



中华人民共和国国家标准

GB/T 24275—2019
代替 GB/T 24275—2009

低压固定封闭式成套开关 设备和控制设备

Low-voltage fixed connection enclosed switchgear and controlgear assemblies

2019-10-18 发布

2020-05-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 分类	2
4.1 外壳类型	2
4.2 使用场所	2
4.3 防护等级	2
4.4 设备安装面	2
5 使用条件	3
5.1 正常使用条件	3
5.2 特殊使用条件	3
5.3 运输、存放和安装条件	3
6 结构要求	4
6.1 材料和部件强度	4
6.2 尺寸	5
6.3 箱柜结构	5
6.4 成套设备外壳的防护等级	7
6.5 电气间隙和爬电距离	7
6.6 电击防护	9
6.7 开关器件与元件的选择和安装	13
6.8 内部电路和连接	15
6.9 外接导线端子	17
7 性能要求	18
7.1 介电性能	18
7.2 温升	19
7.3 短路保护与短路耐受强度	19
7.4 电磁兼容性(EMC)	20
8 设计验证	23
8.1 通则	23
8.2 材料和部件强度的验证	24
8.3 防护等级验证(IP 代码)	24
8.4 电气间隙和爬电距离验证	24
8.5 电击防护和保护电路连续性验证	24
8.6 开关器件和元件的组合	25
8.7 内部电路和连接	25
8.8 外接导线端子	25

8.9	介电性能验证	25
8.10	温升极限的验证	26
8.11	短路耐受强度验证	26
8.12	电磁兼容性试验	28
8.13	机械操作试验	29
9	例行检验	29
9.1	通则	29
9.2	外壳的防护等级	30
9.3	电气间隙和爬电距离	30
9.4	电击防护和保护电路完整性	30
9.5	内装元件的组合	30
9.6	内部电路和连接	30
9.7	外接导线端子	30
9.8	机械操作	30
9.9	介电性能	30
9.10	布线、操作性能和功能	31
10	信息	31
10.1	标志	31
10.2	使用说明书	32
10.3	器件和(或)元件的识别	32
11	包装、运输和贮存	32
11.1	包装与运输	32
11.2	装箱时随附资料及文件	32
11.3	贮存	32
	参考文献	33



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 24275—2009《低压固定封闭式成套开关设备和控制设备》，与 GB/T 24275—2009 相比，主要技术变化如下：

- 删除了过电压类别(见 2009 年版的 5.1.4)；
- 修改了成套设备的运输、贮存条件(见 5.3, 2009 年版的 5.3)；
- 删除了电气参数(见 2009 年版的第 6 章)；
- 修改了绝缘材料正常耐热性能的要求(见 6.1.4.2, 2009 年版的 7.1.4.1)；
- 修改了绝缘材料耐受非正常发热和着火能力的要求(见 6.1.4.3, 2009 年版的 7.1.4.2)；
- 增加了机械强度的要求(见 6.1.6)；
- 增加了隔离中关于挡板、隔板和维护可接近性的要求(见 6.3.2)；
- 修改了外壳防护等级要求(见 6.4, 2009 年版的 7.3.6)；
- 删除了外壳上开通风孔的强度要求(见 2009 年版的 7.3.2.5)；
- 增加了额定冲击耐受电压小于 2.5 kV 时的最小电气间隙(见 6.5 表 2, 2009 年版的 7.3.7.4 表 2)；
- 增加了额定绝缘电压为 320 V 和 1 000 V 以上的爬电距离的最小值(见 6.5 表 3, 2009 年版的 7.3.7.4 表 3)；
- 增加了挡板和外壳的防护等级要求(见 6.6.2.3)；
- 修改了挡板和外壳的移动或打开的条件(见 6.6.2.3, 2009 年版的 7.5.1.4)；
- 修改了故障保护的要求(见 6.6.3, 2009 年版的 7.5.2)；
- 增加了稳态接触电流和电荷限定的要求(见 6.6.5)；
- 修改了电击防护的操作和使用条件(见 6.6.6, 2009 年版的 7.5.3)；
- 修改了开关器件和元件的选择要求(见 6.7.1, 2009 年版的 7.9.1)；
- 修改了地面安装的成套设备的元件、器件的安装高度(见 6.7.3 表 5, 2009 年版的 7.9.2.2 表 11)；
- 增加了内部电路和连接的要求和验证(见 6.8、8.7)；
- 增加了外接导线端子的要求和验证(见 6.9、8.8)；
- 删除了空气介质相关的介电性能要求(见 2009 年版的 7.8.1)；
- 修改了主电路和辅助电路工频耐受电压试验电压值及工频耐受试验电压频率(见 7.1.2, 2009 年版的 7.8.2)；
- 修改了冲击耐受电压的电压值及对每个极施加的冲击电压次数(见 7.1.3、7.1.4, 2009 年版的 7.8.1.1、7.8.1.2、8.6.2)；
- 修改了短路耐受强度的标明方法(见 7.3.2, 2009 年版的 7.6.2)；
- 增加了保护器件的配合(见 7.3.4)；
- 删除了机械、电气操作性能和功能单元的电气连接形式(见 2009 年版的 7.10、7.11)；
- 修改了电磁兼容的要求(见 7.4, 2009 年版的 7.12)；
- 修改了验证方式, 将型式试验、出厂试验, 修改为设计验证、例行检验(见第 8 章、第 9 章, 2009 年版的第 8 章、第 9 章)；
- 增加了可选择工频耐压试验和直流电压试验(见 8.9.3、8.9.4)；

——修改了机械操作试验的次数,将设计验证次数由 50 次增加到 200 次(见 8.13、2009 年版的 8.3);

——修改了成套设备标志和相关信息(见 10.1.1、10.1.3,2009 年版的 10.1.1)。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国低压成套开关设备和控制设备标准化技术委员会(SAC/TC 266)归口。

本标准起草单位:天津电气科学研究院有限公司、万控智造浙江电气有限公司、天津天传电控设备检测有限公司(国家电控配电设备质量监督检验中心)、上海友邦电气(集团)股份有限公司、山东鲁亿通智能电气股份有限公司、大全集团有限公司、成都科星电力电器有限公司、浙宝电气(杭州)集团有限公司、山东鲁能力源电器设备有限公司、上海宝临电气集团有限公司、杭州电力设备制造有限公司、上海柘中电气有限公司、友邦电气(平湖)股份有限公司、常州太平洋电力设备(集团)有限公司、黄华集团有限公司、杭州电力设备制造有限公司萧山欣美成套电气制造分公司、上海广电电气(集团)股份有限公司、天津天传电控配电有限公司。

本标准主要起草人:张磊、木林森、卢林、王国良、徐克峰、戴罡、曾庆才、姜晓东、王维功、郑晓远、江奕军、祝延辉、王帅、袁春萍、陈福梯、许金彤、吉平、王沙。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 24275—2009。



低压固定封闭式成套开关 设备和控制设备

1 范围

本标准规定了低压固定封闭式成套开关设备和控制设备(成套设备)的分类、使用条件、结构和性能要求,设计验证、例行检验、信息及包装、运输和贮存等。

本标准适用于额定电压交流不超过 1 000 V 或额定电压直流不超过 1 500 V,作为电能分配、电动机控制、线路保护,并具有固定连接的封闭式结构户内或户外工作的低压成套开关设备和控制设备。

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。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 4025 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器的编码规则
- GB/T 4205 人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)
- 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 7251.12—2013 低压成套开关设备和控制设备 第 2 部分:成套电力开关和控制设备
- 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 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 16895.21 低压电气装置 第 4-41 部分:安全防护 电击防护
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
- GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17626.13 电磁兼容 试验和测量技术 交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的低频抗扰度试验
- GB/T 20138 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级(IK 代码)
- GB/T 20641—2014 低压成套开关设备和控制设备 空壳体的一般要求
- IEC 60085 电气绝缘 耐热性评定和设计分级(Electrical insulation—Thermal evaluation and designation)
- IEC 60216(所有部分) 电气绝缘材料 耐热性[Electrical insulating materials—Properties of thermal endurance(all parts)]
- IEC 60364 低压电气装置(所有部分)[Low-voltage electrical installations(all parts)]
- IEC 60364-5-52 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(Low-voltage

electrical installations—Part 5-52; Selection and erection of electrical equipment—Wiring systems)

IEC 60445 人机界面标志标识的基本和安全规则 设备端子、导体端子和导体的标识(Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification—Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors)

IEC 61000-6-3 电磁兼容 第 6-3 部分:通用标准 住宅区、商业区和轻工业环境的发射标准(Electromagnetic compatibility(EMC)—Part 6-3; Generic standards—Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments)

IEC 61000-6-4 电磁兼容 第 6-4 部分:通用标准 工业环境的发射标准(Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 6-4; Generic standards—Emission standard for industrial environments)

CISPR 22 信息技术设备 无线电干扰特性 极限值和测量方法(Information technology equipment—Radio disturbance characteristics—Limits and methods of measurement)

3 术语和定义

GB/T 7251.1—2013 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低压固定封闭式成套开关设备和控制设备 low-voltage fixed connection enclosed switchgear and controlgear assemblies

具有封闭式结构并带有固定式部件和(或)插入式器件(如:插入式断路器、抽屉式断路器等)的柜、箱型成套设备。

注:一般不含有抽出式部件的固定式成套设备,简称低压固定封闭式成套设备。低压固定封闭式成套设备中,也可含有少量的抽出式功能单元,此时,仍称为低压固定封闭式成套设备。

4 分类

4.1 外壳类型

依据外壳类型分为:

- 绝缘材料型;
- 金属材料型;
- 绝缘和金属混合型。

4.2 使用场所

依据使用场所分为:

- 户内式成套设备;
- 户外式成套设备。

4.3 防护等级

依据防护等级分为:

- IP 代码,见 GB/T 4208;
- IK 代码,见 GB/T 20138。

4.4 设备安装面

依据设备安装面分为:

- 柜式成套设备；
- 柜组式成套设备；
- 箱式成套设备；
- 箱组式成套设备。

5 使用条件

5.1 正常使用条件

5.1.1 周围空气温度

5.1.1.1 户内成套设备的周围空气温度

周围空气温度不超过 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，且在24 h一个周期的平均温度不超过 $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
周围空气温度的下限为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.1.2 户外成套设备的周围空气温度

周围空气温度不超过 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，且在24 h一个周期的平均温度不超过 $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
周围空气温度的下限为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 湿度条件

5.1.2.1 户内成套设备的湿度条件

在最高温度为 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，空气的相对湿度不超过50%。在较低温度时，允许有较大的相对湿度。例如： $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时相对湿度为90%，但应考虑到由于温度的变化，有可能会偶尔产生适度的凝露。

5.1.2.2 户外成套设备的湿度条件

最高温度为 $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，相对湿度短时可高达100%。

5.1.3 污染等级

污染等级分4级(见GB/T 7251.1—2013中7.1.3)，用以确定成套设备在不同环境条件下工作时所需的空气中最小电气间隙和最小爬电距离。

如果没有其他规定，工业用途的成套设备一般在污染等级3环境中使用。而其他污染等级可以根据特殊用途或微观环境考虑采用。

5.1.4 海拔

成套设备安装地点的海拔不得超过2 000 m。

注：对于在更高海拔处使用的设备，要考虑介电强度的降低、器件的分断能力和空气冷却效果的减弱。

5.2 特殊使用条件

对不符合正常使用条件的特殊使用条件，举例见GB/T 7251.1—2013中7.2。如果成套设备存在这类特殊使用条件，制造商应遵守适用的特殊要求或与用户签订专门的协议。

5.3 运输、存放和安装条件

如果运输、存放和安装条件，例如温度和湿度条件与5.1中的规定不符时，应由成套设备制造商与

用户签订专门的协议。

6 结构要求

6.1 材料和部件强度

6.1.1 通则

成套设备应根据产品用途和用户的具体需求进行设计,并符合 GB/T 7251.1—2013 的要求。

柜(箱)体应有足够的强度和刚度,坚固耐用,能够承受成套设备内元件在正常使用及短路时所产生的机械应力、电气应力和热应力。

所有的外壳或隔板包括门的闭锁器件等,应具有足够的机械强度以能够承受正常使用时所遇到的应力。

成套设备的外壳应由满足 GB/T 20641—2014 中第 9 章所规定的试验项目,能够承受使用条件下产生的机械应力、电气应力、热应力和环境压力的材料构成,而且能经得起正常使用时可能遇到的潮湿影响。

6.1.2 耐腐蚀性能

应考虑柜(箱)外壳的正常使用条件(见 5.1),采用合适的材料或在裸露的表面上喷涂防护层(例如:采用油漆、镀锌、镀铬等),依据 8.2.2 规定的试验,检查是否符合防腐要求。

6.1.3 绝缘材料的热稳定性

用绝缘材料制作的外壳或外壳部件,应按照 8.2.3.1 验证绝缘材料的热稳定性。

6.1.4 绝缘材料耐热和耐着火性能

6.1.4.1 通则

绝缘材料部件由于内部电效应,可能暴露在热应力下而降低成套设备的安全性能,应分别验证它们的耐热性能及非正常发热和着火的耐受能力,防止非正常发热和着火对绝缘材料产生的有害影响。

如果同样材料有一个典型样品已经过试验,并满足 8.2.3.3,则不需重复进行 6.1.4.3 的灼热丝试验。

6.1.4.2 耐正常发热

绝缘材料耐受热效应的适应性可以参照绝缘温度指数[例如由 IEC 60216(所有部分)的方法决定]或按 IEC 60085 确定。

6.1.4.3 耐受非正常发热和着火能力

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,由于绝缘部件的损耗可能影响成套设备的安全性,所以不应受到非正常发热和着火的有害影响,并应采用 8.2.3.3 的灼热丝试验进行验证。在进行本试验时,保护导体(PE)不作为载流部件考虑。

对于小的部件(表面尺寸不超过 14 mm × 14 mm),可采用替代的试验方法(例如,按照 GB/T 5169.5 的针焰试验)。同样的步骤可适用于部件的金属材料大于绝缘材料的情况。

6.1.5 耐紫外线辐射

对于户外使用的由绝缘材料制成的外壳和外部部件,应按照 8.2.4 进行耐紫外线辐射验证。

6.1.6 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。

6.1.7 提升与搬运保障

如需要,应为成套设备提供合适的提升装置或搬运工具。

应在制造商的文件中给出这类装置或工具放置的正确位置和安装方法,并规定提升装置的螺纹尺寸,或在说明书中明确成套设备的搬运方法。

对带有提升设施的成套设备,应根据 8.2.5 的规定进行检查。验证成套设备外壳的提升、运输等情况对结构强度的影响。

检验后,成套设备的外壳应没有裂痕和永久变形,检验期间不应有任何削弱其特性的挠度。

6.1.8 对外部机械碰撞的防护(IK 代码)

对成套设备的外壳应根据制造商给出的外部机械撞击防护等级(IK 代码),按 8.2.6 的要求进行验证。

验证后,成套设备外壳 IP 代码和介电强度不变;可移式覆板可以移开和安装,门可以打开和关闭。

6.1.9 标志

标志按 8.2.7 的要求进行验证,验证后的标志应容易辨认。

6.2 尺寸

箱柜给出的尺寸以毫米(mm)为单位。

外形尺寸:高、宽和深是标称值,应在外壳制造商的目录中表明。

电缆密封板、可移式覆板和手柄不应包括在外形标称尺寸中,但这些尺寸应包括在制造商的文件中。

框架外形尺寸应优先在下列数值中选取:

高:600 mm,800 mm,1 000 mm,1 200 mm,1 400 mm,1 600 mm,1 800 mm,2 000 mm,2 200 mm,2 400 mm;

宽:400 mm,600 mm,800 mm,1 000 mm,1 200 mm,1 400 mm,1 600 mm,1 800 mm;

深:400 mm,500 mm,600 mm,800 mm,1 000 mm,1 200 mm,1 600 mm。

箱体的外形尺寸由制造商与用户协商确定。

6.3 箱柜结构

6.3.1 通则

金属材料构成的箱柜可由型材部件或钢板弯制部件焊接或组装而成。

绝缘材料构成的箱柜通过注塑等方法制作。

箱柜结构主要应考虑:

——金属材料构成的箱柜,特别是安装电器元件通过金属结构时,可能由磁路产生较大涡流损耗引起的发热现象;

——设备正常操作、维修和更换元器件时,为防止人员直接接触及带电导体而考虑外壳和外壳内部的隔离措施;

- 通风孔的设计要求；
- 铰链设计要求；
- 功能单元要求；
- 联锁要求。

6.3.2 隔离

用挡板或隔板进行内部隔离的典型布置见表 1,并分类为各种形式(见 GB/T 7251.12—2013 附录 AA)。

隔离形式和更高防护等级应服从于成套设备制造商与用户间的协议。

成套设备可以利用隔板划分成若干个隔室,如:母线隔室、单元隔室、电缆隔室,以满足下列要求:

- 防止触及危险部件,防护等级应至少为 IPXXB(见 6.6.2.3);
- 防止固体外来物的进入,防护等级应至少为 IP2X。

有关挡板和隔板的稳定性和耐久性见 6.6.2.3。

有关隔离功能单元进行维护时的可接近性见 6.6.6.2 和上述要求。

隔室之间开孔应确保熔断器、断路器在分断时产生的电弧或游离气体不影响相邻隔室功能单元的正常工 作。

表 1 内部隔离形式

主判据	补充判据	形式
不隔离	—	形式 1
母线与功能单元隔离	外接导体端子不与母线隔离	形式 2a
	外接导体端子与母线隔离	形式 2b
母线与功能单元隔离; 所有的功能单元相互隔离; 外接导体的端子和外接导体与功能单元隔离; 但与其他功能单元的端子相互不隔离	外接导体端子不与母线隔离	形式 3a
	外接导体端子和外接导体与母 线隔离	形式 3b
母线与所有功能单元隔离; 所有的功能单元相互隔离; 与功能单元密切相关的外接导体端子与其他功能单元 和母线的外接导体端子隔离; 外接导体与母线隔离; 与功能单元密切相关的外接导线与其他功能单元和它 们的端子隔离; 外接导体彼此不隔离	外接导体端子与关联的功能单 元在同一隔室中	形式 4a
	外接导体端子与关联的功能单 元不在同一隔室中,它位于独立 的封闭的防护空间或隔室中	形式 4b
注:典型隔离形式示例见 GB/T 7251.12—2013 附录 AA。		

隔室的隔板可以是金属板或绝缘板。金属隔板应与保护导体有效连接。

功能单元隔室中的隔板应承受使用中可能出现的机械应力、电动应力和热应力,不应有损坏或永久 变形,并能保持规定的电气间隙、爬电距离和防护等级。

6.3.3 通风孔

成套设备外壳上通风孔,在设计安装时,应使得通风孔在下列情况下没有电弧或熔蚀金属喷出:

- 熔断器、断路器、接触器在工作时产生的正常电弧及在短路故障分断时产生的电弧;

——电器元件烧毁。

如果燃弧源距通风孔较近,应在通风孔和可能的燃弧源之间加装一金属引弧隔板或阻弧绝缘隔板。隔板的大小及安装应满足这种要求,从任何燃弧部分经隔板的边缘线向通风孔所在平面引一些直线,这些直线在通风孔所在平面内形成一个区域,这一区域距通风孔的边缘距离应不小于 7 mm。

通风孔的设置不能降低外壳防护等级。顶部通风孔必要时应加装覆板遮盖。

6.3.4 铰链

金属材料箱柜门的铰链应由金属制成,铰链应牢固地固定在外壳和门上。

利用钢制铰链作为保护接地措施时应镀锌或镀铬,如铰链与门和外壳采用点焊连接,则不能因焊接而破坏铰合面的镀层。

装有铰链的门应承受 4 倍于它本身质量(但不小于 10 kg)的载荷,或按制造商给出的最大允许负载进行试验验证,门和铰链应没有永久变形。

6.3.5 联锁

为确保操作程序以及维修时的人身安全,成套设备应设置联锁机构,也可以用加强管理的办法,如配专用钥匙、装设警告牌等。

当成套设备采用双电源及以上供电系统时,根据成套设备运行的需要,应提供主开关操作的相互联锁,联锁装置可以是机械的,也可以是电气的。

当功能单元设计成在主开关带电也能取出和安装时,单元的门与主开关应相互联锁。只有先断开主开关,才能打开门。在一个功能单元内装有两条电路时,则每条电路的主开关应与门联锁。

当特殊需要时,可设置一个解锁机构,以便当主开关处在接通位置时,也能将门打开。

当采取加强管理的办法时,设置的警告牌标志应在显著位置。

6.3.6 功能单元

通常只有在主电路不带电时,才能拆卸功能单元,当功能单元的断路器为抽屉式或插入式时,也可以在主电路带电(但主开关处于分断状态)情况下用手直接或借助工具安全地将功能单元取出或安装上。

当功能单元处在移出位置时,其所在隔室应防止人接触到带电体。

相同的功能单元应具有互换性,即使在短路事故发生之后,其互换性也不会破坏。

为防止可移式部件(如插入式断路器等)插入到错误部位而引起故障的发生,可设计插入式联锁来联防。

6.4 成套设备外壳的防护等级

按照成套设备制造商的说明书安装后,封闭式成套设备的防护等级至少应为 IP2X。

正常使用中不发生倾斜的固定式成套设备 IPX2 不适用。

如果成套各部位有不同的防护等级,成套设备制造商则应单独标出该部位的防护等级。

对于无附加防护设施的户外成套设备,第二位特征数字应至少为 3。

6.5 电气间隙和爬电距离

成套设备的箱柜结构设计,除需考虑外壳、外壳内的隔室、同时还应考虑电器元件和进出线端子排的安装板以及母排等。应保证带电体间的电气间隙和爬电距离满足成套设备的预期使用。

作为成套设备组成部分的设备的电气间隙和爬电距离,应符合相关产品标准的要求。

电气间隙依据最高额定冲击耐受电压确定,爬电距离依据最高额定绝缘电压确定。

对于裸带电导体和端子(例如,母线、装置和电缆接头的连接处)其电气间隙和爬电距离至少应符合与其直接连接的设备的有关规定。

电气间隙应为表 2 中的规定值,爬电距离应符合 5.1.3 规定的污染等级和表 3 给出的相应材料组别。

表 2 空气中的最小电气间隙

额定冲击耐受电压 kV	最小电气间隙 mm
≤2.5	1.5
4.0	3.0
6.0	5.5
8.0	8.0
12.0	14.0

注 1: 最小的电气间隙值以相当于海拔 2 000 m 处的正常大气压时的 1.2/50 μs 冲击电压为基准。
注 2: 最小电气间隙是根据非均匀电场条件和污染等级 3 确定的。

表 3 爬电距离的最小值

额定绝缘电压 U_i^b V	最小爬电距离 mm			
	材料组别 ^c			
	I	II	III a	III b
250	3.2	3.6	4.0	4.0
320	4.0	4.5	5.0	5.0
400	5.0	5.6	6.3	6.3
500	6.3	7.1	8.0	8.0
630(690)	8.0	9.0	10.0	10.0
800	10.0	11.0	12.5	a
1 000	12.5	14.0	16.0	
1 250	16	18	20	
1 600	20	22	25	

注 1: 表中的值来自 GB/T 16935.1—2008,但保持最小值 1.5 mm。
注 2: 表中的数据是在污染等级 3 条件下的规定。
注 3: 如果要选用规定值以外的额外绝缘电压,建议制造商和用户协商。

a 材料组别 III b 一般不推荐用于 630 V 以上的污染等级 3。
b 作为例外,对于额定绝缘电压 127 V、208 V、415 V、440 V、660 V /690 V 和 830 V,可采用分别对应于:125 V、200 V、400 V、630 V 和 800 V 的较低档的爬电距离。
c 根据相比电痕化指数(CTI)的范围值,材料组别分组如下:
——材料组别 I 600≤CTI
——材料组别 II 400≤CTI<600
——材料组别 III a 175≤CTI<400
——材料组别 III b 100≤CTI<175

6.6 电击防护

6.6.1 通则

成套设备中元器件和电路的布置应便于运行和维护,同时要保证必要的安全等级。

当成套设备安装在一个符合 IEC 60364(所有部分)的电气系统中时,下述要求用来确保所需的防护措施。

对于成套设备特别重要的防护措施在 6.6.2~6.6.6 中详述。

6.6.2 基本防护

6.6.2.1 通则

基本防护旨在防止直接与危险带电部分接触。

基本防护能够利用成套设备本身适宜的结构措施,或在安装过程中采取的附加措施来获得。可以要求成套设备制造商提供相关信息。

采用结构措施的基本防护可以选择 6.6.2.2 和 6.6.2.3 中的一种或多种防护措施。如果相关的成套设备标准无规定,应由成套设备制造商选择防护措施。

6.6.2.2 由绝缘材料提供基本绝缘

危险带电部分应用绝缘完全覆盖,绝缘只有被破坏后或使用工具后才能去掉。

绝缘应采用适合的能够持久承受使用中可能出现的机械、电气和热应力的材料制成。

单独的色漆、清漆和搪瓷不能满足基本绝缘的要求。

6.6.2.3 挡板或外壳

用空气绝缘的带电部分应安置在至少提供 IPXXB 防护等级的外壳内或挡板的后面。

对不高于安装地面 1.6 m 可触及的外壳水平顶部表面的防护等级至少应为 IPXXD。

考虑到外部影响,在正常工作条件下,挡板和外壳均应可靠固定在其位置上,且有足够的稳固性和耐久性以维持要求的防护等级并适当地与带电部分隔离。导电的挡板或外壳与带电部分的距离应不小于 6.5 规定的电气间隙与爬电距离。

在有必要移动挡板、打开外壳或拆卸外壳的部件时,应满足以下条件之一:

- a) 使用钥匙或工具,即只有靠工具的帮助才能打开门、盖板或解除联锁。
- b) 在由挡板或外壳提供的基本防护情况下,当电源与带电部分隔离后,只有在挡板或外壳更换或复位后才可以恢复供电。在 TN-C 系统中,PEN 导体不应被隔离或断开。在 TN-S 和 TN-C-S 系统中,中性导体不必被隔离或断开。
- c) 中间挡板提供的防止接触带电部分的防护等级至少为 IPXXB,此挡板仅在使用钥匙或工具时才能移动。

6.6.3 故障保护

6.6.3.1 安装条件

成套设备应包含保护措施并依据 GB/T 16895.21 进行安装。对于一些特殊用途(如铁路、船舶)的成套设备,保护措施应由成套设备制造商与用户协商。

6.6.3.2 为便于自动断开电源对保护导体的要求

6.6.3.2.1 通则

每台成套设备都应有保护导体,便于电源自动断开,以防止:

- a) 由成套设备内部故障(例如:基本绝缘损坏)引起的后果;
- b) 由成套设备供电的外部电路故障(例如:基本绝缘损坏)引起的后果。

6.6.3.2.2 接地连续性提供的防止成套设备内部故障引起的后果的要求

成套设备所有的外露可导电部分应连接在一起,并连接至电源保护导体上,或通过接地导体与接地装置连接。

这种连接可以用金属螺钉、焊接或用其他导体连接来实现,或通过一个独立的保护导体实现。

注:使用耐磨的表面材料的成套设备的金属部件,例如粉末喷涂的密封板,作为保护接地连接时,需要除去或穿透涂层。

验证成套设备外露可导电部分与保护电路间的接地连续性的方法见 8.5。

对于这些连接的连续性,下述内容应适用:

- a) 当把成套设备的一部分取出时,如例行维护,成套设备其余部分的保护电路(接地连续性)不应中断。

如果采取的预防措施能够保证有持久良好的导电能力,那么,成套设备的各种金属部件的组装方式则被认为能够有效地保证保护电路的连续性。

除非是为为此目的设计,否则柔软或易弯的金属导管不应用作保护导体。

- b) 在盖板、门、遮板和类似部件上面,如果没有安装超过特低电压限值(ELV)的电气装置,通常的金属螺钉连接和金属铰链连接则被认为足以能确保连续性。

如果在盖板、门、遮板等部件上装有电压值超过 ELV 的器件时,应采取附加措施,以保证接地连续性。这些部件应按照 GB/T 7251.1—2013 中表 3 配备保护导体(PE),此保护导体的截面积取决于器件的最大额定工作电流 I_n ,或者,如果器件的额定工作电流小于或等于 16 A,则采用特别设计的等效的电连接方式(如滑动接触,防腐蚀铰链)并进行验证。

器件的外露可导电部分不能用其固定措施与保护电路连接时,应采用符合 GB/T 7251.1—2013 中表 3 规定的截面积的导体连接到成套设备的保护电路上。

不会构成危险的成套设备的外露可导电部分包括:

- 既不可能大面积接触,也不可能用手抓住;
- 或由于外露可导电部分尺寸很小(大约 50 mm×50 mm),或其位于不能与带电部分有任何接触的位置。

因而不需要与保护导体连接。这适用于螺钉、铆钉和铭牌,也适用于接触器或继电器的衔铁、变压器的铁芯、脱扣器的某些部件等类似部件,不论其尺寸大小。

6.6.3.2.3 防止成套设备供电的外部电路故障引起的后果所提供的保护导体的要求

成套设备内部保护导体的设计应使它们能够承受在成套设备的安装场地可能遇到的由为其供电的外部电路故障所引起的最大热应力和动态应力,导电的结构部件可以作为保护导体或它的一部分。

除了下述情况外,成套设备内的保护导体不应包含分断器件(开关、隔离器等)。

只有被授权的人员才可以借助工具来拆卸及接近保护导体的连接片(这些连接片可能是为了满足某些试验的需要)。

当利用连接器或插头插座器件切断保护电路连续性时,只有当带电体被切断后,保护电路才可以被中断;在带电体重新通电之前,应先恢复保护电路的连续性。

如果成套设备中的结构部件、框架、外壳等是由导电材料制成的,则保护导体不必与这些部件绝缘。当其制造商有规定时,带有电压动作故障检测器的导体,包括连接到独立接地极的导体都应该绝缘。这也适用于变压器中性线的接地连接。

与外部导体连接的成套设备内的保护导体(PE、PEN)的截面积不应小于 GB/T 7251.1—2013 附录 B 中规定公式计算求得的值,应采用可出现的最大故障电流、故障持续时间以及考虑到保护相关带电导体的短路保护电器(SCPD)的限值。短路耐受强度依据 8.11.5 进行验证。

对于 PEN 导体,下述补充要求适用:

- 最小截面积应为铜 10 mm² 或铝 16 mm²;
- PEN 导体的截面积不应小于所要求的中性导体截面积;
- PEN 导体在成套设备内不需要绝缘;
- 结构部件不应用作 PEN 导体,但铜或铝制安装轨道可用做 PEN 导体。

6.6.3.3 电气隔离

各个电路的电气隔离是用来防止由于电路基本绝缘损坏通过接触外露可导电部分而引起的电击,这种类型的保护见 GB/T 7251.1—2013 附录 K。

6.6.4 全绝缘防护

全绝缘的基本防护和故障防护,满足以下要求:

- a) 元器件应用双重或加强的绝缘材料完全封闭。外壳上应标有从外部易见的符号“回”。
- b) 外壳上应不存在因导电部分穿过而可能将故障电压引出外壳的部位。
即对金属部件,例如由于结构上的原因应引出外壳的操作机构的轴,在外壳的内部或外部应按成套设备中所有电路的最大额定绝缘电压和最大额定冲击耐受电压与带电部分绝缘。
如果操作机构是用金属制成的(不管是否用绝缘材料覆盖),操作机构应拥有成套设备中所有电路的最大额定绝缘电压和最大额定冲击耐受电压的绝缘额定数据。
如果操作机构主要是用绝缘材料制成的,若它的任何金属部分在绝缘失效时变得容易接近,也应按成套设备中所有电路的最大额定绝缘电压和最大额定冲击耐受电压与带电部分绝缘。
- c) 成套设备准备投入运行并接上电源时,外壳应将所有的带电部分、外露可导电部分和附属于保护电路的部件封闭起来,以使它们不被触及。外壳提供的防护等级至少应为 IP2XC(见 GB/T 4208)。
如果保护导体穿过外露可导电部分已绝缘的成套设备,延伸到与成套设备负载端连接的电气设备,则该成套设备应配备连接外部保护导体的端子,并用适当的标记加以识别。
在外壳内部,保护导体及其端子应与带电部分绝缘,且外露可导电部分应采用相同的方式与带电部分绝缘。
- d) 成套设备内部的外露可导电部分不应连接到保护电路上,即外露可导电部分应不包括在使用保护电路的防护措施中,这同时也适用于内装电器元件,即使它们具有用于连接保护导体的端子。
- e) 如果外壳上的门或覆板不使用钥匙或工具就能够打开,则应配备绝缘材料的挡板,此挡板不仅可防止非故意触及可接近带电部分,而且也可防止触及仅在覆板打开后可接近的外露可导电部分。无论如何,此挡板不使用工具不能被移动。

6.6.5 稳态接触电流和电荷的限定

如果成套设备内部的设备在其断电后还可能存在稳态接触电流和电荷(如电容器),则要求装有警示牌。

用于灭弧和继电器延时动作的小电容器,不应认为是有危险的设备。

6.6.6 操作和使用条件

6.6.6.1 由一般人员操作器件或更换元件

当操作器件或更换元件时,应保持防止与任何带电部分的接触。

最小防护等级应为 IPXXC。在某些灯或熔断体更换期间,允许开口大于防护等级 IPXXC 的规定值。

6.6.6.2 对被授权人员在维修时接近的要求

6.6.6.2.1 通则

被授权人员在维修时的可接近性,作为成套设备制造商与用户的协议,应满足下述 6.6.6.2.2~6.6.6.2.4 中一项或多项要求。这些要求应作为对 6.6.2 基本防护的补充。

如果成套设备的门或覆板由授权人员解除联锁后被打开而接近带电部分,则门重新闭合或覆板就位后,联锁装置应自动恢复。

6.6.6.2.2 检查和类似操作对可接近性的要求

成套设备的构造应按照成套设备制造商与用户间的协议,当成套设备带电运行时,成套设备的某些操作项目能够进行。

这类操作可以是:

- 目测检查:开关器件及其他元器件、继电器和脱扣器的整定和指示及导线的连接与标记;
- 继电器、脱扣器及电子器件的调整和复位;
- 更换熔断体;
- 更换指示灯;
- 某些故障部位的检测,例如,用合适并绝缘的器件测量电压和电流。

6.6.6.2.3 维护时可接近性的要求

在邻近的功能单元或功能组仍带电的情况下,按照成套设备制造商与用户的协议对成套设备中已断开的功能单元或功能组进行维护时,应采取必要的措施。措施的选择取决于使用条件、维护频率、被授权人员的能力、现场安装规则等。这些措施可以包括:

- 在实际功能单元或功能组与邻近的功能单元或功能组之间应留有足够大的空间。维护时可能移动的部件,宜装有夹持固定设施;
- 使用设计并布置的挡板或屏障,以防止直接接触邻近功能单元或功能组中的设备;
- 使用端子防护罩;
- 对每个功能单元或功能组使用隔室;
- 插入成套设备制造商提供或规定的附加保护器具。

6.6.6.2.4 在带电情况下为扩展对可接近性的要求

当要求能在成套设备其余部分带电的情况下,用附加的功能单元或功能组来扩展成套设备,则应根据成套设备制造商与用户的协议,按 6.6.6.2.3 的规定进行,这些要求同时适用于现有电缆带电情况下,插入和连接附加的出线电缆。

扩展母线和连接附加单元至进线电源时,均不应在带电的情况下进行,除非成套设备是为此目的而设计的。

6.6.6.2.5 屏障

屏障应该防止：

- 身体非故意接近带电部分；
- 设备正常使用带电运行时，非故意接触带电部分。

屏障可以不用钥匙或工具便可拆卸，但应确保防止非故意的移动。导电屏障与被保护的带电体之间的距离不得小于 6.5 所规定的电气间隙和爬电距离。

当仅通过基本防护将导电的屏障与危险的带电部分隔离，该屏障即成为外露可导电部分，应采取故障保护措施。

6.7 开关器件与元件的选择和安装

6.7.1 开关器件与元件的选择

开关器件和元件应适用于成套设备外形设计（例如，开启式或封闭式）的特定用途，适合于它们的额定电压、额定电路、额定频率、使用寿命、接通和分断能力、短路耐受强度等。

电器元件有关参数的额定值和整定值应符合设计文件的规定，其选用的过电压类别应与所在的电路相适应。

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。

安装在电路中的器件其额定绝缘电压和额定冲击耐受电压，应等于或高于此电路规定的相应的值。在某些情况下，应有过电压保护，如满足过电压类别 II 的设备。开关器件和元件的短路耐受强度和（或）分断能力不足以承受安装场合可能出现的应力时，应使用限流保护器件来保护，例如熔断器或断路器。当为内装的开关器件选择限流保护器件时，应采用器件制造商规定的最大允许值。

开关器件和元件的配合，例如，电机起动器同短路保护电器的配合，应符合相关的国家标准。

成套设备中指示灯和按钮的颜色应根据其用途按 GB/T 4025 的规定选用，见表 4。

表 4 安全色标及常用的按钮、指示灯、导线颜色

序号	类别	颜色	含义	说明	应用举例
1	安全色标	红	故障、危险情况，应禁止、停止	传递安全信息，使人们能迅速发现或分辨安全标志和提醒人们注意，以防发生事故	
2		蓝	强制性操作者需加干预		
3		黄	异常情况，警告、注意		
4		绿	安全状态运行		
5	按钮	红	紧急情况	在危险状态或在紧急状况时操作	紧急分断、引起紧急分断动作、可用于停止/分析
6		黄	不正常	在出现不正常状态时操作	干预、为了遏制不正常状态干预、为了使中断的自动化过程重新启动
7		绿	安全	在安全条件下操作或在正常状态下准备	起动/接通，应优先使用白色
8		蓝	强制性	在需要进行强制性干预的状态下进行操作	复位动作*

表 4 (续)

序号	类别	颜色	含义	说明	应用举例
9	按钮	白	没有特殊的含义	一般地引发一个除紧急分析以外的动作	起动/接通(优先使用)、停止/分断
10		灰			起动/接通、停止/分断
11		黑			起动/接通、停止/分断(优先使用)
12	指示灯	红	紧急状况	危险状态	压力/温度超越安全范围、电压突然失落
13		黄	不正常	不正常状态;临近临界状态	压力/温度超过正常范围,保护装置释放
14		绿	正常	正常状态	压力/温度在正常范围之内
15		蓝	强制性	表示需要操作人员采取行动的状态	输入指令
16		白	没有特殊意义	其他状态,如对使用红、黄、绿或蓝存在疑问时,允许使用白色	一般信息,例如:确认命令,指示测量值
17	导线	绿/黄双色	保护导体	用于安全接地保护的导线	成套设备中保护接地母排、保护接地导线
18		淡蓝	中性线或中间线	与交流系统中性点连接的导体或直流系统电源的中间线	当电路中包含有用颜色来标识的中性线或中间线时,应采用淡蓝色
<p>注 1: 交替按压改变功能的按钮用白、灰、黑色按钮,不建议使用黄、绿、红色按钮。</p> <p>注 2: 按时运动、抬时停止运动(如点动、微动),可使用白、灰、黑色按钮,不建议使用红、黄色按钮。</p> <p>^a 复位按钮有停止/分断功能时,使用白、灰、黑色,黑色按钮最佳,也允许使用红色,不应使用绿色。</p>					

6.7.2 开关器件和元件的安装

成套设备内的开关器件和元件的安装和布线应依据其制造商所提供的说明,使其本身的功能不致由于正常工作中出现相互作用,例如,热、开合操作、振动、电磁场而受到损害。对电子成套设备,可能有必要把电子信号处理电路进行隔离或屏蔽。

如果安装了熔断器,初始制造商应规定所使用的熔断体的类型和额定数据。

6.7.3 可接近性

应在成套设备内部操作进行调整和复位的器件,应易于接近。

安装在同一支架(安装板、安装框架)上的功能单元及其外接导线端子的布置应使其在安装、布线、维护和更换时易于接近。

除非成套设备制造商与用户之间另有协议,否则地面安装的成套设备的易接近性应按表 5 的要求。

对于地面安装的成套设备,指示仪表、指示灯、操作件及对外接导线端子等的安装高度,应按表 5 的规定。

表 5 地面安装成套设备的元件、器件的安装高度

项目名称	距安装基础面的高度 ^a
指示仪表	上方 0.2 m~2.2 m

表 5 (续)

项目名称	距安装基础面的高度 ^a
手柄、按钮等操作件	适宜各自操作的高度
紧急开关器件的操作机构等	上方 0.8 m~1.6 m
端子,不包括保护导体端子	上方至少 0.2 m
^a 指元器件中心线距安装基础面的高度。	

需要在成套设备内部操作、调整和复位的元件应易于接近。对于震动大的和对震动敏感的元器件,其安装应有减震措施。应注意发热器件的安装位置,其发热不应损坏其他元器件和线路。

6.7.4 操作位置的指示和操作方向

应清楚地标明元件和器件的操作位置。操作方向宜按 GB/T 4205 的规定,见表 6。否则应清楚地标明该方向并在技术文件中说明。

表 6 操作器件的操作和排列规则

序号	最终效应	手控操作器件的操作方向				操作器件的排列位置
		垂直运动	水平运动	转动	推一拉 (按钮)	
1	开(投入运行)	向上	向右、向前	顺时针	提拉	
2	关(退出运行)	向下	向左、向后	逆时针	按压	停止 起动 停止 低 高
3	向右		向右	顺时针		
4	向左		向左	逆时针		左 停 右
5	向上、升	向上	向前			
6	向下、降	向下	向后			升 停 降
7	关闭(闭合电路)	向上	向前	顺时针	提拉	
8	打开(断开电路)	向下	向后	逆时针	按压	打开 关闭
9	增加	向上	向右、向前	顺时针		
10	减小	向下	向左、向后	逆时针		停 低速 高速
11	前进(向前)	向上	向右			
12	后退(向后)	向下	向左			前进 停 后退
13	开动(起动)	向上	向右、向前	顺时针		
14	刹住(停止)	向下	向左、向后	逆时针		刹住 开动

6.8 内部电路和连接

6.8.1 主电路

母线(裸的或绝缘的)的布置应使其不会发生内部短路。母线应至少符合资料中关于短路耐受强度的等级,并且,应使其至少能够承受在母线电源侧保护器件限定的短路应力。

在一个框架单元内,主母线与功能单元电源侧及包括在这些单元内的元件之间的导体(包括配电母线)应根据每个单元内相关短路保护电器在负载侧衰减后的短路应力来评估,所提供的这些导体的布置应使得在正常运行条件下,尽可能避免相间和/或相与地之间发生内部短路。

除非成套设备制造商与用户之间另有协议,在带中性导体的三相电路中,中性导体的最小截面积应满足:

- 如果电路相导体的截面积小于或等于 16 mm^2 ,则与相导体相同。
 - 如果电路相导体的截面积大于 16 mm^2 ,则为相导体的一半,但最小为 16 mm^2 。
- 假设中性导体的电流不超过相电流的 50%。
- PEN 尺寸应依据 6.6.3.2.3 的规定。

6.8.2 辅助电路

辅助电路的设计应考虑电源接地系统并保证接地故障或带电部分与外露可导电部分之间的故障不会引起非故意的危险操作。

辅助电路应带有保护以防止短路的影响。如果短路保护电器的动作易于造成危险,就不应配备保护器件。在此情况下,辅助电路导体的布置方式应使其不会发生短路。

6.8.3 裸导体和绝缘导线

正常的温升、绝缘材料的老化和正常工作时所产生的振动不应造成载流部件的连接有异常变化。尤其应考虑到不同金属材料的热膨胀和电解作用以及所达到的温度对材料耐久性的影响。

载流部件之间的连接应保证有足够和持久的接触压力。

如果是基于试验进行温升验证,成套设备内部导体及其截面积的选择应由初始制造商负责。如果是依据经试验验证的类似布置来推导进行温升验证,导体应符合 IEC 60364-5-52 规定的最小截面。除了导体的载流量,导体的选择还取决于:

- 成套设备可以承受的机械应力;
- 放置和固定导体的方法;
- 绝缘类型;
- 所连接元件的种类。

绝缘硬导线或软导线的要求如下:

- 应至少按照有关电路的额定绝缘电压确定绝缘导线;
- 连接两个端子之间的导线不应有中接头。例如绞接或焊接;
- 只带有基本绝缘的导线应防止与不同电位的裸带电部分接触;
- 应防止导线与带有尖角的边缘接触;
- 在覆板或门上连接电器元件和测量仪器的导线的安装,应使这些覆板和门的移动不会对导线产生机械损伤;
- 在成套设备中对电器元件进行焊接连接时,只有在电器元件和指定类型的导线适合此类型的连接时,才是允许的;
- 除上述以外的其他电器元件,焊接电缆接线片或多股导线的焊接端头不适用于有剧烈振动的状况。在正常工作时有剧烈振动的地方,例如运行的挖掘机和起重机、运行的船上、起吊设备和机车,应注意将导线固定住;
- 通常,一个端子上只能连接一根导线,只有在端子是为此用途而设计的情况下才允许将两根或多根导线连接到一个端子上。

被隔离电路间的固态绝缘参数应依据电路的最高额定绝缘电压确定。

6.8.4 为减少短路的可能性,对无防护的带电导体的选择和安装

成套设备内无短路保护电器保护的带电导体,在整个成套设备内的选择和安装应使其在相间或相与地之间内部短路的可能性极小。无保护的带电导体的选择和安装见 GB/T 7251.1—2013 中表 4,主母线与各个 SCPD 之间导体总长度不应超过 3 m。

6.8.5 主电路和辅助电路导体的识别

除了 6.8.6 中提到的情况外,导体的识别方法和内容,例如利用连接端子上的或在导体本身末端上的排列、颜色或符号,应由成套设备制造商负责,并且,应与接线图和原理图上的标志一致。

6.8.6 保护导体(PE,PEN)和主电路的中性导体(N)的识别

用位置和(或)标志或颜色应很容易地识别保护导体。如果用颜色识别,只能是绿色和黄色(双色)。绿色和黄色(双色)严格地用于保护导体。如果保护导体是绝缘的单芯电缆,也应采用此种颜色标识,颜色标记最好贯穿整个长度。

主电路的任何中性导体用位置和(或)标志或颜色应很容易识别。

6.9 外接导线端子

成套设备制造商应指出端子是适合于连接铜导线,还是适合连接铝导线,或者是两者都适合。端子应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。

如果使用铝导线,其类型、尺寸和导线在端子上的接线方法应遵循成套设备制造商与用户之间的协议。

可利用的布线空间应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。

导线不应承受可能降低其正常寿命的应力。


在带中性导体的三相电路中,中性导体的端子应允许连接具有以下最小截面积的铜导线:

——如果相导体的截面积大于 16 mm^2 ,则截面积等于相导体截面积的一半,但最小为 16 mm^2 ;

——如果相导体的截面积小于或等于 16 mm^2 ,则截面积等于相导体的截面积。

如果需要提供用于进线和出线的中性导体、保护导体和 PEN 导体的连接设施,应将它们放置在相应的相导体端子的附近。

电缆入口、盖板等应设计成在电缆正确安装后,能够达到所规定的防触电措施和防护等级,电缆入口方式的选择要适合成套设备制造商规定的使用条件。

外部保护导体的端子应标记,例如图形符号 。如果外部保护导体准备与带有绿黄颜色清楚标记的内部保护导体连接时,则不要求此符号。

外部保护导体(PE、PEN)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。应为每条电路的出线保护导体设置一个尺寸合适的单独端子。

保护导体的接线端子应允许连接的铜导线的截面积取决于相应的相导体的截面积。

对铝或铝合金的外壳和导体,应特别注意电腐蚀的危险。用于保证导电部分与外部保护导体的电的连续性而采取的连接措施不得作其他用途。

若无其他规定,对端子的识别应依据标准 IEC 60445。

7 性能要求

7.1 介电性能

7.1.1 通则

成套设备的每条电路都应承受：

- 暂态过电压；
- 瞬态过电压。

用施加工频耐受电压的方法验证成套设备承受暂时过电压的能力及固体绝缘的完整性；用施加冲击耐受电压的方法验证成套设备承受瞬态过电压的能力。

7.1.2 工频耐受电压

试验电压波形应是近似正弦波，频率在 45 Hz~60 Hz 之间。

在输出电压已调整到合适的试验电压值后，当输出端子短路时，用于试验的高压变压器应设计为输出电流至少为 200 mA。

当输出电流小于 100 mA 时，过流继电器不应动作。

试验电压值应是表 7 或表 8 中规定值，允许有 ±3% 的偏差。

表 7 主电路的工频耐受电压值

额定绝缘电压 U_i (线-线 交流或直流) V	介电试验电压 (交流有效值) V	介电试验电压 ^b (直流) V
$U_i \leq 60$	1 000	1 415
$60 < U_i \leq 300$	1 500	2 120
$300 < U_i \leq 690$	1 890	2 670
$690 < U_i \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_i \leq 1\ 000$	2 200	3 110
$1\ 000 < U_i \leq 1\ 500^a$	—	3 820

^a 仅指直流。
^b 试验电压是根据 GB/T 16935.1—2008 中 6.1.3.4.1 第五段。

表 8 辅助电路和控制电路的工频耐受电压值

额定绝缘电压 U_i (线-线) V	介电试验电压 交流有效值 V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	见表 7

7.1.3 主电路的冲击耐受电压

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应承受表 9 给出的对应于额定冲击耐

受电压的试验电压值。

对给定额定工作电压的相应额定冲击耐受电压应不低于 GB/T 7251.1—2013 附录 G 中给出的成套设备使用点的电路的电源系统标称电压和相应的过电压类别。

表 9 冲击耐受试验电压

额定冲击耐受电压 U_{imp} kV	试验期间的试验电压和相应的海拔									
	$U_{1.2/50}$, 交流峰值和直流 kV					交流有效值 kV				
	海平面	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m	海平面	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2.5	2.95	2.8	2.8	2.7	2.5	2.1	2.0	2.0	1.9	1.8
4.0	4.8	4.8	4.7	4.4	4.0	3.4	3.4	3.3	3.1	2.8
6.0	7.3	7.2	7.0	6.7	6.0	5.1	5.1	5.0	4.7	4.2
8.0	9.8	9.6	9.3	9.0	8.0	6.9	6.8	6.6	6.4	5.7
12.0	14.8	14.5	14.0	13.3	12.0	10.5	10.3	9.9	9.4	8.5

7.1.4 辅助电路的冲击耐受电压

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 7.1.3 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。这类交流或直流电路的电气间隙应可以承受 GB/T 7251.1—2013 附录 G 中给出的相应的冲击耐受电压。

7.2 温升

成套设备的温升按 GB/T 7251.1—2013 中 9.2 及表 6 的规定,检验后各部分的温升不得超过温升限值。温升不应造成成套设备载流部件或相邻部件的损坏。

7.3 短路保护与短路耐受强度

7.3.1 短路保护器件的选择

成套设备应耐受不超过额定值的短路电流所产生的热应力和电动应力。

成套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,上述元器件可以安装在成套设备内部或外部。

7.3.2 短路耐受强度的信息

成套设备制造商应提供成套设备有关短路耐受强度的资料。

对于进线单元具有短路保护装置的成套设备,制造商应标明成套设备输入端的预期短路电流的最大允许值,此值不应超过相应的额定值(I_{cw} 、 I_{pk} 、 I_{cc})。

对于进线单元没有短路保护装置的成套设备,制造商应用下述一种或几种方法标明短路耐受强度:

- 额定短时耐受电流(I_{cw})及相应的持续时间和额定峰值耐受电流(I_{pk});
- 额定限制短路电流(I_{cc})。

对于有几个不大可能同时工作的进线单元的成套设备,其短路耐受强度应根据上述条款在每个进线单元上标出。

对于具有几个且可能同时工作的进线单元的成套设备以及对于可能分担短路电流的有一个进线单元和一个或几个大功率出线单元的成套设备,应根据用户提供的数据,确定每个进线单元、每个出线单元和母线中的预期短路电流值。

7.3.3 耐受电流峰值与短路耐受电流之间的关系

为确定电动应力,峰值电流值应用短路电流的有效值乘以系数 n 获得。系数 n 的值和相应的功率因数 $\cos\phi$ 见表 10。

表 10 系数 n 的标准值

短路电流的方均根值 I kA	$\cos\phi$	n
$I \leq 5$	0.7	1.5
$5 < I \leq 10$	0.5	1.7
$10 < I \leq 20$	0.3	2.0
$20 < I \leq 50$	0.25	2.1
$50 < I$	0.2	2.2

7.3.4 保护器件的配合

成套设备短路保护器件的选择和整定应确保成套设备内任何一条输出支路发生短路故障时,应由该支路的开关器件将其断开,而不能影响其他输出支路,以达到保护的选择性。

为减少主、辅电路短路的可能性,对无短路保护的带电导体在选择及安装上应使其在正常工作条件下,相与相之间、相与地之间内部短路的可能性极小。导体的选择和安装要求见 GB/T 7251.1—2013 中的表 5。

7.4 电磁兼容性(EMC)

7.4.1 通则

在没有专门协议的情况下,大多数成套设备处于下面的两种环境条件:

- a) A 类环境;
- b) B 类环境。

A 类环境:主要与高压或中亚变压器供电电网有关,它用于为生产输送装置或类似装置供电,并且拟工作在工业场所或接近工业场所,如下所述。也适用于电池供电和拟在工业场所应用的设备。

环境为工业环境,包括户内和户外。

工业场所表现为以下一种或几种附加特征:

- 工业、科研和医疗(ISM)设备;
- 频繁切换的大感性或容性负载;
- 电流及其所产生的高磁场。

注 1: A 类环境涵盖在 EMC 通用标准 IEC 61000-6-2 和 IEC 61000-6-4 中。

B 类环境:主要与低压公共电网或连接到直流电源的设备有关,直流电源作为设备与低压公共主电网的接口。也适用于电池供电或由非公共、非工业、低压电源配电系统供电的设备。此设备应用场所如下所示。

环境涵盖居民区、商业区和轻工业区,包括户内和户外。如下所示:

- 居民区,例如住宅、公寓;
- 零售店,例如商店、超市;
- 商业建筑,例如办公室、银行;
- 公共娱乐场所,例如,电影院、公共酒吧、舞厅;户外场所,例如加油站、停车场、娱乐和体育中心;
- 轻工业场所,例如车间、实验室、服务中心。

已通过低压公共主电网直接供电为特征的场所,认为是居民区、商业区和轻工业区。

注 2: B类环境涵盖在 EMC 通用标准 IEC 61000-6-1 和 IEC 61000-6-3 中。

成套设备制造商应指出其成套设备所适合的环境类别,是 A 类环境和(或)B 类环境。

7.4.2 试验要求

7.4.2.1 通则

包含了或多或少的器件和元件随机组合的成套设备,在多数情况下是一次性生产或组装。

如果满足下述条件,则不要求在最终的成套设备上进行 EMC 抗干扰或发射试验:

- a) 按 7.4.1 中规定的环境的 EMC 要求装入的器件和元件符合相关产品的标准或通用的 EMC 标准;
- b) 内部的安装及布线是按照器件和元件制造商的说明书进行的(关于互相影响、电缆、屏蔽和接地等方面的安排)。

其他情况按 8.12 的试验来验证 EMC 的要求。

7.4.2.2 抗干扰

不装有电子电路的成套设备在正常使用条件下不易受电磁骚扰,因此不需要进行抗干扰试验。

安装在成套设备内的电子装置应符合相关产品的标准或通用的 EMC 标准的抗扰度要求,并按成套设备制造商的规定适用于指定的 EMC 环境中。

用于 A 类环境的成套设备应满足表 11 的要求,用于 B 类环境的成套设备应满足表 12 的要求,试验结果的验收准则含义见表 13,制造商可以在产品标准中对表 13 的内容给出更加确切的解释。

表 11 A 类环境中对 EMC 抗扰度的试验

试验项目	所要求的试验等级	验收准则 ^c
静电放电抗扰度试验 GB/T 17626.3	±8 kV/空气放电或±4 kV/接触放电	B
射频电磁场辐射抗扰度试验 GB/T 17626.3 从 80 MHz 到 1 GHz 和 从 1.4 GHz 到 2 GHz	在外壳端口 10 V/m	A
电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验 GB/T 17626.4	电源端口±2 kV 信号端口包括辅助电路和功能接地±1 kV	B
1.2/50 μs 和 8/20 μs 浪涌抗扰度试验 GB/T 17626.5 ^a	电源端口(线对地)±2 kV 电源端口(线对线)±1 kV 信号端口(线对地)±1 kV	B

表 11 (续)

试验项目	所要求的试验等级	验收准则 ^c
射频传导抗扰度试验 GB/T 17626.6 从 150 kHz 到 80 MHz	电源端口, 信号端口和功能接地 10 V	A
工频磁场抗扰度试验 GB/T 17626.8	30 A/m ^b 在外壳端口	A
电压暂降和短时中断抗扰度试验 GB/T 17626.11 ^d	0.5 个周期下降 30%	B
	5 和 50 个周期下降 60%	C
	250 个周期下降大于 95%	C
电源谐波抗扰度试验 GB/T 17626.13	无要求	
^a 对于额定电压小于或等于 24 VDC 的设备和(或)输入/输出端口, 无试验要求。 ^b 仅适用于成套设备中包含易受工频磁场影响的器件。 ^c 验收准则与环境无关, 见表 13。 ^d 仅适用于电源输入端口。		

表 12 B 类环境中对 EMC 抗扰度的试验

试验项目	所要求的试验等级	验收准则 ^c
静电放电抗扰度试验 GB/T 17626.2	±8 kV/空气放电 或 ±4 kV/接触放电	B
射频电磁场辐射抗扰度试验 GB/T 17626.3 从 80 MHz 到 1 GHz 和从 1.4 GHz 到 2 GHz	外壳端口 3 V/m	A
电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验 GB/T 17626.4	电源端口 ±1 kV 信号端口包括辅助电路和功能接地 ±0.5 kV	B
1.2/50 μs 和 8/20 μs 浪涌抗扰度试验 GB/T 17626.5 ^a	±0.5 kV(线对地)用于信号和电源端口, 除 主电源外, 输入端口应用 ±1 kV(线对地) ±0.5 kV(线对线)	B
射频传导抗扰度试验 GB/T 17626.6 从 150 kHz 到 80 MHz	电源端口、信号端口和功能接地 3 V	A
工频磁场抗扰度试验 GB/T 17626.8	3 A/m ^b 在外壳端口	A
电压暂降和短时中断抗扰度试验 GB/T 17626.11 ^d	0.5 个周期下降 30%	B
	5 个周期下降 60%	C
	250 个周期下降大于 95%	C
电源谐波抗扰度试验 GB/T 17626.13	要求待制定	
^a 对于额定电压小于或等于 24VDC 的设备和(或)输入/输出端口, 无试验要求。 ^b 仅适用于成套设备中包含易受工频磁场影响的器件。 ^c 验收准则与环境无关, 见表 13。 ^d 仅适用于电源输入端口。		



表 13 电磁骚扰出现时的验收准则

项目	验收准则 (试验期间性能准则)		
	A	B	C
一般性能	工作特性无明显变化理想的运行	可自恢复的性能暂时降低或丧失	性能暂时降低或丧失,需要操作者干预或系统复位 ^a
电源电路和辅助电路的运行	无有缺点的运行	可自恢复的性能暂时降低或丧失 ^a	性能暂时降低或丧失,需要操作者干预或系统复位 ^a
显示和控制板的运行	目测显示信息无变化。仅发光二极管有轻微的亮度变化或轻微的字符移动	短暂的可视变化或信息丢失。发光二极管非正常发光	停机或显示持久丢失。错误的信息和(或)非法操作模式,它应被显示或应提供指示。不能自行恢复
信息处理和检测功能	与外部设备的通信和数据交换未受影响	暂时的通信故障,可能造成内部和外部设备出错	错误的处理信息。数据和(或)信息丢失。通信出错。不能自行恢复
^a 在产品标准中,应详细给出规定要求。			

7.4.2.3 发射

不装有电子电路的成套设备只是在偶然的通断操作过程中可能产生电磁骚扰。骚扰的持续时间为毫秒级。这种发射的频率、等级及后果被视为低压设施正常电磁环境的一部分,因此可以认为满足了电磁发生的要求,不需要进行试验验证。

装有电子电路的成套设备(例如:开关电源、包含有高频时钟的微处理器的电路)可能出现持续的电磁骚扰。

此类产品的发射要求不能超过相关产品标准规定的限值或 IEC 61000-6-4 中 A 类环境的要求和(或)IEC 61000-6-3 中 B 类环境的要求。试验按照相关产品标准进行,如果有,否则依据 8.12.10 进行。

8 设计验证

8.1 通则

设计验证包括以下项目:

- a) 材料和部件的强度;
- b) 成套设备的防护等级;
- c) 电气间隙和爬电距离;
- d) 电击防护和保护电路完整性;
- e) 开关器件和元件的组合;
- f) 内部电路和连接;
- g) 外接导线端子;
- h) 介电性能;
- i) 温升验证;
- j) 短路耐受强度;

- k) 电磁兼容性;
- l) 机械操作。

8.2 材料和部件强度的验证

8.2.1 通则

如果使用符合 GB/T 20641—2014 的空壳体,且没有对其进行过降低外壳性能的更改,则不需要按 8.2.2~8.2.7 规定再进行外壳的试验。

8.2.2 耐腐蚀验证

依据 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.2,验证是否满足 6.1.2 要求。

8.2.3 绝缘材料性能

8.2.3.1 外壳热稳定性验证

依据 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.3,验证是否满足 6.1.3 的要求。

8.2.3.2 耐正常发热

依据 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.3.1,验证是否满足 6.1.4.2 的要求。

8.2.3.3 耐受非正常发热和着火的验证

依据 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.3.2,验证是否满足 6.1.4.3 的要求。

8.2.4 耐紫外线(UV)辐射

依据 GB/T 7251.1—2013 中的 10.2.4,验证是否满足 6.1.5 的要求。

8.2.5 提升验证

依据 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.5,验证是否满足 6.1.7 的要求。

8.2.6 外部机械碰撞防护等级验证(IK 代码)

依据 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.6,验证是否满足 6.1.8 的要求。

8.2.7 标志

依据 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.7,验证是否满足 6.1.9 的要求。

8.3 防护等级验证(IP 代码)

成套设备提供的防护等级应依据 GB/T 4208 的规定,并符合 6.4 的要求。

8.4 电气间隙和爬电距离验证

电气间隙和爬电距离的测量方法按 GB/T 7251.1—2013 附录 F 进行,其测量值应不小于 6.5 的规定值。

8.5 电击防护和保护电路连续性验证

应验证成套设备的不同裸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,且电路的

电阻应不超过 0.1 Ω 。

应使用电阻测量仪器进行验证,此仪器至少能输出 10 A 交流或直流电流。在每个外露可导电部分与外部保护导体的端子之间通此电流。电阻不应超过 0.1 Ω 。

8.6 开关器件和元件的组合

依据 6.7 的设计要求,开关器件和元件的组合应经初始制造商检查确认。

8.7 内部电路和连接

依据 6.8 的设计要求,内部电路和连接应经初始制造商检查确认。

8.8 外接导线端子

依据 6.9 的设计要求,外部端子应经初始制造商检查确认。

8.9 介电性能验证

8.9.1 工频耐受电压试验

主电路以及连接到主电路的辅助电路和控制电路应承受表 7 中的试验电压值。

不与主电路连接的辅助电路和控制电路,应承受表 8 中的试验电压值。

工频耐受电压施加的位置如下:

- 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,或由一个合适低阻导体短接;
- 主电路不同电位的每个带电部分和不同电位其他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,或由一个合适低阻导体短接;
- 通常不与连接主电路的每条控制电路和辅助电路与主电路、其他电路及外露可导电部分。

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,并维持 5^{+2}_{-0} s。

试验过程中,过流继电器不应动作,且不应有击穿放电。

8.9.2 冲击耐受电压试验

冲击耐受电压施加的位置如下:

- 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,或由一个合适低阻导体短接;
- 主电路不同电位的每个带电部分和不同电位其他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,或由一个合适低阻导体短接;
- 通常不与连接主电路的每条控制电路和辅助电路与主电路、其他电路及外露可导电部分。冲击耐受电压值见表 9;

不与主电路连接的辅助电路应接地。对成套设备每个极性施加 1.2/50 μ s 的冲击电压 5 次,间隔时间至少为 1 s。

试验过程中不应有击穿放电。

8.9.3 可选择的工频电压试验

波形应是近似正弦波形,频率在 45 Hz~65 Hz 之间。

在输出电压已调整到合适的试验电压值后,当输出端子短路时,用于试验的高压变压器应设计为输

出电流至少为 200 mA。

当输出电流小于 100 mA 时,过流继电器不应动作。

试验电压值应是 7.1.3、7.1.4 及表 9 中规定值,允许有±3%的偏差。

应一次满额施加工频试验电压,持续时间应足够长以达到确定的值,但不应小于 15 ms。

试验过程中,过流继电器不应动作,不应有击穿放电。

8.9.4 可选择的直流电压试验

试验电压可含有可以忽略的纹波。

用于试验的高压源应设计成在输出电压调整到合适的试验电压值,且输出端子短路时,其输出电流至少为 200 mA。

当输出电流小于 100 mA 时,过流继电器不应动作。

试验电压值应是 7.1.3、7.1.4 及表 9 中规定值,允许有±3%的偏差。

对每个极性施加直流电压一次,持续时间应足够长以达到确定的值,但不能小于 15 ms 或大于 100 ms。

它适于成套设备在 8.9.2 中的试验。

可以接受的结果是,试验过程中过流继电器不应动作,不应有击穿放电。

8.9.5 绝缘材料外壳的试验

用绝缘材料制造外壳的成套装置,还应进行一次附加介电试验。在外壳的表面包覆一层能覆盖所有开孔和接缝的金属箔。交流试验电压施加于这层金属箔与成套设备内靠近开孔和接缝的相互连接的带电部分以及外露可导电部分之间。对此附加试验,其试验电压应等于表 7 中规定值的 1.5 倍。

8.9.6 用绝缘材料制造的外部操作手柄

手柄由绝缘材料制作或包覆的情况下,应在带电部分与金属箔包裹的整个手柄表面之间施加表 7 给出试验电压 1.5 倍的试验电压进行介电试验。在此测试期间,框架不应接地或连接到其他电路。

8.10 温升极限的验证

成套设备的温升极限可通过以下一种或多种方式验证:

- a) 试验(GB/T 7251.1—2013 中 10.10.2);
- b) 类似方案额定数据的推导(GB/T 7251.1—2013 中 10.10.3);
- c) 计算,即对不超过 630 A 的单隔室成套设备依据 GB/T 7251.1—2013 中 10.10.4.2,或对不超过 1 600 A 的成套设备依据 GB/T 7251.1—2013 中 10.10.4.3。

温升验证具体方法详见 GB/T 7251.1—2013 中 10.10。验证是否符合 7.2 的规定。

8.11 短路耐受强度验证

8.11.1 通则

短路耐受强度的验证可通过一个与基准设计比较或通过试验进行。通过一个与基准设计比较进行验证时,依据 GB/T 7251.1—2013 的 10.11.3 和 10.11.4 进行。

通过试验进行验证时,短路强度的验证包括:

- a) 出线电路;
- b) 进线电路和主母线;
- c) 中性导体;

d) 保护电路。

8.11.2 出线电路

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。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:

- a) 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);
- b) 当出线电路不包括短路保护器件 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。

8.11.3 进线电路和主母线

试验中短路点应该选择包括主母线长度在内的长度为 $2\text{ m} \pm 0.4\text{ m}$ 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。

8.11.4 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 8.11.2 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:

- 与相导体有相同的形状和截面;
- 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;
- 与最靠近相导体的距离不小于相导体间的距离;
- 与接地金属工件的距离不小于同相导体的距离。

8.11.5 保护电路

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 I^2t 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%。

8.11.6 短路电流值及其持续时间

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。示波图应显示出在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7的短路电流对应的功率因数下进行。

对于额定限制短路电流 I_{cc} 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。

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。

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 I^2t 值不大于短时电流试验的相应值,但它不得小于3个周波。

8.11.7 试验结果

8.11.7.1 出线单元、进线单元和主母线、中性导体

试验后,如电气间隙和爬电距离仍符合6.5的规定,则母线和导体的变形是可以接受的。

绝缘性能应保证设备的机械和介电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,且在支撑件的反面不能出现裂缝,支撑件的整个长度或宽度,以及表面也不能出现裂缝。

导线的连接部件不应松动,而且导线不应从输出端子上脱落。

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。

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。

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6.5规定的值以下。另外,在8.11.1~8.11.4的包含短路保护电器的试验后,被试设备应承受介电试验。“试验后”的电压值在为合适的短路试验而规定在相关短路保护电器标准中。试验部位如下:

- a) 在成套设备所有带电部分与外露可导电部分之间;
- b) 在每一极与被连接到成套设备外露可导电部分的所有其他极之间。

如进行上述a)和b)项试验,则应更换熔断器并闭合开关器件。

如果有熔体,则熔体不应显示故障电流。

8.11.7.2 保护导体

试验后符合下述各项要求,则认为检验合格。

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。

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6.5规定的值以下。

8.12 电磁兼容性试验

8.12.1 静电放电

本试验要求见7.4的规定,试验方法和试验结果评定见GB/T 17626.2的规定。

8.12.2 电磁场

本试验要求见 7.4 的规定,试验方法和试验结果评定见 GB/T 17626.3 的规定。

8.12.3 电快速瞬变脉冲群

本试验要求见 7.4 的规定,试验方法和试验结果评定见 GB/T 17626.4 的规定。

8.12.4 浪涌(冲击)

本试验要求见 7.4 的规定,试验方法和试验结果评定见 GB/T 17626.5 的规定。

8.12.5 射频传导

本试验要求见 7.4 的规定,试验方法和结果评定见 GB/T 17626.6 的规定。

8.12.6 工频磁场试验

本试验要求见 7.4 的规定,试验方法和试验结果评定见 GB/T 17626.8 的规定。

8.12.7 电压变化

本试验要求见 7.4 的规定,试验方法和试验结果评定见 GB/T 17626.11 的规定。

8.12.8 抗干扰试验

试验应依据相应的 A 类环境和 B 类环境。表 11 和表 12 给出了数值,除非相关产品标准和电子器件制造商认为有正当理由时给出了不同试验等级。

成套设备制造商规定的性能标准,需基于表 13 中的验收准则。

8.12.9 发射试验

装有电子电路的成套设备制造商应指定试验方法,见 7.4.2.3。

A 类环境的发射限值见 IEC 61000-6-4 的表 1。

B 类环境的发射限值见 IEC 61000-6-3 的表 1。

如果成套设备包含通信端口,则相关端口及环境的选择应依据 CISPR 22 的发射要求。

8.13 机械操作试验

在成套设备安装好之后,应验证机械操作是否良好。操作循环次数应为 200 次。

同时,应检查与这些动作相关的机械联锁机构的工作,如果元器件、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样,则认为通过了此项试验。

9 例行检验

9.1 通则

每一台成套设备都应进行例行检验。成套设备制造商应确定例行检验是在制造过程中和(或)制造后进行。在合适的时候,它还用来确认设计验证的有效性。

检验应包括以下项目:

- a) 外壳的防护等级;
- b) 电气间隙和爬电距离;

- c) 电击防护和保护电路的完整性；
- d) 内装元件的组合；
- e) 内部电路和连接；
- f) 外接导线端子；
- g) 机械操作；
- h) 介电性能；
- i) 布线、操作性能和功能。

9.2 外壳的防护等级

需用目测检查以确认规定的措施是否能保持所要求的防护等级。

9.3 电气间隙和爬电距离

电气间隙的验证依据下列要求进行：

- 小于表 2 规定值时，冲击电压耐受试验应按 8.9.2 要求执行；
- 通过目测检查不明显大于表 2 中给出的值时，应通过实际测量或依据 8.9.2 的冲击电压耐受试验进行验证。

爬电距离通常的检测方法是目测检查。凡是目测检查不够明显的部位，应通过实际测量来验证。

9.4 电击防护和保护电路完整性

关于基本防护和故障保护规定的防护措施通常用目测检查。

应用目测检查和测量保护电路，以确认 6.6.3 所规定的措施是否得到验证。

应以随机抽样方式检查螺钉和螺栓的连接是否有正确的松紧度。

9.5 内装元件的组合

内装元件的安装和标识应符合成套设备制造商的说明书。

9.6 内部电路和连接

应检查连接，特别是螺钉和螺栓的连接在任意的基座上能否有正确的松紧度。

应检查导体是否符合成套设备制造商的说明书。

9.7 外接导线端子

应检查端子的数量、类型和标识是否符合成套设备制造商的说明书。

9.8 机械操作

应检查机械操作部件、联锁和锁，包括与可移式部件有关的部件的有效性。

9.9 介电性能

应按照 8.9.1，对所有电路进行工频耐受试验，但持续时间为 1 s。

此试验不必在下述辅助电路上进行：

- 用额定数据不超过 16 A 的短路保护电器进行保护的辅助电路；
- 如果辅助电路计划使用的额定工作电压事先已进行了电气功能试验。

对于 250 A 及以下的带进线保护的成套设备，作为一种选择，绝缘电阻的验证可用电压至少为 500 V 直流的绝缘测量仪器进行绝缘测量。

如果电路与外露可导电部分之间的绝缘电阻至少为 $1\ 000\ \Omega/V$ (每条电路, 这些电路的电源电压对地), 则认为通过了试验。

9.10 布线、操作性能和功能

应验证第 10 章中规定的信息和标识的完整性。

根据成套设备的复杂程度, 可能有必要检查布线, 并进行电气功能试验, 试验程序和试验次数取决于成套设备是否包括复杂联锁装置和程序控制装置等。

10 信息

10.1 标志

10.1.1 成套设备规定的标志

每台成套设备应配置一个或数个铭牌, 铭牌应坚固、耐久, 其位置应该是在成套设备安装好并投入运行时易于看到的地方。是否合格应依据 8.2.7 的要求进行试验和目测检验。

成套设备的下列信息应在铭牌上标出:

- a) 成套设备制造商的名称或商标;
- b) 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;
- c) 鉴别生产日期的方式;
- d) 执行标准号 GB/T 24275;
- e) 电流类型(和交流情况下的频率);
- f) 额定电压(U_n);
- g) 额定电流(I_{nA});
- h) 质量, 若超过 30 kg。

10.1.2 功能单元标识

每台功能单元应有标识, 标识的位置应该在功能单元的正面或侧面易于看到的地方, 标识上的信息包括:

- a) 单元型号或代号;
- b) 额定工作电流;
- c) 单元编号。

10.1.3 相关信息

下列附加信息, 如适用, 应在成套设备制造商技术文件中一起提供:

- a) 主电路额定工作电压(U_c);
- b) 辅助电路额定工作电压(U_e);
- c) 额定绝缘电压(U_i);
- d) 额定冲击耐受电压(U_{imp});
- e) 功能单元的额定电流;
- f) 主母线额定电流;
- g) 配电母线额定电流;
- h) 额定短时耐受电流;
- i) 额定峰值耐受电流;

- j) 额定频率(f_n);
- k) 额定分散系数(RDF);
- l) 电磁兼容性(EMC)类别。

10.2 使用说明书

成套设备制造商应用户提供使用说明书,使用说明书的内容一般应包括:

- a) 额定电气参数;
- b) 使用条件;
- c) 线路图;
- d) 结构尺寸、安装尺寸及要求;
- e) 操作、维修、安装运输(包括吊、装等)要求。

10.3 器件和(或)元件的识别

器件和(或)元件的识别一般应包括:

- a) 开关操作机构应清楚地标出它们的接通和断开位置;
- b) 成套设备内的电器元件应在靠近该元件的明显位置标出该元件的文字符号,各电路的导线端头也应标志相应的文字符号,所有文字符号应与提供的图纸上的符号一致;
- c) 根据用户需求,制造厂还可提供标明单元用途的使用标识;
- d) 成套设备的主接地点应有接地标志,对于安装在成套设备内各元件上接地标志,在元件安装完毕后予以去除或覆盖。

11 包装、运输和贮存

11.1 包装与运输

成套设备的包装与运输应符合 GB/T 13384 的规定。

11.2 装箱时随附资料及文件

- a) 使用说明书;
- b) 原理图和安装图;
- c) 装箱清单;
- d) 产品合格证;
- e) 备品备件、随机附件;
- f) 专用工具。

11.3 贮存

成套设备贮存条件应符合 5.3 的规定。

参 考 文 献

- [1] GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验
 - [2] GB/T 24274—2019 低压抽出式成套开关设备和控制设备
-

