



中华人民共和国国家标准

GB/T 4787—2010
代替 GB/T 4787—1996

高压交流断路器用均压电容器

Grading capacitors for high-voltage alternating current circuit-breakers

2010-09-02 发布

2011-02-01 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 4787—1996《断路器电容器》。

本标准与 GB/T 4787—1996 相比主要变化如下：

- 对书写格式进行了修改；
- 增加了 150 kV 额定电压系列；
- 删减了额定电容中的部分数值；
- 重复性工频耐受电压由规定值的 75% 提高到 80%；
- 局部放电测量由型式试验改为例行试验。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电力电容器标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：西安电力电容器研究所、桂林电力电容器有限责任公司。

本标准参加起草单位：苏州思源特种电力电容器有限公司、无锡市联达电器有限公司。

本标准主要起草人：王增文、郭天兴、平怡、于铭、郭荣甫、李小燕。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB 4787—1984、GB/T 4787—1996。

高压交流断路器用均压电容器

1 范围

本标准规定了高压交流断路器用均压电容器的适用范围、术语、技术要求、试验、标志及安全要求等。

本标准适用于并联连接在高压交流断路器的断口上,用以改善电压分布、降低恢复电压上升率的均压电容器,以下简称“电容器”。

本标准不适用于高压陶瓷电容器。

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 311.1 高压输变电设备的绝缘配合(GB 311.1—1997,neq IEC 60071-1:1993)

GB/T 2900.16 电工术语 电力电容器[GB/T 2900.16—1996,neq IEC 60050(436):1990]

GB/T 7354 局部放电测量(GB/T 7354—2003,IEC 60270:2000,IDT)

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第一部分:一般试验要求(GB/T 16927.1—1997,eqv IEC 60060-1:1989)

GB/T 21429 户外和户内电气设备用空心复合绝缘子 定义、试验方法、接收准则和设计推荐(GB/T 21429—2008,IEC 61462:1998,MOD)

IEC 62155:2003 额定电压高于1 kV的电气设备用承压和非承压空心瓷和玻璃绝缘子

3 术语和定义

GB 311.1、GB/T 2900.16、GB/T 7354 和 GB/T 16927.1 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

均压电容器 grading capacitor

和高压交流断路器的断口相并联,用以改善电压分布及降低恢复电压上升率的电容器。

3.2

电容器元件(或元件) capacitor element (or element)

由电介质和被它隔开的电极所构成的部件。

3.3

电容器单元(或单元) capacitor unit (or unit)

由一个或多个元件组装于同一外壳中并有引出端子的组装体。

3.4

(电容器的)额定电压 rated voltage (of a capacitor)

U_N

设计电容器时所规定的交流电压(方均根值)。

3.5

(电容器的)额定电容 rated capacitance (of a capacitor)

C_N

设计电容器时所规定的电容值。

3.6

电容偏差 **capacitance tolerance**

在规定条件下,实际电容与额定电容之间的差值。

3.7

额定频率 **rated frequency**

f_N

设计电容器时所规定的频率。

3.8

绝缘水平 **insulation level**

电容器两个端子之间的绝缘能耐受的电压值。

3.9

电容器损耗 **capacitor losses**

电容器所消耗的有功功率。

3.10

电容器的损耗角正切 **tangent of the loss angle of a capacitor**

$\tan\delta$

有功功率 P_s 与无功功率 P_r 的比值; $\tan\delta=P_s/P_r$ 。

3.11

环境空气温度 **ambient air temperature**

准备安装电容器的地点的空气温度。

4 使用条件

4.1 正常使用条件

4.1.1 环境空气温度类别

电容器分为 3 种温度类别,列于表 1。

表 1 额定温度类别

类 别	最低温度/℃	最高温度/℃
—5/40	—5	+40
—25/40	—25	+40
—40/40	—40	+40
注:选择温度类别时还应考虑储存和运输条件。		

4.1.2 海拔

海拔不超过 1 km。

4.2 非正常使用条件

4.2.1 非正常使用条件由制造方和购买方商定。

4.2.2 当安装处海拔超过 1 km 时,海拔每升高 100 m,外绝缘强度约降低 1%。在海拔不高于 1 km 的地点试验时,其外绝缘试验电压应为额定耐受电压乘以海拔校正因数 K_s 。

$$K_s = \frac{1}{1.1 - H \times 10^{-4}}$$

式中:

H ——电容器安装地点的海拔,m。

5 额定值

5.1 额定电压 U_N

电容器的额定电压优先在下列数值中选取：
40 kV, 90 kV, 120 kV, 150 kV, 180 kV, 240 kV, 360 kV。

5.2 额定电容 C_N

电容器的额定电容优先在下列数值中选取：
1 000 pF, 1 500 pF, 1 800 pF, 2 000 pF, 2 500 pF, 3 000 pF。

6 技术性能和结构要求

6.1 绝缘水平

电容器的绝缘水平按照表 2 的标准绝缘水平选取。

表 2 标准绝缘水平 单位为千伏(kV)

电容器的 额定电压	绝缘水平			
	额定短时工频 耐受电压 (方均根值)	2 h 工频耐受电压 (方均根值)	额定雷电冲击 耐受电压 (峰值)	额定操作冲击 耐受电压 (峰值)
40	130	80	360	205
90	260	180	590	380
120	325	240	775	615
150	360	300	810	660
180	460	360	1 110	760
240	580	480	1 380	1 095
360	790	720	1 985	1 350

6.2 爬电距离

对于易受污染的户外绝缘,沿绝缘表面测量的以毫米数确定的最小额定爬电距离由制造方与用户协商确定。

- 注 1: 规定的制造允许偏差可适用于实际爬电距离(见 IEC 62155)。
注 2: 表面绝缘特性受绝缘子形状的影响很大。
注 3: 根据 GB/T 21429 的规定,复合绝缘子具有较好的耐污秽性能。

6.3 放电性能

电容器应能承受规定试验电压下的短路放电,试验主要用来检验电容器的内部连接。

6.4 局部放电

在规定的试验条件下,电容器的局部放电量应不大于 10 pC。

6.5 电容偏差

电容器在额定电压下,20 ℃时的实测电容与其额定电容之差应不超过额定电容的-5%~+5%。

6.6 电容器的损耗

电容器的损耗用在 10 kV 和(0.9~1.1) U_N 下测得的 $\tan\delta$ 来表示,其要求值可由制造方与用户协

商确定。

注 1：目的是检验生产制造的一致性。允许变化的限值可由制造方与用户协商确定。

注 2： $\tan\delta$ 值取决于绝缘设计以及电压、温度和测量频率。

注 3：某些介质的 $\tan\delta$ 值是测量前施加电压时间的函数。

注 4：电容器的损耗是检验干燥和浸渍工艺的指标。

注 5：作为参考值，用矿物油或合成油浸渍的各种介质的电容器，在 20℃ (293 K) 及 $(0.9 \sim 1.1)U_N$ 条件下的典型 $\tan\delta$ 值为：

a) 复合介质：膜—纸—膜或纸—膜—纸 $\leq 2 \times 10^{-3}$ 。

b) 全膜介质： $\leq 1 \times 10^{-3}$ 。

6.7 机械强度

电容器应能承受断路器操作时的振动和规定的耐地震试验考核或抗弯及抗扭试验考核。抗弯强度与抗扭强度参数由制造方与用户协商确定。

6.8 密封性能

电容器应在所采用温度类别规定的整个温度范围内密封良好。

6.9 安装

电容器可水平、倾斜或垂直安装。电容器的外形及安装尺寸由制造方与用户协商确定。

6.10 防腐性能

电容器的外金属件表面应有良好的防腐蚀层，且色泽均匀，无明显的划痕、凹陷、污垢、防腐蚀层脱落及锈蚀等缺陷。

7 试验

7.1 试验分类及目的

本标准所规定的试验分为例行试验、型式试验和验收试验。试验项目见表 3。

试验顺序的开始和终结，应测量电容 C 、电容器的损耗角正切 $\tan\delta$ 。重复性的工频耐受电压试验应在规定试验电压的 80% 下进行。

7.1.1 例行试验

目的在于检验电容器的制造缺陷。每台电容器皆应经受此试验。

7.1.2 型式试验

目的在于考核电容器的设计、材料和制造等方面是否满足本标准所规定的性能和运行要求。

型式试验在新产品制出时进行。在生产中，当材料、工艺或产品结构等有改变且其改变有可能影响电容器的性能时，亦应进行型式试验。此时，允许只进行与这些改变有关的试验项目。

用来做型式试验的电容器应为经例行试验合格的电容器，各项型式试验不一定都要在同一台电容器上进行，但所有耐受电压试验项目和局部放电测量应在同一电容器上进行。

在正常生产中，型式试验应至少每 5 年进行一次。

7.1.3 验收试验

目的是检验电容器在运输中有否受到损伤，以确保所安装的电容器是良好的。如与断路器同时进行试验，则应满足断路器的试验要求。

表 3 试验项目

项号	试验类别	试验项目	技术要求	试验方法
1	例行试验	外观检验	6.2、6.8、6.9、6.10	7.3.1
2		密封性试验	6.8	7.3.2
3		电容和 $\tan\delta$ 测量	6.5、6.6	7.3.3、7.3.4
4		短时工频耐受电压试验	6.1	7.3.5.1
5		放电试验	6.3	7.3.7
6		局部放电测量	6.4	7.3.8

表 3 (续)

项号	试验类别	试验项目	技术要求	试验方法
7	型式试验	短时工频耐受电压试验	6.1	7.3.5.1
8		2 h 工频耐受电压试验	6.1	7.3.5.2
9		雷电冲击耐受电压试验	6.1	7.3.6.1
10		操作冲击耐受电压试验	6.1	7.3.6.2
11		放电试验	6.3	7.3.7
12		机械强度试验	6.7	7.3.9
13	验收试验	外观检验	6.2、6.8、6.9、6.10	7.3.1
14		电容和 $\tan\delta$ 测量	6.5、6.6	7.3.3、7.3.4
15		短时工频耐受电压试验	6.1	7.3.5.1

7.2 试验条件

电容器的一切试验及测量,除另有规定者外,均应在下列条件下进行:

- a) 周围空气温度为+5℃~+35℃,电容器电介质的温度应与周围空气温度无显著差别。如需校正,则以+20℃为参考温度。
电容器在不通电状态下,在恒定的周围空气温度中放置了适当长的时间后,即认为电容器电介质的温度与周围空气温度相同。
- b) 试验和测量所用的交流电压的波形应符合 GB/T 16927.1 的规定,频率为 $(0.8\sim1.2)f_N$ 之间的任一频率。

7.3 试验方法

7.3.1 外观检验

外观检验一般采用目测及量具进行。
安装及外形尺寸、端子及固定装置应符合设计要求。铭牌及标志清晰,数据正确。
检验结果应符合 6.2、6.8、6.9 和 6.10 的要求。

7.3.2 密封性试验

密封性试验应是对按正常使用状态装配并充满规定液体的电容器进行的试验。电容器应以加热或其他方式使电容器内部超过最大工作压力,保持 8 h。如无泄漏现象,则认为通过本试验。加热温度为电容器相应温度类别上限值加 15℃。

7.3.3 电容测量

电容测量采用的方法应能排除由于谐波和测量电路附件所引起的误差。测量精确度应足以反映出一个元件击穿量。推荐采用电桥法进行电容测量。测量方法的不确定度应在报告中给出。
最终的电容测量应分别在型式试验、例行试验和验收试验的绝缘耐压之后进行。测量时的电压为 $(0.9\sim1.1)U_N$ 。

为了显示出由于一个或多个元件击穿所引起的电容变化,应在绝缘的耐压试验之前进行预先的电容测量,采用足够低的测量电压(低于 $0.15U_N$)以避免元件发生击穿。

- 注 1: 如果电容器的电容是随测量电压而变化,则在耐压试验后,先以耐压试验前测量所用的相同电压然后以不低于额定电压的测量电压,进行重复电容测量更有意义。
- 注 2: 如果被测单元的串联元件数很多时,可能因为下列不确定因素很难判断是否发生击穿:
 - 测量的再现性。
 - 耐压试验时元件受机械力作用所造成的电容变化。
 - 试验前后电容器的温度差异所造成的电容变化。对这些情况,应该由制造方验证是否发生击穿,例如通过比较同型号电容器的电容变化和/或计算试验时温度上升造成的电容变化。

7.3.4 $\tan\delta$ 测量

电容器损耗角正切($\tan\delta$)测量应在 $(0.9\sim 1.1)U_N$ 的电压下与电容测量同时进行,所用方法应能排除由于谐波和测量电路附件所引起的误差。推荐采用电桥法进行 $\tan\delta$ 测量。应给出测量方法的不确定度。

例行试验时,还应在10 kV电压下测量 $\tan\delta$,提供数据供参考用。

7.3.5 工频耐受电压试验

除本标准规定外,电容器的耐受电压试验按GB/T 16927.1的有关规定进行,试验时电压施加于电容器的两端子之间。

7.3.5.1 短时工频耐受电压试验

对电容器施加电压的时间:例行试验和验收试验为10 s;型式试验为1 min。试验时,不应发生闪络或击穿。

户外电容器的型式试验为湿试验。

7.3.5.2 2 h 工频耐受电压试验

对电容器施加电压的时间为2 h。试验时,不应发生闪络或击穿。

7.3.6 冲击耐受电压试验

冲击试验应按照GB/T 16927.1的规定对电容器进行。试验电压应施加在电容器两端子之间。电容器的一个端子接地。

冲击试验一般是由施加参考的电压试验和额定的电压试验组成。参考冲击电压应为额定冲击耐受电压的50%~75%。

冲击电压的波形和峰值应予记录。

试验中绝缘的损坏,可以用试验前后的电容变化来判断,也可以参考电压下和额定耐受电压下的波形变异为依据。为了示伤检测,可在电压录波中补充记录对地电流。

7.3.6.1 雷电冲击耐受电压试验

雷电冲击耐受电压的波形为 $(1.2\sim 5)/50\ \mu\text{s}$ 。试验时,对电容器施加正极性和负极性冲击各15次,如果在连续的15次冲击中未发生多于2次的闪络且未发生击穿,则认为电容器通过了试验。

7.3.6.2 操作冲击耐受电压试验

操作冲击耐受电压试验的波形为 $250/2\ 500\ \mu\text{s}$ 。试验时,对电容器施加正极性和负极性冲击各15次,如果在连续的15次冲击中未发生多于2次的闪络且未发生击穿,则认为电容器通过了试验。

户外电容器应承受湿试验。

7.3.7 放电试验

将电容器以直流电充电至 $\sqrt{2}U_N$ 的电压,立即通过尽可能靠近电容器的间隙进行放电。例行试验时,此试验应进行5次;型式试验时,此试验应进行2 000次。试验后应无损坏。

7.3.8 局部放电测量

所用试验电路和测试设备应符合GB/T 7354的规定。所用测量仪器应以皮库(pC)表示视在放电量 q 。灵敏度及噪音水平应能检测出5 pC的局部放电水平。

对电容器预先施加 $1.8 U_N$ 的工频电压,历时至少60 s,然后迅速地把电压降到 $1.1 U_N$,并应在30 s内测量相应的局部放电水平。

注1:已知为外部干扰的脉冲可以不计。

注2:为抑制外部噪音,适宜采用平衡试验电路。

注3:当采用电子信号处理和复原技术降低背景噪音时,应通过改变其参数达到能够检测出重复脉冲信号。

7.3.9 机械强度试验

对电容器进行机械强度试验时,可将电容器装于断路器上,在对断路器作机械寿命试验和耐地震试验时一同进行,也可对电容器单独进行抗弯及抗扭试验,试验后应无异常现象。

8 标志与包装

8.1 标志

每一台电容器应装有标有如下内容的铭牌：

- a) 名称；
- b) 型号；
- c) 编号；
- d) 额定频率, Hz；
- e) 额定电压, kV；
- f) 实测电容, pF；
- g) 制造年月；
- h) 温度类别；
- i) 海拔；
- j) 重量, kg；
- k) 制造方的名称或商标。

注 1：如果在电容器的编号中已表示制造年月, 则 g) 项可以不另行标出。

注 2：h)、i)、j) 项可以在说明书中说明。

8.2 包装

电容器的包装应能保证电容器在正常运输条件下不受损伤。

9 安全要求

9.1 金属部件的连接

电容器的金属部件必须同断路器的断口可靠连接, 在退出运行后, 人需接近电容器时, 必须用接地棒放电。

9.2 环境保护

电容器应当采用国家环保允许的浸渍剂。
