[GIS]

新型145 kV GIS用隔接组合研制

文/特变电工中发上海高压开关有限公司　孟维东　汤　伟

132 kV等级电网是印度、伊朗等中南亚国家的基本网架，145 kV GIS设备是保证其安全可靠运行的关键设备，145 kV隔接组合是其重要组成元件。隔接组合的断口绝缘性能是其最基本的性能。对研制的新型145 kV隔接组合设计结构上的特点进行了详细介绍。结合其断口联合加压试验，对隔离开关的断口绝缘性能进行了数值仿真，计算结果表明该145 kV隔接组合绝缘结构满足相关要求。研制的新型145 kV GIS用隔接组合在西安国家高压电器质量监督检验中心顺利通过了整套绝缘型式试验验证。目前包含该145 kV隔接组合在内的GIS已通过了中机联组织的国家级鉴定，成功应用于中国、印度等国内外多个电站。

随着各国经济建设的蓬勃快速发展，对电网建设也提出了更高的要求，建设更为高效、更加坚强可靠的拓扑化电网，保证电源的可靠供应是各国电网建设的重中之重。

132 kV等级电网是印度、伊朗等中南亚国家的基本网架，145 kV GIS设备是保证其安全可靠运行的关键设备。GIS中隔离开关和接地开关组合（以下简称为隔接组合）的主要功能是在设备检修过程中形成可靠断口，将带电元件与不带电元件进行有效隔离，在被隔离并已可靠接地的元件或线路上进行安全检修。因此，隔接组合中隔离开关的断口绝缘性能是其极为重要的性能。为有效节省占地面积，145 kV GIS用隔接组合多数采用三相共箱设计，这种三相共箱设计特点为其绝缘结构的设计和优化带来了较大的难度，成为其结构设计中的突出难点。

从145 kV GIS用隔接组合需要满足的主要绝缘水平出发，结合其绝缘型式试验时最为苛刻的断口联合加压试验，对其隔离开关的断口绝缘性能进行了数值仿真分析，计算结果表明该145 kV GIS用隔接组合绝缘结构满足其绝缘性能相关要求。

根据计算结果研制的145 kV GIS用隔接组合在西安国家高压电器质量监督检验中心按照相关标准顺利通过了整套绝缘型式试验考核。目前包含该145 kV隔接组合在内的GIS已通过中机联组织的国家级样机鉴定，并成功应用于印度及巴基斯坦等多个132 kV电站，同时也应用于国内多个126 kV电站。

145 kV GIS用隔接组合结构

145 kV GIS设备总体结构（如图1所示）为三相共箱式设计，断路器、电流互感器、隔接组合、母线、快速接地开关及套管等主要元件均采用标准化，模块化设计。整体145 kV GIS积木式布

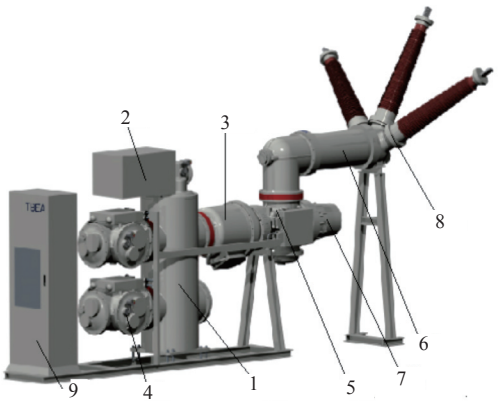

图1　145 kV 3 150 A GIS结构

1—断路器　2—断路器操动机构　3—电流互感器
4—母线隔接组合　5—线路隔接组合　6—母线
7—快速接地开关　8—户外套管　9—汇控柜

置，结构紧凑，可靠性高，安装方便，适用于高海拔地区，最小间隔宽度800 mm，占地面积小，可满足单母线、单母线分断、双母线、双母线分断、一倍半、桥式和环形接线等多种接线方式要求。

145 kV GIS用隔接组合整体结构如图2所示。

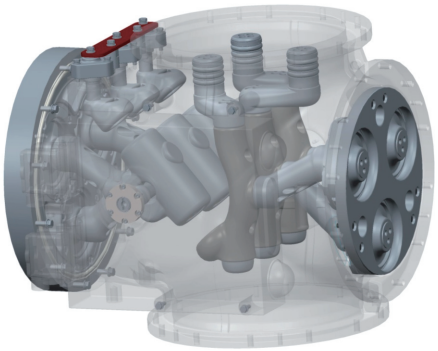

图2　145 kV 隔接组合结构

145 kV 隔接组合具有以下特点。

1）采用三工位设计，即具有三个工作位置。工位一，隔离开关、接地开关均处于分闸位置；、工位二，隔离开关处于合闸位置，接地开关处于分闸位置；、工位三，隔离开关处于分闸位置，接地开关处于合闸位置。

2）隔离开关和接地开关组合在一个模块内，二者共用动触头，共用操动机构，该设计实现了隔离开关与接地开关的机械联锁，从根本上杜绝了误操作风险。

3）该隔接组合处于工位二，即隔离开关处于合闸位置，接地开关处于分闸位置时，可兼作为主母线使用。

4）触头连接部位采用新型的多道圈弹簧触头联接技术，实现了3 150 A的额定通流要求。

5）可以切合容性和感性小电流，机械寿命10 000次。

145 kV GIS用隔接组合主要技术参数

145 kV GIS用隔接组合的主要技术参数如表1所示。

表1　145 kV 3 150 A 隔接组合主要技术参数

项目		数值
额定电压/kV		145
额定电流/A		3 150
额定频率/Hz		50
额定峰值耐受电流/kA		100
额定短路持续时间/s		4
额定雷电冲击耐受电压/kV	对地	650
	断口	750
额定短时工频耐受电压/kV	对地	275
	断口	315
额定母线充电电流开合能力/A		1
额定母线转换电流		1 600 A/100 V
机械寿命/次		10 000

145 kV隔接组合绝缘性能数值仿真分析

高压开关设备的绝缘性能是其最基本的性能。绝缘性能一旦遭到破坏而发生闪络，就会导致短路故障，对高压设备及工作人员的安全造成危害。对于隔离开关，由于其主要功能是在设备维修时将线路中的带电部分与不带电部位进行可靠有效隔离，因此其断口绝缘性能至关重要，需要具备更高的绝缘水平，即一端承受短时工频过电压或或雷电冲击过电压，另一端承受反向工频电压。

结合145 kV GIS用隔接组合绝缘型式试验时最为苛刻的断口联合加压试验，应用有限元分析计算软件ANSYS对其绝缘性能进行了数值仿真。145 kV GIS用隔接组合整体结构如图2所示，定义中间相为B相，距离壳体较近的两相分别为A相和C相。由于145 kV GIS用隔接组合在结构上A相和C相相对于B相对称分布的特点，仿真时计算模型可采用整体结构的一半，仅计算A相和B相的绝缘性能（认为C相和A相相同）。

一共有四种计算工况。计算工况1：B相隔离断口，动侧雷电冲击电压650 kV，静侧反向工频峰值－100 kV，A相导体接地0 V，罐体接地0 V。计算工况2：B相隔离断口，静侧雷电冲击电压650 kV，动侧反向工频峰值－100 kV，A相导体接地0 V，罐体接地0 V。计算工况3：A相隔离断口，静侧雷电冲击电压650 kV，动侧反向工频峰值－100 kV，B相导体接地0 V，罐体接地0 V。计算工况4：A相隔离断口，动侧雷电冲击电压650 kV，静侧反向工频峰值－100 kV，B相导体接地0 V，罐体接地0 V。

145 kV GIS用隔离开关计算工况1下的电位等值云图分布和局部电场强度等值云图分布分别如图3和图4所示，为节省篇幅，其他工况下的计算云图就不冗赘给出。

四种工况下各关键部分的电场强度最大值对

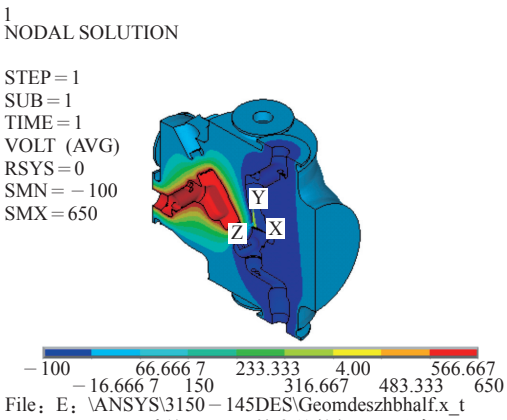

图3　计算工况1下的电位等值云图分布

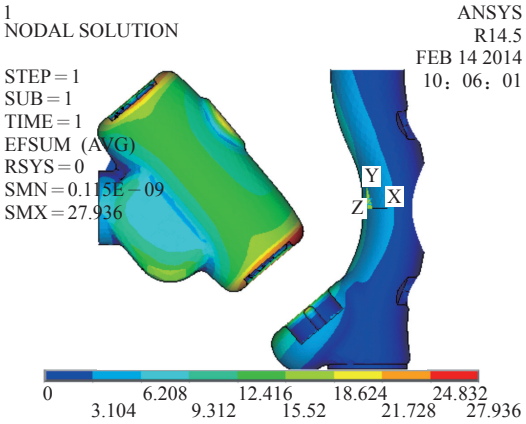

图4　计算工况1下的局部电场等值云图分布

比如表2所示。

表2　关键部位电场强度最大值

计算工况	电场强度最大值/(kV/mm)
计算工况1	27.936
计算工况2	26.589
计算工况3	25.572
计算工况4	28.324
许用场强（0.5 MPa）	29

高压开关设备的绝缘性能与其承受电压的波形、极性以及电极形状、表面粗糙度和SF_6气体的密度及纯度等多种因素有关。而SF_6气体的许用场强与一个公司的制造工艺及生产管理水平密切相关，偏大了电气性能不可靠，偏小了产品尺寸大而不经济，缺乏市场竞争力。145 kV GIS用隔接组合的额定SF_6充气压力为0.58 MPa，最低功能SF_6充气压力为0.50 MPa，0.50 MPa SF_6气体的许用耐受场强为29 kV/mm。

由表2可知，该145 kV 3 150 A GIS用隔离开关四种工况下的电场强度最大值均小于许用值，因此可以耐受其绝缘型式试验最严格工况断口联合加压时的相关型式试验项目。

145 kV隔接组合型式试验验证

通过充分研究的论证的145 kV隔接组合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整套绝缘型式试验验证，绝缘型式试验样机布置如图5所示。

图5　145 kV GIS绝缘型式试验样机布置

145 kV隔接组合具体工程应用

目前包含该145 kV隔接组合在内的GIS已通过中机联组织的国家级样机鉴定，鉴定意见评价其技术性能达到国际国内同类产品先进水平。

145 kV GIS已在印度、巴基斯坦等国的多个132 kV电站投运，同时也应用于我国的三星城等多个110 kV 3 150 A电站，投运顺利，目前运行状况良好。

图6　145 kV GIS在三星城电站的运行

结束语

145 kV隔接组合的研制成功，为145 kV GIS的研制成功奠定了良好的基础。145 kV GIS的研制成功满足了印度、伊朗等中南亚国家132 kV等级电网对145 kV GIS的大量需求，为其减少线路走廊，降低线路损耗创造了有利条件。**EA**

（收稿日期：2017.04.12）

（编辑：刘群垚）