

[断路器]

喷口对断路器开断能力影响的研究

文/特变电工中发上海高压开关有限公司 张 辉

断路器是气体绝缘金属封闭开关设备（以下简称为GIS）的核心功能组件。GIS产品的型式试验主要包括绝缘、温升和容量等类别，而容量试验中大多数是以断路器为核心的试验项目，以T100a试验为基础进行喷口对断路器开断能力的影响因素研究。

断路器可靠运行是GIS在电力系统应用可靠性的最重要影响因素。高压开关设备用断路器T100a试验是开断100%额定短路电流非对称分量的试验，需考虑直流分量。T100a试验开断容量大，试验电流的非周期分量与最短分闸时间有关，与要求的试验回路的时间常数有关。

本文所述对象是252 kV电压等级断路器，试验样机形态如图1所示。喷口对断路器开断过程中的能量释放以及时间特性都有决定性的影响。



图1 试验样机形态

试验参数和回路

根据GB/T 1984—2014《高压交流断路器》，252 kV断路器T100a试验参数见表1，表1参数基于直流时间常数45 ms。

表1 252 kV断路器T100a试验参数

系数	最小开断时间/ms	半波	第一参考电压 u_1 /kV	到达 U_1 的时间 t_1 /ms	第二参考电压 u_2 /kV	到达 U_2 的时间 t_2 /ms
1.3	22.5~43.5	小	181.82	100	349.14	400
		大	195.62	100	355.72	400
	43.5~64	小	192.41	100	364.91	400
		大	199.52	100	365.90	400
1.5	22.5~43.5	小	210.08	116	409.32	461
		大	225.62	116	412.97	461
	43.5~64	小	222.23	116	426.86	461
		大	230.18	116	425.44	461

一些断路器可能在大半波末及要求的燃弧时间下不开断。但是，如果断路器在随后的小半波末开断，则该试验是有效的，也证明获得了最长的电弧持续时间。

为获取相应的试验参数，一般采用如图2所示的试验回路。

喷口尺寸对试验的影响

开断试验中，行程曲线有停顿，停顿位置处于横轴762 ms处，推算电流过零时刻距分闸到底为38~40 mm，如图3所示。在T100a开断试验中，开断能量很大，会出现卡顿或停顿现象。实践经验表

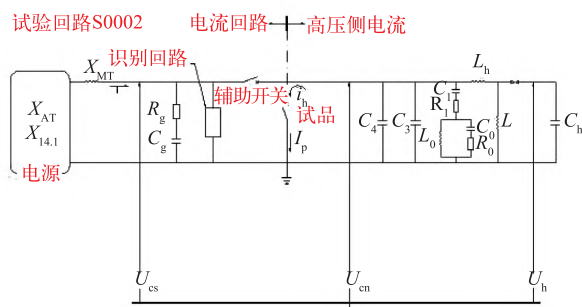


图2 T100a试验回路图

明, 卡顿现象不可避免, 所以断路器开断的最佳状态是在开断过程中某一位置 (或时刻), 触头运动速度变缓但没有停顿。

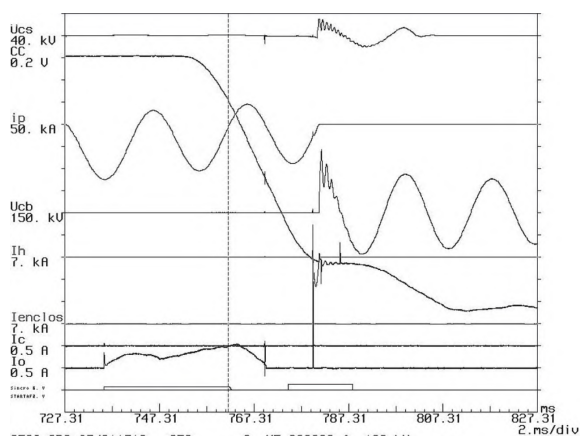


图3 T100a试验波形图

从开断的过程来看, 主要开断的对象是能量, 而能量来源于电流, 所以在电流允许范围内, 假设电流恒定机构操作稳定, 那么就需要在消除开断能量上采取措施, 喷口的喉部尺寸以及大小喷嘴的配合至关重要, 如图4所示。

而喷口喉颈部的截面积对于气缸压力、喷口处气流量有很大的影响, 如果设计匹配性不佳则会产生电堵塞效应, 对于容量试验场景下的开断具有决定性的影响。

不同的开断负荷 (不同的试验方式) 对喷口截面积有不同的需求, 开断近区故障电流时, 相对较小的喉颈截面积可以提高机械压缩率, 从而使电流过零后的熄弧气流有较强的气吹和冷却作用, 抑制热击穿。

在T100a试验中, 增大喉部直径, 增加排气效果, 可以改善停顿, 减轻机构负担。开断失败主要是因为电弧能量太大, 适当减轻喷口喉部电弧的堵塞效应, 也有利于过零后介质强度恢复。

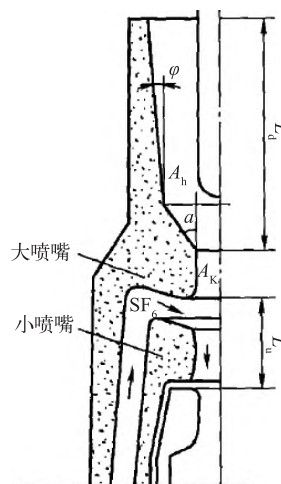


图4 大小喷嘴配合

改进方法研究

将喷口喉颈尺寸增加2 mm, 喷口加长40 mm, 可以略微控制从静主触头瓣间流出的热气的量, 防止热气体大量流到主触头间, 如果击穿发生在动、静主触头之间, 加长喷口的改进的仿真效果如图5所示。最大电场强度28.904, 满足要求。

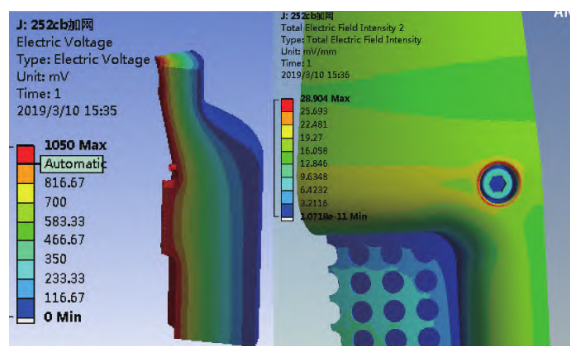


图5 改进后的喷口电场仿真

另外, 对中间部位的动、静触头电场强度进行仿真, 如图6所示, 短燃弧时动触头电场强度达16.782, 可靠性强。

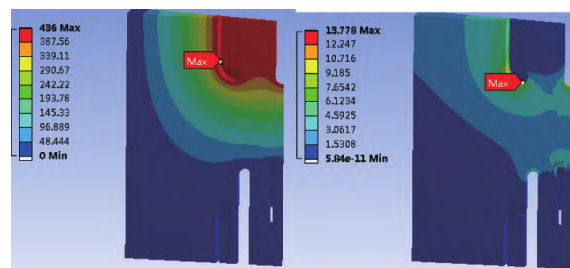


图6 T100a中间部位电场强度

结束语

1) 要全面考虑气流特性、气流量和各种不同负荷的开断需求, 应该将电弧最大直径作为喷口喉颈选择的主要依据, 一般来说50 kA开断电流下电弧最大直径为40 mm, 对于压气式灭弧室喷口喉颈取34~40 mm, 对于自能式灭弧室或半自能式灭弧室喷口喉颈取28~32 mm。

2) 喷口材料至关重要, 纯聚四氟乙烯或在其中添加 N_2O_3 的材料都不是很好的喷口材料, 在当前标准更改的背景要求下几乎很难通过容量试验; 国内外一般添加BN的喷口材料具有很好的效果, 另外昂

斯菲特公司的深灰色喷口材料添加了0.1% MoS_2 , 在实际应用中效果很好。EA

参考文献

- [1] 黎斌. SF₆高压电器设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [2] 王文华, 孟祥海, 田海波, 等. 手持式SF₆密度继电器校核仪的研制[J]. 电气应用, 2020, 40(7): 74-79, 85.

(收稿日期: 2021-10-18)