

[开关设备]

新型420 kV绝缘隔板 绝缘性能研究

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

详细介绍了新型420 kV绝缘隔板的设计特点；对其雷电冲击耐受电压下的绝缘性能进行了数值仿真，计算结果表明：420 kV绝缘隔板满足其绝缘性能要求。研制的新型420 kV绝缘隔板在西安国家高压电器质量监督检验中心顺利通过了整套型式试验，进一步验证了其绝缘性能的可靠性。

电力工业是各国经济发展的命脉。400 kV等级电网是印度、沙特和阿联酋等南亚和西亚国家的骨干网架，420 kV气体绝缘金属封闭开关设备（以下简称GIS）是保证其安全可靠运行的重要设备。

在GIS中，绝缘隔板起着隔离相邻气室、支撑导体和对地绝缘的重要作用，在GIS中用量较大。据统计，电力系统中65%的GIS绝缘事故与绝缘隔板有关。因此，绝缘隔板的绝缘性能非常重要，是保证GIS安全可靠运行的基础。

典型420 kV GIS间隔布置如图1所示，其中黄色部件就是绝缘隔板，共用到7个。



图1 典型420 kV GIS间隔布置

420 kV绝缘隔板详细结构如图2所示，由中心嵌件、环氧树脂浇注部分及铝法兰三大部分组成。该隔板在420 kV GIS母线中的典型应用如图3所示。



图2 420 kV绝缘隔板

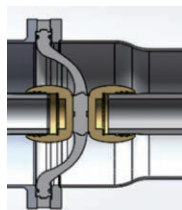


图3 420 kV隔板在GIS母线中的应用

420 kV绝缘隔板技术参数及主要特点

420 kV绝缘隔板主要技术参数如表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	1 425
额定短时工频耐受电压/kV	650
额定SF ₆ 充气压力/MPa	0.58
最低功能SF ₆ 充气压力/MPa	0.5

新型420 kV绝缘隔板具有以下主要特点：①采用铝法兰结构，使得绝缘隔板与罐体联接时不必使用铜（或铝）短接板，节约了有色金属，简化了装配工艺；②中心嵌件采用特殊形状，有效改善了绝缘隔板的绝缘性能和力学性能；③采用合适的气隙设计，不带地电位屏蔽环，结构简单，装模方便，浇注成品率高，有效改善了壳体法兰附近三交区场强；④采用合理的凸凹面设计，力学性能优良；⑤外径小，厚度小，重量轻，成本低，环保。

420 kV绝缘隔板绝缘性能研究

绝缘隔板的绝缘性能至关重要。在电力系统中，较多的GIS接地故障均是由绝缘隔板的沿面闪络引起。绝缘隔板的绝缘性能主要取决于其屏蔽结构及环氧树脂的相对介电常数。

420 kV绝缘隔板在GIS母线中的典型应用见图3，采用ANSYS有限元分析软件对其雷电冲击耐受电压试验下的绝缘性能进行数值仿真。

1. 数学模型

与420 kV绝缘隔板母线应用电场分布对应的数学模型见式(1)，考虑最苛刻工况，即雷电冲击耐受电压下的绝缘性能，计算电压取1 425 kV。

$$\begin{cases} \nabla(\epsilon_r \epsilon_0 \nabla u) = 0 \\ u_1 = 1\ 425 \\ u_2 = 0 \\ \epsilon_r \epsilon_0 \frac{\partial u}{\partial n} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中， u 是电势； ϵ_0 是真空介电常数； ϵ_r 是材料相对介电常数。

场域中各点的电场强度为

$$E = -\nabla u \quad (2)$$

式中， E 是电场强度。

2. 计算结果

在雷电冲击耐受电压1 425 kV下，420 kV母线的电位等值云图分布如图4所示。

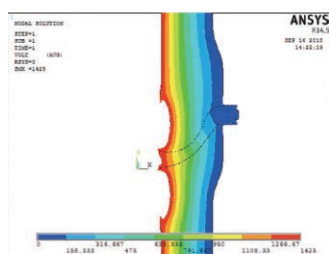


图4 420 kV母线电位等值云图分布

隔板沿面电场强度最大值是衡量其绝缘性能的重要参数，有绝对值(E_{abs})、切向分量(E_s)和法向分量(E_n)三种，其中绝对值 E_{abs} 和切向分量 E_s 对放电权重最大，作为重点分析比较对象。在雷电冲击耐受电压1 425 kV下，420 kV绝缘隔板凹面和凸面的电场强度分布如图5和图6所示。各关键位置的电场强度最大值对比如表2所示。

3. 结果分析及校核

由计算结果图5、图6和表2可知，在雷电冲击耐受电压1 425 kV作用下，420 kV绝缘隔板凸面电场强度 E_{abs} 和 E_s 最大值分别为13.18 kV/mm和11.4318 kV/mm；隔板凹面电场强度 E_{abs} 和 E_s 最大值

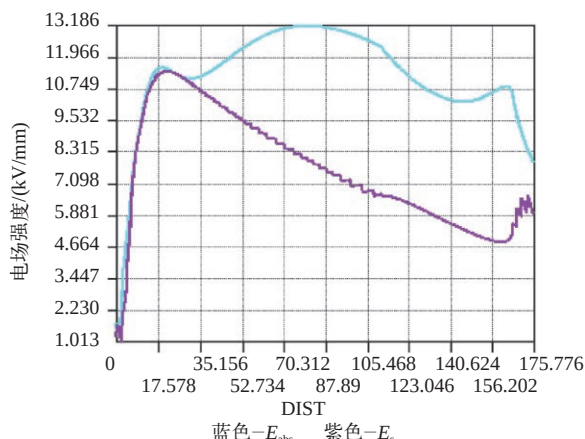


图5 绝缘隔板凸面侧沿面电场强度分布

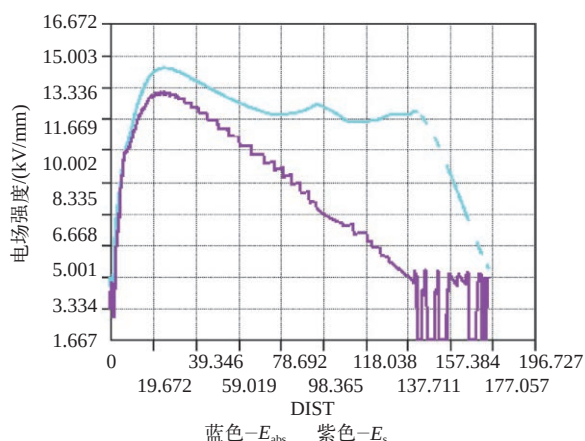


图6 绝缘隔板凹面侧沿面电场强度分布

表2 420 kV绝缘隔板关键部位电场强度最大值
单位: (kV/mm)

部位	电场强度 E_{abs}/E_s
隔板凸面	13.18/11.43
隔板凹面	14.61/13.04
许用场强 (0.5MPa)	15.7

分别为14.61 kV/mm和13.04 kV/mm，其尾部三交区电场均较小。

420 kV绝缘隔板在GIS母线应用中的最低功能 SF_6 充气压力为0.5 MPa (表压)，根据参考文献，该气压下隔板沿面的许用场强值为15.7 kV/mm，大于表2中绝缘隔板凹凸面电场强度最大值。因此，该420 kV绝缘隔板绝缘性能安全可靠，且具有一定的安全裕度。

型式试验验证

420 kV绝缘隔板在西安国家高压电器质量监督检验中心顺利通过了IEC标准要求的绝缘型式试验。420 kV绝缘隔板型式试验的顺利通过，进一步验证了其绝缘性能的可靠性。EA

(收稿日期: 2020.07.09)

(编辑: 朱金凤)