



中华人民共和国国家标准

GB/T 25839—2010

零过渡过程低压动态无功功率补偿装置

Low-voltage reactive power dynamic compensation equipment
with zero transition

2010-12-23 发布

2011-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 Ⅲ

引言 Ⅳ

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 装置分类和型号规格 3

5 技术要求 4

6 试验方法 11

7 检验规则 14

8 标志、包装、运输和贮存 15

前 言

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电力电子学标准化技术委员会(SAC/TC 60)归口。

本标准起草单位:武汉国想电力科技股份有限公司。

本标准主要起草人:李晓明、杨大矛。

引 言

本标准的发布机构提请注意,声明符合本标准时,可能涉及 5.4.1.2 和 5.7.2.6a) 中采用的发明专利“零过渡过程触发二控三电容投切方法及装置;ZL97109354.7”的使用。

本标准的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本标准的发布机构保证,愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下,就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本标准的发布机构备案。相关信息可通过以下联系方式获得:

专利持有人:武汉国想电力科技股份有限公司

地址:武汉市东湖开发区关东工业园

请注意除上述专利外,本标准的某些内容仍可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

零过渡过程低压动态无功功率补偿装置

1 范围

本标准规定了零过渡过程低压动态无功功率补偿装置(以下简称装置)的术语和定义、分类和型号、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等内容。

本标准适用于交流额定电压不超过 1 000 V、额定频率为 50 Hz、采用半导体开关器件和零过渡过程控制方式投切并联电容器的动态无功功率补偿装置。额定频率为 60 Hz 的装置和矿用 1 140 V 及以下的装置可参照使用。

本标准不适用于采用机械式开关电器投切并联电容器的无功功率补偿装置。

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 191 包装储运图示标志(GB/T 191—2008,ISO 780:1997,MOD)

GB/T 3859.2 半导体变流器 应用导则(GB/T 3859.2—1993,eqv IEC 60146-1-2:1991)

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 人机界面标志标识的基本和安全规则 导线的颜色或数字标识(GB 7947—2006,IEC 60446:1999,IDT)

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 14549 电能质量 公用电网谐波

GB/T 15576—2008 低压成套无功功率补偿装置

JB/T 10695—2007 低压无功功率动态补偿装置

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

零过渡过程条件 condition of zero transition

投切电容器组时,使电容器组对所在电网连接点的动态电流和电压的非周期分量接近零的条件。

3.2

零过渡过程低压动态无功功率补偿装置 low-voltage reactive power dynamic compensation equipment with zero transition

以微处理器为控制单元,以半导体开关器件为主执行元件,将一个或多个电容器编码组合,通过对电网电压、电流以及电容器组运行工况进行实时检测和相关计算,根据系统无功功率补偿的需求量确定电容器投切级数,以零过渡过程条件触发半导体开关器件,从而动态控制电容器组投切所需的硬件和软件构成的系统。

3.3

额定容量 rated capacity

Q_N

装置在额定电压和额定频率下的最大无功功率出力。一般为装置在基波情况下用于无功补偿的全部电容器额定无功功率之和。单位为千乏(kvar)。

3.4

额定频率 rated frequency

f_N

装置拟接入电网的频率。单位为赫兹(Hz)。

3.5

装置的额定电压 rated voltage of a equipment

U_N

装置拟接入电网的系统标称电压。单位为千伏(kV)。

3.6

额定电流 rated current

I_N

在额定容量、额定电压和额定频率下,装置输出的总电流。单位为安(A)。

3.7

过电压保护 over-voltage protection

装置或部件上的电压超过设定值时,在允许的时间内,自动消除装置或部件上的过电压现象的一种保护。

3.8

过电流保护 over-current protection

流过装置或部件的电流超过设定值时,在允许的时间内,自动消除装置或部件的过电流现象的一种保护。

3.9

暂态过电压倍数 ratio of transient over-voltage

电容器投入时,装置的暂态电压峰值与其投入后稳态电压幅值的比值。

3.10

暂态过电流倍数 ratio of transient over-current

电容器投入时,流过装置的暂态电流峰值与其投入后稳态电流幅值的比值。

3.11

投切组合级数 combination grade of switching capacitor banks

装置的额定容量与其最小一组电容器的额定容量之比。

3.12

电容器组投最小时间间隔 minimum interval of capacitor bank switching off and on

电容器组切除后,允许其再次投入的最小时间间隔。

3.13

响应时间 response-time

装置从实际无功负荷达到投切条件起,到相应的电容器组投入或切除为止需要的时间。

3.14

三相补偿 three-phase simultaneous compensation

根据系统三相无功负荷变化的超限情况,装置对三相无功负荷同步进行补偿的方式。

3.15

分相补偿 separate compensation per phase

根据系统中各相无功负荷变化的超限情况,装置对相应相无功负荷分别进行补偿的方式。

3.16

混合补偿 mixed compensation

三相补偿和分相补偿并存的补偿方式。

4 装置分类和型号规格

4.1 装置分类

4.1.1 按使用环境分类

- a) 户内型:N;
- b) 户外型:W。

4.1.2 按特殊功能分类

- a) 普通型:P或省略;
- b) 抗谐波型:K;
- c) 滤谐波型:L。

4.1.3 按补偿方式分类

- a) 三相补偿型:S或省略;
- b) 分相补偿型:F;
- c) 混合补偿型:H×:×(×:×为分相补偿和三相补偿各自所占比例)。

4.2 型号规格

4.2.1 型号规格表示法

型号规格采用“两段式”表示法,如图1所示。

第一段:表示装置型号,由若干汉语拼音大写首字母组成,即:LDB,其中的“L”表示零过渡过程,“D”表示动态,“B”表示无功补偿。

第二段:表示装置规格,由四部分组成;第一部分表示装置的额定容量,由若干位数字组成,单位为千乏(kvar);第二部分表示电压等级和频率,由若干位数字组成,电压单位为千伏(kV),频率单位为赫兹(Hz),在电压等级后面以“()”中的数字标注,未标注的默认为工频;第三部分表示装置的类型,由若干汉语拼音大写字母组成;第四部分表示装置的投切组合级数。

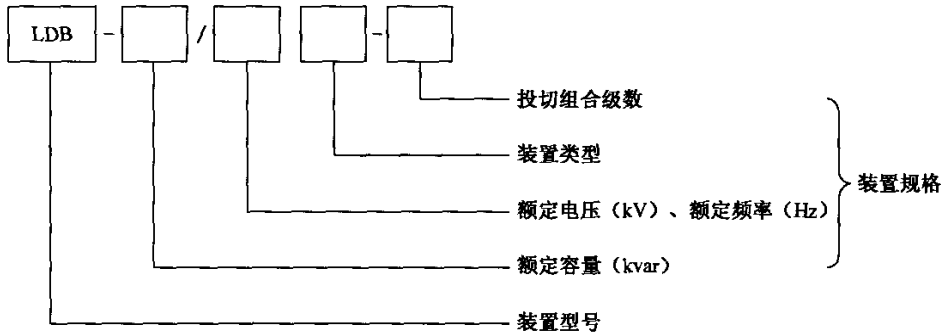


图1 型号规格表示法

示例:LDB-240/0.4NKH4;6-15表示240 kvar,0.4 kV,50 Hz,户内,抗谐波,混合补偿(40%容量为分相补偿,60%容量为三相补偿),投切组合级数为15级的零过渡过程低压动态无功功率补偿装置。

4.2.2 装置的额定电压

考虑到电容器的选型,装置的额定电压 U_N 推荐值为0.23 kV、0.4 kV、0.69 kV和1.140 kV。

4.2.3 额定频率

额定频率为 50 Hz(或 60 Hz)。

4.2.4 额定容量

额定容量 Q_N 优选值为 30 kvar、45 kvar、60 kvar、75 kvar、90 kvar、120 kvar、150 kvar、180 kvar、240 kvar、300 kvar、450 kvar 和 600 kvar。

注：可根据用户要求设计其他额定容量值。

5 技术要求

5.1 使用条件

5.1.1 环境温度

5.1.1.1 户内型

环境温度不高于 +40 ℃，不低于 -5 ℃，24 h 内平均温度不高于 +35 ℃。

5.1.1.2 户外型

环境温度上限可为 +40 ℃、+45 ℃、+50 ℃，下限可为 -5 ℃、-25 ℃、-40 ℃。考虑到全国地域范围较广，可根据装置安装地点的实际情况对设备的上、下限温度进行组合选择。例如：南方地区可确定为 -5 ℃/+50 ℃，24 h 内平均温度不高于 +35 ℃。

在超过温度上限或下限的地区使用时，制造厂商应与用户达成协议。

5.1.2 相对湿度

5.1.2.1 户内型

最大相对湿度不超过 90%。

5.1.2.2 户外型

温度为 +25 ℃ 时，允许相对湿度短时达到 100%。

5.1.3 海拔高度

装置安装场地的海拔高度应不超过 1 000 m。

当设备在海拔高度超过 1 000 m 的地区使用时，应设计成高原型设备。如果使用标准型设备，则应降额(见 GB/T 3859.2 中的规定)。

5.1.4 地震烈度

不大于Ⅲ度。

5.1.5 污秽等级

工业用途的装置一般在污秽等级 3 的环境中使用。其他污秽等级可根据特殊用途或微观环境考虑采用。

5.1.6 装置的安装环境条件

装置的安装地点应无破坏绝缘的气体及导电介质存在，不得含有爆炸危险的介质，无腐蚀性物质，无剧烈振动及颠簸，安装倾斜角度不大于 5°。

5.1.7 正常工作电压范围

装置正常工作电压范围为 $0.80U_N \sim 1.10U_N$ (不含 $1.10U_N$)。

若装置使用条件不符合上述规定，用户应与制造厂商协商，进行特殊设计。

装置工作电压较低时，补偿容量明显下降。设计和选型时应考虑相应地增加补偿容量。

5.1.8 最高允许电压

在 1.10 倍额定电压条件下，装置最长持续运行时间为每 24 h 允许 8 h；在 1.15 倍额定电压条件下，装置最长持续运行时间为每 24 h 允许 30 min。

5.1.9 电压畸变率

无抗谐波功能的装置所接入母线的电压总畸变率应不大于 5%。具有抗谐波和滤波功能的装置根

据负荷的实际情况和用户需求另行设计,并确定相应的使用条件。

5.1.10 三相电压不平衡度

三相补偿方式允许三相电压不平衡度(用对称分量法分解的基波负序电压占基波正序电压的百分数)不大于2%。三相电压不平衡度大于2%时,可根据实际情况和用户需求采用分相补偿或混合补偿方式。

5.1.11 最大允许电流

装置允许在电流方均根值不大于 $1.3I_N$ 条件下连续运行。由于电容量存在10%正偏差,装置稳态电流可能达到 $1.43I_N$ 。若装置使用条件不符合此规定,用户应与制造厂商协商。

5.1.12 工作频率偏差

装置的频率偏差允许值为 $\pm 0.2\text{ Hz}$ 。

5.2 性能

5.2.1 投切组合级数

投切组合级数以保证补偿后功率因数不低于设计值为原则。在不作特殊要求时,一般为15级;也可根据用户要求增加或减少投切组合级数。

5.2.2 响应时间

在自动跟踪无功负荷补偿的情况下,装置的响应时间不大于40 ms。

5.2.3 电容器组切投最小时间间隔

电容器组可重复切投的最小时间间隔为40 ms。

5.2.4 暂态过电压倍数和暂态过电流倍数

装置投切电容器时,电容器的暂态过电压倍数不大于1.1,电容器的暂态过电流倍数不大于1.5。

5.3 装置与系统的接线

装置与三相三线制系统和三相四线制系统的接线示意图分别如图2和图3所示。

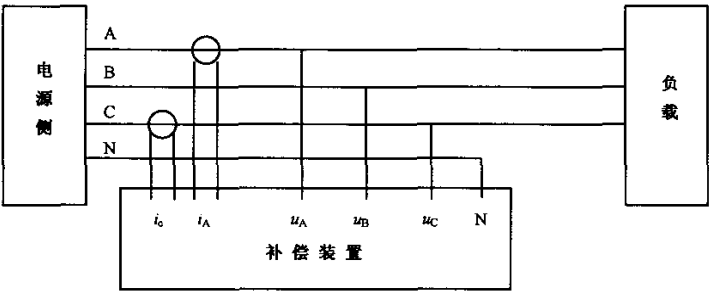


图2 装置与三相三线制系统的接线示意图

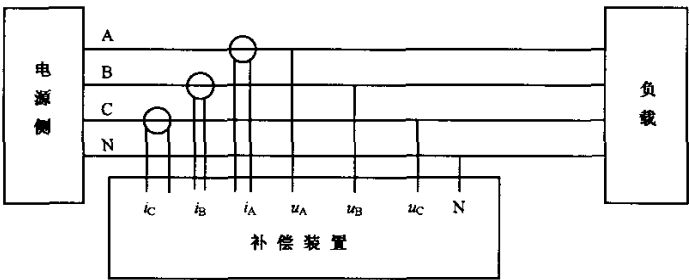


图3 装置与三相四线制系统的接线示意图

5.4 功能

5.4.1 控制方式

5.4.1.1 手动控制

可采用手动控制对电容器组进行投切。

5.4.1.2 自动控制

可根据安装地点的无功功率变化量和零过渡过程条件,自动控制电容器组编码投切,实现动态无功补偿或动态电压调整。

5.4.2 补偿方式

5.4.2.1 三相补偿

可采用三相补偿方式对相对平衡的三相无功负荷进行补偿。

5.4.2.2 分相补偿

可采用分相补偿方式对三相不平衡无功负荷进行补偿。

5.4.2.3 混合补偿

采用混合补偿的装置应具有三相补偿和分相补偿并存的补偿功能。

5.4.3 保护

5.4.3.1 过电压保护

装置应设有过电压保护,当电压高于 $1.15U_N$ 时,切除全部电容器组。当电压恢复正常时,装置恢复正常运行。

5.4.3.2 欠电压保护

装置应设有欠电压保护,当电压低于 $0.8U_N$ 时,切除全部电容器组,并发出故障信息。电压恢复正常时,装置恢复正常运行。

5.4.3.3 三相不平衡保护

采用三相补偿方式的装置应设有不平衡保护。当电压不平衡度大于 2% 时,切除全部电容器组。

5.4.3.4 过电流保护

装置应设有过电流保护,当电流大于 $1.5I_N$ 时,切除全部电容器组,并发出故障信息。

5.4.3.5 谐波超限保护

装置的电流、电压谐波含量超过设定值时,应发出指令切除全部电容器组,并发出故障信息。

- a) 无抗谐波功能的装置,设定值允许电压畸变率不大于 5%,也可根据 GB/T 14549 的谐波电压限值和谐波电流限值设置保护设定值;
- b) 具有抗谐波功能的装置,设定值根据用户的实际情况进行抗谐波设计,以含谐波的电容器总电流不超过 1.3 倍额定电流为原则选择设定值。谐波电流设定值可按式(1)计算。

$$I_h \leq 0.83I_{CN} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

I_{CN} ——电容器基波额定电流,单位为安(A);

I_h ——电容器总谐波电流 $I_h = \sqrt{\sum_{i=2}^N I_i^2}$, 单位为安(A)。

5.4.3.6 缺相保护

装置应设有缺相保护,电容器组缺相运行时应及时切除。

5.4.3.7 空载闭锁

集中补偿的装置应设有空载闭锁保护,系统电流小于变压器空载电流 1.2 倍时,应发出指令切除全部电容器组。

5.4.3.8 自恢复

停电后再送电时,在自动状态下,装置可自启动,恢复正常自动投切的运行状态;在手动状态下,可

操作复位按钮,使装置进入正常手动投切的运行状态。

5.4.4 温度控制

装置可通过装设温度传感器启动风扇或加热器,将装置温度控制在允许范围内。如果在规定时间内,温度不能控制在允许范围内,则装置应自动停机。具体参数应在产品说明书中说明。

5.4.5 显示

5.4.5.1 状态显示

装置应设有电容器组运行状态或开关电器工作位置显示。

5.4.5.2 仪表显示

户内式装置的三相电流、三相电压和功率因数应采用数字显示,三相电流和线电压的变化可采用指针式仪表监视。户外装置可根据需要装设。

5.4.5.3 参数显示

应设有运行参数显示、保护参数显示和系统参数设置显示。

5.4.5.4 显示方式

可采用以下三种显示方式之一:

- a) 指针式仪表显示;
- b) 数字式仪表显示;
- c) 指针式仪表和数字式仪表同时显示。

5.4.6 信息查询

信息查询采用汉字或用户要求的文字显示方式,可查询常用系统信息、运行信息、故障信息和参数设置等。

常用系统信息包括:系统电压、系统电流、三相有功功率、三相无功功率、功率因数等。

常用运行信息包括:系统电压、系统电流、投切级数、补偿容量、电容电流、三相有功功率、三相无功功率、补偿前后功率因数等。

常用故障信息包括:半导体开关器件(如晶闸管)击穿、快速熔断器熔断、过电压、过电流、断相、三相不平衡、电容器损坏等。

常用参数设置包括:变压器额定容量、装置的额定电压、额定频率、电容器的额定电压、电压互感器变比、电流互感器变比、容量最小一组电容器的容量、投切级数和保护整定值等参数。

5.4.7 参数设置

设置的基本参数为 5.4.6 中的常用参数设置。

5.4.8 故障诊断

可判断半导体开关器件(如晶闸管)击穿、快速熔断器熔断、过电压、过电流、断相、三相不平衡、电容器损坏等故障。

5.4.9 信息存储

可存储系统电压、系统电流、三相有功功率、三相无功功率、补偿前后的功率因数、投切级数、补偿容量、电容电流、故障信息、参数设置信息和通信信息等数据。也根据用户要求保存相关信息。

5.4.10 抗谐波功能

具有抗谐波功能的装置,在电容器支路中串联一定电感量的电抗器,使装置含谐波的总电流不超过允许最大工作电流的限制。电抗值应按电容器回路谐波电流放大倍数不大于 1 选取。电容器第 h 次谐波电流放大倍数可采用式(2)计算。按电容器电流(含谐波电流)不超过 1.3 倍额定电流(基波电流)校验,校验计算公式可采用式(1)。电抗器额定电流按通过所在支路的 1.3 倍额定电流选取,保证在 1.3 倍额定电流情况下,电抗器温升和线性特性满足正常工作条件。即:

$$X_L = X_C / h^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

h ——谐波次数, $h=2, 3, 4, 5, \dots$;

X_L ——电抗器感抗, 单位为欧(Ω);

X_C ——电容器容抗, 单位为欧(Ω)。

5.5 温升

5.5.1 装置内的半导体开关器件(如晶闸管)、绝缘导线和电器元件的温升应符合其产品技术条件和温升要求。

5.5.2 母线与电器元件连接处的温升不得高于电器元件出线端的规定温升。此外, 温升不得高于表 1 的规定。

5.6 补偿误差

装置的无功功率补偿误差不大于容量最小一组电容器额定无功功率的二分之一。

5.7 外观和结构

5.7.1 外观

5.7.1.1 装置外壳的外表面不得有起泡、裂纹或划痕等缺陷。

5.7.1.2 装置中选用的指示灯、按钮、导线及母线的颜色应符合 GB/T 4025 的规定。

5.7.1.3 装置内母线的相序标识与排序应符合 GB/T 15576—2008 中 6.1.6 的规定。

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

表 1 温升

部 位		温 升 K
连接外部绝缘导线的端子		70
母线固定连接处	铜-铜	50
	铜搪锡-铜搪锡	60
	铜镀银-铜镀银	80
	铝搪锡-铝搪锡	55
	铝搪锡-铜搪锡	55
操作手柄	金属	15
	绝缘材料	25
可触及的外壳和覆板	金属表面	30
	绝缘材料表面	40

5.7.2 结构

5.7.2.1 装置应能承受一定的机械、电和热的应力, 其构件应有良好的防腐蚀性性能。

5.7.2.2 装置的结构设计、元器件安装、布局应经济合理、安全可靠、维修方便, 需手动操作的零部件应运动灵活, 无卡、塞或操作力过大现象。

5.7.2.3 装置的门能在不小于 90° 的角度内灵活启闭。

5.7.2.4 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。

5.7.2.5 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。

5.7.2.6 半导体开关器件(如晶闸管)投切电容器的结构

采用半导体开关器件(如晶闸管)投切电容器的结构可为:

- a) 三相三线制接线系统可采用“二控三”或“三控三”半导体开关器件投切电容器结构。“二控三”结构为: 用两组半导体开关器件(例如: 两组反并联的单向晶闸管或两个双向晶闸管)控制三相

电容器投入或切除。“二控三”结构只适用于三相补偿和混合补偿中的三相补偿,不适用于分相补偿;

- b) 三相四线制接线系统应采用带中性线的“三控三”半导体开关器件投切电容器的结构,即用三组半导体开关器件(例如三组反并联的单向晶闸管或三个双向晶闸管)分别连接三个单相电容器,并与中性线构成回路,分别控制每相电容器投入或切除,可用于三相补偿、分相补偿和混合补偿。

5.8 安全要求

5.8.1 电气间隙和爬电距离

正常使用条件下,装置内裸露带电导体间及其与外壳之间的最小电气间隙和最小爬电距离应符合表2的规定。

表 2 电气间隙和爬电距离

额定绝缘电压 U_i V	最小电气间隙 mm	最小爬电距离 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

5.8.2 介电强度

5.8.2.1 绝缘电阻验证

采用电压至少为 500 V 的绝缘电阻表进行测量。

带电导体之间、带电导体与裸露导电部件之间、带电导体对地标称电压的绝缘电阻不小于 1 000 Ω /V。

5.8.2.2 工频耐压验证

在正常试验大气条件下,装置被试部分应能承受表3和表4中规定的 50 Hz 交流电压 5 s。试验过程中,不得出现击穿、闪络及电压突然下降现象。

表 3 主电路和与主电路直接连接的辅助电路的耐受电压

单位为伏

额定绝缘电压 U_i	试验电压(方均根值)
$U_i \leq 60$	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

表 4 不与主回路直接连接的辅助电路的耐受电压

单位为伏

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

5.8.3 安全防护

5.8.3.1 直接接触防护可依靠装置本身的结构措施,也可依靠装置安装时采取的附加措施。制造厂商

应在使用说明书中提供相应的信息。

5.8.3.2 间接接触防护应依靠装置内的保护电路。保护电路可通过单独装设保护导体完成,也可利用装置的结构部件(如外壳、框架等)完成。

5.8.3.3 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)以及装有电器元件的门、板、支架与主接地点间应具有可靠的电气连接,其与主接地点间的电阻值应不大于 $0.1\ \Omega$ 。

5.8.3.4 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。

5.8.3.5 保护接地导体(PE)的截面积应不小于表 5 中给出的值。

保护中性导体(PEN)电流不超过相电流的 30%时,表 5 也可适用于 PEN 导体。铜 PEN 导体的最小截面积应为 $10\ \text{mm}^2$ 。

表 5 保护导体和保护中性导体的截面积 单位为平方毫米

相导线的截面积 S	相应保护导体的最小截面积 S_p
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$
$400 < S \leq 800$	200
$800 < S$	$S/4$

如果按表 5 选择的导线不是标准尺寸,应采用最接近的较大的标准截面积的保护导体。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 $2.5\ \text{mm}^2$ 。

5.8.3.6 装置的框架或外壳作保护电路的一部分时,其导电能力应至少等效于表 5 规定的相应最小截面积。

5.8.3.7 为便于识别,保护导体的颜色应采用黄/绿双色。除此之外,黄/绿双色不得用于其他用途。

5.8.3.8 保护接地导体的端子应有图形符号为Ⓢ的标志。如果保护接地导体与能明显识别的带有黄/绿双色的内部保护导体永久性连接时,则不要求此符号。

5.8.3.9 为装置检修安全,装置中应设置明确的电容器放电标识。检修前应确保电容器已放电完毕。

5.8.3.10 装置外壳防护等级

装置外壳防护等级应符合 GB 4208 的规定。

安装在主配电室内或紧邻主配电柜安装的户内型装置防护等级不得低于 IP 20,其他防护等级(IP 值)应由制造厂商与购买方协商确定。户外型装置防护等级不得低于 IP 43(底面除外),也可按购买方要求增强到 IP 54,但应仔细考虑装置内的通风设计。

5.8.4 噪声

当装置正常工作时,噪声应不大于 65 dB(A 声级)。

5.8.5 短路耐受强度及短路保护

装置的短路耐受强度应符合 GB 7251.1—2005 中 7.5 的规定。装置应能耐受短路电流产生的热应力和电动应力。对于无功补偿容量大于 150 kvar 的装置,其主电路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,任何一个输出支路发生短路时,应将故障电路断开,而不影响其他支路正常工作,以确保保护系统的选择性。

5.9 装置的控制器的

装置的控制器的动作性能和功能应符合 5.2 和 5.4 的相关规定,温度范围应符合 5.1.1 和 8.4 的规定。

5.10 电磁兼容

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 GB 7251.1—2005 中 7.10.2 的 a)和 b),则可不做 EMC 试验。

6 试验方法

6.1 试验环境条件

如无特别说明,试验在下述条件下进行:

- a) 环境温度:15℃~35℃;
- b) 相对湿度:45%~75%;
- c) 大气条件:86 kPa~106 kPa。

6.2 外观和结构检查

目测检查,其结果应符合 5.7 的规定。

6.3 安全试验

6.3.1 电气间隙和爬电距离检查

按 GB 7251.1—2005 中附录 F 的规定测量装置电气间隙和爬电距离,其结果应符合 5.8.1 的规定。

6.3.2 保护电路有效连接验证

按 JB/T 10695—2007 中 7.9 的规定进行。

6.3.3 介电性能试验

介电强度试验在下列部位之间进行:

- a) 每相电路对地(外壳)之间;
- b) 辅助电路对地(外壳)之间;
- c) 带电部件和外部操作手柄之间。

在试验部位之间施加的试验电压为表 4 中规定值的 30%~50%(带电部件和外部操作手柄之间的试验电压为规定值的 1.5 倍)。试验时,在 10 s~30 s 内平稳地将电压升高到规定的试验电压值,并保持 1 min(出厂试验为 5 s)。然后,将试验电压平稳地降至零,切除电源,其结果应符合 5.8.2 的规定。

对带电部件和外部操作手柄之间试验时,如操作手柄为绝缘材料制成或覆盖,则应将手柄用金属箔包裹,然后在带电部件和金属箔之间施加试验电压。

试验前,应断开不宜承受电压的避雷器、控制器、半导体开关器件、电容器等元器件与母线的电气连接。

6.3.4 短路耐受强度和短路保护试验

按 5.8.5 的要求进行。

6.3.5 防护等级试验

按 GB 4208 规定的方法进行验证,装置的防护等级应不低于 5.8.3.10 的规定。

6.3.6 噪声测试

按 GB/T 10233—2005 中 4.13 的规定进行,噪声应不超过 5.8.4 的规定。

6.4 温升试验

试验时,装置周围空气温度应在 10℃~40℃范围内。在外壳防护等级符合 5.8.3.10 规定的情况下,对电容器单元施加工频交流电压,且在整个试验过程中使电容器单元支路的电流不小于其额定

电流。

应至少用两个温度计、热电偶或其他测温仪器均匀布置在装置的周围。其位置高度约等于装置高度的一半,距装置外壳 1 m 远,以其平均读数作为装置周围空气的温度。测量时,应防止空气强迫流动和热辐射影响测量准确度。

试验时,应有足够的时间使温度上升到稳定值。可每隔 1 h~2 h 测量一次。温度变化不超过 1 °C/h 时,即认为温度达到稳定。

温升不应超过 5.5 的规定。

6.5 机械操作试验

需手动操作的部件应在不通电情况下进行操作试验。出厂试验时,操作应不少于 5 次;型式试验时,应不少于 50 次。检查各操作部件的动作、位置显示情况,不应出现误动作、动作不正常或位置显示错误等现象。

6.6 通电操作试验

6.6.1 通电试验

分别在施加 $0.85U_N$ 、 $1.00U_N$ 、 $1.05U_N$ 电压的情况下,检查各电器元件的动作、显示情况,不应出现误动作、动作不正常或显示错误等现象。

6.6.2 手动操作试验

在正常工作电压条件下,装置设置手动方式,分别手动操作投切各组电容器,观察电流表和电容器电流显示值是否与实际操作吻合。

6.6.3 自动操作试验

断开装置采样电路与主电路的连接,装置设置为自动方式,在正常工作电压条件下,在采样电路中输入电压、电流,改变功率因数或无功功率值,使输入无功功率分别达到各组电容器投切整定值,观察电流表和电容器电流显示值是否与实际操作吻合。

6.7 温度控制

对温度传感器的性能进行验证,其动作值应符合 5.4.4 的规定。

6.8 装置的控制器的检验

6.8.1 装置的控制器的动作性能和功能检验

装置的控制器的动作性能和功能检验按 6.9~6.14 进行。

6.8.2 高温、低温贮存试验

高温、低温贮存试验时,控制器不通电、无包装。试验步骤如下:

- 将控制器置于温度为 $-40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ 的低温箱中连续存放 24 h,然后使控制器逐渐恢复至环境温度,进行外观检查及功能检验,结果应符合 5.9 规定;
- 将控制器置于温度为 $+60\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ 的高温箱中连续存放 24 h,然后取出使控制器,逐渐恢复至环境温度,进行外观检查及功能检验,结果应符合 5.9 规定。

6.9 响应时间测试

试验条件:断开装置采样电路与主电路的连接,在采样电路中输入电压、电流,改变功率因数或无功功率值,使装置处于自动控制状态下,电容器组均在投入位置并保持。

在上述试验条件下,试验步骤如下:

- 将装置的系统无功功率或相应的无功电流的输入置零,先增加无功功率使之达到投入一组电容器容量的设定值,记录系统无功电流和总电容电流的变化波形,保持 5 s;
- 然后减少无功功率,使之达到切除一组电容器容量的设定值,记录系统无功电流和总电容电流的变化波形,保持 5 s;
- 分别比较这两种情况下的系统无功电流改变与总电容电流改变的第一个波形峰值的时间差,

得到装置投入和切除的响应时间,其结果应符合 5.2.2 的规定。

6.10 电容器组切投最小时间间隔测试

试验时,采用测试程序控制,分别投入各电容器组工作 5 个工频周期,切除一个工频周期;再投入 5 个工频周期,再切除一个工频周期。重复 10 次。记录其最大时间间隔,其结果应符合 5.2.3 的规定。

6.11 暂态过电压倍数和暂态过电流倍数测试

试验时,首先,手动投入除容量最大一组外的全部电容器组,再连续手动投切容量最大一组电容器 10 次,分别记录装置最高暂态电压峰值与相应稳态电压幅值的比值和装置最大暂态电流峰值与相应稳态电流幅值的比值,其结果均应符合 5.2.4 的规定。

6.12 保护功能验证

6.12.1 过电压保护

试验条件同 6.9。改变输入电压值:先使其大于或等于装置工频过电压保护设定值,保持 5 s,再恢复正常电压。记录电容器电压和电容器电流波形,其结果应符合 5.4.3.1 的规定。

对于分相补偿的装置,试验应在 A、B、C 三相分别进行。

6.12.2 欠电压保护

试验条件同 6.9。改变输入电压值:先使其小于或等于装置的欠电压保护设定值,保持 5 s,再恢复正常电压。记录电容器电压和电容器电流波形,其结果应符合 5.4.3.2 的规定。

6.12.3 三相不平衡保护

试验条件同 6.9。改变输入三相电压值,使电压不平衡度大于 2%,保持 5 s,其结果应符合 5.4.3.3 的规定。

6.12.4 过电流保护

试验条件同 6.9。输入工频电流,使其大于或等于装置的过电流保护设定值,保持 5 s,其结果应符合 5.4.3.4 的规定。

6.12.5 谐波超限保护

试验条件同 6.9。用谐波电源给装置注入谐波电压或谐波电流,使其大于或等于装置谐波超限保护的设定值。记录电容器电压和电容器电流波形,其结果应符合 5.4.3.5 的规定。

6.12.6 缺相保护

断开装置的 A、B、C 三相中的任一相电压,装置应可靠动作,切除所有电容器组。

6.12.7 空载闭锁

试验条件同 6.9,使输入的工频电流小于变压器空载电流 1.2 倍,其结果应符合 5.4.3.7 的规定。

6.12.8 自恢复

试验时,使装置处于自动控制状态,断开装置控制电路电源,再次接通时,装置应能在 10 s 内恢复到正常自动投切运行状态。然后,使装置处于手动控制状态,断开装置控制电路电源,再次接通并在 10 s 后操作复位按钮,装置应能在 5 s 内恢复到正常手动投切运行状态。

6.13 补偿误差检验

试验在自动控制状态下进行。试验步骤如下:

- 试验时,断开装置采样电路与主电路的连接,在采样电路中输入电压、电流,改变功率因数或无功功率值;
- 在额定电压下,从零开始增加装置的系统无功功率或相应的无功电流输入,使其大于投入最小一组电容器容量的二分之一设定值,记录系统无功功率和电容器电流,保持 5 s,观察最小一组电容器是否投入;
- 然后,减少系统无功电流或无功功率输入至零,记录系统无功功率和电容器电流,保持 5 s,观察最小一组电容器是否切除。

结果应符合 5.6 的规定。

6.14 功能检验

试验时,在额定电压条件下,手动投入一组容量最小的电容器组,然后,根据说明书操作:

- a) 按 5.4.5 进行显示功能检验,结果应符合其规定;
- b) 按 5.4.6 进行信息查询功能检验,结果应符合其规定;
- c) 按 5.4.7 进行参数设置功能检验,结果应符合其规定;
- d) 按 5.4.8 进行故障诊断功能检验,结果应符合其规定;
- e) 按 5.4.9 进行信息存储功能检验,结果应符合其规定。

6.15 抗谐波功能检验

装置接入额定电压 U_N ,分别手动投入各组电容器,检测各组电容器—电抗器回路的电容器电压 U_{Ci} 、电抗器电压 U_{Li} 和电容器—电抗器回路电流 I_i ,计算出电容器的容抗 $X_{Ci} \approx U_{Ci}/I_i$ 和电抗器的感抗 $X_{Li} \approx U_{Li}/I_i, i=1,2,\dots,n$ (电容器—电抗器回路数), X_{Ci} 、 X_{Li} 和抗谐波次数 h 应满足 5.4.10 中式(2)的要求。

6.16 投切组合级数检验

检查装置的额定容量(全部补偿电容器额定容量之和)和最小一组电容器额定容量,并计算投切组合级数,其结果应符合 5.2.1 的规定。

6.17 电磁兼容性(EMC)检验

装置的电磁兼容性(EMC)按 GB 7251.1—2005 中 7.10 检验,其结果应符合 5.10 的规定。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为型式试验和出厂试验。检验项目见表 6。

7.2 型式试验

7.2.1 型式试验在样机或按相同或类似设计制造的装置的部件上进行。

7.2.2 型式试验的目的在于考核装置的设计、工艺材料、元器件选择和制造等方面是否满足规定的性能要求和运行要求。

在下列情况下应进行型式试验:

- a) 新产品定型;
- b) 已定型产品转厂生产;
- c) 正式生产后,设计、结构、工艺、材料或元器件有较大改变,可能影响产品性能时;
- d) 出厂试验结果与上次型式试验有较大差异时;
- e) 国家质量监督部门提出型式试验要求时。

7.3 出厂试验

出厂试验用于检查工艺和材料是否符合规定的要求。

出厂试验在每一台完成装配的装置或在每一个运输单元上进行。出厂试验合格的装置,应出具出厂试验合格证明。

表 6 检验项目

序号	试验项目	要求章条号	试验章条号	型式试验	出厂试验
1	外观和结构	5.7	6.2	√	√
2	安全	5.8	6.3	√	√
3	温升	5.5	6.4	√	

表 6 (续)

序号	试验项目	要求章条号	试验章条号	型式试验	出厂试验
4	机械操作	5.7.2.2	6.5	✓	✓
5	通电操作	5.4.1	6.6	✓	✓
6	温度控制	5.4.4	6.7	✓	✓
7	控制器	5.9	6.8	✓	
8	投切组合级数	5.2.1	6.16	✓	
9	响应时间	5.2.2	6.9	✓	
10	电容器组切投最小时间间隔	5.2.3	6.10	✓	✓
11	暂态过电压和暂态过电流倍数	5.2.4	6.11	✓	✓
12	过电压保护	5.4.3.1	6.12.1	✓	
13	欠电压保护	5.4.3.2	6.12.2	✓	
14	三相不平衡保护	5.4.3.3	6.12.3	✓	
15	过电流保护	5.4.3.4	6.12.4	✓	
16	谐波超限保护	5.4.3.5	6.12.5	✓	
17	缺相保护	5.4.3.6	6.12.6	✓	✓
18	空载闭锁	5.4.3.7	6.12.7	✓	✓
19	自恢复	5.4.3.8	6.12.8	✓	✓
20	补偿误差	5.6	6.13	✓	
21	显示功能	5.4.5	6.14a)	✓	✓
22	信息查询功能	5.4.6	6.14b)	✓	✓
23	参数设置功能	5.4.7	6.14c)	✓	✓
24	故障诊断功能	5.4.8	6.14d)	✓	✓
25	信息存储功能	5.4.9	6.14e)	✓	✓
26	抗谐波功能	5.4.10	6.15	✓	
27	电磁兼容	5.10	6.17	✓	
注：“✓”表示应试验项目。					

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 装置铭牌上应有下列信息：

- 装置名称、执行标准编号；
- 制造厂商名称；
- 装置型号；
- 主要参数：额定容量(kvar)、额定电压(kV)、额定频率(Hz)、投切组合级数、防护等级、外形尺寸(mm×mm×mm)、质量(kg)；
- 装置出厂年月及编号。

8.1.2 在装置内部，应能辨别出单独的电路及其保护器件。标识器件采用的标记应与随同装置一起提

供的接线图上的标记一致。

8.2 包装

8.2.1 装置应有内包装和外包装箱。包装箱应有防尘、防雨、防震措施。在经过正常条件的运输后,包装箱不应损坏。

8.2.2 装箱资料应包括下列文件:

- a) 装箱单(应标明装置的附件、备件);
- b) 出厂试验报告;
- c) 合格证明;
- d) 使用说明书;
- e) 保修单。

8.3 运输

装置应适合陆运、水运(海运)或空运。运输标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.4 贮存

装置应贮存在环境温度 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于90%的库房内,室内应无酸、碱、盐及腐蚀性、易爆性气体,不受灰尘和雨、雪的侵蚀。
