



中华人民共和国国家标准

GB/T 15576—2020
代替 GB/T 15576—2008

低压成套无功功率补偿装置

Low-voltage reactive power compensation assemblies

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 装置的分类 3

 4.1 使用场所 3

 4.2 安装位置 3

 4.3 补偿相数 3

 4.4 投切电容器的元件类型 3

 4.5 有无抑制谐波或滤波功能 3

5 信息 4

 5.1 装置规定的标志 4

 5.2 文件 4

 5.3 器件和/或元件的识别 4

6 使用条件 5

 6.1 正常使用条件 5

 6.2 特殊使用条件 5

 6.3 运输、存放条件 6

7 结构要求 6

 7.1 材料和部件的强度 6

 7.2 装置外壳的防护等级 7

 7.3 电气间隙和爬电距离 7

 7.4 电击防护 9

 7.5 电器元件和辅件的组合 10

 7.6 内部电路和连接 10

 7.7 外接导线端子 11

8 性能要求 12

 8.1 介电性能 12

 8.2 温升极限 12

 8.3 短路保护和短路耐受强度 13

 8.4 电磁兼容性(EMC) 13

 8.5 噪声(适用于有抑制谐波和滤波功能的装置) 14

 8.6 装置的控制和保护 14

 8.7 放电试验 14

 8.8 装置的动态响应时间 14

 8.9 有抑制谐波或滤波功能装置的要求 14

8.10 集成低压无功功率补偿装置	16
9 设计验证	16
9.1 通则	16
9.2 材料和部件强度	17
9.3 装置的防护等级	17
9.4 电气间隙和爬电距离	17
9.5 电击防护和保护电路完整性	17
9.6 电器元件和辅件的组合	18
9.7 内部电路和连接	18
9.8 外接导线端子	18
9.9 介电性能	18
9.10 温升验证	19
9.11 短路耐受强度	19
9.12 电磁兼容性(EMC)	19
9.13 机械操作	19
9.14 噪声测试	19
9.15 装置的控制和保护	20
9.16 放电试验	20
9.17 动态响应时间检测	20
9.18 抑制谐波或滤波功能验证	20
9.19 通电操作试验	20
9.20 环境温度性能试验(仅适用于户外型装置)	21
9.21 集成低压无功功率补偿装置功能验证	21
10 例行检验	21
10.1 通则	21
10.2 外壳的防护等级	21
10.3 电气间隙和爬电距离	21
10.4 电击防护和保护电路完整性	21
10.5 内装元件的组合	22
10.6 内部电路和连接	22
10.7 外接导线端子	22
10.8 机械操作	22
10.9 介电性能	22
10.10 布线、操作性能和功能	22
10.11 工频过电压保护试验	22
10.12 缺相保护试验	22
10.13 通电操作试验	22
参考文献	24

表1 空气中的最小电气间隙	7
表2 爬电距离	8

表 3 铜保护导体的最小截面积(PE、PEN) 12

表 4 主电路的工频耐受电压值 12

表 5 辅助电路和控制电路的工频耐受电压值 12

表 6 温升限值 13

表 7 公用电网谐波电压(相电压)限值 15

表 8 谐波电流允许值 15

表 9 验证和检验项目清单 23



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 15576—2008《低压成套无功功率补偿装置》。

本标准与 GB/T 15576—2008 相比,主要技术变化如下:

- 重新编排了整体结构;
- 修改了术语“低压成套无功功率补偿装置”“集中补偿装置”“分组补偿装置”“末端补偿装置”“涌流”和“额定总容量”的定义(见 3.1、3.3、3.4、3.5、3.7 和 3.14,2008 年版的 3.1~3.5、3.13);
- 增加了术语“集成低压无功功率补偿装置”(见 3.2);
- 增加了集成低压无功功率补偿装置的性能要求和设计验证(见 8.10 和 9.21);
- 修改了按照补偿相数和按照投切电容器元件类型分类两种分类方法(见 4.3 和 4.4,2008 年版的 4.3 和 4.4);
- 增加了耐紫外线辐射、机械强度、提升装置、装置外壳的防护等级、外接导线端子的结构要求及其验证方法(见 7.1.4、7.1.5、7.1.6、7.2、7.7、9.2.4、9.2.5、9.2.6、9.3 和 9.8);
- 修改了验证方式,型式试验改为设计验证(见第 9 章,2008 年版的第 6 章);
- 修改了验证方式,出厂试验改为例行检验(见第 10 章,2008 年版的第 7 章);
- 修改了电气间隙和爬电距离的规定值及其验证方法(见 7.3 和 9.4,2008 年版的 6.6 和 7.1.4);
- 删除了绝缘电阻验证(见 2008 版的 6.7.1 和 7.5.2);
- 修改介电性能中主电路和辅助电路工频耐受试验电压值及工频耐受试验电压频率(见 8.1 和 9.9.2,2008 年版的 6.7.2 和 7.5.3);
- 修改了电磁兼容性(EMC)的性能要求和验证方法(见 8.4 和 9.12,2008 年版的 6.12);
- 删除了单台电动机的补偿(见 2008 年版的 6.11);
- 修改了公用电网谐波电压限值 and 公用电网谐波电流允许值(见 8.9,2008 年版的 6.14);
- 增加了温升试验的方法,在验证试验的基础上增加验证比较、验证评估的方法(见 9.10);
- 修改了机械操作验证,操作次数由 50 次增加至 200 次(见 9.13,2008 年版的 7.4);
- 修改了噪声的验证方法(见 9.14,2008 年版的 7.10);
- 修改了运输和存放的环境温度,改为正常使用条件下的温度(见 6.3,2008 年版的 5.3)。

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、深圳市华冠电气有限公司、索凌电气有限公司、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)、江苏斯菲尔电气股份有限公司、湖南电器科学研究院有限公司、浙宝电气(杭州)集团有限公司、浙江省台州成套机电设备有限公司、杭州电力设备制造有限公司余杭群力成套电气制造分公司、威司克股份有限公司、上海电器科学研究所(集团)有限公司、库柏(宁波)电气有限公司、宁波奥克斯高科技有限公司、河北卓越电气有限责任公司、海格电气(惠州)有限公司、河北申科电力股份有限公司、镇江默勒电器有限公司、福建森达电气股份有限公司、上海柘中电气有限公司、中检质技检验检测科学研究院有限公司、方圆标志认证集团有限公司、香江科技股份有限公司、上海友邦电气(集团)股份有限公司、友邦电气(平湖)股份有限公司、上海宝临电气集团有限公司、盛隆电气集团有限公司、中安达电气科技股份有限公司、河北沃邦电力科技有限公司、红光电气集团有限公司、浙江三辰电器股份有限公司、深圳市光辉电器实业有限公司、山东厚俞实业有限公司、天津天传电控配电有限公司。

本标准主要起草人：张磊、王洪斌、黄冠、秦岭、王连杰、陈东华、李青、姜晓东、王晓杰、胡翔、郑巨式、李新强、杨和、王火勇、许广路、杜佳琳、陈金业、杨全兵、陈泽银、祝延辉、吴华、周连军、章雪峰、王国良、王帅、马志强、谢正新、林柏阳、马洪亮、王莹、郭巍、贺未、胡晨光、王沙。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 15576—1995、GB/T 15576—2008。

低压成套无功功率补偿装置

1 范围

本标准规定了低压成套无功功率补偿装置(以下简称装置)的术语和定义、分类、使用条件、结构和性能要求、设计验证和例行检验。

本标准适用于额定交流电压不超过 1 000 V(或 1 140 V)、频率不超过 1 000 Hz 的低压成套无功功率补偿装置。

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 1094.6 电力变压器 第 6 部分:电抗器

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 4025 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则

GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)

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 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 12747.1 标称电压 1 000 V 及以下交流电力系统用自愈式并联电容器 第 1 部分:总则性能、试验和定额 安全要求 安装和运行导则

GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波

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 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

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 低压成套开关设备和控制设备 空壳体的一般要求

GB/T 29312—2012 低压无功功率补偿投切装置

JB/T 9663—2013 低压无功功率自动补偿控制器

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)

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)

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

低压成套无功功率补偿装置 low-voltage reactive power compensation assembly

由一个或多个低压开关设备、低压电容器和与之相关的控制、测量、信号、保护、调节等设备,由制造
商完成所有内部的电气和机械的连接,用结构部件完整地组装在一起的一种组合体。

注:集成低压无功补偿装置为低压成套无功功率补偿装置的一种。

3.2

集成低压无功功率补偿装置 integrated low-voltage reactive power compensation assembly

以一组或多组低压电力电容器(或电容器、电抗器组合),实现低压无功功率自动补偿控制,其检测、
投切控制、保护等功能集成一体的无功补偿装置。

3.3

集中补偿装置 integrative compensation assembly

安装在变电所对无功功率进行集中补偿的低压成套无功功率补偿装置。

3.4

分组补偿装置 paragraph compensation assembly

安装在功率因数较低的用电单元或母线上对供电系统中的一部分(区域)无功功率进行分段(区
域)补偿的低压成套无功功率补偿装置。

3.5

末端补偿装置 terminal compensation assembly

直接安装在感性用电设备附近对无功功率进行补偿的低压成套无功功率补偿装置。

3.6

相间补偿装置 phase compensation assembly

安装在三相电路中的任意两相之间对无功功率进行补偿的低压无功功率补偿装置。

3.7

涌流 transient inrush current

电容器投入瞬间产生的瞬态电流。

3.8

动态响应时间 dynamic response time

T

从系统的无功变化达到设定值时刻起到装置输出无功时的时间间隔。

3.9

基波(分量) fundamental(component)

对发生畸变的工频交流量进行傅里叶级数分解,得到与工频相同的频率分量。

3.10

谐波(分量) harmonic(component)

对周期性交流量进行傅里叶级数分解,得到的为基波频率大于1的整数倍的频率分量。

3.11

谐波次数 harmonic order

h

谐波频率与基波频率的整数比。

3.12

谐波含量(电压或电流) **harmonic content (for voltage or current)**

从周期性交流量中去掉基波分量后所得的量。

3.13

总谐波畸变率 **total harmonic distortion; THD**

周期性交流量中含有的谐波含量的方均根值与其基波分量的方均根均值之比。

注:总谐波畸变率用百分数(%)表示,电压总谐波畸变率以 THD_U 表示,电流总谐波畸变率以 THD_I 表示。

3.14

额定总容量 **total rated capacity**

电容器组的额定容量(或标称容量)之和。

4 装置的分类

4.1 使用场所

按使用场所分为:

- a) 户外型装置;
- b) 户内型装置。

4.2 安装位置

按安装位置分为:

- a) 集中补偿装置;
- b) 分组补偿装置;
- c) 末端补偿装置。

4.3 补偿相数

按补偿相数分为:

- a) 单相补偿装置;
- b) 相间补偿装置;
- c) 三相补偿装置;
- d) 混合补偿装置(以上三种方式中两种或两种以上混合补偿)。

4.4 投切电容器的元件类型

按投切电容器的元件类型分为:

- a) 机电开关(例:接触器);
- b) 半导体电子开关(例:晶闸管);
- c) 复合开关(半导体电子开关和机电开关并联的组合物、单片机 CPU 控制+磁保持继电器)。

4.5 有无抑制谐波或滤波功能

按有无抑制谐波或滤波功能分为:

- a) 无抑制谐波或滤波功能;
- b) 有抑制谐波功能:装置投入运行不能使系统谐波含量增加,投入电容器的工作电流应不超过电容器的额定电流;
- c) 有滤波功能:装置投入运行使系统谐波含量减少。

5 信息

5.1 装置规定的标志

装置制造商为每台装置配备一个或数个铭牌,铭牌应坚固、耐久,其位置应在装置安装好并投入运行时易于看到的地方。

装置的下列信息应在铭牌上标出:

- a) 装置制造商的名称或商标;
- b) 型号或标志号,或其他标识,据此可以从装置制造商获得相关的信息;
- c) 鉴别生产日期的方式;
- d) 额定电压;
- e) 本标准编号;
- f) 额定总容量。

5.2 文件

5.2.1 关于装置的信息

下列附加信息,如适用,应在装置制造商技术文件中一起提供:

- a) 额定频率;
- b) 防护等级;
- c) 户内使用、户外使用;
- d) 外形尺寸,其顺序为高度、宽度(或长度)、深度;
- e) 额定电流;
- f) 短路耐受强度;
- g) 补偿的路数;
- h) 质量,单位为千克(kg),如需要。

5.2.2 装卸、安装、操作与维护的说明书

制造商应按每批产品的类型,随附下列文件资料:

- a) 装箱文件资料清单;
- b) 安装与使用说明书;
- c) 电路图;
- d) 产品合格证明书。

在技术文件中规定装置电器元件的安装、操作和维修条件。

如有必要,装置的运输、安装和使用说明书上应指出某些方法,这些方法对合理地、正确地安装交付使用与操作装置是极为重要的。

如果电器元件的安装排列使电路的识别不很明显,则应提供有关资料,诸如接线图或接线表。

5.3 器件和/或元件的识别

在装置内部,应能辨别出单独的电路及电器元件。电器元件所用的标记应与随同装置一起提供的电路图上的标记一致。

6 使用条件

6.1 正常使用条件

6.1.1 周围空气温度

6.1.1.1 户内装置的周围空气温度

周围空气温度应不超过 40℃,且在 24 h 一个周期内其平均温度不超过 35℃。

周围空气温度的下限为-5℃。

6.1.1.2 户外装置的周围空气温度

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-25℃。

6.1.2 湿度条件

6.1.2.1 户内装置的湿度条件

最高温度为 40℃时的相对湿度不超过 50%。在较低温度时可有较高的相对湿度。例如,20℃时的相对湿度为 90%。宜考虑到由于温度的变化,有可能会偶尔产生适度凝露。

6.1.2.2 户外装置的湿度条件

最高温度 25℃时,相对湿度短时可达 100%。

6.1.3 污染等级

如果没有其他规定,装置一般在污染等级 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。

注:装置的微观环境的污染等级可能受外壳内安装方式的影响。

6.1.4 海拔

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装置,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。打算在这些条件下使用的装置,宜按照制造商与用户之间的协议设计和使用。

6.1.5 安装地点条件

装置安装地点的系统电压波动范围不超过额定工作电压的±10%,无抑制谐波或滤波功能的装置电压总谐波畸变率不大于 5%。

注 1:使用条件不符合上述要求或特殊使用条件的用户可与制造商协商解决。

注 2:在安装地点的电压为 1.1 倍的电容器额定电压的情况下,谐波量不使电容器的电流大于其额定电流的 1.3 倍。

6.2 特殊使用条件

如存在与 6.1 不符或符合 GB/T 7251.1—2013 中 7.2 所述任何一种特殊使用条件,应符合适用的特殊要求或装置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,用户应向装置制造商提出。

6.3 运输、存放条件

如果运输、存放和安装的条件,例如温度和湿度与 6.1 中的规定不符时,应由装置制造商与用户签订专门的协议。

7 结构要求

7.1 材料和部件的强度

7.1.1 通则

装置应由能够承受在规定的使用条件下产生的机械应力、电气应力、热应力和环境应力的材料构成。

7.1.2 防腐蚀

考虑在正常使用条件下(见 6.1),为确保防腐蚀,装置的外壳外表面应采用合适的材料或应喷涂防炫目反光的覆盖层,表面不应有起泡、裂纹或流痕等缺陷;装置的所有金属紧固件均应有合适的镀层,镀层不应脱落、变色及生锈;装置的焊接件应焊接牢固,焊缝应均匀美观,无焊穿、裂纹、咬边、残渣、气孔等现象。在正常使用条件下应经得起可能会遇到的潮湿影响。

7.1.3 绝缘材料的性能

7.1.3.1 热稳定性

对于绝缘材料的外壳或外壳部件,应按 9.2.3 的规定进行热稳定性的验证。

7.1.3.2 绝缘材料的耐热和耐着火性能

7.1.3.2.1 通则

由于内部电效应而暴露在热应力下且由于部件的老化而使装置的安全性受到损害的绝缘材料的部件,不应受到正常(使用)发热、非正常发热或着火的有害影响。

7.1.3.2.2 绝缘材料耐热性能

初始制造商应参考绝缘温度指标[例如按 IEC 60216(所有部分)的方法确定]或是按照 IEC 60085 的规定来选择绝缘材料。

7.1.3.2.3 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,由于绝缘部件的损耗可能影响装置的安全性,所以不应受到非正常发热和着火的有害影响,并应采用 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.3.2 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(表面积尺寸不超过 $14\text{ mm} \times 14\text{ mm}$),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。

7.1.4 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 9.2.4 的规定进行耐紫外线辐射验证。

7.1.5 机械强度

所有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(见 9.13)。

可移式部件的机械操作,包括所有的插入式联锁,应按 9.13 规定的试验进行验证。

对于有抑制谐波或滤波功能的装置的外壳应考虑因滤波电容器、滤波电抗器、大功率电力电子投切开关等质量的增加,应采取必要的措施保证外壳的承重能力和机械强度。

装置的门应能在不小于 90°的角度内灵活启闭。

7.1.6 提升装置

如需要,装置应配备合适的提升装置。按 9.2.5 规定的试验进行验证。

7.2 装置外壳的防护等级

7.2.1 对机械碰撞的防护

应由装置外壳提供防止机械碰撞的防护等级,并按 GB/T 20138 的规定进行验证。

7.2.2 防止触及带电部分以及外来固体和水的进入

应按 GB/T 4208 的规定,由任何装置提供的防止触及带电部分及防止外来固体和水进入的防护等级,用 IP 代码表示,并按 9.3 的规定进行验证。

按照装置制造商的说明书安装后,户内使用的装置防护等级应不低于 IP20,户外装置防护等级应不低于 IP44。当装置采用通风孔散热时,通风孔的设置不应降低装置的防护等级。

7.3 电气间隙和爬电距离

7.3.1 通则

装置内的电器元件应符合各自标准的规定,在正常使用条件下,应保持其电气间隙和爬电距离。

电气间隙和爬电距离适用于相对相,相对中性线,除了导体直接接地,还适用于相对地和中性线对地。

7.3.2 电气间隙

电气间隙应足以达到能承受宣称的电路的额定冲击耐受电压(U_{imp})。电气间隙应为表 1 的规定值。

表 1 空气中的最小电气间隙^a

额定冲击耐受电压 U_{imp} 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
^a 根据非均匀电场环境和污染等级 3 决定。	

用测量来确定电气间隙的方法见 GB/T 7251.1—2013 的附录 F。

7.3.3 爬电距离

在任何情况下,爬电距离都不应小于相应的最小电气间隙。
爬电距离应符合 6.1.3 污染等级和表 2 给出的额定绝缘电压下相应的材料组别。

表 2 爬电距离

额定绝缘电压 U_i^a V	最小爬电距离			
	mm			
	材料组别 ^b			
	I	II	III a	III b
32	1.5	1.5	1.5	1.5
40	1.5	1.6	1.8	1.8
50	1.5	1.7	1.9	1.9
63	1.6	1.8	2	2
80	1.7	1.9	2.1	2.1
100	1.8	2	2.2	2.2
125	1.9	2.1	2.4	2.4
160	2	2.2	2.5	2.5
200	2.5	2.8	3.2	3.2
250	3.2	3.6	4	4
320	4	4.5	5	5
400	5	5.6	6.3	6.3
500	6.3	7.1	8.0	8.0
630	8	9	10	10
800	10	11	12.5	— ^c
1 000	12.5	14	16	
1 250	16	18	20	
1 600	20	22	25	
注 1: 表中的数值来自 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。				
^a 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 的较低挡的爬电距离。				
^b 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 CTI≥600; ——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。				
^c 材料组别 III b 一般不宜用于 630 V 以上的污染等级 3。				

用测量来确定爬电距离的方法见 GB/T 7251.1—2013 的附录 F。

7.4 电击防护

7.4.1 通则

装置中电器元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。

7.4.2 基本防护

7.4.2.1 通则

基本防护旨在防止直接与危险带电部分接触。

基本防护能够利用装置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。可以要求装置制造商提供相关信息。

附加措施举例:只有被授权的人员才可进入安装了无进一步防护措施的开启式装置的场所。

采用结构措施的基本防护可以选择 7.4.2.2 和 7.4.2.3 中的一种或多种防护措施。如果相关的装置标准无规定,应由装置制造商选择防护措施。

7.4.2.2 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。

绝缘应采用合适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。

7.4.2.3 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。

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 7.3 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,应满足下列条件之一:

- a) 使用钥匙或工具,也就是说只有靠器械的帮助才能打开门、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。

7.4.3 故障保护

7.4.3.1 安装条件

装置应包含保护措施并按 GB/T 16895.21 的规定进行安装。对于一些特殊用途的装置,保护措施应由装置制造商与用户协商。

7.4.3.2 为便于自动断开电源对保护导体的要求

7.4.3.2.1 通则

每台装置都应有保护导体,便于电源自动断开,防止装置内部故障(例如,基本绝缘损坏)引起的后果,具体要求见 7.4.3.2.2。

保护导体(PE、PEN)的识别要求见 7.6.5。

7.4.3.2.2 接地连续性提供的防止装置内部故障引起的后果的要求

装置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。

装置的金属壳体、可能带电的金属件及要求接地的电器元件的金属底座(包括因绝缘损坏可能会带电的金属件)、装有电器元件的门、板、支架与主接地点间应保证具有可靠的电气连接。

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。

验证装置外露可导电部分与保护电路间的接地连续性的方法见 9.5.2。

7.5 电器元件和辅件的组合

7.5.1 电器元件和辅件的选择

装入装置的所有独立的电器元件和辅件(例如,电容器、投切开关、无功功率自动补偿控制器、电抗器、绝缘支撑件等)应符合本标准和相关的元器件标准(例如:自愈式电容器应符合 GB/T 12747.1 的规定,电抗器应符合 GB/T 1094.6 的规定,无功功率自动补偿控制器应符合 JB/T 9663—2013 的规定,低压无功功率补偿投切装置应符合 GB/T 29312—2012 的规定)。

电容器应保证在 1.1 倍的额定电压下长期运行(每 24 h 中 8 h),通常电器元件和辅件的选择应满足 1.3 倍电容器额定电流条件下连续运行,但应考虑电容器最大电容量可达 C_N 的 1.1 倍,这时电容器的最大电流可达 1.43 倍额定电流,则电器元件和辅件的选择应满足 1.43 倍电容器额定电流条件下连续运行。所有电器元件和辅件应满足使用的技术要求。

滤波电容器的最大允许电流由电容器制造商提供。

注:若不满足上述要求,则该电器元件、辅件应按各自的产品标准进行试验。

7.5.2 电器元件和辅件的安装

装置内的电器元件和辅件应依据制造商提供的说明安装和布线。

所有紧固件都应采取防松措施,暂不接线的紧固件也应紧固。

7.5.3 可接近性

应在装置内部操作进行调整和复位的电器元件,应易于接近。

电器元件的布置应整齐、端正,应使其在安装、接线、维修和更换时,易于接近。

除非装置制造商与用户之间另有协议,否则地面安装的装置的易接近性要求如下:

- 与外部连接的接线端子应固定在装置安装基础面上方至少 0.2 m 高度处;
- 由操作人员观察的指示仪表应安装在高出装置安装基准面上方 0.2 m~2.2 m 之间;
- 操作器件,如手柄、按钮等,应安装在易于操作的高度上;这就是说,其中心线一般应不高于装置基础面上 2 m;
- 紧急操作开关应安装在距装置安装基础面上 0.8 m~1.6 m 之间。

7.5.4 指示灯、按钮和显示器

除非有相关产品标准的其他规定,否则指示灯和按钮的颜色应符合 GB/T 4025 的规定,显示器内容应简明、准确、清晰。

7.6 内部电路和连接

7.6.1 主电路

母线的材料、连接和布置方式以及绝缘支撑件应具有承受装置的短时耐受电流的能力。

母线(裸的或绝缘的)的布置应使其不会发生内部短路。母线应至少符合信息中关于短路耐受强度的等级。母线的截面积按该电路的额定工作电流选择。

电容器支路的载流量按电容器的最大工作电流选择,例如:安装在无谐波场所的装置,电容器支路导线的载流量一般为不小于电容器额定电流的 1.5 倍;电容器支路导线的截面积应不小于 1.5 mm^2 的铜芯多股绝缘导线。

7.6.2 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。

通常,辅助电路应带有保护以防止短路的影响。然而,如果辅助电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。

7.6.3 绝缘导线

装置中的连接导线,应具有与额定工作电压相适应的绝缘。绝缘硬导线或软导线应满足下列要求:

- 应至少按照有关的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间接头,例如铰接或焊接。
- 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。
- 布线应整齐美观,不应贴近具有不同电位的裸露带电部件或有尖角的边缘进行敷设,布线时应采用适当的支撑固定或装入行线槽内。
- 连接安装在门上的电器元件的导线,设计时应考虑门启闭时不使这些导线承受过度的张力或遭受任何机械损伤。
- 通常,一个连接端子上应只能连接一根导线,只有在端子是为此用途设计的情况下才可将两根或多根导线连接到一个端子上。
- 对于有三个及以上补偿支路的装置,应设置汇流母线或汇流端子,采用由主母线向补偿支路供电的方式连接。
- 绝缘导线应选用多股绝缘导线,采用冷压接端头连接。冷压接端头及压接技术、压接工具等应符合其产品标准的规定。

7.6.4 主电路和辅助电路导体的识别

除了 7.6.5 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,应由装置制造商负责,并且,应与接线图和原理图上的标志一致。如果合适,可采用 IEC 60445 中的方法识别。

7.6.5 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,应只能是绿色和黄色(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(见 IEC 60445 中要求为蓝色的部分)。

7.7 外接导线端子

外部保护导体的端子应按 IEC 60445 的规定进行标记。示例参见 IEC 60417:2002 DB 的 5019 号图形 。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。

除非装置制造商与用户之间有其他协议,否则保护导体的接线端子应连接的铜导线的截面积取决于相应的相导体的截面积,见表 3。

表 3 铜保护导体的最小截面积(PE、PEN)

单位为平方毫米

相导体的截面积 S	相应保护导体(PE、PEN)的最小截面积 S_p^a
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$
$400 < S \leq 800$	200
$S > 800$	$S/4$

^a 负载中的谐波较大可影响中性导体中的电流。

8 性能要求

8.1 介电性能

装置的电路应能承受表 4 和表 5 给出的相应的工频耐受电压。装置任何电路的额定绝缘电压应等于或高于其最大工作电压。

表 4 主电路的工频耐受电压值

单位为伏特

额定绝缘电压 U_i (线-线 交流或直流)	介电试验电压 交流有效值	介电试验电压 ^b 直流
$U_i \leq 60$	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
$1\,000 < U_i \leq 1\,500^a$	2 700	3 820

^a 仅指直流。
^b 试验电压符合 GB/T 16935.1—2008 中 6.1.3.4.1 第五段的规定。

表 5 辅助电路和控制电路的工频耐受电压值

单位为伏特

额定绝缘电压 U_i (线-线)	介电试验电压 交流有效值
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$U_i > 60$	见表 4

8.2 温升极限

装置和它的电路在额定电压下应能够承载其电流,考虑到元件的额定数据、它们的布置和应用,且

当按 9.10 的规定验证时不超过表 6 中给出的限值。表 6 中给出的温升限值适用于周围空气平均温度不超过 35 ℃。

表 6 温升限值

装置的部件	温升限值 K
内装元件	根据不同元件的有关要求,或(如果有)根据元件制造商的说明书,考虑装置内的温度
用于连接外部绝缘导线的端子 内装元件与母线连接处	70
母线固定连接处: 裸铜-裸铜 铜搪锡-铜搪锡 铜镀银-铜镀银	60 65 70
操作手柄: 金属的 绝缘材料的	15 25
可接近的外壳和覆板: 金属表面 绝缘表面	30 40
注 1: 当温升超过 105 K 时,铜很容易产生退火。其他材料有不同的最大温升值。 注 2: 本表中给出的温升限值要求在正常使用条件下周围空气平均温度不超过 35 ℃。在验证过程中,可有不同的环境温度。	

8.3 短路保护和短路耐受强度

8.3.1 短路耐受强度

装置的短路耐受强度应符合 GB/T 7251.1—2013 中 9.3 的规定。装置应能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,对于无功补偿容量不小于 150 kvar 的装置,其主电路的额定短时耐受电流应不小于 15 kA。

8.3.2 保护器件的配合

如果工作条件要求供电电源有最大的连续性,则装置内短路保护电器的整定或选择应是这样配合的,即在任何一个输出电路发生短路时,利用安装在该故障电路中的开关器件使其消除,而不影响其他输出电路,从而确保保护系统的选择性。

注: 本条的内容不适用于集成电容补偿装置。

8.4 电磁兼容性(EMC)

装置的电磁兼容性(EMC)应符合 GB/T 7251.1—2013 中 9.4 的规定,如满足 GB/T 7251.1—2013 的附录 J 中的 J.9.4.2 中 a)、b)的要求,则可不作 EMC 试验。

8.5 噪声(适用于有抑制谐波和滤波功能的装置)

有抑制谐波和滤波功能的装置在正常工作时产生的噪声,应不大于声压级 70 dB(A 声级),按 9.14 的规定进行验证。

8.6 装置的控制和保护

8.6.1 一般要求

并联电容器与其他大多数电器不同,总是在满负荷下运行。如在运行中电压、电流和温度超过了规定值,就会缩短电容器的寿命,甚至造成电容器故障,同时无功功率补偿装置中并联电容器经常会多台长期运行,应有良好的散热设施,所以应设有适当的保护及符合规定的投切控制。在对自动控制投切的设备,应设有工频过电压保护,对非自动控制投切的设备,宜装有过电流保护,但应保证过电流未排除前不得再投入,以防止反复投切造成事故。由于影响电容器质量、寿命的因素较多,在使用中应符合相关标准、制造商说明书的要求。采用无功功率补偿控制器控制电容的投切,可按循环投切或编码投切等方式进行控制,但应符合相关规定,保证装置正常工作。

采用机电开关投入电容器时,每一组电容器在自动投入过程中,其端子间的电压不高于电容器额定电压的 110%(例如:当电容器再次投入时有一定的延时时间)。

装置应设有瞬态过电压保护,装置的瞬态过电压是指通断操作过电压和雷击过电压,为了保证装置的可靠运行,应将这种过电压限制在 $2\sqrt{2}$ 额定电压以下。

8.6.2 工频过电压保护

对自动控制投切的装置,应设有工频过电压保护,保护动作电压至少在 1.1 倍~1.2 倍装置的额定电压间可调。当装置的过电压达到设定值,应在 1 min 内将电容器组全部切除。

8.6.3 涌流保护

应采取措施限制电容器投入瞬间所产生的涌流,采用半导体电子开关或复合开关投切电容器的涌流应限制在该组电容器额定电流的 3 倍以下,采用机电开关投切电容器的涌流应限制在该组电容器额定电流的 50 倍以下。

8.6.4 缺相保护

多于 2 条补偿支路的三相补偿装置宜装设有缺相保护。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。

8.7 放电试验

装置的放电设施应保证电容器断电后,从额定电压峰值放电至 50 V 的时间不大于 3 min。

8.8 装置的动态响应时间

装置的动态响应时间应满足系统的要求。

采用半导体电子开关或复合开关投切的装置,其动态响应时间不大于 1 s。

8.9 有抑制谐波或滤波功能装置的要求

8.9.1 通则

有抑制谐波或滤波功能的装置,应符合 4.5 的规定,并满足制造商规定的装置抑制谐波或滤谐波的

技术参数。

由于不同的用电场所谐波不同,用户要求也不同,制造商应根据用电场所的谐波参数,按 GB/T 14549—1993 中公用电网谐波电压(相电压)限值的规定及公用电网谐波电流允许值的规定,与用户协商确定装置抑制谐波或滤谐波的技术参数,以满足用户的要求。

8.9.2 公用电网谐波电压(相电压)的限值

用户接入公用电网(公用连接点)的全部用户向该点注入的谐波电压(相电压)不应超过表 7 中规定的限值。

表 7 公用电网谐波电压(相电压)限值

电网标称电压 kV	电压总谐波畸变率 %	各次谐波电压含有率 %	
		奇次	偶次
0.38	5.0	4.0	2.0

8.9.3 公用电网谐波电流允许值

用户接入公用电网(公共连接点)的全部用户向该点注入的谐波电流分量(方均根值)不应超过表 8 中的允许值。

表 8 谐波电流允许值

标准 电压 kV	基准 短路 容量 MVA	谐波次数及谐波电流允许值 A																							
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0.38	10	78	62	39	62	26	44	19	21	16	28	13	24	11	12	9.7	18	8.6	16	7.8	8.9	7.1	14	6.5	12

当电网公共连接点的最小短路容量不同于表 8 基准短路容量时,按公式(1)修正换算表 8 中谐波电流允许值。

$$I_h = \frac{S_{kl}}{S_{k2}} I_{hp} \dots\dots\dots (1)$$

- 式中:
- I_h ——短路容量为 S_{kl} 时的第 h 次谐波电流允许值,单位为安(A);
 - S_{kl} ——公共连接点的最小短路容量,单位为兆伏安(MVA);
 - S_{k2} ——基准短路容量,单位为兆伏安(MVA);
 - I_{hp} ——表 8 中第 h 次谐波电流允许值,单位为安(A)。

8.9.4 通电操作试验

通电操作试验的要求包括:

- a) 有抑制滤波功能的装置,应根据装置提供的抑制谐波技术参数,通以适量谐波以验证装置的抑制谐波单元通电工作正常,装置投入后系统的谐波电流含量不应增加;
- b) 有滤波功能的装置,应根据装置提供的滤谐波技术参数,通以适量谐波以验证装置的滤波单元通电工作正常,装置投入后系统的电流谐波含量至少应减少到装置投入前系统电流谐波含量的 50%。

8.10 集成低压无功功率补偿装置

8.10.1 自配置检测和控制的装置

无独立部件的无功功率自动补偿控制器自配置检测和控制的装置,其功能应符合 JB/T 9663—2013 中 7.2 和 7.3 的要求。

8.10.2 自配置投切开关的装置

无独立部件的无功功率补偿投切装置自配置投切开关的装置,其功能应符合 GB/T 29312—2012 中 6.5 的要求。

8.10.3 智能化

适用于配电智能化系统检测数据上传,远程控制。

9 设计验证

9.1 通则

为验证装置是否符合标准的要求,应进行设计验证,设计验证的方法包括:

- 验证试验;
- 与已试验的基准设计进行验证比较;
- 验证评估。

当同一验证有不只一种方法时,则认为它们是等效的,其初始制造商负责选择合适的方法。

设计验证应由以下部分组成:

- a) 材料和部件的强度;
- b) 装置的防护等级;
- c) 电气间隙和爬电距离;
- d) 电击防护和保护电路完整性;
- e) 电器元件和辅件的组合;
- 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;
- m) 噪声测试;
- n) 装置的控制和保护;
- o) 放电试验;
- p) 动态响应时间检测;
- q) 抑制谐波或滤波功能验证;
- r) 通电操作试验;
- s) 环境温度性能试验(仅适用于户外型装置);
- t) 集成低压无功功率补偿装置功能验证。

表 9 列出了以上各项设计验证项目的具体清单。

9.2 材料和部件强度

9.2.1 通则

装置的结构材料和部件的机械、电气和热性能应通过结构和运行特性来验证。

如果使用符合 GB/T 20641 的空壳体,且没有对其进行降低外壳性能的更改,则不要求按 9.2 再进行外壳的试验。

9.2.2 耐腐蚀性

按 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.2 的规定,验证是否符合 7.1.2 的要求。

9.2.3 绝缘材料性能

按 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.3 的规定,验证是否符合 7.1.3 的要求。

9.2.4 耐紫外线辐射验证

按 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.4 的规定,验证是否符合 7.1.4 的要求。

9.2.5 提升

按 GB/T 7251.1—2013 中 10.2.5 的规定,验证是否符合 7.1.6 的要求。

9.2.6 机械碰撞试验

机械碰撞试验按 GB/T 20138 的规定进行。

9.3 装置的防护等级

防护等级按 GB/T 4208 的规定,验证是否符合 7.2.2 的要求。

9.4 电气间隙和爬电距离

验证电气间隙和爬电距离是否符合 7.3 的要求。

测量电气间隙和爬电距离的方法如 GB/T 7251.1—2013 中附录 F 所示。

9.5 电击防护和保护电路完整性

9.5.1 保护电路有效性

对保护电路有效性,应验证其防止 9.5.2 中列出的装置内部故障产生的后果的功能。

9.5.2 装置外露可导电部分与保护电路之间的有效接地的连续性

检查保护接地措施是否完整,各连接处的连接情况是否良好。

应验证装置的不同外露可导电部分是否有效地连接到仅限外部保护导体的端子上,且电路的电阻不应超过 $0.1\ \Omega$ 。

应使用电阻测量仪器进行验证,此仪器至少能输出 $10\ \text{A}$ 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以此电流。电阻不应超过 $0.1\ \Omega$ 。

注:有必要限制试验的持续时间,否则,低电流设备可能会受到试验的不利影响。

9.5.3 保护电路的短路耐受强度

通过试验验证保护电路的短路耐受强度。按 GB/T 7251.1—2013 中 10.11.5.6 的规定进行验证。

9.6 电器元件和辅件的组合

按 7.5 规定的设计要求,电器元件和辅件的组合应经初始制造商检查确认。

9.7 内部电路和连接

按 7.6 规定的设计要求,内部电路和连接应经初始制造商检查确认。

9.8 外接导线端子

按 7.7 规定的设计要求,外接导线端子应经初始制造商检查确认。

9.9 介电性能

9.9.1 通则

试验时,装置的所有电器元件都应连接起来,除非根据有关规定应施加较低试验电压的元器件以及某些消耗电流的元器件(如线圈、测量仪器)、半导体器件和不能承受试验电压的元件(如电容器等),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。此类元器件应将它们的一个接线端子断开,除非它们被设计为不能耐受全试验电压时,才能将所有接线端子都断开。

9.9.2 工频耐压试验

9.9.2.1 主电路、辅助电路和控制电路

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 4 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 5 的试验电压值。

9.9.2.2 试验电压

试验电压波形应是近似正弦波,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。

试验电压值应是表 4 或表 5 规定值,可有 $\pm 3\%$ 的偏差。

9.9.2.3 试验电压的施加

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 $5^{+2}_{-1}\%$ s,试验电压应施加于:

- a) 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。
- b) 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,或由一个合适的低阻导体短接。
- c) (通常情况下)不连接主电路的每条控制电路及辅助电路与下列电路:
 - 1) 主电路;
 - 2) 其他电路;

3) 外露可导电部分。

9.9.2.4 验收准则

试验过程中,没有发生击穿或放电现象,则此项试验通过。

9.9.3 绝缘材料外壳的试验

用绝缘材料制造外壳的装置,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装置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 4 中规定值的 1.5 倍。

9.9.4 绝缘材料的外部操作手柄

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 4 中给出试验电压 1.5 倍的试验电压进行介电试验。在此试验期间,框架不应接地或连接到其他电路。

9.10 温升验证

装置的温升极限可通过以下一种或多种方式验证:

- a) 试验见 GB/T 7251.1—2013 中 10.10.2;
- b) 类似方案额定数据的推导见 GB/T 7251.1—2013 中 10.10.3;
- c) 计算,即对不超过 630 A 的单隔室装置按 GB/T 7251.1—2013 中 10.10.4.2 的规定进行,或对不超过 1 600 A 的装置按 GB/T 7251.1—2013 中 10.10.4.3 的规定进行。

温升验证具体方法按 GB/T 7251.1—2013 中 10.10,验证是否符合 8.2 的规定和表 6 中的温升限值。

9.11 短路耐受强度

试验时应拆除电容器,按照 GB/T 7251.1—2013 中 10.11 的规定进行,验证是否符合 8.3 的要求。

9.12 电磁兼容性(EMC)

EMC 试验按 GB/T 7251.1—2013 的 J.10.12 的规定进行,验证是否符合 8.4 的要求。

9.13 机械操作

对于依据相关产品标准进行过型式试验的装置的这些器件,只要在安装时机械操作部件无损坏,则不必对这些器件进行此验证试验。

对于需要做此验证试验的部件,在装置安装好之后,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。

9.14 噪声测试

按 GB/T 3768 的规定进行验证,验证是否符合 8.5 的要求,检测装置在运行时产生的噪声是否符合有关标准的规定。

9.15 装置的控制和保护

9.15.1 一般检查

按 8.6.1 的规定检查装置的控制和保护。

9.15.2 工频过电压保护试验

给装置接上电源,并将电容器投切开关闭合,调整电源电压至设定值,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。

装置符合 8.6.2 的规定,则此项试验通过。

9.15.3 涌流试验

涌流试验应检测投入最后一组电容器时电路中的涌流值。试验时,先将其余电容器全部通以额定电压,待它们工作稳定后再投入最后一组电容器,检测该最后一组电容器的涌流值。随机投入试验应不少于 20 次,如果最大涌流值不大于 8.6.3 的规定值,则此项试验通过。

9.15.4 缺相保护试验(仅适用于有缺相保护的装置)

首先将装置电容器全部投入运行,将主电路或支路的任何一相断开,装置的工作状态符合 8.6.4 的规定,则此项试验通过。

9.16 放电试验

放电试验在不同容量的电容器上进行,用直流法将电容器充电至额定电压峰值,然后接通放电设备,符合 8.7 规定的要求,则此项试验通过。

9.17 动态响应时间检测

首先将装置放在自动工作状态,给装置施加额定电压,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 T_1 ,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 T_2 ,则 $T_2 - T_1$ 为装置的动态响应时间 T 。试验做 3 次取最长时间 T 值。

若 T 满足 8.8 的规定,则此项验证通过。

9.18 抑制谐波或滤波功能验证

测量谐波的方法、数据处理及测量仪器的要求应满足 GB/T 14549—1993 附录 D 的要求。

试验在有谐波源的条件下进行,谐波源为有谐波产生的用电系统,也可以是有谐波产生的谐波发生设备。谐波源及其参数可与制造商协商确定。分别检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功能单元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。抑制谐波功能单元或滤波功能单元投入运行之后的谐波电压值或/和谐波电流值符合 8.9 的规定,则此项验证通过。

9.19 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,再通以额定电压的 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 8.9.4 的规定。

符合以上规定,则此项试验通过。

9.20 环境温度性能试验(仅适用于户外型装置)

将装置分别置于规定的最高环境温度 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和最低环境温度 $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下,然后给装置接通电源,待装置内部元件的温升达到稳定值后(但不小于 4 h),观察装置的动作功能。

若动作功能均准确无误,则此项试验通过。

9.21 集成低压无功功率补偿装置功能验证

9.21.1 检测、控制功能验证

按 JB/T 9663—2013 中 8.3 和 8.4 的规定验证集成低压无功功率补偿装置的基本功能。

9.21.2 投切开关的投切功能验证

按 GB/T 29312—2012 中 7.3 的规定验证集成低压无功功率补偿装置的投切功能。

9.21.3 智能化

按 GB/T 7251.8—2020 中 8.2 的规定验证系统检测数据传输和远程控制功能。

10 例行检验

10.1 通则

每一台装置都应进行例行检验,检验应包括以下项目,表 9 给出了各检验项目的对应条款:

- 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;
- j) 工频过电压保护试验;
- k) 缺相保护试验;
- l) 通电操作试验。

10.2 外壳的防护等级

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。

10.3 电气间隙和爬电距离

对电气间隙通过目测检查不明显大于表 1 中给出的值时,应通过实际测量进行验证。

对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。

10.4 电击防护和保护电路完整性

关于基本防护和故障保护(见 7.4.2 和 7.4.3)规定的防护措施通常用目测检查。

用目测检查保护电路,以确认 7.4.3 所规定的措施是否得到验证。
以随机抽样方式检查螺钉和螺栓的连接是否紧固。

10.5 内装元件的组合

内装元件的安装和标识符合装置制造商的说明书。

10.6 内部电路和连接

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力矩。
检查导体是否符合装置制造商的说明书。

10.7 外接导线端子

检查端子的数量、类型和标识是否符合装置制造商的说明书。

10.8 机械操作

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。

10.9 介电性能

按 9.9.1 和 9.9.2 的规定,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:

- a) 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;
- b) 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装置,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 Ω/V (每条电路,这些电路的电源电压对地),则认为通过了试验。

10.10 布线、操作性能和功能

验证第 5 章中规定的信息和标识的完整性。

根据装置的复杂程度,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装置是否包括复杂联锁装置和程序控制装置等。

在某些场合下,在装置投入运行之前,应在现场进行或者重复此项试验。

10.11 工频过电压保护试验

按 9.15.2 的规定,对装置进行工频过电压保护试验。

10.12 缺相保护试验

对于有缺相保护的装置,按 9.15.4 的规定进行缺相保护试验。

10.13 通电操作试验

按 9.19 的规定,对装置进行通电操作试验。

表 9 验证和检验项目清单

序号	验证和检验项目	依据章条号	
		设计验证	例行检验
1	材料和部件的强度	9.2	—
2	装置的防护等级	9.3	10.2
3	电气间隙和爬电距离	9.4	10.3
4	电击防护和保护电路完整性	9.5	10.4
5	电器元件和辅件的组合	9.6	—
6	内部电路和连接	9.7	10.6
7	外接导线端子	9.8	10.7
8	介电性能	9.9	10.9
9	温升验证	9.10	—
10	短路耐受强度	9.11	—
11	电磁兼容性(EMC)	9.12	—
12	机械操作	9.13	10.8
13	噪声测试	9.14	—
14	装置的控制和保护	9.15	10.11、10.12
15	放电试验	9.16	—
16	动态响应时间检测	9.17	—
17	抑制谐波或滤波功能验证	9.18	—
18	通电操作试验	9.19	10.13
19	环境温度性能试验(仅适用于户外型装置)	9.20	—
20	集成低压无功功率补偿装置功能验证	9.21	—
21	内装元件的组合	—	10.5
22	布线、操作性能和功能	—	10.10



参 考 文 献

- [1] IEC 60417:2002 DB Graphical symbols for use on equipment—12-month subscription to online database comprising all graphical symbols published in IEC 60417
-