

ICS 19.020

K 40

备案号: 43530-2014

**NB**

# 中华人民共和国能源行业标准

NB / T 42024 — 2013

## 大容量实验室以标准分流器为基准的 大电流测量系统的溯源

Traceability of high current measuring systems in high power laboratories, by  
applying calibration procedures using the reference shunts

(STL TR2—2008, MOD)

2013-11-28 发布

2014-04-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

    3.1 测量系统 ..... 1

    3.2 测量系统组件 ..... 2

    3.3 刻度因数 ..... 2

    3.4 额定值 ..... 3

    3.5 有关不确定度的定义 ..... 3

    3.6 校准 ..... 4

    3.7 试验电流的定义 ..... 4

4 标准分流器的通用程序 ..... 4

    4.1 标准分流器的管理和溯源 ..... 4

    4.2 标准分流器的使用 ..... 5

    4.3 标准分流器的检查 ..... 5

5 标准测量系统的要求和试验 ..... 5

    5.1 标准测量系统的不确定度要求 ..... 5

    5.2 标准测量系统的测量不确定度评定 ..... 5

6 大电流测量系统的溯源程序 ..... 8

附录 A（规范性附录） 大电流测量系统溯源示例 ..... 9

附录 B（规范性附录） STL 大电流标准测量系统的相互比对示例 ..... 12

附录 C（规范性附录） 欧洲标准分流器刻度因数的频率特性 ..... 22

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

本标准修改采用国际短路试验联盟 STL (short-circuit testing liaison) 技术报告第2部分 STL TR2—2008《大容量实验室以 STL 标准分流器为基准的大电流测量系统的溯源》。

本标准与 STL TR2—2008 相比，主要技术性差异如下：

- 增加了范围（见第1章）；
- 修改了 STL TR2—2008 的规范性引用文件，增加了 GB/T 16927.4《高电压和大电流试验技术 第4部分：试验电流和测量系统的定义和要求》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》（见第2章），并对章节号进行了调整；
- 增加了术语和定义（见第3章）；
- 删除了 STL TR2—2008 中的3实践与商业信息内容；
- 增加了大电流测量系统的溯源程序（见第6章）；
- 考虑到我国能源行业实验室的特点，结合 GB/T 16927.4、STL TR2—2008 附录 A 和附录 B 的内容，编制了新的附录 A 大电流测量系统溯源示例；
- 将 STL TR2—2008 中的附录 C 修改为新标准的附录 B，主要修改内容是将实验室及分流器名称用符号 M、A、B 和 C 代称；
- 删除了 STL TR2—2008 的附录 D 和附录 F；
- 为了对标准分流器的性能监控更严格，将 STL TR2—2008 中标准分流器校准的周期由5年修改为2年（见4.1）；
- 为了明确标准分流器和需要校准电流转换装置的试验连接方式，增加了“标准分流器和需要校准的电流转换装置串联在同一个回路里”的内容（见4.2）；
- 在标准测量系统的测量不确定度的评定依据中增加了 GB/T 16927.4（见5.2.1）；
- STL TR2—2008 附录 A 中图2和图3不规范，原图为实物标注图，本标准中重新绘制了规范的标准分流器的推荐安装方式及尺寸（见图 A.2）和标准分流器在母线系统中的安装尺寸（见图 A.3）。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由能源行业短路试验技术标准化技术委员会（NEA/TC 10）归口。

本标准负责起草单位：西安高压电器研究院有限责任公司。

本标准参加起草单位：中国电力科学研究院、辽宁高压电器产品质量检测有限公司、上海电气输配电试验中心有限公司、沈阳变压器研究院股份有限公司、深圳电气科学研究所、西安交通大学。

本标准起草人：王安、阎对丰、杜炜、张实、姚斯立、田恩文、任稳柱、赵庆斌、张益民、李向阳、杨海芳、郭立新、罗时聪、陈奎、田文革、肖敏英、邓永辉、刘志远。

# 大容量实验室以标准分流器为基准的 大电流测量系统的溯源

## 1 范围

本标准规定了标准分流器的性能和溯源的程序，以及大容量实验室大电流测量系统的溯源程序。  
本标准适用于大容量实验室大电流测量系统的量值溯源。

## 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。

GB/T 16927.4 高电压和大电流试验技术 第 4 部分：试验电流和测量系统的定义和要求（IEC 62475：2010，MOD）

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

NB/T 42023—2013 试验数据的测量不确定度处理（STL TR3—2008，MOD）

EN ISO/IEC 13005—1999 测量不确定度表示指南（guide to the expression of uncertainty in measurement）

STL TR1—2004 大容量实验室数据处理方法（technical report on Harmonisation of data processing methods for high power laboratories）

## 3 术语和定义

JJF 1059.1—2012 和 EN ISO/IEC 13005—1999 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 测量系统

#### 3.1.1

**测量系统 measuring system**

用于进行测量的整套装置。用于获取或计算测量结果的软件，也是测量系统的一部分。

注 1：测量系统通常包括以下组件：

- 转换装置，包括将装置接入电流回路的端子或与电流回路的耦合连接，以及接地连接；
- 连接转换装置的输出端到采集和记录系统（并附有衰减、终端和匹配阻抗或网络）的传输系统；
- 测量仪器；
- 数据处理软件。

仅由以上某些组件组成或基于非传统原理的测量系统，只要符合本部分规定的 uncertainty 要求也是可以接受的。

注 2：测量系统所处的环境，如与带电体、载流导体和接地物体的净距离，周围有无电场或磁场都可能明显影响测量结果及其 uncertainty。

[GB/T 16927.4，定义 3.1.1]

#### 3.1.2

**性能记录 record of performance**

使用者建立并保存测量系统的详细记录，是描述系统和表明系统达到标准所列要求的证明文件。

文件中应包含初始性能试验结果和历次性能试验结果，以及性能校核结果和相应性能试验（校核）的周期。

[GB/T 16927.4，定义 3.1.2]

3.1.3

**标准测量系统   reference measuring system**

通过校准可溯源到相关国家和/或国际基（标）准，且具有足够准确度和稳定性的测量系统。在进行特定波形和特定电流范围内的同时比对测量中，该系统用于认可其他的测量系统。

注：满足本标准要求的标准测量系统可作为认可测量系统使用，但认可测量系统不能作为标准测量系统使用。

[GB/T 16927.4，定义 3.1.4]

3.2 测量系统组件

3.2.1

**转换装置   converting device**

将被测量转换成测量仪器可记录或显示量值的装置。

注：转换装置在很多情况下也可称为传感器。

[GB/T 16927.4，定义 3.2.1，修改过]

3.2.2

**分流器   current-converting shunt**

将被测电流按比例转化为电压的电阻元件。

[GB/T 16927.4，定义 3.2.2]

3.2.3

**标准分流器   reference shunt**

通过校准可溯源到相关国家和/或国际基（标）准，且具有足够准确度和稳定性的分流器。在进行特定波形和特定电流范围内的同时比对测量中，该分流器用于校准其他的分流器。

3.2.4

**传输系统   transmission system**

将转换装置的输出信号传输到测量仪器的一套装置。

注 1：传输系统一般由带终端阻抗的同轴电缆组成，还可包括转换装置与测量仪器之间所连接的衰减器、放大器或其他装置。例如，光纤系统包括光发射器，光缆和光接收器以及相应的放大器。

注 2：传输系统可全部或部分地归入转换装置和测量仪器中。

[GB/T 16927.4，定义 3.2.5]

3.2.5

**测量仪器   measuring instrument**

单独或与外加装置一起进行测量的装置。

注：采集和记录系统也是测量仪器的一种。

[GB/T 16927.4，定义 3.2.6，修改过]

3.3 刻度因数

3.3.1

**测量系统的刻度因数   scale factor of a measuring system**

与测量仪器的读数相乘便得到整个测量系统的输入量值的因数。

注 1：对不同的电流测量范围、不同的频率范围或不同的波形，一个测量系统可有多多个刻度因数。

注 2：直接显示输入量值的测量系统，其标称刻度因数为 1。

[GB/T 16927.4，定义 3.3.1]



## 3.3.2

**转换装置的刻度因数** **scale factor of a converting device**

与转换装置的输出量值相乘便得到其输入量值的因数。

注：转换装置的刻度因数可以是无单位的（例如电流互感器的变比），也可以是有单位的（例如分流器的阻抗）。

[GB/T 16927.4, 定义 3.3.2]

## 3.3.3

**传输系统的刻度因数** **scale factor of a transmission system**

与传输系统的输出量值相乘便得到其输入量值的因数。

[GB/T 16927.4, 定义 3.3.3]

## 3.3.4

**测量仪器的刻度因数** **scale factor of a measuring instrument**

与仪器的读数相乘便得到其输入量值的因数。

[GB/T 16927.4, 定义 3.3.4]

## 3.4 额定值

## 3.4.1

**工作条件** **operating conditions**

规定的条件范围，在此条件范围内测量系统能在规定的 uncertainty 范围内工作。

[GB/T 16927.4, 定义 3.4.1]

## 3.4.2

**额定电流** **rated current**

测量系统可适用的具有规定频率或波形下的最大电流水平。

注：额定电流可高于标定测量范围的上限。

[GB/T 16927.4, 定义 3.4.2]

## 3.5 有关不确定度的定义

## 3.5.1

**(测量) 不确定度** **uncertainty (of measurement)**

表征合理地赋予被测量值的分散性，与测量结果相联系的参数。

注 1：不确定度是不带符号的正数。

注 2：电流测量的不确定度不应与规定试验电流的容差相混淆。

[GB/T 16927.4, 定义 3.6.2]

## 3.5.2

**标准不确定度** **standard uncertainty**

$u$

以标准偏差表示的测量不确定度。

注 1：标准偏差与被测值估计值有关，与被测值有相同的单位。

注 2：某些情况下，可以使用测量的相对标准不确定度，测量的相对标准不确定度是标准不确定度除以被测值，因此是无单位值。

[GB/T 16927.4, 定义 3.6.3]

## 3.5.3

**合成标准不确定度** **combined standard uncertainty**

$u_c$

当测量结果是由若干个其他分量的值求得时，测量值的标准不确定度等于各分量的方差或协方差总和的平方根的正值，需依据各分量对测量结果的影响权重来进行计算。

[GB/T 16927.4, 定义 3.6.4]

3.5.4

扩展不确定度 **expanded uncertainty**

*U*

确定测量结果区间的量，合理赋予被测量之值分布的大部分可望含于此区间。

注：扩展不确定度非常接近本部分较早版本中的“总不确定度”。

[GB/T 16927.4, 定义 3.6.5]

3.5.5

包含因子（覆盖因子） **coverage factor**

*k*

为求得扩展不确定度，与合成标准不确定度相乘的数字因子。

注：对 95%覆盖的概率和正态（高斯）概率分布，包含因子  $k=2$ 。

[GB/T 16927.4, 定义 3.6.6]

3.5.6

国家计量研究机构 **National Metrology Institute**

由国家指定的对一个或多个量的国家测量标准进行开发和维护的科研机构。

[GB/T 16927.4, 定义 3.6.11]

3.6 校准

在规定条件下，为确定测量仪器或测量系统所指示的量值，或实物量具或参考物质所代表的量值，与对应的由标准所复现的量值之间关系的一组操作。

注 1：此术语基于不确定度方法。

注 2：原则上，指示值与测量的关系结果可通过校准标定图表示。

注 3：校准包括刻度因数的确定。

[GB/T 16927.4, 定义 3.7.1]

3.7 试验电流的定义

3.7.1

对称电流 **symmetrical current**

不含直流分量或直流分量可以忽略的电流。

[GB/T 16927.4, 定义 9.2.1]

3.7.2

非对称电流 **asymmetrical current**

直流分量不可忽略的电流。

[GB/T 16927.4, 定义 9.2.2]

3.7.3

峰值 **peak value**

电流的最大瞬时幅值。

[GB/T 16927.4, 定义 9.2.3]

4 标准分流器的通用程序

4.1 标准分流器的管理和溯源

拥有标准分流器的实验室负责对标准分流器的管理，标准分流器至少每 2 年应溯源到国家标准，每 5 年在大电流和高频电流下进行比对。校准和比对程序见第 5 章。

## 4.2 标准分流器的使用

按照预定的计划，将标准分流器送到需要溯源的实验室。

需要溯源的实验室应使用标准分流器建立大电流标准测量系统，该系统采用需要溯源实验室的数据传输、采集、记录系统以及数据处理软件。实验室的数据传输、采集、记录系统以及数据处理软件应由国家计量研究机构进行校准。在校准中，标准分流器和需要校准的电流转换装置串联在同一个回路里，并使用同一套数据传输、采集、记录系统和数据处理软件。

需要溯源的实验室应确定需要校准的电流转换装置的电流类型，包括：

- 直流；
- 非对称电流；
- 工频电流；
- 高频电流，至 10kHz；
- 干扰试验电流。

需要校准的电流参数应对应于且不超过标准分流器的额定值，示例见附录 A。

## 4.3 标准分流器的检查

标准分流器在使用前和使用后，应由标准分流器拥有的实验室进行检查（在小的直流电流下测量直流电阻）。

## 5 标准测量系统的要求和试验

### 5.1 标准测量系统的不确定度要求

校准所要求的大电流标准测量系统的扩展不确定度不应超过以下限值：

- 对称或非对称工频电流峰值或有效值：1%；
- 10kHz 以下高频电流峰值：3%。

标准分流器的扩展不确定度（ $U_{SH}$ ）不应超过以下限值：

- 对称或非对称工频电流峰值或有效值：0.8%；
- 10kHz 以下高频电流峰值：2.5%。

如果需要，在每个频率等级下可记录不同的刻度因数和测量不确定度。

另外，对于标准测量系统的其他组件，原则上扩展不确定度不应超过以下限值：

- 数据传输系统（不同于电缆）（ $U_{TS}$ ）：0.4%；
- 数据采集和记录系统（ $U_{AR}$ ）：0.4%；
- 数据处理软件（ $U_{SW}$ ）。

对称或非对称工频电流峰值或有效值：0.6%（注 1）；

10kHz 以下高频电流峰值：1%（注 2）。

注 1：详情见 NB/T 42023。

注 2：估计值。

$U_{TS}$ 、 $U_{AR}$ 、 $U_{SW}$  值可以改变，但整个标准测量系统的扩展不确定度不应超过 1%和 3%。

所有记录的测量不确定度应以置信概率为 95%（包含因子  $k$  等于 2，概率密度函数为正态分布）的扩展不确定度给出。

### 5.2 标准测量系统的测量不确定度评定

#### 5.2.1 通用程序

标准测量系统的测量不确定度以 JJF 1059—1999 和 EN ISO/IEC 13005—1999 为基础，依据 NB/T 42023 和 GB/T 16927.4 进行评定。

评定方法应建立在组件校准的基础上，标准测量系统的不确定度通过与整个测量系统不确定度有关的所有分量的标准不确定度的合成来确定。



首先,对测量系统的每个组件进行校准,并通过试验或分析估算确定各因素(例如环境温度、频率、位置等)对测量的影响。

然后,标准测量系统的不确定度的评定应将标准分流器、数据传输系统、数据采集和记录系统、数据处理软件的不确定度计算在内。

## 5.2.2 标准分流器

### 5.2.2.1 标准分流器的校准

标准分流器由国家计量研究机构进行校准,所选用的电流值和程序由该计量机构确定。

应采用两个频率范围进行校准:

- 直流到工频;
- 工频到 10kHz。

标准分流器的校准证书应尽可能包括

- 额定电阻值  $R$  (50Hz) 以及相对不确定度  $U_{SH,R}$  (需将国家计量研究机构测量系统的不确定度计算在内,并假设其概率密度函数为正态分布);
- 每个频率范围内刻度因数的相对偏差  $\delta_f$ , 由  $R(f) - R(50\text{Hz})$  的最大差值除以  $R(50\text{Hz})$  来确定。

### 5.2.2.2 标准分流器的比对

标准分流器在比对前应进行校准。比对时参与比对的标准分流器应串联运行,比对电流应涵盖标准分流器的最大电流。

比对的方法以及分析原理见 GB/T 16927.4。

#### a) 试验方法。

- 1) 大约 3kA 的刻度因数试验:  
对称电流, 100ms, 10 次。
- 2) 大约 10kA 的刻度因数试验:  
——对称电流, 100ms, 10 次;  
——正极性的非对称电流, 100ms, 10 次;  
——负极性的非对称电流, 100ms, 10 次。
- 3) 20%, 40%, 60%, 80% 和 100% 的线性度试验:  
——对称电流, 100ms, 3 次;  
——正极性的非对称电流, 100ms, 3 次;  
——负极性的非对称电流, 100ms, 3 次。

非对称电流试验在峰值系数(峰值与有效值的比值)为 2.5 的单相回路下进行。

- b) 刻度因数试验的结果分析。对于参加比对的所有标准分流器,应采用在国家计量研究机构获得的 50Hz 下电阻值来确定试验电流的峰值和有效值,然后用标准分流器读取值的平均值确定“电流真值”。

对于所有的电流值,每个标准分流器的相对刻度因数应由试验电流的读取值与“电流真值”的比值确定。

对于每个标准分流器,在确定由于  $u_{SH,NL}$  的非线性产生的相对不确定度时,考虑平均刻度因数的最大偏差  $\delta$ 。假设概率密度函数为矩形分布。

- c) 线性度结果分析。标准分流器在不同试验电流下测量电流峰值。对于每个标准分流器,在确定由于  $u_{SH,NL}$  非线性产生的相对不确定度时,采用“读取值”与“标准值”的最大偏差  $\delta$  除以“标准值”。假设概率密度函数为矩形分布。评定一个标准分流器的相对不确定度时,另一个标准分流器测量值作为标准值。

### 5.2.2.3 干扰试验

工频干扰试验采用峰值系数 2.5 的非对称电流（大于额定电流的 80%）。对于高频干扰试验，采用幅值大约 3kA，频率等于 9kHz 的电流。将参加试验标准分流器一端断开，保持开路，并与另外一个标准分流器并排，距离 0.5m（中心距离）。实际电流用另外一个标准分流器测量。

干扰  $a_{\text{INPF}}$  等于断开分流器测得电流值与实际电流值的比值。假设概率密度函数为矩形分布。

### 5.2.2.4 其他不确定分量

除了前面章节描述的分量外，还需要考虑以下不确定度分量：

- $a_{\text{SH,AT}}$  由于环境温度（估计值）导致分流器电阻值变化引起的不确定度；
- $a_{\text{SH,T}}$  分流器自身发热导致电阻值改变引起的不确定度；
- $a_{\text{SH,C}}$  分流器连接线引起的不确定度（可以忽略）；
- $a_{\text{SH,LTS}}$  分流器长期稳定性引起的不确定度（通过历史校准的数据确定）。

所有的分量需要根据 NB/T 42023 和 GB/T 16927.4 的准则进行合成，获得标准分流器的扩展不确定度  $U_{\text{SH}}$ ，以置信概率为 95% 表示。

注：需要仔细考虑所列出并引入的不确定分量。

### 5.2.3 数据传输系统

在使用标准分流器校准时，对采用的数据传输系统（模拟或数字）必须由相关国家计量研究机构授权的实验室进行低电压校准。校准实验室应该给出在直流、工频以及最高 10kHz 频率下的刻度因数及其测量不确定度。在后续校准中应确定所有使用量程的刻度因数（包括刻度因数有效时的满刻度偏转比例）。

如果需要，报告内可包含每个电流和频率范围内的刻度因数以及测量不确定度。

每个实验室有责任对使用的数据传输系统进行校准，并且产生一个性能记录，该记录包括所有进行过的校准测量结果及不确定度各分量的确定。

至少应确定以下不确定度分量：

- $u_{\text{TS,N}}$  传输系统刻度因数的测量不确定度。它可由校准实验室给出或者由仪器技术规范推导，但需得到校准实验室确认（ $u_{\text{TS,N}}$  取决于要求的带宽，从 0Hz 到工频，从工频到高频）；
- $u_{\text{TS,NL}}$  由于非线性引起的不确定度（如果不包含在  $u_{\text{TS,N}}$  中）；
- $a_{\text{TS,IN}}$  由于电磁干扰引起的不确定度；
- $a_{\text{TS,AT}}$  由于环境温度使刻度因数变化引起的不确定度（如果不包含在  $u_{\text{TS,N}}$  中）；
- $a_{\text{TS,LTS}}$  传输系统长期稳定性引起的不确定度（根据历史数据进行估计）。

所有分量都以相对值表示，并且它们的概率密度函数都视作矩形分布，除了  $u_{\text{TS,N}}$  为高斯分布外。

所有的分量应根据 NB/T 42023 和 GB/T 16927.4 的准则进行合成，传输系统的扩展不确定度  $U_{\text{TS}}$ ，以置信概率为 95% 表示。

注：需要仔细考虑所列出并引入的不确定度分量。

### 5.2.4 数据采集和记录系统

在使用标准分流器校准时，对采用的数据采集和记录系统必须由相关国家计量研究机构授权的实验室进行低电压校准。校准实验室应该给出在直流、工频以及最高 10kHz 频率下的刻度因数及其测量不确定度。在后续校准中应确定所有使用量程的刻度因数（包括刻度因数有效时的满刻度偏转比例）。

如果需要，报告内可包含每个电流范围内的刻度因数以及测量不确定度。

实验室必须对使用的数据采集和记录系统进行校准，并且生成一个性能记录，该记录包括所有采用过的校准措施、不确定度各分量的确定。

应确定以下不确定度分量：

- $u_{\text{AR,N}}$  数据采集和记录系统刻度因数的测量不确定度。它可由校准实验室声明或者由仪器技术规范推导但需得到校准实验室确认（ $u_{\text{AR,N}}$  取决于要求的带宽，从 0Hz 到工频，从工频到高频）；

- $u_{AR, NL}$  由于非线性引起的不确定度（如果不包含在  $u_{AR, N}$ ）；
- $a_{AR, IN}$  由于电磁干扰引起的不确定度；
- $a_{AR, AT}$  由于环境温度使刻度因数变化引起的不确定度（如果不包含在  $u_{AR, N}$ ）；
- $a_{AR, LTS}$  数据采集和记录系统长期稳定性引起的不确定度（通过历史校准的数据确定）。

所有分量都以相对值表示，并且它们的概率密度函数都视作为矩形分布，除了  $u_{AR, N}$  为高斯分布。

所有的分量需要根据 NB/T 42023 和 GB/T 16927.4 的准则进行合成，获得数据采集和记录系统扩展不确定度  $U_{AR}$ ，以置信概率为 95% 表示。

注：需要仔细考虑所列出并引入的不确定度分量。

5.2.5 数据处理软件

数据处理软件应该通过 STL 提供的 TDG（试验数据发生器）进行校准。对于适用的参考电流波形以及所有需要进行的处理种类，都需要记录偏差  $a_i$ 。

软件计算结果的不确定度  $U_{SW}$  确定为

$$U_{SW} = 2\sqrt{u_n^2 + \frac{\max(a_i)^2}{3}}$$

这里， $u_n$  为 TDG 的不确定度（可以忽略），详情可见 STL TR1—2004。

5.2.6 确定标准测量系统的测量不确定度

对于标准测量系统以及两个频率范围，扩展不确定度可依据以下公式确定：

$$U = \sqrt{U_{SH}^2 + U_{TS}^2 + U_{AR}^2 + U_{SW}^2}$$

不确定度  $U$  以 95% 的置信概率表示。

每个实验室必须在性能记录中列举为获得测量不确定度进行的所有操作、计算以及假设。

6 大电流测量系统的溯源程序

大容量实验室大电流测量系统的溯源应采用标准分流器，标准测量系统的其他部分由需要溯源的实验室提供。各需要溯源的实验室应按照附录 A 的规定对大电流测量系统开展溯源工作。

本标准附录 B 给出了 STL 大电流标准测量系统的相互比对示例，附录 C 给出了欧洲标准分流器刻度因数的频率特性。



附录 A  
(规范性附录)  
大电流测量系统溯源示例

A.1 通则

标准分流器见图 A.1。标准分流器的主要技术参数如下：

- 类型：同轴分流器。
- 材料：ISOTAN。
- 对称电流最大有效值：140kA，0.1s。
- 非对称电流的最大峰值：350kA。
- 带宽：0~10kHz。
- 额定电阻：40 $\mu\Omega$ 。
- 质量：25kg。

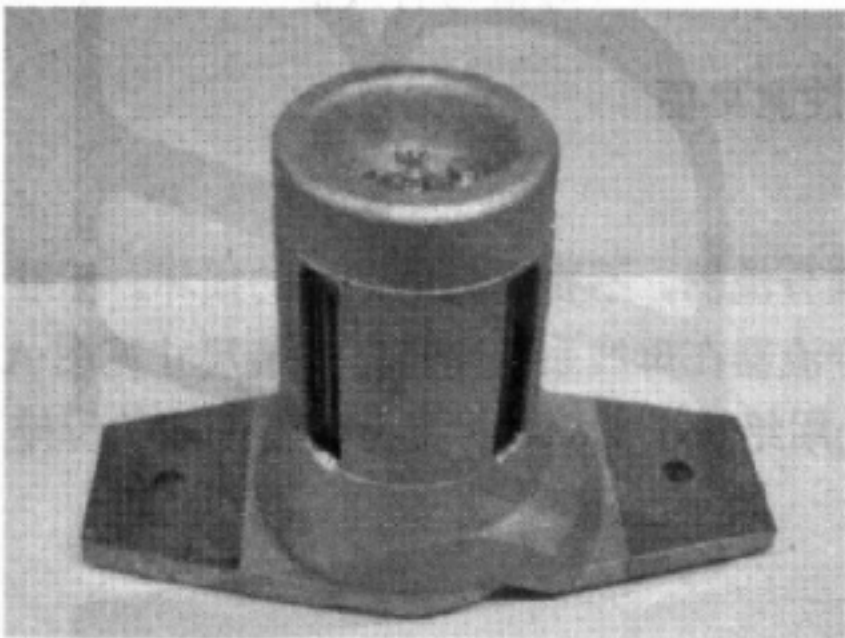


图 A.1 标准分流器

A.2 校准

A.2.1 实验室传感器和电流的选择

A.2.1.1 每个实验室确定需要校准的大电流测量系统传感器类型和需要校准的电流类型，包括以下内容：

- a) 计划校准的电流传感器的额定值；
- b) 实验室计划校准的电流水平。

A.2.1.2 为了避免在校准过程中损坏标准分流器，建议标准分流器应遵循以下最大值：

- a) 直流电流：100A。
- b) 非对称电流峰值：50Hz 或 60Hz 下 260kA。
- c) 工频电流有效值：50Hz 或 60Hz 下 100kA。
- d) 高频电流：低于 10kHz、10kA。

A.2.2 校准项目

- a) 刻度因数试验。电流和试验次数：最大校准电流不小于大电流测量系统额定电流的 5%，建议大约 3kA 工频对称 10 次，大约 10kA 工频对称 10 次、正极性 10 次、负极性 10 次。  
持续时间：100ms。  
读数：峰值和有效值。
- b) 线性度试验。电流等级和类型及试验次数为



20%额定电流：对称、正极性的非对称、负极性的非对称各一次。  
40%额定电流：对称、正极性的非对称、负极性的非对称各一次。  
60%额定电流：对称、正极性的非对称、负极性的非对称各一次。  
80%额定电流：对称、正极性的非对称、负极性的非对称各一次。  
100%额定电流：对称、正极性的非对称、负极性的非对称各一次。  
持续时间：100ms。  
电流读数：第一个峰值、有效值。

- c) 需要记录的其他信息。
- 1) 试验日期；
  - 2) 标准分流器试验前、后的电阻值；
  - 3) 标准分流器抵达时、试验前、试验后的照片；
  - 4) 试验号、 $I^2T$ 、有效值、峰值、持续时间。
- d) 干扰试验。工频干扰试验采用峰值系数 2.5 的非对称电流（大于额定电流的 80%）。对于高频干扰试验，采用幅值大约 3kA、频率等于 9kHz 的电流。
- e) 高频电流试验适用时。低于 10kHz、10kA。
- f) 建议非对称电流试验在峰值系数（峰值与有效值的比值）为 2.5 的单相回路下进行。

A.3 标准分流器的安装及使用注意事项

A.3.1 标准分流器的安装

每个实验室有责任保护标准分流器，不要受到电动力的损坏。标准分流器应小心安装，标准分流器的推荐安装方式及尺寸和标准分流器在母线系统中推荐安装尺寸见图 A.2 和图 A.3，连接分流器的母线应在距离分流器中心 350mm 处用绝缘子支撑，标准分流器两端的母排直线长度至少为 1000mm。标准分流器应安装在室内环境。

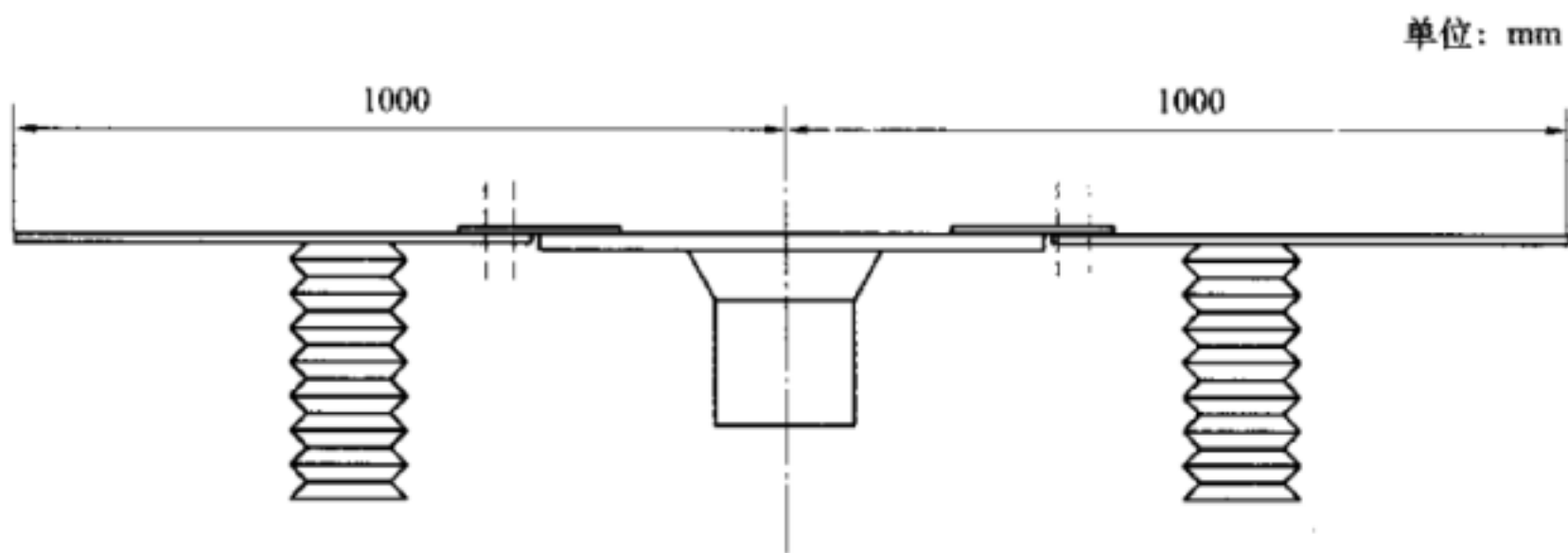


图 A.2 标准分流器的推荐安装方式及尺寸

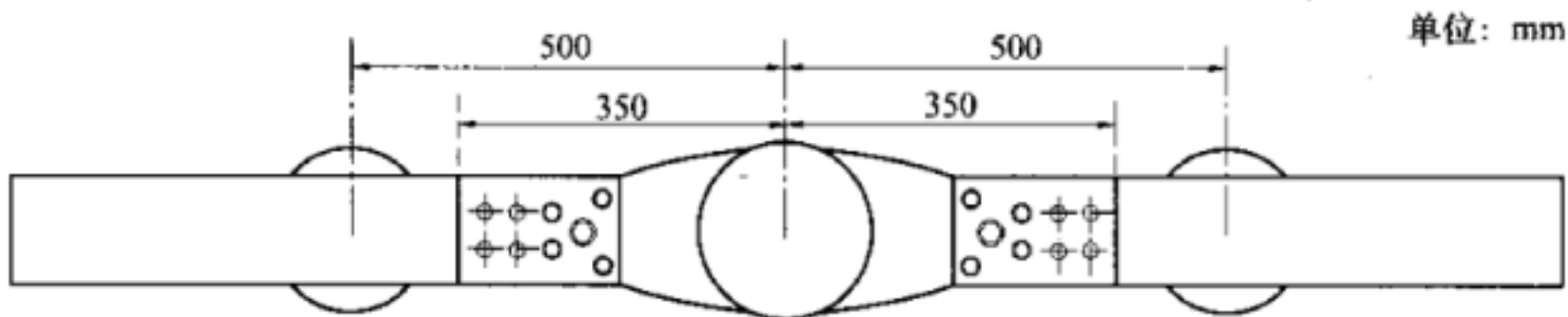


图 A.3 标准分流器在母线系统中的安装尺寸

A.3.2 使用注意事项

在试验测量过程中，应注意试验间隔即冷却时间，见表 A.1。

表 A.1 标准分流器使用间隔时间

电流 kA	电流持续时间 ms	分流器最高内部温度 ℃	冷却到 30℃的最少时间 min（环境温度 23℃）
40	100	30	5
80	100	55	10
120	100	95	20
140	100	120	30

A.4 测量系统不确定度评定

根据 NB/T 42023 和 GB/T 16927.4 的准则对大电流测量系统进行不确定度评定。

附录 B  
(规范性附录)

STL 大电流标准测量系统的相互比对示例

大电流比对试验时间：2005 年 5 月 3 日~4 日。  
高频试验时间：2005 年 5 月 12 日。  
地点：M 实验室。  
参加比对分流器：A 分流器、B 分流器、C 分流器。  
测量系统：12 位、多通道、光纤数字传输暂态记录器（Bakker）。  
测量软件：MEVA 测量设备控制和计算软件。  
电流范围：3kA~140kA。

B.1 5%最大工频电流下刻度因数的确定

进行过的测量：  
对称电流 10kA/100ms 10 项记录（工频对称）。  
非对称电流 10kA/100ms 10 项记录（正极性）。  
非对称电流 10kA/100ms 10 项记录（负极性）。  
例 1：对称电流峰值记录数据及其偏差（工频对称）见表 B.1 和图 B.1。

表 B.1 10kA 对称电流数据

峰值序号	平均	A	B	C
1	10.123	0.05%	-0.06%	0.01%
2	-10.123	0.05%	-0.06%	0.01%
3	10.115	0.02%	-0.05%	0.03%
4	-10.113	-0.01%	-0.03%	0.04%
5	10.111	-0.02%	-0.02%	0.04%
6	-10.113	-0.01%	-0.02%	0.03%
7	10.114	-0.02%	-0.01%	0.03%
8	-10.114	0.01%	-0.03%	0.02%
9	10.114	0.03%	-0.04%	0.01%
10	-10.110	0.03%	-0.04%	0.01%

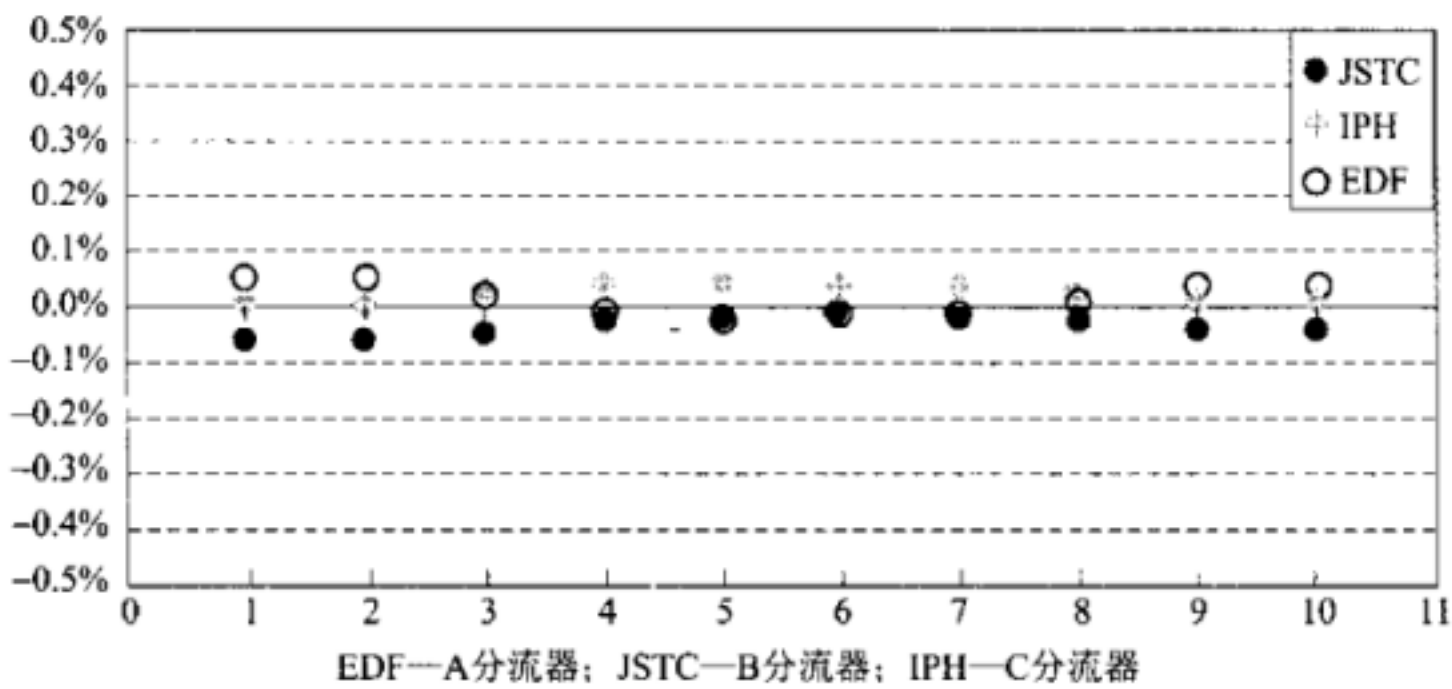


图 B.1 10kA 对称电流偏差

例 2：非对称电流峰值记录数据及其偏差（正极性），见表 B.2 和图 B.2。

表 B.2 25kA 正极性电流数据

1053041	平均	EDF	JSTC	IPH
1. 峰值	27.133 2	0.05%	-0.06%	0.01%
2. 峰值	-2.547	0.13%	-0.09%	-0.04%
3. 峰值	24.924	0.04%	-0.06%	0.02%
4. 峰值	-4.486 4	-0.19%	0.07%	0.12%
5. 峰值	23.117	0.00%	-0.02%	0.02%
6. 峰值	-6.102 7	-0.07%	0.01%	0.06%
7. 峰值	21.623	0.01%	-0.02%	0.01%
8. 峰值	-7.465 8	-0.04%	-0.03%	0.07%
9. 峰值	20.364	0.06%	-0.05%	-0.01%
10. 峰值	-8.597 3	-0.04%	-0.03%	0.07%

注：1053041 为试验记录序号。

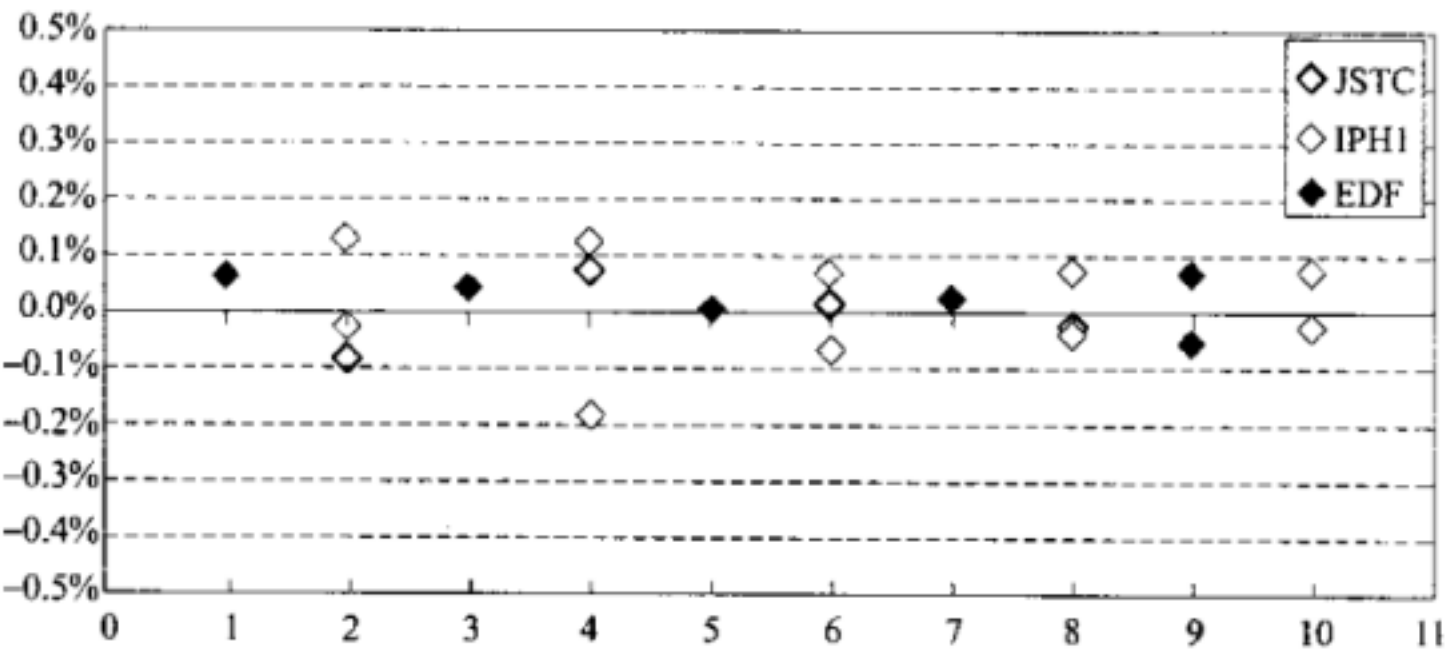


图 B.2 25kA 正极性电流偏差

例 3：非对称电流峰值记录数据及其偏差（负极性），见表 B.3 和图 B.3。

表 B.3 25kA 负极性电流数据

1053048	平均	EDF	JSTC	IPH
1. 峰值	-27.302	0.03%	-0.03%	0.01%
2. 峰值	2.543 8	0.08%	0.13%	-0.20%
3. 峰值	-25.146	0.02%	-0.04%	0.02%
4. 峰值	4.459 3	-0.23%	0.31%	-0.08%
5. 峰值	-23.403	0.01%	-0.03%	0.02%
6. 峰值	6.071 2	-0.07%	0.04%	0.03%
7. 峰值	-21.956	-0.01%	0.02%	-0.01%
8. 峰值	7.397 9	0.00%	0.01%	-0.01%
9. 峰值	-20.739	0.05%	-0.04%	-0.01%
10. 峰值	8.538 9	-0.02%	0.04%	-0.03%

注：1053048为试验记录序号。



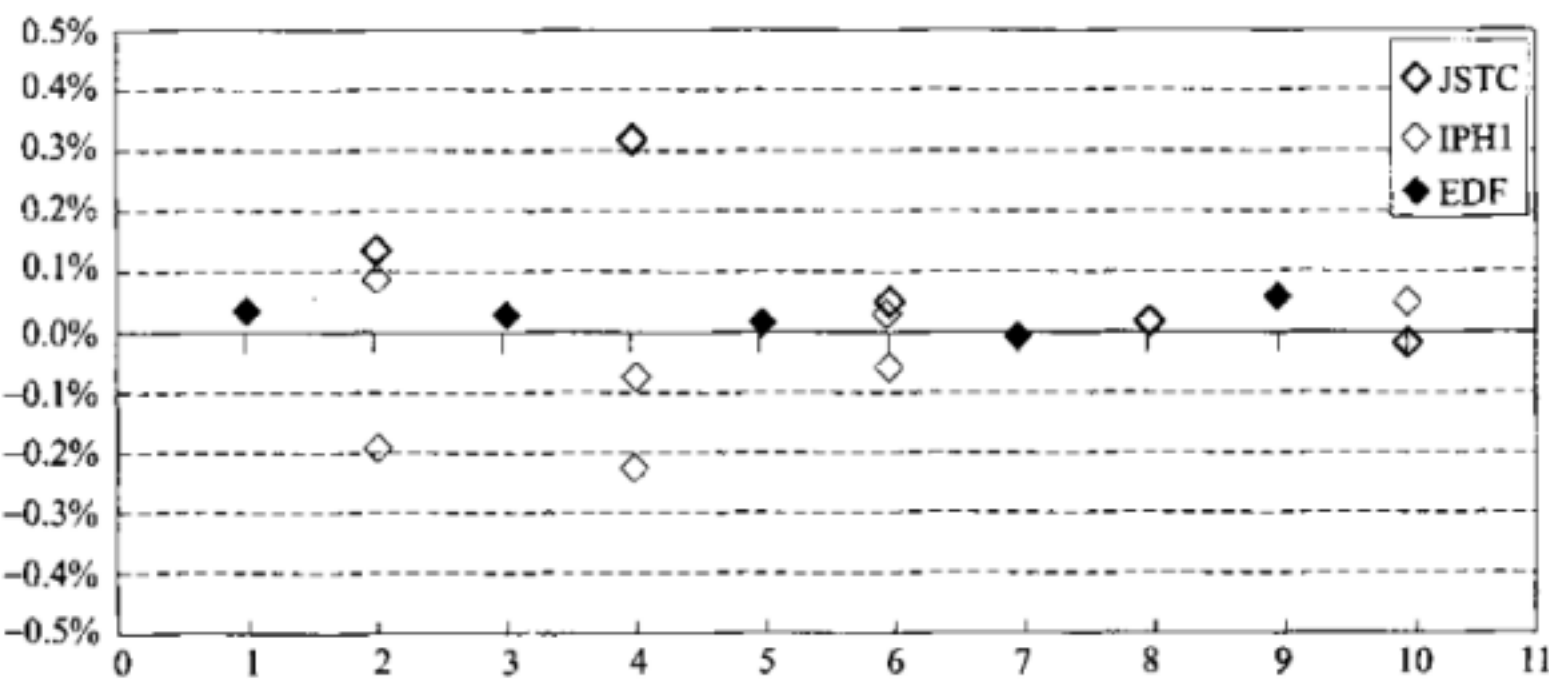


图 B.3 25kA 负极性电流偏差

例 4：对称电流有效值记录数据及其偏差（工频对称）见表 B.4、表 B.5 和图 B.4，大电流试验部分布置见图 B.5，10kA 对称电流试验波形见图 B.6。

表 B.4 10kA 对称电流数据

序号	平均值 EDF JSTC IPH	EDF	JSTC	IPH
1	10.122	10.125	10.121	10.122
2	10.122	10.125	10.121	10.122
3	10.112	10.111	10.112	10.112
4	10.106	10.102	10.109	10.107
5	10.096	10.093	10.097	10.098
6	10.089	10.087	10.089	10.090
7	10.090	10.089	10.091	10.089
8	10.087	10.089	10.087	10.086
9	10.079	10.082	10.077	10.077
10	10.066	10.069	10.065	10.065

表 B.5 10kA 对称电流偏差数据

EDF	JSTC	IPH
0.02%	-0.02%	0.00%
0.02%	-0.02%	0.00%
-0.01%	0.01%	0.00%
-0.04%	0.03%	0.01%
-0.03%	0.01%	0.02%
-0.02%	0.01%	0.01%
-0.01%	0.02%	0.00%
0.02%	0.00%	-0.01%
0.03%	-0.01%	-0.02%
0.03%	-0.01%	-0.01%

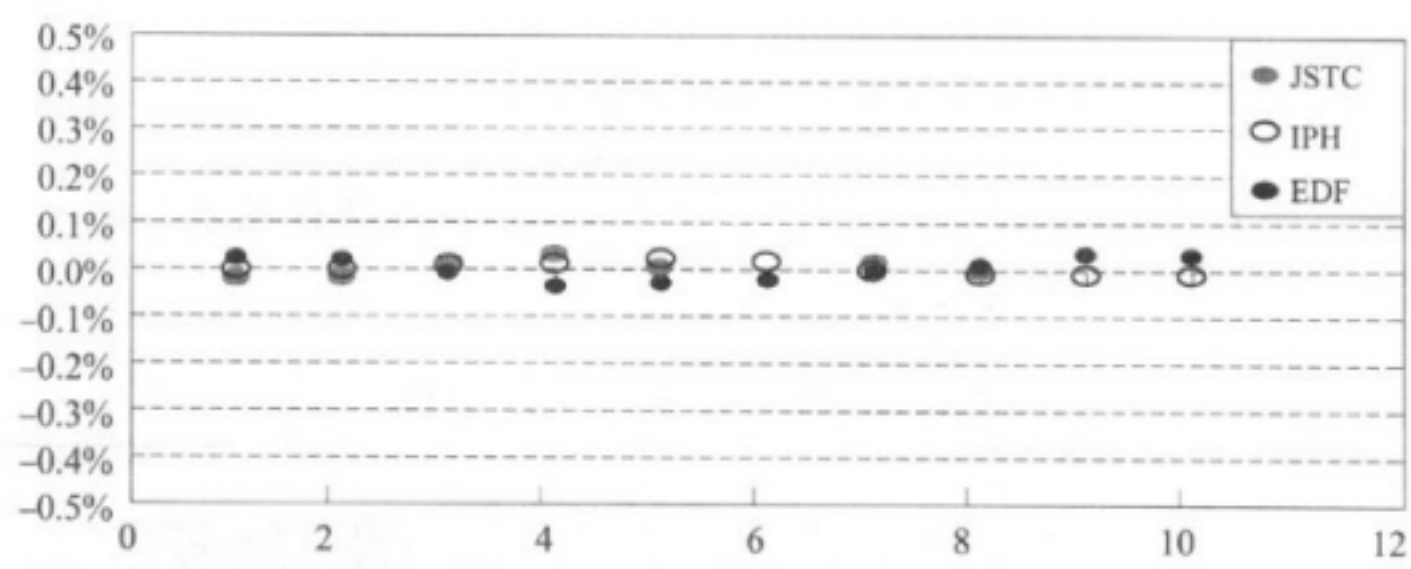


图 B.4 10kA 对称电流偏差



图 B.5 大电流试验部分布置图

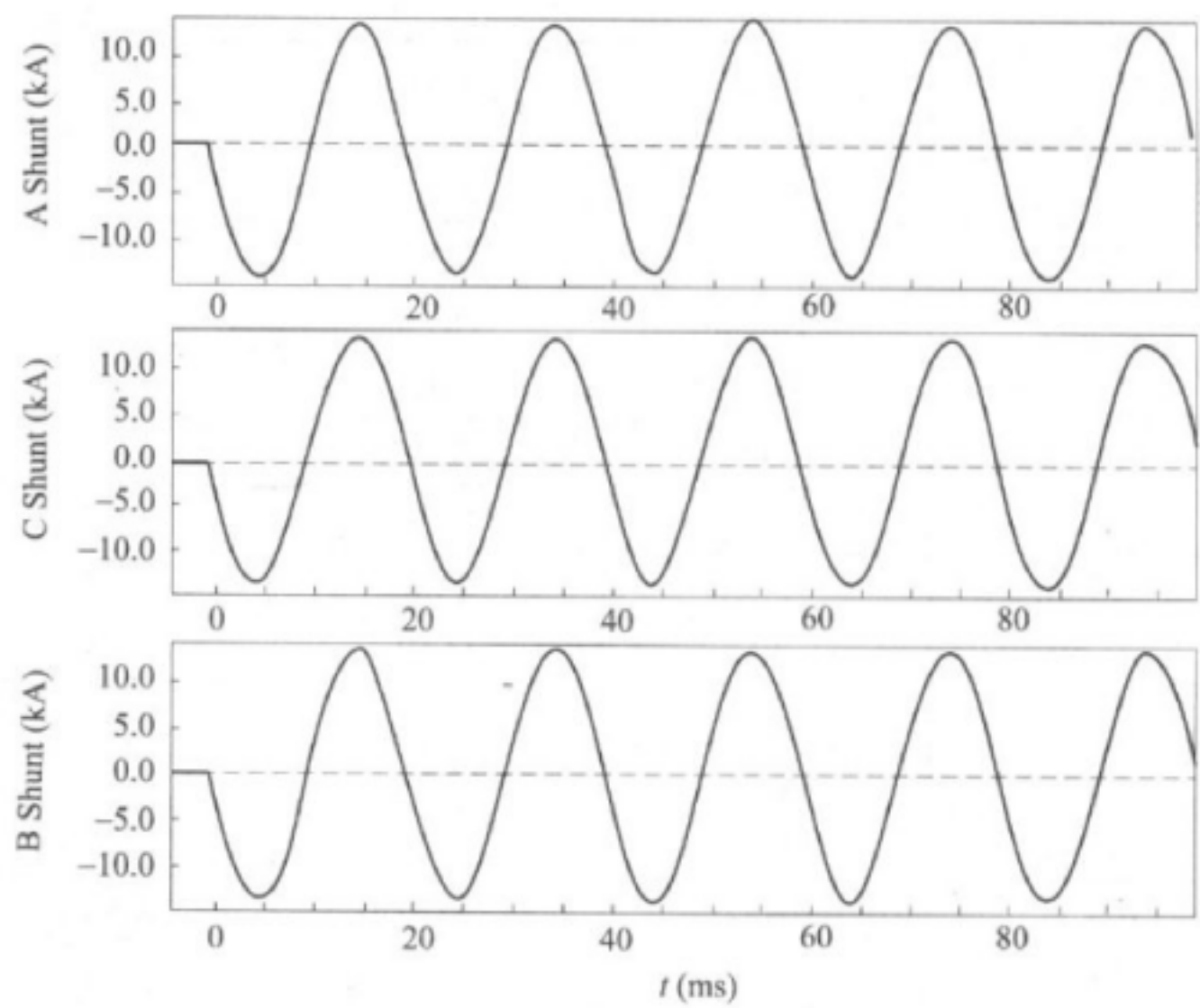


图 B.6 10kA 对称电流试验波形

B.2 工频电流线性度试验

大电流试验回路见图 B.7，电流波形见图 B.8。线性度试验电流选择见表 B.6 ，以 A 分流器为标准，线性度试验非对称电流第一个峰值数据记录见表 B.7。

表 B.6 线性度试验电流选择

电流有效值 kA	持续时间 ms	测量序号	注 释
3	100		工频对称
10	100		工频对称 正极性 负极性 (注)
28	100		工频对称 正极性 负极性
56	100		工频对称 正极性 负极性
84	100		工频对称 正极性 负极性
112	100		工频对称 正极性 负极性
140	100		工频对称 正极性 负极性
注：来自于项目 1 数据集中的第一个记录。			

表 B.7 线性度试验数据

记录序号	EDF kA	JSTC kA	IPH kA	JSTC 偏离%	IPH 偏离%
1053086	-352.82	-352.59	-352.76	-0.06%	-0.02%
1053083	-262.02	-261.93	-261.87	-0.04%	-0.06%
1053080	205.66	-205.80	-205.85	0.07%	0.09%
1053076	-141.87	-141.87	-141.89	0.00%	0.02%
1053063	-65.78	-65.80	-65.83	0.03%	0.08%
1053048	-27.31	-27.29	-27.30	0.07%	0.04%
1053035	-14.01	-14.00	-14.00	0.07%	0.07%
1053035	14.59	14.58	14.59	0.07%	0.00%
1053041	27.15	27.14	27.13	0.04%	0.07%
1053062	65.60	65.58	65.64	-0.03%	0.06%
1053075	140.12	140.07	140.15	-0.03%	0.02%
1053079	204.58	204.66	204.72	0.04%	0.07%
1053082	261.23	260.99	261.14	-0.09%	-0.04%
1053085	311.9	311.83	312.11	-0.02%	0.07%

表 B.7（续）

记录序号	EDF kA	JSTC kA	IPH kA	JSTC 偏离%	IPH 偏离%
—	—	—	最大偏离值	0.07%	0.09%
			最小偏离值	-0.09%	0.06%
			最大非线性	0.08%	0.08%

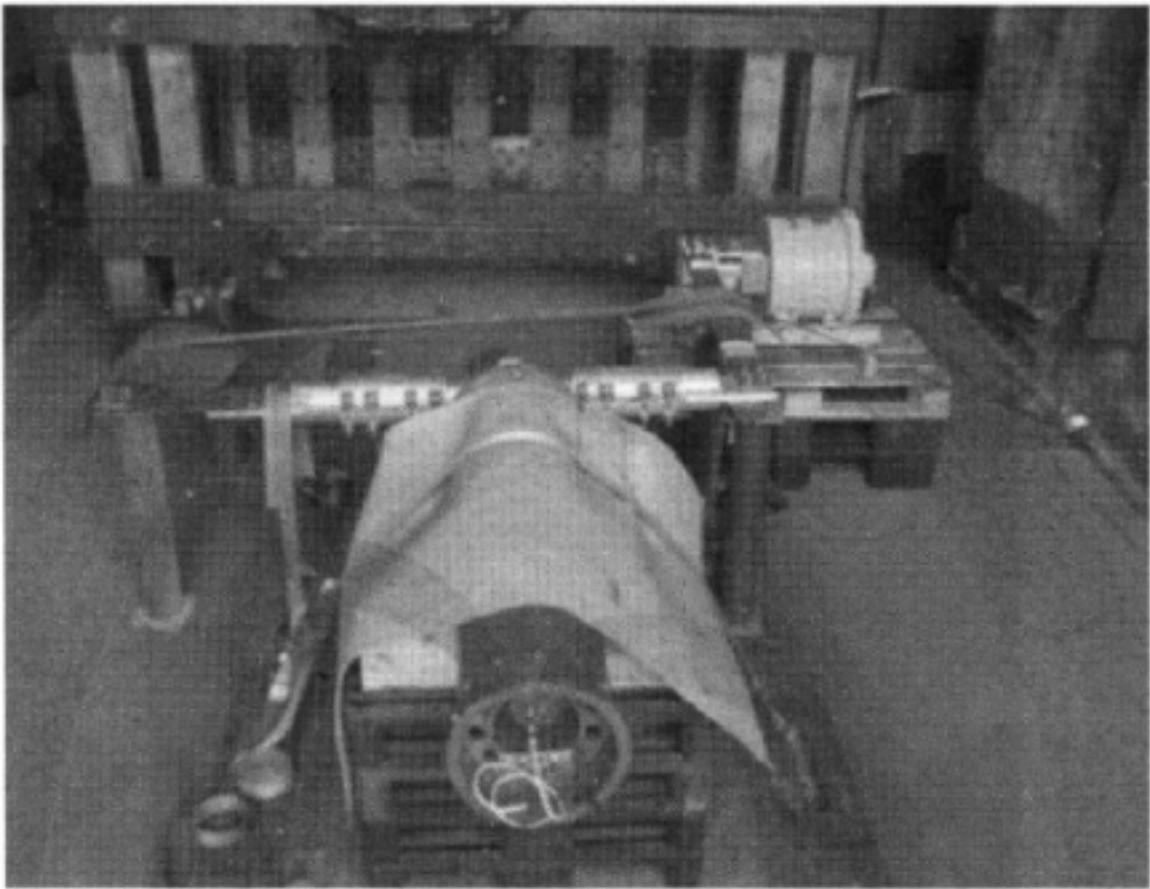


图 B.7 大电流试验回路

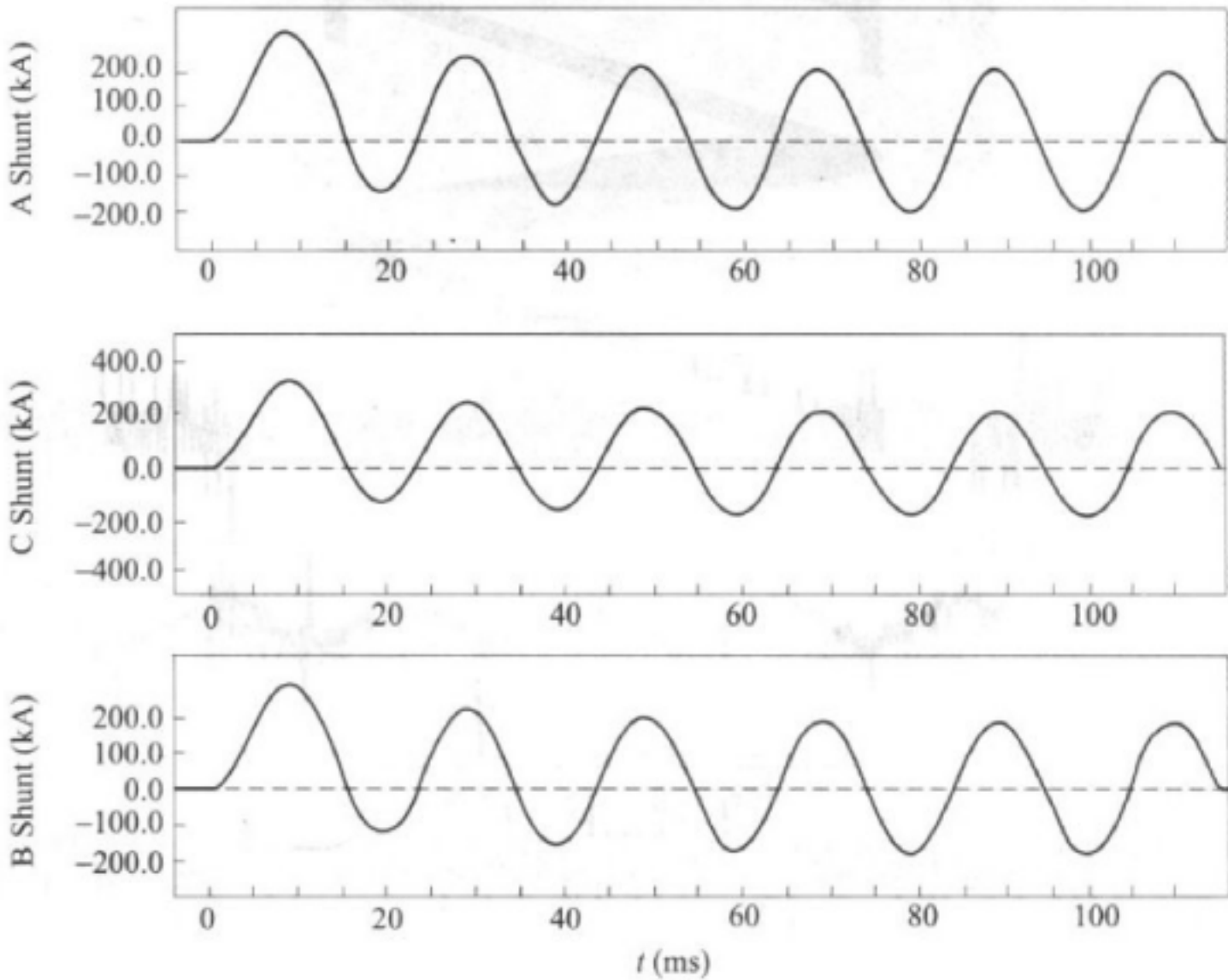


图 B.8 电流波形

B.3 工频电流下干扰试验

工频干扰试验采用峰值系数 2.5 的非对称电流（大于额定电流的 80%）。将试验分流器断开，保持开路状态，与先前位置的并列距离大约为 0.5m。干扰值等于断开分流器测得的最大电流值与母线回路短路电流峰值的比值。工频干扰试验数据见表 B.8，工频干扰试验的布置见图 B.9，试验波形见图 B.10。



表 B.8 工频干扰试验数据

分流器	电 流	$a_{\text{INPF}}$
A	14A	0.005%
B	20A	0.007%
C	20A	0.007%
参照电流峰值	290kA	

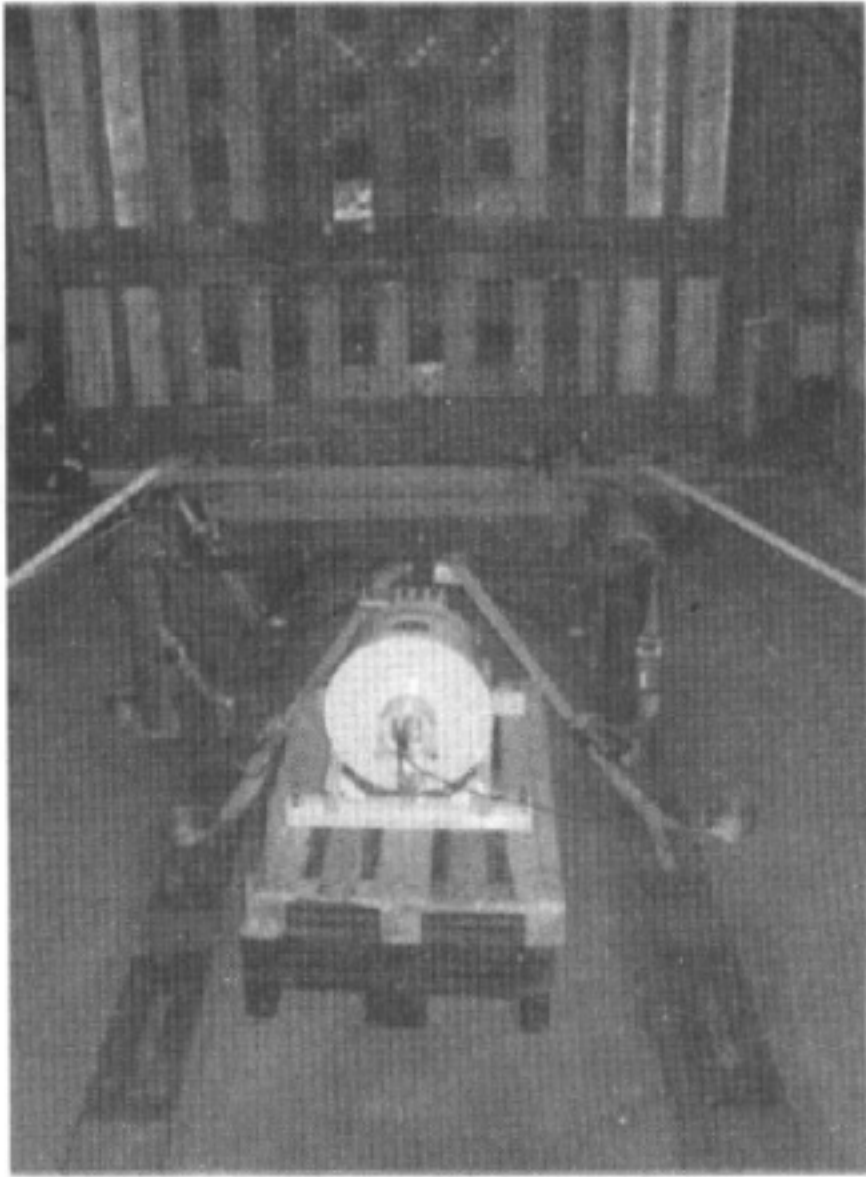


图 B.9 工频干扰试验的布置

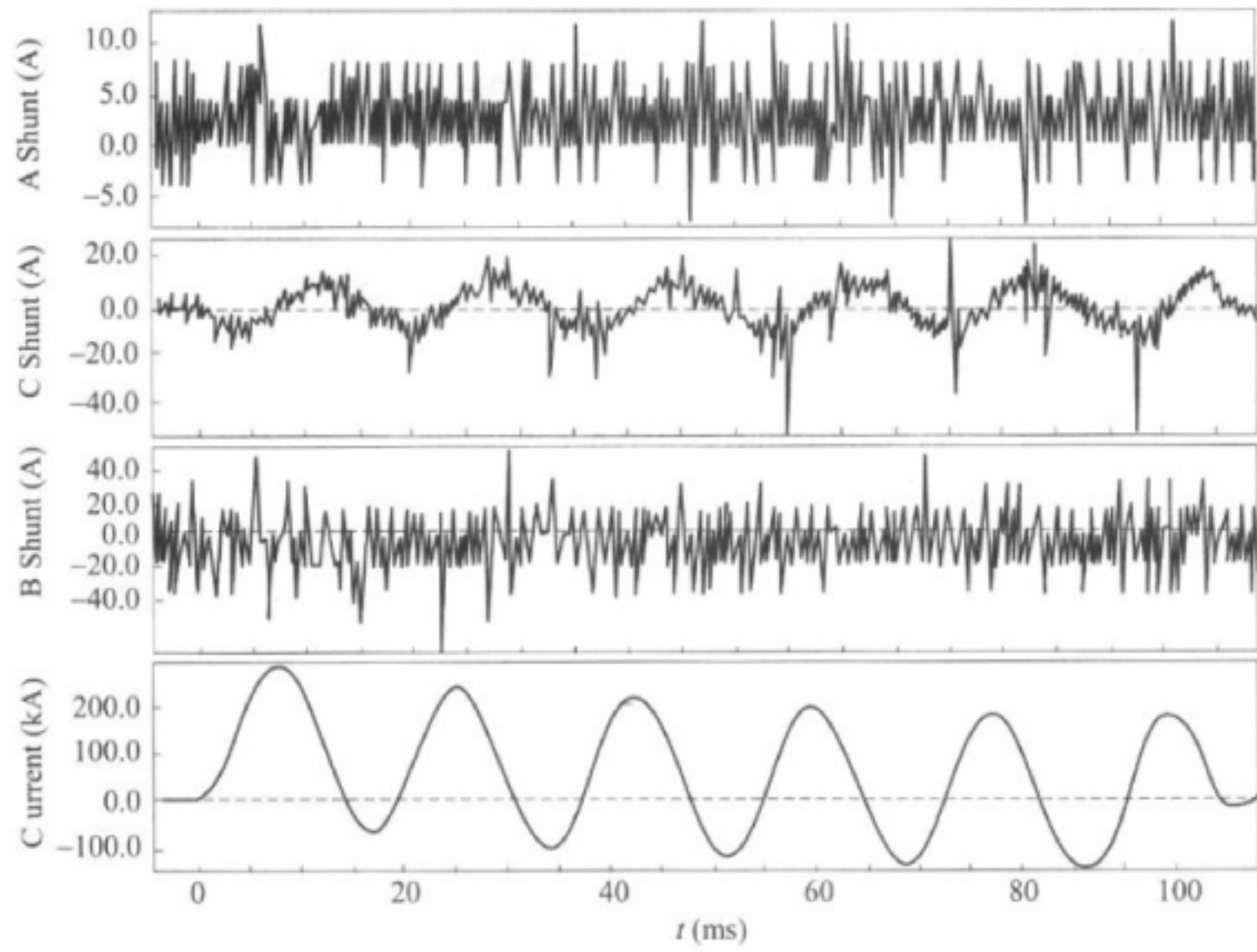


图 B.10 工频干扰试验波形

B.4 高频干扰试验

对于高频干扰时，采用 9kHz 最大峰值为 3kA 的正弦波形的电流。将试验分流器断开，保持开路状态，与先前位置的并列距离大约为 0.5m。各自的干扰值等于断开分流器测得的最大电流值与母线回路短路电流峰值的比值。高频干扰试验数据见表 B.9，高频干扰试验的布置见图 B.11。

表 B.9 高 频 干 扰 试 验 数 据

分流器	电 流	$a_{\text{INPF}}$
A	1.6A	0.05%
B	2.4A	0.07%
C	5.1A	0.15%
参照电流峰值	3.4kA	



图 B.11 高频干扰试验的布置

B.5 性能检查

通过在试验开始前和完成后测量交流、直流电阻，M 校准实验室对所有参加比对的分流器进行了性能检查，数据见表 B.10。

表 B.10 性 能 检 查

分流器	校 准 结 果			
	试 验 前		试 验 后	
	直流/10A 电阻 $R$ $\mu\Omega$	交流/3kA 电阻 $R$ $\mu\Omega$	直流/10A 电阻 $R$ $\mu\Omega$	交流/3kA 电阻 $R$ $\mu\Omega$
A	54.82	54.82	54.84	54.84
C	40.83	40.81	40.85	40.83
B	51.57	51.58	51.58	51.59

B.6 不确定度的预算

IPH 分流器测量有效值和峰值的扩展不确定度及其预算见表 B.11、表 B.12。

表 B.11 IPH 分流器测量有效值的扩展不确定度及其预算表

编号	组件	描述	影响因素	分布	不确定度 $U^2$	注 释
1	暂态记录器	通道 2 (IPH 分流器)	参数 (50Hz)	矩形分布	1.33E-06	出自有效值
2			非线性	矩形分布	8.33E-08	出自有效值
3			长期稳定性	矩形分布	8.33E-08	出自有效值
4			校准不确定度	高斯分布	2.50E-07	$k=2$ : 校准证书
5	暂态记录器	通道 1 (JSTC 分流器)	参数 (50Hz)	矩形分布	1.33E-06	出自有效值
6			非线性	矩形分布	8.33E-08	出自有效值
7			长期稳定性	矩形分布	8.33E-08	出自有效值
8			校准不确定度	高斯分布	2.50E-07	$k=2$ : 校准证书
9	标准分流器	JSTC 分流器	短期稳定性	矩形分布	1.33E-08	试验前后测量
10			温升	矩形分布	1.33E-08	估算, 最大 10K
11			校准不确定度	高斯分布	2.50E-07	校准证书
12			环境温度	矩形分布	1.33E-08	15℃ ± 5K; dT = 13K; 7K = ±10×10 <sup>-6</sup> /K
13	计算软件	MEVA	计算不确定度	矩形分布	2.08E-06	试验数据发生器
14	测量工具	—	标准差	高斯分布	2.12E-09	$k=1$ : 10 次测量
			干扰	矩形分布	8.33E-08	峰值电流 300kA 时, 测量干扰<0.05%
扩展不确定度 ( $k=2$ )				$U=0.5\%$		
注: $t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K})-273.15$ 。						

表 B.12 IPH 分流器测量峰值的扩展不确定度及其预算表

编号	组件	描述	影响因素	分布	不确定度 $U^2$	注 释
1	暂态记录器	通道 2 (IPH 分流器)	参数 (50Hz)	矩形分布	1.33E-06	出自峰值
2			非线性	矩形分布	3.33E-08	出自峰值
3			长期稳定性	矩形分布	3.33E-08	出自峰值
4			校准不确定性	高斯分布	2.50E-07	$k=2$ ; 校准证书
5	暂态记录器	通道 1 (JSTC 分流器)	参数 (50Hz)	矩形分布	1.33E-06	出自峰值
6			非线性	矩形分布	3.33E-08	出自峰值
7			长期稳定性	矩形分布	3.33E-08	出自峰值
8			校准不确定性	高斯分布	2.50E-07	$k=2$ ; 校准证书
9	标准分流器	JSTC 分流器	短期稳定性	矩形分布	1.33E-08	试验前后测量
10			温升	矩形分布	1.33E-08	估算, 最大 10K
11			校准不确定度	高斯分布	2.50E-07	校准证书

表 B.12（续）

编号	组件	描述	影响因素	分布	不确定度 $U^2$	注 释
12	标准分流器	JSTC 分流器	环境温度	矩形分布	1.33E-08	15℃±5K; dT=13K; 7K=±10×10 <sup>-6</sup> /K
13	计算软件	MEVA	计算不确定度	矩形分布	4.08E-06	试验数据发生器
14	测量	—	标准差	高斯分布	1.00E-09	k=1; 10 次测量
			干扰	矩形分布	8.33E-08	峰值电流 300kA 时, 测量干扰<0.05%
扩展不确定度 (k=2)				U=0.6%		



附 录 C  
(规范性附录)

欧洲标准分流器刻度因数的频率特性

对于直流或者工频 60Hz 以下校准，须使用欧洲标准分流器相应校准中的刻度因数。

对于 60Hz 以上的高频校准，须考虑标准分流器的频率特性。刻度因数的特性由 PTB 校准实验室在 10kHz 以下特定频率确定。表 C.1 提供了不同频率下的刻度因数。

表 C.1 不同频率下的刻度因数

频率 Hz	与直流电阻的偏离 (PTB/DKD 结果)	扩展测量 不确定度	修正刻度因数 kA/V	刻度因数插值 (用二次多项式计算) kA/V	实测刻度因数与 计算刻度因数的 偏差
直流	0.00%	0.1%	24.47		0.00%
10	-0.08%	0.1%	24.49	24.53	0.15%
50	-0.21%	0.1%	24.53	24.53	0.02%
55	-0.22%	0.1%	24.53	24.53	0.01%
60	-0.27%	0.1%	24.54	24.53	-0.04%
120	-0.51%	0.1%	24.60	24.60	0.02%
500	-1.5%	0.1%	24.84	24.85	0.02%
1000	-1.7%	0.1%	24.89	24.90	0.03%
5000	-6.2%	0.1%	26.09	26.08	-0.01%
10 000	-16.7%	0.2%	29.37	29.37	-0.03%

如果使用的频率在表 C.1 中没有，所需的修正刻度因数可以通过多项式曲线拟合插值计算确定。根据频率范围不同，插值可选择两个公式，见表 C.2。标准分流器在 10Hz~10kHz 三个频率范围内的刻度因数特性见图 C.1。

表 C.2 不同频率下刻度因数的计算

频率范围	刻度因数（计算） $S_F$ kA/V
直流	24.47
10Hz~60Hz	24.53
61Hz~500Hz	$-7.8E-7 \times f^2 + 1.13E-3 \times f + 24.48$
501Hz~10kHz	$4.0E-8 \times f^2 + 5.65E-5 \times f + 24.80$
注：f 的单位为 Hz。	

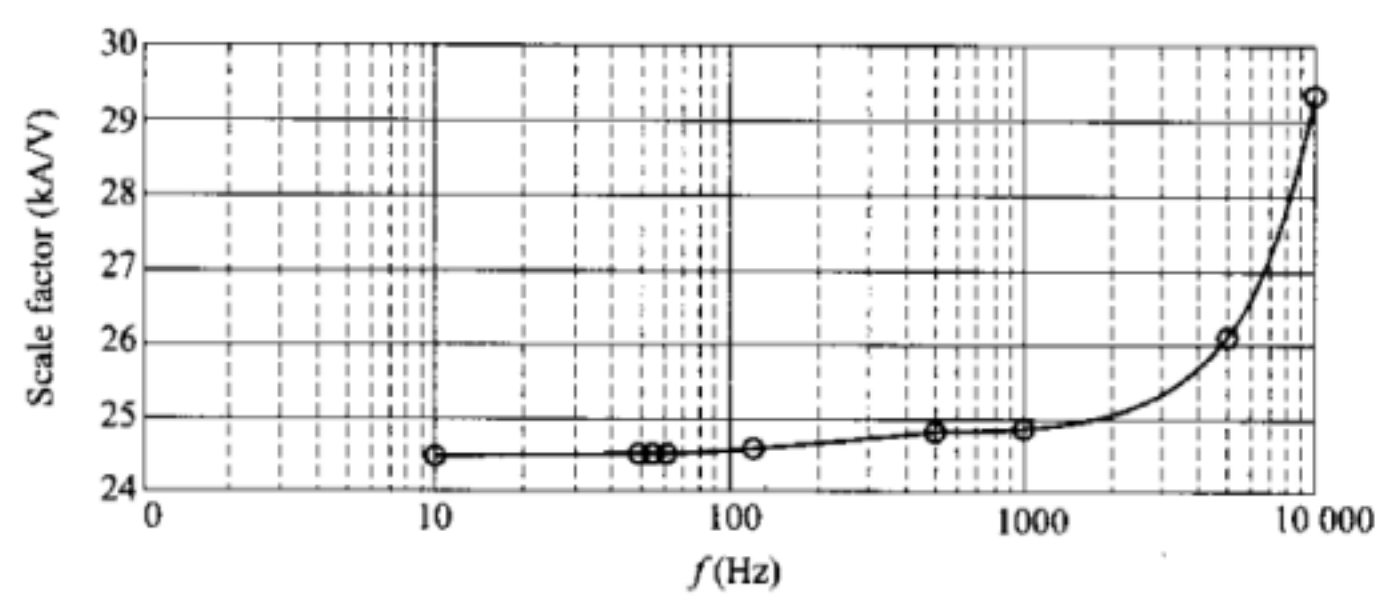


图 C.1 刻度因数频率特性

\_\_\_\_\_

中 华 人 民 共 和 国  
能 源 行 业 标 准  
大容量实验室以标准分流器为基准的  
大电流测量系统的溯源  
NB/T 42024—2013

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京九天众诚印刷有限公司印刷

\*

2014年9月第一版 2014年9月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 47千字  
印数 0001—3000册

\*

统一书号 155123·1967 定价 15.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换  
版 权 专 有 翻 印 必 究



关注我,关注更多好书



NB/T 42024-2013 大容量实验室以标准  
分流器为基准的大电流测量系统的溯源



1551231967

RMB:15.00

BZ002109705



155123.1967

上架建议：规程规范/  
电力工程/供用电