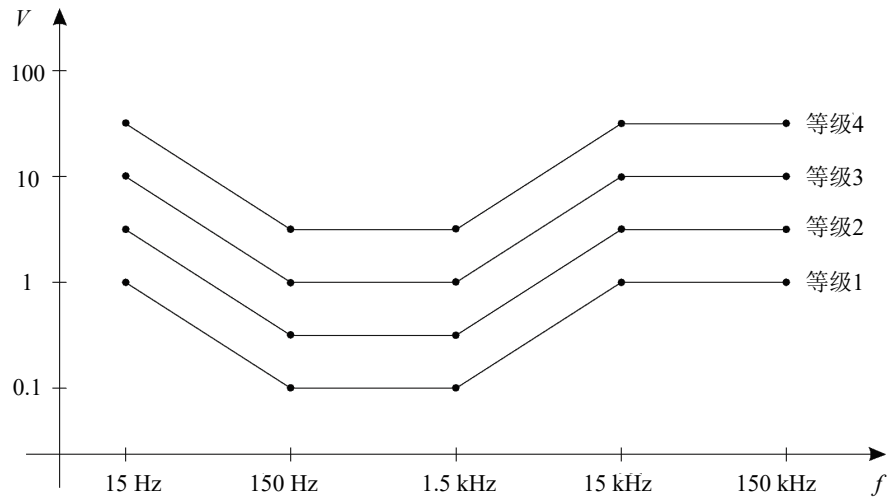


图 D.1 试验电压等级与频率关系

附录 E

耦合网络

E.1 概述

耦合网络能使试验电压以共模形式施加到 EUT 电源端口（输入/输出）和通信端口（信号和控制）。

E.2 耦合网络

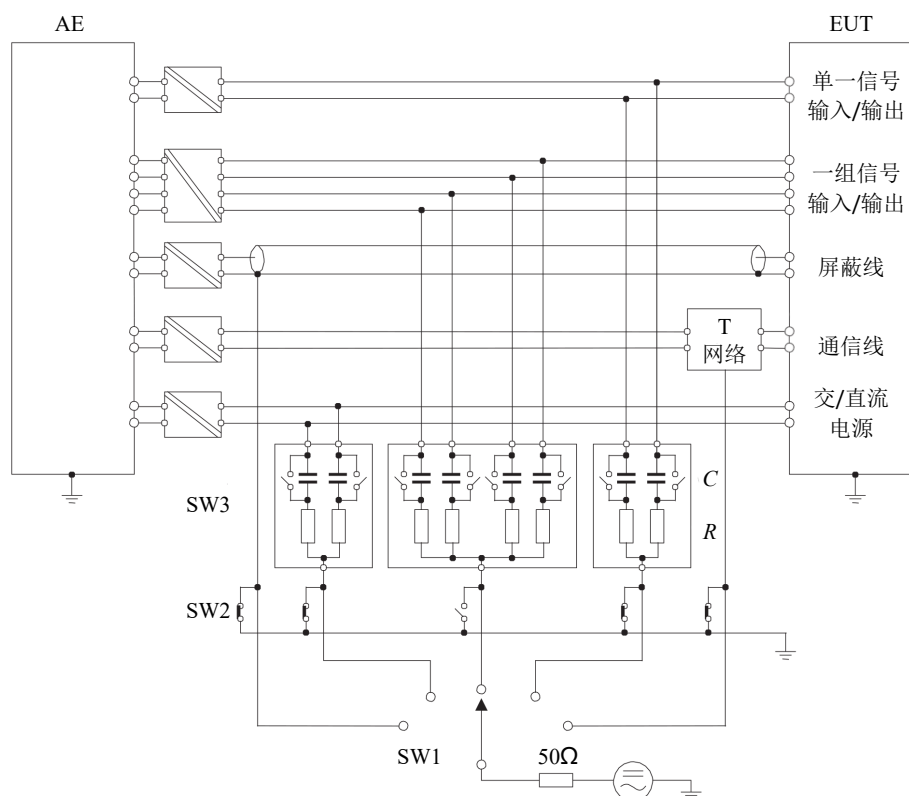
E.2.1 电源端口（输入/输出）的耦合网络

对电源(输入/输出)端口,耦合网络的每个导线都是由一系列的电阻和电容构成的,并且与耦合网络的端口并联。

图 1 为耦合网络的电路图,电容 $C = 1.0 \mu\text{F}$, 电阻 $R = 100 \times n \Omega$, n 是导线的数量 ($n \geq 2$)。耦合网络中的电阻和电容与每个导线端口的匹配误差应在 1% 以内。对 DC 电压试验, $1.0 \mu\text{F}$ 的电容应当被短路。

注: 当在信号端口进行 DC 电压试验时, 耦合网络的阻抗可能会导致工作信号的降级。

对于屏蔽电缆, 试验信号直接注入到电缆的屏蔽层, 因此不需要耦合网络。



$C = 1.0 \mu\text{F}$, 在直流电压试验时短路 (SW3)

$R = 100 \times n \Omega$, n 属于端口涉及的导体, 例如 $n = 4$; $R = 400 \Omega$

注: 开关 SW2 用于将除测试以外的输入端口接地。

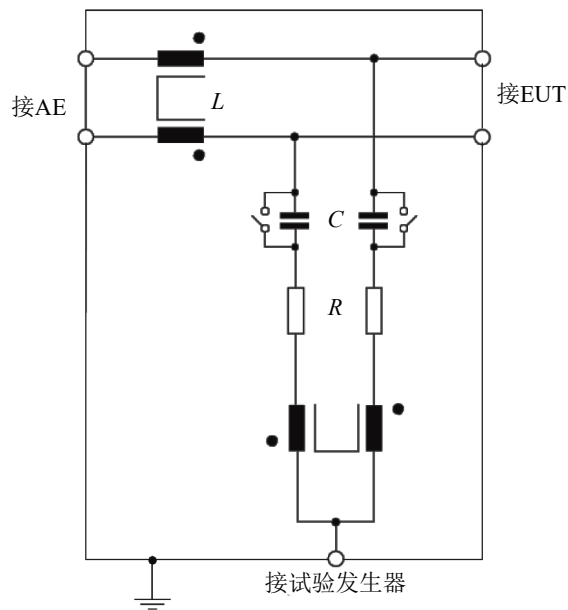
图 E.1 典型试验的示意电路图

E.2.2 通信端口（信号和控制）的耦合网络

对于与平衡线（单线或多线对）相连的通信端口或其他端口，耦合网络是 T 网络。图 2 是 T 网络的电路图。电容 $C = 4.7 \mu\text{F}$ ，电阻 $R = 200 \Omega$ ，电感 $L = 2 \times 38 \text{ mH}$ （双线线圈）。

T 网络的元件匹配误差应不能显著降低共模注入 EUT 的比例。

如果 T 网络的共模抑制比大于 80 dB，那么产品标准应当规定可供替代的耦合方法。



R : 200Ω

C : $4.7 \mu\text{F}$ ，在直流电压试验时短路（SW）

L : $2 \times 38 \text{ mH}$ （双线缠绕）

图 E.2 为通信端和其他连接到高平衡线对端口的 T 型网结的电路示意图