

[金具]

超高压变电站金具优化分析

文/中国能源建设集团安徽省电力设计院有限公司 张前雄 梅 雷 蒋克勇

变电站的金具噪声是一个在其设计阶段需要考虑的问题，需要通过控制金具表面场强对其进行抑制。对750 kV变电站的门形架单联绝缘子串金具进行了3维建模，分析了金具表面的场强分布，并根据计算结果提出了几种不同的场强优化方案。最后，通过对比不同方案下的金具表面电场强度，给出了优化的设计结构。

金具是变电站中很重要的组成部分，变电站运行时其处于高电位，不合理的设计会引起金具表面局部放电，甚至产生噪声污染。对变电站进行设计时，要充分考虑金具方面的设计。变电站中的金具主要包括管母、连接金具以及均匀环等。因此，需要合适的金具结构和尺寸，以保障其电场强度值控制在起晕电场以下。

目前国内外进行电场分析的方法主要包括模拟电荷法，经验公式法以及有限元法。其中前两种方法对分析对象进行了一定的简化和理想化处理，计算相对简单快速。后者精确考虑模型的结构和细节，通过网格离散的方法对分析对象各处的电位及电场分布进行精确求解。

本文采用有限元法，对750 kV变电站门形架单联绝缘子金具进行电场仿真计算并提出优化方案，通过几种不同优化方案下的金具表面电场分析对比，提出了建议的优化设计方案。

计算模型

综合考虑计算精确度以及计算量之间的关系，建立了750 kV变电站门形构架中相单联耐张绝缘子串分析模型，按门形构架、绝缘子、均压环和上层导线实际尺寸建立实体模型。对连接金具、联板和线夹进行合理的外形简化。绝缘子瓷伞裙相对介电常数为6，导线长度为50 m。模型中所有实体被两个空气立方体包围，内层空气恰好

包住实体；第二层为圆拱形，确定了模型的外边界，整体模型如图1所示。其中，只建立中相单联绝缘子串、连接金具以及均匀环，另外两相只建立导线模型。

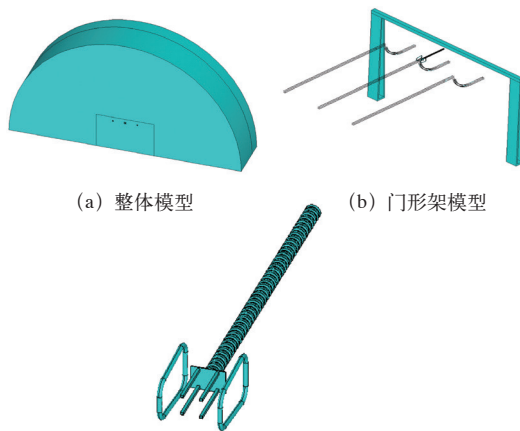


图1 分析对象实体模型

这里需要说明的是，根据有限元分析的相关理论和计算经验，计算区域的选择对于计算结果的影响比较大。这里的半圆柱形区域高为200 m，长为80 m，在此区域边界的情况下，计算结果的准确度就能够满足工程分析的需要，同时也可以较大地节省计算时间。

原模型场强分布

通过有限元分析软件ANSYS，对实体模型进

行剖分控制,可以得到进行电场分析的有限元模型。由于工频情况下,电磁波波长较模型尺寸大很多,该工频电场为似稳电场,可以通过静电场计算的方法进行简化计算。

中相单联绝缘子串的连接金具以及均压环,加载峰值电压 U_m ;另外两相导线按相序分别加载电压 $-U_m/2$ 。中相高压端导线、均压环、连接金具和与其相连的钢脚加载高电位为653 kV,低压端1号绝缘子铁帽和门形构架加载0电位。地面和外包空气边界加载0电位。计算模型中未知电位的钢脚和铁帽为悬浮电位导体,采用耦合自由度方法处理。原设计情况下的管径为100 mm,对其进行电场计算,可得到金具的电场分布如图2所示。

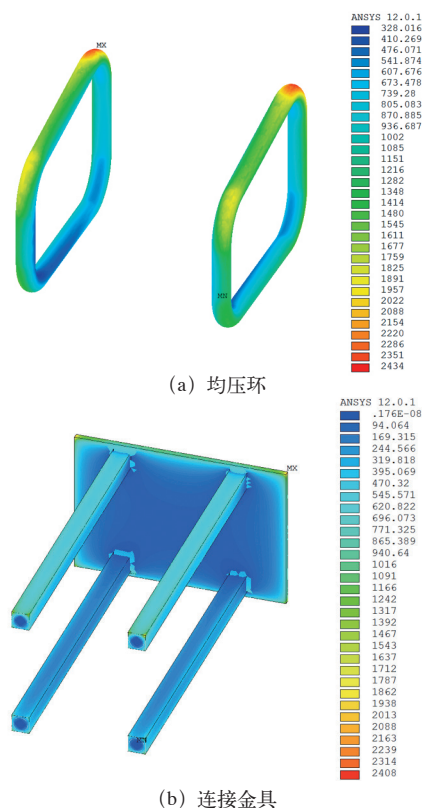


图2 金具表面电场强度云图

从上图可以看出屏蔽环表面最大场强值为24.34 kV/cm,出现在转角圆弧处,此时结果小于30 kV/cm,刚好符合场强值的要求;连接板表面最大场强值为24.08 kV/cm,出现在连接板板面四角处,其场强值也小于30 kV/cm,安全裕度很小,需要进行结构改进。

不同结构改进下电场分析

根据上面原设计结构下的电场分布情况,可以提出以下两种单联绝缘子串金具结构的改进方

案,来降低其表面电场强度。改进方案主要包括增加均压环以及对现有均压环管径的改变。方案1为原均压环管径不变的情况下,在其下方添加管径为100 mm的跑道形均压环;方案2为单独将原均压环管径改为150 mm。

按照原结构模型情况下的方法,对模型重新进行修改、剖分、加载和计算,可以得到各改进方案下的金具表面电场强度分布,第一种方案下的结果如下图3所示。

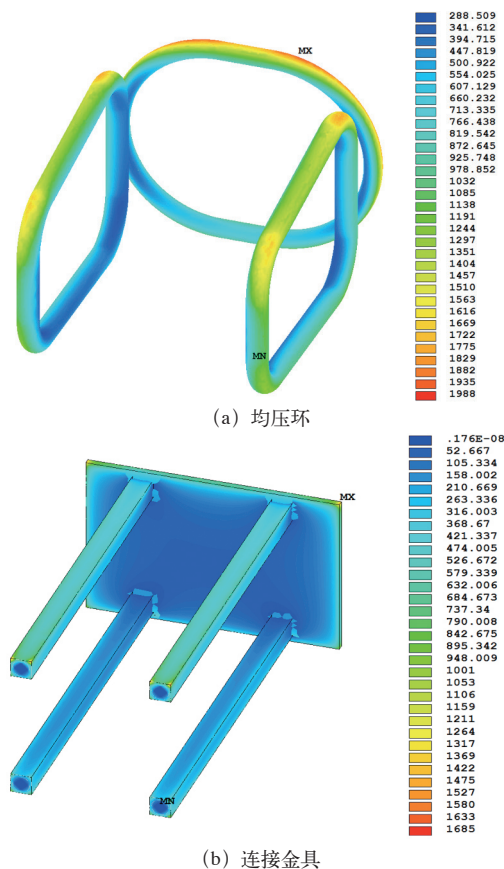


图3 方案1电场强度分布图

从图3可以看出,在原先的基础上增加一个管径为100 mm的均压环之后,均压环和连接板的表面最大场强值也都显著降低了。均压环最大场强从27.17 kV/cm降到19.88 kV/cm,出现在增加的均压环外侧,此时场强值小于30 kV/cm,符合场强值的要求且安全裕度较大;连接金具的场强值最大场强从25.36 kV/cm降到16.85 kV/cm,也小于30 kV/cm,满足场强值的要求且安全裕度较大。可见,底部加入均压环后金具表面场强值明显减小,效果很好。按照原结构模型情况下的方法,对模型重新进行修改、剖分、加载和计算,可以得到各改进方案下的金具表面电场强度分布,第

二种方案下的结果如下图4所示。

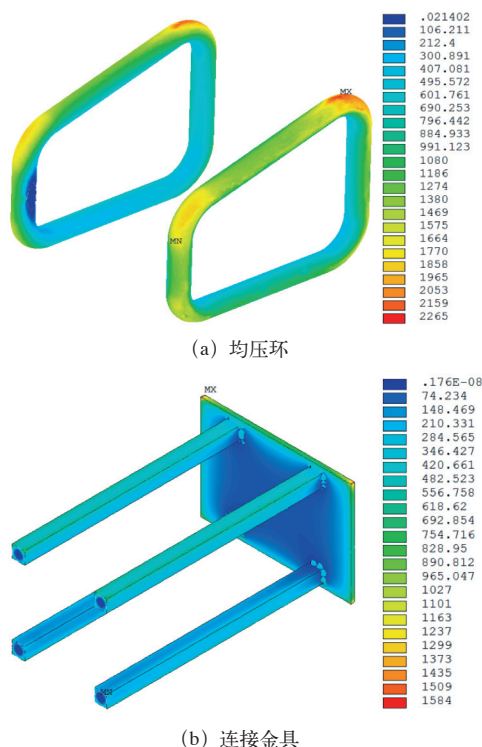


图4 方案2电场强度分布图

从上图可以看出，均压环管径从100mm增加到150 mm之后，均压环和连接板的表面最大场强值都显著降低了。均压环表面最大场强值从

27.17 kV/cm降到22.65 kV/cm，出现在拐角的圆弧处，此时结果较100 mm的明显降低，符合场强值的要求且安全裕度较大；连板表面最大场强值从25.36 kV/cm降到15.84 kV/cm，其场强值也没超过30 kV/cm，也符合场强值的要求且安全裕度较大。这说明单独增加均压环的管径是能有效降低金具整体电场强度的，该方案满足要求。

综合分析上面两种改造方案的效果，从经济性和技术性的角度共同考虑，建议选择第一种方案进行优化设计。

结束语

本文研究了750 kV变电站门形架绝缘子金具的表面电场，并进行了结构优化，最终得出如下结论。

1. 原设计结构下的绝缘子串连接金具与均压环的电场强度较大，导致安全裕度较小，需要进行结构优化来降低其表面电场强度。

2. 提出的两种结构改进方案，通过对比改进后的金具表面电场强度，从经济性和技术性的角度考虑，增加一个均压环的可以得到较好的改进效果。EA

(收稿日期：2016.07.18)

(编辑：白文亭)

台达楼宇自动化解决方案荣获印度2017年ACREX卓越奖

全球电源管理及散热解决方案领导厂商台达宣布子公司LOYTEC楼宇自动化解决方案荣获2017年印度ACREX 卓越奖(Awards of Excellence)“楼宇自动化创新”(Innovation in Building Automation)殊荣。台达楼宇自动化解决方案具备与BACnet、LON等各种国际通讯协议高兼容的特性，可有效整合楼宇中的空调、照明等各项子系统，缩短系统整合建置期程；并可在单一网络平台上管理与远程控制，大幅提升管理运维效率，充分实现智能化、节能与高效率的智能楼宇愿景。

台达楼宇自动化解决方案事业处总经理罗天赐表示：“很荣幸台达解决方案能获得ACREX卓越奖的肯定，评审团在展览期间亲自到台达展区了解楼宇自动化解决方案的特色与应用，该方案结合创新软件技术与各种国际协议高度兼容，可有效整合冷热源、空调、通风、变配电、照明、给排水、电梯、房控及安防等楼宇设备，兼顾管理的可延伸性与就地控制的独立与便利性，使其与各种办公自动化、饭店管理、物业管理系统都可无缝链接。”

由ISHRAE (Indian Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)主办的ACREX为印度大型空调行业展览，今年于2月23 至 25日在印度大诺伊达(Greater Noida)举行，吸引全球25个国家超过400家厂商参与，除各空调大厂外，亦多元展出各项楼宇工程服务，如水电工程、楼宇自动化与新兴的冷链(Cold Chain)业等。ACREX卓越奖为大会评选各类型产品与服务，如绿色建筑、制冷节能、绿色产品、楼宇自动化创新等，并给予肯定。

LOYTEC专精于发展楼宇自动化解决方案，2016年4月正式加入台达集团。去年底以英国曼彻斯特机场的智能照明系统，荣获英国LUX Awards工业与交通照明大赏，近期在欧洲的商用建筑领域亦有多项大型整合案例，如德国的Bebauung Langestraße 100、罗马尼亚的ParkLake购物中心、德国纽伦堡的OBI市场等。