



中华人民共和国国家标准

GB/T 11024.4—2019
代替 GB/T 11024.4—2001

标称电压 1 000 V 以上交流电力系统用 并联电容器 第 4 部分：内部熔丝

Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V—
Part 4: Internal fuses

(IEC 60871-4:2014, MOD)

2019-03-25 发布

2019-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 性能要求	1
4.1 概述	1
4.2 隔离要求	1
4.3 承受要求	2
5 试验	2
5.1 例行试验	2
5.2 型式试验	2
5.3 内部熔丝的隔离试验	3
附录 A (规范性附录) 内部熔丝隔离试验方法	4
A.1 概述	4
A.2 试验方法	4
附录 B (资料性附录) 熔丝保护配合导则	6
B.1 概述	6
B.2 保护顺序	6

前 言

GB/T 11024《标称电压 1 000 V 以上交流电力系统用并联电容器》分为 4 个部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：老化试验；
- 第 3 部分：并联电容器和并联电容器组的保护；
- 第 4 部分：内部熔丝。

本部分为 GB/T 11024 的第 4 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 11024.4—2001《标称电压 1 kV 以上交流电力系统用并联电容器 第 4 部分：内部熔丝》，与 GB/T 11024.4—2001 相比主要技术变化如下：

- 更新了规范性引用文件(见第 2 章,2001 年版的第 2 章)；
- 增加了“电容器元件的额定电压 U_{Nc} ”的术语和定义(见 3.1)；
- 修改了隔离要求中 u_2 的值(见 4.2,2001 年版的 4.2)；
- 增加了交流滤波电容器内部熔丝的隔离试验上限电压要求(见 4.2、4.3 和 5.3.1)；
- 增加了无内部放电电阻电容器内部熔丝的隔离试验要求(见 5.2)。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 60871-4:2014《标称电压 1 000 V 以上交流电力系统用并联电容器 第 4 部分：内部熔丝》。

本部分与 IEC 60871-4:2014 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件,本部分做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下：
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 11024.1—2019 代替了 IEC 60871-1:2005。
- 增加了交流滤波电容器内部熔丝的隔离试验上限电压要求,以选择适合交流滤波电容器的试验电压(见 4.2、4.3 和 5.3.1)；
- 增加了无内部放电电阻电容器内部熔丝的隔离试验要求,以确保试验电荷安全释放(见 5.2)。

本部分做了下列编辑性修改：

- 按照 GB/T 1.1—2009 的要求,重新编写了第 1 章。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国电力电容器标准化技术委员会(SAC/TC 45)归口。

本部分起草单位：西安高压电器研究院有限责任公司、无锡赛晶电力电容器有限公司、深圳市三和电力科技有限公司、西安 ABB 电力电容器有限公司、新东北电气集团电力电容器有限公司、桂林电力电容器有限责任公司、西安西电电力电容器有限责任公司、上海思源电力电容器有限公司、厦门法拉电子股份有限公司、日新电机(无锡)有限公司、上海库柏电力电容器有限公司、吴江市苏杭电气有限公司、安徽华威新能源有限公司、国网浙江省电力公司电力科学研究院、国网浙江省电力公司绍兴供电公司、国网安徽省电力公司电力科学研究院、河南省豫电中原电力电容器有限公司、合容电气股份有限公司、上海永锦电气集团有限公司、绍兴市上虞电力电容器有限公司、国网四川省电力公司电力科学研究院、安徽源光电器有限公司、无锡宸瑞新能源科技有限公司、指月集团有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、山东泰开电力电子有限公司。

本部分主要起草人：贺满潮、杨一民、吕韬、元复兴、贾华、刘菁、李怀玉、葛锦萍、王崇祜、董海健、杨昌兴、江钧祥、郭庆文、赵鑫、陈晓宇、赵启承、王瑜婧、颜红岳、沈小益、胡学斌、陶梅、冯秀琴、雷乔舒、

GB/T 11024.4—2019

王栋、王耀、周春红、黄顺达、张宗喜、陈柏富、付忠星、钱君毅、王培波、王明毫、马志钦、华丽娜、章新宇、万鹏。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 11024.4—2001。



标称电压 1 000 V 以上交流电力系统用 并联电容器 第 4 部分：内部熔丝

1 范围

GB/T 11024 的本部分规定了电力电容器试验的要求并提供熔丝保护配合的导则。

本部分适用于断开故障电容器元件的内部熔丝(简称熔丝),从而允许该电容器单元的其余部分以及接有该电容器单元的电容器组继续运行。这种熔丝不作为诸如断路器之类的开关装置代替件或者电容器组或其中任一部分的外部保护的代替件。

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。

GB/T 11024.1—2019 标称电压 1 000 V 以上交流电力系统用并联电容器 第 1 部分：总则 (IEC 60871-1:2014,MOD)

3 术语和定义

GB/T 11024.1—2019 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电容器元件的额定电压 **rated voltage of a capacitor element**

U_{Ne}

设计电容器元件时所规定的交流电压方均根值。

4 性能要求

4.1 概述

熔丝与元件串联连接,一旦元件发生故障,则用此熔丝来断开。因此熔丝的电流与电压的范围取决于电容器的设计,在某些情况下也取决于熔丝接入的电容器组。

这些要求对于用具有非常低的重击穿概率的 C2 级断路器投切的电容器组或电容器是有效的。如果断路器不是具有非常低的重击穿概率的,则应由制造方和购买方协商另外的要求。

通常,内部熔丝的动作取决于下列两个因素或之一:

- 与故障元件或单元相并联的元件或单元的放电能量;
- 工频故障电流。

由一些熔丝熔断引起的额外的电流和电压,宜在设计中考虑。

4.2 隔离要求

当元件在 u_1 至 u_2 电压范围内发生电击穿时,熔丝应能隔离故障元件,其中 $u_1 = 0.9 \times \sqrt{2} U_{Ne}$, $u_2 =$

$2.5 \times \sqrt{2} U_{Nc}$ (对于交流滤波电容器, $u_2 = 2.2 \times \sqrt{2} U_{Nc}$), 分别为故障瞬间元件电压的最低与最高(瞬时)值。

u_1 至 u_2 的范围是基于在元件电击穿瞬间电容器元件上通常可能出现的电压。 u_2 值是瞬时性的, 大多数与投切操作有关, 元件串联段中并联元件的提前断开(在保护动作之前)会形成额外的电压增加(参见附录 B 的 B.1)。

如果因为电容器的不同应用而导致并非上述值的 u_1 和 u_2 值, 例如, 对于滤波电容器或当保护设置限制了过电压值时, 则应根据制造方与购买方之间的协议改变上限和下限试验电压。

4.3 承受要求

熔丝装置在动作后, 应能承受全元件电压, 加上由于熔丝动作导致的任一不平衡电压以及在电容器寿命期间通常经受的任何短时瞬态过电压。

在整个电容器寿命期间, 熔丝应能连续承受等于或大于单元最大允许电流除以并联熔丝数的电流。熔丝应能承受在电容器寿命期间可能发生的由于投切操作引起的涌流。

连接在未损坏元件上的熔丝应能承受由于元件击穿引起的放电电流。

熔丝应能承受在 $2.5U_N$ (对于交流滤波电容器为 $2.2U_N$) 的峰值电压下发生在电容器组外部对单元的短路故障引起的电流。

5 试验

5.1 例行试验

5.1.1 概述

熔丝应能承受按照 GB/T 11024.1—2019 规定进行的电容器单元的全部例行试验。

5.1.2 内部熔丝的放电试验

带有内部熔丝的电容器应能承受一次短路放电试验, 用 $1.7U_N$ 的直流电压通过尽可能靠近电容器的、电路中不带任何外加阻抗的间隙进行试验。

放电试验前后应测量电容。两次测得值之差应小于相当于一根内部熔丝熔断所引起的变化量。

放电试验可在端子间电压试验(见 GB/T 11024.1—2019 的第 9 章)之前或之后进行。但是, 如果在端子间电压试验之后进行, 则应在额定电压下测量电容, 以检查熔丝是否动作。

如果购买方同意接受有熔丝熔断的电容器, 则端子间电压试验(见 GB/T 11024.1—2019 的第 9 章)应在放电试验之后进行。

允许用峰值为 $1.7U_N$ 的交流电压先充电并在电流过零时断开来产生直流充电电压, 然后电容器从该峰值电压下立即放电。

或者, 如果电容器在稍高于 $1.7U_N$ 的电压下断开电源, 则可延迟至直到放电电阻将电压降到 $1.7U_N$ 时再放电。

5.2 型式试验

熔丝应能承受符合 GB/T 11024.1—2019 的电容器单元的全部型式试验。

单元应通过了 GB/T 11024.1—2019 所述的全部例行试验。

熔丝的隔离试验(见 5.3)应在一台完整的电容器单元上, 或在两单元上进行, 由制造方选择。按照 5.3.1, 在两单元上进行试验时, 一单元在下限电压下试验, 另一单元在上限电压下试验。

对于无放电电阻的电容器, 隔离试验应在串联段上进行, 串联段的元件并联数应与实际产品相同。

由于试验、测量和安全情况,有必要对受试单元进行一些调整,如附录 A 所示。还可见附录 A 中不同的试验方法。

如果型式试验是在与供货电容器相同设计的电容器上进行的,或者是在型式试验所要检验的特性上没有差异的电容器上进行的,则应认为型式试验有效。

5.3 内部熔丝的隔离试验

5.3.1 试验程序

熔丝的隔离试验应在 $0.9 \times U_{Nc}$ 的下限交流元件电压和 $2.5 \times U_{Nc}$ (对于交流滤波电容器为 $2.2 \times U_{Nc}$) 的上限交流元件电压或在购买方与制造方所协商的其他电压值下进行。

如果试验用直流进行,则试验电压应为相应交流试验电压的 $\sqrt{2}$ 倍。

注:通常介质只能在极其有限的一段时间内耐受 $2.5U_N$ 的交流试验电压,因此在大多数情况下优先选择直流试验。

如果试验用交流进行,则对于下限电压下的试验不必用峰值电压来触发元件损坏。

某些试验方法在附录 A 中给出。

5.3.2 电容测量

试验后应测量电容,以证明熔丝已经断开。所采用的测量方法应具有足够的灵敏度,足以检测出由一根熔丝断开所引起的电容变化。

5.3.3 对单元的检查

外壳在打开之前应无显著的变形。

外壳在打开之后应进行检查以确保:

- a) 完好的熔丝没有显著的变形;
- b) 没有超过一根(或接有熔丝的直接并联的元件的十分之一)以上的额外的熔丝损坏(见附录 A 中 A.1 的注)。如果采用附录 A 中给出的方法 b),则在上限电压下允许有一根额外的接在完好元件上的熔丝(或接有熔丝的直接并联的元件的十分之一)损坏。

注:少量浸渍剂变黑不会影响电容器质量。

应注意的是在由于熔丝动作或者由于其连接线损坏而断开的元件上可能存在危险的残余电荷。所有元件均应小心放电。

5.3.4 打开外壳后的电压试验

电压试验应在击穿的元件与其熔断后的熔丝间隙之间施加 $3.5 \times U_{Nc}$ (U_{Nc} 为元件电压)的直流电压来进行,历时 10 s。元件和熔丝不应从试验单元中取出。试验期间,间隙应处于浸渍剂中,不允许熔丝间隙或熔丝的任何部分与单元的其余部分之间击穿。

注:对于全部元件并联的单元以及对于采用附录 A 中所示的 b)、c)、d)或 e)方法进行试验的所有单元,这一试验可以在打开单元前用交流试验来代替。端子间的试验电压按电容比进行计算,使得击穿元件和其熔断后的熔丝间隙之间的电压为 $3.5 \times U_{Nc}/2$ 。

附 录 A
(规范性附录)
内部熔丝隔离试验方法

A.1 概述

应采用试验方法 a)、b)、c)、d)、e)的其中之一或其他的方法。

试验时应将电容器的电压和电流记录下来,以证明熔丝确已断开。

为了检验在上限电压下试验时熔丝的限流性能,熔断后的熔丝两端的电压降,除过渡过程外,应不超过上限电压的 30%。

如果电压降超过 30%,则应采取措施,使得由试验系统得到的并联贮存能量和工频故障电流与运行条件相当。然后应在这些条件下进行试验来验证熔丝动作是否满足要求。

在做这一试验时宜采取措施以防电容器单元可能爆炸和钉子爆炸性射出。

注:在上限电压下允许有一根额外的接在完好元件上的熔丝(或接有熔丝的直接并联的元件的十分之一)损坏。

A.2 试验方法

试验方法如下:

a) 电容器的预热

在施加下限交流试验电压前将电容器单元置于烘箱内预热。预热温度(100℃~150℃)由制造方选择,以求在实际上短时间(几分钟到几小时)内得到第一次击穿。

为防止因高温所致的内部液压过高,可以在单元上装设一个带阀门的溢流管,在施加试验电压的瞬间关上阀门。

在施加上限试验电压时可以采用较低的预热温度,以免还未达到试验电压就发生击穿。

b) 元件的机械刺穿

元件的机械刺穿用钉子进行,将钉子通过预先在外壳上钻好的洞打进元件内。试验电压可以是直流或交流,由制造方选择。

如果采用交流电压,则选择刺穿的时机应能使击穿在接近峰值的瞬间发生。

不能保证仅有一个元件刺穿。为了限制沿着钉子或通过钉子打穿的洞向外壳放电的可能性,刺穿可在与外壳固定连接的或在试验期间连接起来的元件上进行。

注:直流电压对所有元件并联的电容器特别适合。

c) 元件的电击穿(第一种方法)

例如,试验单元的一些元件均装有一个插于介质层间的插片。每一个插片分别连接到一个单独的端子上。

试验电压可以是交流或直流,由制造方选择。

为使这样设置的元件击穿,在此改装元件的插片与任一极板之间施加足够幅值的冲击电压。

在采用交流电压的情况下,应在接近峰值电压的瞬间触发冲击。

d) 元件的电击穿(第二种方法)

试验单元的一些元件均装有一根与两个附加插片连接的短的易熔金属丝并插于介质层间。每一插片分别连接到一个单独的绝缘端子上。

试验电压可以是直流或交流,由制造方选择。

为使装有这一易熔金属丝的元素击穿,用另外的充电到足够电压的电容器对金属丝放电,使其烧断。

在采用交流电压的情况下,应在接近峰值电压的瞬间触发导致金属丝烧断的充电电容器放电。

e) 元素的电击穿(第三种方法)

在制造时,将单元中一个元素(或几个元素)的一小部分去掉并用耐电较弱的介质代替。

例如:将膜-纸-膜介质割下 $10\text{ cm}^2 \sim 20\text{ cm}^2$,用两层薄纸代替。

附 录 B
(资料性附录)
熔丝保护配合导则

B.1 概述

熔丝与元件串联连接,一旦元件发生故障,则用此熔丝来断开。在元件击穿后,与其连接的熔丝将熔断并使其与电容器的其余部分隔离开来,从而使单元得以继续运行。一根或多根熔丝熔断将引起电容器组内电压变动。

完好单元上的电压宜不超过 GB/T 11024.1—2019 中给出的值。

一根或多根熔丝熔断也可引起单元内部电压变动,取决于单元的内部连接。

串联段内其余元件的工作电压将升高,当有所要求时,制造方宜提供由于熔丝熔断所引起的电压升高的详情。

B.2 保护顺序

电容器组的保护应有选择性地动作。

第一级是元件内部熔丝动作。

第二级是电容器组的继电保护(例如过电流保护或不平衡保护)动作。

第三级是网络或站的保护动作。

不是所有电容器组全都需要采用三级,取决于电容器组的输出、继电保护等的设计。

在大的电容器组中,还可以采用报警一级。

除非熔丝总是在 4.2 给定的电压范围内由于放电能量的作用而熔断,否则宜由制造方提供熔丝的电流/时间特性及偏差。