

## 前 言

本标准是参考 GB/T 3983.2—1989《高电压并联电容器》、GB/T 12747—1991《自愈式低电压并联电容器》及有关资料编写的。本标准与相关标准协调一致,在编写格式上符合 GB/T 1.1—1993 的规定。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准的附录 B 是提示的附录。

本标准由全国电力电容器标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:桂林电力电容器总厂。

本标准主要起草人:郭大德。

本标准委托全国电力电容器标准化技术委员会负责解释。

## 1 范围

本标准规定了自愈式高电压并联电容器的技术要求、试验方法、检验规则以及标志等。

本标准适用于并联连接于额定电压为 1 000 V 以上,频率为 50 Hz 的交流电力系统中,用来改善功率因数的自愈式高电压并联电容器。

## 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 3983.2—1989 高电压并联电容器(eqv IEC 60871-1:1987)

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

GB 50227—1995 并联电容器装置设计规范

JB/T 7613—1994 电力电容器产品包装通用技术条件

## 3 定义

本标准采用下列定义。

### 3.1 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。

### 3.2 电容器单元(或单元) capacitor unit (or unit)

由一个或多个电容器元件组装于单个外壳中并有引出端子的组装体。

### 3.3 电容器组 capacitor bank

电气上连接在一起的一组电容器单元。

### 3.4 电容器 capacitor

本标准中“电容器”一词是当不必强调“电容器单元”或“电容器组”时的用语。

### 3.5 线路端子 line terminals

用来连接到输电线或母线上的端子。

注:在多相电容器中,拟连接到中性线上的端子不称作线路端子。

### 3.6 放电器件 discharge device

装在电容器内部或外部的,当电容器从电源脱开后能将电容器端子上的电压在规定时间内降低到规定值的器件。

### 3.7 内部熔丝 internal fuse

在电容器单元内部和元件相串联的熔丝。

### 3.8 额定频率( $f_n$ ) rated frequency ( $f_n$ )

设计电容器时所规定的频率。

**3.9 额定电压( $U_n$ ) rated voltage ( $U_n$ )**

设计电容器时所规定的电压(方均根值)。

注:当电容器由一个或多个独立的回路组成时, $U_n$ 指的是每个回路的额定电压。

对内部具有相同连接的多相电容器,以及多相电容器组, $U_n$ 指的是线电压。

**3.10 额定电容( $C_n$ ) rated capacitance ( $C_n$ )**

设计电容器时所规定的电容值。

**3.11 额定电流( $I_n$ ) rated current ( $I_n$ )**

设计电容器时所规定的电流(方均根值)。

**3.12 额定容量( $Q_n$ ) rated output ( $Q_n$ )**

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。

**3.13 损耗 loss**

电容器所消耗的有功功率。

注:电容器的损耗应包括所有部件产生的损耗。例如:对于单元应包括由电介质、内部熔丝、内部放电器件、连接件等产生的损耗;对于电容器组则包括由单元、外部熔断器、母线、放电电阻和阻尼电抗器等产生的损耗。

**3.14 损耗角正切值( $\tan\delta$ ) tangent of the loss angle ( $\tan\delta$ )**

电容器的损耗与无功功率之比。

**3.15 最高允许电压 maximum permissible voltage**

在规定条件下,电容器能承受一给定时间的最高交流电压(方均根值)

**3.16 最大允许电流 maximum permissible current**

在规定条件下,电容器能承受一给定时间的最大交流电流(方均根值)

**3.17 稳定状态 steady-state condition**

在恒定输出和恒定的周围空气温度下,电容器所达到的热平衡状态。

**3.18 环境空气温度 ambient air temperature**

准备安装电容器的地点的空气温度。

**3.19 冷却空气温度 cooling air temperature**

在稳定状态下,在电容器组的最热区域中,两单元间外壳最热点连接中点的空气温度。如果仅为一单元,则指距电容器外壳最热点 0.1 m 处的温度。

**3.20 剩余电压 residual voltage**

开断一段时间之后电容器端子间尚残存的电压。

**3.21 自愈式电容器 self-healing capacitor**

具有自愈性能的电容器。

**4 分类****4.1 环境空气温度类别**

安装运行地区环境空气温度范围为:  $-50\sim+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

电容器按温度类别分类,每一温度类别由下限温度值及其后隔以斜线的上限温度的字母代号来表示。

下限温度是电容器可以投入运行的最低环境空气温度,其值由  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  这五个数值中选取,上限温度为电容器可以连续运行的最高环境空气温度。字母代号与环境空气温度上限的关系如表 1 所示。

任何下限温度和上限温度的组合均可选为电容器的标准温度类别,优先选用的标准温度类别为:  $-40/\text{A}$ ,  $-25/\text{A}$ ,  $-25/\text{B}$ ,  $-5/\text{A}$  和  $-5/\text{C}$ 。

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  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表1是以环境空气温度不受电容器影响的使用条件(如户外装置)为前提确定的。

如果电容器运行时影响环境空气温度,则应加强通风和/或另选电容器,以使不超过表1中的最高值。在这样的装置中冷却空气温度应不超过表1的最高值加5℃。

由制造厂与购买方协商制订的专门规范,可以高于表1中所列最高温度值。其温度类别以最低和最高温度值表示,如-40/60。

表1 字母代号与环境空气温度上限的关系

代 号	环境空气温度,℃		
	最 高	24 h 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

注:表中的温度值可由气象资料查得。

## 4.2 额定电压

电容器的额定电压的优先值如下:

1.05, 3.15, 6.6/ $\sqrt{3}$ , 6.3, 10.5, 11/ $\sqrt{3}$ , 11, 12/ $\sqrt{3}$ , 12, 19 kV。

注:允许制造厂根据购买方的需要制造其它额定电压的电容器。

## 4.3 额定容量

电容器的额定容量的优先值如下:

50, 100, 150, 200, 250, 300, 334, 400, 500 kvar。

注:允许制造厂根据购买方的要求制造其它额定容量的电容器。

## 5 要求

### 5.1 使用要求

#### 5.1.1 海拔

安装运行地区的海拔高度不超过1 000 m。

#### 5.1.2 环境空气温度

安装地点的环境空气温度应符合与电容器相应的温度类别。

#### 5.1.3 地震

安装运行地区的地震烈度应不超过8度。

#### 5.1.4 污秽

安装运行地区的大气污秽等级应不超过Ⅲ级,相应电容器端子的爬电比距应不小于25 mm/kV。

#### 5.1.5 化学条件

安装运行场所应无有害气体和蒸气,应无导电性或爆炸性尘埃。

#### 5.1.6 机械条件

安装运行场所应无剧烈的机械振动。

#### 5.1.7 允许过载荷

##### 5.1.7.1 稳态过电压

电容器应能在表2所示的电压水平下运行。

电容器能够承受而不发生明显损坏的过电压幅值取决于过电压的持续时间、作用次数和电容器的温度。表2中高于1.15  $U_n$  的过电压是以在电容器的整个使用寿命中总共不超过200次为前提确定的。

表 2 使用中允许的电压水平

型式	电压因数 $\times U_n$ 。 (方均根值)	最大持续时间	说 明
工 频	1.00	连续	电容器赋能任何期间的最高平均值对于赋能期少于 24 h 的例外情况,采用如下之值(并参见 A4)
	1.10	每 24 h 中 12 h	系统电压的调整与波动
	1.15	每 24 h 中 30 min	
	1.20	5 min	轻载荷时电压升高
	1.30	1 min	
工频加谐波	使电流不超过 5.1.7.3 中给出之值		

## 5.1.7.2 操作过电压和过电流

用不重击穿开关投切电容器时可能发生第一个峰值不大于  $2\sqrt{2}$  倍施加电压(方均根值),持续时间不大于 1/2 周波的过渡过电压。相应的过渡过电流的峰值可能达到  $100 I_n$ 。在这种情况下,允许每年操作 1 000 次。当需对电容器作更为频繁的操作时,稳态过电压的量值和持续时间以及过渡过电流均应限制到一个较低的水平。其限值由制造厂和购买方协商确定。

## 5.1.7.3 稳态过电流

电容器应适于在方均根值不超过 1.30 倍于该电容器在额定频率、额定正弦电压和无过渡状态时产生的电流的稳态过电流下连续运行。由于实际电容可能为  $1.10 C_n$ ,这个过电流可能达到约  $1.43 I_n$ 。

这个过电流是由谐波和高至  $1.10 U_n$  的过电压共同作用的结果。

## 5.1.7.4 最大允许容量

在计入稳态过电压、稳态过电流和电容正偏差各因素的作用下,电容器总的容量应不超过  $1.35 Q_n$ 。

## 5.1.7.5 工频加谐波过电压

电容器运行中工频加谐波的过电压应不使过电流超过 5.1.7.3 的规定值。

如果电容器在不高于  $1.10 U_n$  下长期运行,则包括所有谐波分量在内的电压峰值应不超过  $1.2\sqrt{2} U_n$ 。

注:当需将电容器安装在不符合本条规定的环境中使用,购买方应与制造厂协商。

## 5.2 性能与结构要求

## 5.2.1 放电器件

如果电容器内部装有放电器件,则该放电器件应能使电容器上的剩余电压在 10 min 内自  $\sqrt{2} U_n$  降至 75 V 以下。

注:根据购买方需要,可以装设在更短时间内减至更低电压的放电器件。

## 5.2.2 外观及防腐蚀层

电容器的外观应符合产品图样的要求。其外露的金属件应有良好的防腐蚀层。

## 5.2.3 接地端子

金属外壳电容器应具有将外壳接地或固定电位的端子。

## 5.2.4 密封性能

全密封电容器应具有良好的密封性能。

## 5.2.5 电容偏差

按 6.3 测得的电容器电容与其额定值之偏差应不超过:  $0 \sim +10\%$ 。

三相电容器的任何两个线路端子之间测得的最大电容与最小电容之比:对于电容器单元应不超过 1.06;对于电容器组应不超过 1.02。

#### 5.2.6 损耗角正切值( $\tan\delta$ )

电容器在工频交流额定电压下在 20℃时的损耗角正切值应不大于 0.000 5。

#### 5.2.7 电介质的电气强度

电容器线路端子间的绝缘必须能承受表 3 中规定的试验电压,历时 10 s,应不发生永久性击穿或闪络,但允许有自愈性击穿。

表 3 端子间试验电压

试验电压种类	试 验 种 类	
	型式试验	出厂试验
工频交流电压	$2.15 U_n$	$1.75 U_n$

注

- 1 如果欲对已发送的电容器重作耐压试验,推荐用上述规定值的 75%。
- 2 对于多相电容器,应调整试验电压,使每一相上均能受到规定的电压。
- 3 当单元或有接地中性点的电容器组的阻抗太高而不能有效地缓和系统的过电压,且电容器组又未受到防雷电和操作过电压的保护,则工频试验电压应取端子对外壳(地)的耐受电压之值。如果单元在电容器组中成串连接,则试验电压按比例确定。

#### 5.2.8 绝缘水平

5.2.8.1 电容器上和外壳(地)绝缘的全部端子与外壳(地)间的绝缘应能承受如表 4 所列的耐受电压。

短时工频耐受电压施加的时间为 1 min,户外用的产品在型式试验时,应在淋雨状态下进行。

表 4 绝缘水平

kV

电容器的绝缘等级	绝 缘 水 平	
	短时工频耐受电压 <sup>1)</sup> 方均根值	雷电冲击耐受电压 (1.2~5)/50 $\mu$ s 峰值
1	5	25
3	18/25	40
6	23/30	60
10	30/42	75
15	40/55	105
20	50/65	125
35	80/95	185

1) 该栏中斜线下的数据为该类电容器的外绝缘干耐受电压。

5.2.8.2 电容器额定电压的相应绝缘等级如表 5 所示。

表 5 电容器额定电压的相应绝缘等级

kV

电容器的额定电压	1.05	3.15	$6.6/\sqrt{3}$ , 6.3	$10.5, 11/\sqrt{3}$ , 11, 12/ $\sqrt{3}$ , 12	19
绝缘等级	1	3	6	10	20

#### 5.2.9 耐受短路放电能力

电容器必须能承受在允许的运行电压下由于外部故障引起的短路放电。

#### 5.2.10 内部熔丝

如果电容器装有内部熔丝,则当电容器在  $u_1$  和  $u_2$  的范围内发生击穿时,熔丝应能将损坏的元件或单元隔离开来,其中  $u_1$  和  $u_2$  分别为故障瞬间电容器端子间电压的最低和最高瞬时值。 $u_1$  和  $u_2$  的推荐值分别为  $0.9\sqrt{2}U_n$  和  $2.0\sqrt{2}U_n$ 。

动作后的熔丝间隙必须能承受它所隔离的元件上可能出现的稳态电压和正常的短时过渡过电压。

在电容器整个寿命期间,熔丝应能连续负担等于或大于电容器电流最大允许值除以并联熔丝通路数的电流、内部其它元件或单元损坏和外部短路时的放电电流。

#### 5.2.11 自愈性能

电容器应有良好的自愈性能。试验前后的电容不应有显著的变化。

#### 5.2.12 耐老化性能

电容器应能耐受 6.11 规定的老化试验。试验前后电容的变化应不大于 3%;损耗增量应不大于 0.02%。

#### 5.2.13 承受破坏的能力

电容器在失效后,不应有燃烧、爆炸等危害。

### 6 试验方法

#### 6.1 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) 环境空气温度为  $+5\sim+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,如需校正,则以  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  时之值为准。电容器的温度应与环境空气温度无显著差别。在不通电状况下在恒定的环境空气温度中放置适当长的时间后,即认为电容器的电介质的温度与环境温度相同;

b) 试验和测量所用的交流电压的波形应为实际的正弦波形(见 GB/T 16927.1)。

#### 6.2 密封性试验

本试验仅对全密封电容器进行。试验时,将电容器各个部位加热到电介质允许最高运行温度后,保持至少 2 h,不得出现渗漏。也可采用经过验证证明为有效的等效方法进行。

如果电容器不含液体介质,可以不进行此项试验。

#### 6.3 电容的测量

电容的测量应以足以排除谐波和除被测电容器以外的回路中的附件引起的误差的方法进行,测得的电容应符合 5.2.5 的要求。

为了揭示是否有一只元件击穿或一根内部熔丝熔断所导致的电容变化,应在其他电气试验之前用不高于  $0.15 U_n$  的电压进行电容的初测;在耐压试验后用  $(0.8\sim 1.2) f_n$  和  $(0.9\sim 1.1) U_n$  的电压进行电容的复测。

如果制造厂和购买方商定了适当的修正因数,电容的测量可以在其他电压下进行。

注

1 对于多相电容器应调整测量电压,使每一个元件或单元上均能受到  $(0.9\sim 1.1)$  倍额定电压。

2 在取得协议时,制造厂应提供表明下述关系的曲线或数表:

a) 在电容器的输出为额定容量的稳态条件下,电容对环境温度(在温度类别范围内)的函数关系;

b) 电容对电介质温度(在温度类别下限温度至  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内)的函数关系。

#### 6.4 耐压试验

6.4.1 电容器的耐压试验一般按 GB/T 16927.1 中的有关规定和下面的补充说明进行。

6.4.2 在作工频耐压试验时,应使电压从电容器额定电压的一半或更低些开始。在  $2\sim 10\text{ s}$  内均匀地升高到试验值,并在试验电压下保持所要求的时间。

6.4.3 在作端子对外壳(地)的耐压试验中,应将电容器上与外壳(地)绝缘的端子都连接在一起,电压加于公共接头与外壳(地)之间。

一个端子固定接外壳(地)的电容器不作此项试验。

各相不连接的多相电容器,其相间绝缘应受到和端子与外壳(地)之间相同的电压试验。

此项试验对于户内使用的电容器,只作干试;对于户外使用的电容器,出厂试验时作干试,型式试验

时应作湿试。如果制造厂能提供表明该套管能承受 1 min 工频湿试验电压的型式试验报告,则户外式电容器在型式试验时也可以只做干试。

6.4.4 冲击试验在连接在一起的线路端子与外壳(地)之间进行,冲击试验电压及波形由表 4 中选取。每一极性施加 15 次,如果在连续的 15 次冲击中未发生多于两次的闪络且未发生击穿,则认为通过了该项试验。

6.4.5 试验时按照仪表的指示、放电声音、观察或复测电容等方法来检验电容器是否损坏。

#### 6.5 放电器件的检验

电容器内装放电器件的放电效能,可以用实际放电法测量。测量后的计算见 B5。如果放电器件为电阻型的,也可以用测量电阻的办法进行。

本检验应在耐压试验后进行。

#### 6.6 损耗角正切值的测量

电容器的损耗角正切值的测量应在  $(0.8 \sim 1.2) f_n$ ,  $(0.9 \sim 1.1) U_n$  的电压下进行,测量的准确度应不低于 0.02%,测得的损耗角正切值应符合 5.2.6 的要求。

#### 6.7 热稳定性试验

本试验对单元进行。

试验时,将被试单元置于另外两台相同的单元(陪试单元)之间,它们的间距应等于或小于制造厂希望购买方采用的最小值,试验时施加相同的电压,陪试单元也可采用相同外壳内装电阻器的模拟单元。电阻器消耗的功率应调节到使模拟单元外壳宽面上靠近顶部处的温度等于或稍高于被试单元相应处的温度。

被试组应放置于静止空气的封闭恒温箱中,箱中空气温度应符合表 6 规定,并保持恒定。此温度应以热时间常数约为 1 h 的温度计检测。应对温度计加以遮蔽,使受到三个通电单元的热辐射量为最少。当单元的各个部分都达到表 6 规定的相应温度后,对单元施加实际正弦波的交流电压,历时 48 h。在整个试验过程中,应使单元的容量等于  $1.58 Q_n$ ,并且保持恒定。

在试验过程的最后 6 h 内,应测量外壳接近顶部处的温度至少 4 次(每隔 2 h 测 1 次),在此 6 h 内温升的增量不得超过  $1^\circ\text{C}$ 。如果超过,则应延续试验直到 6 h 内连续 4 次测量达到上述要求为止。

户外式产品试验时,其周围空气温度按表 6 中相应值加  $5^\circ\text{C}$ 。

表 6 热稳定试验时试品周围空气温度  $^\circ\text{C}$

代 号	试品周围空气温度	温度偏差
A	40	$\pm 2$
B	45	
C	50	
D	55	

在热稳定试验前后,应在标准的试验温度范围(见 6.1)内测量电容并校正到同一电介质温度。两值之差应不大于 2%。

在解释测量结果时,应该注意以下两个因素:

a) 测量的再现性;

b) 在没有元件击穿或熔丝熔断时,电介质的内在变化可能导致电容微小的变化。

在试验中应考虑电压、频率及试品周围空气温度等的波动,为此,建议作出这些参数以及单元损耗角正切值或外壳温度对时间的函数曲线。

建议作出单元损耗角正切值对外壳或电介质温度的函数曲线。

#### 6.8 放电试验

以直流电将电容器充电到  $2 U_n$ ,然后通过尽可能靠近电容器的间隙放电,这样的试验应在 10 min



内作完 5 次,接着在 5 min 内按 5.2.7 进行一次极间耐压试验。在放电试验之前和耐压试验之后测量电容,两次测量值之差应小于 2%。如果试验电流的第一个峰值超过  $200 I_0$  (方均根值),则可用外接线圈的方法来保持这一极限值。

### 6.9 内部熔丝试验

本试验对单元进行,试验按高压并联电容器内部熔丝试验的有关规定进行。

### 6.10 自愈性试验

本试验对单元或其中的元件进行。

单元或元件应承受  $1.75 U_n$  交流电压,历时 10 s,这期间如击穿少于 5 次,则应缓慢地增加电压,直到从试验开始发生 5 次击穿或电压升到  $3.5 U_n$  为止。

如果电压已达到  $3.5 U_n$ ,发生的击穿仍少于 5 次,则延长施加电压的时间,直到获得 5 次击穿或中断试验在另外一相同的单元或元件上重新进行。

试验前后测量电容,其值不应有明显变化。

注

- 1 试验时的击穿可由示波器、声响法或高频试验法探测。
- 2 对于多相单元,试验电压应相应作适当调整。
- 3 当比较试验前后电容的测量结果时,应考虑两个因素:
  - a) 测量的再现性;
  - b) 电介质的内部变化可能引起对单元无损伤的小的电容变化。

### 6.11 老化试验

本试验对单元进行。

#### 6.11.1 试验条件

老化试验期间,单元外壳的温度应是 24 h 平均最高温度(见 4.1 的表 1)加上同样的单元在热稳定试验结束时记录的外壳温度和冷却空气温度之差值。

下面所述的两种方法都是用以保证单元外壳温度在试验期间内保持恒定,这两种方法被认为是等效的。

##### 6.11.1.1 在强迫循环的空气中试验

将被试单元放入有热空气循环的恒温箱内,其空气循环速度使恒温箱内任何点的温度变化不超过  $\pm 2^\circ\text{C}$ 。恒温箱控温敏感元件应放在被试单元外壳宽侧面中心线由下向上的四分之三处。

单元应垂直放置,使引出头竖直向上。当 2 台以上一起试验时,它们之间的间隙应不小于窄侧面宽度的 2 倍,以使温度有足够的均匀性。

将单元放置到未加热的恒温箱后,调节温度控制器,使恒温箱内的温度等于 6.11.1 规定值。当单元各部分均达到规定温度后,按 6.11.2 试验程序进行试验。

##### 6.11.1.2 在液体槽中试验

将单元浸入充满液体的容器中,以适当的方式加热液体,使加热液体的温度在整个试验期间均保持在 6.11.1 所述之值。

当单元各部分均达到规定温度后,按 6.11.2 试验程序进行试验。

注:当单元上的线路端子或连接电缆有可能被加热液体损害时,允许使它们刚好露出液面。

#### 6.11.2 试验程序

6.11.2.1 在整个试验过程中,外壳的温度应保持在 6.11.1 规定值。

6.11.2.2 试验电压及持续时间见表 7。

表 7 试验电压及持续时间

试验电压	$1.25 U_n$	$1.35 U_n$
持续时间, h	3 000	1 500

6.11.2.3 在试验至规定持续时间的 1/2 时,应将单元取出,并冷却至环境温度,然后进行如下的充放电试验。

将单元充电到  $\sqrt{2} U_n$  (直流),然后通过  $L = (1\,000/C) \mu\text{H} \pm 20\%$  的电感放电 ( $C$  为实测电容,  $\mu\text{F}$ ),两次放电之间的时间间隔至少应为 30 s,进行 500 次。

经过充放电试验的单元,其电容变化如等于或大于 2%,则中止试验。如电容变化小于 2%,则继续按表 7 进行通电试验,直至累计至规定的持续时间。

### 6.11.3 试验要求

试验结束后测量电容和  $\text{tg}\delta$ ,并与试验前的测试值相比较,应满足 5.2.12 的要求。

## 6.12 破坏试验

### 6.12.1 试验条件

本试验应对单元进行,可以使用已通过老化试验的单元。

试验的原则是以直流电压促使元件失效,随后施加交流电压试验其特性。

### 6.12.2 试验程序

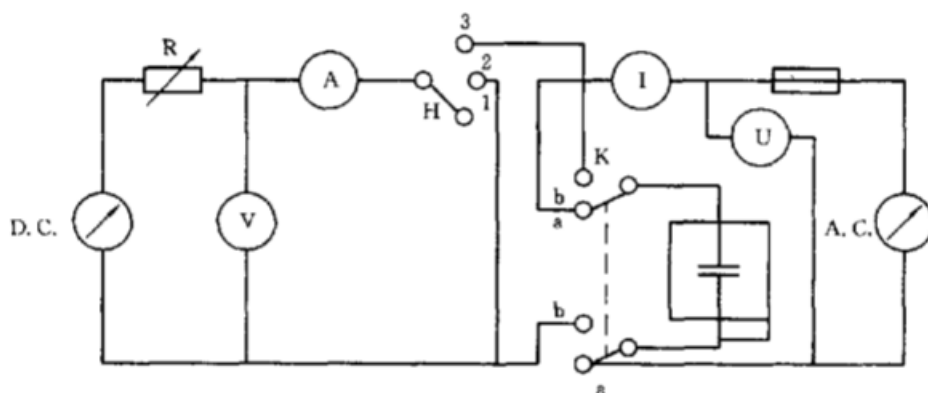


图 1 破坏试验的电路

将单元置于恒温箱中,箱中环境空气温度为所试单元温度类别的上限温度。在试验全过程中应尽可能保持温度稳定。温度的测量应用热时间常数约为 1 h 的温度计。当单元的所有部分均已达到恒温箱中的温度后,按图 1 电路完成下面的试验程序。

6.12.2.1 将选择开关 H 和 K 分别置于“1”和“a”位置,将交流电源电压整定在  $1.3 U_n$ 。并记录下单元的电流。

6.12.2.2 将直流电源电压整定在  $10 U_n$ ,然后将开关 H 置于“2”位置,调节可变电阻器使直流短路电流为 300 mA。

6.12.2.3 将开关 H 置于“3”位置,开关 K 置于“b”位置,对单元施加直流试验电压,直到电压表指示大约为零时,保持 3~5 s。

6.12.2.4 然后将开关 K 置于“a”位置,对单元施加交流电压历时 3 min,并再次记录其电流值,可能出现下述情况:

a) 电流表 I 和电压表 U 都指“零”。这时应检查熔断器,如果已熔断,则予以更换,然后继续施加交流电压;如果熔断器再次熔断,则中断试验;如果熔断器不熔断,则进行 6.12.2.5 的试验;

b) 电流表 I 指示的电流高于初始值的 66% (电压表 U 指示值仍为  $1.3 U_n$ ),则进行 6.12.2.5 的试验。

6.12.2.5 只用开关 K,继续对单元进行 6.12.2.3 和 6.12.2.4 规定的直流-交流电压试验程序,反复进行直至电流表 I 指示的电流降到初始值的 66% (电压表指示  $1.3 U_n$ ) 以下,则中断试验。

6.12.2.6 中断试验后,使单元自然冷却到环境温度,并进行线路端子与外壳(地)之间的耐压试验。施加 1 500 V 交流电压,历时 10 s。

### 6.12.3 电源及熔断器

交流试验电源的短路电流应不小于 2 000 A, 应使用延时性熔断器, 熔断器的额定电流  $I_f$  按下式计算。

$$I_f = KI \pm 10\%$$

式中:  $K=100/Q$  (在任何情况下  $K$  应在 2~10 范围内);

$Q=Q_n$  (单相电容器), kvar;

$I=I_n$ , A。

#### 6.12.4 要求

试验结束后, 单元的外壳应完整无损。只有在满足下列条件的前提下, 才允许排气孔正常动作或外壳有较小损伤(如裂纹)。

a) 逸出的液体材料可以使单元的外表面润湿, 但不得成滴下落;

b) 单元外壳可以变形和损伤, 但不能破损;

c) 不应有火焰和/或火星(即燃烧着的颗粒)从开口喷出。这一点可将单元用纱布(粗棉布)裹起来的方法来检验, 纱布燃烧或烧焦即作为失效的判据;

d) 端子与外壳(地)之间的耐压试验(见 6.12.2.6)应能通过。

注: 试验时, 排出过多的烟气可能是危险的。

### 7 检验规则

电容器的试验分为出厂试验、型式试验和验收试验。

#### 7.1 出厂试验

出厂试验由制造厂对制出的每一电容器进行。试验项目见表 8。

表 8 试验项目

项 号	试验类别	试 验 项 目	技术要求条号	试验方法条号
1	出厂试验	外观检验	5.2.2	—
2		密封性试验	5.2.4	6.2
3		电容测量	5.2.5	6.3
4		极间耐压试验	5.2.7	6.4
5		极对壳(地)工频耐压试验(干试)	5.2.8	6.4.3
6		复测电容	5.2.5	6.3
7		放电器件检验	5.2.1	6.5
8		损耗角正切值测量	5.2.6	6.6
9	型式试验	热稳定性试验	5.1.4 及 5.1.7	6.7
10		极对壳(地)工频耐压试验(湿试)	5.2.8	6.4.3
11		雷电冲击耐压试验	5.2.8	6.4.4
12		放电试验	5.2.9	6.8
13		内部熔丝试验	5.2.10	6.9
14		自愈性试验	5.2.11	6.10
15		老化试验	5.2.12	6.11
16		破坏试验	5.2.13	6.12

注

1 表列顺序为推荐顺序, 制造厂可以按照自己的特点选择最佳顺序。

2 对于电容器组, 项 9 以及 13~16 的试验在单元上进行, 其余试验均应在电容器组上进行。

## 7.2 型式试验

型式试验在于考核电容器的设计、尺寸、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。在生产中当电容器的结构、材料或工艺有所改变,且其改变有可能影响电容器的性能时应进行部分或全部型式试验。在没有上述改变时,型式试验亦应每五年进行一次。

型式试验由制造厂进行。除非另有规定,作型式试验的电容器应为经出厂试验合格的,各项型式试验不一定都要在同一电容器上进行。

除热稳定性试验可只取一电容器的数据之外,其余的型式试验项目至少应有两电容器的试验数据。

在购买方有要求时,应提供载有试验结果的证明书。

型式试验的项目见表 8。



## 7.3 验收试验

验收试验主要是用户在安装前所需进行的试验,此项试验的目的是检验电容器在运输中有否受到损伤,以确保要安装的电容器是良好的。在有条件时,推荐进行下列项目的试验:

- a) 测量电容;
- b) 耐压试验,试验电压应为出厂试验值的 75% 或更低;
- c) 测量损耗角正切值。

## 8 标志

### 8.1 电容器的标志应注明下列内容:

- a) 产品名称;
- b) 产品型号;
- c) 额定频率, Hz;
- d) 额定电压, kV;
- e) 额定容量, kvar;
- f) 实测电容,  $\mu\text{F}$ ;
- g) 重量, kg (仅对 30 kg 以上的电容器);
- h) 接法或相数, 接法可用字母或符号 (见 8.2) 表示。单相电容器不表示接法和相数;
- i) 温度类别 (例如  $-40/\text{A}$ );
- j) 内部放电器件 (如果装有时), 以符号“”表示;
- k) 内部熔丝 (如果装有时), 以符号“”表示;
- l) 绝缘水平, kV (仅所有端子均与外壳 (地) 绝缘者采用);

绝缘水平以一斜线隔开的两个数字表示。第一个数字表示额定工频短时耐受电压, 方均根值, kV; 第二个数字表示额定雷电冲击耐受电压, 峰值, kV;

- m) 编号;
- n) 制造年份;
- o) 本标准的代号;
- p) 制造厂名称及/或商标;

标志中的部分内容可在说明书中表明。

### 8.2 连接符号

用以表示连接的字母或符号如下:

D 或  $\triangle$  —— 三角形;

Y 或  $\Upsilon$  —— 星形;

YN 或  $\Upsilon$  —— 星形, 中性点引出;

■ 或 |||——内部未连接的三个独立节段；

$\frac{1}{\equiv}$ ——接地。

### 8.3 警告牌

如果电容器中含有可能污染环境或在别的方面有危害性的浸渍剂，应在电容器上作出标记。

## 9 包装、运输和贮存

9.1 电容器的包装应符合 JB/T 7613 的规定。

9.2 电容器应能保证在其最低允许运行温度下运输和贮存时不影响其性能和质量。

## 10 安全要求

### 10.1 放电器件

电容器应备有放电器件。

放电器件与电容器之间不得有开关、熔断器或任何别的隔离器件。虽然已有放电器件，在人接触电容器之前仍须把电容器的端子短路并且接地。

注

- 1 直接接在别的可提供放电通路的电气设备上的电容器，如果该通路能满足放电要求，即认为有适当的放电手段。
- 2 放电器件及其放电电路必须能承受电容器在  $1.30 U_n$  峰值时（按 5.1.7）对其放电的电流。
- 3 用熔断器切断电容器内部的电气故障或跨越电容器组的局部闪络，可能在电容器组内部产生局部剩余电荷，这种电荷是不能在规定时间内用连接在电容器组的端子上的放电器件消除的。
- 4 计算放电电阻的公式列于附录 B 中。

### 10.2 外壳连接

为了固定电容器金属外壳的电位并能承受对外壳击穿时的故障电流，外壳必须备有供连接用的铜的或不锈钢的螺栓；对于 100 kvar 及以下电容器不小于 M10；对于 100 kvar 以上的电容器，不小于 M12。

### 10.3 其他安全要求

产品应符合国家有关安全规程的要求。

附 录 A  
(标准的附录)  
安装运行说明

## A1 概述

并联电容器与大多数别的电器不同,当其接于电力系统中使用时,总是在满载荷下运行,仅在电压或频率波动时,载荷才稍有变动。

电容器是以电介质为工作介质的一种电器,它的设计一般是按规定的使用条件,在可靠的基础上力求经济合理,故在额定电压下电介质中的电场强度是高的。如果在运行中电压、电流和温度超过了规定限度,就会缩短电容器的寿命。因此,应严格控制电容器的运行条件。

系统中装置了电容器时,系统的电压会升高,系统中的谐波会受到放大,可能引起操作过电压,发生电机自激,给音频遥控设备的工作带来困难。

下面扼要说明并联电容器在选型、安装和运行中的保护和应注意的主要之点。详细的导则和说明可参看有关规程和制造厂的说明书。

## A2 运行温度

### A2.1 高温影响

对于电容器的上限温度应加以注意,因为温度过高会影响电容器的使用寿命。

对于 4.1 中关于温度的规定需要全面考虑。例如,在考虑温度的上限时,不仅要考虑 1 h 的平均值,并且要注意 24 h 的平均值和年平均值。同时还应注意运行中电容器之间冷却空气的温度。这样,电容器才不至于因受到过热而降低使用寿命。环境温度固然重要,但起决定作用的是冷却空气温度。

在设计电容器组时,应使电容器的冷却空气温度不超过相应温度类别的最高环境空气温度加 5℃。

电容器的安装应便于以对流和辐射来散发由电容器损耗所产生的热量。电容器室的通风和电容器的布置应使空气能在每一电容器的周围良好地流通。这一点对于成行叠层安装的电容器尤其重要。

为了通风良好,应在电容器之间留出适当的间隔。

受到太阳和别的高温面的辐射的电容器的温度将增高,所以应注意避免电容器受到高温面的热辐射,用于户外的电容器的安装设计应注意尽量使电容器的较小的面朝向太阳照射时间较长的方向。

在特殊情况下,如果环境温度不能满足要求,可以用人工方法来降低冷却空气温度,维持电容器的短期运行。

当不能满足这个条件时,则应采取较高一级温度类别的产品,亦可选用额定电压较高的产品。

代号 C 类的电容器适用于在大多数热带地区。在有些地区(例如沙漠地区)可能需要使用 D 类的电容器。

在特殊情况下,环境温度最高可能高于 55℃或日平均高于 45℃,同时又无法改善冷却条件,则须使用特别设计的或较高额定电压的电容器。

### A2.2 低温影响

当电容器温度低于温度类别的下限时,可能使得灌封元件的树脂开裂,导致外界空气进入元件,在今后运行中,将大大加快电容下降速率,这是绝对不容许的。

## A3 特殊运行条件

温度类别中的上、下两个极限温度极其重要。但下列条件也是极重要的,购买方应在订货时告知制造厂。

### A3.1 高的相对湿度

应选用湿热带使用的电容器,并要防止外部熔断器由于凝积在其表面上的潮气而使之短路。

### A3.2 霉菌

对于某些材料,在潮湿处,尤其在有灰尘等沉积处,霉菌可能会生长、发展,虽然采用杀菌剂能抑制霉菌的生长、发展,但是杀菌剂的毒性是不能持久地保持住的。因此,在这种情况下,可采用诸如金属、陶瓷制品和某些不利霉菌生长的油漆、清漆等材料。

### A3.3 腐蚀性大气

在工业集中的地区及沿海地区都会遇到腐蚀性的大气,应该注意,在较高温度的气候条件下,这些腐蚀性大气的作用更加严重。

即使在室内的场合也可能存在高腐蚀性大气。

### A3.4 污秽

当电容器安装在高度污秽的地区时,应采取特殊的预防措施。

### A3.5 海拔高度超过 1 000 m

应选用高原型电容器。

## A4 额定电压的选择

电容器的额定电压应不低于该电容器所要接入的网络的最高运行电压,并且还要考虑接入电容器后所引起的电压升高。在有些情况下,网络的实际电压和额定值相差较大,则应选用额定电压较高的电容器。这一点是十分重要的。因为电介质上的电压不适当地升高,对电容器的特性和寿命有损伤性影响。

为降低谐波及其他影响而接入串联电抗器时,电容器端子上的电压将高于网络运行电压,此时有必要选用额定电压较高的电容器。在安装电容器前后最好实际测量网络的电压。

电容器的允许最高工频电压和相应的持续时间见 5.1.7.1。

当确定电容器端子上的预期电压时,下面的情况应予以考虑:

a) 并联电容器能使其安装处的网络电压升高(见附录 B)。此一电压升高,可能因谐波之存在而增加更多。故电容器易于在比接上电容器之前高得多的电压下运行;

b) 电容器端子上的电压,在轻载荷下特别高(见附录 B)。此时,应将部分或全部电容器切出,以免电容器过载和网络电压异常升高。

仅在紧急情况下,才允许电容器在最高允许电压和最高环境温度同时出现的条件下运行,但只能是短时的。

注

1 在选取额定电压时应避免安全裕度取得过大,因为它将导致容量降低。

2 关于最高电压见 5.1.7.1。

3 串联或星形连接时电容器电容的允许偏差对电容器的运行电压有影响。熔丝的熔断,也将增高其余并联电容器的运行电压,应留有裕度。

## A5 过电压

工频过电压与相应的允许持续时间,在 5.1.7.1 中说明。

当制造厂同意时,如果估计过电压的出现率较低,或者温度条件较轻,某些过电压值可以适当提高。这些工频过电压不允许有过渡过电压叠加其上,并且电压的峰值应不超过所给定电压(方均根值)的 1.41 倍。

### A5.1 开关的重击穿

当用允许重击穿的开关来分断电容器时,可能遇到高的过渡过电压,应注意选择操作时不引起过高的过电压的开关装置或采用限制过电压的保护措施。

如果不能防止重击穿,就有必要采取措施限制过电压或采用具有较高绝缘水平和较高额定电压的电容器。

#### A5.2 雷电

易于受到高的雷电过电压的电容器,应受到适当的保护。如果采用避雷器,则应尽量靠近电容器放置,并且可能需要用特殊的避雷器使能承担电容器、尤其是大电容器组的放电电流。

如果连接电容器组的输电线带有架空地线,且其长度大于  $5 U_m$  ( $U_m$  以 kV 计,乘积以 m 计)或 200 m,则中性点接地的电容器组即认为可以防雷。

#### A5.3 电动机自激励

当电容器固定连接在电动机上,当电动机从电源切出而尚未停止旋转时,因自激而起发电机的作用,这将出现超过系统电压甚多的电压,这一点通常可以用使电容器电流小于电动机空载电流(建议取 90%)的办法来防止。

在电动机停止旋转以前,不得接触固定接有电容器的电动机的带电部分。

注

- 1 在电动机已切出后由于自激励而保持电压,在这种感应发电状态及拟用在失压制动系统的电动机(例如提升电动机)是特别危险的。
- 2 在切出电源后能立即停止旋转的电动机,其补偿度可以超过 90%

#### A5.4 星三角起动

当电容器连接到用星三角起动器启动的电动机上时,这套装置在启动时应不产生过电压,但购买方与制造厂有协议时除外。

#### A5.5 电容器单元的选择

当用随机选择的单元来组成电容器组时,应注意避免由于串联单元或单元群之间的电容差异所造成的过电压。

在极端情况下,这个差异可高达 10%(见 5.2.5)。

如果电容器单元或单元群成串联连接,应适当调整或选取电容一致的单元,使它们的电容差异尽可能小,从而使单元的电压差异降到最低,避免单元或单元群过电压。也可计入一定量的电压增高而选用适当额定电压的单元。

在中性点绝缘的星形连接电容器组中,相间电容差异将导致电容最小的相中的电容器上的电压增高。

### A6 过电流

#### A6.1 持续过电流

除轻载荷下不长于 5 min 电压升高(见表 2)外,决不应使电容器在超过 5.1.7.3 所允许的过电流下运行。

过电流可能是由基波过电压或由谐波或此两者所引起。主要的谐波源是整流器和饱和的变压器铁芯。

在轻载荷时电容器加强了网络电压的升高,就可引起变压器铁芯显著饱和,在这种情况下,将有异常量的谐波产生,其中某一次谐波还可能被变压器与电容器之间的谐振所放大,这是推荐在轻载荷下将电容器切出的理由之一。

安装电容器前后,应测定电压的波形和网络的特性。当有谐波源(例如大型整流器)时应予以特别注意。

如果电容器电流超过了 5.1.7.3 规定,而电压仍在 5.1.7.1 允许限度之内,则应测出主要的谐波以便采取最佳的对策。

下面的处理办法可能对降低电流有作用:



将一些或所有的电容器移装到系统别的部位；

在电容器的电源电路中串联接入电抗器。将电路的谐振频率降低到低于主要的干扰谐波频率之下。增加连接在整流器近旁的电容器的电容值。

注

- 1 如所用电抗器为铁芯结构，须当心铁芯被谐波所饱和和过热。
- 2 电容器电路中的任何接触或连接不良，都可能发生电弧引起高频振荡，使电容器经受过热和过电压。因此，建议定期检查电容器设备的所有的接触点和连接点。
- 3 计算振荡频率的公式列于附录 B。

## A6.2 过渡过电流

当投入电容器特别是投入到与通电的其他电容器相并联运行时(见附录 B)，有可能产生高频率和高幅值的过渡过电流，后一情况更为严重。

为了将这些过渡过电流降低到电容器和有关设备所能承受的程度。可通过电阻器接入电容器(电阻切合)或在电容器组的电源电路中串入电抗器。

开关操作的过电流峰值应限制到最大为  $100 I_n$  ( $I_n$  为方均根值)。

## A7 切合和保护器件

### A7.1 耐受要求

开关和保护器件以及连接件的设计应能连续承受 5.1.7.3 规定的稳态过电流。对于单元或小容量的电容器组，实际电容最大可达  $1.10 C_n$ 。这时，电流可能达到  $1.3 \times 1.10 = 1.43 I_n$ 。

如果电流中含有谐波分量，由于集肤效应，谐波分量有可能产生比基波更大的热效应。

开关和保护器件以及连接件应能承受投入电容器时可能产生由于高频率高幅值的过渡过电流造成的电动力和热应力。当考虑此电动力和热应力会导致过分的设计要求时，可采取 A6.2 所述防止过电流的措施。

注

- 1 应选取具有足够热容量的熔断器。
- 2 在某些情况下，例如自动投切电容器时，有可能在相当短的时间间隔内发生反复的切合操作。这时必须选取足以承受这些条件的开关和熔断器。
- 3 连接在同一汇流排上的开关可能受到如同投入短路情况下的特殊应力。
- 4 用以投切并联电容器组的开关应能承受将一电容器组接到已接有一或更多电容器组的汇流排上所产生的涌入电流。

### A7.2 不重击穿的开关

应采用适于切合电容器的开关。该开关在作分断操作时应不会发生重击穿。重击穿可能造成过高的过电压(见 A5.1)。

### A7.3 继电器整定

推荐用适当的过电流继电器来作电容器的过电流保护。它应调整到当电流超过 5.1.7.3 所规定的允许极限时操动开关。熔断器通常不具备一般过电流的保护功能。

注

- 1 电容器的过电流保护系统本身不能起足够的过电压保护作用。一般来说，也不能对电容器单元内部故障起保护作用。  
当电容器组是由多单元组成时，有必要对电容器组的内部故障采取保护。
- 2 不同结构的电容器，其电容或多或少地随温度变化，应注意到电容器冷态投入时，电容可能急剧变化且变化率不一致。在负温度下更为显著，这就可能引起保护装置的误动作。
- 3 金属化膜电容器运行后，电容量会下降，在正常情况下，各相几乎是同步下降，不会引起继电保护动作。  
对电容器组采用不平衡保护(例如开口三角形保护等)是最合适的。

## A8 绝缘水平的选择

A8.1 电容器的绝缘水平应按能适应电容器所拟接入的系统来选取(参看 5.2.8),且应具有等于或高于系统的绝缘水平。

A8.2 耐受电压值(见 5.2.8)是按小电容对象承受过渡电压尚有足够的裕度选取的。因而,在单元或电容器组中,这一绝缘水平只适用于具有低电容值的装置。例如,全绝缘单元的对地绝缘,或绝缘的中性点与地之间的绝缘。

具有接地中性点的并联电容器的相电容通常能够充分地降低雷电或操作冲击电压,即使该冲击波起源于相当靠近电容器之处。

## A9 电容器接到有音频遥控的系统

电容器在音频下的阻抗是很低的,当将电容器接到有音频遥控的系统中时,可能使遥控装置过载甚至不能正常工作,最好的解决方法应由有关方面协商确定。

## 附 录 B

(提示的附录)

### 电容器的计算公式

电容器的计算按 GB/T 3983.2 或 GB 50227 中所列公式进行。

---