

「互感器」

一种电流互感器内部导体改进设计

文/西安西电开关电气有限公司 郝学东

对363 kV 气体绝缘金属封闭开关设备配置卧式断路器装配电流互感器的内部导体提出了改进设计，并通过Maxwell 3D计算软件对更改后的结构进了静电场仿真计算分析。改进后的电流互感器的内部导体在充气压力为0.4 MPa（表计）下，成功耐受住工频电压520 kV/1 min、雷电操作冲击电压1 175 kV及操作冲击电压950 kV，正负极性各15次的试验。

气体绝缘金属封闭开关设备（以下简称“GIS”）经过近半个世纪的研发、运行及发展，已形成完善的系列产品，并在电网中表现出前所未有的优良使用性能，为国家经济发展做出引人注目的贡献。

随着城市化进程的不断推进，城市规模不断扩张，城市用地紧张和土地价格居高不下，迫切要求GIS开关站尽量减少占地面积或利用地下空间，因此设备的小型化成为GIS的发展方向。GIS小型化不仅仅是结构上的尺寸缩小，更需要将结构优化，切实提高绝缘性能。

通过对363 kV GIS配置卧式断路器装配电流互感器的内部导体结构进行分析，提出优化改进方案，并通过Maxwell 3D计算软件，对优化后的结构进行了电场三维模拟计算分析，最后通过对样机进行绝缘试验，证实了改进的可靠性。

改进前后的导体结构

原已通过型式试验而正式生产的363 kV GIS配置卧式断路器装配电流互感器内部导体的原结构如图1所示。从图1可以看出，电流互感器内部装配主要由电流互感器壳体、电流互感器线圈、导体和盆式绝缘子等部分组成。从图2可以看出导

体3的结构，导体最大直径大于连接导体直径。

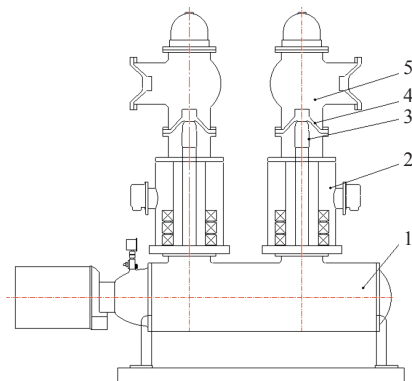


图1 电流互感器内部导体原结构图

1—断路器 2—电流互感器焊接壳体 3—导体
4—盆式绝缘子 5—隔离开关

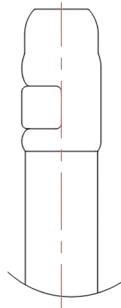


图2 导体原结构图

改进后的结构如图3所示。从图1、图3比较可以看出,主要做了以下的改动。

1) 将与卧式断路器连接的电流互感器焊接壳体2改为铸造壳体。

2) 优化了导体3的结构,使其最大外径与连接导体直径相同,导体长度小于原导体长度。改进后导体的结构如图4所示。

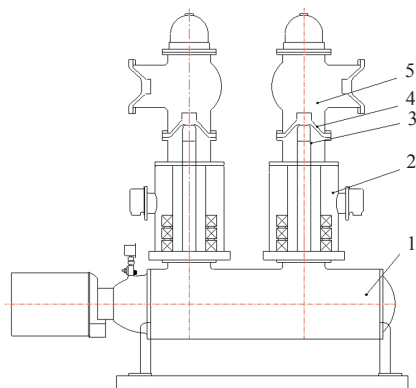


图3 电流互感器内部导体结构图

1—断路器 2—电流互感器铸造壳体 3—导体
4—盆式绝缘子 5—隔离开关

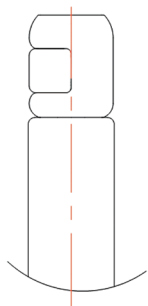


图4 优化后导体结构图

通过比较可以发现,改进后的结构,不仅可以使电流互感器用的导体结构优化的更为简单,而且其壳体可由焊接壳体改为铸造壳体,且壳体高度及导体长度同时可以减少。根据标准化设计及实际使用情况,通过此次改进,有利于标准化生产;同时导体结构的优化,不但优化其电场分布,而且使整体装配更为简洁。

电场计算分析

为验证结构设计的合理性,利用Maxwell 3D 计算软件对363 kV GIS配置卧式断路器装配电流互感器内部导体结构进行3D电场仿真计算分析。首先对363 kV GIS配置卧式断路器装配电流互感器内部导体进行简化计算模型如图5所示。

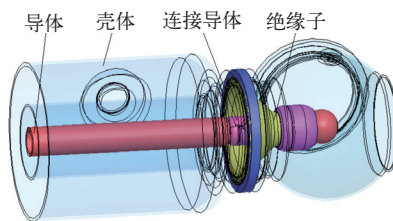


图5 有限元计算模型

363 kV GIS配置卧式断路器装配电流互感器内部导体结构3D电场仿真计算分析如表1所示。在表1中,壳体的边界条件设置为导体处施加1 175 kV,法兰、壳体为地电位。

表

名称	电场强度降低程度(%)
导体表面 $E_{\max}$	0.9
连接导体表面 $E_{\max}$	13.3
壳体表面 $E_{\max}$	6.2
盆式绝缘子凹侧表面 $E_{\max}$	1.5

从结构上看,与盆式绝缘子连接的导体既有屏蔽罩作用,又有连接导体的作用。相比原有结构,首先结构上得到较好的优化,其次可以将电流互感器用的焊接壳体直接改用为标准化程度较高的铸造壳体,最后在电场分布上,连接导体的场强较改进前结构场强降低了13.3%。

试验验证

更改结构后的电流互感器内部导体在充SF₆气体压力为0.4 MPa(表计)时,进行了工频耐压试验验证,试验电压为520 kV/1 min。另外,进行了雷电冲击试验和操作冲击试验验证,雷电冲击电压峰值为1 175 kV,操作冲击电压峰值为950 kV,根据标准共进行了正负极性各15次,未出现任何闪络。图6、图7为雷电冲击试验时的

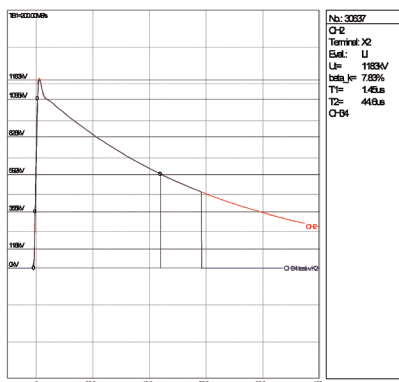


图6 正极性雷电冲击电压波形

电压波形，图8、图9为操作冲击试验时的电压波形。图10为363 kV GIS配置卧式断路器装配电流互感器内部导体试验的结构图。图11为工频耐压、雷电冲击及操作冲击试验的试验照片。

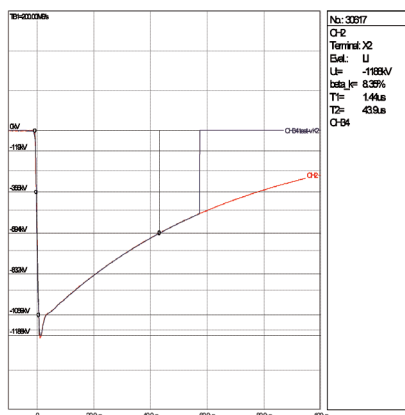


图7 负极性雷电冲击电压波形

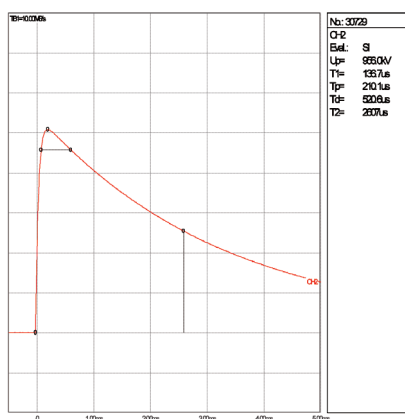


图8 正极性操作冲击电压波形

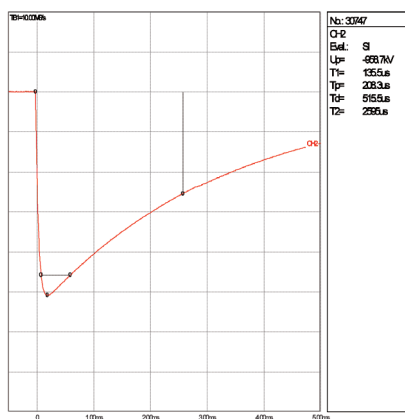


图9 负极性操作冲击电压波形

更改后的结构相比原结构更有利于工厂标准化作业生产，其绝缘试验验证是在0.4 MPa（表

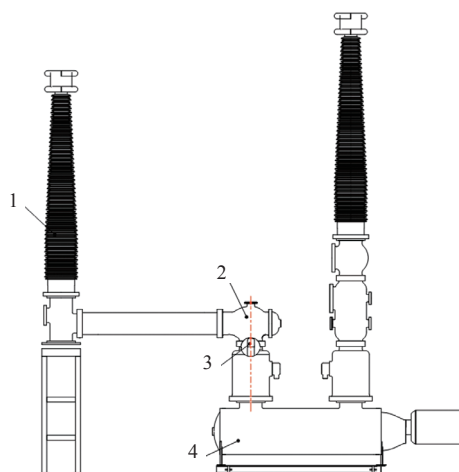


图10 电流互感器内部导体原结构图

1—试验套管 2—隔离开关 3—改进后导体 4—断路器

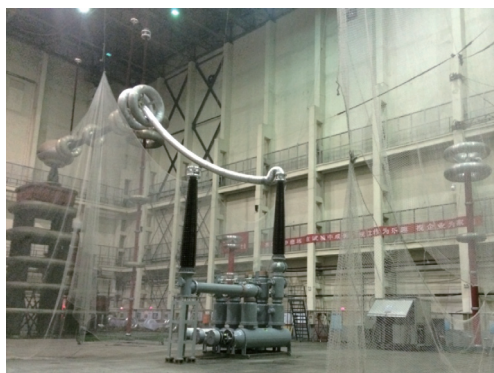


图11 工频耐压、雷电及操作冲击试验照片图

计) 气压下进行的，所有试验结果均符合国家相关标准。

结束语

363 kV GIS配置卧式断路器装配电流互感器内部导体结构的改进设计，通过Maxwell 3D计算软件对优化后的结构进行了3D静电场模块进行仿真计算分析。分析结果表明，更改后的导体结构的电场分布得到较好的优化，更有利于工程实际应用。

通过绝缘试验进行验证表明，改进后的结构绝缘裕度较大，增加了绝缘的可靠性。此外，由于结构的改进，GIS用电流互感器的壳体可由焊接壳体改为标准铸造壳体，提高了企业竞争力，为创建绿色环保型社会作出积极贡献。EA

(收稿日期：2017.09.05)

(编辑：刘群彦)