



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—202X

阻尼振荡磁场模拟器校准规范

Calibration Specification of Damped Oscillatory Magnetic Field
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

阻尼振荡磁场模拟器
校准规范

Calibration Specification of Damped
Oscillatory Magnetic Field 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：中国计量科学研究院

广州计量检测技术研究院

参加起草单位：中国计量科学研究院

河南省计量科学研究院

福建省计量科学研究院

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：

XXX

XXX

XXX

参加起草人：

XXX

XXX

XXX

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 猝发 burst.....	(1)
3.2 振荡周期和振荡频率 oscillation period and oscillation frequency.....	(1)
3.3 重复周期和重复率 repetition time of the pulses and repetition rate	(1)
3.4 感应线圈 inductive coil.....	(1)
3.5 感应线圈因数 inductive coil factor.....	(1)
3.6 标准感应线圈 standard inductive coil.....	(2)
4 概述.....	(2)
5 计量特性.....	(2)
5.1 短路电流峰值.....	(2)
5.2 短路电流衰减.....	(3)
5.3 短路电流振荡周期和振荡频率.....	(3)
5.4 重复周期和重复率.....	(3)
5.5 猝发持续时间.....	(3)
6 校准条件.....	(3)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 测量标准及其他设备.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(4)
7.1 校准项目.....	(4)
7.2 校准方法.....	(4)
8 校准结果表达.....	(7)
9 复校时间间隔.....	(8)
附录 A 原始记录格式.....	(9)
附录 B 校准证书内页格式.....	(11)
附录 C 主要项目校准不确定度评定示例.....	(13)

引言

本规范依据 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》编写。

本规范参考 GB/T 17626.10-2017《电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验》及 IEC 61000-4-10:2016 Electromagnetic compatibility—Testing and measurement techniques –Damped oscillatory magnetic field immunity test 中相关条款进行编写。

本规范为首次发布。

阻尼振荡磁场模拟器校准规范

1 范围

本规范适用于符合 GB/T 17626.10 《电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验》及 IEC 61000-4-10:2016 Electromagnetic compatibility—Testing and measurement techniques –Damped oscillatory magnetic field immunity test 中要求的阻尼振荡磁场模拟器的校准,也适用于电磁兼容抗扰度综合测试系统中的阻尼振荡磁场模拟器部分的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验

IEC 61000-4-10:2016 电磁兼容试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验

(Electromagnetic compatibility—Testing and measurement techniques –Damped oscillatory magnetic field immunity test)

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

下列术语和定义适用于本规范。

3.1 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。

3.2 振荡周期和振荡频率 oscillation period and oscillation frequency

振荡周期是在初始峰值后第一和第三零点之间的时间间隔,振荡频率是振荡周期的倒数。

3.3 重复周期和重复率 repetition time of the pulses and repetition rate

重复周期两个相邻波形初始峰值后第一零点之间的时间间隔,重复率是重复周期的倒数。

3.4 感应线圈 inductive coil

具有确定形状和尺寸的导体环,环中流过电流时,在其平面和所包围的空间内产生确定的磁场。

3.5 感应线圈因数 inductive coil factor

尺寸确定的感应线圈所产生的磁场强度与相应电流的比值，磁场强度是在没有受试设备的情况下，在线圈平面中心处所测得的。

3.6 标准感应线圈 standard inductive coil

匝数为1，尺寸为1 m × 1 m或1 m × 2.6 m的感应线圈。

4 概述

阻尼振荡磁场模拟器由阻尼振荡电流发生器和感应线圈组成。阻尼振荡磁场模拟器主要用于模拟由隔离刀闸切合高压母线时产生的干扰，可以检验待测设备的抗阻尼振荡磁场的的能力。

阻尼振荡磁场模拟器计量特性为短路电流波形参数。阻尼振荡磁场短路电流波形如图1所示。

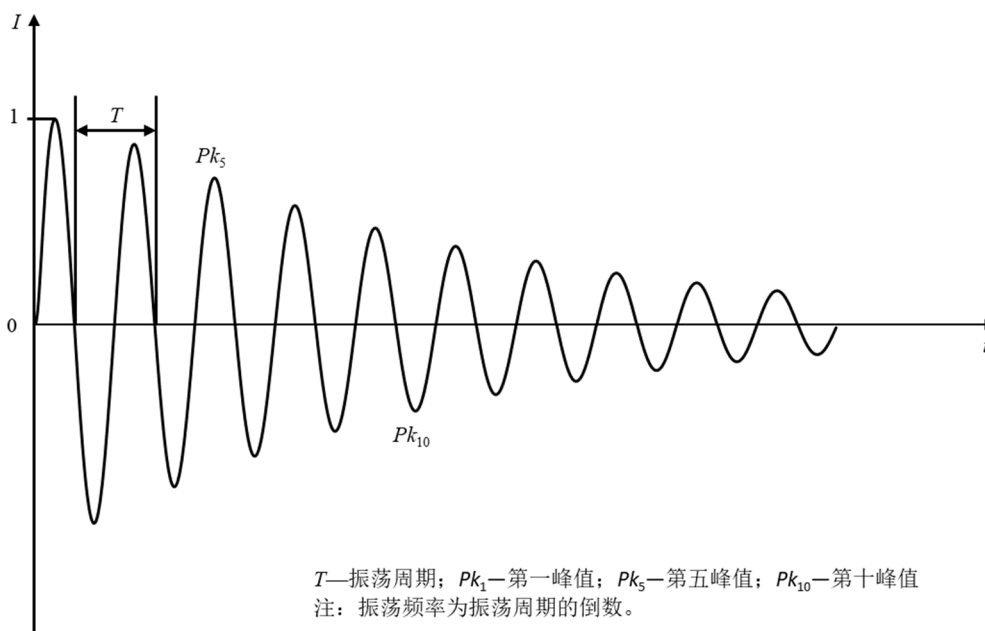


图1 阻尼振荡磁场短路电流波形示意图

5 计量特性

5.1 短路电流峰值 I_{PK1}

电流范围：（5~200）A；

最大允许误差：±20%。

标准感应线圈电流与磁场的关系如表1所示。

5.2 短路电流衰减

短路电流第五峰值 I_{Pk5} 值应大于 I_{Pk1} 值的 50%，且短路电流第十峰值 I_{Pk10} 值应小于 I_{Pk1} 值的 50%。

5.3 短路电流振荡周期和振荡频率

振荡频率标称值：100 kHz和1 MHz；

振荡周期标称值：100 kHz时10 μ s，1 MHz时1 μ s；

最大允许误差： $\pm 10\%$ 。

5.4 重复周期和重复率

重复周期标称值：100 kHz 时 25 ms，1 MHz 时 2.5 ms；

重复频率标称值：100 kHz 时 40 Hz，1 MHz 时 400 Hz；

最大允许误差： $\pm 10\%$ 。

5.5 猝发持续时间

不小于 2s。

表1 标准感应线圈电流与磁场关系

磁场设定值 (A/m)	1 m × 1 m 标准感应线圈 电流标称值 (A)	1 m × 2.6 m 标准感应线圈 电流标称值 (A)
10	11.1	15.2
30	33.3	45.5
100	111	152

注：以上技术指标不作合格性判别，仅提供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(23 \pm 5) $^{\circ}$ C。

6.1.2 相对湿度：20%~80%。

6.1.3 电源电压及频率：(220 \pm 11) V，(50 \pm 1) Hz。

6.1.4 周围无影响正常校准工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 数字示波器

带宽：不小于100 MHz；

幅度测量最大允许误差： $\pm 2\%$ ；

时基最大允许误差： $\pm 1 \times 10^{-4}$ ；

具有1 M Ω 输入阻抗。

6.2.2 电流变换器

转换系数最大允许误差： $\pm 2\%$ ；

带宽：不小于10 MHz；

脉冲电流峰值：不小于200 A；

端口阻抗：50 Ω 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表2所示。

表2 校准项目表

序号	校准项目
1	短路电流峰值
2	短路电流衰减
3	短路电流振荡周期和振荡频率
4	重复周期和重复率
5	猝发持续时间

注：校准短路电流峰值、衰减、振荡周期和振荡频率，第一个半周期极性为正、负两种情况都应进行测量。

7.2 校准方法

7.2.1 外观及工作正常性检查

被校阻尼振荡磁场模拟器的开关、旋钮、按键应能够正常工作，不应有影响电气性能的机械损伤；被校阻尼振荡磁场模拟器应设有接地端子，并标明接地符号，接地线应完好无损。将检查结果记录在附录 A.1 中。

7.2.2 短路电流峰值

7.2.2.1 仪器连接如图 2 所示。按说明书要求进行预热。阻尼振荡电流发生器与感应线圈相连，将其连接线穿过电流变换器的感应端。

7.2.2.2 设置数字示波器输入阻抗为 1 M Ω ，调节数字示波器使一个完整的脉冲波形显示于屏幕中央。

7.2.2.3 分别在振荡频率设置为 100 kHz 和 1 MHz 时，测量不同磁场设定值对应的短路电流峰值。

7.2.2.4 建议按试验等级选择校准点，将结果记录在附录 A.2 中。



图2 阻尼振荡磁场模拟器短路电流校准连接示意图

7.2.3 短路电流衰减

7.2.3.1 仪器连接如图 2 所示。阻尼振荡电流发生器与感应线圈相连，将其连接线穿过电流变换器的感应端。

7.2.3.2 设置数字示波器输入阻抗为 $1\text{ M}\Omega$ ，调节数字示波器使脉冲波形的前 10 个峰完整显示于屏幕中央。

7.2.3.3 分别在振荡频率设置为 100 kHz 和 1 MHz 时，测量不同磁场设定值下的第一、第五和第十电流峰值。

7.2.3.4 建议按试验等级选择校准点，将结果记录在附录 A.3 中。

7.2.4 短路电流振荡周期和振荡频率

7.2.4.1 设备连接如图 2 所示。阻尼振荡电流发生器与感应线圈相连，将其连接线穿过电流变换器的感应端。

7.2.4.2 设置数字示波器输入阻抗为 $1\text{ M}\Omega$ ，调节数字示波器使脉冲波形的第一峰、第二峰、第三峰和第四峰完整显示于屏幕中央，如图 3 所示。

7.2.4.3 分别在振荡频率设置为 100 kHz 和 1 MHz 时，测量不同磁场设定值下振荡波形初始峰值后第一和第三个零点之间的时间间隔，即振荡周期。振荡周期取倒数得到振荡频率。

7.2.4.4 建议按试验等级选择校准点，将结果记录在附录 A.4 中。

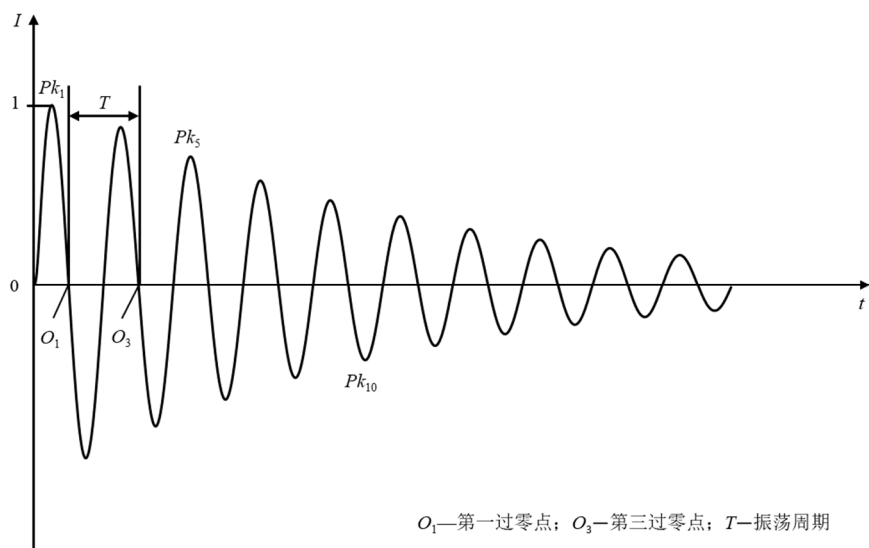


图3 阻尼振荡磁场短路电流波形过零点示意图

7.2.5 重复周期

7.2.5.1 设备连接如图2所示。阻尼振荡电流发生器与感应线圈相连，将其连接线穿过电流变换器的感应端。

7.2.5.2 将阻尼振荡磁场模拟器的场强设定为100 A/m。

7.2.5.3 设置数字示波器输入阻抗为1 M Ω ，调节数字示波器两个个振荡波形完整显示于屏幕中央，如图4所示。

7.2.5.4 分别在振荡频率设置为100 kHz和1 MHz时，测量两个相邻波形初始峰值后第一零点之间的时间间隔，即重复周期。重复周期取倒数得到重复率。

7.2.5.5 将结果记录在附录A.5中。

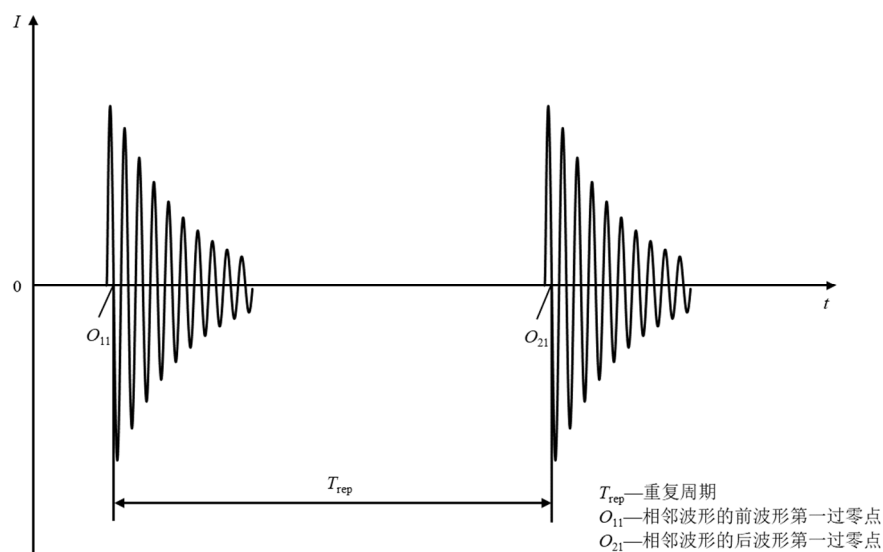


图4 阻尼振荡磁场重复周期波形示意图

7.2.6 猝发持续时间

7.2.6.1 设备连接如图 2 所示。阻尼振荡电流发生器与感应线圈相连，将其连接线穿过电流变换器的感应端。

7.2.6.2 将阻尼振荡磁场模拟器场强设定为 100 A/m。

7.2.6.3 设置数字示波器输入阻抗为 1 M Ω ，调节数字示波器使一组完整的猝发波形显示于屏幕中央，如图 5 所示。

7.2.6.4 分别在振荡频率设置为 100 kHz 和 1 MHz 时测量猝发持续时间。

7.2.6.5 将结果记录在附录 A.6 中。

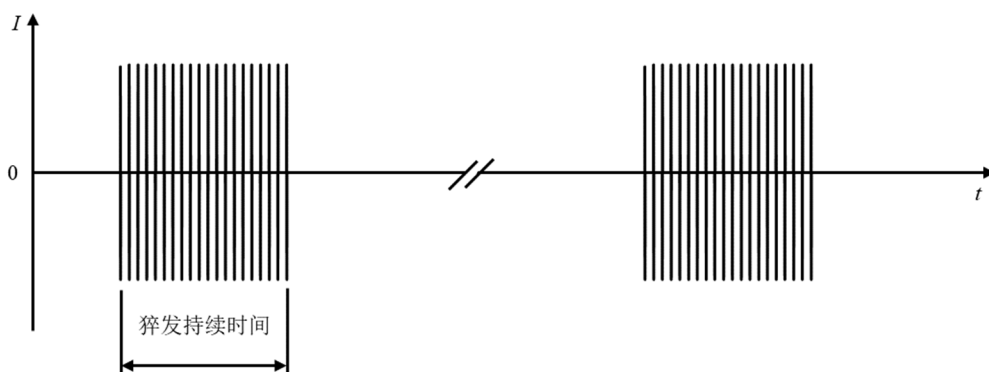


图 5 阻尼振荡磁场猝发持续时间波形示意图

8 校准结果表达

阻尼振荡磁场模拟器校准后，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

原始记录格式

A.1 外观及工作正常性检查

A.2 阻尼振荡磁场模拟器短路电流峰值

振荡频率	阻尼振荡磁场 强度设定值 A/m	电流峰值 标称值 A	数字示波器 电压测量值 V	电流变换器 转换系数	短路电流峰 值实测值 A	不确定度 ($k=2$)
100 kHz						
1 MHz						

A.3 阻尼振荡磁场模拟器短路电流衰减

振荡频率	阻尼振荡磁场 强度设定值 A/m	第一峰值电流 实测值 A	第五峰值电流 实测值 A	第十峰值电流 实测值 A	不确定度 ($k=2$)
100 kHz					
1 MHz					

A.4 阻尼振荡磁场模拟器短路电流振荡周期和振荡频率

振荡频率	阻尼振荡磁场 强度设定值 A/m	短路电流振荡周期测 量值 ms	短路电流振荡频率实 测值 kHz	不确定度($k=2$)
100 kHz				
1 MHz				

A.5 阻尼振荡磁场发生器重复周期和重复率

振荡频率	阻尼振荡磁场 强度设定值 A/m	重复周期测量值 ms	重复率实测值 Hz	不确定度 ($k=2$)
100 kHz				
1 MHz				

A.6 阻尼振荡磁场模拟器猝发持续时间

振荡频率	阻尼振荡磁场 强度设定值 A/m	猝发持续时间 s	不确定度 ($k=2$)
100 kHz			
1 MHz			

附录 B

校准证书内页格式

B.1 阻尼振荡磁场模拟器短路电流峰值

振荡频率	阻尼振荡磁场 强度设定值 A/m	短路电流峰值标称值 A	短路电流峰值实测值 A	不确定度 ($k=2$)
100 kHz				
1 MHz				

B.2 阻尼振荡磁场模拟器短路电流衰减

振荡频率	阻尼振荡磁场 强度设定值 A/m	第一峰值 电流实测值 A	第五峰值 电流实测值 A	第十峰值 电流实测值 A	不确定度 ($k=2$)
100 kHz					
1 MHz					

B.3 阻尼振荡磁场模拟器短路电流振荡周期和振荡频率

振荡频率	阻尼振荡磁场 强度设定值 A/m	振荡周期标称值 μs	振荡周期实测值 μs	振荡频率实测值 kHz	不确定度 ($k=2$)
100 kHz		10			
1 MHz		100			

B.4 阻尼振荡磁场模拟器重复周期和重复率

振荡频率	阻尼振荡磁场 强度设定值 A/m	重复周期 标称值 ms	重复周期 实测值 ms	重复率 标称值 Hz	重复率 实测值 Hz	不确定度 ($k=2$)
100 kHz		25		40		
1 MHz		2.5		400		

B.5 阻尼振荡磁场模拟器猝发持续时间

振荡频率	阻尼振荡磁场 强度设定值 A/m	猝发持续时间 s	不确定度 ($k=2$)
100 kHz			
1 MHz			

附录 C

主要项目校准不确定度评定示例

C.1 阻尼振荡磁场模拟器短路电流峰值校准不确定度评定

C.1.1 测量方法

使用数字示波器直接测量被校阻尼振荡磁场模拟器的短路电流峰值。

以使用 DPO5054 数字示波器校准阻尼振荡磁场模拟器振荡频率为 100 kHz 时，10 A/m 场强对应短路电流峰值为例进行不确定度评定。

C.1.2 不确定度来源

不确定度来源有以下4项：

- (1) 测量重复性引入的不确定度分量 u_{1rel} ；
- (2) 电流变换器转换系数不准引入的不确定度分量 u_{2rel} ；
- (3) 数字示波器电压测量不准引入的不确定度分量 u_{3rel} ；
- (4) 数字示波器读数分辨力引入的不确定度分量 u_{4rel} ；

C.1.3 标准不确定度的评定

C.1.3.1 测量的重复性引入的不确定度分量 u_{1rel}

重复测量阻尼振荡磁场模拟器 10 A/m 场强对应的短路电流峰值的 10 次数据如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值 A	10.90	10.96	10.94	10.91	10.90	10.93	10.89	10.91	10.97	10.94

经计算，测量重复性引入的相对标准不确定度 $u_{1rel} = 0.24\%$

C.1.3.2 电流变换器转换系数不准引入的不确定度分量 u_{2rel}

电流变换器转换系数最大允许误差 $\pm 2\%$ ，按均匀分布，则

$$u_{2rel} = 2\% / \sqrt{3} = 1.16\%$$

C.1.3.3 数字示波器电压测量不准引入的不确定度分量 u_{3rel}

数字示波器电压测量最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，按均匀分布，则

$$u_{3rel} = 2\% / \sqrt{3} = 1.16\%$$

C.1.3.4 数字示波器读数分辨力的引入的不确定度分量 u_{4rel}

设读取脉冲幅度0%和100%时因读数分辨力引入的最大相对误差分别为 ε_a 和 ε_b ，则最大相对误差相等，即 $\varepsilon_a = \varepsilon_b = \varepsilon$ ，根据仪器指标 $\varepsilon = \pm 0.5\%$ ，按均匀分布，则每次测量引入的不确定度分量为：

$$u_{4arel} = u_{4brel} = 0.5\%/\sqrt{3} = 0.289\%$$

2次测量相对独立，则因读数分辨力引入的不确定度分量

$$u_{4rel} = \sqrt{u_{4arel}^2 + u_{4brel}^2} = 0.41\%$$

C.1.4 合成标准不确定度

短路电流峰值不确定度分量汇总表如表C.1所示。

表C.1 短路电流峰值标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量	分布类型
测量重复性	0.24%	/
电流变换器转换系数不准	1.16%	均匀分布
数字示波器电压测量不准	1.16%	均匀分布
数字示波器读数分辨力	0.41%	均匀分布

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_{1rel}^2 + u_{2rel}^2 + u_{3rel}^2 + u_{4rel}^2} = 1.7\%$$

C.1.5 相对扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $U_{rel} = ku_c = 3.5\%$ ($k=2$)

C.2 阻尼振荡磁场模拟器短路电流振荡周期校准不确定度评定

C.2.1 测量方法

使用数字示波器直接测量被校阻尼振荡磁场模拟器短路电流振荡周期。

以使用 DPO5054 数字示波器校准阻尼振荡磁场模拟器振荡频率为 100 kHz 时对应的振荡周期为例进行不确定度评定，阻尼振荡磁场强度设置为 10 A/m。

C.2.2 不确定度来源

不确定度来源有以下2项：

- (1) 测量重复性引入的不确定度分量 u_{1rel} ；
- (2) 数字示波器时间游标测量分辨力引入的不确定度分量 u_{2rel} ；

C.2.3 标准不确定度的评定

C.2.3.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_{1rel}

重复测量阻尼振荡磁场模拟器短路电流振荡频率为 100 kHz 时对应的振荡周期的 10 次数据如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值 μs	10.1	10.2	10.3	10.1	10.2	10.1	10.3	10.1	10.2	10.3

经计算，测量重复性引入的相对标准不确定度 $u_{1rel} = 0.86\%$

C.2.3.2 数字示波器时间游标测量不准引入的不确定度分量 u_{2rel}

设分别读取脉冲波形第一过零点和第三过零点，幅度的 0% 时因游标测量分辨力相对误差分别为 ε_a 和 ε_b ，两次读取脉冲幅度的 0% 对应的时间刻度时因游标测量分辨力相对误差分别为 ε_c 和 ε_d ；假设 4 次的判读误差均相等，即 $\varepsilon_a = \varepsilon_b = \varepsilon_c = \varepsilon_d = \varepsilon$ ，设误差为均匀分布，又假定 $\varepsilon = \pm 0.5\%$ ，则

$$u_{2arel} = u_{2brel} = u_{2crel} = u_{2drel} = 0.5\%/\sqrt{3} = 0.289\%$$

则时间游标测量分辨力引入的不确定度分量

$$u_{2rel} = \sqrt{u_{2arel}^2 + u_{2brel}^2 + u_{2crel}^2 + u_{2drel}^2} = 0.58\%$$

C.2.4 合成标准不确定度

短路电流振荡周期标准不确定度分量汇总表如表C.2所示。

表C.2 短路电流振荡周期标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量	分布类型
测量重复性	0.86%	/
数字示波器 游标测量分辨力	0.58%	均匀分布

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_{crel} = \sqrt{u_{1rel}^2 + u_{2rel}^2} = 1.04\%$$

C.2.5 相对扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $U_{rel} = ku_{crel} = 2.1\%$ ($k=2$)

C.3 阻尼振荡磁场模拟器短路电流重复周期校准不确定度评定

C.3.1 测量方法

使用数字示波器直接测量被校阻尼振荡磁场模拟器短路电流重复周期。

以使用 DPO5054 数字示波器校准阻尼振荡磁场模拟器短路电流振荡频率为 100 kHz 时对应的重复周期为例进行不确定度评定。

C.3.2 不确定度来源

不确定度来源有以下2项：

- (1) 测量重复性引入的不确定度分量 u_{1rel} ；
- (2) 数字示波器时间游标测量分辨力引入的不确定度分量 u_{2rel} ；

C.3.3 标准不确定度的评定

C.3.3.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_{1rel}

重复测量阻尼振荡磁场模拟器短路电流振荡频率为 100 kHz 时对应的重复周期的 10 次数据如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
示值 ms	25.3	25.2	25.3	25.1	25.1	25.1	25.3	25.1	25.3	25.2

经计算，测量重复性引入的相对标准不确定度 $u_{1rel} = 0.38\%$

C.3.3.2 数字示波器时间游标测量分辨力引入的不确定度分量 u_{2rel}

设两次读取脉冲幅度的 0% 时因游标测量分辨力相对误差分别为 ε_a 和 ε_b ，两次读取脉冲幅度的 0% 对应的时间刻度时因游标测量分辨力相对误差分别为 ε_c 和 ε_d ；假设 4 次的判读误差均相等，即 $\varepsilon_a = \varepsilon_b = \varepsilon_c = \varepsilon_d = \varepsilon$ ，设误差为均匀分布，又假定 $\varepsilon = \pm 0.5\%$ ，则

$$u_{2arel} = u_{2brel} = u_{2crel} = u_{2drel} = 0.5\% / \sqrt{3} = 0.289\%$$

则时间游标测量分辨力引入的不确定度分量

$$u_{2rel} = \sqrt{u_{2arel}^2 + u_{2brel}^2 + u_{2crel}^2 + u_{2drel}^2} = 0.58\%$$

C.3.4 合成标准不确定度

短路电流重复周期标准不确定度分量汇总表如表C.3所示。

表C.3 短路电流重复周期标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量	分布类型
测量重复性	0.38%	/

数字示波器 游标测量分辨力	0.58%	均匀分布
------------------	-------	------

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为：

$$u_{\text{crel}} = \sqrt{u_{1\text{rel}}^2 + u_{2\text{rel}}^2} = 0.70\%$$

C.3.5 相对扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $U_{\text{rel}} = ku_{\text{crel}} = 1.4\%$ ($k=2$)
