

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 15576—2008  
代替 GB/T 15576—1995

## 低压成套无功功率补偿装置

Low-voltage reactive power compensation assemblies

2008-06-30 发布

2009-04-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

本标准代替 GB/T 15576—1995《低压无功功率静态补偿装置总技术条件》。

本标准是依据近年低压成套无功功率补偿装置的发展及低压成套设备标准 GB 7251.1—2005 的要求,对 GB/T 15576—1995 进行修改编制而成。本标准与 GB/T 15576—1995 相比,除在文字上有部分改动,一些章条有增加及修改,涉及到的主要技术差异如下:

- 原集中补偿装置额定短时耐受电流分为 80 kA、50 kA、30 kA、15 kA,改为补偿装置的补偿容量不小于 150 kvar 时装置的额定短时耐受电流应不小于 15 kA;
- 原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,历时不大于 1 min,改为 3 min;
- 原验证预期短路时试验电源电压应等于 1.1 倍额定工作电压,改为按 GB 7251.1—2005 8.2.3 的试验方法进行,预期短路时试验电源电压为 1.05 倍额定工作电压;
- 6.10.1 中增加对非自动控制投切的设备,宜装有过电流保护;
- 增加 6.3 装置防护等级的最低要求;
- 增加 7.10 噪声测试(仅适用于有抑制谐波或滤波功能的装置);
- 增加 7.9 电磁兼容性试验;
- 增加 7.14 动态响应时间试验(适用于半导体电子开关和复合开关);
- 增加 7.15 缺相保护试验(仅适用于有缺相保护的装置);
- 增加 7.16 抑制谐波或滤波功能验证(仅适用于有抑制谐波或滤波功能的装置);
- 增加 7.17 基本环境试验(仅适用于户外型装置)。

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归口。

本标准起草单位:天津电气传动设计研究所、中国电力科学研究院、深圳市华冠电气有限公司、深圳市奇辉电气有限公司、天津市津开电气有限公司、深圳市宝安任达电器实业有限公司、瑞安市工泰电器有限公司、川开电气有限公司、厦门 ABB 低压电器设备有限公司、西安中舰配电节能研究院、北京中煤电气有限公司、天津天传电控配电有限公司、杭州乾龙伟业电器成套有限公司、广州白云电器设备有限公司、成都市产品质量检测所、天津市三源电力设备制造有限公司、上海安科瑞电气有限公司、指月集团有限公司、临海市电力实业公司电力设备厂、指明电气有限公司、北京京仪敬业电工集团有限公司、国网武汉高压研究所、宁夏力成电气集团有限公司、浙宝电气(杭州)集团有限公司、广东必达电器有限公司、余姚市电力设备修造厂、华鹏集团有限公司、杭州杭开电气有限公司、深圳市力量科技有限公司、吉林龙鼎电气股份有限公司、北京国电康能科技有限公司。

本标准主要起草人:陈雪梅、张庆、邓宏芬、黄冠、陈彦武、孙泽林、王富敏、蔡甫寒、焦安举、刘阳、岳振华、徐华云、李乾伟、张宇怀、冯永翔、董伟、李文权、王培波、罗正阳、汤珍敏、王博、乔清博、刘晓军、林必宝、邢志刚、陈少华、夏惠钧、陈云华、寿萍、林川、李岩、李志宏、李达。

本标准所替代标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 15576—1995。

# 低压成套无功功率补偿装置

## 1 范围与目的

本标准规定了低压成套无功功率补偿装置术语和定义、技术和试验要求。

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(以下简称装置)。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

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 4025—2003,IEC 60073:1996,IDT)

GB 4208 外壳防护等级(IP 代码)(GB 4208—2008,IEC 60529:2001,IDT)

GB 7251.1—2005 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分:型式试验和部分型式试验成套设备(IEC 60439-1:1999,IDT)

GB 7947 导体的颜色或数字标识(GB/T 7947—1997,idt IEC 60446:1989)

GB 10229 电抗器(GB/T 10229—1988,eqv IEC 60289:1987)

GB/T 10233—2005 低压成套开关设备和电控设备基本试验方法

GB/T 12747.1 标称电压 1 kV 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 12747.1—2004,IEC 60831-1:1996,IDT)

GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波

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 20641—2006,IEC 62208:2002,IDT)

JB/T 2436.1 导线用铜压接端头 第 1 部分:0.5~6.0 mm<sup>2</sup> 导线用铜压接端头

JB/T 2436.2 导线用铜压接端头 第 2 部分:10~300 mm<sup>2</sup> 导线用铜压接端头

JB/T 3085 电气传动控制装置的产品包装与运输规程

JB/T 9663 低压无功功率自动补偿控制器

## 3 术语和定义

GB 7251.1—2005 确定的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 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。

### 3.2

**集中补偿装置** **integrative compensation assembly**

将低压成套无功功率补偿装置安装在变电所对无功功率进行集中补偿的装置。

3.3

分组补偿装置 paragraph compensation assembly

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

3.4

末端补偿装置 terminal compensation assembly

将低压成套无功功率补偿装置直接安装在感性用电设备附近对无功功率进行补偿的装置。

3.5

涌流 transient inrush current

电容器投入瞬间产生的最大瞬态电流。

3.6

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。

3.7

基波(分量) fundamental (component)

对发生畸变的工频交流量进行傅立叶级数分解,得到与工频相同的频率分量。

3.8

谐波(分量) harmonic (component)

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

3.9

谐波次数 harmonic order

$h$

谐波频率与基波频率的整数比。

3.10

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

从周期性交流量中去除基波分量后所得的量。

3.11

谐波含有率 harmonic ratio; HR

周期性交流量中含有的第 $h$ 次谐波分量的方均根值与基波分量的方均根值之比(用百分数表示)。

第 $h$ 次谐波电压含有率以 $HRU_h$ 表示,第 $h$ 次谐波电流含有率以 $HRi_h$ 表示。

3.12

总谐波畸变率 total harmonic distortion; THD

周期性交流量中的谐波含量的方均根值与其基波分量的方均根均值之比(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。

3.13

额定容量 rated capacity

电容器组的额定容量(或标称容量)。

4 装置的分类

4.1 按使用场所划分

- a) 户外型;
- b) 户内型。

#### 4.2 按安装的部位划分

- a) 集中补偿;
- b) 分组补偿;
- c) 末端补偿。

#### 4.3 按补偿相数划分

- a) 分相补偿;
- b) 三相补偿;
- c) 混合补偿(单相、三相混合补偿)。

#### 4.4 按投切电容器的元件类型划分

- 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)。

#### 4.5 按有无抑制谐波或滤波功能划分

- 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;
- c) 有滤波功能:装置投入运行使系统谐波含量减少。

### 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 户内装置的周围空气温度

周围空气温度应不超过 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,而且在24 h内其平均温度不超过 $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

周围空气温度的下限为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

###### 5.1.1.2 户外装置的周围空气温度

周围空气温度应不超过 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,而且在24 h内其平均温度不超过 $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

周围空气温度的下限为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

注:严寒地区为 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,如在严寒地区使用装置,制造商与用户之间需要达成一个专门的协议。

##### 5.1.2 大气条件

###### 5.1.2.1 户内装置的大气条件

空气清洁,在最高温度为 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,其相对湿度应不超过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 户外装置的大气条件

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

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:装置的微观环境污染等级可能受外壳内安装结构的影响。

##### 5.1.4 海拔

安装场地的海拔应不超过2 000 m。

注:对于在海拔高于1 000 m处使用的电子设备,有必要考虑介电强度的降低和空气冷却效果的减弱。打算在这些条件下使用的电子设备,建议按照制造商与用户之间的协议进行设计和使用。

##### 5.1.5 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 $\pm 10\%$ ,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厂协商解决；

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。

### 5.2 特殊使用条件

如存在与 5.1 不符合或符合 GB 7251.1—2005 中 6.2 所述任何一种特殊使用条件，应遵守适用的特殊要求或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，用户应向制造商提出。

### 5.3 运输、存放条件

如果运输、存放的条件，例如温度和湿度条件与 5.1 中的规定不符时，应由用户与制造商签订专门的协议。

如果没有其他的规定，适用于运输和存放过程的温度范围在  $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +55\text{ }^{\circ}\text{C}$  之间，且在短时间内（不超过 24 h）可达到  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

装置在未运行的情况下经受上述极限温度后，不应遭受任何不可恢复的损坏，然后在规定的条件下应能正常工作。

## 6 技术要求

### 6.1 结构

6.1.1 装置的外壳应符合 GB/T 20641 的要求。装置应由能承受一定的机械、电气和热应力的材料构成，应能够承受元件安装或短路时可能产生的电动力和热应力。同时不因装置的吊装、运输等情况影响装置的性能，在正常使用条件下应经得起可能会遇到的潮湿影响。

注：对于有抑制谐波或滤波功能的装置的壳体考虑因滤波电容器、滤波电抗器、大功率电力电子投切开关等重量的增加，应采取必要措施保证壳体的承载能力和机械强度。

6.1.2 装置的门应能在不小于  $90^{\circ}$  的角范围内灵活启闭。

6.1.3 装置壳体的外表面，一般应喷涂无眩目反光的覆盖层，表面不应有起泡、裂纹或流痕等缺陷。

6.1.4 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。

6.1.5 装置的焊接件应焊接牢固，焊缝应均匀美观，无焊疤、裂纹、咬边、残渣、气孔等现象。

6.1.6 装置内母线的相序排列从装置正面观察，相序标识及排列一般应符合表 1 的规定，接地线为黄绿双色。

表 1 相序标识及排列

相序	标识	垂直排列	水平排列	前后排列
L1 相	L1 或黄色	上	左	远
L2 相	L2 或绿色	中	中	中
L3 相	L3 或红色	下	右	近
中性线	N	最下	最右	最近

注：特殊情况下，相序排列与表 1 不符应有明显的标识。

### 6.2 元器件及辅件的选择与安装

6.2.1 装置内安装的所有独立的电器元件及辅件（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元器件自身标准（例如：自愈式电容器应符合 GB/T 12747.1、电抗器应符合 GB 10229、无功功率自动补偿控制器应符合 JB/T 9663 的规定）。电容器应保证在 1.1 倍的额定电压下长期运行，通常元器件及辅件的选择应满足 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  $1.10 C_n$ ，这时电容器的最大电流可达 1.43 倍额定电

流,则元器件及辅件的选择应满足 1.43 倍电容器额定电流条件下连续运行。所有电器元件及辅件应满足使用的技术要求,并按照其制造商的说明书进行安装。

对于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、辅件应按其各自的产品标准进行型式试验、出厂试验。

6.2.2 电器元件的布置应整齐、端正,便于安装、接线、维修和更换,应设有与电路图一致的符号或代号;所有的紧固件都应采取防松措施,暂不接线的螺钉也应拧紧。

6.2.3 需要在装置内部操作,调整和复位的元件应易于操作。

与外部连线的接线座应固定在装置安装基准面上方至少 0.2 m 高度处。

仪表的安装高度不宜高出装置安装基准面 2 m。

操作器件(如手柄、按钮等)的安装高度,其中心线不宜高于装置基准面 2 m。紧急操作器件宜装在距装置安装基准面的 0.8 m~1.6 m 范围内。

6.2.4 指示灯及按钮

装置中所选用的指示灯和按钮的颜色应符合 GB/T 4025 的规定。

6.2.5 母线及绝缘导线

6.2.5.1 装置中所选用的导线及母线的颜色应符合 GB 7947 的规定。

6.2.5.2 装置中的连接导线,应具有与额定工作电压相适应的绝缘。

6.2.5.3 主电路母线的截面积按该电路的额定工作电流选择;支路导线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;辅助电路导线的截面积应不小于 1.0 mm<sup>2</sup> 的铜芯多股绝缘导线;电流测量回路的导线截面积应不小于 2.5 mm<sup>2</sup>。

6.2.5.4 装置的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 JB/T 2436.1 及 JB/T 2436.2 的规定。

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

6.2.5.6 装置的布线应整齐美观,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人行线槽内。

6.2.5.7 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。

6.2.5.8 通常,一个连接端子只连接一根导线,必要时允许连接两根导线,但应采取适当措施。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。

6.3 装置的防护等级

对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。

6.4 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)。

6.5 温升

温升限值按照 GB 7251.1—2005 中 8.2.1 规定的方法验证,装置的温升限值应不超过表 2 的规定。

表 2 温升限值

部 位	温升/K
内装元件	根据不同元件的有关要求,或(如有的话)根据制造厂的说明书,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

表 2 (续)

部 位	温升/K
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

## 6.6 电气间隙和爬电距离

6.6.1 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。

6.6.2 装置的不同极性的裸露带电体之间,以及它们与地之间的电气间隙和爬电距离应不小于表 3 的规定。

表 3 电气间隙和爬电距离

额定绝缘电压 $U_i$ /V	电气间隙/mm	爬电距离/mm
$U_i \leq 60$	5	5
$60 < U_i \leq 300$	6	10
$300 < U_i \leq 690$	10	14
$690 < U_i \leq 800$	16	20
$800 < U_i \leq 1\ 000$ (或 1 140)	18	24

## 6.7 装置的介电性能

## 6.7.1 绝缘电阻验证

应用电压至少为 500 V 的绝缘测量仪器进行绝缘测量。

如果带电体之间、带电体与裸露导电部件之间、带电体对地的绝缘电阻不小于 1 000  $\Omega$ /V(标称电压),则此项试验通过。

## 6.7.2 工频耐压试验电压

主电路和与主电路直接连接的辅助电路应能耐受表 4 规定的工频耐压试验电压。

表 4 试验电压值

额定绝缘电压 $U_i$ /V	试验电压(交流方均根值)/V
$U_i \leq 60$	1 000
$60 < U_i \leq 300$	2 000
$300 < U_i \leq 690$	2 500
$690 < U_i \leq 800$	3 000
$800 < U_i \leq 1\ 000$ (或 1 140)	3 500



不与主电路直接连接的辅助电路应能耐受表 5 规定的工频耐压试验电压。

表 5 不由主电路直接供电的辅助电路试验电压值

额定绝缘电压 $U_i$ /V	试验电压(交流方均根值)/V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$U_i > 60$	$2U_i + 1\,000$ , 但不小于 1 500

### 6.8 短路耐受强度和短路保护功能

装置的短路耐受强度应符合 GB 7251.1—2005 中 7.5 的规定。装置应能够耐受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。

装置应具有短路保护功能,任何一条输出支路发生短路时,安装在该故障支路中的器件应将故障电路断开,而不影响其他支路正常工作,应确保保护系统的选择性。

### 6.9 安全防护

6.9.1 对直接接触的防护可以依靠装置本身的结构措施,也可依靠装置在安装时采取的附加措施,制造商应在使用说明书中提供这种资料。

6.9.2 对间接接触的防护应采用装置内的保护电路。保护电路可通过单独装设保护导体来实现,也可利用装置的结构部件(如外壳、框架等)来实现。

6.9.3 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,其与主接地点间的电阻值应不大于 0.1  $\Omega$ 。

6.9.4 装置内保护电路的所有部件的设计应保证它们足以耐受装置在安装场所可能遇到的最大热应力和电动应力。

6.9.5 保护导体(PE)的截面积应不小于表 6 中给出的值。中性导体电流不超过相电流的 30% 时,表 6 也可以用于 PEN 导体,铜 PEN 导体的最小截面积应为 10 mm<sup>2</sup>。

注:如果按表 6 选择的导线不是标准尺寸时,应采用最接近的较大的标准截面积的保护导体。当相导线与保护导线的材料不同时,应进行修正,使之达到同一种材料的导电效果。保护导体的最小截面积应不小于 2.5 mm<sup>2</sup>。


表 6 保护导体的截面积(PE、PEN)

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

6.9.6 当装置的框架或外壳作保护电路的一部分时,其导电能力至少应等效于表 6 规定的相应最小截面积。

6.9.7 为便于识别,保护导体的颜色应采用黄绿双色,黄绿双色除作为保护导体的识别颜色外,不应用于其他用途。

6.9.8 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。电容器未放电前,接触会造成危险,应装有警告标志。

6.9.9 外接保护导体的端子应有标注,其图形符号为 。如果外部保护导体与能明显识别的带有黄

绿双色的内部保护导体连接时,则不要求此符号。

## 6.10 装置的控制和保护

6.10.1 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,所以应设有适当的保护及符合规定的投切控制。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、制造厂说明书的要求。采用无功功率补偿控制器控制电容器的投切,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。

6.10.2 采用机电开关投入电容器时,应保证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10%(例如:当电容器再次投入时有一定的延时时间)。

6.10.3 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 $2\sqrt{2}$ 倍的额定电压以下。

6.10.4 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及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5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100倍以下。

6.10.5 多于2条补偿支路的三相补偿装置宜设有缺相保护。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。

## 6.10.6 装置的工频过电压保护

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1.1~1.2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,通常采用逐组切除。

## 6.11 单台电动机的补偿

6.11.1 对单台电动机过多的补偿,在电源切除而电动机尚未停止转动时,易因自激起发电机作用,而将出现过电压。因此,补偿电流(即电容器的电流)应不超过电动机励磁电流的0.9倍。

## 6.11.2 对电动机回路的技术要求

电动机为不可逆连续工作制,且无大的冲击性负载。

电动机在断电后仍在转动或产生相当大的反电动势时,不应再起动。

星-三角、自耦减压启动装置中避免使用使电容器开路的转换线路。

## 6.12 电磁兼容性(EMC)

装置的电磁兼容性(EMC)按GB 7251.1—2005中7.10的规定执行,如果满足7251.1—2005中7.10.2中的a)、b)则可不作EMC试验。

## 6.13 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,其动态响应时间应不大于1 s。

## 6.14 有抑制谐波或滤波功能装置的要求

有抑制谐波或滤波功能装置,应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,依据GB/T 14549—1993中公用电网谐波电压(相电压)限值的规定(见6.14.1)及公用电网谐波电流允许值的规定(见6.14.2),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。

### 6.14.1 公用电网谐波电压(相电压)限值

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
6	4.0	3.2	1.6
10			
35	3.0	2.4	1.2
66			
110	2.0	1.6	0.8

6.14.2 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 中规定的允许值。

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	62	39	62	25	17	19	21	16	22	13	24	11	12	9.7	18	8.6	16	7.8	8.9	7.1	14	6.5	12		
6	100	34	21	34	14	22	11	11	8.5	10	7.1	13	6.1	6.8	5.3	10	4.7	9.0	4.3	4.9	3.9	7.4	3.6	6.8		
10	100	20	13	20	8.5	11	6.4	6.8	5.1	9.3	4.3	7.9	3.7	4.1	3.2	6.0	2.8	5.4	2.1	2.9	2.3	4.5	2.1	4.1		
35	250	12	7.7	12	5.1	8.8	3.8	4.1	3.1	6.2	2.6	4.7	2.2	2.5	1.9	3.6	1.7	3.2	1.5	1.8	1.4	2.7	1.3	2.5		
66	500	16	3	8.1	13	5.1	8.3	4.1	4.3	3.3	5.9	2.7	5.0	2.3	2.6	2.0	3.8	1.8	3.4	1.5	1.9	1.5	2.8	1.4	2.6	
110	750	16	6.0	9.6	4.0	6.8	3.0	3.2	2.4	4.3	2.0	3.7	1.7	1.9	1.5	2.8	1.3	2.5	1.2	1.4	1.1	2.1	1.0	1.9		

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,按式(1)修正换算表 8 中的谐波电流允许值:

$$I_h = \frac{S_{k1}}{S_{k2}} I_{hp} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $S_{k1}$ ——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 中的第  $h$  次谐波电流允许值,单位为安(A);
- $I_h$ ——短路容量为  $S_{k1}$  时的第  $h$  次谐波电流允许值,单位为安(A)。

6.14.3 通电操作试验要求

- a) 有抑制谐波功能的装置,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规定值的 50%。

7 试验方法

7.1 一般检查

7.1.1 按 6.1 的规定检查装置的结构。

- 7.1.2 按 6.2 的规定检查装置电器元件及辅件的选择和安装。
- 7.1.3 按 6.2.5 的规定检查装置的母线与绝缘导线。
- 7.1.4 按 6.6 的规定检查装置的电气间隙和爬电距离。
- 7.1.5 按 6.9 的规定检查装置的安全防护。
- 7.1.6 按 6.10.1、6.10.2、6.10.3 的规定检查装置的控制和保护。
- 7.1.7 按 6.9.9、6.2.2、6.9.8、9.1 的规定检查标识和铭牌。

## 7.2 通电操作试验

试验前需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 6.14.3 的要求。

符合以上规定,则此项试验通过。

## 7.3 温升试验

温升试验时,周围空气温度在 +10 °C ~ +40 °C 范围内,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。试验时装置的防护等级应满足规定的要求。

试验时应有足够的时间使温度上升达稳定值,一般当温度变化不超过 1 K/h 时,即认为温度稳定,然后测取各部分温升。测量可用温度计或热电偶。

测取温升时,需测量装置的周围空气温度,此测量应在试验周期的最后四分之一期间内进行。至少应该用两个温度计或热电偶均匀布置在装置的周围,在高度约等于装置的二分之一,距装置 1 m 远的地方安装,然后取它们读数的平均值,即为装置的周围空气温度。测量时应防止空气流动和热辐射对测量仪器的影响。

试验结果若温升不超过表 2 的规定,则温升试验通过。

## 7.4 机械操作试验

装置手动操作的部件,型式试验的操作次数应不少于 50 次,出厂试验不少于 5 次。同时,应检查与这些动作相关的机械连锁机构的操作。如果器件、连锁机构等的工作条件未受影响,而且所要求的操作力与以前一样,则此项试验通过。

## 7.5 介电强度试验

### 7.5.1 试验包括以下内容:

- 绝缘电阻验证;
- 工频耐压试验。

试验前应将消耗电流的器件(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)断开或旁路。

### 7.5.2 绝缘电阻验证

应用电压至少为 500 V 的绝缘测量仪器进行绝缘测量。测量的部位:

- a) 相间;
- b) 相导体与裸露导电部件之间。

每条电路的绝缘电阻至少为 1 000 Ω/V(标称电压),则此项试验通过。

### 7.5.3 工频耐压试验

按 6.7.2 规定施加试验电压,试验电压应施加于:

- a) 装置的所有带电部件与裸露导电部件之间。
- b) 每个极与为此试验被连接到装置相互连接的裸露导电部件上的所有其他极之间。
- c) 带电部件与绝缘材料制造或覆盖的手柄之间。

介电试验是在带电部件和用金属箔裹缠整个表面的手柄之间施加表 4 规定的 1.5 倍试验电压

值。进行该试验时,框架不应当接地。也不能同其他电路相连接。

- d) 用绝缘材料制造的外壳,还应进行一次补充的介电试验。在外壳的外面包覆一层能覆盖所有的开孔和接缝的金属箔,试验电压则施加于这层金属箔和外壳内靠近开孔和接缝的相互连接的带电部件以及裸露导电部件之间。对于这种补充试验,其试验电压应等于表 4 中规定数的 1.5 倍。

开始施加时的试验电压应不超过试验电压的 50%。然后在几秒钟之内将试验电压平稳增加至试验电压值并保持 5 s。出厂试验耐压时间为 1 s。

交流电源应具有足够的功率以维持试验电压,可以不考虑漏电流。此试验电压应为正弦波,频率在 45 Hz~62 Hz 之间。

在试验过程中,没有发生击穿或放电现象,则此项试验通过。

## 7.6 保护电路有效性验证

### 7.6.1 装置的裸露导电部件和保护电路之间的有效连接验证

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。

应验证装置的不同裸露导电部件是否有效地连接在保护电路上,进线保护导体和相关的裸露导电部件之间的电阻不应超过 0.1  $\Omega$ 。

应使用电阻测量仪器进行验证,此仪器可以使至少 10 A 交流或直流电流通过电阻测量点之间 0.1  $\Omega$  的阻抗,试验时间限制在 5 s。

### 7.6.2 通过试验验证保护电路的短路强度

一个单相试验电源,一极连接在一相的进线端子上,另一极连接到进线保护导体的端子上。如成套装置带有单独的保护导体,应使用最近的相导体。对于每个有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相的出线端子和相关的出线保护导体之间进行短路连接。

试验中的每个出线单元应配有保护装置,该保护装置可使单元通过最大峰值电流和  $I^2t$  值。此试验允许用装置外部的保护器件来进行。

对于此试验,装置的框架应与地绝缘。试验电压应等于额定工作电压的单相值。所用预期短路电流值应是装置三相短路耐受试验的预期短路电流值的 60%。

此试验的所有其他条件应同 GB 7251.1—2005 的 8.2.3.2 相似。

## 7.7 防护等级试验

按照 GB 4208 规定的方法进行验证,装置的防护等级应不低于 6.3 的规定。

## 7.8 短路强度试验和短路保护功能验证

做本项试验时,应将电容器拆除。

装置的短路耐受强度和短路保护功能试验方法及要求按 GB 7251.1—2005 中 8.2.3 的规定进行。应满足 6.8 的规定。

试验后,导线不应有任何过大的变形,只要电气间隙和爬电距离仍符合 6.6 的规定,母排的微小变形是允许的。同时,导线的绝缘和绝缘支撑部件不应有任何明显的损伤痕迹,也就是说,绝缘物的主要性能仍保证装置的机械性能和电气性能满足本标准的要求。

检测器件不应指示出有故障电流发生。

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。

在不影响防护等级,电气间隙不减小到小于规定数值的条件下,外壳的变形是允许的。

母排电路或装置框架的任何变形影响了抽出式部件或可移式部件的正常插入的情况,应视为故障。

在有疑问的情况下,应检查装置的内装元件的状况是否符合有关规定。

另外,在试验之后,被试装置应能承受按 6.7.2 规定的介电试验电压值,试验耐压时间为 5 s。试验在如下部位进行:

- a) 在所有带电部件与装置的框架之间;

b) 在每一极和与装置的框架连接的所有其他极之间。  
在试验过程中,不应有击穿放电。

#### 7.9 电磁兼容性试验(EMC)

按 GB 7251.1—2005 中 8.2.8 的规定进行 EMC 试验。

#### 7.10 噪声测试

试验方法按 GB/T 10233—2005 中 4.13 的规定,噪声应不超过 6.4 的规定,则噪声试验通过。

#### 7.11 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 6.10.6 的规定,则此项试验通过。

#### 7.12 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 6.9.8 规定的要求,则此项试验通过。

#### 7.13 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(或在峰值时投入,试验 3 次),如果最大涌流值不大于 6.10.4 规定值,则此项试验通过。

#### 7.14 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 6.13 的规定,则此项试验通过。

#### 7.15 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 6.10.5 的规定,则此项试验通过。

#### 7.16 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。

试验在有谐波源的情况下进行,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 6.14 的规定,则此项试验通过。

#### 7.17 基本环境试验(仅适用于户外型装置)

##### 7.17.1 环境温度性能试验

环境温度性能试验是考核装有电子器件的户外型无功功率补偿装置在规定的环境空气温度上限和下限情况下长期运行的可靠性。

将装置分别置于规定的最高环境空气温度  $+40\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$  和最低环境空气温度  $-25\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$  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(但不少于 4 h),观察装置的动作功能,若这些功能均准确无误,则此项试验通过。

##### 7.17.2 耐老化验证[仅适用于外壳是由绝缘(合成材料)及绝缘和金属混合组成的补偿装置]

按 GB/T 20641—2006 中 9.11 的规定进行耐老化验证。

##### 7.17.3 耐腐蚀验证

按 GB/T 20641—2006 中 9.12.1b) 的规定进行耐腐蚀验证。

## 8 检验规则

### 8.1 出厂试验

出厂试验是用来检查装置在设计、制造工艺上的缺陷和对某些需要调整的电器元件进行电器参数的调整。出厂试验应在每台装配完成后的装置上进行。

### 8.2 型式试验

型式试验是对产品进行全面的性能和质量检验以验证该产品是否符合本标准的要求。型式试验产品应是经过出厂试验合格后的产品。全部型式试验可在一台装置样品上或在按相同设计的装置的多个部件上进行。型式试验应包括所有出厂试验的项目。

### 8.3 装置的外壳、电器及独立元件的试验

装置的外壳及装置内装的开关器件、元件应符合其各自标准,并且是按照制造商的说明书进行安装的,则不要求进行型式试验或出厂试验,否则应按其标准进行型式试验或补充试验。

### 8.4 检验项目

装置的出厂试验、型式试验项目见表9。

表9 出厂试验、型式试验检验项目

序号	试验项目	依据标准条款	检验分类	
			型式试验	出厂试验
1	一般检查	7.1	√	√
2	通电操作试验	7.2	√	√
3	温升试验	7.3	√	
4	机械操作试验	7.4	√	√
5	介电强度试验	7.5	√	√
6	保护电路有效性试验	7.6	√	仅7.6.1
7	防护等级试验	7.7	√	
8	短路强度试验和短路保护功能验证	7.8	√	
9	电磁兼容(EMC)试验	7.9	√	
10	噪声测试	7.10	√	
11	工频过电压保护试验	7.11	√	√
12	放电试验	7.12	√	
13	涌流试验	7.13	√	
14	动态响应时间检测	7.14	√	
15	缺相保护试验	7.15	√	√
16	抑制谐波或滤波功能验证	7.16	√	
17	基本环境试验	7.17	√	

## 9 标志、铭牌、文件资料、包装

### 9.1 标志、铭牌、文件资料

#### 9.1.1 标志

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。

### 9.1.2 铭牌

每台装置应配备一至数个铭牌,铭牌字迹应清晰.安装应坚固、耐久,其位置应该是在装置安装好后,易于看见的地方。

- a) 制造商(生产厂)或商标;  
注:制造商是对完整的成套设备承担责任的机构。
- b) 型号或其他标记,据此可以从制造商得到有关的资料;
- c) 执行标准;
- d) 额定电压;
- e) 制造日期;
- f) 出厂编号;
- g) 额定容量(或标称容量);
- h) 额定频率;
- i) 防护等级;
- j) 户内使用、户外使用;
- k) 外形尺寸,其顺序为高度、宽度(或长度)、深度;
- l) 额定电流;
- m) 短路耐受强度;
- n) 重量。

a)和 g) 项的资料应在铭牌上标出。

h)~n) 项的数据,如果适用的话,可以在铭牌上给出,也可以在制造商的技术文件中给出。

### 9.1.3 文件资料

制造厂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气元件的安装、操作和维修条件。

如果有必要,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。

### 9.2 包装与运输

装置的包装与运输应符合 JB/T 3085。

---