

ICS 31.060.01
L 11
备案号: 62391-2018

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 442 — 2017
代替 DL 442 — 1991

高压并联电容器单台保护用 熔断器使用技术条件

Order-specification of fuse for the protection of a
high-voltage shunt capacitor

2017-12-27 发布

2018-06-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 运行环境条件.....	3
5 技术条件和性能要求.....	4
6 试验方法.....	7
7 试验规则.....	12
8 包装、运输和储存.....	13
附录 A（资料性附录） 熔丝额定电流的配置推荐值及熔断器的选配原则.....	15
附录 B（资料性附录） 时间-电流特性抽样检验方法.....	17

库七七 www.kq9w.com 提供下载

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准是对 DL 442—1991 的修订。本次修订依据电力电容器的电力行业标准，对熔断器的额定电流、额定开断电流、耐爆能量等一些重要技术指标的要求进行了修改，并在试验方法上进行了明确和补充。本次修改的主要技术内容如下：

——环境温度：改为 $-50^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ ；

——额定电压：由 20kV 改为 24kV，其对应最高工作电压为 26.4kV；

——耐爆能量：改为 15kJ；

——熔丝额定电流：改为不小于电容器额定电流的 1.37 倍，相应的推荐选用范围亦改为（1.37～1.50）倍；

——额定容性开断电流：改从表中选取相应的值；

——熔断特性和时间-电流特性：将基本熔断特性的要求作为时间-电流特性的极限值并入时间-电流特性的条文内，取消熔断特性条文。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电力电容器标准化技术委员会（DL/TC 03）归口。

本标准由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、中国电力科学研究院、南方电网科学研究院有限责任公司负责起草。

本标准主要起草人：周国良、史班、李电、洪金琪、倪学锋、罗兵、谢锡华、金百荣、陈晓宇、秋勇、吕丹、廖一帆、张福增。

本标准实施后代替 DL 442—1991。

本标准首次发布时间为 1991 年。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

高压并联电容器单台保护用 熔断器使用技术条件

1 范围

本标准规定了高压并联电容器单台保护用熔断器的定义、使用条件、试验方法、检验规则。

本标准适用于频率 50Hz、额定电压高于 1kV 的高压并联电容器单台保护用熔断器（以下简称熔断器）。

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 1239.1 冷卷圆柱螺旋弹簧技术条件 第1部分：拉伸弹簧

GB/T 1239.2 冷卷圆柱螺旋弹簧技术条件 第2部分：压缩弹簧

GB/T 1239.3 冷卷圆柱螺旋弹簧技术条件 第3部分：扭转弹簧

GB/T 2423.18 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Kb：盐雾，交变（氯化钠溶液）

GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 15166.1 交流高压熔断器 术语

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求

GB/T 23934 热卷圆柱螺旋压缩弹簧技术条件

3 术语和定义

GB/T 15166.1 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

熔断器 fuse

当通过电流超过规定值足够长时间时，其熔体熔断并使回路断开的设备。

3.2

熔体 fuse-element

熔断器动作时预定熔化的导体。

3.3

熔丝 fuse-link

包括熔体的一种部件，在熔断器动作以后和熔断器恢复使用以前要求更换的部件。

3.4

管体 fuse-carrier

放置熔丝的管状物。

3.5

指示标志 indicator

用来指示熔断器动作的标志。

3.6

同型号熔断器 homogeneous series (of fuse-links)

具有相同结构、尺寸和材料，用于同一额定电压和开断容量，包含了一定范围内（通常由被保护的单台电容器的容量所限定）的不同额定电流的熔丝，这些熔丝仅在熔体的尺寸上有所不同，这样的熔断器称为同型号熔断器。

3.7

熔断器的额定电压 rated voltage of fuse

U_{Nf}

熔断器的正常工作电压（有效值），其值应不低于被保护的单台电容器额定电压的 1.1 倍。

3.8

熔丝的额定电流 rated current of fuse-link

I_{Nf}

熔丝装入管体组成熔断器后可以连续使用的工作电流（有效值）。

3.9

熔断器的额定电流 rated current of fuse

熔断器正常工作的电流。

注：其值应不低于该型号中最大规格的熔丝的额定电流。

3.10

电容器的爆破能量 bursting energy of capacitor

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。

3.11

电容器外壳的 10%破坏概率曲线 10% rupture probability curve for the case of a capacitor

在电容器内部电弧作用下，用电流与时间关系来表示的电容器箱壳有 10% 的概率发生破坏或漏油的曲线。

3.12

时间-电流特性 time-current characteristic

在给定的条件下，通过熔断器的电流与熔断器动作时间的函数关系曲线。

3.13

预期电流 prospective current

试验中，以阻抗与回路阻抗相比可忽略的导体代替熔断器时，回路中流过的电流（对称有效值）。

3.14

弧前时间（熔体熔化时间） pre-arcing time (melting time of fuse-element)

从熔丝中开始流过使熔体熔化的电流的瞬间起，到熔丝熔断电弧起燃瞬间止的时间间隔。

3.15

燃弧时间 arcing time

从熔丝熔断起弧瞬间起到电弧最后熄灭瞬间止的时间间隔。

3.16

动作时间 operating time

弧前时间与燃弧时间的总和。

3.17

焦耳积分 Joule integral

在特定的时间范围内，流过熔断器的电流瞬时值的平方对时间的积分值。

注：焦耳积分为

$$I^2t = \int_{t_1}^{t_2} i^2 dt \quad (1)$$

- a) 该积分值是一特定的量，它是将熔断器动作过程归化到在 1Ω 电阻上，以热的形式释放出的能量，以便于分析熔断器在回路中的保护性能。
- b) 通常将熔丝规定的焦耳积分值分别在弧前时间与动作时间两个时间间隔展开弧前焦耳积分和动作焦耳积分。

3.18

容性开断电流 **capacitive breaking current**

在规定条件下，单台电容器或电容器组电路中的开断电流。

3.19

额定容性开断电流 **rated capacitive breaking current**

在规定条件下，熔断器能开断的最大容性开断电流。它是指在额定电压下，单台电容器发生端子间完全击穿时，流过熔断器的容性电流。

3.20

最小容性开断电流 **minimum capacitive breaking current**

在规定条件下，熔断器能开断的最小容性开断电流。它一般是指在额定电压下，单台电容器内部发生部分元件击穿时，流过熔断器的容性电流。

3.21

感性开断电流 **inductance breaking current**

在规定条件下，熔断器能开断的系统短路电流。

3.22

额定感性开断电流 **rated inductance breaking current**

在规定条件下，熔断器能开断的最大感性电流。

3.23

瞬态恢复电压 **transient recovery voltage**

熔断器开断回路之后，在熔断器断口间出现的具有显著瞬变特性的电压。

注：瞬态恢复电压由工频分量和非工频分量（振荡的和非振荡的）叠加而成。

3.24

工频恢复电压 **power frequency recovery voltage**

熔断器开断回路之后，在熔断器断口间出现的工频交流电压（有效值）。

3.25

重击穿 **restrike**

熔断器开断回路时，通过熔丝的电流过零熄弧，再经过大于 5ms 后熔断器断口间重新击穿，导致回路重新接通的现象。

3.26

耐爆能量 **bursting energy**

开断来自与故障电容器并联的电容器的放电能量，而不致使管体破坏的最大值。

4 运行环境条件

4.1 环境温度

$-50^\circ\text{C} \sim +55^\circ\text{C}$ 。

4.2 海拔

一般不超过 1000m 。

4.3 安装地点环境

无有害气体、蒸汽及无导电性或爆炸性尘埃。

4.4 安装地点风速

不超过 35m/s。

5 技术条件和性能要求

5.1 标志和标准额定值

5.1.1 铭牌和标志

熔断器和熔丝应标明下列内容：

a) 熔断器铭牌上应标明：

1) 型号。型号标准如下：



2) 出厂时间。

3) 制造厂家名称或标记。

b) 熔丝上应标明：熔丝的额定电流。

5.1.2 标准额定值

5.1.2.1 熔断器的标准额定值宜从表 1 中选取。

表 1 熔断器的标准额定值

熔断器 额定电压 U_{Nr} kV	并联电容器 额定电压 kV	并联电容器 额定容量 kvar	熔断器额定 电流 A	熔丝额定电 流 I_{Nf} 范围 A	额定容性开 断电流 A	耐爆能量 kJ	额定感性 开断电流 A
7.7	6, $10.5/\sqrt{3}$, $11/\sqrt{3}$, $12/\sqrt{3}$	50	15	10~15	750	15	1800
		100	25	20~25	1250	15	
		200	50	40~50	1800	15	
		334	100	65~85	1800	15	
13	10.5, 11, 12	50	10	6~7	250	15	—
		100	15	11~14	450	15	
		200	30	22~28	630	15	
		334	50	38~47	630	15	

表 1 (续)

熔断器 额定电压 U_{Nf} kV	并联电容器 额定电压 kV	并联电容器 额定容量 kvar	熔断器额定 电流 A	熔丝额定电 流 I_{Nf} 范围 A	额定容性开 断电流 A	耐爆能量 kJ	额定感性 开断电流 A
26.4	20, 21, 22, 24	100	10	6~7.5	400	15	
		200	15	12~15	600	15	
		334	25	20~25	600	15	

注 1: 装设在中性点有效接地系统中外壳接地的电容器的熔断器有额定感性开断电流要求。
注 2: 根据实际需要选择其他额定值时, 可与厂家协商确定。

5.1.2.2 熔丝额定电流的配置推荐值及熔断器的选配原则参见附录 A。

5.2 性能要求

5.2.1 防腐蚀、防潮

熔断器的所有外露金属件应有可靠的防腐蚀层, 其表面应光洁。熔断器的金属件应使用难以锈蚀的材料加工。其绝缘材料件应有可靠的防潮措施。

5.2.2 指示标志

熔断器应有明显的熔断指示, 应反应灵敏、动作可靠。

5.2.3 尺寸

熔断器的尺寸应符合制造厂图样要求。

5.2.4 电阻

熔断器的电阻值应符合制造厂的规定。其偏差值应不超过 $\pm 5\%$ 。

5.2.5 耐压要求

熔丝熔断后, 熔断器应能承受表 2 规定的试验电压, 历时 1min, 不得发生击穿或闪络。

表 2 熔丝熔断后试验电压

单位: kV

熔断器额定电压	7.7	13	26.4
试验电压	42 (35)	42 (35)	68

注: 括号内数字为用于中性点有效接地系统时的规定值。

5.2.6 允许温升

熔断器长期通过额定电流时, 温升不得超过 GB/T 11022 所规定的值。其中, 起弹簧作用的金属零件的最大允许温度值应符合 GB/T 1239.1~GB/T 1239.3 及 GB/T 23934 的规定。

5.2.7 开断要求

5.2.7.1 一般要求

熔断器应能按本标准规定条件可靠隔离故障电容器, 而不影响网络及其他电容器的正常运行。

熔断器应能开断流过与其串联的故障电容器的容性电流。

5.2.7.2 容性电流开断

应能在 U_{Nf} 下开断规定的容性电流，随后应能承受这个电压加上熔断器动作后电容器上的剩余电荷所造成的直流电压分量。

在开断过程中，断口间不得出现重击穿。

5.2.7.3 感性电流开断

对于有感性电流开断要求的熔断器，应能在 U_{Nf} 下开断规定的感性电流，随后应能承受加在其两端的恢复电压。

5.2.8 承受要求

5.2.8.1 电压要求

熔断器的额定电压 U_{Nf} 不得低于被保护的电容器的长期过电压值 $1.1U_{Nc}$ 。

5.2.8.2 电流要求

熔丝的额定电流 I_{Nf} 不小于电容器额定电流 I_{Nc} 的 1.37 倍。

5.2.9 时间-电流特性（安-秒特性）

5.2.9.1 熔丝应具有稳定可靠的时间-电流特性曲线，曲线使用 $\lg-\lg$ 对数坐标纸表示，由制造厂随产品同时提供给用户。制造厂应提供时间-电流特性曲线的适用温度（一般为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）和曲线的温度修正系数。

5.2.9.2 时间-电流特性曲线应包括 $0.01\text{s} \sim 600\text{s}$ 时间范围及其对应的动作电流，及 $0.1\text{s} \sim 600\text{s}$ 时间范围内的动作时间的分散性，动作时间的分散性推荐值为 $1.3I_{Nf}$ 时，动作时间的偏差不得超过 $\pm 60\%$ 。

5.2.9.3 时间-电流特性（包括其偏差）不得超过其规定的极限值，具体要求如下：

- a) $1.5I_{Nf}$ 时，熔化时间小于或等于 75s ；
- b) $2.0I_{Nf}$ 时，熔化时间小于或等于 7.5s ；
- c) $1.1I_{Nf}$ 时，为不熔化电流，在此电流下熔丝应保证 4h 不熔断。

5.2.9.4 时间-电流特性曲线（包括其偏差）还必须置于被保护的电容器外壳的 10%破坏概率曲线的左方。

5.2.10 放电性能

5.2.10.1 抗涌流性能

熔断器应能承受第一个半波幅值不低于熔丝额定电流 100 倍的涌流冲击。

5.2.10.2 耐爆性能

熔断器应能耐受并开断来自并联的电容器的放电能量，其值应不低于被保护电容器的耐受爆破能量。

5.2.11 机械性能

熔丝与管体的连接，以及熔丝中熔体和它的接头等，应确保在弹簧的正常拉力下无脱开、松动及

变形等现象出现。

5.2.12 电气寿命（耐久性能）

在只更换熔丝的情况下，同一管体应能连续三次开断额定容性或感性开断电流。

6 试验方法

6.1 基本试验条件

被试验的熔断器应是新的、干净的并处于良好状态。被试验的熔断器应根据实际使用的情况，按设计要求进行安装。

6.2 外观及外部尺寸

外观检查用观察法进行，外部尺寸检查用游标卡尺进行。

6.3 电阻测量

电阻测量可在任何周围空气温度下进行。每次试验前，试品须充分接近于周围空气温度，用直流双臂电桥测量。

6.4 温升试验

对同型号熔断器选用最大额定电流值的熔丝进行试验，试验应在该熔丝的额定电流下进行，温升试验按 GB/T 11022 的有关规定进行。

6.5 开断试验

6.5.1 容性开断电流试验

6.5.1.1 容性开断电流试验项目

对同型号的熔断器选用具有最大额定电流值的熔丝进行试验。容性开断电流试验包括以下两个项目，其试验参数见表 3：

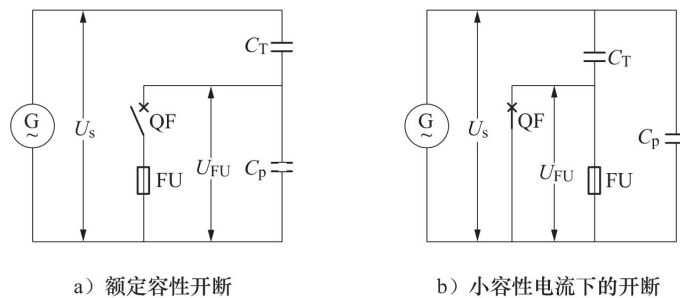
- a) 验证额定容性开断能力；
- b) 验证小容性电流下的动作。

表 3 容性开断电流试验参数

参数	试验项目	
	额定容性开断	小容性电流下的开断
工频恢复电压	$1.0U_{NR0}^{+5\%}$	$1.0U_{NR0}^{+5\%}$
功率因数（超前）	≤ 0.15	
预期电流	额定容性开断电流	$1.5I_{NF}$
电压过零后的接通角	$0^\circ \sim 20^\circ$	—
试验支数	3	3
同一管体试验次数	3	3

6.5.1.2 试验电路

容性开断电流试验用单相交流电源并以单个熔断器进行，其接线见图 1。



U_s ——电源电压； U_{FU} ——恢复电压； C_T ——产生试验电流的电容器；
 C_p ——相当于与故障电容器并联的电容器，不小于 300kvar。

图 1 容性开断电流试验回路

熔断器开断引起的电源电压变化不得超过 10%，要开断的电流波形应尽可能接近正弦波，总电流与基波电流的有效值之比不超过 1.2。

要开断的电流过零每半周内应不超过一次。

试验也可以在满足表 3 要求的三相试验电路上进行。

6.5.1.3 试品布置

被试熔断器应按其在电容器组中的布置方式安装，其两侧应各置一支通电的熔断器，以确定被试熔断器动作时不致因喷气或缩小间隙而引起闪络，这闪络可能引起邻近熔断器的误动作。

6.5.1.4 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 试验回路的校正：应以阻抗与试验回路的阻抗相比可以忽略的导体代替被试熔断器，对试验回路进行调整，使其得到规定的预期电流和工频恢复电压，并用示波图来验证。
- b) 试验操作：
 - 1) 取走连接导体，将被试熔断器接入试验回路。
 - 2) 按表 3 规定的条件，操作断路器 QF。在熔断器动作后，电压应在熔断器的两端保持 1s。
 - 3) 被试熔断器的动作时间测量参见 6.8。

6.5.1.5 试验判据

6.5.1.5.1 示波图

对于表 3 中额定容性开断，示波图应包括被试熔断器动作前后的全过程，即断路器 QF 合闸前至熔断器开断后 1s。

对于表 3 中小容性电流下的开断，示波图应包括被试熔断器开断前若干周波至开断后 1s。

6.5.1.5.2 判据

开断试验中，熔断器不应发生重击穿和闪络。开断后，除了熔丝外，允许管体内壁有烧蚀，其他部分应无异常。指示装置应可靠动作，指示明确。

6.5.2 感性开断电流试验

6.5.2.1 感性开断电流试验项目

对同型号的熔断器选用具有最大和最小额定电流值的熔丝进行试验。感性开断电流试验包括以下

两个项目，试验参数见表 4：

- a) 验证额定感性电流开断能力；
- b) 验证在 0.2 倍~0.3 倍额定感性开断电流的故障电流范围内的开断能力。

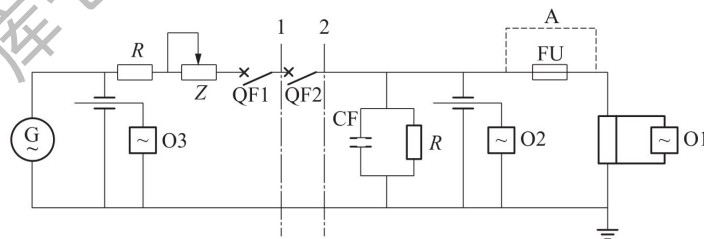
表 4 感性开断电流试验参数

参数	试验项目			
	额定感性电流的开断		0.2 倍~0.3 倍额定感性开断电流的故障电流范围内的开断	
工频恢复电压	$U_{NR}^{+5\%}$			
固有振荡频率 ^a	3.2kHz			
振幅系数 ^b	1.4~1.5			
预期电流	1 倍~1.05 倍额定感性开断电流		0.2 倍~0.3 倍额定感性开断电流	
功率因数	≤0.15			
电压过零的接通角	第一次试验：-5°~+15° 第二次试验：85°~105° 第三次试验：135°~150°		全部试验：85°~105°	
熔丝额定电流 I_{Nr}	最小值	最大值	最小值	最大值
试验支数	3	3	1	1
同一管体试验次数	3	3	2	
^a 固有振荡频率：恢复电压从零上升到峰值所需要的时间 t_m 的倒数，再被 2 除。 ^b 振幅系数：瞬时恢复电压的峰值与其工频恢复电压幅值之比。				

6.5.2.2 试验电路

试验用单相交流电源进行，其接线见图 2。

用来调节电流和功率因数的电路元件应是串联在回路中的，如图 2 所示。



A——校准试验用可卸连接导体；FU——被试熔断器；QF1——电源保护断路器；QF2——合闸断路器；CF——电源瞬态恢复电压控制器；O1——电流测量器；O2——恢复电压测量器；O3——参考电压测量器；1、2——变压器的位置（需要时）；Z——电源侧可调阻抗。

图 2 感性开断电流试验接线

6.5.2.3 试品布置

同容性开断电流试验。

6.5.2.4 试验步骤

根据容性开断电流试验所规定的步骤，按表 4 要求进行。开断后，试验电压应在熔断器两端保持 0.5s。

6.5.2.5 试验判据

6.5.2.5.1 示波图

示波图应包括被试熔断器动作前后的全过程，即从断路器 QF2 合闸前的几个周波至熔断器开断后 0.5s。

预期开断电流应为熔断器开断过程中对应于起弧瞬间所测得的对称电流有效值。

工频恢复电压值应在瞬态恢复电压消失后的第二个半波峰值和由前半波峰值与后半波峰值划出的直线之间测量得到，如图 3 所示。

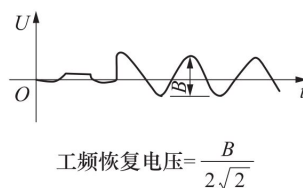


图 3 熔断器开断电流试验示波图

6.5.2.5.2 判据

开断试验中，熔断器不应发生闪络。开断后，除了熔丝外，允许管体内壁有烧蚀，用以固定熔丝的零件允许略有损伤，但不妨碍熔丝更换，不致降低熔断器开断能力或改变其动作性能或增加其正常工作时温升，其他部分应基本上与试验初始状态相同。指示装置应可靠动作、指示明确。

试验中，如有某一额定电流的同一管体熔丝有 1 次试验中未能正常动作，则应增加 3 个管体的试验，增加的管体试验全部正常动作开断，则该熔断器符合开断试验要求。2 次及以上未能正常动作均为不合格。

6.6 放电试验

6.6.1 抗涌流试验（耐受放电试验）

6.6.1.1 对同型号的熔断器，应在具有最大和最小的额定电流值的熔丝上进行试验，每项试验应不少于 6 次。

6.6.1.2 试验包括以下两个项目：

- a) 对同一支熔丝，在 10min 内放电 5 次，其放电频率见表 5。

表 5 抗涌流放电频率

U_{NF} kV		7.7	13	26.4
放电振荡频率 kHz	$I_{NF} \leq 31.5A$	9.2~11.1	15.6~18.7	31.7~38
	$I_{NF} > 31.5A$	6.2~7.4	10.4~12.5	21.1~25.3

- b) 对同一支熔丝，在制造厂规定的时间间隔内放电 100 次，其放电频率为 $8_0^{+20\%}$ kHz。放电电流的第一半波峰值应不低于熔丝额定电流的 100 倍。其相邻峰值之比应为 0.8~0.95。这一试验之后，熔丝应仍是导通的。

6.6.2 耐爆试验（开断放电试验）

对同一型号的熔断器，试验应在具有最小额定电流值的熔丝上进行，每项试验应不少于 6 次。

试验所用的电容器，其电容量应能使其储存能量在充电电压达 $1.1 \times \sqrt{2} U_{Nr}$ 时满足规定的耐爆能量值。电容器对熔断器放电的振荡频率同表 5 规定。放电电流的相邻峰值之比应为 0.80~0.85。

试验应在全新的熔断器上进行。

熔断器动作时，不得爆炸。除每次动作后必须更换的部件及管体内壁烧蚀外，其余各部分应无异常。指示装置应可靠动作并明确指示。

试验后，即按 6.7 进行耐压试验。

6.6.3 放电试验回路的调整

放电试验应先以阻抗与试验回路阻抗相比可以忽略的导体代替被试熔断器，对回路进行校验调整。并以示波图进行验证。

6.7 耐压试验

根据 5.2.5 的要求，按 GB/T 16927.1 的有关规定进行。

对放电试验后熔断器断开的空气间隙距离大于表 6 所列数值者，可不进行耐压试验。

表 6 熔断器断开的空气间隙距离

熔断器额定电压 kV	7.7	13	26.4
最小空气间隙距离 mm	200	200	300

6.8 时间-电流特性试验

试验应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的周围空气温度下，以任何合适的电压进行。

每一条曲线的试验点不少于 6 个，且应尽量均匀分布。每个试验点的试验熔丝数应能保证特性曲线的分散性的确定。

试品应是由熔丝装入管体组成熔断器，对同型号熔断器的熔丝进行试验时，可以只更换熔丝。但以开断试验取得时间-电流特性曲线数据时，则应按开断试验要求进行。

试验回路应保证通过熔断器的电流基本恒定。电流可取初始和起弧瞬间电流的算术平均值。

通过熔断器的电流可用电流表（0.5 级）或示波器来测量。

动作时间的测量：1s 以下用示波器测量，1s 以上用电秒表测量，更长时间可用秒表来测量。

特性曲线应以有效时间表示。用示波器测量时，在长于 0.1s 的范围内即为实际时间。

可以利用开断试验中得到的时间-电流特性数据。

6.9 机械性能试验

6.9.1 弹簧性能检测

按 GB/T 1239 及 GB/T 23934 所规定的试验方法检测弹簧在正常工作位置的拉力，其数值应符合制造厂的产品设计要求。拉力的偏差在考虑安装位置的偏差后应不大于 $\pm 15\%$ 。

6.9.2 熔断器的机械强度试验

在熔断器的尾部沿尾线拉出方向施加 2.5 倍正常工作静拉力的负荷，保持 5min。试验后，复测其

电阻值，应无明显变化。

6.10 盐雾试验

按 GB/T 2423.18 所规定的试验方法进行，步骤如下：

- a) 盐溶液采用氯化钠（化学纯以上）和蒸馏水或软水配制，其浓度为 $(5 \pm 1)\%$ （质量比）。
- b) 初始检测：进行本项试验前，被试熔断器必须进行外观检查及机械性能试验，机械强度试验前后均应测量直流电阻。
- c) 预处理：将即将试验的熔断器所有金属部件用洗涤液进行清洁，除去表面油污和污渍，然后用流动水洗去洗涤液残留物，再在蒸馏水中漂洗净（洗涤水水温不超过 35°C ）后晾干。熔断器外管（绝缘管）表面用半干布擦拭清洁。组装并安装于试验支架上，安装方式应与使用时一致。清洁后，在组装和安装中应尽量避免用手直接触摸被试品的金属表面。
- d) 选定严酷等级 1：每喷雾 2h 之后，在湿热条件下存放 7d 为一周期，共 4 个周期。
- e) 试验结束后，用流动水轻轻洗去被试品表面盐沉积物，再在蒸馏水中漂洗，洗涤水水温不超过 35°C ，然后在正常大气条件下恢复 1h~2h。
- f) 最后检测：
 - 1) 外观检查，记录经试验后有变化的情况。
 - 2) 机械性能试验，包括弹簧在正常工作位置的拉力复测和被试品机械强度试验，机械强度试验前后测量其直流电阻值。

7 试验规则

7.1 试验分类

7.1.1 出厂试验

出厂试验项目如下：

- a) 外观及外部尺寸检查（每支进行）；
- b) 机械性能试验（每支进行）；
- c) 测量电阻值（每支在机械性能试验前后各进行一次）；
- d) 时间-电流特性抽查试验（在同一熔丝额定电流的产品批量中，按计量型检验方法逐点抽检）。

7.1.2 型式试验

7.1.2.1 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。型式试验报告或证书，在用户要求时应予提供。

7.1.2.2 型式试验的试品必须为出厂试验合格品。试品数量除标准中有规定者外，每项每种不得少于 3 支。

7.1.2.3 型式试验项目如下：

- a) 温升试验；
- b) 开断试验；
- c) 放电试验；
- d) 耐压试验；
- e) 时间-电流特性验证试验：以容性开断试验方法和要求进行验证，宜在 6.5.1.1 中小容性电流下的开断试验的规定外，再增加 0.7、0.5、0.2 倍额定容性开断电流和（或） $6I_{Nf}$ 等 3~4 个试验点，每点不少于 2 支，每支 3 次；

f) 盐雾试验。

注：开断试验中的感性开断试验项目仅对有此要求的产品进行。

7.1.3 交接验收试验

交接验收试验项目如下：

- a) 核对型号与试验报告：熔丝额定电流范围应与产品的型式试验报告相一致；
- b) 外观及外部尺寸检查（每支进行）；
- c) 测量电阻值（每支进行）；
- d) 弹簧拉力检测（按 5% 抽查）；
- e) 其他项目及试品数量由用户与制造厂商定，并由用户按要求抽样。

7.2 判断规则

7.2.1 时间-电流特性抽查试验根据 5.2.9.3 的规定。按制造厂与用户商定的生产方风险度 α 和使用方风险度 β 以及制造厂提供的分散性参数，确定单侧计量抽检方案，在抽样数 n 个试品中若有 1 个超过方案限值时，该规格产品均判为不合格品。

对正常生产的批量检验，也可以给定的时间-电流特性数据为标准，检验其特性是否合格。此时应按双侧计量抽检方法进行。

对时间-电流特性曲线的核对验证试验同样按上述要求进行。

对开断试验中得到的时间-电流数据应按时间-电流特性试验同样方法处理。

时间-电流特性抽样检验方法参见附录 B。

7.2.2 耐爆试验中，若有 1 次不合格，则整批产品均判为不合格品。

7.2.3 其余各项试验中，如有 1 支不合格（1 支试品中的 1 次试验不合格，即判为该支试品不合格），则应追加数量产品进行试验，若再有 1 支不合格者，则该批产品均判为不合格品。

8 包装、运输和储存

8.1 包装

8.1.1 包装箱外应有如下标志：

- a) 收货单位和地址；
- b) 产品型号；
- c) 件数。

8.1.2 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。箱内若有不同型号的产品及附件时，应分别包装，并在包装外标明型号、规格和数量。

8.1.3 装箱资料

装箱资料应包括合格证、出厂试验报告、装箱单和使用说明书等随机文件，并应妥善包装，防止受潮。装箱单应详细标明型号、规格和数量。

使用说明书、随机文件中应包括以下内容：

- a) 熔丝的冷态电阻及其允许误差的百分数；
- b) 弹簧在正常工作位置时的静拉力；
- c) 抗涌流性能；
- d) 耐爆能量；
- e) 额定容性开断电流；
- f) 额定感性开断电流（仅对有此要求的产品提供）；

- g) 绝缘水平;
- h) 时间-电流特性曲线及其允许误差;
- i) 抗腐蚀能力。

8.2 运输与储存

产品运输过程中应确保安全，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。

库七七 www.kq99w.com 提供下载

附 录 A
(资料性附录)

熔丝额定电流的配置推荐值及熔断器的选配原则

A.1 熔断器配置推荐值

熔丝额定电流的选取应不低于被保护并联电容器额定电流值的 1.37 倍。一般推荐在 1.37 倍~1.50 倍的范围内选取。

常用的熔丝额定电流值的配置推荐值可从表 A.1 中选取。

表 A.1 熔丝额定电流值配置推荐值

熔断器 额定电压 kV	电容器 额定电压 kV	熔丝额定电流配置值 A			
		50kvar	100kvar	200kvar	334kvar
7.7	$10.5/\sqrt{3}$	12	23	46	76
	$11/\sqrt{3}$	11	22	44	76
	$12/\sqrt{3}$	10	20	40	68
13	11	6.5	13	25	42
	12	6	12	23	40
26.4	20		7	14	24
	21		7	14	22
	22		6.5	13	21
	24		6	12	20
耐爆能量 kJ		15			

A.2 熔丝的时间-电流特性

熔丝的时间-电流特性应位于被保护的电容器外壳的 10%爆裂概率曲线的左方。图 A.1 所示曲线的配合原则可供参考。

A.3 熔断器的选配原则

单台电容器保护用熔断器的额定电压、绝缘水平和开断参数应与电容器运行条件相适应，主要与电容器组内电容器的并联台数、串联段数以及电容器的额定参数等相关联。

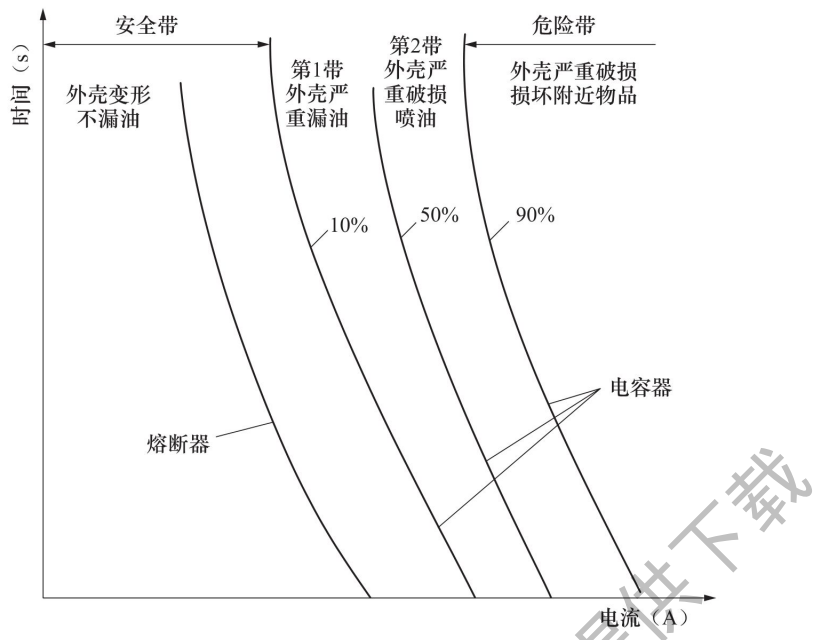


图 A.1 电容器外壳的爆裂概率曲线与熔断器时间-电流特性曲线配合

附录 B
(资料性附录)
时间-电流特性抽样检验方法

B.1 基本规定**B.1.1 规格限**

规格限指在熔断器通过某一电流时，其动作时间不能超越的上下限规定值。在试验中，可按要求选取以下的规定值：

- a) 按时间-电流特性的极限值规定，在 $1.1I_{Nf}$ 时的动作时间要求为下规格限， $1.5I_{Nf}$ 及 $2.0I_{Nf}$ 时的为上规格限。
- b) 按制造厂给出的时间-电流特性曲线中对应于某个电流的时间上下限值，此为双规格限。

B.1.2 生产方风险度 α

生产方风险度 α 对应于合格质量被误判拒受的概率。在抽检中，以此确定对应于规格限值的分位概率或可靠度。

对于双侧分布，上、下规格限值对应的可靠度分别为：

$$R_U = \frac{\alpha}{2}$$

$$R_L = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

对单侧分布，其值为：

下规格限时：

$$R_L = 1 - \alpha$$

上规格限时：

$$R_U = \alpha$$

一般取用 $\alpha=0.01$ 或 $\alpha=0.05$ 。

B.1.3 使用方风险度 β

使用方风险度 β 对应于质量处于极限时被误判接收的概率。 $1-\beta$ 即为抽检方案的置信水平，一般取用 $\beta=0.10$ 。

如选用其他 α 及 β 值时，由制造厂与用户协商确定。

B.1.4 特性分散性参数

熔断器的时间-电流特性分散性符合威布尔分布规律，也基本符合正态分布规律。

其分散性参数由制造厂在提供特性曲线时给出，也可以动作时间上下限值及其分位概率（或可靠度）推算得到。

对于按基本熔断特性的规定，在 $1.1I_{Nf}$ 处的检验，可取威布尔分布形状参数 $m=4.5$ ，即对应于下规格限 4h 时分散性为-65%。

在 $1.3I_{Nf}$ 处，最大分散性的规定值为 $\pm 60\%$ ，对应应有 $m=5.2$ 。

B.1.5 样本 n 的确定

一般取 $n=5$ ，但必须满足条件 $n/N \leq 0.1$ (N 为整批产品总数)。

B.2 抽检方案的确定和实施

B.2.1 规格限的选定

B.2.1.1 按特性极限值 (单侧规格限) 规定时, 有:

- 1.1 I_{Nf} 时, 4h 为下规格限 t_L , 对应有 $R_L=1-\frac{\alpha}{2}$ 或 $R_L=1-\alpha$, 一般取 $R_L=0.995$;
- 1.5 I_{Nf} 及 2.0 I_{Nf} 时, 75s 及 7.5s 为上规格限 t_U , 对应有 $R_U=\frac{\alpha}{2}$ 或 $R_U=\alpha$, 一般取 $R_U=0.005$ 。

B.2.1.2 按时间-电流特性规定时, 有:

- 对不超过 2.0 I_{Nf} 的电流范围, 应按双侧规格限进行抽检, 由时间-电流特性给出对应于某一电流值时的上下规格限 t_U 和 t_L , 同样有 $R_U=\frac{\alpha}{2}$ 、 $R_L=1-\frac{\alpha}{2}$, 一般取 $\alpha=0.01$;
- 对超过 2.0 I_{Nf} 的电流范围, 可按单侧规格限进行抽检, 由时间-电流特性给出对应某一电流值时的上规格限 t_U , 对应有 $R_U=\frac{\alpha}{2}$, 一般取 $R_U=0.005$ 。

B.2.2 m 值的选定

m 值应由制造厂给定。当制造厂不能提供此值时, 可按下式估算:

$$m = \frac{\ln\left(\frac{\ln R_U}{\ln R_L}\right)}{\ln\left(\frac{t_U}{t_L}\right)}$$

在检验时间-电流特性时, 应同时验证 1.3 I_{Nf} 时 $m \geq 5.2$, 即偏差应在 $\pm 60\%$ 之内。

B.2.3 抽检方案的确定

B.2.3.1 选定抽检样本 n :

- 根据批量 N 大小确定允许的最大样本 n_m :

$$n_m = 0.1N$$

- 最小样本 $n=5$, 必须有 $n \leq n_m$ 。

B.2.3.2 计算样本限值:

- 下限值 $t_{LR(t)}$ 。按样本数 n 与 β 计算 $t_{LR(t)}$ 时的可靠度 $R_L(t)$:

$$R_L(t) = \exp\left(\frac{\ln \beta}{n}\right)$$

再计算得:

$$t_{LR(t)} = \left[\frac{\ln R_L(t)}{\ln R_L} \right]^{\frac{1}{m}} \times t_L$$

- 上限值 $t_{UR(t)}$ 。按样本数 n 与 β 计算 $t_{UR(t)}$ 时的可靠度 $R_U(t)$

$$R_U(t) = 1 - \exp\left(-\frac{\ln\beta}{n}\right)$$

再计算得：

$$t_{UR(t)} = \left[\frac{\ln R_U(t)}{\ln R_U} \right]^{\frac{1}{m}} \times t_U$$

B.2.3.3 抽检方案的组成：

- a) 单侧规格限抽检： $t_{LR(t)}$ 或 $t_{UR(t)}$ 与 n 。其含意为： n 个试品的测试数据（动作时间）均不超过 $t_{UR(t)}$ （上规格限时）或均不低于 $t_{LR(t)}$ （下规格限时），则整批产品合格。
- b) 双侧规格限抽检： $[t_{LR(t)}, t_{UR(t)}]$ 与 n 。
其含意为： n 个试品的动作时间均落在区间 $[t_{LR(t)}, t_{UR(t)}]$ 以内，则整批产品合格。

B.2.4 抽检方案的实施

抽检方案应按照下列步骤实施：

- a) 确定抽检方案。
 - 1) 单侧规格限抽检：下规格限抽检，上规格限抽检。
 - 2) 双侧规格限抽检。
- b) 从 N 个产品中随机抽取 $n=5$ 只试品。
- c) 按规定电流值进行试验，若全部满足样品样本（ $n=5$ ）的限值时，整批产品合格。
- d) 若出现某一试品数据不合格时，按下列三种情况考虑：
 - 1) 第一种情况：下规格限抽检。实测得 $t_{R(t)} < t_{LR(t)}$ 时，则由此值计算得：

$$R(t) = \exp\left[\ln R_L \cdot \left(\frac{t_{R(t)}}{t_L} \right)^m \right]$$

$$n_R = \frac{\ln\beta}{\ln R(t)}$$

若 $n_R > n_m$ ，则整批不合格。

若 $n_R \leq n_m$ ，则从 N 个产品中再随机抽取 $(n_R - n)$ 个试品，由 n_R 与 $t_{R(t)}$ 组成新方案，继续试验。若 n_R 个试品测得动作时间均超过 $t_{R(t)}$ ，则仍认为整批产品合格。

若再出现低于 $t_{R(t)}$ 的试品时，则仍可按上述原则处理。

- 2) 第二种情况：上规格限抽检。实测得 $t_{R(t)} > t_{UR(t)}$ 时，则由此值计算得：

$$R(t) = \exp\left[\ln R_U \cdot \left(\frac{t_{R(t)}}{t_U} \right)^m \right]$$

$$n_R = \frac{\ln\beta}{\ln[1 - R(t)]}$$

若 $n_R > n_m$ ，则整批为不合格。

若 $n_R \leq n_m$ ，则根据上述原则继续按新方案进行检验。

- 3) 第三种情况：双侧规格限抽检。实测得 $t_{R(t)} > t_{UR(t)}$ （或是 $< t_{LR(t)}$ ）时，按上述算式计算得 n_R 。 $n_R > n_m$ 时，则拒收； $n_R \leq n_m$ 时，则组成新方案 $[t_{LR(t)}, t_{R(t)}$ 与 n_R ，或是 $[t_{R(t)}, t_{UR(t)}$ 与 n_R ，继续进行检验。

e) 若出现某一试品数据低于下规格限 t_L 或高于上规格限 t_U 时，则整批拒收。

B.3 说明

对熔断特性及时间-电流特性的抽检在具体实施时，可统一安排，以免重复。

库七七 www.k99w.com 提供下载

库七七 www.kq9w.com 提供下载

中华人民共和国
电力行业标准
高压并联电容器单台保护用
熔断器使用技术条件

DL/T 442—2017
代替 DL 442—1991

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

*

2018年11月第一版 2018年11月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1.5印张 41千字

印数 001—100册

*

统一书号 155198·968

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

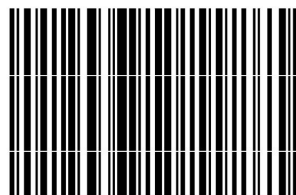


中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 **最及时、最准确、最权威** 的电力标准信息



155198.968