

[耐压试验]

145 kV GIS单间隔工频耐压试验效率提升的研究

文/惠小彬 王伟 张杭 曹程 张会杰 孙明雨
西安西电开关电气有限公司

作为电力系统中控制、传输、转化的重要设备,我国GIS相关设备生产制造企业已在国际市场中占据相当份额。目前国际市场中,欧洲、东南亚电网额定电压为132 kV,该电网中使用的GIS设备额定电压为145 kV。针对145 kV GIS单间隔工频耐压试验母线处屏蔽结构进行研究,通过电场仿真分析,设计一种新型、可重复利用的试验屏蔽结构,改进原有装配方式,简化安装过程,减少生产成本,提升装配效率。

132 kV是欧洲及东南亚电网中一种常见的电压等级,145 kV气体绝缘全封闭组合电器(GIS)作为132 kV电网中重要电源开关控制设备市场需求量较大。目前国内主流厂家已研制并批量生产145 kV GIS销往新加坡、马来西亚和塞尔维亚等国家。随着世界经济圈的不断扩大,145 kV GIS作为输变电领域的中国制造在国际市场上不断崭露头角。随着世界各国132 kV GIS的需求不断扩大,也促使国内各个厂家不仅要做到在产品质量和性能上的可靠,同时也要求国内GIS主机厂家快速响应国际市场需求并能按期交货。

本文就145 kV GIS单间隔出厂工频耐压试验进行简述,通过对现有GIS结构单间隔工频耐压试验形态研究,对145 kV GIS单间隔出厂工频耐压试验时部分结构进行优化,优化盆式绝缘子处屏蔽安装结构,减少屏蔽及螺栓的拆卸,仅使用一种插拔式屏蔽头便可做到提升出产效率,减少重复劳动。对该改进结构内部电场进行计算、试验验证,确保其在完全可靠的情况下批量应用。

145 kV GIS工频耐压试验简述

目前国内外GIS生产厂家均按照IEC 62271-203

《高压开关设备和控制设备-第203部分:额定电压超过52 kV的气体绝缘金属壳开关装置》标准中4.2章节所述,额定绝缘水平要求完成GIS设备绝缘水平进行出厂工频耐压试验及雷电冲击试验,其中145 kV GIS设备仅需完成275 kV额定短时工频耐受电压试验,部分项目用户要求增加额定雷电冲击耐受电压试验,具体参数见表1。

表1 设备额定电压范围1的额定绝缘水平

设备的额定电压 U_n /kV (有效值)	额定短时工频耐受电压 U_d /kV(有效值)		额定雷电冲击耐受电压 U_p /kV(峰值)	
	相对地、开关装置断口间及相间	隔离断口间	相对地、开关装置断口间及相间	隔离断口间
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
145	275	315	650	750

注:1. (2)中的值适用于型式试验的相对地和相间;出厂试验,相对地、相间和开关装置断口间。

2. (3)、(4)和(5)中的值仅适用于型式试验。

国内某GIS制造商严格依照IEC 62271-203国际标准要求完成GIS出厂相关所有试验,其中主要试验内容包括:外观检查、主回路电气连锁、电流互感器装配后极性复查、SF₆气体水分测量、SF₆气体泄漏检测、回路电阻测量、密封试验、机械特性、

工频耐压及局部放电等多项试验。图1为常见的工频耐压、局部放电试验整站形态。此种试验形态需将所有间隔GIS完成安装、调试及完成部分试验后再整体对接在一起进行工频耐压、局部放电试验。图1所示整间隔试验形态中1、2、3、…、 n 表示项目中GIS间隔号，其中…表示4、5、6…等间隔， n 表示项目最后一个间隔号，即GIS整站总间隔数量。整站GIS通过母线或者分支与试验变压器对接完成工频耐压、局部放电试验。整站GIS进行出厂试验过程时势必造成试验场地需求较大，由于试验变压器的位置较为固定，造成整站间隔试验过程中其他工程项目GIS需等待较长时间才能开始对接总装，不能达到良好循环。同时整站做完工频耐压、局部放电试验后需要将整站GIS拆卸为单间隔包装运输。此项工作势必造成人力的重复劳动，并且试验资源（试验变压器）不能够得到高效率使用。

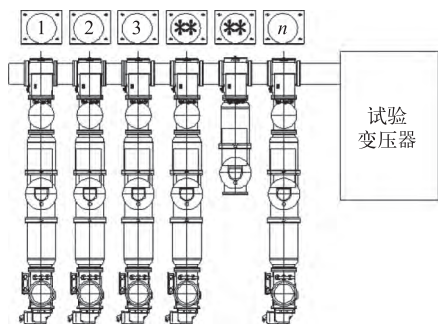


图1 整项目GIS工频耐压试验示意图

为提升生产效率，减小绝缘试验时所需工作场地，减少重复劳动，高效循环利用试验资源（试验变压器），国内某GIS制造厂商提出单间隔完成绝缘试验，详见图2，此种方法试验时不仅占地面积小，同时单间隔完成绝缘试验后即可进行下一个间隔试验，很大程度上提高了生产效率。

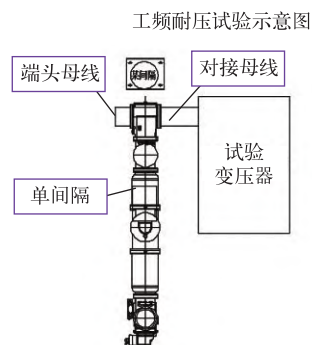


图2 单间隔GIS工频耐压试验示意图

145 kV GIS单间隔工频耐压试验结构研究

145 kV单间隔绝缘试验时端头母线处若使用整站端头屏蔽时，此处安装屏蔽如图3所示，其电场符合绝缘要求。

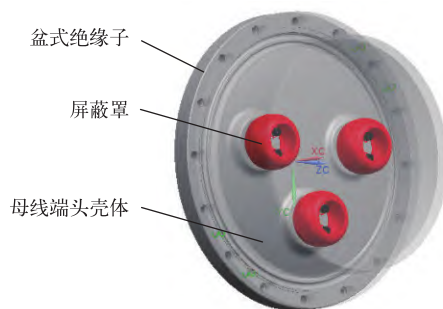


图3 母线端头屏蔽结构

对于位于中间间隔位的GIS间隔，由于其左右两侧均通过母线筒、导体（过渡母线）连接其他间隔，中间间隔母线筒内屏蔽与整站母线端头屏蔽形态完全不同，如图4所示。此处结构在研发过程中对其电场计算满足要求，同时在实际项目中也对过渡母线结构进行了绝缘模高。结果显示无论其理论计算结果还是实际模高结果，均显示其绝缘性能完全满足145 kV GIS要求。

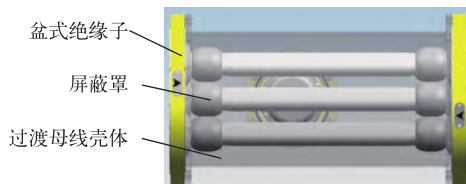


图4 过渡母线连接结构

145 kV GIS单间隔绝缘试验，中间位间隔未与变压器连接侧母线，若使用过渡母线，屏蔽时对其电场计算发现电场较大，安装形态如图5所示，电场云图如图6所示，最大电场强度为27.6 kV/mm。

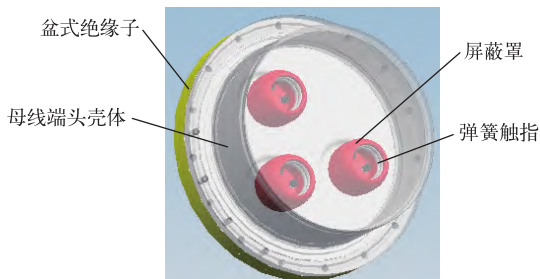


图5 过渡母线处屏蔽试验时形态

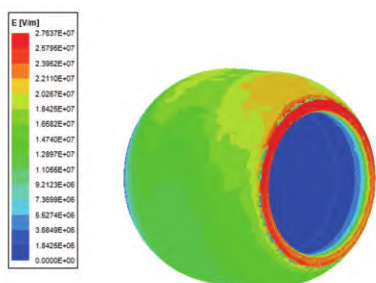


图6 屏蔽电场云图

若在试验时使用整站端头母线屏蔽势必造成每次绝缘试验结束后,重新拆除母线端头处屏蔽并安装过渡母线处屏蔽,造成重复劳动。鉴于以上原因,考虑在产品屏蔽处安装插拔式屏蔽头,如图7所示。间隔在进行出厂试验时,在屏蔽处安装插拔式屏蔽头。出厂试验完成后,直接拔掉该屏蔽头,且不影响工程现场的对接安装工作,该结构简单、方便、可靠。

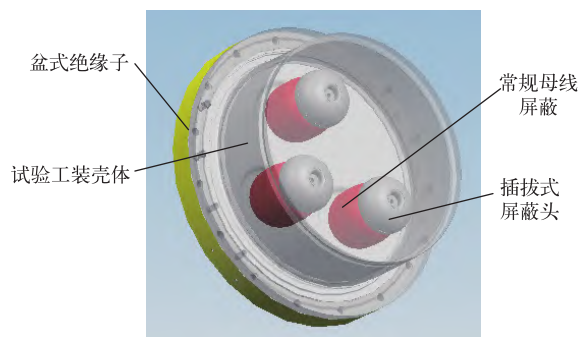


图7 过渡母线处屏蔽试验时形态

研究方案电场复核

为验证在产品屏蔽处安装插拔式屏蔽头的绝缘可靠性,对该处结构进行电场仿真计算,电场云图如图8所示。根据图8所示计算结果最大电场强度为22.8 kV/mm,满足145 kV GIS的使用要求。

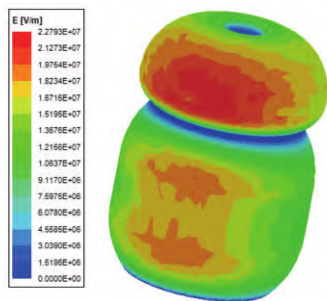


图8 屏蔽电场云图

试验验证及摸高

依据优化后的插拔式屏蔽头安装模式,按照145 kV GIS单间隔出厂绝缘试验形态进行摸高,试验形态安装如图9、图10所示。雷电冲击试验电压在751 kV时截波,工频耐压试验电压至353 kV时终止,未进行至放电,其绝缘裕度至15%以上。试验证明,改进后的145 kV GIS用插拔式屏蔽结构具有良好的绝缘性能,满足145 kV单间隔出厂试验的使用要求。



图9 145 kV GIS单间隔试验母线内部安装图

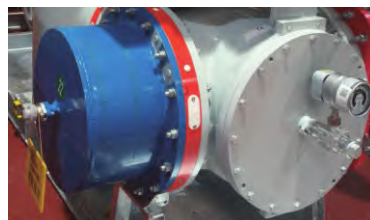


图10 试验形态

结束语

145 kV GIS单间隔工程出产时,在间隔端头安装插拔式屏蔽头,不仅结构简单、可靠,而且大大提高生产效率。该结构已广泛应用在145 kV GIS上,未发生任何绝缘故障,充分证明该结构的合理性。**EA**

(收稿日期:2025-02-13)

参考文献

- [1] 苏毅. 电气设备绝缘的高电压试验与安全防护措施[J]. 电气开关, 2013, 2(8): 6-8.
- [2] 贺以燕. 工频高压试验设备的现状及其发展(上)[J]. 变压器, 1994(5): 2-5.
- [3] 贺以燕. 工频高压试验设备的现状及其发展(下)[J]. 变压器, 1994(6): 2-6.