

前 言

本标准是修订的行业标准 SD205—1987。

本标准实施之日起代替 SD205—1987。

本标准是根据高压并联电容器在国内电网中运行经验以及近十年电容器行业的发展和为确保电网安全经济运行的要求修订的。

本标准与 SD205—1987 比较有以下一些主要变化：

——电容器额定电压和额定容量根据目前使用情况进行了增减；

——局部放电熄灭电压根据运行要求提高到不低于 1.2 倍额定电压；

——对膜纸复合介电容器的介质损耗角正切值，不再分二膜一纸和三膜两纸，统一为膜纸复合介质；

——电容器耐受爆破能量根据 GB/T11024.1 进行了修改；

——电容偏差根据电容器行业制造水平及电容器保护的要求进行了改变；

——根据 GB311.1 对电容器端子与外壳的绝缘水平进行了修订。

本标准由电力行业电力电容器标准化技术委员会提出并归口。

本标准由华北电力集团公司负责起草，国家电力公司武汉高压研究所、国家电力公司电力电容器质量检测中心参加编写。

本标准的主要起草人：汪启槐、宋森、谢世璋、张章奎、何东平、倪学峰、史班、李学芳。

本标准由电力行业电力电容器标准化技术委员会负责解释。

高压并联电容器使用技术条件

1 范围

本标准规定了高压并联电容器的定义、使用条件、试验方法、检验规则。

本标准适用于并接于频率 50Hz、额定电压高于 1000V 的交流电力系统中，用来改善功率因数的电容器。

本标准不适用于自愈式电容器、滤波电容器、集合式电容器。

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/T11024.2 标称电压 1kV 以上电力系统用并联电容器 第 2 部分：耐久性试验

GB/T16927.1 高电压试验技术 第一部分：一般试验要求

3 定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

电容器元件 capacitor element

由电介质和电极所构成的电容器的最小单元部件。

3.2

单台电容器 capacitor unit

由电容器元件装于单个外壳中有引出端子的组装体。

3.3

电容器 capacitor

当不必特别强调“单台电容器”时的用语。

3.4

额定电压 (U_n) rated voltage

设计电容器时所采用的极间电压值（有效值）。

3.5

额定频率 (f_n) rated frequency

设计电容器时所采用的频率。

3.6

额定电流 (I_n) rated current

在额定电压、额定频率下流过电容器极间的电流。

3.7

额定电容 (C_n) rated capacitance

设计电容器时所规定的极间电容值。

3.8

额定容量 (Q_n) rated output

由额定频率、额定电压（或额定电流）和额定电容计算得出的无功功率。

3.9

绝缘水平 insulation level

电容器极对外壳的绝缘所能承受的工频和冲击试验电压。

3.10

电容器的损耗 capacitor losses

在额定频率和额定电压下电容器的有功损耗。

3.11

电容器损耗角正切值 ($\text{tg}\delta$) tangent of the loss angle of a capacitor

电容器的损耗值与实测容量之比值。

3.12

环境空气温度 ambient air temperature

电容器安装地点的空气温度（以气象温度）。

3.13

冷却空气温度 cooling air temperature

运行中的电容器组的最热区域中，在两台电容器中间的空气温度。如果只是一台电容器，则指在距离电容器外壳 0.1m，距底 2/3 高度处测得的温度。

3.14

外壳最热点温度 maximum temperature of casing

电容器外壳大面中心线距底 2/3 高度处测得的温度。

3.15

外壳温升 temperature increasing of casing

电容器外壳最热点温度与冷却空气温度之差。

3.16

电容器芯子最热点温度 maximum temperature of capacitor core

热稳定试验时电容器芯子最热处的最高温度。

3.17

爆破能量 bursting energy

电容器内部发生极间或极对外壳内部击穿时，引起电容器外壳及套管破裂的最小能量。

3.18

局部放电起始电压 initial voltage of local discharge

单台电容器或电容器元件发生局部放电时的最小工频电压（有效值）。

3.19

局部放电熄灭电压 black-out voltage of local discharge

单台电容器或电容器元件发生局部放电后，当施加电压下降过程中局部放电熄灭时的最高工频电压（有效值）。

3.20

压力补偿器 pressure compensate

用以补偿电容器介质的体积随温度变化的部件。

3.21

放电器 discharge device

跨接在电容器内部极间的一种器件。当电容器从电源脱离后能在规定的时间内，使电容器极间的剩余电压下降到规定的数值。

3.22

电气距离 electric distance

电容器两端子间电气净距。

4 运行环境条件

4.1 环境温度类别

环境温度范围为 $-50^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ 。

下限温度为电容器可以投入运行的最低温度，分为 5 个温度类别，即 $+5^{\circ}\text{C}$ ， -5°C ， -25°C ， -40°C ， -50°C 。

上限温度为电容器可以投入连续运行的环境空气温度最高值，分为 4 个温度类别，即 A、B、C、D 四类，如表 1 所示。

表 1

$^{\circ}\text{C}$

| 类别 | 环境空气温度 | | |
|----|--------------------|----------|-------|
| | 最高温度 ^{*)} | 24h 平均最高 | 年平均最高 |
| A | 40 | 30 | 20 |
| B | 45 | 35 | 25 |
| C | 50 | 40 | 30 |
| D | 55 | 45 | 35 |

*) 最高温度为历年来最高 1h 平均温度

电容器运行时的冷却空气温度应不超过相应温度类别的最高环境空气温度加 5°C 。按安装地点的实际环境温度来选择电容器的下限温度类别和上限温度类别。

4.2 海拔高度

一般不超过 1000m。

4.3 抗震要求

电容器应能承受地震烈度为八度而不损伤，即水平加速度 $0.30g$ ，垂直加速度 $0.15g$ 。

4.4 抗污秽能力

电容器外绝缘的泄漏比距应根据安装地点的污秽等级确定，三级以下应不小于 $2.5\text{cm}/\text{kV}$ ，三级及以上可根据实际污秽情况与制造厂协商。

5 技术条件和质量要求

5.1 标志和标准额定值

5.1.1 铭牌

单台电容器应标出下列内容：

- 电容器名称；
- 型号；
- 额定电压；
- 额定电流；
- 额定容量；

- f) 实测电容量;
- g) 重量;
- h) 环境温度类别 (例如, -40/A);
- i) 内部有放电元件, 以符号 “” 表示;
- j) 内部有熔丝, 以符号 “” 表示;
- k) 编号;
- l) 出厂年月;
- m) 制造厂家。

5.1.2 一般宜选择以下额定电压 (kV)

$6.3/\sqrt{3}$, $6.6/\sqrt{3}$, $7.2/\sqrt{3}$, $10.5/\sqrt{3}$, $11/\sqrt{3}$, $12/\sqrt{3}$, 11, 12, 20, 21, 22, 24, $38.5\sqrt{3}$, $40.5/\sqrt{3}$ 。

也可根据实际需要选择其他额定电压。

5.1.3 一般宜选择以下额定容量 (kvar)

(25), 50, 100, 200, 334, 1000, 1200, 1500, 1667, 1800。

也可根据实际需要选择其他额定容量。

5.2 质量要求

5.2.1 环境保护要求

电容器的浸渍剂应符合国家环保部门的有关规定与要求。

5.2.2 外绝缘尺寸要求

极间和极对外壳导电部分的电气距离有如下要求:

| | |
|-------------|-----------|
| 10kV 及以下电压级 | 不小于 0.2m; |
| 20kV 电压级 | 不小于 0.3m; |
| 35kV 电压级 | 不小于 0.4m。 |

5.2.3 电容偏差

单台电容器的实测电容值与额定值之差不得超过额定值的 $\pm 5\%$ 。在单台三相电容器中任何两线路端子间隔测得的最大与最小电容值之比: 200kvar 及以下不大于 1.05, 200kvar 以上不大于 1.02。电容器组实测总电容容量与各电容器额定值总和之差不得超过 $\pm 5\%$ 。

5.2.4 损耗角正切值 ($\text{tg}\delta$)

电容器在工频交流额定电压下, 20℃ 时损耗角正切值应符合下列值:

纸膜复合介质的电容器应不大于 0.08%;

全膜介质的电容器: 有放电电阻和内熔丝的应不大于 0.05%; 无放电电阻和内熔丝的应不大于 0.03%。

5.2.5 电容器芯子最热点温度的要求

电容器在做热稳定试验时, 对于芯子最热点温度的要求如下:

- a) 以十二烷基苯浸渍剂的, 不高于 75℃;
- b) 其他浸渍剂的不高于 80℃。

最热点温度是与 5.2.4 规定的 $\text{tg}\delta$ 相对应的。如果试品的 $\text{tg}\delta$ 值小于 5.2.4 规定的数值而芯子温度又接近上述数值时, 应按实际测得的芯子温度修正 $\text{tg}\delta$ 值。

5.2.6 局部放电熄灭电压

5.2.6.1 在常温下加压至局部放电起始后历时 1s, 降压至 1.35 倍额定电压保持 10min, 然后升至 1.6 倍额定电压保持 10min, 此时, 应无明显局部放电。对于严寒地区应根据温度类别下限值, 电容器在温度下限时局部放电熄灭电压应不低于 1.2 倍额定电压。

5.2.6.2 极对壳局部放电熄灭电压, 应不低于 1.2 倍最高运行线电压。

5.2.7 电气强度

电容器极间介质应能承受下列试验电压，历时 10s。

工频交流电压： $U_t=2.15U_n$ 。

5.2.8 引出端子的套管及导电杆的机械强度

- 200kvar 以下的电容器套管应能承受 400N 水平拉力；
- 200kvar~1000kvar 的电容器套管应能承受 500N 水平拉力；
- 1000kvar 以上的电容器套管应能承受 900N 水平拉力；
- 电容器的导电杆能承受的扭矩应符合表 2 的数据。

表 2

N · m

| 接线头螺纹 | 螺母扳手的扭矩 | |
|-------|---------|-----|
| | 最大值 | 最小值 |
| M10 | 10 | 5.0 |
| M12 | 15 | 7.5 |
| M16 | 30 | 15 |
| M20 | 52 | 26 |

5.2.9 耐受爆破能量

电容器外壳所能承受的爆破能量应不小于：

- 膜纸复合电容器， $10\text{kW} \cdot \text{s}$ ；
- 全膜电容器， $15\text{kW} \cdot \text{s}$ 。

5.2.10 抗腐蚀能力

电容器外壳及外露金属部件应有良好的防腐蚀层，并符合户外防腐电工产品涂漆的有关要求。

5.2.11 密封性能

电容器应能保证在各种运行条件下其各个部分均不出现渗漏。

5.2.12 放电元件

电容器内部放电元件，应能使电容器断开电源后，剩余电压在 5min 内由 $\sqrt{2}U_n$ 下降至 50V 以下。

5.2.13 内部熔丝要求

5.2.13.1 承受要求

- 承受 100 倍元件额定电流的涌流冲击；
- 耐受电容器端部的短路放电试验（见表 6 第 3 项）。

5.2.13.2 动作要求

当电容器元件在 $0.9\sqrt{2}U_n$ 和 $2.0\sqrt{2}U_n$ 电压范围内发生击穿损坏时应可靠动作，而且不会使邻近完好元件的熔丝损坏超过 1 根。

5.2.13.3 隔离要求

动作后的熔丝断口能耐受 2.15 倍 10s 工频过电压作用。

5.2.13.4 耐受短路放电能力

电容器必须能承受在运行电压下由于外部故障所引起的短路放电。

5.2.13.5 耐久性能

电容器应进行耐久性试验。

5.3 过负荷能力

5.3.1 稳态过电压

电容器和电容器元件的工频稳态过电压和相应的运行时间应符合表 3。

表 3

| 工频过电压倍数 | 持续时间 | 说明 |
|---------|--------------------|-----------|
| 1.05 | 连续 | |
| 1.10 | 每 24h 中 8h | |
| 1.15 | 每 24h 中 30min | 系统电压调整与波动 |
| 1.20 | 5min ^{*)} | 轻负荷时电压升高 |
| 1.30 | 1min ^{*)} | |

注：工频加谐波的过电压以不使过电流超过 5.3.4 规定值

*) 过电压 1.20、1.30 倍及其对应的运行时间在电容器的寿命期间总共应不超过 200 次，其中若干次过电压可能是在电容器内部温度低于 0℃，但在下限温度以内发生的。

5.3.2 过渡过电压

电容器应能承受第一个峰值电压不超过 $2\sqrt{2}U_n$ 持续 1/2 周波的过渡过电压。

5.3.3 耐受涌流

电容器应能承受 100 倍电容器额定电流的涌流冲击，每年这样的涌流冲击不超过 1000 次，其中若干次是在电容器内部温度低于 0℃ 与下限温度之间发生的。

5.3.4 稳定过电流

电容器应在有效值为 $1.3I_n$ 的稳定过电流下运行，但这种过电流是由于高次谐波和稳态过电压引起的，对于电容容量有最大正偏差的电容器，这种过电流允许达到 $1.37I_n$ 。

5.4 绝缘水平

电容器端子与外壳的绝缘水平应能承受表 4 所列的试验电压。

5.5 导电杆及引线片电流密度选取要求

选取导电杆及引线片电流密度时应充分考虑谐波电流及其集肤效应的作用。

5.6 单台电容器内部液体介质压力要求

电容器在储运、使用过程中内部压力不宜过大或形成负压。

表 4

| 绝缘等级 kV | 电容器额定电压 kV | 绝缘水平 kV | | |
|---------|---|--------------|----|------------------------------|
| | | 工频试验电压, 1min | | 雷电冲击试验电压 (1.2~5)/50μs, 峰值 |
| | | 一般 | 淋雨 | |
| 6 | $6.3/\sqrt{3}$, $6.6/\sqrt{3}$, $7.2/\sqrt{3}$ | 25 | 25 | 60 |
| 10 | $10.5/\sqrt{3}$, $11/\sqrt{3}$, $12/\sqrt{3}$, 11, 12 | 42 (35) | 35 | 75 |
| 20 | 20, 21, 22, 24 | 68 (50) | 50 | 125 |
| 35 | $38.5/\sqrt{3}$, $40.5/\sqrt{3}$ | 95 | 80 | 185 |

注：括号内数值为中性点经电阻接地系统

6 试验项目、方法与标准

6.1 出厂及抽查试验

出厂及抽查试验项目、方法、标准见表 5。

表 5

| 序号 | 项目 | 方法 | 标准 |
|----|------------------------|---|------------------------|
| 1 | 密封试验 | 电容器加温到 75℃~85℃, 或用真空法, 保持 8h | 应无渗漏油现象 |
| 2 | 电容值测量 | 电压、电流表法或电桥法, 加压 $0.15U_0$ | 见 5.2.3 |
| 3 | 耐压试验 | 按 GB/T16927.1 | 见 5.2.7 和 5.4 |
| 4 | 单台局部放电试验 ^{*)} | 加压至 $2.15U_0$ 保持 1s, 将电压降到 $1.2U_0$ 并保持 1min, 然后再将电压升到 $1.5U_0$ 保持 1min | 在后 1min 内不应观察到局部放电水平增加 |
| 5 | 极对壳局部放电熄灭电压测量 | 在极对壳耐压时进行 | 见 5.2.6.2 |
| 6 | tgδ 值测量 | 用高压电桥法, 加压 $(0.9\sim 1.1) U_0$ | 见 5.2.4 |
| 7 | 复测电容值 | 在 $(0.9\sim 1.1) U_0$ 电压下, 电压、电流表法或电桥法 | 与耐压前相比差值不大于一个元件的变化量 |
| 8 | 外观检查 | 目测及测量 | 无损伤, 油漆、瓷套等符合要求 |
| 9 | 放电器检查 | 自放电法, 加压为直流 U_0 | 与设计数据无明显差别 |

*) 200kvar 及以上电容器每台均做, 200kvar 以下电容器抽查 5%~10%

6.2 型式试验

6.2.1 型式试验项目、方法、标准见表 6

表 6

| 序号 | 项目 | 方法 | 标准 |
|----|-----------------|--|--|
| 1 | 耐压试验 | 按 GB/T16927.1 的规定 | 见 5.2.7 和 5.4 |
| 2 | 热稳定试验 | 所加电压使电容器的无功功率等于 $1.44Q_0$, 并保持恒定。电容器周围的冷却空气温度为环境类别温度加 5℃ (户内式) 或加 10℃ (户外式), 持续 48h | 保持热平衡, 且芯子最热点温度应符合 5.2.5 要求 |
| 3 | 放电试验 | 在 $2.5U_0$ 直流电压作用下, 经靠近电容器端子的间隙放电, 在 10min 内放电 5 次 | 电容量变化在 ±2% 以下 |
| 4 | tgδ 与温度的关系曲线测定 | 用高压西林电桥测量, 加压 $(0.9\sim 1.1) U_0$, 20℃~80℃ 内测量五个点 | 测量值都在 5.2.4 规定的范围内, 且各点的值相差不大于 ±30%, 80℃ 时测量值应小于 20℃ 时的测量值 |
| 5 | 元件及整台电容器的局部放电试验 | 见 5.2.6 | 见 5.2.6 |
| 6 | 内熔丝试验 | 按 5.2.13 要求进行 | |
| 7 | 外壳爆破能量试验 | 选 2~3 台电容器进行试验, 用双线示波器实测注入故障电容器内部引起爆破的能量 | 见 5.2.9 |
| 8 | 套管受力试验 | 1. 在瓷套顶部加与瓷套垂直的静止拉力 1min, 重复 5 次 2. 在瓷套顶部导电杆加扭力矩 | 见 5.2.8 |
| 9 | 抗震试验 | 在震动台上进行 | 见 4.3 |
| 10 | 耐久试验 | 过电压试验按 1700 个周期进行, 其余按 GB/T11024.2 规定 | 耐久性试验前后液体介质的总烃及乙炔含量应无明显变化 |
| 11 | 压力补偿器试验 | 在上限和下限温度下进行试验 | 上限温度时不应渗漏油, 下限温度时内部压力不出现负压 |

6.2.2 型式试验的基本要求

新产品应进行型式试验，型式试验的有效期为 5 年。当主要材料、工艺或结构改变，且其改变可能影响产品性能时，应重新进行型式试验（除耐久性试验）。进行型式试验的电容器应选通过出厂试验的电容器。型式试验报告或证书，在用户要求时应予提供。

6.3 交接验收试验

产品的交接验收试验项目、方法、标准如表 7。

表 7

| 序号 | 项目 | 方法 | 标准 |
|----|------------------|--|---------------------------------|
| 1 | 引出端对外壳绝缘电阻 | 用 2500V 摇表 | 大于 5000M Ω |
| 2 | 测量电容量 | 有条件时加 (0.9~1.1) U_n 电压下进行，用电压、电流表法或电桥法，无条件时加压 0.15 U_n | 见 5.2.3 |
| 3 | 耐压试验（极对壳） | 按 GB/T16927.1 的规定，用交流 | 按出厂值 75% |
| 4 | 耐压试验（极间） | 可采用谐振耐压方法 | 按出厂值 75%；创造条件进行或抽样进行（抽样比例可自行规定） |
| 5 | 测量 tg δ 值 | 用高压西林电桥测量，加压 (0.9~1.1) U_n | 创造条件进行，按照 5.2.4 规定 |
| 6 | 耐压后复测电容量 | 有条件时加 (0.9~1.1) U_n 电压下进行，无条件时加压 0.15 U_n | 与耐压前的比值不大于 $\pm 2\%$ |

7 包装、运输和储存

7.1 包装

7.1.1 包装箱外应有如下标志

- 收货单位和地址；
- 产品型号；
- 件数；
- 不能倾倒标志。

7.1.2 包装箱应牢固，必须保证在正常运输、装卸时产品不受损伤，不进水或不受潮。

7.1.3 装箱资料应包括下列文件，并应妥善包装，防止受潮。

- 装箱单（应详细标明型号、数量）；
- 出厂试验报告；
- 合格证；
- 使用说明书。

7.2 运输与储存

产品运输过程中要确保安全，产品储存时，储存场地不得有腐蚀性气体、物质，并不受雨、雪侵袭。