

ICS 29.130.20

CCS K30/39

中国电力企业联合会标准

T/CEC

发 布

中国电力企业联合会

20XX—XX—XX实施

20XX—XX—XX发布

低压成套开关设备检测规范

Low-voltage switchgear assemblies testing specification

（征求意见稿）

目 次

[前 言 V](#_Toc75423416)

[1 范围 1](#_Toc75423417)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc75423418)

[3 术语和定义 2](#_Toc75423419)

[3.1 2](#_Toc75423420)

[4 使用条件 2](#_Toc75423421)

[4.1 正常使用条件 2](#_Toc75423422)

[4.1.1 周围空气温度 2](#_Toc75423423)

[4.1.2 湿度条件 2](#_Toc75423424)

[4.1.3 污染等级 2](#_Toc75423425)

[4.1.4 海拔 2](#_Toc75423426)

[4.2 特殊使用条件 2](#_Toc75423427)

[5 技术要求 3](#_Toc75423428)

[5.1 结构要求 3](#_Toc75423429)

[5.1.1 铭牌 3](#_Toc75423430)

[5.1.2 材料和部件的强度 3](#_Toc75423431)

[5.1.3 低压成套开关设备的防护等级 4](#_Toc75423432)

[5.1.4 电气间隙和爬电距离 5](#_Toc75423433)

[5.1.5 电击防护 5](#_Toc75423434)

[5.1.6 开关器件和元件的组合及选择 5](#_Toc75423435)

[5.1.7 内部电路和连接 11](#_Toc75423436)

[5.1.8 外接导线端子 11](#_Toc75423437)

[5.2 性能要求 11](#_Toc75423438)

[5.2.1 介电性能 11](#_Toc75423439)

[5.2.2 主回路电阻 12](#_Toc75423440)

[5.2.3 温升极限 12](#_Toc75423441)

[5.2.4 短路耐受强度 12](#_Toc75423442)

[5.2.5 电磁兼容性（EMC） 13](#_Toc75423443)

[5.2.6 功能要求 13](#_Toc75423444)

[5.2.7 电弧故障要求 13](#_Toc75423445)

[5.2.8 无功功率补偿柜要求 13](#_Toc75423446)

[5.3 关键元器件的特殊要求 13](#_Toc75423447)

[5.3.1 抽屉式一次接插件 13](#_Toc75423448)

[5.3.2 抽屉单元二次插接件 13](#_Toc75423449)

[5.3.3 绝缘件要求 13](#_Toc75423450)

[6 试验项目及要求 13](#_Toc75423451)

[6.1 试验类别 14](#_Toc75423452)

[6.1.1 设计验证 14](#_Toc75423453)

[6.1.2 例行检验 14](#_Toc75423454)

[6.1.3 抽检试验 14](#_Toc75423455)

[6.2 试验项目 14](#_Toc75423456)

[6.3 布线、操作性能和尺寸检查 15](#_Toc75423457)

[6.3.1 检查所装的元器件选择及安装 15](#_Toc75423458)

[6.3.2 检査母线与绝缘导线 15](#_Toc75423459)

[6.3.3 尺寸检查 15](#_Toc75423460)

[6.4 材料和部件的强度 16](#_Toc75423461)

[6.4.1 耐腐蚀试验 16](#_Toc75423462)

[6.4.2 绝缘材料性能 17](#_Toc75423463)

[6.4.3 机械强度 19](#_Toc75423464)

[6.5 机械试验 19](#_Toc75423465)

[6.5.1 提升 19](#_Toc75423466)

[6.5.2 机械操作 20](#_Toc75423467)

[6.6 标志 20](#_Toc75423468)

[6.7 成套设备的防护等级 20](#_Toc75423469)

[6.8 电气间隙和爬电距离 20](#_Toc75423470)

[6.9 电击防护和保护电路完整性 20](#_Toc75423471)

[6.10 内装元件检查 20](#_Toc75423472)

[6.11 内部电路和连接检查 21](#_Toc75423473)

[6.12 外接导线端子检查 21](#_Toc75423474)

[6.13 介电性能 21](#_Toc75423475)

[6.13.1 总体试验要求 21](#_Toc75423476)

[6.13.2 工频耐压试验 21](#_Toc75423477)

[6.13.3 冲击耐受电压试验 21](#_Toc75423478)

[6.14 主回路电阻测量 22](#_Toc75423479)

[6.15 温升验证 22](#_Toc75423480)

[6.16 短路耐受强度 22](#_Toc75423481)

[6.16.1 可免除短路耐受强度验证的成套设备电路 22](#_Toc75423482)

[6.16.2 短路耐受强度试验试验程序 22](#_Toc75423483)

[6.16.3 短路电流值及其持续时间 26](#_Toc75423484)

[6.16.4 试验结果 27](#_Toc75423485)

[6.16.5 保护电路试验 27](#_Toc75423486)

[6.17 电磁兼容性（EMC） 28](#_Toc75423487)

[6.18 功能试验 28](#_Toc75423488)

[6.18.1 一般要求 28](#_Toc75423489)

[6.18.2 功能要求 28](#_Toc75423490)

[6.19 电弧故障试验 29](#_Toc75423491)

[6.20 低压成套无功功率补偿装置增加的试验 29](#_Toc75423492)

[6.20.1 工频过电压保护试验 29](#_Toc75423493)

[6.20.2 涌流试验 29](#_Toc75423494)

[6.20.3 动态响应时间检测（适用于采用复合开关或半导体电子开关投切的装置） 30](#_Toc75423495)

[6.20.4 投切试验 30](#_Toc75423496)

[6.20.5 放电试验 30](#_Toc75423497)

[6.20.6 噪声测试（适用于有抑制谐波和滤波功能的装置） 30](#_Toc75423498)

[6.20.7 抑制谐波或滤波功能验证（适用于有抑制谐波或滤波功能的装置） 30](#_Toc75423499)

[6.20.8 通电操作试验 31](#_Toc75423500)

[6.20.9 缺相保护试验（适用于有缺相保护的装置） 31](#_Toc75423501)

[7 随订货单、投标书和询问单一起提供的资料 31](#_Toc75423502)

[7.1 应随订货单和询问单一起提供的资料。 31](#_Toc75423503)

[7.2 投标时应提供的资料 32](#_Toc75423504)

[8 运输、储存、安装、运行和维护规则 32](#_Toc75423505)

[附　录　A （规范性） 温升验证 33](#_Toc75423506)

[A.1 低压成套开关设备温升验证 33](#_Toc75423507)

[A.1.1 总则 33](#_Toc75423508)

[A.1.2 试验条件 33](#_Toc75423509)

[A.1.3 试验方法 33](#_Toc75423510)

[A.1.4 试验电流的施加 35](#_Toc75423511)

[A.1.5 温度的测量 38](#_Toc75423512)

[A.1.6 测试结果判定 40](#_Toc75423513)

[A.2 无功功率补偿柜温升验证 41](#_Toc75423514)

[A.2.1 总则 41](#_Toc75423515)

[A.2.2 试验条件 41](#_Toc75423516)

[A.2.3 试验方法 41](#_Toc75423517)

[A.2.4 试验电流的施加 41](#_Toc75423518)

[A.2.5 温度的测量 42](#_Toc75423519)

[A.2.6 测试结果判定 42](#_Toc75423520)

[附　录　B （规范性） 电弧故障试验 43](#_Toc75423521)

[B.1 总则 43](#_Toc75423522)

[B.2 试验要求 43](#_Toc75423523)

[B.2.1 试验样机 43](#_Toc75423524)

[B.2.2 试验次数与位置 43](#_Toc75423525)

[B.3 试验准备 43](#_Toc75423526)

[B.3.1 样机的就位 43](#_Toc75423527)

[B.3.2 指示器 44](#_Toc75423528)

[B.3.3 试验电源与限流保护 45](#_Toc75423529)

[B.3.4 引弧点位置与引燃线连接 45](#_Toc75423530)

[B.4 试验程序与结果评估 46](#_Toc75423531)

[B.4.1 试验程序 46](#_Toc75423532)

[B.4.2 试验结果评估 46](#_Toc75423533)

[B.5 试验结果补充说明 47](#_Toc75423534)

前 言

本文件规定了低压成套开关设备的使用条件、技术要求、试验项目及要求。

本文件按照GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

本文件由中国电力企业联合会提出并归口。

本文件由中国电力企业联合会批准、发布。版权归中国电力企业联合会所有，任何组织和个人未经中国电力企业联合会许可，不得以任何形式全部或部分引用。考虑到本标准中某些条款可能涉及的专利，中国电力企业联合会不负责对任何类别专利权的鉴别。

本文件负责起草单位：中国电力企业联合会。

本文件参加起草单位： XXXXX

本文件主要起草人： 。。。。。。。。。。。。。。。。。。。

低压成套开关设备检测规范

1. 范围

本文件规定了低压成套开关设备（成套设备）的使用条件、技术要求、试验项目及要求。

本文件适用于额定交流电压不超过1 000 V（1 140 V），额定电流不超过6 300 A的户内低压成套开关设备。

1. 其他类型低压成套开关设备可参照本文件执行。
2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 708—2019 冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温（IEC 60068-2-2:2007，idt）

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热（12h＋12h循环）（IEC 60068-2-30:2005，idt）

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分: 试验方法 试验Ka：盐雾（IEC 60068-2-11:1981，idt）

GB/T 3768 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法

GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）（IEC 60529:2013，idt）

GB/T 5169.5 电工电子产品着火危险试验 第5部分：试验火焰 针焰试验方法 装置、确认试验方法和导则

GB/T 5169.10—2006 电工电子产品着火危险试验 第10部分：灼热丝/热丝基本试验方法 灼热丝装置和通用试验方法（IEC 60695-2-10：2000，idt）

GB/T 5169.11—2006 电工电子产品着火危险试验 第11部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法（IEC 60695-2-11:2000，idt）

GB/T 5584.4 电工用铜、铝及其合金扁线 第4部分：铜带

GB/T 5585.1—2018 电工用铜、铝及其合金母线 第1部分：铜和铜合金母线

GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则

GB/T 7251.8—2020 低压成套开关设备和控制设备 第8部分：智能型成套设备通用技术要求

GB/T 7251.12—2013 低压成套开关设备和控制设备 第2部分：电力成套开关和控制设备

GB/T 11022—2020 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 11026.1—2016 电气绝缘材料 耐热性 第1部分：老化程序和试验结果的判定

GB/T 11021—2014 电气绝缘 耐热性和表示方法

GB/T 14048.1 低压开关设备和控制设备 第1部分 总则

GB/T 14549—1993 电能质量公用电网谐波

GB/T 15576—2020 低压成套无功功率补偿装置

GB/T 16895.6—2014 低压电气装置 第5-52部分：电气设备的选择和安装 布线系统

GB/T 18859—2016 封闭式低压成套开关设备和控制设备在内部故障引起电弧情况下的试验导则

GB/T 20138—2006 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级（IK代码）（IEC 62262:2002，idt）

GB/T 24274 低压抽出式成套开关设备和控制设备

GB/T 24275 低压固定封闭式成套开关设备和控制设备

DL/T 634.5101 远动设备及系统 第5-101部分 传输规约基本远动任务配套标准

DL/T 634.5104 远动设备及系统 第5-105部分 传输规约 采用标准传输规约集的IEC50870-5-101网络访问

DL/T 645 多功能电能表通信协议

JB/T 10263 低压抽出式成套开关设备和控制设备辅助电路用接插件

JB/T 10323 低压抽出式成套开关设备和控制设备主电路用接插件

Q/GDW 1376.1 电力用户用电信息采集系统通信协议 第1部分：主站与采集终端通信协议

1. 术语和定义

GB/T 7251.1、GB/T 7251.8、GB/T 7251.12、GB/T 15576、GB/T 18859、GB/T 24274和GB/T 24275界定的以及下列术语和定义适用于本文件。



固定分隔式低压柜 （Fixed partition type low voltage cabinet）

一种满足安全和功能单元要求的多个独立隔室或封闭空间结构组成的低压柜式成套设备，柜内的母线、断路器等一次元器件（不包括元器件可移开部分）之间采用固定连接。

1. 使用条件
   1. 正常使用条件

符合本文件的低压成套开关设备适用于下述的正常使用条件。

* + 1. 周围空气温度

周围空气温度不超过40 ℃，且在24 h一个周期的平均温度不超过35 ℃。

周围空气温度的下限为-5 ℃。

* + 1. 湿度条件

最高温度为40 ℃时的相对湿度不超过50%。在较低温度时允许有较高的相对湿度。例如，20 ℃时的相对湿度为90%。

* + 1. 污染等级

如果没有其他规定，工业用途的低压成套开关设备一般在污染等级3环境中使用。

* + 1. 海拔

安装地点的海拔不得超过2 000 m。

* 1. 特殊使用条件

如果存在下述任何一种特殊使用条件，则应遵守使用的特殊要求或低压成套开关设备制造商与用户之间应签订专门的协议。如果存在这类特殊使用条件的话，用户应向低压成套开关设备制造商提出。

特殊使用条件举例如下：

1. 温度、相对湿度和（或）海拔高度与4.1的规定值不同；
2. 在使用中，温度和（或）气压的急剧变化，以致在低压成套开关设备内易出现异常的凝露；
3. 空气被尘埃、烟雾、腐蚀性微粒、放射性微粒、蒸汽或盐雾严重污染；
4. 暴露在强电场或强磁场中；
5. 暴露在极端的气候条件下；
6. 受霉菌或微生物侵蚀；
7. 安装在有火灾或爆炸危险的场地；
8. 遭受强烈振动冲击和地震发生；
9. 安装在会使载流容量或分断能力受到影响的地方，例如将设备安装在机器中或嵌入墙内；
10. 暴露在除电磁骚扰以外的传导和辐射骚扰场所，以及在5.2.5中所述环境以外的电磁骚扰场所；
11. 异常过电压状况或异常的电压波动；
12. 电源电压或负载电流的过度谐波。
13. 技术要求
    1. 结构要求
       1. 铭牌

低压成套开关设备制造商应为每台设备配置铭牌，铭牌应耐久清晰、易识别，位置应在成套设备安装好并投入运行时易于看到的地方。

成套设备的铭牌上应至少标出以下信息：

1. 成套设备制造商的名称或商标；
2. 型号或标志号，或其他标识，据此可以从成套设备制造商获得相关的信息；
3. 生产日期；
4. 额定工作电压；
5. 额定电流；
6. 依据标准；
7. 额定总容量（如有）；
8. 四遥功能（如有）。
   * 1. 材料和部件的强度
        1. 防腐蚀

正常使用条件下（见4.1），为确保防腐蚀，低压成套开关设备应采用合适的材料或在裸露的表面涂上防护层。依据6.4.1的试验进行验证。

* + - 1. 绝缘材料性能
         1. 热稳定性

对于绝缘材料的外壳或外壳部件，应按照6.4.2 的试验进行热稳定性的验证。

* + - * 1. 绝缘材料的耐热性能

初始制造商应参考绝缘温度指标（例如，按GB/T 11026.1—2016的方法确定）或者按照GB/T 11021—2014的规定来选择绝缘材料。

* + - * 1. 绝缘材料耐受内部电效应引起的非正常发热和着火的性能

用于固定及维持载流部件在正常使用位置所必需的部件和由于内部电效应而暴露在热应力下的部件的绝缘材料，应采用6.4.2的灼热丝试验进行验证。

对于小的部件（表面积尺寸不超过14 cm\*14 cm），可采用替代的试验方法（例如，按照GB/T 5169.5的针焰试验）。

绝缘材料及试验样件具体要求见表1。

* 1. 绝缘材料及试验样件要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 绝缘材料名称 | 数量（件） | 部件类别 | 灼热丝顶部的温度 |
| 1 | 母线框（母线夹） | ≥2 | 固定载流部件 | （960±15）℃ |
| 2 | 绝缘子（如有） |
| 3 | 绝缘垫块（如有） |
| 4 | 熔断器有机绝缘材料支持件（如有） |
| 5 | 一二次绝缘接插件 |
| 6 | 二次接线端子 |
| 7 | 框架断路器出线铜排处绝缘隔板； | 非固定载流部件 | （960±15）℃ |
| 8 | 垂直通道母线罩 |
| 9 | 作为进线母线防护等级的绝缘挡板（如有） |
| 10 | 样机顶部的绝缘材料盖板（绝缘防护栅） | 保护部件 | （650±10）℃ |
| 11 | 外壳上的绝缘材料盖板 |
| 12 | 馈线柜内部分隔形式绝缘隔板 |

* + - 1. 机械强度

所有的外壳或隔板包括门的闭锁装置和铰链，应具有足够的机械强度以承受正常使用和短路条件下所遇到的应力。

低压成套开关设备的柜体主框架型材宜采用高强度型材，其中主型材框架、抽屉后板、抽屉后安装板、仪表门、功能单元室型材标称厚度不低于2 mm；顶盖、侧封板（边柜）、抽屉侧板、抽屉底板母线室门，后上门型材标称厚度不低于1.5 mm；底板、柜间隔板、左右后门型材标称厚度不低于1.2 mm，厚度尺寸允许偏差应满足GB/T 708 标准中PT.B精度要求，柜体强度应满足运行和试验要求。对必须触及的金属结构零部件的金属断面应去毛刺。

成套设备柜门宜采用金属材质的铰链，铰链的轴和套均牢固地固定在门及外壳上，其紧固不少于两点。如有定位点则可用一点紧固；柜前门开启角度≥100°，柜后门开启角度≥120°。

可移式部件的机械操作，包括所有的插入式联锁，满足6.5.2要求。

* + 1. 低压成套开关设备的防护等级
       1. 对机械碰撞的防护

当初始制造商声明了低压成套开关设备外壳的机械碰撞的防护等级时，应按照GB/T 20138进行验证。

低压成套开关设备外壳提供的机械碰撞的防护等级应符合下列要求：

1. 金属部件应不低于IK10；
2. 非金属部件应不低于为IK07。
3. 装饰用的非金属部件除外。
   * + 1. 防止触及带电部分以及外来固体和水的进入

低压成套开关设备通风口的防护等级应不低于IP 3XD，柜顶部的防护等级应不低于IP3X，其他部分的防护等级应不低于IP 4X。

带有可抽出式部件的低压成套开关设备在试验位置和分离位置以及从一个位置向另一个位置转移时的防护等级应不低于IP 2X。

低压成套开关设备内部带电部件隔室、垂直母排通道防护等级应不低于IP 2X。

框架断路器前后隔板防护等级应不低于IP 2X。

如果低压成套开关设备进线柜顶部的进线母线处及其它三相母线或四相母线进出柜体处，安装有起防护等级作用的绝缘隔板（如有），则该绝缘隔板的厚度应≥2.0 mm，并能承受电压值≥5 kV、电压施加持续时间≥60 s的工频耐压试验。

* + 1. 电气间隙和爬电距离

装入成套设备内的设备，在正常使用条件下应保持规定的电气间隙和爬电距离，爬电距离不应小于相应的最小电气间隙。

低压成套开关设备的最小电气间隙和爬电距离应符合表2的规定，爬电距离应符合污染等级3级，材料组别不低于IIIa。

* 1. 空气中的最小电气间隙和最小爬电距离

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 额定工作电压（V） | | | 400 | 690 | 800 | 1 000  （1 140） | 400 | 690 | 800 | 1 000  （1 140） |
| 最小的电气间隙（mm） | | | | 最小的爬电距离（mm） | | | |
| 设备名称 | 进线、母联  及馈线低压开关柜 | 主电路  （含主开关及框架断路器） | 14.0 | | | | 16.0 | | | 20.0 |
| 塑壳断路器 | 8.0 | 14.0 | | | 12.5 | 16. 0 | | |
| 其它辅助控制电路 | 2.5 | / | | | 4.0 | / | | |
| 无功功率补偿柜 | | 10.0 | 14.0 | | | 14.0 | 16.0 | | |

* + 1. 电击防护

按GB/T 7251.1—2013 中8.4的规定，并做如下补充：

1. 电击防护和保护电路完整性参照GB/T 7251.1-2013第10.5的规定；
2. 成套设备的不同外露可导电部分是否有效地连接到进线外部保护导体的端子上；
3. 可抽出式部件的保护电路连续性和从连接位置到分离位置应保持其有效性。
   * 1. 开关器件和元件的组合及选择
        1. 开关器件和元件的组合
           1. 固定式部件

对于固定式部件，主电路的连接应只能在成套设备断电的情况下进行接线和断开。

固定式部件的断开需要全部或部分断开成套设备。

为了防止未经许可的操作，开关器件可通过所提供的措施，固定在一个或多个位置上。

1. 如果允许在带电电路上工作，则需要采取相应的安全措施。
   * + - 1. 可移式部件

可移式部件的设计应使用其电气设备能够安全地与带电的主电路断开或连接。可移式部件可配备插入式联锁。

在从一个位置移动到另一位置的过程中，应满足电气间隙和爬电距离（见5.1.4）。

可移式部件应配备一个能够确保它只有在主电路与负载断开后才能移出和插入的器件。

为了防止非授权的操作，在可移式部件或其关联的成套设备的位置上，可提供一个可锁定的方式将可移式部件固定在一个或几个位置上。

* + - 1. 开关器件和元件的选择
         1. 框架式断路器

低压成套开关设备内框架断路器宜采用电子定值可调式，开关额定电流等于实际电流，不允许降容使用，且框架等级电流仅允许高于额定电流一档；额定短时耐受电流不低于相对应的水平母线、垂直母线的短时耐受电流。对有配电智能化管理区域预留通信接口。低压成套开关设备内框架断路器的性能参数见表3和表4。

* 1. 框架式断路器电气技术性能及参数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 额定工作电压（V） | 400 | 690 | 800 | 1 000（1 140） |
| 额定绝缘电压（V） | 1 000 | | | 1 250 |
| 额定冲击耐受电压（kV） | 12 | | | |
| 极数（P） | 3、4 | | | |
| 通信接口（可选） | RS485、RS232、载波、以太网等 | | | |
| 分断时间(ms) | ≤30 | | | |
| 合闸时间(ms) | ≤70 | | | |
| 安装型式 | 固定式、抽出式 | | | |
| 断路器飞弧距离（mm） | 零 | | | |
| 桩头（静端、动端）镀银层厚度 | ≥4 µm | | | |

* 1. 框架式断路器寿命参数表（适用于400V系统）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水平母线额定电流In（A） | 630 | 1 250 | 1 600 | 2 500 | 3 150  （3 200） | 4 000 | 5 000 | 6 300 |
| 机械寿命（免维护）（次） | ≥10 000 | | | | | | ≥6 000 | |
| 电气寿命（免维护）（次） | ≥10 000 | | ≥8 000 | ≥6 000 | | | ≥4 000 | ≥2 000 |

* + - * 1. 塑壳式断路器

低压成套开关设备内塑壳式断路器宜采用电子定值可调式，开关额定电流等于实际电流，不允许降容使用，且框架等级电流仅允许高于额定电流一档塑壳式断路器的电气性能及参数见表5和表6。

* 1. 塑壳式断路器电气技术性能及参数

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 额定工作电压（V） | 400 | | 690 | 800 | 1 000 |
| 额定绝缘电压（V） | 690 | | 800 | 1 000 | 1 000 |
| 额定冲击耐受电压（kV） | 8 | | | 12 | |
| 极数 | 2、3、4 | | | | |
| 附件配置 | 按需配置辅助触头、故障报警、分励线圈、欠压线圈等 | | | | |
| 安装型式 | 固定式、插入式、抽屉式 | | | | |
| 断路器飞弧距离（mm） | | 零 | | | |

* 1. 塑壳式断路器寿命参数表（适用于400V系统）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 额定电流定值可调（A） | 10～100 | 125～250 | 315～630 | 800～1 600 |
| 机械寿命（免维护）（次） | ≥10 000 | | ≥5 000 | ≥3 000 |
| 电气寿命（免维护）（次） | ≥4 000 | ≥2 000 | ≥1 000 | ≥500 |

* + - * 1. 熔断器式隔离开关

熔断器式隔离开关的电气性能参数参见表7。

* 1. 熔断器式隔离开关电气技术性能及参数表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 额定工作电流（A） | 250 | 400 | 630 | 800 |
| 额定工作电压（V） | 400/690 | | | |
| 额定绝缘电压（V） | 1 000 | | | |
| 额定冲击耐受电压（kV） | 12 | | | |
| 级数 | 3 | | | |
| 机械寿命（次） | ≥12 000 | | ≥3 000 | |
| 电气寿命（次） | ≥300 | | ≥200 | ≥150 |

* + - * 1. 隔离开关熔断器组

隔离开关熔断器组的电气性能参数参见表8。

* 1. 隔离开关熔断器组的电气性能参数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 额定工作电流（A） | 250 | 400 | 630 | 800 | 1 000 | 1 250 |
| 额定工作电压（V） | 400/690 | | | | | |
| 额定绝缘电压（V） | 1 000 | | | | | |
| 额定冲击耐受电压（kV） | 8 | | | | | |
| 极数 | 3 | | | | | |
| 机械寿命（次） | ≥12 000 | | ≥3 000 | | ≥1 000 | |
| 电气寿命（次） | ≥1 000 | | ≥700 | ≥500 | | |

* + - * 1. 电流互感器

二次电流统一为5A或1A；全封闭结构，方孔、圆孔兼可，既可穿电缆也可穿母排；一般作控制、保护、测量用，准确度等级不低于表9要求。

* 1. 电流互感器技术参数表

|  |  |
| --- | --- |
| 测量项目 | 准确度等级 |
| 保护 | 10 P |
| 计量 | 0.5 S |
| 测量 | 0.5 |
| 无功功率补偿采样 | 0.5 |

* + - * 1. 过电压保护器

过电压保护器包括浪涌保护器和避雷器，根据全国各地区受雷电冲击及过电压程度不同，最大放电电流、波型等参数的不同可做差异性选择。宜统一采用氧化锌避雷器，三极保护。过电压保护器技术参数见表10。

* 1. 过电压保护器参数表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 浪涌保护器 | 保护类型（IEC类别） | T2 | T1 | |
| 标称工作电压（V） | 230/400 | | |
| 最大持续工作电压（V） | 385 | | |
| 雷电冲击电流（kA）（10/350 µs） | / | 25 | |
| 最大放电电流（kA）（8/20 µs） | 120 | / | |
| 标称放电电流（kA）（8/20 µs） | 50 | / | |
| 极数 | 4 | | |
| 电压保护水平（kV） | 2 | | |
| 上一级保护器 | 熔断器或专用浪涌后备保护 | | |
| 电源侧线径面积（mm²） | ≥16 | | |
| 接地线径面积（mm²） | ≥16 | | |
| 避雷器 | 避雷器额定电压（V） | 280 | | 500 |
| 避雷器持续运行电压（V） | 240 | | 420 |
| 标称放电电流（kA）（8/20 µs） | 1.5 | | |
| 直流1mA参考电压（V） | ≥600 | | ≥1200 |
| 8/20 µs雷电冲击电流残压峰值（kV） | 1.3 | | 2.6 |
| 4/10 µs大电流冲击耐受（kA） | 10 | | |
| 电源侧线径面积（mm²） | ≥6 | | |
| 接地线径面积（mm²） | ≥6 | | |

* + - * 1. 风机

低压成套开关设备宜采用自然通风方式冷却，在额定电流达到4 000 A及以时，上可配置风机；无功功率补偿柜补偿容量≥200 kvar时可配置风机。风机的参数见表11。

* 1. 风机参数表

|  |  |
| --- | --- |
| 风机功率（W） | ≥25 |
| 辅助电源电压（V） | 220 |
| 安装方式 | 面板嵌入式 |
| 噪声（dB） | ≤60 |
| 持续运行工作时间（h） | ≥50 000 |

* + - * 1. 无功功率补偿控制器

根据各地区无功功率补偿方式不同，对控制器投切要求也不同，相关要求见表12。

* 1. 无功功率补偿控制器参数

|  |  |
| --- | --- |
| 补偿相数 | 单相、三相、相间或混合补偿 |
| 控制方式 | 循环投切 |
| 控制路数 | 根据投切回路数配置 |
| 通信接口（如有） | 如RS485 **、**RS232、载波、以太网等 |

SVG和智能电容器配合无功补偿方式要求（如有）：

1. SVG工作电压：AC 400 V(-40%～+20%)

工作频率：45～63 Hz

全响应时间：≤5 ms

1. SVG和智能电容器之间宜采用RS485接口连接。
   * + - 1. 综合监测装置

综合监测装置可提供监测电气设备所需的各种测量功能，带通信接口，便于远程统一记录、管理、考核。综合监测装置技术参数见表13，必要时可采用低压互感器进行转换。

* 1. 综合监测装置参数表

|  |  |
| --- | --- |
| 一次接入工作电压 （V） | 400 |
| 二次辅助电源电压 （V） | 230 |
| 显示界面 | 中文 |
| 功能显示 | 进线柜：电流、电压、功率、有功电度、无功电度 |
| 馈线柜：电流 |
| 母联柜：电流、电压 |
| 无功功率补偿柜：电流 |
| 选配功能：24小时曲线记录，30天峰值电流记录 |
| 二次电流（A） | 5或1 |
| 遥控需求 | 根据各地区需求选配 |
| I/O口需求 | 按需配置 ，具备与本开关柜内下行设备智能框架（塑壳）断路器的开关状态遥信信号采集功能，遥信点数量满足本开关柜内所有开关状态监测汇总需求 |
| 通信接口 | RS485 、RS232、载波、以太网等 |
| 通信规约 | Modbus、DL/T 645、Q/GDW 1376.1、 DL/T 634.5101、DL/T 634.5104、MQTT |
| 二次接线柱形式 | 电流端子宜采用螺柱，其它为插接式 |
| 显示屏性状 | 数码或液晶显示 |

* + - * 1. 二次控制保护元件

低压成套开关设备二次回路的控制宜选用微型断路器，二次保护宜选用微型断路器或熔断器。二次控制与保护元件技术参数见表14。

* 1. 二次控制保护元件参数表

|  |  |
| --- | --- |
| 使用回路 | 微型断路器电流/熔断器电流 |
| 框架断路器二次控制 | 6 A |
| 塑壳断路器二次控制 | 4 A |
| 综合监测装置辅助电源 | 2 A |
| 综合监测装置电压回路 | 2 A |
| 电能表辅助电源 | 2 A |
| 电能表电压回路 | 2 A |
| 无功功率补偿控制器电源 | 2 A |
| 风机控制回路 | 2 A |
| 其它控制回路 | 2 A |
| 1. 表中给出的二次保护元件电流参数，是控制电源电压等级为AC230 V/400 V条件下的要求，若控制电源为其他等级电压，则需按实际需求配置。 | |

* + - * 1. 智能化数据采集信息量表

低压成套开关设备智能化数据采集信息量推荐配置见表15。

* 1. 智能化数据采集信息量表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备 | 类型 | 序号 | 信号描述 | 性质 | 传送方式 | 说明 |
| 进线柜 | 遥信 | 1 | 断路器状态 | 分位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 2 | 断路器状态 | 合位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 3 | 断路器位置状态 | 工作位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 4 | 断路器位置状态 | 试验位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 5 | 断路器位置状态 | 退出位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 6 | 故障总信号 | 动作 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 保护跳闸 |
| 遥测 | 1 | 三相电流 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 2 | 三相电压 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 3 | 功率 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 4 | 有功电度 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 5 | 无功电度 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 母联柜 | 遥信 | 1 | 断路器状态 | 分位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 2 | 断路器状态 | 合位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 3 | 断路器位置状态 | 工作位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 4 | 断路器位置状态 | 试验位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 5 | 断路器位置状态 | 退出位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 6 | 故障总信号 | 动作 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 保护跳闸 |
| 遥测 | 1 | 三相电流 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 三相 |
| 2 | 三相电压 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 三相 |
| 馈线  （框架断路器） | 遥信 | 1 | 断路器状态 | 分位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 2 | 断路器状态 | 合位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 |  |
| 3 | 断路器位置状态 | 工作位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 4 | 断路器位置状态 | 试验位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 5 | 断路器位置状态 | 退出位 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 6 | 故障总信号 | 动作 | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 保护跳闸 |
| 遥测 | 1 | 三相电流 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 三相 |
| 2 | 峰值电流 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 3 | 24小时曲线记录 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 馈线  （塑壳断路器） | 遥测 | 1 | 三相电流 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 三相 |
| 2 | 峰值电流 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 3 | 24小时曲线记录 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 无功功率补偿柜 | 遥测 | 1 | 三相电流 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 三相 |
| 2 | 三相电压 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |
| 3 | 功率因数 |  | RS485通信、RS-232、载波、以太网等 | 选配 |

* + 1. 内部电路和连接

低压成套开关设备中端子和导体的标识、母线和导线的颜色以及母线的相序排列顺序，当观察者面对低压成套开关设备正面时应符合表16的规定，其中接地标识宜采用金属材质。

* 1. 母线和导线的颜色及排列规定

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 相别 | 颜色 | 标志 | 垂直排列 | 水平排列 | 前后排列 |
| A相 | 黄色 | A | 上 | 左 | 远 |
| B相 | 绿色 | B | 中 | 中 | 中 |
| C相 | 红色 | C | 下 | 右 | 近 |
| 中性线 | 蓝色 | N | 下 | 右 | 近 |
| 保护线 | 黄绿相间 | PE或C:\Users\ECHO\AppData\Local\Temp\ksohtml\wps_clip_image-5026.png | 最下 | 最右 | 最近 |

* + 1. 外接导线端子

接线端子应能与外接导线进行连接（如采用螺钉、连接件等），并保证维持适合于电器元件和电路的电流额定数据和短路强度所需要的接触压力。

可利用的布线空间允许规定材料的外接导线能正确地连接，而在多芯电缆的情况下，能展开芯线。

外部保护导体的端子和连接电缆的金属护套（铠装管、铅铠装管等）应是裸的，如无其他规定，应适于连接铜导体。

* 1. 性能要求
     1. 介电性能
        1. 工频耐受电压

低压成套开关设备的电路应能承受表17给出的工频耐受电压值，低压成套开关设备任何电路的额定绝缘电压应等于或高于其最大工作电压。

* 1. 工频耐受电压值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. 工频耐受电压施加部位 | | 介电试验电压交流有效值 (V) | | | |
| 进线、母联及馈线低压开关柜 | 主电路（含主开关及框架断路器） | 1 890(对应Ui=400 V) | 1 890(对应Ui=690 V) | 2 200(对应Ui=800 V) | 2 500(对应Ui=1 000 V) |
| 塑壳断路器 | 1 890 | | 2 200 | 2 500 |
| 其它辅助控制电路 | 1 890 | | | |
| 绝缘操作手柄 | 2 835 | | 3 300 | 3750 |
| 无功功率补偿柜 | 主回路（含SVG的相对地） | 1 890(对应Ui=400 V) | 2 000(对应Ui=690 V) | 2 200(对应Ui=800 V) | 2 500(对应Ui=1 000 V) |
| SVG的相间 | 1 500 | | | |
| 绝缘操作手柄 | 2 835 | 3 000 | 3 300 | 3750 |

* + - 1. 冲击耐受电压

低压成套开关设备主电路、辅助电路和抽出式单元断开触头间应能承受表18给出的冲击耐受电压值。

* 1. 冲击耐受试验电压

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验部位 | | 施加电压值（kV） | |
| 主电路 | 进线柜、母联柜、馈线柜：含主开关及框架断路器 | 14.8 | |
| 无功功率补偿柜：含主开关 | 9.8（Uimp=8kV） | 14.8（Uimp=12kV） |
| 塑壳断路器 | 9.8（Uimp=8kV） | 14.8（Uimp=12kV） |
| 抽出式单元  断开触头间 | 框架断路器 | 18.5 | |
| 塑壳断路器 | 12.3（Uimp=8kV） | 18.5（Uimp=12kV） |
| 其它辅助控制电路 | | 2.95 | |
| 1. 此表为海平面条件下冲击耐受试验电压，其他海拔高度参见GB/T 7251.1中表10和GB/T 7251.12中表102执行。 | | | |

* + 1. 主回路电阻

温升试验前和温升试验后均应测量主回路电阻，温升试验后所测得的回路电阻值的增加量不应超过温升试验前所测得的回路电阻值的20%。

* + 1. 温升极限

低压成套开关设备及其电路在特定条件下应能承载其额定电流，按照6.15验证时不应超过附录A中表A.5给出的限值。

温升不应造成低压成套开关设备载流部件或相邻部件的损坏。特别对于绝缘材料，初始制造商应按照GB/T 11026.1—2016或GB/T 11021—2017绝缘温度指标的规定来选择。

* + 1. 短路耐受强度

低压成套开关设备应能够耐受不超过额定值的短路电流产生的热应力和电动应力。低压成套开关设备应采取针对短路电流的防护措施，例如，断路器、熔断器或两者的组合件上，上述元器件可以安装在低压成套开关设备的内部或外部。

对于进线单元带有短路保护电器（SCPD）的低压成套开关设备，低压成套开关设备制造商应标明进线端的预期短路电流的最大允许值。这个值不应超过相应的额定值。

如果使用带延时脱扣的断路器作为短路保护电器，则成套设备制造商应标明最大延时时间和相应于指定预期短路电流的电流整定值。

对于进线单元没有短路保护电器的低压成套开关设备，低压成套开关设备制造商应用下述一种或几种方法标明短路耐受强度：

a) 额定短时耐受电流（Icw）及相应的持续时间和额定峰值耐受电流(Ipk)；

b) 额定限制短路电流(Icc)。

当最长时间不超过3 s时，额定短时耐受电流与相应的持续时间的关系用公式I2t＝常数表示，但峰值不超过额定峰值耐受电流。

低压成套开关设备制造商应说明用于保护低压成套开关设备所需的短路保护电器的特性。

* + 1. 电磁兼容性（EMC）

应满足6.17的要求。

* + 1. 功能要求

应满足6.18的要求。

* + 1. 电弧故障要求

应满足6.19的要求。

* + 1. 无功功率补偿柜要求

应满足6.20的要求。

* 1. 关键元器件的特殊要求
     1. 抽屉式一次接插件

一次性插接件材质应为T2/T2y铜，应符合GB/T 5584.4的规定，满足低压成套开关设备使用额定工作电压、额定绝缘电压、频率参数要求，其载流量不小于抽出式开关柜抽屉回路断路器壳架电流，且可互换，其表面镀银层厚度应不小于4 µm。其他要求应符合JB/T 10323的规定。

* + 1. 抽屉单元二次插接件

二次插接件应满足二次回路额定工作电压和电流参数的要求，其他要求应符合JB/T 10263的规定。

* + 1. 绝缘件要求

低压成套设备内的母线绝缘框及绝缘子严禁使用PPO材质。框内所有与导体直接接触起绝缘或支撑作用的零部件，可燃性等级不应低于V-0。绝缘件的绝缘水平按照额定工作电压匹配，且不应低于1 000 V。

1. 试验项目及要求
   1. 试验类别
      1. 设计验证

设计验证的试品应与正式生产的低压成套开关设备图样和技术条件相符合，下列任一情况，低压成套开关设备应进行设计验证：

1. 新试制的低压成套开关设备，应进行全部设计验证；
2. 转厂及异地生产的产品，应进行全部设计验证；
3. 当低压成套开关设备设计、工艺或生产条件及使用的材料发生重大改变而影响到产品性能时，应做相应设计验证；
4. 正常生产的低压成套开关设备，每隔八年、每个类型应选择一台主母线额定电流不小于2 500 A的典型方案进行一次温升试验、介电性能试验、机械操作试验、短时耐受强度试验；
5. 不经常生产每类的低压成套开关设备（指停产一年以上），再次生产时需要选择一台主母线额定电流不小于2 500 A的典型方案进行一次温升试验、介电性能试验、机械操作试验、短时耐受强度试验。
   * 1. 例行检验

制造商应在出厂前对每台产品进行例行检验，以保证出厂产品与通过设计验证的产品一致。例行检验报告应随产品一起出厂。

* + 1. 抽检试验

根据用户方需求，可对低压成套开关设备进行抽检试验，抽检试验项目可参照表19进行。

* 1. 试验项目

设计验证、例行检验、抽检试验项目要求应按表19执行。

* 1. 试验项目

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 试验项目 | 标准条文 | 设计验证 | 例行检验 | 抽检试验 |
| 1 | 布线、操作性能和尺寸检查 | 6.3 | √ | √ | √ |
| 2 | 材料和部件的强度 | 6.4 | √ | - | \* |
| 3 | 机械试验 | 6.5 | √ | - | √ |
| 4 | 标志 | 6.6 | √ | √ | √ |
| 5 | 成套设备的防护等级 | 6.7 | √ | √ | √ |
| 6 | 电气间隙和爬电距离 | 6.8 | √ | √ | √ |
| 7 | 电击防护和保护电路完整性 | 6.9 | √ | √ | √ |
| 8 | 内装元件的检查 | 6.10 | √ | √ | √ |
| 9 | 内部电路和连接检查 | 6.11 | √ | √ | √ |
| 10 | 外部导线端子检查 | 6.12 | √ | √ | √ |
| 11 | 介电性能 | 6.13 | √ | √ | √ |
| 12 | 主回路电阻测量a | 6.14 | √ | √ | √ |
| 13 | 温升验证 | 6.15 | √ | - | √ |
| 14 | 短路耐受强度 | 6.16 | √ | - | \* |
| 15 | 电磁兼容性（EMC） | 6.17 | √ | - | \* |
| 16 | 功能试验 | 6.18 | √ | - | \* |
| 17 | 电弧故障试验b | 6.19 | √ | - | \* |
| 18 | 工频过电压保护试验 | 6.20.1 | √ | - | √ |
| 19 | 涌流试验 | 6.20.2 | √ | - | √ |
| 20 | 动态响应时间检测 | 6.20.3 | √ | - | √ |
| 21 | 投切试验 | 6.20.4 | √ | - | √ |
| 22 | 放电试验 | 6.20.5 | √ | √ | √ |
| 23 | 噪音测试（适用于有抑制谐波或滤波功能的装置） | 6.20.6 | √ | - | \* |
| 24 | 抑制谐波或滤波功能验证（适用于有抑制谐波或滤波功能的装置） | 6.20.7 | √ | - | √ |
| 25 | 通电操作试验 | 6.20.8 | √ | √ | √ |
| 26 | 缺相保护试验（适用于有缺相保护的装置） | 6.20.9 | √ | - | √ |
| a主回路电阻测量例行检验提供实测值。  b电弧故障试验只适用于抽屉式结构的功能单元。  注1：序号18～26试验项目适用于无功功率补偿柜。  注2：“√”表示必须进行的项目，“-”表示不进行的项目，“\*”表示用户可以自行选择的项目。  注3：进行本表中第2项试验时，可选择制造商提供的与样品一致的样块或直接从样品本体上取样进行验证。 | | | | | |

* 1. 布线、操作性能和尺寸检查
     1. 检查所装的元器件选择及安装

元器件的选择和安装应满足：

1. 装入成套设备中的开关器件和元件应符合相关的国家标准；
2. 开关器件和元件的额定电压、额定绝缘电压、机械寿命、接通和分断能力、额定短路耐受强度等技术参数应适合于成套设备；
3. 安装在同一支架（安装板、安装框架）上的电器元件和外接导线的端子布置应使其在安装、接线、维修和更换时易于接近。尤其是外部接线端子装在装置基础面上方至少0.2 m（不包括保护导体端子和中性导体端子），并且端子的安装应使电缆易于与其连接；
4. 由操作人员观察的指示仪表不应安装在高于设备基础面2 m处。操作器手柄、按钮等，应安装在易于操作的高度上，其中心线应在成套设备基础面上0.2 m～2 m之间。
5. 对于抽屉式结构，宜选用金属材质的传动机构。
   * 1. 检査母线与绝缘导线

成套设备中使用的铜排材质应为T2，型号为TMY，其尺寸公差等要求符合GB/T 5585.1-2018的规定，水平母线和垂直母线铜排截面宜采用全圆边。水平母线及分支母线搭接部分宜镀锡；可选用优质热缩套管、硫化或环氧树脂玻璃布浸汁缠绕等工艺对各相母线进行绝缘处理。

* + 1. 尺寸检查

对成套设备的外形尺寸、主回路导体尺寸及位置等应符合成套设备设计规定。柜体的外形尺寸宽、深、高、对角线以及柜门（含柜门对角线）基准尺寸与允许误差应满足表20的规定；

检测外壳面板加工后的平整度，不平整度不应大于2 mm/m。

* 1. 低压成套设备基准尺寸范围与允许尺寸误差要求

| 允许尺寸误差（mm） | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 尺寸部位 | 基准尺寸≤500 mm | 500 mm＜基准尺寸≤1 000 mm | 1 000 mm＜基准尺寸≤2 500 mm | 2 500 mm＜基准尺寸≤4 000 mm |
| 柜体宽度 | / | ≤1.5 | ≤2.0 | ≤2.0 |
| 柜体深度 | / | ≤1.5 | ≤2.0 | ≤2.0 |
| 柜体高度 | / | ≤1.5 | ≤2.0 | ≤2.0 |
| 柜体对角线 | / | ≤2.5 | ≤2.5 | ≤3.5 |
| 柜体门板宽度 | ≤1.0 | ≤1.5 | ≤2.0 | ≤3.0 |
| 柜体门板高 | ≤1.0 | ≤1.5 | ≤2.0 | ≤3.0 |
| 柜体门板对角线 | ≤1.0 | ≤1.5 | ≤2.0 | ≤3.0 |

* 1. 材料和部件的强度
     1. 耐腐蚀试验
        1. 试验程序

成套设备含铁的金属外壳及内部和外部含铁金属部件的代表性样品应进行耐腐蚀性验证。

试验应在外壳或代表性样品外壳内部安装代表性零部件且门关闭的状态下进行，或对单独的代表性外壳部件和内部部件进行。

在所有情况下，铰链、锁和紧固件也应进行试验。

* + - 1. 严酷试验A

试验适用于：

1. 户内安装的金属外壳；
2. 户内安装成套设备的外部金属部件；
3. 户内安装的成套设备内部用于机械操作的金属部件。

试验包括：

1. 根据GB/T 2423.4（试验Db）进行湿热循环试验，温度(40±3) ℃,相对湿度为95％，试验以24 h为一个循环，共进行6个循环；
2. 根据GB/T 2423.17（试验Ka：盐雾）进行盐雾试验，温度(35 ± 2) ℃，试验以24 h为一个循环，共进行2个循环。
   * + 1. 试验结果

试验结束后，应开启水龙头对外壳或样品用水冲洗5 min，用蒸馏水或软化水漂净，再甩动或用吹风机除去水珠，然后将试验样品存放在正常使用条件下2 h。

进行目测检查，以确定：

1. 没有明显锈痕、破裂或不超过表21所允许的Ri1锈蚀等级的其他损坏。然而，允许保护涂层表面的损坏。
2. 机械完整性没有损坏。
3. 密封没有损坏。
4. 门、铰链、锁和紧固件工作没有异常。
   1. 锈蚀等级评估方法与要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 锈蚀等级 | 缺陷数量 | 缺陷大小 | 涂层颜色变化程度 | 锈蚀面积比（%） |
| Ri l | 非常少，即可见缺陷数量很少很稀 | 在10倍放大镜下刚好可见缺陷 | 非常轻微，即刚能察觉到的改变 | 0.05 |

* + - 1. 特殊工况下的试验要求

如果存在特殊使用工况，则应遵守使用的特殊工况条件或是低压成套开关设备制造商和用户之间签订专门的协议，采用如下要求对于低压成套开关设备进行相应组合试验（湿热试验和盐雾试验）：

1. 湿热试验：

如低压成套开关设备制造商和用户之间签订专门的协议，GB/T 7251.1-2013中10.2.2.2 中进行湿热循环试验的试验温度可调整为(55±2) ℃，其循环次数在不低于本检测规范条件下可依据专门协议内规定的次数进行，优先选择：12个循环 、21个循环、56个循环。

1. 盐雾试验：

如低压成套开关设备制造商和用户之间签订专门的协议，GB/T 7251.1-2013中10.2.2.2 中循环次数在不低于本检测规范条件下可依据专门协议内规定的次数进行，优先选择：4个循环、7个循环、14个循环、28个循环。

* + 1. 绝缘材料性能
       1. 外壳热稳定性验证

由绝缘材料制造的外壳的热稳定性应用干热试验验证。试验根据GB/T 2423.2试验Bb进行，温度70 ℃，自然通风，持续168 h，恢复96 h。

对于没有技术上的意义，只用于装饰目的的部件不进行此项试验。

将一个如同正常使用时一样安装的外壳放在加热箱中进行试验，加热箱有同周围空气一样的成分和压力而且自然通风。如果外壳的尺寸比可用的加热箱大很多，则试验可在一个有代表性的外壳样品上进行。

可以通过加热箱壁上的孔提供自然通风。

经正常视力或没有附加放大设备的校正视力目测外壳或样品，既没有可见的裂痕，其材料也没有变为粘性或油脂性。可用下列方法判断：

在食指裹一块干粗布，以5N力按压样品，样品上应没有布的痕迹并且外壳或样品的材料没有粘到布上。

1. 5 N力可用下面方法获得：外壳或样品放在天平的一个秤盘上，天平的另一秤盘加载的质量等于样品的质量+500 g。在食指上裹一片粗糙的干布按在样品上使天平平衡。
   * + 1. 绝缘材料耐受内部电效应引起的非正常发热和着火的验证
          1. 试验部件

试验应采用GB/T 5169.10中的灼热丝试验原理和GB/T 5169.11中给出的详细说明来验证。

试验应在成套设备的部件上最薄材料或从成套设备部件上提取的部件上的最薄材料上进行。具体的绝缘材料及试验样件要求见表22。

该试验的说明见GB/T 5169.11-2006的第4章。所用的设备见GB/T 5169.11-2006的第5章。

* 1. 绝缘材料及试验样件要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 绝缘材料名称 | 数量（件） | 部件类别 | 灼热丝顶部的温度 |
| 1 | 母线框（母线夹） | ≥2 | 固定载流部件 | （960±15）℃ |
| 2 | 绝缘子（如有） |
| 3 | 绝缘垫块（如有） |
| 4 | 熔断器有机绝缘材料支持件（如有） |
| 5 | 一二次绝缘接插件 |
| 6 | 二次接线端子 |
| 7 | 框架断路器出线铜排处绝缘隔板； | 非固定载流部件 | （960±15）℃ |
| 8 | 垂直通道母线罩 |
| 9 | 作为进线母线防护等级的绝缘挡板（如有） |
| 10 | 样机顶部的绝缘材料盖板（绝缘防护栅） | 保护部件 | （650±10）℃ |
| 11 | 外壳上的绝缘材料盖板 |
| 12 | 馈线柜内部分隔形式绝缘隔板 |
| 13 | 抽屉盖板 |
| 14 | 框架断路器的边框 |
| 15 | 按钮翻盖式有机玻璃罩 |
| 16 | 分、合闸按钮防护罩 |
| 17 | 指示灯面罩 |
| 18 | 风机在外壳上外盖板（如有） |
| 19 | 抽屉操作手柄 | 其它部件 |
| 20 | 断路器操作手柄（移开式手柄除外） |
| 21 | 门锁垫块（如有） |
| 22 | 塔型橡皮圈或电缆孔封堵 |

* + - * 1. 不同部位部件的材料试验要求

用于固定载流部件或非固定载流部件，应满足以下要求：

1. 样品放置处的温度：+15 ℃～+35 ℃；
2. 相对湿度：45%～75%；
3. 放置的时间：≥24 h；
4. 灼热丝顶部的温度（960±15）℃；
5. 持续时间：tA=30±1 s；
6. 火焰熄灭时间：tE≤tA+30 s。

其它部件，包括需要安装保护导体的部件，应满足以下要求：

1. 样品放置处的温度：+15 ℃～+35 ℃；
2. 相对湿度：45%～75%；
3. 放置的时间：≥24 h；
4. 灼热丝顶部的温度（650±10）℃；
5. 持续时间：tA=30±1 s；
6. 火焰熄灭时间：tE≤tA+30 s。
   * + - 1. 试验结果判定

试验完成后：

1. 试验样品没有起燃；
2. 或发生了起燃，同时满足以下所有情况：

· 如果试样的火焰或灼热在移开灼热丝后的30 s内熄灭，即tE≤tA+30 s；

· 位于试样下方的铺底层（绢纸）未起燃。

* + 1. 机械强度
       1. 门铰链试验

给装有铰链的门（抽屉面板除外）施加四倍于其本身重量（但不小于10 kg）的载荷，载荷垂直向下加在门的垂直中心线上，持续时间60 min，铰链不应产生永久变形。试验时门打开角度应不小于100°。

* + - 1. 机械碰撞试验

机械碰撞试验按GB/T 20138进行，IK代码及其相应碰撞能量应满足表23规定，并做如下补充：

1. 试验时柜体应像正常使用时一样固定在刚性支撑体上。所有被试外壳应为清洁、全新和完整的外壳，所有的部件均应安装到位；
2. 对于最大尺寸超过1.0 m正常使用的每个金属外露面均进行撞击试验。撞击力应平均分布在壳体的表面，试验时应尽可能的寻找壳体的薄弱部位进行撞击；薄弱位置应至少包含如下部位（如有）：金属外露面、锁、铰链、综合监测装置、指示灯罩壳、分合闸按钮塑料面罩、抽屉拉手及合分闸操作手柄等；
3. 门锁、铰链等金属件也应进行撞击试验，同型号的壳体仅需进行一组试验；
4. 试验后，壳体的防护等级和机械强度不应降低，可移式覆板仍可以移开和装上，门可以打开和关闭，则试验通过，任一项不满足要求，则试验失败。
   1. IK代码及其相应碰撞能量的对应关系

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IK代码 | IK00 | IK01 | IK02 | IK03 | IK04 | IK05 | IK06 | IK07 | IK08 | IK09 | IK10 |
| 碰撞能量/J | 无防护 | 0.14 | 0.2 | 0.35 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 2.0 | 5.0 | 10.0 | 20.0 |

* 1. 机械试验
     1. 提升

将初始制造商允许提升最大数量的柜架单元、元件和/或砝码装在一起，并使质量达到最大运输质量的1.25倍。提升应采用四点起吊，每根起吊绳与柜体顶面形成的夹角应不小于30°,且不大于45°。

将所有柜门关闭，将成套设备从静止位置垂直平稳地、无冲击地向上提升至不低于1m的高度，然后，以相同方法缓缓地放回静止位置。此试验将成套设备提升离开地面不做任何移动，悬吊30 min后再重复两次。再将成套设备从静止位置垂直平稳地、无冲击地提升至不低于1 m的高度，并水平移动（10±0.5） m，然后放回静止位置。按照这个顺序以相同的速度进行三次试验，每次试验时间在1 min之内完成。

试验后，试验砝码应就位，成套设备经正常视力或没有附加放大设备的校正视力目测下无可见的裂痕或永久变形，其性能也没有降低或丧失。

* + 1. 机械操作

对可移开部件和可抽出式部件的互换性进行检查，验证其互换性和操作性良好，循环操作5次，应操作灵活；对断路器分、合闸和抽屉摇入、摇出（对抽屉式框架断路器）或本体的插入、拔出（对插入式塑壳断路器）或本体的放入、取出（对抽出式塑壳断路器、抽屉单元、固定分隔单元）功能进行检查，验证机械操作是否良好。对于In≤630 A的断路器，温升试验前应进行300次机械循环操作；对于In＞630 A的断路器，温升试验前应进行200次机械循环操作，操作后与动作相关的机械联锁状态和规定的防护等级等的工作状态应正常。

若试验结果满足以下要求，则认为成套设备通过了机械操作试验：

1. 各互换单元互换性良好；
2. 机构操作良好；
3. 元器件、联锁机构、规定的防护等级等的工作状态未受损伤，而且所要求的操作力与试验前一致；
4. 镀层（含断路器的连接端子和接插件的镀银层）应无脱落、起皮现象，且通过温升试验。
   1. 标志

低压成套开关设备铭牌内容应符合5.1.3要求。

模压、冲压、刻字或类似方法制作的标志，包括带有塑料覆膜的标签，不用经受本试验。

试验时先手持一块在水中浸泡过的布，摩擦标志15 s，再用在石油溶剂油中浸泡过的布摩擦标志15 s。

1. 石油溶剂油为己烷溶剂，溶剂内芳香物含量最多体积比的0.1%，贝克松脂丁醇溶解能力值29，初始沸点65 ℃，干点69 ℃，密度约为0.68 g/cm3。

试验后，经正常视力或没有附加放大设备的校正视力目测标志，仍容易辨认。

* 1. 成套设备的防护等级

防护等级试验应依据GB/T 4208进行验证；试验应在成套设备上按初始制造商规定的环境条件下进行。IP试验应执行在：

1. 如正常使用状态下，所有覆板和门就位并关闭；
2. 如果初始制造商没有其他说明，则在断电状态下。
   1. 电气间隙和爬电距离

低压成套开关设备电气间隙和爬电距离，应符合5.1.4的要求。

* 1. 电击防护和保护电路完整性

试验时，成套设备的门应在打开条件下，使用的电阻测量仪应至少能输出10 A交流或直流电流，每一点测量时间在5 s之内，测量的电阻值应≤0.1 Ω。

试验位置：分别测量在每个外露可导电部分与外部保护导体的端子之间、可抽出式部件的保护电路和从连接位置到分离位置之间。

* 1. 内装元件检查

内装元件应符合5.1.6的要求。

* 1. 内部电路和连接检查

内部电路和连接应符合5.1.6.3的要求。

* 1. 外接导线端子检查

外接导线端子应符合5.1.6.4的要求。

* 1. 介电性能
     1. 总体试验要求

试验前应核对试验环境条件是否满足正常的环境条件，如不满足，则应进行试验电压修正。

试验时，低压开关柜的所有电气设备都应连接起来，除非根据有关规定应施加较低试验电压的元器件及某些消耗电流的元器件（如线圈、测量仪器、浪涌限制器），对这些元器件施加试验电压后将会引起电流的流动，则应将它们断开；对半导体器件和不能承受规定电压的元件（如电容器、SVG等）断开或旁路。此类元器件应将它们的一个接线端子断开，除非它们被设计成不能耐受全试验电压时，才能将所有接线端子都断开。

* + 1. 工频耐压试验

试验电压波形应近似正弦波，频率在45 Hz～65 Hz之间。试验时电压有效值容差应≤±3%，电压测量不确定度应≤3%；

开始时，施加的工频试验电压不应超过全试验电压值的50%，然后将试验电压平稳增加至全试验电压值，并维持 s，工频耐受电压值见表17，试验过程中，过流继电器不应动作，且不应有击穿放电现象。试验电压应施加于：

1. 主电路的所有带电部分（包括连接到主电路上的控制电路和辅助电路）连接在一起与外露可导电部分之间。此时，所有开关器件的主触头应处于闭合状态，或由一个合适的低阻导体短接；
2. 主电路不同电位的每个带电部分和不同电位其它带电部分与连接在一起的外露可导电部分之间。此时，所有开关器件的主触头应处于闭合状态，或由一个合适的低阻导体短接；
3. 通常：不连接主电路的每条控制电路和辅助电路与:
   1. 主电路；
   2. 其它电路；
   3. 外露可导电部分。
4. 带电部分和用金属薄膜包裹的整个绝缘手柄之间。
   * 1. 冲击耐受电压试验
        1. 试验基本要求

试验应满足以下基本要求：

1. 峰值电压有效值容差：≤±3%；
2. 波前时间：≤±30%；
3. 半峰值时间：≤±20%；
4. 试验时，电压测量不确定度≤3%，时间测量不确定度≤3%。
   * + 1. 试验方法及结果判定

对低压开关柜每个极性施加1.2/50 μs的冲击电压5次，间隔时间应≥1 s，冲击耐受电压值见表18，试验电压应施加于：

1. 主电路的所有带电部分（包括连接到主电路上的控制电路和辅助电路）连接在一起与外露可导电部分之间。此时，所有开关器件的主触头应处于闭合状态，或由一个合适的低阻导体短接。
2. 主电路不同电位的每个带电部分和不同电位其它带电部分与连接在一起的外露可导电部分之间。此时，所有开关器件的主触头应处于闭合状态，或由一个合适的低阻导体短接。
3. 通常：不连接主电路的每条控制电路和辅助电路与

1) 主电路；

2) 其它电路；

3) 外露可导电部分。

结果判定：带电部分与外露可导电部分之间、不同电位的带电部分之间、可抽出式功能单元主触头与其相关的在分离位置静触头之间的分离距离,应能承受表18给出的对应额定冲击耐受电压的试验电压值，试验过程不应有击穿或放电现象。

对主电路试验时，不与主电路连接的辅助电路应接地。连接在主电路上，且以额定工作电压（没有任何减少过电压的措施）运行的辅助电路应符合主电路的要求。不与主电路连接的辅助电路，可以有与主电路不同的过电压承受能力，这类交流电路的电气间隙应可以承受GB/T 7251.1-2013中附录G中给出的相应的冲击耐受电压。

* 1. 主回路电阻测量

低压开关柜主回路的直流电阻测量应采用直流法，试验时施加的测试电流应≥100 A。

测量位置：从主进线开关的进线端子至各出线回路开关的出线端子之间的电阻值。

* 1. 温升验证

额定电流小于或等于800 A时，在50 Hz电路上进行的温升试验，适用于60 Hz的电路。电流大于800A，不进行60 Hz电路的试验时，60 Hz的额定电流应减到50Hz的额定电流的95%。作为选择，如果50Hz的最大温升没有超过允许值的90%，则不要求对60 Hz的情况降低额定数据。在特定频率下的试验也适用于电流额定数据相同时的较低频率。

温升试验应在机械操作试验后进行，温升试验方法及要求详见附录A。

1. 本文件中涉及到的所有断路器的连接端子（含接插件）镀银层厚度不应低于4 um，且应满足相关要求；
   1. 短路耐受强度
      1. 可免除短路耐受强度验证的成套设备电路

以下情况不要求进行短路耐受强度的验证：

1. 额定短时耐受电流或额定限制短路电流不超过10 kA（有效值）的成套设备。
2. 成套设备或成套设备电路采用限流器件保护，该器件在最大允许预期短路电流时，在成套设备进线电路端子上的截断电流不超过17 kA。
3. 与变压器相连接的成套设备中的辅助电路，该变压器次级额定电压不小于110 V时，其额定容量不超过10 kVA；或次级额定电压小于110 V时，其额定容量不超过1.6 kVA，而且其短路阻抗不小于4%。

所有的其他电路都应通过短路耐受强度验证。

* + 1. 短路耐受强度试验试验程序
       1. 试验安排

须进行全部试验的成套设备或其部件应象正常使用时一样安装。如果其余的功能单元有相同的结构，则仅对其中一个功能单元进行试验。同样地，如果其余母线的配置有相同结构，则只对其中一个母线配置进行试验。

* + - 1. 试验实施——通则

如果试验电路中包含有熔断器，则应采用具有最大允许电流的熔断器，如需要，应使用初始制造商规定的熔断器。

被试验成套设备所用到的电源导线和短路连接线应有足够的短路耐受强度，它们的连接不应给成套设备造成任何附加的应力。

如果没有其他规定，试验电路应接到成套设备的进线端上，三相成套设备应接到三相电源上。

在使用中与保护导体连接的设备的所有部件，包括外壳，应进行如下连接：

1. 对适用于三相四线系统，且带已标记出接地星形点的成套设备，可接到电源中性点或接到允许预期故障电流至少为1 500 A的坚固的感性人工中性点。
2. 对适用于三相三线系统及三相四线系统并有相应标志的成套设备，要与产生对地电弧的可能性最小的相导体连接。

除了全绝缘防护的成套设备外，以上a）和b）连接方式应包括一个直径为0.8 mm，长度至少50 mm的铜丝作为熔体，或者连接一个等效熔体用以检测故障电流。除了注2和注3所述情况外，在这种有熔体的电路中，预期故障电流应为1 500 A±10%。必要时，用一个电阻器把电流限制在该值上。

1. 一根0.8 mm直径的铜丝，在1 500 A下，电源频率在45 Hz至67 Hz之间，大约经过半个周波就熔断（或者直流0.01 s）。
2. 按照有关产品标准的要求，小型设备的预期故障电流可能小于1 500 A，则可选用熔断时间与注1相同直径较小的铜丝（见注4）。
3. 在电源具有一个人为的中性点时，预期故障电流可能比较低，征得成套设备制造商的同意，可选用熔断时间与注1相同直径较小的铜丝（见注4）。
4. 在有熔体电路中的预期故障电流和铜丝直径之间的关系见表24。
   1. 预期故障电流与铜丝直径的关系

|  |  |
| --- | --- |
| 铜丝直径/mm | 有熔体电路中的预期故障电流/A |
| 0.1 | 50 |
| 0.2 | 150 |
| 0.3 | 300 |
| 0.4 | 500 |
| 0.5 | 800 |
| 0.8 | 1 500 |

* + - 1. 主电路试验
         1. 通则

对初始制造商宣称的下述一种或多种状况，应试验达到额定值的短路电流引发的最大热应力和动态应力的电路：

1. 不依赖于短路保护电器（SCPD）。应用额定峰值耐受电流和额定短时耐受电流在规定的持续时间内对成套设备进行试验。
2. 依赖于成套设备中进线短路保护电器（SCPD）。应用预期进线短路电流在进线短路保护电器限定的时间内对成套设备进行试验。
3. 依赖于上一级短路保护电器（SCPD）。应用初始制造商确定的上一级短路保护电器允许的值对成套设备进行试验。

如果进线或出线电路包括一个可以降低故障电流峰值和/或故障电流持续时间的短路保护电器（SCPD），则允许在短路保护电器（SCPD）动作，切断故障电流（额定限制短路电流lcc）情况下进行电路试验。如果短路保护电器（SCPD）包含有可调短路脱扣器，则应设定在最大允许值。

每一种类型的电路应抽出一台按6.16.2.3.2到6.16.2.3.5中所描述那样承受短路试验。

* + - * 1. 出线电路

出线电路的出线端子应用螺栓进行短路连接。当出线电路中的保护器件是一个断路器时，试验电路可包括一个分流电阻器与电抗器并联来调整短路电流。

对于额定电流小于或等于630 A的断路器，在试验电路中，导线长度应为0.75 m，截面积应适于额定电流的导线（见表25和表26）。如果由初始制造商选定，则可以选用长度小于0.75 m的导线连接。

开关器件应闭合，同工作中正常使用那样保持闭合状态。然后应一次施加试验电压并且：

1. 试验电压应维持足够长的时间，使出线单元的短路保护电器动作以消除故障，且在任何情况下，不得少于10个周期（试验电压持续时间），或
2. 当出线电路不包括短路保护电器（SCPD）时，根据初始制造商对母线的说明来确定短路电流的大小和持续时间，出线电路的试验也可能导致进线电路SCPD动作。
   1. 用于额定电流为400A及以下的铜试验导线

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 额定电流的范围a  A | 导线截面积 b，c | |
| mm2 | AWG/MCM |
| 0 8  8 12  12 15  15 20  20 25  25 32  32 50  50 65  65 85  85 100  100 115  115 130  130 150  150 175  175 200  200 225  225 250  250 275  275 300  300 350  350 400 | 1.0  1.5  2.5  2.5  4.0  6.0  10  16  25  35  35  50  50  70  95  95  120  150  185  185  240 | 18  16  14  12  10  10  8  6  4  3  2  1  0  00  000  0000  250  300  350  400  500 |
| a 额定电流值应大于第一栏中的第一个值，小于或等于此栏中的第二个值。  b 为了便于试验，经过制造商同意后，对标注的额定电流可采用小于给定值的试验导线。  c 可使用规定的两种导体中的一种。 | | |

* 1. 用于额定电流为400 A到4000 A的铜试验导线

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 额定电流的范围a  A | 试验导线 | | | |
| 电缆 | | 铜母排b | |
| 数量 | 截面积  mm2 | 数量 | 尺寸  mm(W х D) |
| 400～500 | 2 | 150 | 2 | 30×5 |
| 500～630 | 2 | 185 | 2 | 40×5 |
| 630～800 | 2 | 240 | 2 | 50×5 |
| 800～1 000 |  |  | 2 | 60×5 |
| 1 000～1 250 |  |  | 2 | 80×5 |
| 1 250～1 600 |  |  | 2 | 100×5 |
| 1 600～2 000 |  |  | 3 | 100×5 |
| 2 000～2 500 |  |  | 4 | 100×5 |
| 2 500～3 150 |  |  | 3 | 100×10 |
| 3 150～4 000 |  |  | 4 | 100×10 |
| a 额定电流值应大于第一个值，小于或等于第二个值。  b 母排是将其长面（W）垂直排列的。如果制造商有规定，也可将其长面（W）水平排列。母排可以覆盖涂层。 | | | | |

* + - * 1. 进线电路和主母线

应对有主母线的成套设备进行试验，以检验主母线和至少含一个拟向外延伸母线接点的进线电路的短路耐受强度。试验中短路点应该选择包括主母线长度在内的长度为2±0.4 m处。在验证额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流时，此距离可增加，在所提供的任何适宜的电压下进行试验，应使试验电流为额定值。如所设计的成套设备的被试验母线长度小于1.6 m，而且成套设备不打算再扩展时，则应试验整个母线的全长，短路点应设在这些母线的末端。如果一组母线是由不同母线段构成（诸如截面，导体中心线间隔，母线类型和每米母线上支架的数量）且满足上面所提的条件，则每一柜架单元应分别或同时进行试验。

* + - * 1. 出线单元电源侧的连接

如果成套设备的主母线和出线功能单元电源侧之间所包含的导体，包括配电母线（如果有）当其选择与安装不能使得其在相间或相对地之间内部短路可能性极小时，则每种类型应选择一条电路进行附加试验。

用螺栓将导体连接到单独的出线单元的母线上来实现短路，短路点应尽量靠近出线单元母线侧的端子。短路电流值及其持续时间应与主母线相同。

* + - * 1. 中性导体

如果电路中存在中性导体，则应进行一次试验以检验它与电路中最靠近的相导体（包括任何一个连接点）的短路耐受强度。应按照6.16.2.3.3的要求进行相与中性点的短路连接。

如果初始制造商与用户没有其他协议，则中性导体的试验电流至少为三相试验时相电流的60 %。

如果试验电流是相电流的60%并且中性导体满足以下条件，则可不必进行试验：

1. 与相导体有相同的形状和截面；
2. 与相导体的支撑方式相同，沿导体长度的支撑间距不大于相导体的支撑间距；
3. 与最靠近相导体的距离不小于相导体间的距离；
4. 与接地金属工件的距离不小于同相导体的距离。
   * 1. 短路电流值及其持续时间

应在指定保护器件的电源侧，用对所有短路耐受额定数据的预期电流进行动态应力和热应力的验证。若有的话，预期电流等于给出的额定短时耐受电流、额定峰值耐受电流或额定限制短路电流。

对于所有短路耐受额定数据的验证，在试验电压等于1.05倍额定工作电压时的预期短路电流值应由标定的示波图来确定，该示波图从成套设备供电的导体上测得，该成套设备用一个可以忽略的阻抗所替代，并在尽可能靠近成套设备的输入电源处进行短接。示波图应显示出一个在成套设备内相当于保护器件动作一次时或在指定持续时间内测出的稳定的电流值。

标定过程中的电流值应是所有相中交流分量的平均有效值。当在最大工作电压下进行试验时，每一相的标定电流应等于额定短路电流，偏差在+5%至0%之内，而且功率因数的偏差为0.00至-0.05之间。

所有试验应在成套设备的额定频率（偏差±25%）及按表27的短路电流对应的功率因数下进行。

1. 对于额定限制短路电流Icc试验，无论保护器件是在成套设备的进线单元或是其他地方，试验电压的施加时间应足够长，以确保短路保护电器动作，并清除故障。在任何情况下，不应少于10个周波。试验应在1.05倍额定工作电压和预期短路电流下进行，如果有规定的保护器件接到电源侧，则预期电流值等于额定限制短路电流值。试验不允许在低电压下进行。
2. 对于额定短时耐受电流和峰值耐受电流的试验，用宣称的额定短时耐受电流和峰值耐受电流值相等的预期电流进行动态应力和热应力验证。应在规定时间内施加电流，此期间其交流分量的有效值应保持不变。
   1. 系数na的值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 短路电流的有效值kA | cosφ | n |
| I ≤5  5＜ I ≤10  10＜ I ≤20  20＜ I ≤50  50＜ I | 0.7  0.5  0.3  0.25  0.2 | 1.5  1.7  2  2.1  2.2 |
| a 表中的值适于大多数用途。在某些特殊的场合，例如在变压器或发电机附近，功率因数可能更低。因此，最大的预期峰值电流就可能变为极限值以代替短路电流的有效值。 | | |

如在最大工作电压下进行短时或峰值耐受试验有困难的情况下，可按6.16.2.3.3、6.16.2.3.4和6.16.2.3.5规定，在任何合适的电压下进行试验（征得初始制造商同意）。此时的实际试验电流应等于额定短时耐受电流或峰值耐受电流。然而，如果在试验期间出现保护器件发生瞬时触点分离，则应在最大工作电压下重复试验。这一点应在试验报告中说明。

由于试验条件的限制，允许采用不同的试验周期，在此情况下，试验电流应依据公式 I2t＝常数 进行修正，但如果没有初始制造商的同意，峰值不得超过额定峰值耐受电流，而且短时电流有效值至少有一相在电流起始后的0.1 s应不小于额定值。

短时电流试验和峰值耐受电流试验可分别进行。在此情况下，峰值耐受电流试验时施加短路电流的时间，应使I2t值不大于短时电流试验的相应值，但它不得小于3个周波。

若不能达到各相要求的试验电流，经初始制造商同意可超出正偏差。

* + 1. 试验结果

试验后，如果同时满足以下要求，则认为低压成套开关设备通过了短路强度试验。如有疑问，则应检查装入成套设备内的元器件是否符合有关规范。

1. 试验后，如电气间隙、爬电距离仍符合规定，则母线和导体所出现变形是可以接受的。 此时对电气间隙和爬电距离有疑问，应进行测量；
2. 绝缘性能满足相关成套设备标准的要求，母线绝缘件、支撑件或电缆固定件不能分成两块或多块，且在支撑件的任何表面不能出现裂缝；
3. 导线的连接部件不应松动，导线不应从输出端子上脱落;
4. 成套设备的母线或结构的变形使其正常使用受到损害，应视为失效;
5. 成套设备的母线或结构的任何变形使可移式部件正常插入或移出受到损害，应视为失效;
6. 由于短路引起的外壳或内部隔板、挡板和屏障的变形是允许，只要没有明显的削弱其防护等级，电气间隙或爬电距离没有减小到小规定的值以下;
7. 检测故障电流的熔体不应熔断。
8. 示波图中应标注每相电流的有效值、峰值。基本信息应包括申请编号、型号、额定电压、试验电压、试验电流参数、功率因数、测试点、每相的能量、通电时间、示波图编号。
   * 1. 保护电路试验
        1. 通则

本试验不适用于6.16.1所述的电路。

单相试验电源一极连接到一相的进线端子上，另一极连接到进线保护导体的端子上。如果成套设备带有单独的保护导体，应使用最靠近的相导体。对于每个代表性的出线单元，应进行单独试验，即用螺栓在单元的对应出线相端子与相关的出线保护导体的端子之间进行短路连接。

试验中的每个出线单元应配有其保护器件，可将保护器件装入出线单元，应使用可通过最大峰值电流值和I2t值的保护器件。

对于此项试验，成套设备的框架应与地绝缘。试验电压应等于1.05倍额定工作电压的单相值。除非初始制造商与用户另外达成协议，保护导体试验电流值至少应是成套设备三相试验期间相电流的60%。

此项试验的所有其他条件应与6.16.2至6.16.3中的条件相似。

* + - 1. 试验结果

试验后，如果同时满足以下要求，则认为低压成套开关设备通过了保护电路试验。

1. 无论是由单独导体或是由框架所组成的保护电路，其连续性和短路耐受强度不应遭受严重破坏。除目测检查外，还可用对相关出线单元通以额定电流的方法进行测量，以验证上述结果。
2. 由于短路引起的外壳或内部隔板、挡板和屏障的变形是允许的，只要没有明显的削弱其防护等级，电气间隙或爬电距离没有减小到小于规定的值以下。

试验前后，在进线保护导体端子与相关的出线保护导体端子间测量电阻比较以验证是否符合这一条件。

1. 当把框架作为保护导体使用时，只要不影响电的连续性，而且邻近的易燃部件不会燃烧，那么连接点处出现的火花和局部发热是允许的。
2. 示波图中应标注电流的有效值、峰值。基本信息应包括申请编号、型号、额定电压、试验电压、试验电流参数、功率因数、测试点、每相的能量、通电时间、示波图编号。
   1. 电磁兼容性（EMC）

按 GB/T 7251.12—2013 中10.12的规定，并做如下补充：

试验环境条件为A类环境（超出范围参照A类环境执行），试验对象为含电子电路的成套设备，试验项目应包括但不限于：

1. 静电放电抗扰度试验；
2. 射频电磁场抗扰度试验；
3. 电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验；
4. 浪涌试验抗扰度；
5. 射频传导抗扰度试验；
6. 工频磁场抗扰度试验；
7. 电压暂降和中断抗扰度试验；
8. 发射试验。
   1. 功能试验
      1. 一般要求

应在电磁兼容性试验期间和试验后分别进行系统功能测试。

首先连接好系统所有的控制设备。在电磁兼容性试验期间和试验后应分别通过上位机进行系统操作，按GB/T 7251.8-2020中8.2条的要求测试系统的功能。通过上位机的参数及功能记录应包括以下方面，如适用：

1. 设定任意一路进出线断路器的保护特性参数；任意设定一路电机控制回路的保护参数，如电机过载倍数(或实际电流值)、电机启动控制方式(试验条件允许时)；
2. 通过上位机对试验回路进行试验操作；
3. 包含有软起动器、调速器的系统控制器应带电机进行启动、调速、制动、正常运行的试验；
4. 试验中记录任意两个回路的电流、电压值；
5. 其他制造商产品中提供的功能要求。

以上参数记录或功能应与柜体上仪表或开关显示的参数或功能一致，有一项不符合可判定为产品功能不合格。

* + 1. 功能要求
       1. 遥调功能

成套设备系统中动力中心应能通过上位机远程调节各从站设定值，特性曲线等。如对某一回路框架断路器进行参数设定等。

* + - 1. 遥测功能

通过上位机远程测量各回路、各从站(控制单元)的参数：

1. 主进线电路:三相电流、三相电压(相电压/线电压)、有功功率、有功电能、无功电能、谐波THD、开关分合次数、跳闸次数、短路分断电流等；
2. 配电电路:三相电流、三相电压(相电压/线电压)、有功电能、无功电能、谐波THD、开关分合次数、跳闸次数、短路分断电流等；
3. 动力照明:三相电流、谐波THD、开关分合次数、跳闸次数、短路分断电流等；
4. 电动机电路:三相/单相电流、三相电压(相电压/线电压)、电机温度、功率因数、有功功率、启动次数和时间间隔、运行时间、电动机热容量、脱扣时间、复位时间、触头温度、接触器控制电压等；
5. 补偿电路:三相电压(相电压/线电压)、功率因数等；
6. 其他:电网频率、谐波、柜内关键点的温度信息、柜内环境的温度/烟雾/气味信息、故障波形捕捉、故障定位分析等。

具体可遥测的参数应根据用户需要确定。可遥测的各电量参数准确度由成套设备制造商与用户之间协商确定，准确度等级应不低于1.0级。

* + - 1. 遥控功能

通过上位机对各从站实现以下控制功能:

1. 主进线电路:控制开关的分闸、合闸；
2. 配电电路:控制开关的分闸、合闸；
3. 电动机控制电路:电动机的启动、制动等操作；
4. 补偿电路:能进行自动补偿。

具体可遥控的功能应根据用户需要确定。

* + - 1. 遥信功能

通过上位机提供系统的各种信息资源：

1. 网络通信状态、开关状态、报警、故障标识、电动机回路操作次数/运行时间等；
2. 各类信息资源查询、记录、日记报表等；
3. 电能管理、成本分析，电能质量和负荷分析等；
4. 采用RS232、RS485通信接口时传输速率宜优先选用 2400 bit/s、 9600 bit/s、19200 bit/s，采用以太网接口传输速率宜优先选用10/100 Mbit/s。

具体可遥信的功能应根据用户需要确定。

* 1. 电弧故障试验

电弧故障试验应在其它所有试验项目全部完成后进行，电弧故障试验的方法及要求详见附录B。

* 1. 低压成套无功功率补偿装置增加的试验
     1. 工频过电压保护试验

对自动控制投切的无功功率补偿控制装置，应设有工频过电压保护，保护动作电压至少在1.1倍～1.2倍无功功率补偿控制柜的额定电压间可调。

给装置接上电源，将电容器投切开关闭合，保护动作电压至设定值，过电压保护器件应将电容器支路断开。

做本项试验时，根据电容器情况，考虑安全，可以先将电容器拆除，然后再给装置接上电源。

过电压保护设施在60 s内将所有电容器支路与电源断开，则认为本项试验通过。

* + 1. 涌流试验

试验时，先将其余电容器全部通以额定电压，待工作稳定后，检测投入最后一组电容器时电路中的涌流值。随机投入试验应不少于20次，采用半导体电子开关或复合开关投切电容器的涌流值不大于该组电容器额定电流的3倍，采用电子开关投切电容器的涌流值不大于该组电容器额定电流的50倍。

* + 1. 动态响应时间检测（适用于采用复合开关或半导体电子开关投切的装置）

按 GB/T 15576—2020中9.17的规定，并做如下补充：

首先装置设置在自动工作状态下，给样品施加额定电压，在主电路中投入大于设定值的感性负荷，检测感性负荷电压的变化，并记录该时刻为T1,同时检测电容器投入的电流变化，记录补偿电容器输出电流发生变化的时刻T2，则T2-T1为样品投切的动态响应时间T，试验做3次取最长时间T值。

T满足下述要求时，则此项试验通过：

1. 采用复合开关作为投切装置时，复合开关的响应时间应≤100 ms；
2. 采用半导体电子开关作为投切装置时，半导体电子开关本身的响应时间应≤50 ms；
3. 全系统（整柜）投切响应时间应≤300 ms。
   * 1. 投切试验

投切试验在不同容量的电容器、SVG（如有）上进行，各支路电容器投切次数不少于50次，总投切次数不少于100次，并记录同一时间每相电压、电流的波形。投切动作正确率应≧98 %，即每次合闸、分闸循环操作时的角度偏差均应在规定范围内，则此项试验通过。检测报告中应至少提供每组电容器投切试验开始、中间、结束时各3次、投切最大偏差值和投切最小偏差值各1次共计11个波形图。

注1：SVG投切时，合闸角度、分闸角度偏差不作统一要求（记录的示波图中也不作要求提供实测结果即可）；

注2：三相共补电容器投切时， B相电压、电流波形以及合闸、分闸角度偏差不作统一要求，提供实测结果即可。

* + 1. 放电试验

分别在不同容量的电容器上进行，用直流法将电容器组充至额定电压的峰值，然后接通放电装置，测量电压下降至50 V所经历的时间≤3 min时，则此项试验通过。

* + 1. 噪声测试（适用于有抑制谐波和滤波功能的装置）

按 GB/T 3768 规定的方法进行测试，有抑制谐波和滤波功能的装置在正常工作时产生的噪声，自冷式装置的噪声应≤60 dB(A声级)；风冷式装置的噪声应≤65 dB(A声级)。

* + 1. 抑制谐波或滤波功能验证（适用于有抑制谐波或滤波功能的装置）

按 GB/T 14549—1993 附录D的规定，分别监测并记录抑制谐波或滤波功能单元投入运行之前及抑制谐波或滤波功能单元投入运行之后的谐波电压值或/和谐波电流值；

有抑制谐波功能的装置，验证装置的抑制谐波单元通电后能否正常工作，根据装置提供的抑制谐波技术参数，先测量补偿前系统谐波电流值，然后在SVG的前端注入不少于按公式1所计算的谐波电流，再将装置（SVG）投入，并测量整柜入网端的谐波电流含量，此时系统的谐波电流含量不应大于补偿前系统谐波电流值，试验电路如图1所示。

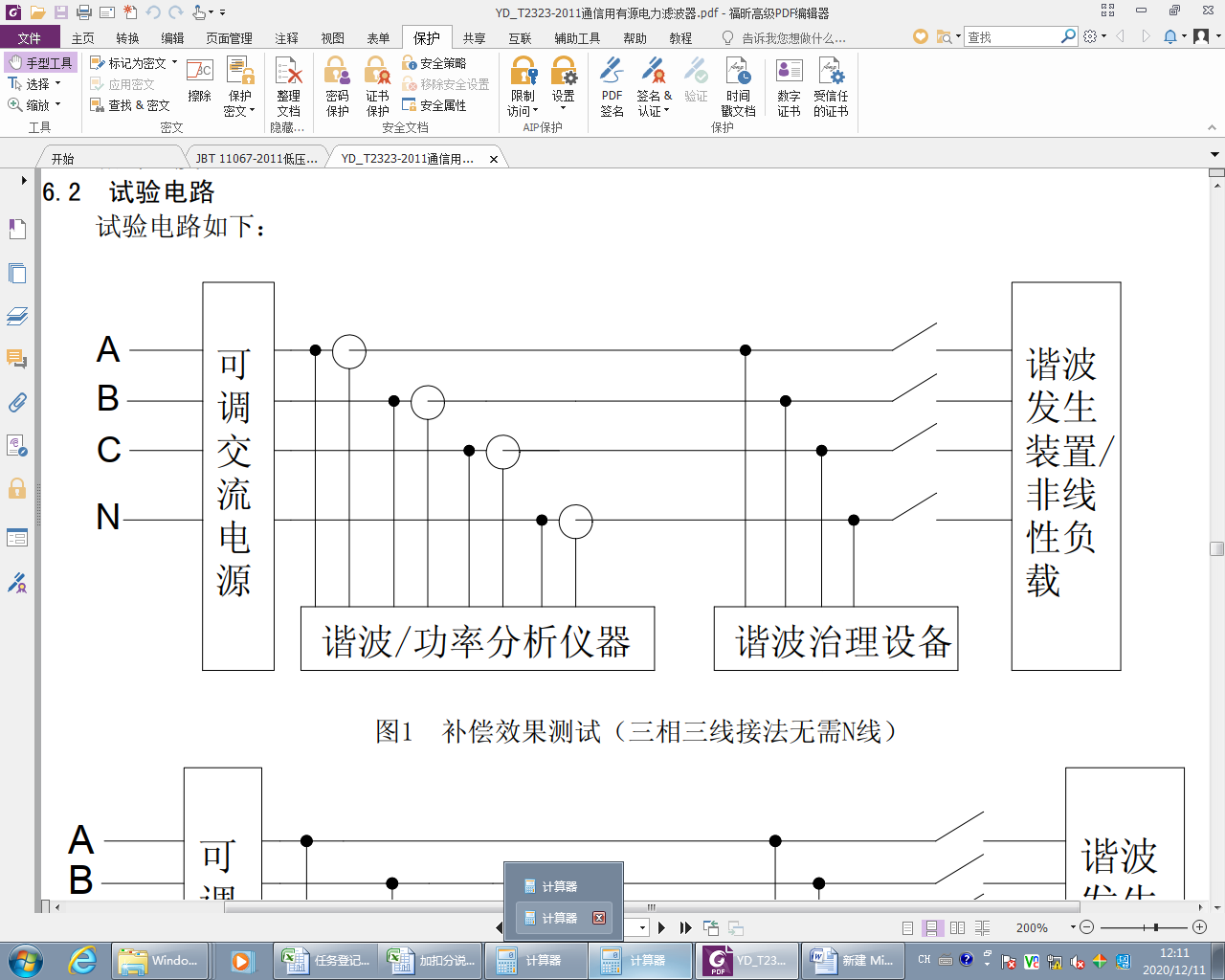
公式 1

式中：I—为测试时注入的最小谐波电流，单位：A

Q总— 为补偿柜中所配SVG总容量，单位：kvar

Un—为SVG的额定工作电压，单位：V

1. 计算时，Un的值统一为380V。
2. 以SVG总容量的25%投入谐波电流，通过试验之后，仅仅表明该补偿装置具备“有抑制谐波功能”，不具备“有滤波功能”；以整个补偿装置总容量的25%投入谐波电流，则通过试验之后，该补偿装置可称之为“有滤波功能”。



1. 补偿效果测试（三相三线接法无需N线）

有滤波功能的装置，应根据装置提供的滤波技术参数，验证装置的滤波单元通电后能否正常工作，施加不少于装置总补偿容量的25 %和以成套设备的额定工作电压为基准计算出的谐波电流，装置投入3 min后，系统的谐波含量减少到装置投入前的50%或是以上（≥50 ），则该补偿装置可称为“有滤波功能”；如果谐波含量未减少到装置投入前的50 %（<50 %），则仅仅表明该补偿装置具备“有抑制谐波功能”，不具备“有滤波功能”。

* + 1. 通电操作试验

试验前应先检查装置的内部连线，当所有接线正确无误后，在通以额定电压的85%和110%的条件下，各操作5次，所有电器元件的动作符合电路图的要求，各个电器元件动作灵活。有抑制谐波或滤波功能装置还应符合6.20.7的要求。

符合以上规定，则此项试验通过。

* + 1. 缺相保护试验（适用于有缺相保护的装置）

多于2条补偿支路的三相补偿装置宜设有缺项保护。

首先将装置电容器全部投入运行，将主电路或支路的任一相断开。缺相保护应保证当主电路缺相或支路缺相时，将全部或缺相支路电容器切除。

1. 随订货单、投标书和询问单一起提供的资料
   1. 应随订货单和询问单一起提供的资料。

在询问或者订购低压成套开关设备时，询问者应提供下列资料：

1. 系统特性：

额定电压、额定电流、额定频率。

1. 不同于本文件规定的使用条件（见第4章）；
2. 设备和元件的特性：
3. 设备的类别及型号；
4. 额定电压及额定绝缘水平；
5. 母线、进线和馈线柜的额定电流；
6. 额定短时耐受电流及短路持续时间；
7. 额定峰值耐受电流；
8. 各元件的额定参数；
9. 低压成套开关设备外壳、隔板的防护等级；
10. 对外壳（包括柜内、外表面）防锈涂料着色的要求；
11. 无功功率补偿柜电容器容量（如有）；
12. SVG容量（如有）。

除这些项目外。询问者应指出可能影响到投标和订货的每一种情况，例如特殊的装配和安装条件、特定的尺寸等。

如果要求进行特殊的设计验证，应提供详细要求及说明。

* 1. 投标时应提供的资料

如果适用，制造厂应采用文字叙述加图形的方式给出以下资料：

1. 8.1中c）所列举的额定值和特性；
2. 照要求提供设计验证报告或证书；
3. 结构特性，例如：
   1. 最重运输单元的质量；
   2. 设备的外形尺寸；
   3. 外部引出线的布置安装方式；
   4. 运输和安装的工具（如有）；
   5. 产品说明书。
4. 运输、储存、安装、运行和维护规则

按 GB/T 11022—2020第11章的规定。

2. （规范性）  
   温升验证
   1. 低压成套开关设备温升验证
      1. 总则

低压成套开关设备的温升极限值不应超过GB/T 7251.1—2013中9.2的规定。

低压成套开关设备的温升试验参照GB/T 7251.1—2013中10.10和GB/T 7251.1—2013中附录O的规定，并应符合本附录要求，其相关试验条件见A.1.2。

温升试验时使用的外接导体的尺寸、布置方式、试验电流、温升布点位置等应采用照片及示意图的形式详细记录并载入试验报告中。

温升试验分两种验证方式：单柜试验和由多个单柜组合成的组合柜试验（以下简称组合柜试验）。

* + 1. 试验条件

外壳应完整，成套设备应按正常使用时放置，所有覆板包括底板都应就位。柜门应保持闭合，电缆接口处应按使用状态予以封闭，确保温升试验期间其外壳防护等级不应降低；抽屉柜、固定分隔柜温升试验时，应保持功能单元及其内的元器件状态一致，即在温升试验前和温升试验后的状态应保持与电弧故障试验前的状态一致，如不一致,则电弧故障试验前应重新进行温升试验。

试验时，温升试验区域不应有热辐射、热对流影响，例如：阳光照射、空调出风口影响试验。试验室空间应足够大；温升试验时室内的周围空气温度+10 ℃～+40 ℃；试验环境应无明显的空气流动，风速不大于1 m/s。水平母线额定电流4 000 A以下风机不允许启动。

* + 1. 试验方法
       1. 通用要求

按GB/T 7251.1—2013附录O中O.3.2方法a）规定进行温升试验。成套设备的进、出线电路应通以额定电流, 即等效额定分散系数为1.0。

如果进线电路或配电母线系统的额定电流小于所有出线电路额定电流的总和，出线电路应根据进线电路或配电母线系统的额定电流分成几组。分组形式应能获得最高可能的温升。应形成足够多的组并进行试验，以保证至少在一个组中包含功能单元的所有不同的方案，并且：

1. 单柜或组合柜进行温升试验时，以配电母线（垂直母线）的额定电流为基准，确保在不超过配电母线额定电流值的情况下，每个出线电路在最严酷的负载电流工况下进行温升试验，即在柜门全部关闭、风机（如有）不启动。采用以下两种接线方式：

①.进线开关进线端直接短接条件下（不得有延长母排）进行，其电源侧的连接母线按A.1.3.2中a)、b)、c)的规定执行，负荷侧的短接点距负荷侧出线端口为300±10 mm；

②. 出线开关出线端接入负载条件下，电源侧和负载侧的接线按A.1.3.2中a)、b)、c)的规定执行；

1. 若出线电路电流之和小于总输入电流，则应在进线电路母线（水平母线）上补偿额外负载，确保试验时进线电路处于额定电流值。

各回路的温升试验应采用设计的频率和预期的电流类型，任何试验电压值应能产生所需电流。应对继电器线圈、接触器线圈、脱扣器线圈等施加额定工作电压。

试验持续的时间应足以使温度上升到稳定值。实际上当所有的测试点（包括周围空气温度）温度变化不超过1k/h时，即认为达到了稳定温度。

实际进线试验电流的平均值应在预期值的0%～+3%之间，每相电流应在预期值的±5%范围内。

如果低压开关柜中包含有熔断器，试验时应按照制造商的规定配备熔断体。试验所用的熔断体的功率损耗应载入试验报告中。熔断体的功率损耗可由测量得到，也可由熔断体制造商给出。

* + - 1. 试验导体

温升试验应使用符合GB/T 7251.1—2013标准要求的试验导体, 试验额定电流（400 A～4 000 A）与试验导线截面对应关系，见表A.1和表A.2。并做如下补充：

1. 额定电流值 400 A以下(含400 A) ：

1) 导线应使用单芯铜电缆或绝缘线，其截面积按标准中表25选取;

2) 导体应尽可能暴露在大气中；

3) 临时接线的每根外接导体最小长度应是：

——当截面小于或等于35 mm2时，长度为1 m；

——当截面大于35 mm2时，长度为2 m。

1. 额定电流值高于400 A，但不超过800 A时

1) 根据制造商的建议，导体应是单芯铜电缆，其截面积在标准中表26给出，或者是等效于表A.2中给出的铜母排截面积。

2) 电缆或铜母排的间隔大约为端子之间的距离。每个端子的多条平行电缆应捆在一起，相互间的空隙大约为10 mm。每个端子的多条铜排之间的空间距离大约等于母排的厚度。如果所要求的母排尺寸不适合端子连接或没有这种尺寸的母排， 则允许采用截面积大致相同，冷却面积大致相同或略小一些的其它母排。电缆或母排不应交叉。

3) 对于单相或多相试验，连接试验电源的临时接线的最小长度为2 m。连接中性点的临时接线的最小长度可减少到1.2 m。

1. 额定电流值大于800 A 但不超过2 500 A时:

1) 导体应是标准中表A-2规定尺寸的铜母排，除非成套设备的设计规定只能用电缆。但在这种情况下，电缆的尺寸和布置应由制造商给出。

2) 电缆或铜母排的间隔大约为端子之间的距离。每个端子的多条平行电缆应捆在一起，相互间的空隙大约为10 mm。每个端子的多条铜排之间的空间距离大约等于母排的厚度。如果所要求的母排尺寸不适合端子连接或没有这种尺寸的母排， 则允许采用截面积大致相同， 冷却面积大致相同或略小一些的其它母排。电缆或母排不应交叉。

3) 对于单相或多相试验，连接试验电源的任何临时接线的最小长度为3 m，但如果连接线电源末端的温升低于连接导体中点的温升，且不超过5 K，那么连接线长度可减少到2 m。

1. 当试验电流在4 000 A～6 300 A时，试验导线的截面积由制造商提供。

低压成套开关设备与试验导体的连接应使用制造商规定的力矩的110%或表A.1规定（取其大者）进行紧固。

* 1. 试验导体连接用螺纹直径和拧紧力矩

| 螺纹直径（mm） | | 拧紧力矩（N.m） | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 米制标准值 | 直径范围 | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| 1.6 | Φ≤1.6 | 0.05 | 0.1 | 0.1 |
| 2.0 | 1.6＜Φ≤2.0 | 0.1 | 0.2 | 0.2 |
| 2.5 | 2.0＜Φ≤2.8 | 0.2 | 0.4 | 0.4 |
| 3.0 | 2.8＜Φ≤3.0 | 0.25 | 0.5 | 0.5 |
| 3.0＜Φ≤3.2 | 0.3 | 0.6 | 0.6 |
| 3.5 | 3.2＜Φ≤3.6 | 0.4 | 0.8 | 0.8 |
| 4 | 3.6＜Φ≤4.1 | 0.7 | 1.2 | 1.2 |
| 4.5 | 4.1＜Φ≤4.7 | 0.8 | 1.8 | 1.8 |
| 5 | 4.7＜Φ≤5.3 | 0.8 | 2.0 | 2.0 |
| 6 | 5.3＜Φ≤6.0 | 1.2 | 2.5 | 3.0 |
| 8 | 6.0＜Φ≤8.0 | 2.5 | 3.5 | 6.0 |
| 10 | 8.0＜Φ≤10.0 | — | 4.0 | 10.0 |
| 12 | 10＜Φ≤12 | — | — | 14.0 |
| 14 | 12＜Φ≤15 | — | — | 19.0 |
| 16 | 15＜Φ≤20 | — | — | 25.0 |
| 20 | 20＜Φ≤24 | — | — | 36.0 |
| 24 | 24＜Φ | — | — | 50.0 |
| 1. 第Ⅰ列：适用于拧紧时不突出孔外的无头螺钉和不能用刀口宽度大于螺钉根部直径的螺丝刀拧紧的其它螺钉；第Ⅱ列：适用于用螺丝刀拧紧的螺钉和螺母；第Ⅲ列：适用于不可用螺丝刀来拧紧的螺钉和螺母。 | | | | |

* + 1. 试验电流的施加
       1. 施加原则

试验电流在馈线中的分配应选择对散热方面最不利的情况进行。

* + - 1. 单柜温升试验

以低压开关柜典型设计方案分单柜单回路和单柜多回路两种典型方案，见图A.1、A.2。

|  |  |
| --- | --- |
| 单柜单回路额定电流为1 600 A电路示意 | 试验电流分配值（单位：A） |
|  | |  |  | | --- | --- | | 进线额定电流 | 出线电路 | | 1 600 A | 1 600 A | |

* 1. 典型单柜单回路电路示意及试验电流分配值示例图

|  |  |
| --- | --- |
| 单柜多回路额定电流400 A时电路示意 | 试验电流分配值（单位：A） |
|  | |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 电流分配方案 | 进线额定电流 | 出线电路 | 回路 | | 电流分配方案1 | 400 A | 200 A | P2-1 | | 200 A | P2-2 | | 0 | P2-3 | | 0 | P2-4 | | 电流分配方案2 | 400 A | 0 | P2-1 | | 200 A | P2-2 | | 100 A | P2-3 | | 100 A | P2-4 | |

* 1. 典型单柜多回路电路示意及试验电流分配值示例图
     + 1. 组合柜温升试验

以2 500 A进线柜和馈线柜组合方案为例，对各元器件温升试验时所施加的实际试验电流值进行举例说明，如图A.3，电流分配方案示例见表A.2。



* 1. 电路示意图
  2. 电流分配方案示例表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 电流分配方案 | 进线额定电流 | 出线电路 | 回路 |
| 电流分配方案1，馈线柜2垂直母线分配1 600 A，馈线柜3垂直母线分配900 A | 2 500 A | 630 A | P2-1 |
| 630 A | P2-2 |
| 340 A | P2-3 |
| 250 A | P3-1 |
| 250 A | P3-2 |
| 400 A | P3-3 |
| 电流分配方案2，馈线柜2垂直母线分配1 600 A，馈线柜3垂直母线分配900 A | 2 500 A | 340 A | P2-1 |
| 630 A | P2-2 |
| 630 A | P2-3 |
| 250 A | P3-1 |
| 250 A | P3-2 |
| 400 A | P3-3 |
| 电流分配方案3，馈线柜2垂直母线分配900 A，馈线柜3垂直母线分配1 600 A | 2 500 A | 630 A | P2-1 |
| 270 A | P2-2 |
| 250 A | P3-1 |
| 250 A | P3-2 |
| 400 A | P3-3 |
| 400 A | P3-4 |
| 300 A | P3-5 |
| 电流分配方案4，馈线柜2垂直母线分配900A，馈线柜3垂直母线分配1600A | 2 500 A | 630 A | P2-1 |
| 270 A | P2-2 |
| 400 A | P3-3 |
| 400 A | P3-4 |
| 400 A | P3-5 |
| 400 A | P3-6 |

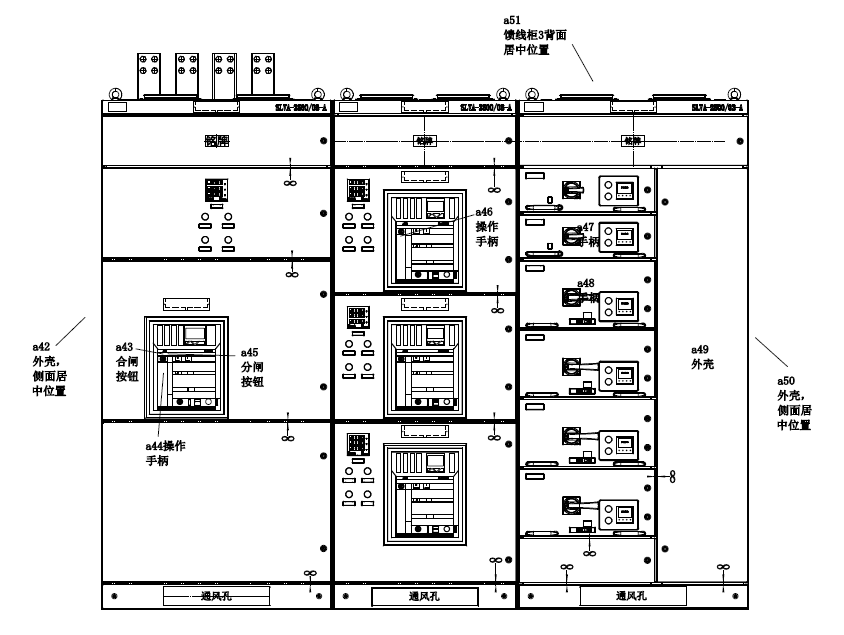
* + 1. 温度的测量

温度按以下要求测量：

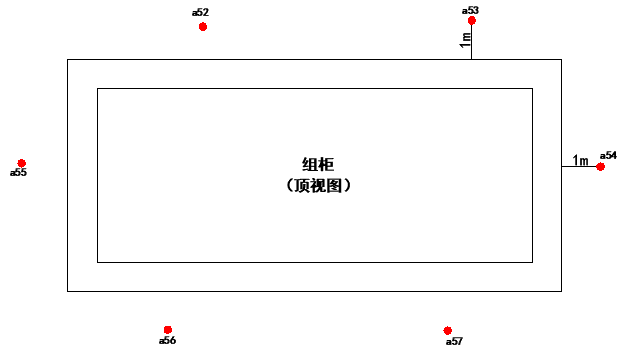
1. 应使用热电偶或温度计来测量温度。
2. 温度测量仪器应在需要进行温升试验前进行自校准或准确性核查。在需要连续进行多次温升试验时，如未发生过热电偶端子从测量部位脱落或移除后再次将热电偶布置在测量部位的操作，中途可不必进行自校准或核查。对热电偶进行准确性核查，可采用将需要核查的热电偶同备用的2～3个热电偶同时测量冰水混合物的方式进行。
3. 测量用的热电偶导线宜采用直径0.320 mm～0.511 mm之间的导线。热电偶接头应与待测部件表面紧密接触，以达到与被测部件相同的温度。
4. 应对必须观测温升限值的所有测量点进行温度测量，特别是主回路中的导体和端子连接点和用于连接外部绝缘导线的端子。
5. 测量周围空气温度时，针对组合柜应使用6个热电偶均匀地布置在成套设备的周围，取其平均值作为环境温度，其高度约1.1 m，并距离设备1.0 m的地方安装（见图A.6中a51～a56示意），其测量端应浸入盛有不少于500 mL的25号变压器油的玻璃瓶或金属瓶中。针对单柜，测量周围空气温度时，可减少为4个热电偶布置点（见图A.6中a51、a53、a54和a56示意），其它要求同组合柜。
6. 图A.4～A.6给出了由典型进线柜馈线柜组成的组合柜按上述电流分配方案试验时各测温点布置示意，单柜温升试验时各测温点布置可参照执行。



* 1. 水平母线电流为2 500 A的组合柜柜内温升布点示意图



* 1. 组合柜柜体表面温升布点示意图



* 1. 组合柜周围空气温度布点示意图
     1. 测试结果判定

试验至温升稳定后，各部位温升不超过表A.3和表A.4的规定值时，则认为成套设备通过了该温升试验。

* 1. 成套设备温升限值

|  |  |
| --- | --- |
| 成套设备的部件 | 温升K |
| 内装元件a | 根据各个元件的相关产品标准要求，或根据元件制造商的说明书f，考虑成套设备内的温度。 |
| 用于连接外部绝缘导线的端子 | 70b |
| 母线和导体 | 受下述条件限制f：  ——导电材料的机械强度g；  ——对相邻设备的可能影响；  ——与导体接触的绝缘材料的允许温度极限；  ——导体温度对与其相连的电器元件的影响；  ——对于接插式触点，接触材料的性质和表面的加工处理。 |
| 操作手柄  ——金属的  ——绝缘材料的 | 15c  25c |
| 可接近的外壳和覆板  ——金属表面  ——绝缘表面 | 30d  40d |
| 分散排列的插头与插座连接 | 由组成部件的相关设备的那些元件的温升极限而定e |
| 注1：当超过105K时，铜很容易产生退火。其它材料应该有不同的最大温升值。  注2：本表中给出的温升限值要求在使用条件下（见GB/T 7251.1中7.1）周围空气平均温度不超过35 ℃。在验证过程中，允许有不同的环境温度（见GB/T 7251.1中10.10.2.3.4）  注3：本文件中涉及到的承载主回路电流的接插件的温升限值按70 K执行。  注4：母排搭接面有镀层时，其镀层厚度应≥3 μm，且具有良好附着力，附着力划格法试验后应无镀层剥落。其中，镀层厚度测量采用金相法测量时，取样并制作样块1块，样块断面应垂直，沿显微断面长度均匀取5个测量点，每个测量点至少测量2次，取其平均值，5组值的算术平均值为最终厚度值；亦可采用或直接读取法进行测量；镀层的附着力采用划格和粘接法共同试验，镀层测试铜排由制造商提供，数量不少于2件，100 mm≤样块长度≤300 mm，试验时，在样块平面上划边长为1.0 mm的方格（应划透镀层），方格数不得少于9个，然后用透明胶带一端沿样块长度方向均匀粘牢在划好的方格上，把样块固定牢固，再用力反向将透明胶带撕开，撕开后镀层应无剥落现象，否则为不合格。 | |
| a“内装元件”一词指：  ——常用开关设备和控制设备；  ——电子部件（例如： 整流桥、印制电路）；  ——设备的部件（例如： 调节器、稳压电源、运算放大器）。  b 温升极限为70 K是根据GB/T 7251.1中10.10的常规试验而定的数值。在安装条件下使用或试验的成套设备，由于接线、端子类型、种类、布置与试验所用的不尽相同，因此端子的温升会不同，这是允许的。如果内装元件的端子同时也是外部绝缘导线的端子，则可采用较低的温升极限值。温升限值是元件制造商规定的最大温升和70 K之间的较小值。缺少制造商说明书时，它是内装元件产品标准规定的限值，且不超过70 K。  c 那些只有在成套设备打开后才能接触到的成套设备内的手动操作机构，例如：不经常操作的抽出式手柄，其温升极限允许提高25 K。  d 除非另有规定，在正常工作情况下可以接近但不需触及的外壳和覆板，允许其温升提高10 K。距离成套设备基座2 m以上的外表面和部件可认为是不可触及的。  e 就某些设备（如电子器件）而言，它们的温升限值不同于那些通常的开关设备和控制设备，因此有一定程度的灵活性。  f 对于按照GB/T 7251.1第10.10的温升验证，须由初始制造商在考虑元件制造商所采用的任何附加测量点和限值的基础上规定温升极限。  g 如满足列出的所有判据，裸铜母线和裸铜导体的最大温升不应超过105 K。 | |

* 1. 无功功率补偿柜温升验证
     1. 总则

除符合A.1.1规定外，补充如下规定：

1. 无功功率补偿柜温升试验在单柜上进行,试验过程中风机不得启动。
2. 除电容总容量不同外，其余内部装置和布局均一致的情况下，不同总容量等级的无功功率补偿柜温升试验遵循由大覆盖小的原则，如：360 kvar覆盖300 kvar及以下容量的温升。
   * 1. 试验条件

同A.1.2。

* + 1. 试验方法

同A.1.3。

* + 1. 试验电流的施加

试验电流在馈线中的分配应选择对散热方面最不利的情况进行。

应对电容器单元施加工频交流电压，在整个试验过程中，电压值应使电容器支路的电流不小于其额定电流，所有电容器应处于满容量工作状态。

* + 1. 温度的测量

符合A.1.5规定要求外，做如下补充：

温度测量点布置时，每种规格的电容器应至少布置1组测温点，且该测温点处于散热方面最不利的情况下，如：居中位置两个紧挨着的不同规格的电容器回路。

* + 1. 测试结果判定

符合表A.3和表A.5的规定限值时，则认为无功功率补偿柜通过了该温升试验。其中，表A.3中的母线和导体限值用表A.4替换。

* 1. 无功功率补偿柜母线固定连接处的温升限值

|  |  |
| --- | --- |
| 无功功率补偿柜的部件 | 温升K |
| 母线固定连接处：  裸铜-裸铜、裸铜-铜搪锡、裸铜-铜镀银  铜搪锡-铜搪锡、铜搪锡-铜镀银  铜镀银-铜镀银 | 60  65  70 |

* 1. 成套设备与无功功率补偿柜各具体测试点的温升限值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 测试点 | 允许温升（K） | 测试点 | 允许温升（K） |
| 成套柜 | 无功功率补偿柜 |
| 1 | 母排连接处 | 70 | 母排（裸铜）连接处 | 60 |
| 2 | 断路器进、出线端 | 70 | 母排（铜搪锡）连接处 | 65 |
| 3 | 主回路接插件 | 70 | 母排（铜镀银）连接处 | 70 |
| 4 | 分、合闸按钮 | 25 | 断路器进、出线端 | 70 |
| 5 | 操作手柄 | 25 | 刀熔开关进、出线端 | 65 |
| 6 | 外壳 | 30 | 熔断器进、出线端 | 65 |
| 7 | / | / | 复合开关进、出线端 | 70 |
| 8 | / | / | 半导体电子开关进、出线端 | 70 |
| 9 | / | / | 电容器连接处 | 70 |
| 10 | / | / | SVG连接处 | 70 |
| 11 | / | / | 操作手柄 | 25 |
| 12 | / | / | 外壳 | 30 |

1. （规范性）  
   电弧故障试验
   1. 总则

低压成套开关设备的电弧故障试验主要针对抽屉式结构的功能单元，对以塑壳断路器作为短路保护器件的功能单元的负载侧发生电弧故障时提出了明确规范，其它位置发生电弧故障时不在本文件规定的范围。

* 1. 试验要求
     1. 试验样机

试验样机应满足以下要求：

1. 试验应当在之前没有进行过电弧故障试验的样品上或者在合适的翻新试验样品上进行，样品及其内部装置在每次试验前都可修复或替换；
2. 试验样品应装配齐全，门和盖板关闭并像制造商描述的一样正确固定；
3. 样机防止电击的特定措施应有效，在电弧试验前应按6.13.2的要求再次对抽出式功能单元进行相间和相对地工频耐压试验，工频耐压试验合格后方可进行电弧故障试验；
4. 样机的泄压通道的位置应设置在柜体顶部，且不应与水平母线室有贯通通道，当抽屉或固定分隔单元内发生电弧故障时，故障电弧不得影响到柜体上方的水平母线；电弧试验过程中如果泄压通道挡板被打开，挡板不应脱落，但也可不复位；
5. 进行电弧故障试验的功能单元所有的尺寸（在额定电流相同的前提下）、结构和强度、隔板的工艺、绝缘系统、功能单元内部和内部隔板的表面处理（如，非导电表面处理或裸露金属）及安装方式应保持一致。
6. 进行电弧故障试验的功能单元中所有的底板和隔板上的散热孔宜采用错位设计，电弧故障试验前不得对所有功能单元进行任何整改和加固处理，应保持与温升试验后一致。
   * 1. 试验次数与位置

电弧故障试验只做一次，当第一次试验无效时应补做第二次试验。

试验的具体位置是：选取最大额定电流的功能单元进行此项试验，如所有功能单元额定电流大小一致，则选取最顶部的功能单元进行此项试验。试验样品确定的其它要求按GB/T 18859-2016中8.1的规定执行。

* 1. 试验准备
     1. 样机的就位

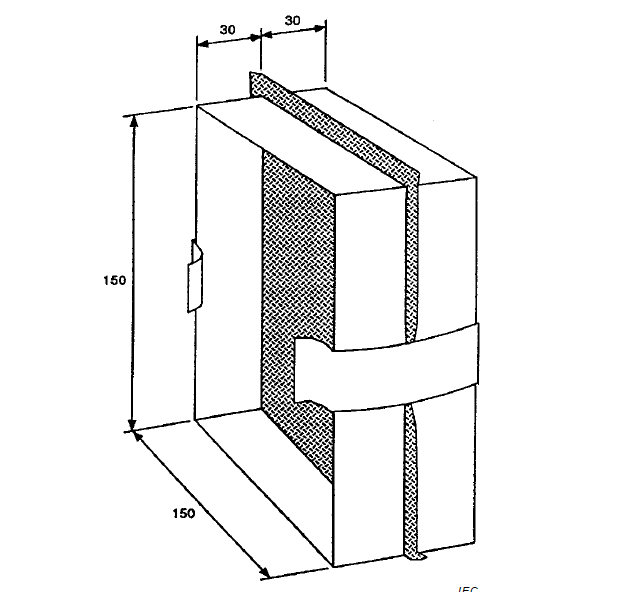
试验样机按GB/T 7251.1—2013中短路试验一样安装，并做如下补充：

1. 样机PE母线应该用导线与电源侧N相连。
2. 安装条件应尽可能接近正常使用条件，试验中与功能单元相关的所有出线电缆应像正常使用一样安装，有电缆接头或相似装置。另外，相邻功能单元上的可能影响试验结果的电缆也应安装好；
3. 所有开关器件应开启，可移开式或可抽出式部分应与电源电路连接。所有可安装在外壳上的其它装置，如开关控制器、测量仪表和监测仪器应像正常使用一样安装；
4. 进行电弧故障试验时宜采用高速摄像机记录试验过程。
   * 1. 指示器

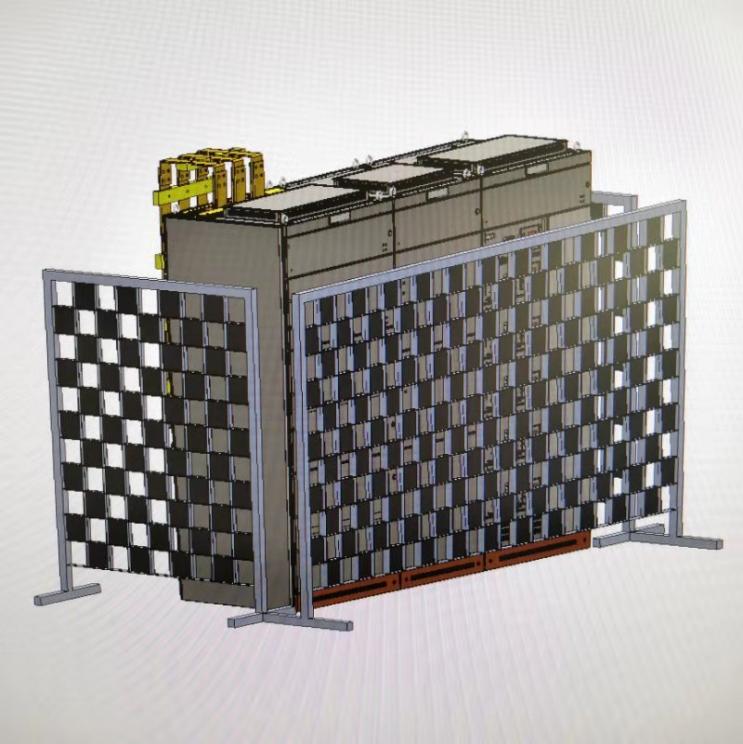
指示器应垂直放置在与成套设备每个面板平行的平面内，高度为距地面2 m ±50 mm，距面板 300 ± 30 mm远的距离。它们以棋盘形式均匀分布，覆盖被评估区域的40%～50%。指示器安装架的长度应使得指示器在两个方向都比被试样品的整个面板大300 mm。

指示器用100%黑色棉纤维制成，储存于适当的干燥存储区域。安装在不同可接近区域的成套设备的试验用棉布类型如下：

1. 限制接近（被接近人员）：质量为150×（1±20%） g/m的棉布。
2. 假如没有证据显示指示器材料热变色或是变质，则实验室自行决定指示器用于多次试验。
3. 安装指示器应注意，保证他们不会互相引燃可通过安装达到这一要求，例如：钢板的安装框架（见图 B.1）指示器尺寸应大约150 mm×150 mm。



* 1. 指示器的安装框架图



* 1. 指示器布置示意图
     1. 试验电源与限流保护

电弧故障试验应在额定工作电压条件下进行三相试验，试验电路的电压采用被试成套设备额定工作电压Ue的（105 ± 5）%；

电弧故障试验时的方均根值由制造商给出，试验电路的电流采用试验电压为额定工作电压的1.05倍条件下，预期短路电流值应从校准波形图确定。每一相的预期电流允许偏差为正(0～+5)%，功率因数允许偏差为(0～-0.05)；

电弧故障试验时，频率采用交流电流的所有试验应在成套设备的额定频率进行。允许偏差为±25%：

1. 可认为50 Hz进行的试验包括60 Hz的应用，反之亦然。

电弧故障试验的正常持续时间应≥0.3 s。电弧故障试验中成套设备施加电源的持续时间由制造商给出，且应≥0.1 s。在非限流器件保护电路情况下，电压施加时间为规定的试验持续时间；当电路由限流器件保护时，电压施加时间应≥0.2 s。

1. 若高压保护装置依赖于分离故障，进线端开关器件的允许电弧持续时间一般为0.3 s，以允许该装置工作。

电弧故障试验时，如果弧电流被限流保护影响，那么，为了在限流器动作前引燃线融化，最初采用的引燃线尺寸按表B.1来选择。

* 1. 限流保护器铜引燃线的尺寸

|  |  |
| --- | --- |
| 允通电流 *I*  kA | 引燃线尺寸  mm2 |
| *I*≤10 | 0.2 |
| 10＜*I*≤30 | 0.5 |
| 30＜ *I*≤50 | 0.8 |
| 50＜ *I*≤70 | 0.9 |
| 70＜ *I*≤90 | 1.1 |

表B.1中允通电流，即限流器允许通过的实际的电流峰值。建议通过以下方式来确定：

1. 元件制造商提供报告及示波图，以确定该限流器（一般为塑壳断路器）的Icu试验的波形，以波形显示的最大峰值电流为允通电流；
2. 如果元件制造商不能给出示波图，那么在进行燃弧试验前，应按GB/T 7251.12-2013做一次Icc试验（试验电流按成套设备制造商宣称的功能单元的短路电流或者该限流器的Icu电流值），以实际测得的电流作为允通电流。

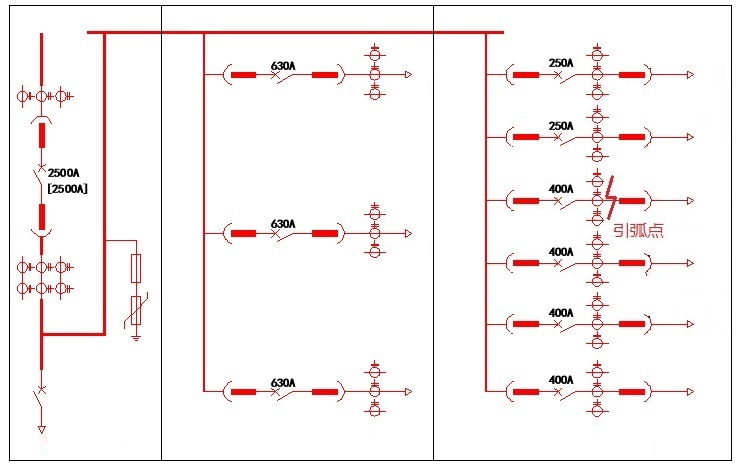
引燃线应与导体或端子的可接近裸露带电部分连接。当连接引燃线时，导体的固体绝缘材料不应被破坏、移动或穿孔。

* + 1. 引弧点位置与引燃线连接

电弧故障试验时的引弧点位置位于抽出式功能单元中断路器的负荷侧。

电弧故障试验时引燃线按表B.1要求，应采用单根单股裸铜丝缠绕在断路器负荷侧的相间。

1. 铜引燃丝在缠绕时，应确保相间连接仅为单根单股连接，以保证引燃丝截面积符合标准规定。



* 1. 引弧点位置电气图
  2. 试验程序与结果评估
     1. 试验程序

电弧故障试验程序及要求按GB/T 18859—2016中8.1的规定执行，并做如下补充：

1. 如果引燃线依据表B.1选择且电弧在限流器动作前熄灭，则认为试验无效，应由制造商决定在相同的还是表B.1中给出的下一个更大尺寸的引燃线新样品上重复试验。限流保护器动作前电弧再次熄灭，则认为第二个试验的结果有效；
2. 如果在初始试验中限流器在引燃线融化之前动作，也认为试验无效，并由制造商决定在相同的还是表B.1中给出的下一个更小尺寸的引燃线新样品上重复试验。限流保护器先于更小引燃线融化动作，则认为更小引燃线的第二个试验有效；
3. 电弧故障试验的有效性判定按表B.2执行。
   1. 电弧故障试验有效性判定

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验结果 | | 限流保护器（塑壳断路器） | |
| 动作 | 不动作 |
| 铜引燃线 | 融化 | 有效 | 需重复一次  （考虑相同或是采用更大引燃线） |
| 未融化 | 需重复一次  （考虑相同或是采用更小引燃线） | （不可能） |

* + 1. 试验结果评估

电弧故障试验的结果同时满足以下要求时，则判定试验通过，即通过电弧等级B的试验验证；

1. 确保门和盖板没有打开，保持在有效位置并提供与GB/T 4208中IP 1X要求一致的最小等级防护。接受变形及有限数量的紧固件和铰链的破损。试验后成套设备不需要符合其IP防护等级；
2. 除了成套设备和指示器之间脱落部分外，成套设备没有质量超过60 g的部分喷出来；
3. 电弧不应燃烧，在外壳低于2 m的可接近的所有边上产生孔洞，并发展到外壳的外面部分；
4. 指示器不引燃（本评估不包括油漆或标签燃烧引燃指示器的情况）；
5. 依据GB/T 7251.12外壳可接近部分的保护电路仍然有效；
6. 成套设备将电弧限制在其引发的特定区域，并且不在成套设备内的其它区域蔓延。如果可以清洁，则热气和黑烟对试验单元的邻近单元的影响可以接受。

以上中的任意一项不满足要求，则判定电弧故障试验不通过。

* 1. 试验结果补充说明

如果试验中发生电弧重燃故障，即使试验通过，也应在试验报告中予以注明。

试验前后宜对被试功能单元的上、下单元进行回路电阻和绝缘电阻测试并提供测试数据。

在电弧故障试验后，应对被试功能单元的上、下功能单元分别进行一次分、合闸操作和功能单元抽出、推进操作，试验后上、下功能单元的二次信号回路应保持连接完好。

电弧故障试验时产生的黑烟、热蒸气、金属颗粒等可随着热气蔓延到其它区域，但不得引发再次电弧故障。

**━━━━━━━━━━━**