



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 17702—2013/IEC 61071:2007  
代替 GB/T 17702.1—1999, GB/T 17702.2—1999

## 电力电子电容器

Capacitors for power electronics

(IEC 61071:2007, IDT)

2013-02-07 发布

2013-07-01 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
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 使用条件 .....	7
4.1 正常使用条件 .....	7
4.2 非正常使用条件 .....	7
5 质量要求和试验 .....	8
5.1 试验要求 .....	8
5.2 试验分类 .....	8
5.3 电容和 $\tan\delta$ 测量(例行试验) .....	9
5.4 电容器损耗角正切( $\tan\delta$ )测量(型式试验) .....	9
5.5 端子间的电压试验 .....	9
5.6 端子与外壳间的交流电压试验 .....	10
5.7 内部放电器件试验 .....	11
5.8 密封性试验 .....	11
5.9 冲击放电试验 .....	11
5.10 热稳定性试验 .....	11
5.11 自愈性试验 .....	12
5.12 谐振频率测量 .....	12
5.13 环境试验 .....	12
5.14 机械试验 .....	13
5.15 耐久性试验 .....	13
5.16 破坏试验 .....	15
5.17 内部熔丝的隔离试验 .....	18
6 过负荷 .....	20
6.1 最高允许电压 .....	20
7 安全要求 .....	21
7.1 放电器件 .....	21
7.2 外壳连接 .....	21
7.3 环境保护 .....	21
7.4 其他安全要求 .....	21
8 标志 .....	21
8.1 单元的标志 .....	21
9 安装和运行导则 .....	22
9.1 总则 .....	22

9.2	额定电压的选取	22
9.3	运行温度	22
9.4	特殊使用条件	23
9.5	过电压	23
9.6	过电流	24
9.7	投切和保护装置	24
9.8	爬电距离和间隙的选取	24
9.9	连接件	24
9.10	电容器的并联连接	24
9.11	电容器的串联连接	25
9.12	磁损耗和涡流	25
9.13	电容器内部的内部熔丝和隔离器的保护导则	25
9.14	无保护的电容器导则	25
附录 A	(资料性附录) 波形	26
附录 B	(规范性附录) 具有作为频率函数的正弦电压并在最高温度( $\theta_{max}$ )下的电容器运行限值	28
附录 C	(规范性附录) 谐振频率测量方法——示例	30
参考文献		32
图 1	破坏试验电路	16
图 2	直流电源 N——类型 1	17
图 3	直流电源 N——类型 2	18
图 A.1	波形及其回路示例	26
图 B.1	电源条件	28
图 C.1	测量回路	30
图 C.2	电容器端电压和电源频率之间的关系曲线	30
图 C.3	放电电流波形	31
表 1	端子间的试验电压	10
表 2	端子的强度试验	13
表 3	耐久性试验	14
表 4	破坏试验与系统安全类型的性能关系	15
表 5	最高允许电压	20

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 17702.1—1999《电力电子电容器 第 1 部分:总则》和 GB/T 17702.2—1999《电力电子电容器 第 2 部分:熔丝的隔离试验、破坏试验、自愈性试验及耐久性试验的要求》。

本标准与 GB/T 17702.1—1999 和 GB/T 17702.2—1999 相比主要差异如下:

- 合并了 GB/T 17702.1—1999 和 GB/T 17702.2—1999 的内容;
- 修改了范围的内容(见第 1 章,GB/T 17702.1—1999 的第 1 章);
- 修改了规范性引用文件的内容(见第 2 章,GB/T 17702.1—1999 的第 2 章);
- 增加了“隔离金属化设计”、“特殊非隔离金属化设计”、“强制冷却电容器的出口液体温度”、“强制冷却电容器的入口液体温度”、“串联电阻”、“最大损耗功率和最大电流下的最大频率”的术语和定义(见第 3 章);
- 删除了“内部隔离器”、“外部熔断器”的定义(见 GB/T 17702.2—1999 的 1.3);
- 删除了验收试验(见 GB/T 17702.1—1999 的 2.2.3);
- 增加了端子的机械试验(见 5.14.1);
- 增加了破坏试验中破坏试验与系统安全类型的性能关系、直流电容器试验程序的试验方法,删除了破坏试验的试验要求(见表 4、5.16.3,GB/T 17702.2—1999 的 2.3.3、2.3.4);
- 增加了无保护的电容器导则(见 9.14);
- 删除了原标准 GB/T 17702.2—1999 中附录 C 和附录 D(见 GB/T 17702.2—1999 的附录 C、附录 D)。

本标准使用翻译法等同采用 IEC 61071:2007《电力电子电容器》(英文版)。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB 311.1—2013 绝缘配合 第 1 部分 定义、原则和规则(IEC 60071-1:2006 和 IEC 60071-1 1 号修订:2010,MOD)
- GB/T 311.2—2013 绝缘配合 第 2 部分:使用导则(IEC 60071-2:1996,MOD)
- GB 14048.1—2006 低压开关设备和控制设备 第 1 部分:总则(IEC 60947-1:2001,MOD)
- GB/T 2423.10—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)(IEC 60068-2-6:1995,IDT)
- GB/T 2423.22—2002 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 N:温度变化(IEC 60068-2-14:1984,IDT)
- GB/T 2423.28—2005 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 T:锡焊(IEC 60068-2-20:1979,IDT)
- GB/T 2423.60—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 U:引出端及整体安装件强度(IEC 60068-2-21:2006,IDT)
- GB/T 2423.3—2006 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Cab:恒定湿热试验(IEC 60068-2-78:2001,IDT)
- GB 13539.1—2008 低压熔断器 第 1 部分:基本要求(IEC 60269-1:2006,IDT)
- GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备用的绝缘配合 第 1 部分:原理、要求和试验(IEC 60664-1:2007,IDT)
- GB/T 5169.11—2006 电工电子产品着火危险试验 第 11 部分:灼热丝/热丝基本试验方法

成品的灼热丝可燃性试验方法(IEC 60695-2-11:2000, IDT)

——GB/T 5169.12—2006 电工电子产品着火危险试验 第12部分:灼热丝/热丝基本试验方法  
材料的灼热丝可燃性试验方法(IEC 60695-2-12:2000, IDT)

本标准对 IEC 61071:2007 中一些编辑性错误进行了修改:

- a) 5.5.1 中所引用的条款“(见 3.27)”错误,应为“(见 3.26.2)”,本标准修改为“(见 3.26.2)”;
- b) 5.15.4 中引用的条款“按照第 5 章所述”错误,应为“按照 5.15.2 所述”,本标准修改为“按照 5.15.2 所述”;
- c) 5.15.5 中引用的条款“第 5 章和第 7 章中”错误,应为“5.15.2 和 5.15.4 中”,本标准修改为“5.15.2 和 5.15.4 中”;
- d) 5.16.3 中“如果电容器由过压力检测器保护,则使用由过压力检测器控制的断路器而不是图 2 中的熔断器。”错误,应为“图 1 中的熔断器”,本标准修改为“图 1 中的熔断器”;
- e) 在附录 C 的图 C.2 中,IEC 原文为“ $V_2$ ”和“ $V_{2min}$ ”,有误,应为“ $U_2$ ”和“ $U_{2min}$ ”,本标准修改为“ $U_2$ ”和“ $U_{2min}$ ”。

为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

——按照 GB/T 1.1—2009 的要求,对一些编排和书写格式进行了修改;

——用小数点“.”代替原 IEC 标准中作为小数点的逗号“,”;

——删除了 IEC 61071:2007 的前言;

——将一些适用于国际标准的表述改为适用于我国标准的表述。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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(SAC/TC 45)归口。

本标准负责起草单位:西安高压电器研究院有限责任公司。

本标准参加起草单位:西安西电电力电容器有限责任公司、宁波新容电器科技有限公司、深圳市三和电力科技有限公司、桂林电力电容器有限责任公司、淄博莱宝电力电容器有限公司、上海永锦电气集团有限公司、指月集团有限公司、人民电器集团有限公司。

本标准主要起草人:赵鑫、田恩文、高琪、贺满潮、杨佩侠、陈才明、沈文琪、房金兰、吕韬、王瑜婧、严焕玲、刘菁、孟影、吴俊丽、魏玲艳、李兆林、马峰、赵福庆、王培波、包启树。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 17702.1—1999;

——GB/T 17702.2—1999。

# 电力电子电容器

## 1 范围

本标准适用于电力电子设备的电容器。

使用这些电容器的系统运行频率通常低于 15 kHz,而脉冲频率则可能达到运行频率的 5 倍~10 倍。

本标准把作为部件安装在壳体中的电容器区分为交流电容器和直流电容器。

本标准涵盖了极广泛的电容器技术应用,如:过电压保护、直流和交流滤波、开关回路、直流储能、辅助逆变器。

本标准不适用于:

- 在 40 Hz~24 000 Hz 频率之间运行的感应加热装置用电容器(见 IEC 60110-1 和 IEC 60110-2);
- 电动机及其类似应用的电容器(见 IEC 60252-1 和 IEC 60252-2);
- 在电路中抑制电网中的一种或多种谐波用电容器;
- 荧光灯和放电灯用的小型交流电容器(见 IEC 61048 和 IEC 61049);
- 抑制无线电干扰用的电容器(见 IEC 60384-14);
- 标称电压 1 000 V 以上交流电力系统用并联电容器(见 IEC 60871-1 和 IEC 60871-2);
- 标称电压 1 000 V 及以下交流电力系统用自愈式并联电容器(见 IEC 60831-1 和 IEC 60831-2);
- 标称电压 1 000 V 及以下交流电力系统用非自愈式并联电容器(见 IEC 60931-1 和 IEC 60931-2);
- 电力电路的电子电容器;
- 电力系统用串联电容器(见 IEC 60143);
- 耦合电容器及电容分压器(见 IEC 60358);
- 微波炉电容器(见 IEC 61270-1);
- 轨道交通用电容器(见 IEC 61881)。

应用示例在 9.1 中给出。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60068-2-6 环境试验 第 2-6 部分:试验 试验 Fc:振动(正弦波)[Environmental testing—Part 2-6: Tests—Test Fc: Vibration(sinusoidal)]

IEC 60068-2-14 环境试验 第 2-14 部分:试验 试验 N:温度的改变(Enviromental testing—Part 2-14: Test—Test N: Change of temperature)

IEC 60068-2-20 环境试验 第 2-20 部分:试验 试验 T:带导线装置的可焊接性和焊接热抵抗性的试验方法(Enviromental testing—Part 2-20: Test—Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads)

IEC 60068-2-21 环境试验 第 2-21 部分:试验 试验 U:引出端及整体安装件强度(Enviromental testing—Part 2-21: Test—Test U: Robustness of termination and integral mounting devices mounting devices)

IEC 60068-2-78 环境试验 第 2-78 部分: 试验 试验箱: 湿热、稳态 (Environmental testing—Part 2-78: Tests; Test Cab; Damp heat, steady state)

IEC 60071-1 绝缘配合 第 1 部分: 定义、原理和规则 (Insulation coordination—Part 1: Definitions, principle and rules)

IEC 60071-2 绝缘配合 第 2 部分: 使用导则 (Insulation coordination—Part 2: Application guide)

IEC 60269-1 低压熔断器 第 1 部分: 一般要求 (Low-voltage fuses—Part 1: General requirements)

IEC 60664-1 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分: 原则、要求和试验 (Insulation coordination for equipment with low-voltage systems—Part 1: Principles, requirements and tests)

IEC 60695-2-11 着火危险试验 第 2-11 部分: 基于灼热/发热丝的试验方法 最终产物灼热丝易燃性试验 (Fire hazard testing—Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods: Glow-wire flammability test method for end-products)

IEC 60695-2-12 着火危险试验 第 2-12 部分: 基于灼热/发热丝的试验方法 材料的灼热丝可燃性指数 (GWFI) 试验方法 [Fire hazard testing—Part 2-12: Glowing/hot-wire based test methods: Glow-wire flammability index (GWFI) test method for materials]

IEC 60947-1 低压开关设备和控制设备 第 1 部分: 总则 (Low-voltage switchgear and controlgear—Part 1: General rules)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

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

由电介质和被它隔开的两个电极所构成的部件。

注: 改写 GB/T 2900.16—1996, 定义 3.1.1。

#### 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同一外壳中并有引出端子的总装体。

注: 改写 GB/T 2900.16—1996, 定义 2.2.1。

#### 3.3

**电容器组 capacitor bank**

连接在一起共同起作用的若干电容器单元。

注: 改写 GB/T 2900.16—1996, 定义 2.2.3。

#### 3.4

**电容器 capacitor**

在不需要表明其是元件、单元或电容器组时的一个通用术语。

#### 3.5

**电容器设备 capacitor equipment**

用于连接到电力电子设备上的电容器单元及其附件的总装体。

#### 3.6

**电力电子电容器 capacitor for power electronics**

用于电力电子设备中并能在正弦和非正弦的电流和电压下连续运行的电力电容器。

## 3.7

**金属箔电容器(非自愈式) metal-foil capacitor(non-self-healing)**

其电极通常由被电介质隔开的金属箔组成的电容器。

注：在电介质被击穿的情况下，电容器不能自行恢复。

## 3.8

**自愈式金属化电介质电容器 self-healing metallized dielectric capacitor**

其至少一个电极是由粘附在电介质上的金属组成的电容器。

注：在电介质被局部击穿的情况下，电容器的电气属性能够快速且基本上自行恢复。

## 3.9

**交流电容器 a. c. capacitor**

主要设计用于交流电压下运行的电容器。

注：只有在电容器制造商授权的情况下，交流电容器才可在接近于额定值的直流电压下使用。

## 3.10

**直流电容器 d. c. capacitor**

主要设计用于直流电压下运行的电容器。

注：只有在电容器制造商授权的情况下，直流电容器才可在规定的交流电压下使用。

## 3.11

**模型电容器 model capacitor**

在不降低电气、热和机械条件的严酷等级的前提下，在电气试验中模拟电容器单元或模拟元件。

注1：模拟单元可以与完整单元有不同尺寸。

注2：应考虑应力总和，例如温度、机械条件和电的应力总和。

## 3.12

**内部(元件)熔丝 internal (element) fuse**

连接在电容器单元内部，与一个元件或一组元件相串联的熔丝。

注：改写 GB/T 2900.16—1996，定义 3.1.4。

## 3.13

**安全器件 safety devices**

## 3.13.1

**过压力隔离器 overpressure disconnecter**

在电容器内部过压力异常增加时，为开断电流通路而设计的内部隔离器件。

## 3.13.2

**过压力检测器 overpressure detector**

设计用于检测内部压力异常增加，操作一个电气开关并间接切断电流通路的器件。

## 3.13.3

**隔离金属化设计 segmented metallization design**

通过一种设计方式使电介质上的金属层小部分在局部短路或击穿的情况下被隔离，以便在损失微小电容值的情况下恢复其全部功能。

## 3.13.4

**特殊非隔离金属化设计 special unsegmented metallization design**

使电介质上的金属层通过一种方式成形，在电压低于  $U_s$  时能安全地自愈，除微小电容损失外，在运行中仍具有单元的全部功能。

## 3.14

**电容器放电器件 discharge device of a capacitor**

一种可组装在电容器内部，当电容器从电网中断开后，在给定时间内能够将端子间电压实际降低至



零的器件。

注：改写 GB/T 2900.16—1996，定义 3.1.16。

3.15

**额定交流电压 rated a. c. voltage**

$U_N$

设计电容器时所采用的反转型波形的任一极性的最高运行峰值周期电压。

注 1：波形可有多种形状，示例见附录 A。

注 2：波形的平均值可以是正值或负值。

注 3：尤其要注意额定交流电压并不是方均根值。

3.16

**额定直流电压 rated d. c. voltage**

$U_{NDC}$

设计电容器时所采用的非反转型波形的任一极性的可连续运行的最高运行峰值电压。

注 1：对于门极可关断晶闸管(GTO)，阻尼电容器可被视作纹波电压等于额定直流电压  $U_{NDC} = U_r$  的直流电容器。至于反转电压( $U_{rev}$ )，应由用户和制造商协商。

注 2：如果反转电压较小(小于 10%)，可将电压波形视为非反转的，出于试验目的，应通过反转电压  $U_{rev}$  来提高  $U_{NDC}$  和  $U_r$ 。

3.17

**纹波电压 ripple voltage**

$U_r$

单向电压的峰到峰交流分量。

3.18

**非周期冲击电压 non-recurrent surge voltage**

$U_s$

由切换或系统中任何其他扰动所感应的峰值电压，此电压只允许持续比基本周期短的时间和出现有限的次数。

3.19

**绝缘电压 insulation voltage**

$U_i$

为电容器端子对壳或对地之间的绝缘而设计的正弦电压的方均根值。

3.20

**最大峰值电流 maximum peak current**

$\hat{I}$

在连续运行中出现的最大重复峰值电流。

3.21

**最大电流 maximum current**

$I_{max}$

连续运行时的最大方均根电流。

3.22

**最大冲击电流 maximum surge current**

$\hat{I}_s$

由切换或系统中任何其他扰动所感应的非重复峰值电流，此电流只允许持续比基本周期短的时间和出现有限的次数。

## 3.23

**脉冲频率 pulse frequency**

$f_p$

周期电流脉冲的重复率。

## 3.24

**电流脉冲宽度 current pulse width**

$\tau$

电容器从一个电压值充电或放电到另一个电压值时的电流通过时间。

注：脉冲电流波形示例见附录 A。

## 3.25

**谐振频率 resonance frequency**

$f_r$

当电容器的阻抗达到最小值时的最低频率。

## 3.26

**工作周期 duty cycle**

## 3.26.1

**连续工作 continuous duty**

电容器大部分时间处于热平衡状态的运行时间。

## 3.26.2

**间歇工作 intermittent duty**

不连续的工作或在以“通/断”或“高/低”周期及其持续时间来表示的变动负荷下的运行。

## 3.27

**最高运行温度 highest operating temperature**

在热平衡状态下电容器外壳最热点的温度。

## 3.28

**最低运行温度 lowest operating temperature**

$\theta_{\min}$

电容器可通电的最低电介质温度。

## 3.29

**外壳温升 container temperature rise**

$\Delta\theta_{\text{case}}$

外壳最热点温度和冷却空气温度之差。

## 3.30

**冷却空气温度 cooling-air temperature**

$\theta_{\text{amb}}$

在稳定状态条件下,在电容器最热位置的两单元之间的中点所测得的冷却空气的温度。

注：如果只涉及一个单元,则为距电容器外壳大约 0.1 m 和距基底三分之二高度处所测得的温度。

## 3.30.1

**强制冷却电容器的出口液体温度 outlet fluid temperature for forced-cooled capacitors**

当冷却液体离开电容器时,在其最热点处测量的温度。

## 3.30.2

**强制冷却电容器的入口液体温度 inlet fluid temperature for forced-cooled capacitors**

在液体入口通道中间且不被电容器热损耗影响的点处所测得的冷却液体温度。

3.31

**最高运行温度 maximum operating temperature**

$\theta_{\max}$

电容器可以运行的外壳最高温度。

3.32

**稳定状态条件 steady-state conditions**

电容器在恒定的输出和恒定的冷却空气温度下所达到的热平衡。

3.33

**电容器的损耗 capacitor losses**

电容器所消耗的有功功率。

[GB/T 2900.16—1996, 定义 2.3.22]

注: 除非另有说明, 电容器的损耗应理解为包括作为电容器组成部分的熔丝和放电电阻器的损耗。在高频下, 电容器的损耗主要是由连接件、接触点和电极产生的损耗。

3.34

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

$\tan\delta$

在规定的正弦交流电压、频率和温度下电容器的等效串联电阻和容抗之间的比值。

注: 改写 GB/T 2900.16—1996, 定义 2.3.23。

$$\tan\delta = R_{\text{esr}}\omega C = \tan\delta_d + R_S\omega C$$

式中:

$\tan\delta_d$ ——电介质损耗因数。

3.35

**电容器的等效串联电阻 equivalent series resistance of a capacitor**

$R_{\text{esr}}$

一个有效电阻, 当串联连接于一个理想电容器、其电容值与所探讨的电容器的电容值相等时, 在规定的运行条件下, 其产生的损耗功率与在电容器内消耗的有功功率相等。

3.36

**串联电阻 series resistance**

$R_S$

在规定运行条件下电容器的导体有效欧姆电阻。

3.37

**最大损耗功率 maximum power loss**

$P_{\max}$

电容器可在最高外壳温度下运行的最大功率损耗。

3.38

**最大损耗功率和最大电流下的最高频率 maximum frequency for maximum power loss and maximum current**

$f_2$

在电容器中最大电流( $I_{\max}$ )下产生最大损耗功率( $P_{\max}$ )时的频率。

注: 关于对  $f_2$  的解释见附录 B。

## 4 使用条件

### 4.1 正常使用条件

本标准给出了拟在下述条件下使用电容器的要求。

#### 4.1.1 海拔

除非必须考虑对流冷却和外部绝缘的影响,海拔不应超过 1 000 m。

注:如果海拔超过 1 000 m,则应考虑海拔对于对流冷却和外绝缘的影响。

#### 4.1.2 运行温度( $\theta_{\max}$ )

电容器能够运行的外壳温度( $\theta_{\max}$ )上限通常从 45 °C、55 °C、70 °C 和 85 °C 中选取。不同的最高运行温度则应由制造商和用户协商。

#### 4.1.3 强制冷却下的运行温度

如果拟以流动媒质对电容器进行强制冷却,应遵守 4.1.2 中规定的运行温度条件。

考虑到流体黏度,应对冷却流体的最低入口温度进行定义。

规定冷却媒质的较高温度限值有两种方法,或采用入口冷却流体温度,或采用出口冷却流体温度。

除非另有协议,选用哪种方法应由电容器制造商决定。

对于入口方法,应规定冷却媒质的流量。

### 4.2 非正常使用条件

除非制造商和用户另有协议,否则本标准不适用于那些使用条件通常不符合本标准要求的电容器。

非正常使用条件要求附加测试,以确保即使在这种非正常使用条件下也能满足本标准的条件。

如果存在这类非正常的使用条件则必须将其告知给电容器制造商。

非正常使用条件包括:

- 非正常的机械冲击和振动;
- 有腐蚀性或含有阻塞粒子的冷却水(海水、很硬的水);
- 在冷却空气中有腐蚀粒子或磨损性粒子;
- 冷却空气中有尘埃,特别是导电性尘埃;
- 爆炸性尘埃或气体;
- 油或水蒸气或腐蚀性物质;
- 核辐射;
- 非正常储存或运输温度;
- 非正常湿度(热带或亚热带地区);
- 过分且快速的温度变化(超过 5 °C/h)或湿度变化(超过 5%/h);
- 使用区域海拔高于 1 000 m;
- 叠加的电磁场;
- 过高的过电压,就超过第 6 章中给出的限值而言。

## 5 质量要求和试验

### 5.1 试验要求

#### 5.1.1 概述

本条款给出了电容器单元的试验要求。

#### 5.1.2 试验条件

除非对特定试验或测量另有规定,电容器电介质的温度应在 $+5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内。

除非制造商和用户另有协议,如需校正时,参考温度应是 $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

注:如果将未带电的电容器置于恒定的环境温度中经过足够的时间以达到热平衡状态,则可认为电介质温度与环境温度相同。

交流试验和测量应在制造商所规定频率的基本正弦电压下进行。

### 5.2 试验分类

试验分为例行试验和型式试验。

#### 5.2.1 例行试验

- a) 密封性试验(5.8);
- b) 外观检查(5.14.2);
- c) 端子间的电压试验(5.5.2);
- d) 端子与外壳间的电压试验(5.6.1);
- e) 电容和 $\tan\delta$ 测量(5.3);
- f) 内部放电器件试验(5.7)。

制造商应在交货之前对每台电容器进行例行试验。

如用户要求,应为用户提供详述以上试验结果的证明书。

试验顺序如上所示。

#### 5.2.2 型式试验

- a) 机械试验(5.14);
- b) 端子间的电压试验(5.5.3);
- c) 端子与外壳间的电压试验(5.6.2);
- d) 冲击放电试验(5.9);
- e) 自愈性试验(5.11);
- f) 环境试验(5.13);
- g) 损耗角正切( $\tan\delta$ )测量(5.4);
- h) 热稳定性试验(5.10);
- i) 内部放电器件试验(5.7);
- j) 谐振频率测量(5.12);
- k) 端子间的耐久性试验(5.15);
- l) 熔丝的隔离试验(5.17);
- m) 破坏试验(5.16)。

型式试验是用来验证电容器设计的完善性及电容器在按本标准所述的条件下运行的适应性。型式试验应由制造商进行,如用户要求,应为用户提供详述以上试验结果的证明书。除非另有规定,每台拟进行型式试验的电容器样品都应首先通过所有的例行试验。应对与合同规定完全相符或在相同或更为严酷的试验条件下所设计的电容器进行这些试验。没有必要在同一台电容器试品上进行所有的型式试验。

### 5.3 电容和 $\tan\delta$ 测量(例行试验)

#### 5.3.1 测量程序

电容及  $\tan\delta$  应在制造商选定的电压和频率下测量。所用方法应排除由谐波或被测电容器外部配件所导致的误差,如测量电路中的电抗器和闭锁回路。应给出测量方法的准确度,电容的准确度要优于 0.2%,  $\tan\delta$  则要优于 10%。  
注:对于毫法范围内的电容器,可以采用较低的准确度。电容测量应在端子间的电压试验之后进行(见 5.5)。对于有内部熔丝的电容器,在电压试验之前也应进行电容测量。

#### 5.3.2 电容的允许偏差

如果没有其他规定,所测得的电容与额定电容之差不得超过  $-10\% \sim +10\%$ 。

#### 5.3.3 损耗要求( $\tan\delta$ )

电容器损耗的要求可由制造商和用户协议确定。

### 5.4 电容器损耗角正切( $\tan\delta$ )测量(型式试验)

#### 5.4.1 测量

应进行以下测量。

##### 5.4.1.1 交流电容器

电容器的损耗( $\tan\delta$ )应在热稳定性试验(见 5.10)结束时进行测量。测量电压和频率由制造商和用户协商确定。

##### 5.4.1.2 直流电容器

测量应在热稳定性试验结束时,在  $\frac{1}{2\sqrt{2}}U_r$  ( $U_r$  为最大纹波电压)的交流电压下进行。

#### 5.4.2 损耗要求

按 5.4.1 所测得的  $\tan\delta$  值不应超过由制造商所规定的值或由制造商和用户所协商的值。

### 5.5 端子间的电压试验

#### 5.5.1 概述

应根据表 1 进行试验。

表 1 端子间的试验电压

	交流电容器	直流电容器	
	所有类型	非自愈式	自愈式
交流试验电压(方均根值)	$1.5U_N$	—	—
直流试验电压	$2.15U_N$	$2U_{NDC}$	$1.5U_{NDC}$

如果电容器拟用于间歇工作(见 3.26.2)或短时工作,则表 1 中所示试验电压可以降低,其试验电压值可由制造商和用户协商确定。

注:交流试验电压可以是 50 Hz 或 60 Hz。

### 5.5.2 例行试验

在环境温度下,每台电容器应承受 5.5.1 中的任一试验电压,历时 10 s。由制造商选择。在试验中不得出现击穿和闪络。

允许有自愈性击穿。

如电压提高 10%,则可将时间减少至 2 s。

对于全部元件并联的单元,如果仍能满足电容偏差的允许要求,则允许有内部熔丝动作。

注:例行试验只进行一次。如果重复进行的话,应以初始值的 90%进行试验,除非制造商另有协议。

### 5.5.3 型式试验

电容器应承受 5.5.1 中的任一试验电压,历时 1 min。

由制造商选择。

在端子间的电压试验之后应进行电容和  $\tan\delta$  测量。

## 5.6 端子与外壳间的交流电压试验

### 5.6.1 例行试验

所有端子与外壳绝缘的单元应承受施加于端子(短接在一起)与外壳之间的电压,历时 10 s。

试验电压值为:

$$U_{t-case} = 2U_i + 1\,000\text{ V 或 }2\,000\text{ V, 取最大值}$$

式中:

$U_i$ ——绝缘电压。

如果电压提高 10%,则可将时间减少至 2 s。

电容器的绝缘电压应由用户规定。除非另有规定,绝缘电压等于电容器额定电压的  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 。

在试验中不得出现击穿和闪络。即使端子之一拟在使用中与外壳相连接,也应进行此项试验。

对于一个端子与外壳永久连接的单元不应进行此项试验。

对于有绝缘外壳的单元不应进行此项试验。

注 1:如果对电容器(带金属外壳)安装了一个外部过压力检测器,则检测器端子应短接后与外壳相连接。

注 2:过压力检测器和外壳之间的电压试验应由用户和制造商协商确定。

注 3:对同一台电容器最多进行两次此项试验。

### 5.6.2 型式试验

应按照 5.6.1 使用相同电压值对其所有端子均与外壳绝缘的单元进行试验,历时 1 min。在试验

中应使用金属箔将有绝缘外壳的电容器紧紧包裹起来,金属箔应与试验电源的一个端子相连。

### 5.7 内部放电器件试验

如果有的话,内部放电器件的电阻应通过测量电阻值或以测量自放电速率来检验。  
此项试验应在 5.5 的电压试验后进行。

### 5.8 密封性试验

试验应按照能有效地检测到单元(未喷漆状态)外壳和端子任何渗漏的程序进行。试验程序由制造商决定。

如果制造商未规定程序,下述试验程序适用。

将未带电的电容器单元整体加热到一个温度,其至少为最高运行温度加上 5 °C,在此温度下保持至少三倍的热时间常数,但不少于 2 h。

不应出现渗漏,建议采用适当的检测器。

电容器的渗漏处可通过目测来检测。

考虑到器件的使用位置,电容器单元的试验位置可由制造商和用户协商决定。

注:如果电容器不包含液体材料,是否要进行此项试验则由制造商决定且应抽样进行。

### 5.9 冲击放电试验

应采用直流电源对单元充电,然后通过一个尽可能靠近电容器的短路装置放电,在 10 min 之内对单元进行 5 次这样的放电。

试验电压应等于  $1.1U_{NDC}$ 。

此项试验后 5 min 之内,应对单元进行端子间的电压试验(见 5.5)。

电容测量应在(冲击)放电试验之前和电压试验之后进行。

两次测得值之差应不大于相当于一个元件击穿或一只内部熔丝熔断之量。

对于自愈式电容器,电容变化应不超过  $\pm 1\%$ 。

应核对下式:

$$\tan\delta \leq 1.2 \times \tan\delta_0 + 1 \times 10^{-4}$$

式中:

$\tan\delta$  —— 试验之后的值;

$\tan\delta_0$  —— 试验之前的值。

然而,如果规定了最大冲击电流,则应通过改变充电电压和放电回路的阻抗使放电电流调整到:

$$\hat{I}_{\text{test}} = 1.1 \hat{I}_S$$

### 5.10 热稳定性试验

#### 5.10.1 概述

对交流电容器和直流电容器都需进行此项试验,本试验旨在提供下列有关电容器的资料:

- a) 确定电容器在过负荷条件下的电容器热稳定性;
- b) 老炼电容器使其能够进行可再现的损耗测量。

#### 5.10.2 测量程序

应将电容器单元放置在一密闭箱中,其中冷却温度为:

- a) 对于自然冷却,为制造商规定的  $\theta_{\text{amb}}$  加 5 °C;



b) 对于强制冷却,为规定的出口冷却温度加 5 °C。

当电容器的所有部位均达到冷却媒质的温度之后,应对电容器施加实际正弦交流电压至少 48 h。

在整个试验中,电压值和频率应保持稳定。

电源条件如附录 B 中所规定的,其功率为  $1.21P_{\max}$ 。

在试验的最后 6 h 期间,应对外壳接近顶部处的温度至少测量 4 次,在这整个 6 h 期间内,温升的增加量不应超过 1 K。

如果观察到变化量较大,应继续进行试验直到在 6 h 期间的连续 4 次测量值满足以上条件。

试验前后,均应在 5.1.2 给出的试验温度范围内测量电容,且应将两次测量值校正到同一电介质温度。

两次测量值之差应小于相当于一个元件击穿或一只内部熔丝动作之量。在试验结束时,应进行  $\tan\delta$  测量(见 5.4.1)。

注 1: 在检验电容器的损耗和温度条件是否满足要求时,应考虑在试验期间的电压、频率和冷却媒质温度的波动。鉴于此原因,建议绘制这些参数和外壳温度与时间的函数曲线。

注 2: 如果功率损耗值保持在  $1.21P_{\max}$ ,则可根据制造商和用户的协议,使用非正弦电压进行试验。

### 5.11 自愈性试验

该试验仅适用于自愈式电容器,如果被试元件与单元中的元件相同且元件条件与单元中的元件条件相似,则试验可在一个完整单元上、独立元件上或者作为单元部件的一组元件上进行。由制造商选择。

应对电容器或元件施加历时 10 s 的直流电压,其电压值为 1.1 倍的非周期性/冲击电压( $U_S$ ),或等于例行试验电压(对于交流电容器为  $1.5U_N$ ,直流电容器为  $1.5U_{NDC}$ ),选两者之中较高者。

如果本次试验期间发生的击穿少于 5 次,则应缓慢升高电压直到从试验开始起发生 5 次击穿为止,或直到电压达到 2.5 倍的额定电压。

如果当电压达到  $2.5U_N$  时,10 s 内发生的击穿少于 5 次,则应结束试验。

试验前后,均应测量电容和  $\tan\delta$ 。电容值的变化不允许  $\geq 0.5\%$ 。

应核对下式:

$$\tan\delta \leq 1.1\tan\delta_0 + 1 \times 10^{-4}$$

式中:

$\tan\delta$  —— 试验之后的值;

$\tan\delta_0$  —— 试验之前的值。

### 5.12 谐振频率测量

谐振频率应在符合 5.1.2 的温度范围内测量,所用的方法应能使由连接件和附件所导致的误差减至最小。

可从附录 C 中给出的两个示例中选择适当的测量方法。

不必对所有的应用都进行此项测量。

注 1: 从谐振频率计算得出的自感值不应大于制造商和用户协商之值。

注 2: 为了现代设备的正常运行,可能要求电容器要有非常低的自感值。

### 5.13 环境试验

#### 5.13.1 温度变化

根据用户和制造商对电容器温度上限和下限的商定,温度变化试验按照 IEC 60068-2-14 中的试验 Na 或试验 Nb 进行。

试验 Nb 应有大约 1 h(1 K/min)的过渡时间。

### 5.13.2 恒定湿热试验

恒定湿热试验(试验 Cab)应按照 IEC 60068-2-78 进行,严酷等级符合电容器的安装位置。在长期试验开始之前,应在室温下测量电容量。在恒定试验完成之后,应按照 5.5.1 对电容器进行端子间的电压试验,按照 5.6.1 对电容器进行端子和外壳间的电压试验。

最后应按照 5.3.1 在稳定的室温下进行电容测量。

试品不应发生击穿或闪络。允许有自愈性击穿。电容量变化不应超过 2%。

### 5.14 机械试验

#### 5.14.1 端子的机械试验

按照表 2 进行端子的强度试验。

表 2 端子的强度试验

序号	试验或测量	性能		试验要求
1	连接电缆和焊接接头的抗张强度	IEC 60068-2-21	Ua1	单台电容器重量,至少 10 N
2	接头的弯曲强度		Ub1	弯曲周期次数:2
3	焊接和扁插接线的弯曲强度		Ub2	对于有连接电线的凸焊,弯曲周期次数:2
4	轴向连接的抗扭强度		Uc	严酷等级 2
5	螺丝和螺栓连接的抗扭力		Ud	严酷等级 2
6	焊接接头的可焊性和耐热性	IEC 60068-2-20		350℃的烙铁 A 号

#### 5.14.2 外观检查

目测检查电容器的表面涂层、标志和外形尺寸。

#### 5.14.3 振动和冲击

此项试验仅在用户要求且制造商同意时进行。

a) 振动,按照 IEC 60068-2-6

1) 对于质量不超过 3 kg 的电容器:

$$f=10 \text{ Hz} \sim 55 \text{ Hz}$$

$$a = \pm 0.35 \text{ mm}$$

每一轴向试验持续时间为 10 个频率周期(3 个轴向互成 90°),每分钟 1 倍频程。

2) 对于质量超过 3 kg 的电容器:试验条件由制造商和用户协商选取。

b) 冲击:试验条件由制造商和用户协商确定。

在机械试验前后,均应测量电容。电容变化不应  $\geq 0.5\%$ 。

### 5.15 耐久性试验

耐久性试验旨在验证在实际运行条件下电容器的性能。

耐久性试验应在一个完整单元或模型电容器上进行。

5.15.1 试验前单元的预处理

单元应在温度不低于+10℃的静止空气中耐受  $1.1U_N$  的电压,历时 16 h~24 h。

注:此项程序由制造商选择决定。

5.15.2 初始电容及损耗角正切测量

单元在不通电状态下,放置在一个温度为  $30\text{℃} \pm 2\text{℃}$  的通风箱中历时至少 12 h。

施加电压 5 min 后,在相同环境温度下按 5.3 进行测量。

5.15.3 耐久性试验

应将试验箱的温度加热至接近于试验的温度。

应将试验单元放入加热箱中,按照表 3 在合适的条件下通电。应由制造商决定对交流电容器和直流电容器进行相应的试验。当单元达到试验温度时,要调节冷却/加热条件以确保试验温度下能够达到稳定。在这一初始稳定之后,冷却/加热温度不允许变化。

在最大连续运行条件下,即排除短时和异常条件,试验温度为最高外壳温度( $\theta_{max}$ )。

应施加试验电压  $U_t$  (峰值电压等于加速因数乘以  $U_{NDC}$  或  $U_N$  时的纯直流或交流正弦电压)。可由制造商根据表 3 选取不同的加速因数/试验时间。在耐久性试验的中途应使电容器断电,在环境温度下的静止空气中使其冷却,并按照 5.9 对其进行 1 000 次放电,但是峰值电流为  $1.4\hat{I}$ ,  $\hat{I}$  为最大峰值电流(见 3.20)。

放电频率应由制造商决定。

应尽快再次对电容器通电以完成试验。

表 3 耐久性试验

电容器类型	$U_t$	试验步骤	温度	持续时间或放电次数
直流	$1.4U_{NDC}$	$1.4U_{NDC}$	试验温度	250 h
		$1.4\hat{I}$	室温	1 000 次
		$1.4U_{NDC}$	试验温度	250 h
	$1.3U_{NDC}$	$1.3U_{NDC}$	试验温度	500 h
		$1.4\hat{I}$	室温	1 000 次
		$1.3U_{NDC}$	试验温度	500 h
交流	$1.35U_N$ (见注 1)	$1.35U_N$	试验温度	250 h
		$1.4\hat{I}$	室温	1 000 次
		$1.35U_N$	试验温度	250 h
	$1.25U_N$ (见注 1)	$1.25U_N$	试验温度	500 h
		$1.4\hat{I}$	室温	1 000 次
		$1.25U_N$	试验温度	500 h

注 1: 此项试验中的条件可与使用条件有所不同,例如,50 Hz 或 60 Hz 可用于所有交流电容器。

注 2: 如果外壳温度超过  $\theta_{max}$ ,则可使用附加冷却。

注 3: 对于由用户和制造商商定的门极可关断晶闸管(GTO)用的阻尼电容器,可由用于交流电容器的纹波电压(单向的) $U_t = U_r = (1.25 \text{ 或 } 1.35)U_N$  进行试验。

#### 5.15.4 最终电容和 $\tan\delta$ 测量

在完成耐久性试验后的两天内,按照 5.15.2 所述进行测量。

#### 5.15.5 验收准则

5.15.2 和 5.15.4 中进行的电容值测量之差应不大于初始值的 3%。并记录损耗。

如果单元/电容器试验失败,应重复试验且不允许再次失败。

### 5.16 破坏试验

#### 5.16.1 概述

进行此项试验旨在给出一个电容器运行性能的说明,以及检验在技术规范限值内安全系统的正确工作。不能保证在此项试验中出现的故障全部是安全的。

此项试验仅适用于带有某些安全系统保护的电容器(见 8.1.1),然而,应考虑下列注释。

由内部熔丝保护的自愈合式电容器应符合 5.17 的规定。对于这种类型的电容器,认为符合 5.17 和符合 5.16 是等效的。

应对无隔离器件但有过压力检测器或拟在使用中有过压力检测器的电容器进行此项试验,并在电容器上标明“仅在过压力检测器下安全运行”。

注:因为在使用中实际条件差异很大,因此在寿命终结时的性能也会有所差异。应在使用中考虑储能、预期短路电流、故障电流持续时间等。符合 5.16 并不保证电容器寿命终结时安全。

根据表 4,进行破坏试验与安全系统的类型以及与电容器的主要应用有关。由制造商选择决定进行施加直流—交流循环或直流—直流循环的试验。制造商应给出故障后电容器从电源中断开的时间。

表 4 破坏试验与系统安全类型的性能关系

单元类型	安全系统	主要用途	试验条款
自愈式	a) 过压力检测器	交流	5.16.2
		直流	5.16.3
	b) 过压力隔离器	交流	5.16.2
		直流	5.16.3
	c) 隔离或非隔离金属化设计	直流/交流	5.16.3
	非自愈式	a) 过压力检测器	交流
直流			5.16.3
b) 内部熔丝		交流	5.17

#### 5.16.2 交流电容器试验顺序

此项试验应在电容器单元上进行。

当制造商明确说明时,可使用已通过耐久性试验的电容器。

试验原理即通过一具有高内阻抗的直流电源来加速元件损坏,并随后施加交流电压检验电容器的性能。对于无内部熔丝的非自愈式电容器可按 5.17.4 来加速损坏,这由制造商选择。电容器应放置在一个具有循环空气的烘箱中,其温度等于电容器运行温度的最高环境空气温度。

当电容器的各个部位均达到烘箱的温度时,应按照图 1 中所示的电路进行以下试验程序。如果电容器由过压力检测器保护,则使用由过压力检测器控制的断路器而不是图 1 中的熔断器。

- a) 选择开关 H 和 K 分别置于位置“1”和“a”，将交流电压源 N 整定为  $1.3U_N$  并记录电容器电流。
- b) 将直流电压源 T 整定到制造商规定的电压和短路电流值，将开关 H 置于位置 2。
- c) 按照制造商的要求，将开关 H 置于位置 3，开关 K 置于位置“b”，以便在一个给定期间保持施加在电容器上的直流试验电压。
- d) 开关 K 随后再次置于位置“a”，以便对电容器施加历时 5 min 的交流试验电压，并再次记录电流。

可能出现以下情况：

- 1) 电流表 I 和电压表 U 均指示零：在这种情况下，应检查熔断器 F 或检查过压力检测器的状态。如果熔断器 F 已熔断，则应予以更换。然后对电容器施加电压 N，如果熔断器再次熔断或者过压力检测器已经工作，则中断程序。如果熔断器 F 没有熔断或过压力检测器还未工作，则仅使用开关 K 继续进行如 c) 和 d) 规定的在电容器上施加电压 T 和电压 N 的试验程序。
- 2) 电流表 I 指示的电流为零，同时电压表 U 指示  $1.3U_N$ ：在这种情况下，中断程序。
- 3) 电流表 I 指示的电流大于零：这种情况下，继续按照 b)、c) 和 d) 项进行各项试验程序。

如果在重复这一程序几次之后，剩余电容仍大于零，或者对于隔离设计的或特殊非隔离设计的自愈式电容器的剩余电容大于初始值的 10%，则可使用另一台试品，和/或提高试验电压和延长试验时间，或者使单元承受一个外部的操作过压力直到隔离器或过压力检测器工作。这一压力值应由制造商给定。

当程序中断时，将电容器冷却至环境温度且按照 5.5 和 5.6 进行端子间的和端子与外壳间的电压试验。如果过压力检测器已动作，则无须进行端子间的电压试验。应对在冷却至环境温度后的检测器状态进行记录。

在电容器端子上，电压源 N 的短路电流应大于  $5I_{max}$ 。

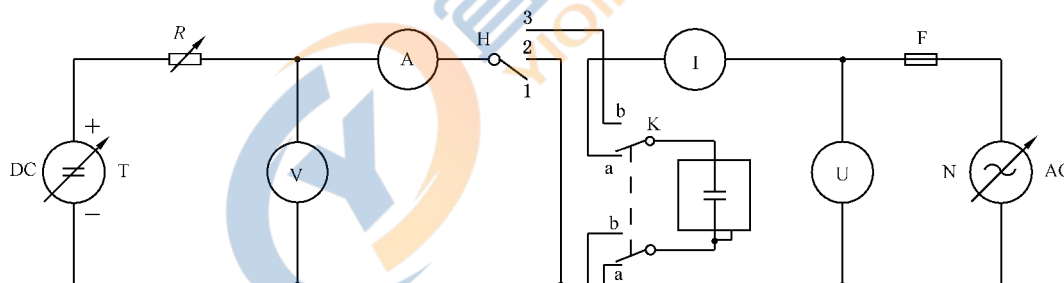


图 1 破坏试验电路

熔断器的额定电流  $I$  不应小于  $2I_{max}$ 。

应使用符合 IEC 60269-1 的熔断器。

注 1：如果电容器单元与其他单元并联连接使用，则应在电源 N 中并联一个相应的电容来进行试验。

注 2：如果电容器单元太大或太小以致不能满足试验参数，则由制造商和用户协商进行试验。

注 3：对于无保护的电容器，爆炸的风险与短路电流的持续时间有关。

当制造商声明  $I^2t$  时，用户应给出理论性资料，这一资料就能帮助设计人员合理地估计爆炸的风险。

### 5.16.3 直流电容器的试验程序

试验应在电容器单元上进行。当制造商明确说明时，可使用已通过耐久性试验的电容器。试验原理是通过一具有高内阻抗的直流电源来加速元件损坏，并随后检验当施加具有叠加交流的高直流电压或施加具有低内阻抗的直流低电压时电容器的性能。

带有内部熔丝的非自愈式电容器可按照 5.17.4 的程序来加速损坏，由制造商选择决定。

电容器应放置在一个具有循环空气的烘箱中，其温度等于电容器运行温度的最高环境温度。

当电容器的各个部位均达到烘箱的温度时,应按照图 1 中所示的电路进行以下试验程序:电压源 N 为叠加纹波电压(交流分量)的直流发生器。

发生器 N 的示例见图 2。

熔断器 F 的额定电流不应小于  $2I_{\max}$ 。应使用符合 IEC 60269-1 的熔断器。如果电容器由过压力检测器保护,则使用由过压力检测器控制的断路器而不是图 1 中的熔断器。

- 选择开关 H 和 K 分别置于位置 1 和“a”,将电压源 N 整定为  $1.3U_{\text{NDC}}$  和  $1.1I_{\text{N}}$ 。
- 将直流电压源 T 整定为制造商指定的值,然后将开关 H 置于位置 2。
- 按照制造商的要求,将开关 H 置于位置 3,开关 K 置于位置“b”,以便在一个给定期间保持施加在电容器上的直流试验 T。
- 开关 K 再次置于位置“a”,以便对电容器施加一次历时 5 min 的叠加试验电压 N,并再次记录电流。

可能出现以下情况:

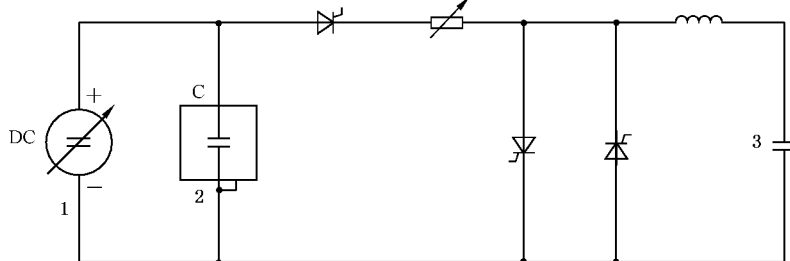
- 电流表 I 和电压表 U 均指示为零。  
在这种情况下,应检查熔断器或过压力检测器。如果熔断器 F 已熔断,则应予以更换。然后对电容器施加电压 N,如果熔断器再次熔断或者过压力检测器已经工作,则中断程序。如果熔断器 F 没有熔断或过压力检测器还未工作,则仅使用开关 K 继续进行如 c) 和 d) 项规定的在电容器上施加电压 T 和电压 N 的试验程序。
- 电流表 I 指示的电流为零且电压表 U 指示  $1.3U_{\text{NDC}}$ 。  
在这种情况下,应中断程序并测量电容。  
如果电容大于零,则按照 b)、c) 和 d) 项继续进行试验程序。
- 电流表 I 指示的电流大于零。  
在这种情况下,继续按照 b)、c) 和 d) 项进行各项试验程序。

如果在重复这一程序几次之后,剩余电容仍大于零,或者对于隔离设计的或特殊非隔离设计的自愈式电容器的剩余电容大于初始值的 10%,则可使用另一台试品,和/或提高试验电压和延长试验时间,或者使单元承受一个外部的操作过压力直到隔离器或过压力检测器工作。这一压力值应由制造商给定。

当程序中断时,将电容器冷却至环境温度并按照 5.5 和 5.6 进行端子间的和端子与外壳间的电压试验。

如果过压力检测器已动作,则无须进行端子间的电压试验。

如果不具备图 2 中的设备,则可根据图 3 使用电源 N。在这种情况下,可通过二极管电桥产生一个大的直流电流。直流发生器和交流发生器可进行调节。



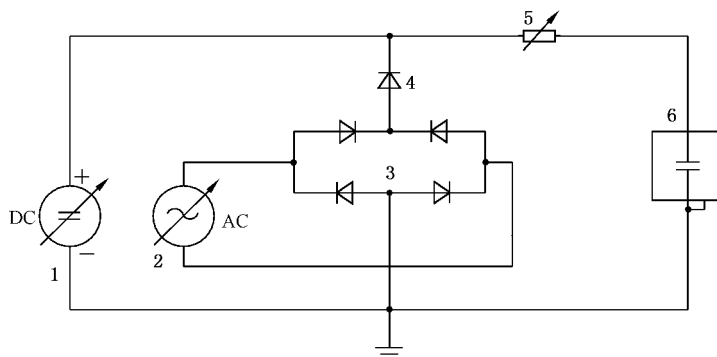
说明:

- 高电压、大电流直流发生器;
- 试品;
- 逆变器、晶闸管、电感器。

图 2 直流电源 N——类型 1

5.16.3 的 a)项应做如下修改：“选择开关 H 和 K 分别置于位置 1 和 ‘a’，将电压源 N 整定为  $1.3U_N$ ”。

在电容器端子上，电压源 N 的短路电流应大于  $5I_{max}$ 。



说明：

- 1——高电压、小电流(300 mA)直流发生器；
- 2——低电压、大电流交流发生器；
- 3——低电压整流桥；
- 4——阻塞高压整流器；
- 5——短路电流调整器；
- 6——试品。

图 3 直流电源 N——类型 2

注 1：如果电容器单元与其他单元并联连接使用，则电源 N 应并联一个相应的电容来进行试验。

注 2：应选择交流电压以允许短路电流流过。

注 3：如果电容器单元太大或太小以致不能满足试验参数，则应由制造商和用户协商进行试验。

对于隔离设计的或特殊非隔离设计的自愈式电容器，可由制造商和用户协商确定其他方法来验证当电容损失大于其 90%时的电容器的能力。

## 5.17 内部熔丝的隔离试验

### 5.17.1 概述

此项试验适用于装有内部熔丝的非自愈式电容器。

熔丝与元件串联连接，一旦元件发生故障，熔丝用来隔离该元件。因此，熔丝的电流和电压范围取决于电容器的设计，在某些情况下也取决于该熔丝所接入的电容器组的设计。

内部熔丝的动作通常取决于以下两个因素或其中之一：

- 与故障元件或单元相并联的元件或单元的放电能量；
- 通过的故障电流。

注：如果单元是由外部熔断器保护的，则进行试验时应带有由电容器制造商建议的外部熔断器进行试验。

### 5.17.2 隔离要求

当元件在  $u_1$  和  $u_2$  电压范围内发生电击穿时，熔丝应能将故障元件隔离，其中  $u_1$  和  $u_2$  分别为故障瞬间电容器单元端子间电压的最低值和最高值。

$u_1$  和  $u_2$  的推荐值如下：

$$u_1 = 0.8\sqrt{2}U_N$$

$$u_2 = \sqrt{2}U_1$$

式中：

$U_1$ ——试验电压。

注：上述  $u_1$  和  $u_2$  的值是根据在元件电击穿的瞬间电容器单元端子间通常可能出现的电压而确定的。如果  $u_1$  和  $u_2$  的值与标准值不同，则用户应予以规定。

### 5.17.3 承受要求

动作之后，熔丝装置应承受全部的元件电压，再加上因熔丝动作产生的任何不平衡电压以及在电容器寿命期间正常受到的任何短时暂态过电压。

在电容器寿命期间内部熔丝应能够：

- 连续通过  $1.1I_{\max}$  的最大单元电流；
- 承受单元的涌流 ( $\hat{I}_S$ )；
- 通过因元件击穿而产生的放电电流；
- 承受放电试验。

注：熔丝和隔离器的保护导则见 9.13。

### 5.17.4 试验程序

熔丝的隔离试验在电压上限和电压下限时进行。施加上限直流试验电压  $u_2$  (见 5.17.2) 直到至少一只熔丝熔断。然后，立刻将电压降至  $0.8U_N$  直到另一只熔丝熔断。

在整个试验过程中，应测量单元两端的电压。如果紧临熔丝动作前和紧临熔丝动作后的电压相差超过 10%，则应与被试单元并联连接一个附加电容，重新进行试验。此试验可在新单元上重新进行，由制造商自行决定。

如果内部只有一只熔丝，则熔丝试验可在一个完整电容器单元上进行也可在两个单元上进行。可采用以下试验程序 a)、b)、c) 和 d) 项中的一种，或采用其他方法，由制造商选择决定。

最好选用能在标准单元进行试验的方法。

#### a) 元件的机械击穿

元件的机械击穿就是将一个钉子通过预先在外壳上钻好的孔强行打入元件。

注 1：不能保证仅仅只有一个元件击穿。

注 2：为了限制沿着钉子或通过钉子打穿的洞对外壳放电的可能性，可使用由绝缘材料制造的“钉子”和/或与外壳固定连接的，或在试验时与外壳连接的元件上进行刺穿。

#### b) 元件的电击穿(第一种方法)

在试验单元内的一些元件的电介质层间插入诸如插片之类。每一个插片连接到各自的端子上。

为使装有插片的元件击穿，在改装的元件的任一极板与插片之间施加一个足够高的冲击电压。

应在试验中记录电容器的电流和/或电压。

#### c) 元件的电击穿(第二种方法)

在试验单元内的某些元件的电介质层间插入一个与两个附加插片连接的短熔丝线，每一个插片连接到各自的绝缘端子上。

要使装有熔丝线的元件击穿，用一台充有足够能量的单独电容器对熔丝线放电，来激发元件击穿。

应在试验中记录电容器的电流和/或电压。

#### d) 元件的电击穿(第三种方法)



在制造时将单元内一个元件(或几个元件)电介质的一小部分除去换成较差的电介质。例如:除去膜—纸—膜电介质的  $10\text{ cm}^2 \sim 20\text{ cm}^2$ ,换成两张薄纸。

在上限电压下,允许有另外一只(装有熔丝的直接并联的元件的十分之一)接在完好元件上的熔丝损坏。

在击穿后试验电压应维持数秒钟(最少 10 s)以确保熔丝已起到正确的隔离作用,而无需断开电源。

在特殊情况下,可能需要延长试验直到发生两个或更多个电容器元件击穿。在这种情况下,在每一电压极限下的击穿数量应由制造商和用户协商确定。如果击穿次数超量的话,5.17.7 所述的电压就必须提高。

注 1: 在进行此项试验时应当采取预防措施,以防止电容器单元可能发生爆炸。

注 2: 如果电容器内部元件有串联连接,则建议在每一项试验之后给所有的串联元件放电。

### 5.17.5 电容测量

试验之后,应测量电容以证明熔丝已熔断。

测量方法应足够灵敏以检测出因一只熔丝熔断而导致的电容变化。

### 5.17.6 外观检查

在隔离试验之后,外壳不应出现严重变形。

### 5.17.7 电压试验

单元应承受一次历时 10 s 的电压试验,不得再有熔丝动作。除非制造商和用户按照 5.17.4 中 d) 项的规定另有协议,此耐受试验电压一般等于表 1 中规定的试验电压。

## 6 过负荷

### 6.1 最高允许电压

电容器单元应适用于运行在表 5 所示的电压水平和持续时间内无任何故障。应当认识到,在任何长时期高于额定电压值下的运行都将缩短整个产品寿命。

表 5 最高允许电压

过 电 压	一天之内的最长持续时间	说 明
$1.1U_N$	有负荷时间的 30%	系统调整
$1.15U_N$	30 min	系统调整
$1.2U_N$	5 min	系统调整
$1.3U_N$	1 min	系统调整
<p>注 1: 在电容器寿命中允许有 <math>1.5U_N</math>、历时 30 ms 的过电压 1 000 次。 可以耐受而不显著降低电容器寿命的过电压幅值取决于其持续时间、施加次数和电容器温度。 另外,这些值是假设当电容器的内部温度低于 <math>0\text{ }^\circ\text{C}</math> 但仍在温度类别之内时可能出现的过电压。</p> <p>注 2: 平均施加电压不得高于规定电压。</p>		

## 7 安全要求

### 7.1 放电器件

对于某些电力电子电容器,并不适宜采用放电电阻。当用户有要求时,应提供将每一电容器单元或电容器组在 10 min 之内从初始电压  $U_N$  或  $U_{NDC}$  放电到 75 V 或更低的装置。

在发货以前,无放电电阻且能量在 100 J 以上的电容器应通过端子间和端子与外壳间的短路来保护。

在电容器单元和这种放电器件之间不得有开关、熔断器或其他隔离器件。

放电器件不能代替在接触电容器之前将电容器端子短接在一起并接地。

如果电路特性能够保证在上述规定时间内电容器的放电,则应认为直接与其他可提供放电通道的电气设备相连接的电容器能正常放电。

放电回路必须有足够的载流能力以使电容器从最高过电压的峰值放电。

### 7.2 外壳连接

为使电容器金属外壳的电位得以固定和在发生外壳击穿时能够承担故障电流,外壳必须备有适于承受故障电流的连接件,或者留有一适合安装接线夹的未着漆、不腐蚀的金属区。

### 7.3 环境保护

当电容器是用不允许扩散到环境中的材料浸渍时,应采取预防措施。在我国,对此还有法律要求。

用户应对适用于我国的标志详细说明一些特殊要求(见 8.1.1 的注 3)<sup>1)</sup>。

燃烧产品应符合环保要求。端子需要用自熄材料(试验温度 750 °C;见 IEC 60695-2-11 或 IEC 60695-2-12)。

### 7.4 其他安全要求

如询问时,用户应详细说明与适用于安装电容器的我国安全规则有关的任何特殊要求。

## 8 标志

### 8.1 单元的标志

#### 8.1.1 铭牌




每一电容器单元的铭牌上均应给出下列资料:

- 制造商;
- 识别编号和制造日期。制造日期可是识别编号的一部分或以符号形式标出;
- 电容( $\mu\text{F}$ );
- 电容偏差(%);
- $U_{NDC}$  或  $U_N$ (V);
- $U_i$ (V,交流)(如果有规定,见 3.19);
- $P_{\max}$ (可选择的)(W);
- $f_2$ (可选择的)(Hz);

1) 经核对,IEC 原文中的“(见 8.1.2)”应为“(见 8.1.1 的注 3)”。

- $I_{\max}$  (可选择的)(A);
- $\hat{I}_s$  (如果有时)(A);
- $\theta_{\min}$  (°C);
- $\theta_{\max}$  (°C);
- 最大拧紧力矩(Nm)(见注 2);
- 冷却介质的类型和温度(仅适用于强迫冷却——见第 4 章);
- GB/T 17702—2013。

如果适用,可增加以下标记:

- 表示内部放电器件;
- 表示内部熔丝或隔离器;
- SH, 或 表示自愈式电容器;
- 保护类别:保护/未保护。

注 1: 电容器单元上的标志位置应由制造商和用户协商确定。

注 2: 对于小单元,如果不能在铭牌上标出上列所有的项目时,有些项目可在说明书中给出。

注 3: 附加数据可附在铭牌上,或附加警告牌上,由制造商和用户协商确定。

## 9 安装和运行导则

### 9.1 总则

过应力和过热都会缩短电容器的寿命,所以应严格控制运行条件(即温度、电压、电流和冷却)。

由于电容器的类型不同且涉及的因素很多,不可能用简单的规则来概括所有可能情况下的安装和运行。

下面给出的资料必须重视。此外,应遵守制造商的使用说明书。有 7 项主要应用:

- a) 内部过电压保护:在缓冲电容器上多个正弦电压的部分;电压均可与一定数量的叠加直流电压来交替作用;
- b) 直流谐波滤波电容器上通常施加的是直流电压叠加非正弦交流电压;
- c) 切换电路:换向电容器上通常施加的是梯形电压;
- d) 外部交流过电压保护;
- e) 外部直流过电压保护;
- f) 内部交流谐波滤波器;
- g) 直流储能:辅助电容器。通常施加直流电压并以高峰值电流周期性地充电和放电。

### 9.2 额定电压的选取

电容器的额定电压应等于周期性电压的峰值,这主要不是因为内应力,而是因为在电力电子设备中高的  $dV/dt$  值可以引起影响电容器寿命的局部放电和损耗。

电力电子设备中的多数应用呈现变动负荷。因此,制造商和用户就额定电压和真实电压应力进行广泛讨论是十分必要的。

只有在紧急情况下,电容器才可在最高允许电压和最高运行温度同时出现的情况下运行,并且只能是短时的(见表 5)。

注: 制造商可绘制出使用电压与频率和环境温度( $\theta_{amb}$ )之间的函数曲线。

### 9.3 运行温度

应对电容器的运行温度予以重视,因为运行温度对电容器的寿命有很大的影响。

温度超过  $\theta_{\max}$  会加速电介质的电化学老化。

温度低于  $\theta_{\min}$  或从热到冷急剧变化会引起电介质的局部放电老化。

### 9.3.1 安装

电容器应放置在能使电容器损耗所产生的热量以对流、传导和辐射的方式得到充分散发的地方。由相关设备所产生的损耗也应考虑在内。

运行中的电容器外壳的冷却和电容器单元的布置应对每个单元提供足够的冷却。这对成排叠装的单元尤为重要。

受到来自太阳或任何高温表面的辐射,电容器温度将会增高。

安装之后,有必要检验在最高使用条件(电压、电流和冷却温度)下外壳温度是否低于  $\theta_{\max}$ 。

根据冷却效率以及辐射的强度和持续时间,可能需要采取下列的预防措施之一:

- 防止电容器受到辐射;
- 选择为用于较高工作空气温度而设计的电容器或使用额定电压高于第4章和9.2中所规定电压的电容器;
- 安装在海拔高于1 000 m的电容器会承受散热条件变差的作用;这一点在确定单元功率时应予以考虑。

### 9.3.2 非正常冷却条件

在异常情况下,入口温度可高于最大值55℃并且应使用特殊设计的电容器或有较高额定电压的电容器。

### 9.4 特殊使用条件

除了高环境温度之外,还容易遇到其他不利的使用条件。当用户了解到这些情况后,则应在订购电容器时告知制造商。

这些信息也应提供给电容器安装时所有相关设备的供应商。

最重要的条件如下:

- a) 频繁出现高相对湿度期  
这可能需要使用特殊设计的绝缘子。应注意到凝结于外部熔断器表面的潮气有将其分流的可能性。
- b) 霉菌生长迅速  
金属、陶瓷材料、一些油漆和清漆均不利于霉菌的生长。当使用杀菌剂时,其毒性仅能保持几个月;总之,在尘埃等会集落的装置上,都可能滋长霉菌。
- c) 在工业区和沿海地区出现腐蚀性大气  
应注意的是在较高温度的气候中腐蚀性大气的作用要比在温和气候中严重得多。强腐蚀性大气甚至在户内使用时也可能出现。
- d) 污秽  
当电容器安装于高污秽区域时,应采取特殊预防措施。
- e) 海拔超过1 000 m  
在海拔超过1 000 m地区使用的电容器会承受特殊条件的作用。应由用户和制造商协商选取类型(见4.2)。

### 9.5 过电压

6.1中规定了过电压倍数。

如果估计过电压的次数较少或温度环境不太恶劣,在制造商同意的情况下,可以增大过电压倍数。

应对易于遭受高的雷电过电压的电容器进行适当的保护。如果采用避雷器,应将其尽可能靠近电容器放置。

在非正常使用条件下的暂态过电压会导致选择较高额定电压的电容器。

当过电压高于表 5 中(即电容器直接与线路连接)允许的值,则要求在制造商和用户协商一致的情况下进行较高的电压试验。

## 9.6 过电流

电容器不应在电流超过 3.20、3.21 和 3.22 规定的最大参数值下运行。

当电容器接入电路或设备切换时可能会出现高幅值和高频率的暂态过电流。这就有必要将这些暂态过电流降低到有关电容器或设备可以接受之值。

## 9.7 投切和保护装置

投切和保护装置以及连接件应能承受由高幅值和高频率的暂态过电流所导致的电动力和热应力,此暂态过电流可能在关合时或其他情况下发生。

如果考虑到电动力和热应力会导致尺寸过大,则应采取防止过电流的特殊保护措施。

注:尤其是应选取具有足够热容量的熔断器。

## 9.8 爬电距离和间隙的选取

### 9.8.1 爬电距离

可采用 IEC 60664-1 中给出的推荐方法。用户应规定哪种污秽等级或具体爬电距离是适用的。IEC 60947-1 中的表 15 给出了不同污秽等级的具体爬电距离。

### 9.8.2 空气间隙

空气间隙距离选择导则见 IEC 60947-1。IEC 60947-1 的表 13 中给出了不同冲击电压的具体电气间隙。

## 9.9 连接件

连接到电容器的电流引线能够散发来自电容器的热量。同样的,电流引线也能够将外部连接件中产生的热量传送到电容器中。

因此需要保持连接到电容器的连接件的温度总是低于电容器本身的温度。

电容器电路中的任何不良接触都可能引起电弧和造成高频振荡,这可能使电容器过热和过电压。

因此建议定期检查所有电容器设备的接触点和电容器的连接件。

## 9.10 电容器的并联连接

在设计电容器作并联连接的电路时,必须特别留意,因为存在两种可能的危险:

a) 电流分配取决于电流通道中的电阻和电感的微弱差异,所以其中的一台电容器可能容易过负荷;

b) 由于电力电子设备往往会遇到高频,因此,其内部连接通常要设计得具有低电感和低电阻。

因而,当一台电容器出现短路故障时,并联电容器的全部能量将急剧地向击穿点耗散。

通常,不可能用限流熔断器将该单元隔离。

在这种情况下必须采取特殊措施。

### 9.11 电容器的串联连接

在直流电容器中,由于单元的绝缘电阻的差异,为了安全因素的考虑,应通过电阻分压器来确保单元之间的电压分配正确。电阻器的寿命不得低于设备的寿命。

注:电阻器的断开会导致受影响的电容器过度充电。

由于整体的放电器件将泄放剩余电荷,因此,具备长关断期的交流电压和长关断期的间歇直流应用均不需要特殊分压器。

单元的绝缘电压应适于串联结构。

### 9.12 磁损耗和涡流

在电力电子设备中导体的强磁场可能使磁性外壳反复磁化并在所有的金属部件中产生涡流,并由此产生热量。

因此需要将电容器置于离强电流导体有一安全距离之处,并尽可能避免使用磁性材料。

### 9.13 电容器内部的内部熔丝和隔离器的保护导则

熔丝与元件串联连接,一旦元件发生故障,熔丝用来隔离该元件。元件击穿后,与其连接的熔丝将熔断,并把该元件和电容器其余部分隔离,允许单元继续运行。当使用串联连接时,一只或多只熔丝的熔断将导致电容器组内的电压变化。

完好单元上的电压不应超过 5.17 中给出的值。

根据单元的内部连接,一只或多只熔丝的熔断还可能引起单元内的电压变化。

在串联组内的其余元件工作电压会升高,并且制造商应根据客户要求给出由于熔丝熔断所引起的电压升高的详细说明。

由于电容器的自愈特性,击穿并不危险,电流也不会显著增大。但是,万一压力增大(例如,由热不稳定性引起,这会在电容器寿命终结时发生,或在某些情况下,也可能由于过度过负荷导致的自愈击穿次数过多引起),则自愈式电力电子电容器应由过压力隔离器或过压力检测器来保护。

这些器件并不用于内部短路保护。

### 9.14 无保护的电容器导则

对于电力电子电容器,用户必须通过合格安装来确保不会因为故障电容器而出现危险。这一要求尤其适用于无保护的电容器。

附录 A  
(资料性附录)  
波形

通过梯形电压为例来解释电力电子电容器波形定义,见图 A.1。

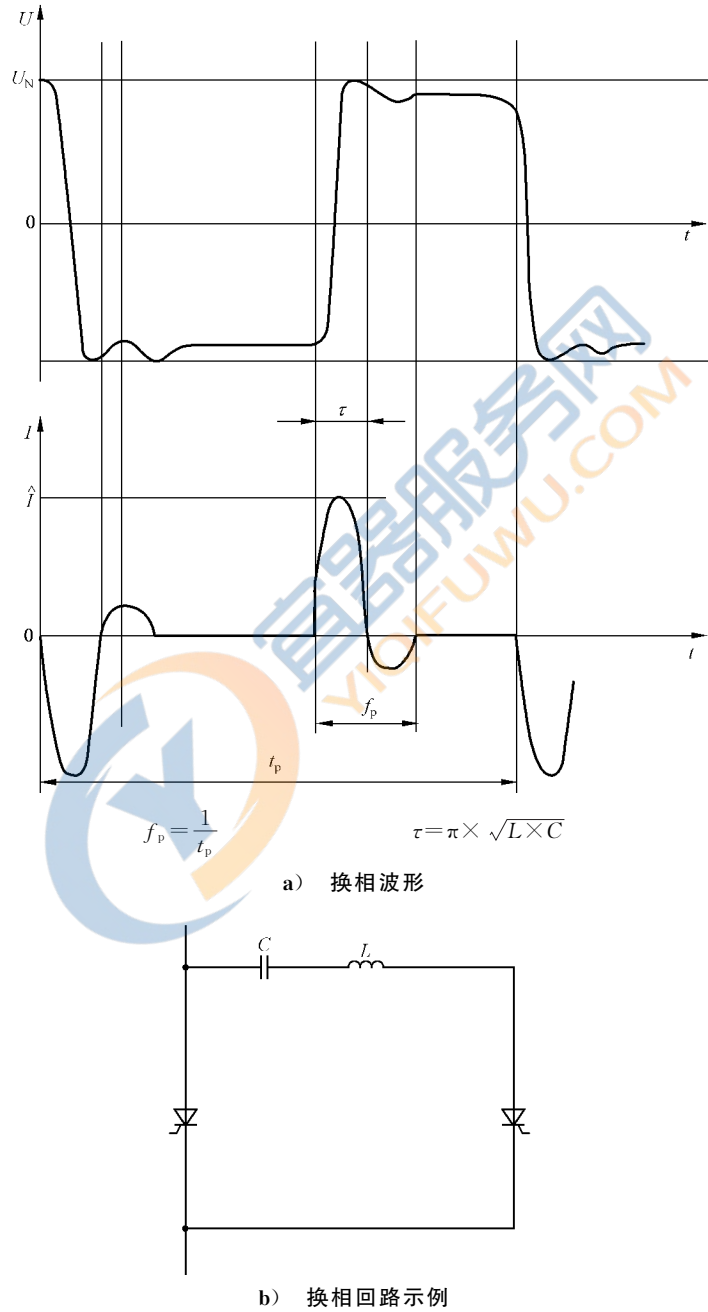
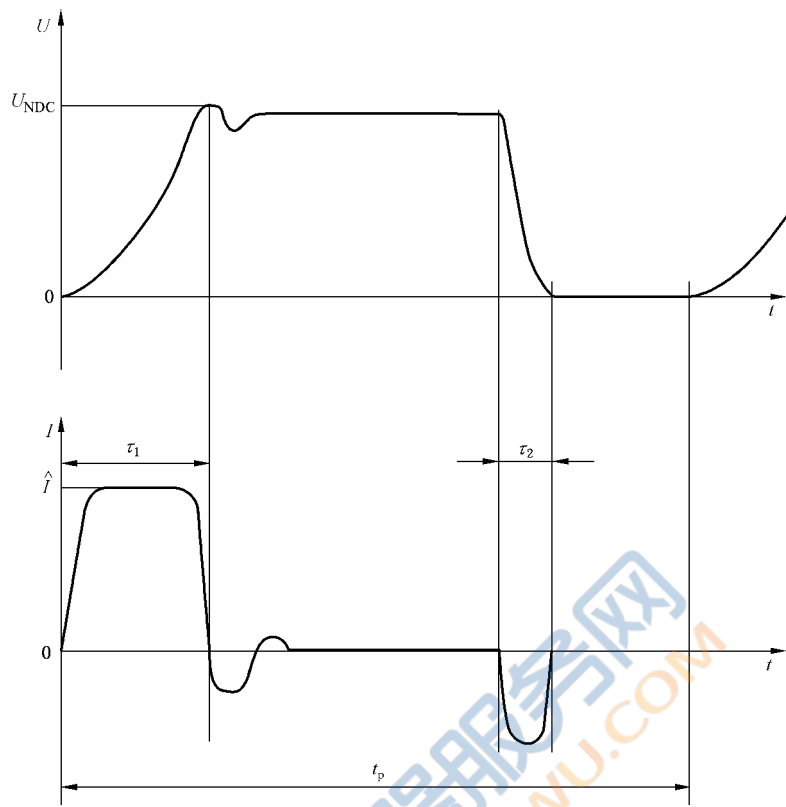
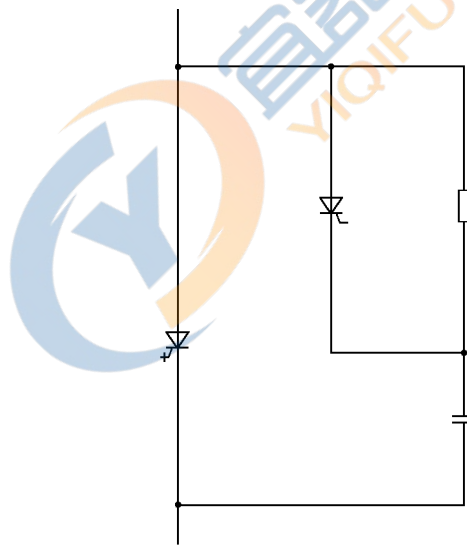


图 A.1 波形及其回路示例



c) 门极可关断晶闸管用阻尼电容器波形



d) 阻尼回路示例

说明：

- $\tau$  —— 电容器的电流脉冲宽度；
- $t_p$  —— 系统脉冲持续时间；
- $f_p$  —— 系统脉冲频率；
- $U_N$  —— 峰值周期电压；
- $\hat{I}$  —— 峰值电流；
- $L$  —— 与电容器串联连接的导体电感；
- $C$  —— 电容器电容值。

图 A.1 (续)



附录 B  
(规范性附录)

具有作为频率函数的正弦电压并在最高温度( $\theta_{\max}$ )下的电容器运行限值

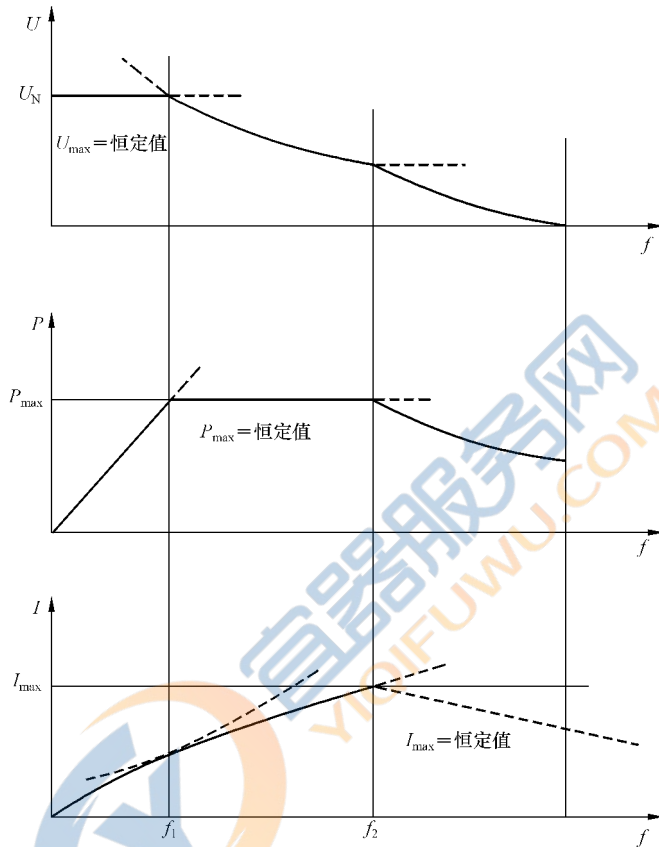


图 B.1 电源条件

最高电压通常是电介质厚度( $a$ )、固有场强( $E_D$ )和温度( $\theta$ )的函数。

$$U_{\max} = f(E_D, a, \theta)$$

对于  $f \leq f_1$  的频率范围, 下式有效:

$$U_{\max} = U_N$$

$f_1$  为电容器的损耗功率达到最大值时的频率:

$$P_{\max} = \frac{U_N^2}{2} \omega \times C \tan \delta_1 \quad \omega = 2\pi f_1$$

$f_2$  为最大电流( $I_{\max}$ )下电容器中产生最大损耗功率( $P_{\max}$ )时的频率。

对于  $f_1$  到  $f_2$  的频率范围:

$$P_{\max} = \text{恒定值}$$

而  $f_2$  为有效电流达到最大值时的频率:

$$I = I_{\max}$$

超过最高频率, 最大电流将会由于集肤效应等而下降。

电容器的特性值如下:

$U_{\max}$  ——最高电压；

$P_{\max}$  ——最大损耗功率；

$\tan\delta_1$  ——在频率  $f_1$  下的电容器损耗角正切；

$\tan\delta_2$  ——在频率  $f_2$  下的电容器损耗角正切；

$f_2$  ——满功率损耗和最大电流时的最高频率；

$I_{\max}$  ——最大电流方均根值。

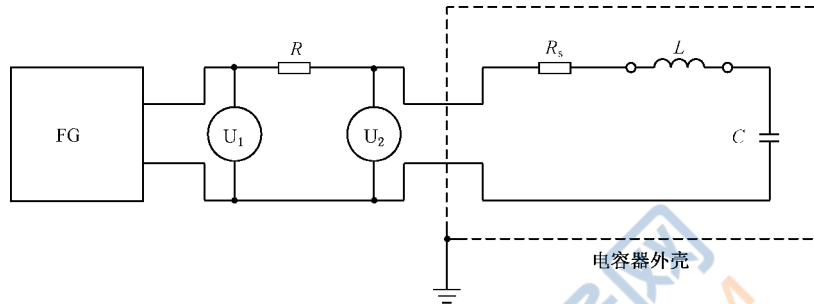
注：建议热稳定性试验条件如下：

$$1.21P_{\max} = \frac{U^2}{2} \times \omega_2 \times C \times \tan\delta_2 = 1.21 \times \frac{I_{\max}^2}{\omega_2 \times C} \times \tan\delta_2 \quad \omega_2 = 2\pi f_2$$



附录 C  
 (规范性附录)  
 谐振频率测量方法——示例

C.1 方法 1



说明:

FG —— 可变频率发生器;

$R$  —— 与被试电容器的端子直接连接的无感型负荷电阻;

$R_s$  —— 电容器的等效串联电阻;

$L$  —— 电容器的等效串联电感;

$C$  —— 电容器的电容;

$U_1$ 、 $U_2$  —— 电子电压表。

图 C.1 测量回路

通过改变频率并保持  $U_1$  恒定,就有可能绘制出表示电容器端电压和电源频率之间的关系曲线。  
 $U_2$  的最小电压值对应于谐振频率( $f_r$ )。  
 连接线应尽可能短。

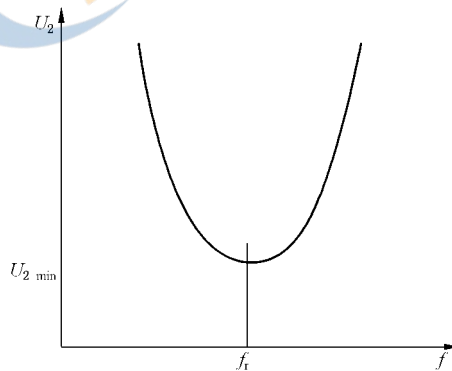


图 C.2 电容器端电压和电源频率之间的关系曲线

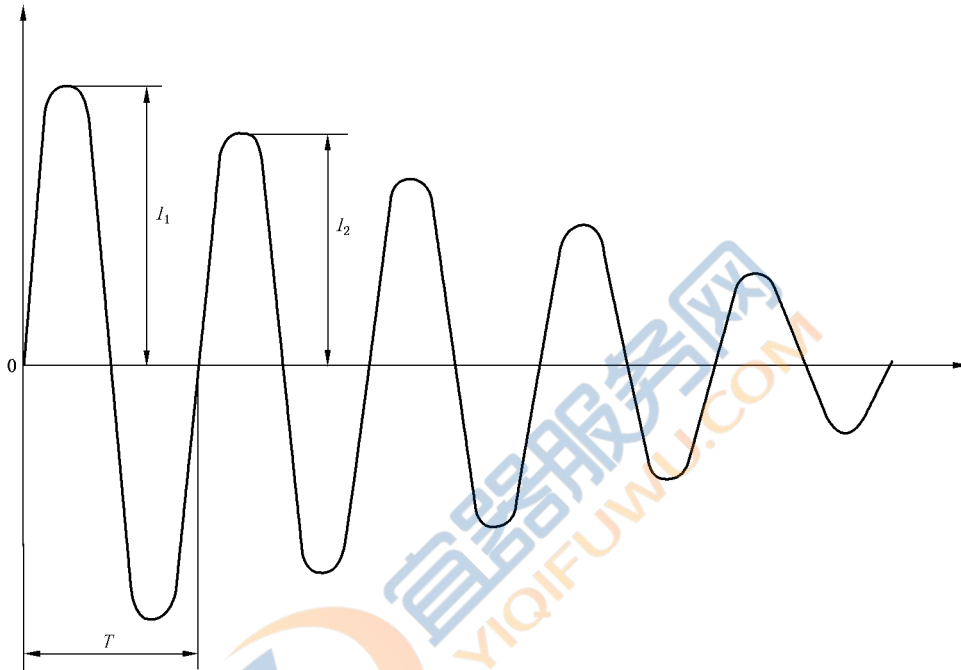
## C.2 方法 2

以直流电对单元充电,然后通过直接位于电容器端子处的间隙放电。

通过示波器来记录放电电流的波形。

$f_r$ 是由时间轴线相交的数目计算得出。

放电波形的形状为等效串联电阻和杂散电感的函数。



注：使用第二种方法测量放电频率,如果阻尼因数低且外部连接件的电感与内部连接件的电感相比可忽略不计,则放电频率等于自谐振频率。

在任何情况下,计算自感都可将阻尼因数考虑在内。

图 C.3 放电电流波形

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.16—1996 电工术语 电力电容器[neq IEC 60050(436):1990]
- [2] IEC 60077-1:1999 Railway applications—Electric equipment for rolling stock—Part 1: General service conditions and general rules
- [3] IEC 60077-2:1999 Railway applications—Electric equipment for rolling stock—Part 2: Electrotechnic components—General rules
- [4] IEC 60146-1-1:1999 Semiconductor convertors—General requirements and line commutated convertors—Part 1-1: Specification of basic requirements
- [5] IEC 61287-1:2005 Railway applications—Power convertors installed on board rolling stock—Part 1: Characteristics and test methods
- [6] IEC 60110-1:1998 Power capacitors for induction heating installations—Part 1: General
- [7] IEC 60110-2:2000 Power capacitors for induction heating installation—Part 2: Ageing test, destruction test and requirements for disconnecting internal fuses
- [8] IEC 60143(all parts) Series capacitors for power systems
- [9] IEC 60252-1:2001 AC motor capacitors—Part 1: General—Performance, testing and rating—Safety requirements—Guidance for installation and operation
- [10] IEC 60252-2:2003 AC motor capacitors—Part 2: Motor start capacitors
- [11] IEC 60358:1990 Coupling capacitors and capacitor dividers
- [12] IEC 60384-14:2005 Fixed capacitors for use in electronic equipment—Part 14: Blank detail specification—Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains
- [13] IEC 60831-1:1996 Shunt power capacitors of the self-healing type for a. c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V—Part 1: General—Performance, testing and rating—Safety requirements—Guide for installation and operation
- [14] IEC 60831-2:1995 Shunt power capacitors of the self-healing type for a. c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V—Part 2: Ageing test, self-healing test and destruction test
- [15] IEC 60871-1:2005 Shunt capacitors for a. c. power systems having a rated voltage above 1 000 V—Part 1: General
- [16] IEC 60871-2:1999 Shunt capacitors for a. c. power systems having a rated voltage above 1 000 V—Part 2: Endurance testing
- [17] IEC 60931-1:1996 Shunt power capacitors of the non-self-healing type for a. c. systems having a rated voltage up to and including 1 kV—Part 1: General—Performance, testing and rating—Safety requirements—Guide for installation and operation
- [18] IEC 60931-2:1996 Shunt power capacitors of the non-self-healing type for a. c. systems having a rated voltage up to and including 1 kV—Part 2: Ageing test and destruction test
- [19] IEC 61048:2006 Auxiliaries for lamps—Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits—General and safety requirements
- [20] IEC 61049:1991 Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits—Performance requirements

- [21] IEC 61270-1:1996 Capacitors for microwave ovens—Part 1:General
- [22] IEC 61881:1999 Railway applications—Rolling stock equipment—Capacitors for power electronics
- 





中华人民共和国  
国家标准  
电力电子电容器

GB/T 17702—2013/IEC 61071:2007

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.gb168.cn](http://www.gb168.cn)

服务热线: 010-51780168

010-68522006

2013年5月第一版

\*

书号: 155066 · 1-47246

版权专有 侵权必究



GB/T 17702-2013