ICS 29.120.50
K 31

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

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和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)

3.12

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体、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 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。

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。

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 ℃±3 ℃和最低环境温度－25 ℃±3 ℃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