

[开关设备]

420 kV隔离开关开合小电容电流研究

文/特变电工中发上海高压开关有限公司 孟珍政 常 越 唐华超 孟维东 汤 伟 魏俊梅

介绍了隔离开关开合小电容电流产生的VFTO的特点及主要危害。详细介绍了420 kV隔离开关主要技术参数和设计特点。论述了IEC 62271-102对隔离开关开合小电容电流的相关要求。应用ATP-EMTP软件对420 kV 隔离开关开合小电容电流试验方式1进行了数值仿真，试验结果表明了本文计算结果的正确性。

电力工业是一个国家经济发展的命脉。400 kV等级电网是印度、沙特等中南亚国家的基本网架，420 kV GIS是保证其安全可靠运行的关键设备。

在GIS中，隔离开关不仅要有可靠的断口绝缘能力，而且需要具备开合小的容性电流的能力。隔离开关开合小电容电流产生的非常快速暂态过电压（Very Fast Transient Overvoltage, VFTO）危害较大。

本文介绍了隔离开关开合小电容电流产生的VFTO的特点及主要危害。详细介绍了420kV 隔离开关主要技术参数和设计特点。论述了IEC标准62271-102《高压交流隔离开关和接地开关》中对隔离开关开合小电容电流的相关要求。应用ATP-EMTP软件对420 kV隔离开关开合小电容电流试验方式1进行了数值仿真，计算结果表明，该隔离开关开合小电容电流产生的VFTO不会对其绝缘性能造成损坏。

VFTO特点及主要危害

VFTO非常重要，对于363 kV及以上电网，要特别关注VFTO对电力系统造成的危害，其特点有：①上升时间极短，约2~20 ns；②频率极高，MHz数量级，持续时间1~2 μs；③幅值较高，极端情况达3.0(pu)。

VFTO的主要危害如下。

1) 在GIS壳体上感应高的过电压，可能危及

部分二次元件和工作人员的安全。

2) 多次重燃的电弧，当触头屏蔽设计不良时，可能出现电弧漂移接地，形成接地故障。

3) 由于电弧多次复燃，电弧引起的过热和导电微粒使隔离开关触头部位对地绝缘性能下降，在VFTO的作用下产生对地闪络，形成接地故障。

4) 当GIS的绝缘支撑件表面附有导电例子或GIS导体表面有尖角毛刺时，产品耐受VFTO的能力会下降。

5) 高频特征对变压器等绕组类设备的绝缘造成破坏。

6) 高频特征对低压设备造成电磁干扰，使其误动作。

420 kV隔离开关

典型420 kV GIS间隔布置如图1所示。由断路器、电流互感器、隔离开关、维护接地开关、母线和快速接地开关等主要元件组成。



图1 典型420 kV GIS间隔布置

420 kV隔离开关整体外形结构如图2所示,由静触头、动触头及壳体等主要部件组成。

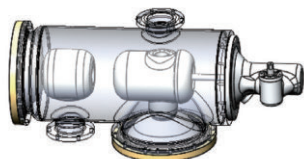


图2 420 kV隔离开关外形结构

420 kV隔离开关主要技术参数如表1所示。

表1 420 kV绝缘隔板主要技术参数

项目	数值
额定电压/kV	420
额定电流/A	4 000
额定频率/Hz	50
额定雷电冲击 耐受电压/kV	对地 1 425 断口 1 425 + 240
额定操作冲击 耐受电压/kV	对地 1 050 断口 900 + 345
额定短时工频 耐受电压/kV	对地 650 断口 815
额定母线转换电流	2 400 A/100 V
额定母线充电 容性开合电流/A	0.5
机械寿命/次	10 000

新型420 kV隔离开关具有以下独特特点。

- 1) 通流结构和屏蔽结构合二为一,结构简单,额定电流高,绝缘水平高。
- 2) 动侧可以组合维护接地开关或快速接地开关,静侧也可以组合维护接地开关或快速接地开关,实现了隔离开关与接地开关的紧凑组合。
- 3) 带有自力型结构的引弧触头,可以提高其额定母线转换电流,减轻母线电流转换过程中触头的烧损,提高电寿命。
- 4) 可以切合容性和感性小电流,配置电动操动机构,机械寿命10 000次,可靠性高。

IEC 62271-102对隔离开关开合小电容电流要求

IEC 62271-102《高压交流隔离开关和接地开关》中明确了GIS用隔离开关开合小电容电流的相关要求。对于420 kV GIS用隔离开关,要求完成3个试验方式,具体如表2所示。

表2 隔离开关开合母线充电电流试验方式

试验方式	描述	试验电压/kV	
		电源侧	负载侧
方式1	非常短的母线段的开合	267 (r.m.s.)	-377 (peak)
方式2	失步条件下对CB电容器的开合	267 (r.m.s.)	-267 (r.m.s.)
方式3	电流开合能力	243 (r.m.s.)	

其中试验方式1是正常的型式试验且是强制性的。试验方式2如果420 kV GIS用CB带电容器,需要进行;否则不需要进行。试验方式3根据用户与制造厂之间的协议进行;每个方式规定的试验次数均是50次。本文重点对强制进行的试验方式1进行论述。

试验方式1的试验回路要求如图3所示。其中QT为试验隔离开关,QA为辅助隔离开关。负载侧母线段长度 d_2 要求3~5 m,与电源侧的连接通过长度为 d_1 母线段试验。为了获得典型的VFT, d_2/d_1 应在0.36~0.52的范围内。

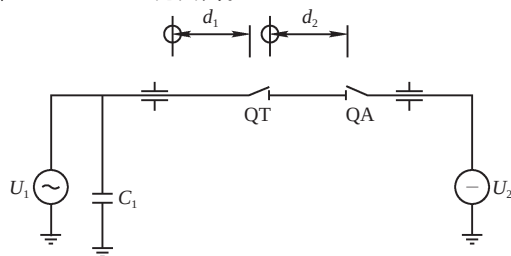


图3 试验方式1的试验回路

420 kV隔离开关开合容性电流试验方式1数值仿真

根据IEC6 2271-102标准要求,420 kV隔离开关开合母线充电电容电流试验方式1样机布置如图4所示。



图4 420 kV隔离开关样机布置

采用ATP-EMTP电磁暂态软件对420 kV隔离开关开合小电容电流试验方式1进行了数值仿真,主要监测被试隔离开关动静两侧的VFTO,计算结果如图5和图6所示,VFTO最大值如表3所示。

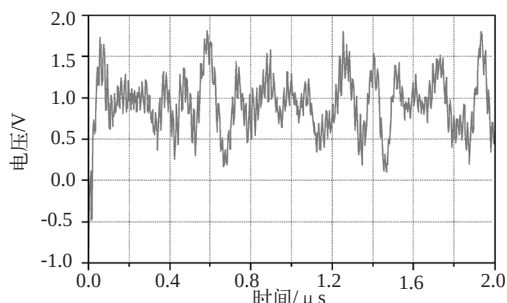


图5 420 kV隔离开关动侧VFTO

(下转第69页)

解列。检查2#机6 kV工作 I、II 段快切装置动作正常，母线电压正常。并迅速确认锅炉、电气侧报警，对主要报警画面拍照留存。

2) 检查2#炉脱硝喷氨电动门未关，手动全关调门、电动门，解列脱硝系统。

3) 根据情况停止吸、送风机运行。关闭一、二次暖风器进气，令锅炉巡检开起暖风器进气、回气手动门、直排疏水。

4) 调整A磨煤机分离器25%，手动控制PCV控制主气压力。

4. 值班员职责

1) 确认机侧报警，并迅速检查2#机交流润滑油泵联起正常，汽轮机高、中压主汽门、调门和高排逆止门，各段抽气逆止门关闭正常，MFT动作正常。2#汽轮机转速下降，顶轴油泵联起正常。派巡检就地调整2#机润滑油温、定冷水温。

2) 小机供气中断及时停运汽泵，开起小机疏水、检查再循环电动门、调门开关状态正确。调

整电泵控制三大水位。

5. 汽轮机巡检职责

1) 现场全面检查，做好转速到零投运盘车准备，主要检查投运条件是否满足。

2) 开起机侧疏水、热泵驱动蒸汽母管沿途疏水手动门。

3) 调整2#机主机、小机油温，定子冷却水温度，并开起2#机低旁手动门。

结束语

通过对本次跳机事故整个过程的系统性分析，提出了相应的防范措施和相关建议：一方面防止因小机排气电动蝶阀误动作且存在内漏，导致小机防爆门破裂并破坏凝汽器真空，为机组安全经济运行提供了保障；另一方面为加强对年久老化设备的定期检查、检修提供了宝贵的经验。EA

(收稿日期：2020.03.23)

(编辑：朱金凤)

(上接第54页)

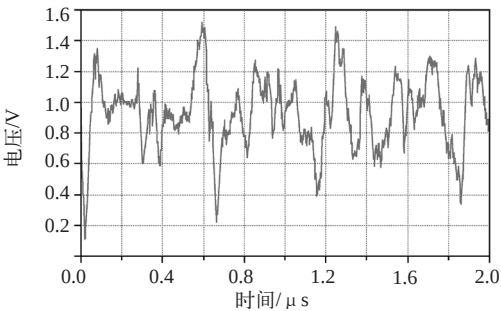


图6 420 kV隔离开关静侧VFTO

表3 VFTO最大值

部位	电压最大值 (pu)	电压最大值 /kV
隔离开关动侧	1.977 1	678.15
隔离开关静侧	1.827 3	626.76

由图5、图6和表3可知，420 kV隔离开关进行

母线充电容性电流开合试验方式1时，VFTO最大值发生在隔离开关动侧，1.977 1(pu)，678.15 kV；电压上升时间50 ns。420 kV隔离开关额定绝缘水平，雷电冲击耐受电压1 425 kV，远大于其产生的VFTO。因此，该隔离开关可以通过该型式试验验证，不会在试验过程中发生对地闪络。

420 kV隔离开关型式试验验证

根据本文优化结果研制的420 kV隔离开关在西安国家高压电器质量监督检验中心严格按照IEC 62271-102《高压交流隔离开关和接地开关》标准一次性顺利通过了其容性电流开合试验方式1，验证了本文计算结果的正确性。EA

(收稿日期：2020.07.01)

(编辑：朱金凤)