

团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

高压电力设备强电流大容量实验室  
能力要求

Requirements on ability of high power laboratory for high voltage electrical  
equipment

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中 国 电 工 技 术 学 会 发布

目 次

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

    3.1 大容量实验室..... 1

    3.2 样品..... 1

    3.3 最大短路容量..... 1

4 通用要求..... 1

    4.1 公正性..... 1

    4.2 保密性..... 1

5 资源要求..... 2

    5.1 概述..... 2

    5.2 人员..... 2

    5.3 设施和环境条件..... 2

    5.4 设备..... 2

    5.5 计量溯源性..... 3

    5.6 外部提供的产品和服务..... 3

6 过程要求..... 3

    6.1 检测要求的评审和合同的签订..... 3

    6.2 检测方法及方法的确认..... 4

    6.3 抽样..... 4

    6.4 样品的管理..... 4

    6.5 技术记录..... 4

    6.6 测量不确定度的评定..... 5

    6.7 确保结果的有效性..... 5

    6.8 报告结果..... 5

附录 A（资料性）大容量实验室大电流比对项目..... 8

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会大容量/短路试验技术工作组归口。

本文件起草单位：西安高压电器研究院股份有限公司、中国电力科学研究院、上海电气输配电试验中心有限公司、沈阳变压器研究院有限责任公司、辽宁高压电器产品质量检测有限公司、电力工业无功补偿成套装置质量检验测试中心。

本文件主要起草人（按对标准的贡献大小排列）王培人、姚斯立、郭丽萍、隋新、赵靖波、苏宇红、张宝强、刘剑、彭剑飞、蔡重凯、金百荣、何冰 等。

本文件为首次发布。

## 1 范围

本文件规定了用于高压电力设备试验检验检测的强电流大容量实验室所应具备的基本能力要求。

本文件适用于按照GB/T 27025-2019的要求从事高压电力设备产品试验的强电流大容量实验室。

在本文件中，如未特别说明，实验室均指高压电力设备强电流大容量实验室。

## 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 27025-2019 《检测和校准实验室能力的通用要求》（ISO/IEC 17025：2017）

NB/T 42023-2013 《试验数据的测量不确定度处理》

NB/T 42101-2016 《高压开关设备型式试验及型式试验报告通用导则》

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**大容量实验室** high power laboratory

由短路冲击发电机和/或电力系统网络作为主要电源，依据GB/T 27025-2019中的要求对样品实施检验检测活动的实验室，其最大短路容量至少达到500MVA。

### 3.2

**样品** sample

也叫试品，在本文件中指由客户向实验室委托，按照对应标准或技术规范对其性能进行检测的高压电力设备。一般包括高压开关设备、电容器、电抗器、变压器、互感器、绝缘子、避雷器、电缆、电阻器等。

### 3.3

**最大短路容量** maximum short-circuit capacity

实验室在仅使用短路冲击发电机和/或电力系统网络所能进行的短路试验中提供的短路容量最大值。对于单相试验为试验电压与试验电流有效值的乘积，对于三相试验为试验电压与试验电流有效值乘积的 $\sqrt{3}$ 倍，单位使用兆伏安（MVA）。

## 4 通用要求

### 4.1 公正性

实验室应当公正地开展实验室活动，并从组织结构和管理上保证公正性。实验室管理层应做出公正性承诺。实验室应对实验室活动的公正性负责，不允许受各方面压力损害公正性。

实验室应持续识别影响公正性的风险。如果识别出风险，实验室应能够证明如何消除或最大程度降低这种风险。

## 4.2 保密性

实验室应通过做出具有法律效力的承诺，对在实验室活动中获得或产生的所有信息承担管理责任。实验室应将其准备公开的信息事先通知客户。除客户公开的信息，或实验室与客户有约定，其他所有信息都被视为专有信息，应予以保密。实验室依据法律要求或合同授权透露保密信息时，应将所提供的信息通知到相关客户或个人，除非法律禁止。实验室从客户以外渠道获取有关客户的信息时，应在客户和实验室间保密。除非信息的提供方同意，实验室应为信息提供方保密，且不应告知客户。

实验室相关人员（包括合同方、外部机构人员或代表实验室的个人）应对在实施实验室活动过程中获得或产生的所有信息保密。法律要求除外。

## 5 资源要求

### 5.1 概述

实验室应具备管理和实施实验室活动所需的人员、设施、设备、系统及支持服务。

### 5.2 人员

实验室应明确其各职能人员的能力要求并制定成文件，提出对资格、培训、技术知识、技能和经验的要求。实验室应确保其人员具备其负责的实验室活动的的能力，以及评估偏离影响程度的能力。

从事检验检测的人员中每个检测参数或试验项目岗位至少有一人取得工程师及以上技术职称并且应该在本专业工作3年以上。如果需要进行现场监督/检测，应委派具备专业知识和经验的人员进行现场监督/检测。

实验室根据既定的各岗位人员教育、培训以及所需达到的技能目标，每年制定与实验室当前和预期任务相适应的培训计划。对新进技术人员和现有技术人员新技术活动的培训进行规范，对从事电气领域检测人员应提供安全防护措施的使用以及防止检测中会出现的电击、热危险、燃烧、机械损害、有毒有害气体、化学、辐射等对人身构成威胁的培训。

实验室对培训活动的有效性进行分析、评价，确保每位人员的能力满足工作岗位的要求。实验室通过现场见证、调阅记录、模拟实验、面谈、结合质量监控多种方式对人员能力进行有效监控。

### 5.3 设施和环境条件

实验室的设施和环境应适合实验室活动，不对结果有效性产生不利影响。当相关规范、方法或程序对环境条件有要求时，或环境条件影响结果的有效性时，实验室应监测、控制和记录环境条件。实验室应实施、监控并定期评审控制设施的措施，对进入和使用影响实验室活动区域进行控制，预防对实验室活动产生污染、干扰或不利影响的事件，有效隔离不相容的实验室活动区域。

实验室办公区域、检测区域及客户的活动区域、样品存放区域和检修区域等均应设置分隔。相邻区域利用隔离网或围栏进行有效隔离，以保证各检测区域之间不干扰或影响，以确保检测工作得到安全可靠的控制。如果对背景声频敏感，应安装适当的声频屏蔽、消音或隔离之类的设施。

非作业人员未经许可不得进入实验室相关区域,尤其是检测运行时实施环境和安全控制的区域。客户代表可按规定的范围和程度,进入相关工作区域以维持其样品的技术状况或监视其检测情况。

#### 5.4 设备的一般要求

##### 5.4.1 概述

实验室应具备能够正确开展实验室活动所需的并影响结果的设备,包括但不限于:电流源、电压源(适用时)、变压器(适用时)、测量设备、控制保护开关设备、负载、辅助设备、消耗品等。

实验室应具备处理、运输、储存、使用和按计划维护设备的程序,以确保其功能正常并防止污染或性能退化。当设备投入使用或重新投入使用前,实验室应验证其符合规定要求。用于测量的设备应能达到所需的测量不确定度和(或)测量准确度,以确保结果的有效。实验室应制定校准方案,并应进行复核和必要的调整,以保持对校准状态的可信度。所有需要校准或具有规定有效期的设备应使用标签、编码或以其他方式标识,使设备使用人方便地识别校准状态或有效期。

设备和仪器仪表在进行检修和较大的维护后或超调整后均应实施校准/检定,确认其功能或性能合格后方可投入使用。当校准数据中包含参考值或修正因子时,应确保参考值和修正因子得到适当的更新和应用。

设备的使用和维护应由专业人员操作,设备操作人员应参与所使用的设备的校准、维护和期间核查等管理工作。每台设备、仪器的使用、维护说明等应作为相应的作业指导文件纳入管理体系文件,并确保现时有效、便于使用人员取用。

##### 5.4.2 电源回路的控制和保护用开关装置

实验室应配置合闸分散性小于0.5ms的合闸装置,以及作为回路短路保护用的操作断路器,发电机保护断路器(适用时),通常这些开关装置是由一系列功能独立的开关串联组成,实验室应根据实际使用条件制定维护和检修计划以维持这些开关装置的性能。

##### 5.4.3 测量系统的一般要求

实验室应配备多通道的数据采集系统,以及与试验项目及参数相匹配的一次传感器,一次传感器与数据采集系统间宜采用光纤传输,实施高压开关类产品试验的实验室的数据采集系统的最高采样率不宜低于10MS/s,数据采集系统的记录时间长度应能覆盖所有的试验项目,不宜小于20s。

##### 5.4.4 短路试验变压器

变压器的安装应按照安全设计要求布置在独立专用的场所,周围无可燃物并保障消防通道的通畅,并应制定应急预案应对变压器起火。应定期检查变压器的油位,瓦斯继电保护的接线完好,查看变压器的运行声音,连接电缆及母线有无异常,变压器外壳接地装置是否良好,变压器套管是否清洁,有无绝缘破损或放电痕迹。

##### 5.4.5 电容器组

电容器组宜配置放电装置,放电装置一般由隔离开关和与其串联的电阻组成。电容器组应配置安全短接装置,宜选用可远程控制的隔离开关,隔离开关宜选用压缩空气作为操动机构动力源。应定期检查电容器的外观,发现外观异常的电容器应及时退出运行,人员可接近/接触的电容器组周围宜设置隔离或警示设施。电容器组附近应配置灭火器材。应及时清理电容器组附近的油污。

#### 5.5 测量设备的校准/检定要求

实验室的检测设备及辅助设备的相应量值应能溯源到相应的国家级标准,如无法溯源的,应进行必要的校准以溯源到实验室确认并拥有的相应基准,例如参与附录A中所述的大电流比对项目。实验室应确保所有测量设备能够提供所需的测量不确定度。

测量设备在投入使用前均应进行校准/检定,实验室应制定设备校准计划并实施。对于校准设备、测量设备和具有测量功能的检测设备,其校准计划的制定和实施应确保实验室所进行的校准的测量可溯源到国际单位制。校准应由具有计量授权的计量专业机构完成。校准应由计量部门提供校准证书,证书应给出符合国家相关计量管理规程的测量结果,并给出测量不确定度。校准证书作为实验室实施设备管理的依据,并纳入设备档案管理。

## 5.6 外部提供的产品和服务

实验室确保影响实验室活动的外部提供的产品和服务的适应性。实验室必须对检验检测质量有影响的服务、供应品的全过程进行控制,确保检测工作所需的重要服务,供应品、试剂和消耗材料符合相关检测方法的规定,以保证检验检测结果的有效性和准确性。实验室应对影响检验检测质量的重要消耗品、供应品和服务的供应商进行评价,并保存这些评价的记录和获批准的供应商名单。并根据供应商的评价、监控表现和再次评价的结果采取措施,及时维护、修订供应商名单。

实验室有实施活动的资源和能力,但由于不可预见的原因,或持续性的原因需将工作分包时,应将工作分包给其他具有相应资质的专业实验室。应选择具有依法取得检验检测机构资质认定并有能力完成分包项目的或经过实验室认可机构认可且其专业特点符合分包项目的要求的实验室作为分包方。

## 6 过程要求

### 6.1 检测要求的评审和合同的签订

实验室为正确接受委托方有关委托检验检测的需求,依据实验室的实际情况与委托方共同评审和签订委托检测协议,并形成包含适当内容并约束双方责任的文件。客户要求与合同之间的任何差异,应在检验检测工作开始之前得到解决。客户要求的偏离不应影响实验室的诚信或结果的有效性。

### 6.2 检测方法方法的确认

#### 6.2.1 概述

检测活动是实验室履行其业务职能的主要过程。实验室必须依据相关标准规定的检测方法或样机试验大纲进行检测,包括被检测物品的抽样、运输、储存和准备,以及测量不确定度的评定和采取适当的数据处理、统计技术等。

对于实验室采用的标准方法,应定期跟踪标准的制修订情况,及时采用最新版本标准,在实验室制定的标准实施文件换版或修订后应该及时重新评审和确认。对于实验室采用的非标方法,实验室应以该方法评审确认日期作为投入使用的时间,并及时跟进检测技术的发展,定期评审方法能否满足检测需求。

实验室对于电流相关参量的读数方法的选择十分重要,下面给出了电流有效值、直流分量以及短时电流的等效有效值的参考计算方法。

#### 6.2.2 电流有效值的计算方法(三峰值法)

如果电流是谐波分量可忽略不计的正弦波,或者主要考核电流峰值,在报告中要记录交流分量有效值。交流分量的值可以通过下述方法(三峰值法)确定,见图1。交流分量的有效值由三个确定连续的峰值  $A$ 、 $B$  和  $C$ ,并通过三个峰值  $A$ 、 $B$  和  $C$  构建两条平行的直线  $ff(t)$  和  $g(t)$ 。电流交流分量由距离  $D - D'$  除以  $\sqrt{8}$  给出。

该数值可以从图形获得或者采用数据和公式计算得到：

$$I_{\text{rms}} = [(A+C)/2 - B] / \sqrt{8}$$

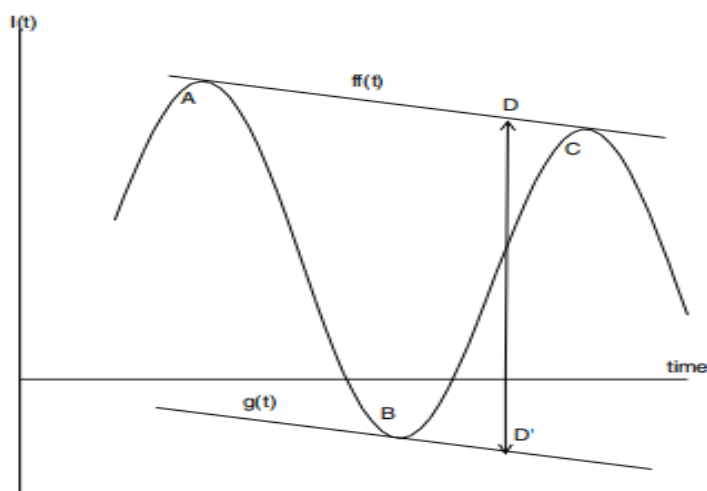


图1 电流有效值的计算方法

### 6.2.3 电流直流分量百分数的计算方法

在对高压断路器实施试验的某些情况下，需要计算不对称电流在触头分离点的直流分量的百分比值，符合GB/T 1984的要求。确定直流分量，应用与图1 中相同的结构直线  $f(t)$  和  $g(t)$ 。

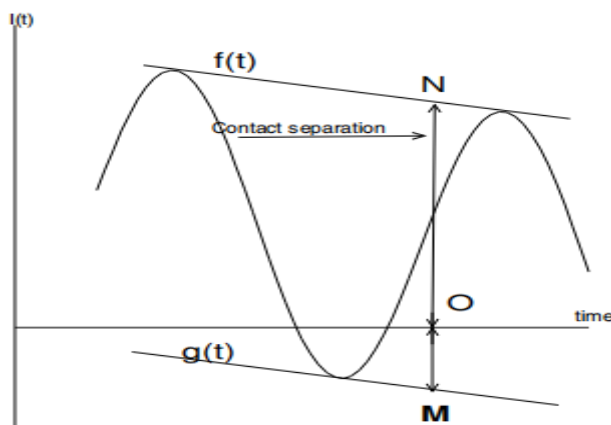


图2 电流直流分量百分数的计算方法

直流分量  $dc\%$  可以通过以下公式获得：

$$dc\% = (ON - OM) / MN \cdot 100 \%$$

### 6.2.4 短时电流等效有效值的计算方法

在短时电流的持续时间  $t$  内，将持续时间  $t$  用垂直线  $0-0.1t \dots 0.9t-t$  分成十等分，并测量这些垂线对应时刻电流的交流分量有效值，这些值用  $Z_0 \dots Z_{10}$  表示，，短时电流的交流分量有效值由  $Z_0 \dots Z_{10}$  的值通过计算获得。  $Z_0 \dots Z_{10}$  的值都是由条款6.2.2所述三峰值法得到的，具体方法如下：

$Z_0$ ——由信号的前三个峰值确定，

$Z_1-Z_9$ ——前两个峰值在垂线前，另一个峰值在垂线后，或者前一个峰值在垂线前，另一个峰值在垂线后。



$Z_{10}$ ——最后一个电流半波受保护断路器开断影响峰值会减小,采用最后一个半波的前三个峰值计算。

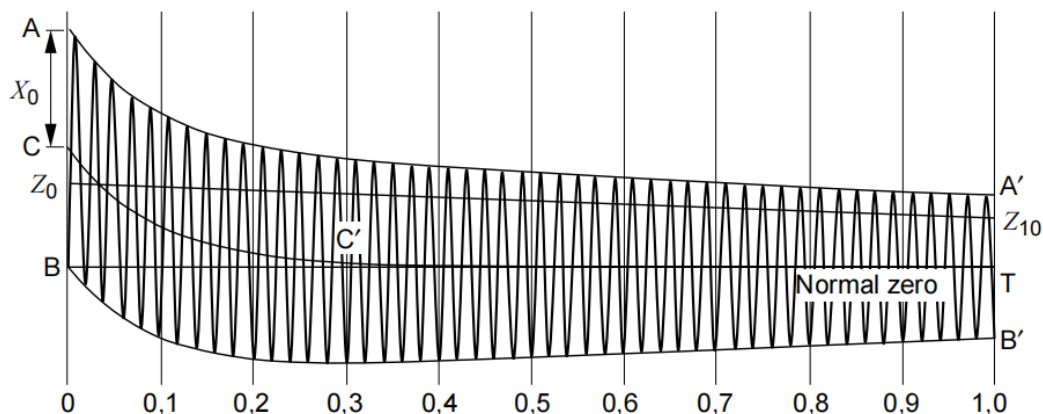


图3 短时电流等效有效值的计算方法

### 6.3 抽样

尽管实验室主要针对客户指定提交的样品实施检验检测,出具的检验检测结果仅对特定的样品负责。但在某些情况下可能会采取抽样的方法而获得样品,并针对样品代表的批量产品出具检验检测结果。

抽样是整个检验检测过程的一部分,它决定了获得样品对批量产品的代表性,是检验检测结果有效性和相关性的依据,所以必须对抽样活动加以控制。

应对每项抽样需求制定明确的抽样计划和详细的抽样作业程序,并经批准形成正式的工作计划和程序。对政府下达的指令性检验检测任务,应编制计划并保质保量,按时完成。

抽样工作计划和程序一般情况下应征得客户或相关方的认可。当客户或相关方对抽样计划和程序有偏离或修改要求时,这些要求应与相关抽检资料一起被详细记录,并被纳入包含检验检测结果的所有文件中,同时告知相关人员。

实验室应记录与抽样有关的所有资料和操作,如:所用的抽样程序、抽样的日期、时间和地点、识别和描述样品的数据、抽样人员、所用设备、环境或运输条件、必要时有抽样位置的图示或其他等效方法,如果适用,抽样程序所依据的统计方法、与抽样方法和抽样计划的偏离或增减等。这些均纳入抽样记录管理。

### 6.4 样品的管理

检测样品在检测过程中维持的代表性、完整性和有效性将影响检测结果的准确性,所以在检测全过程中,应对检测样品实施良好的控制和管理。实验室对检测样品实行统一的标识系统,以明确表明样品在实验室的整个期间的不同状态。对检测样品在确认接收后,应及时使用确保样品唯一性的标识,并包括如下内容:委托检验号、产品型号、名称、委托单位、制造单位等,样品标识一般应粘贴于样品本体上,应尽量避免混淆。

检测的样品应由专门的管理区。该区域需满足样品管理的要求、在检测过程中处于不同阶段的存放管理的要求。样品管理区域应能保证样品存放的环境和安全要求。

### 6.5 技术记录

技术记录是进行检测所得数据与信息的积累,它们表明检测是否达到了规定的质量或规定的过程参数。技术记录应包括样品修改的过程、状态以及相应检测结果。每项检测的记录

应包含充分的信息，以便在可能时识别不确定度的影响因素，并确保该检测在尽可能接近原条件的情况下复现。

技术记录应包括合同评审和客户文件、客户信函；样品标识和接收时的情况；抽样细节、使用的检测方法以及任何偏离；使用的设备级检测情况；环境条件；原始数据；计算和数据转移；控制图、质量监控结果、期间核查；不确定度和重复性数据；观察、评价结果；检测、校核、批准人员、标识和日期等。

技术记录可记录在预先设定的工作表格上，或工作笔记、工作手册上，或采用实验室计算机系统等无纸记录。实验室对检测的全过程进行记录，相关人员不得随意编造、更改或者销毁原始记录。原始记录必须完整、真实和可追溯，检测人员对原始记录的真实性负责。

#### 6.6 测量不确定度的评定

为确保检验检测工作中的结果的可靠、准确，实验室需识别各测量系统的测量不确定度，采用适当的分析方法考虑所有显著贡献，包括来自抽样的贡献。试验数据的测量不确定度的处理详见NB/T 42023-2013。

#### 6.7 确保结果有效性

检测结果是实施检测工作的直接结果，是形成实验室最终产品“报告”的依据，应充分保证其准确性、有效性和可信性。除对形成结果的检测前过程、检测过程、检测后过程实施控制要求以外，还应在检测结果形成后，对其实施有效的监控，以提供对检测结果的质量保证。

#### 6.8 报告结果

实验室对样品的检测结果，均以检验检测报告、测试报告的形式出具（以下统称检测报告）。检测报告应能准确、清晰、明确、及时、真实和客观地反映每一项检测或一系列检测的结果、检测要求、条件等信息，以表明对依据的检测方法的符合。因实验室的检测项目涉及不同的专业，客户有要求时，可出具专业检验检测报告。检验证书是对检测报告的整体评价和提炼，可以单独有效成立。

检测报告是在检测结果的基础上形成的最终产品，实验室应对检测报告的编制、校核、批准等过程进行控制，必要时还必须对已发至客户的报告进行适当的控制，以确保其准确性、有效性和可信性。

高压开关类报告的出具形式参见NB/T 42101-2016 《高压开关设备型式试验及型式试验报告通用导则》。

## 附 录 A

### （资料性）

### 大容量实验室大电流比对项目

#### A.1 概述

大容量实验室在一定的周期内需要对其电流测量系统进行实验室间比对，比对途径有参加国际短路试验联盟定期组织的大电流比对项目或参加国内大容量实验室组织的大电流比对项目

#### A.2 标准分流器参数

标准分流器的主要技术参数见表 A.1。

表 1 标准分流器参数

分流器 类型	对称电流 最大值	非对称电 流 最大峰值	带宽	标称 电阻	在全电流下的 两次测试之间的 时间间隔
同轴 分流器	140 kA, 0.1 s	350 kA	0 - 10 kHz	50 $\mu\Omega$	1 小时

#### A.3 对参加比对项目的大容量实验室的校准建议

每个试验室需要确定校准传感器需要包含电流的类型：

- （1）计划校准电流传感器的额定值
- （2）每个实验室的计划校准电流水平

为避免在校准期间出现一些问题，建议参考分流器使用以下最大值。

直流	100 A
非对称电流	260 kA 在 50Hz or 60Hz 条件下
工频电流	100 kA 在 50Hz or 60Hz 条件下
高频电流，最高 10kHz	10 kA 在 5kHz 条件下

#### A.4 标准分流器的安装布置

图 A.1 展示了标准分流器的推荐安装布置方法。标准分流器应固定安装，连接分流器的母线应在距离分流器中心 0.5m 处用绝缘子支撑。标准分流器两端的母排直线长度最小 1m。图中展示了在母线系统中安装标准分流器的重要尺寸。标准分流器尽量安装在室内环境或者有防雨遮挡的环境下。

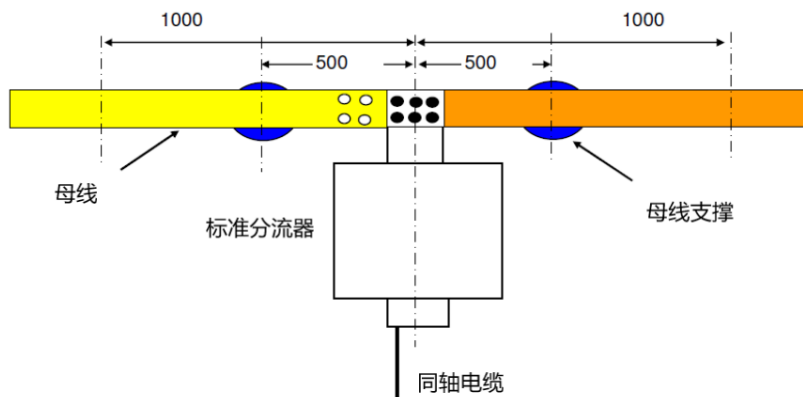


图 A.1 标准分流器的推荐安装布置

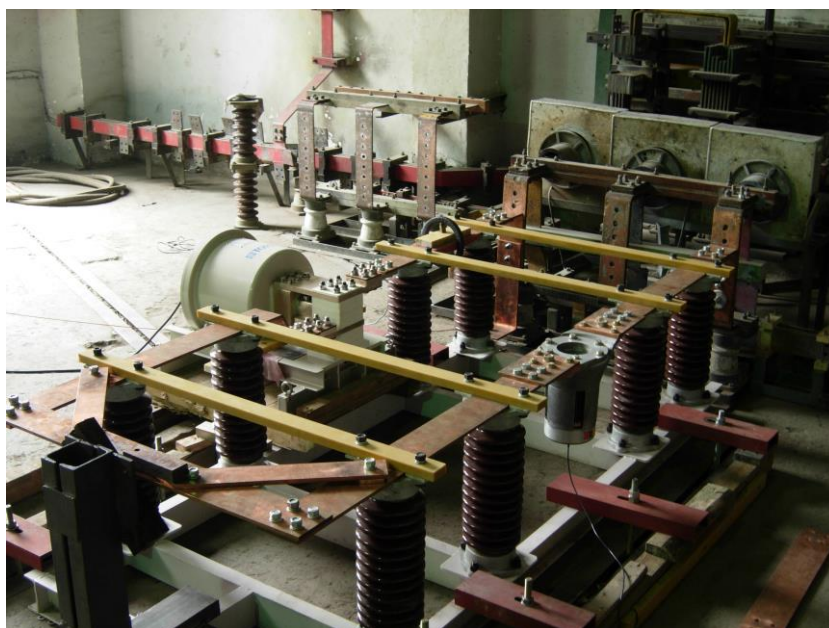


图 A.2 比对试验中标准分流器的布置

## A.5 比对试验程序

标准分流器作短路大电流比对试验前应测量标准分流器直流电阻，测量阻值与参考值（标准分流器提供者提供）偏差必须小于 0.5%，否则不能进行下一步的工作。

对于非对称电流，试验在单相试验条件下的峰值系数（峰值与有效值的比值）为 2.5。

### A.5.1 刻度因数

10kA 下的刻度因数试验。读取电流波形的 10 个峰值或 8 个有效值，有效值的读数方法为 STL 三峰值法，并计算与参考分流器的相对误差。

表 A.2 刻度因数试验

电流有效值	对称电流/非对称电流	极性	持续时间	次数
10 kA	对称电流	(~)	100 ms	10
10 kA	非对称电流	(+)	100 ms	10
10 kA	非对称电流	(-)	100 ms	10

A.5.2 线性度试验

线性度试验电流分别为额定比对电流的 20%、40%、60%、80%、100%，每个电流水平下对称电流、正负极性非对称电流各一次，电流峰值系数为 2.5, 共 15 次试验。每次试验读取短路电流第一个半波峰值及与参考分流器之间的相对误差。

表 A.3 线性度试验

电流有效值	持续时间	非对称电流极性	对称电流
20kA	100 ms	(+)(-) 各一次	(~) 一次
40 kA	100 ms	(+)(-) 各一次	(~) 一次
60kA	100 ms	(+)(-) 各一次	(~) 一次
80 kA	100 ms	(+)(-) 各一次	(~) 一次
100kA	100 ms	(+)(-) 各一次	(~) 一次

A.5.3 干扰试验

(1) 工频干扰：工频 80%额定短路电流（80kA）

对于工频电流干扰试验，采用最大值的 80 %的非对称电流，峰值和有效值的比值为 2.5 的电流。试验分流器断开，保持开路，并行放置在距母排 0.5m 处

，试验布置图见图 4。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。

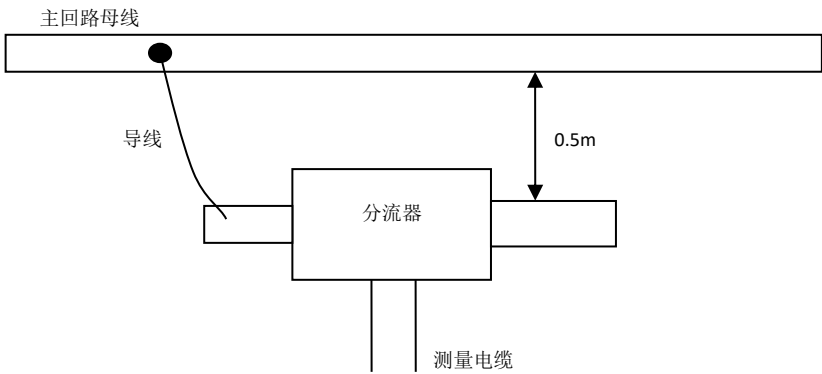


图 A.3 干扰试验线路原理图

预计次数：3 次。

## (2) 高频干扰

对于高频干扰时，采用 9kHz 最大峰值为 3kA 的正弦波形的电流。试验分流器断开，保持开路，并行放置在距母排 0.5m 处。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。

预计次数：3 次。

## A.6 记录的信息及结果

比对报告应包含以下内容：

试验布置情况概述、试验日期

试验室测量的标准分流器的电阻值：试验前；试验后；

标准分流器的照片：到达时；试验前；试验后；

试验记录：试验数据；试验电流有效值；试验电流峰值；与参考分流器相对误差；实验进行的具体时间。