

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2020.03.016

强风作用下复合空心绝缘子的电场计算

张楠¹, 申子魁², 杨继红¹, 赵海鹏¹, 谷倩倩¹, 贾志东²,
张豪峰², 关志成²

(1. 国网新疆电力公司检修公司, 乌鲁木齐 830000; 2. 清华大学深圳研究生院深圳复杂滨海环境电力装备可靠性工程
实验室, 广州 深圳 518055)

摘要: 高压断路器进出线的复合空心绝缘子主体长约8~10 m, 弹性模量远小于瓷绝缘子。复合空心绝缘子在强风下会产生风偏, 风偏量受风速大小和工作自身弹性模量影响。大幅风偏是否会引发复合空心绝缘子内外电场强度的畸变, 劣化内外绝缘鲜有研究。由于高压复合空心绝缘子成本高, 投运时间短, 退运下来的样品较少。文中采用有限元分析的方法模拟强风工况, 进行电场计算。针对750 kV断路器复合空心绝缘子在强风下振动的1阶模态振型, 计算绝缘关键区域的电场强度, 阐明风偏对接地屏蔽电极附近的电场畸变的危害最大, 并给出了风速阈值。文中指出应该监测强风地区的风速、玻璃钢管的工作温度以及复合空心绝缘子的风偏量。

关键词: 复合空心绝缘子; 温升; 风偏量; 电场计算

Electric Field Calculation of Composite Hollow Insulator with Strong Wind Reflection

ZHANG Nan¹, SHEN Zikui², YANG Jihong¹, ZHAO Haipeng¹, GU Qianqian¹, JIA Zhidong²,
ZHANG Haofeng², GUAN Zhicheng²

(1. Xinjiang Power Supply Company Maintenance Company, Urumqi 830000, China; 2. Engineering Laboratory of Power Equipment Reliability in Complicated Coastal Environment, Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University, Guangdong Shenzhen 518055, China)

Abstract: The composite hollow insulator has a length of about 8 ~ 10 m, and the elastic modulus is less than porcelain insulator. The strong wind deflects the composite hollow insulator, where the wind deflection is affected by the wind speed and the elastic modulus under the working situation. Whether the large wind deflection will cause the distortion of the electric field strength inside and outside the composite hollow insulator, is rarely studied. Due to the high cost and fewer returned samples, in this paper, finite element analysis method is used to simulate the electric field the strong wind conditions. According to the first order modal vibration mode of the composite hollow insulator of 750 kV, the electric field in the critical region of the insulation is calculated. It is clarified that the wind reflection can cause severe distortion of the electric field near the grounding shield electrode. This paper points out that in the strong wind area, the wind speed, the working temperature of the FRP pipe and the wind reflection of the composite hollow insulator should be monitored.

Key words: composite hollow insulator; temperature rise; wind reflection; electric field calculation

0 引言

复合空心绝缘子凭借其高抗拉强度, 抗污闪等优点得到广泛应用。2016年全球变电站复合绝缘

子的占比约为35%, 并呈现逐年增高的趋势, 预计2020年复合化比例将超过50%。复合空心绝缘子整体弹性模量低于瓷绝缘子, 在强风中会发生低频振动, 引起变形^[1]。中国西北地区多为强风气候, 著

收稿日期: 2019-10-19; 修回日期: 2019-12-17

基金项目: 国家自然科学基金(51477085); 国家电网公司科技项目资助(SGTYHT/15-JS-191)。

Project Supported by National Natural Science Foundation of China(51477085), State Grid Science and Technology Project (SGTYHT/15-JS-191).

名的达坂城则有“百里风区”的称号,瞬时风速甚至可达50 m/s。在外界风压下,复合空心绝缘子以及内部导电管会发生风偏,使内外电场分布偏离设计值。现阶段尚无针对强风下复合空心绝缘子风偏的研究,这主要是由于投运时间不长,暴露问题不多。但是运行年限的增加,对电气性能的影响很有可能集中体现。所以提前开展强风下的电场计算,对于设备运维与检修具有重要的指导意义。

1 计算模型

新疆地区750 kV变电站的复合空心绝缘子,主体结构包括玻纤增强环氧树脂(FRP)芯体、硅橡胶伞裙护套、法兰以及均压环。复合材料高度约为8.69 m,考虑均压环高度约为9.35 m。下法兰部位采用双屏蔽电极结构,剖面示意图见图1^[2-7]。

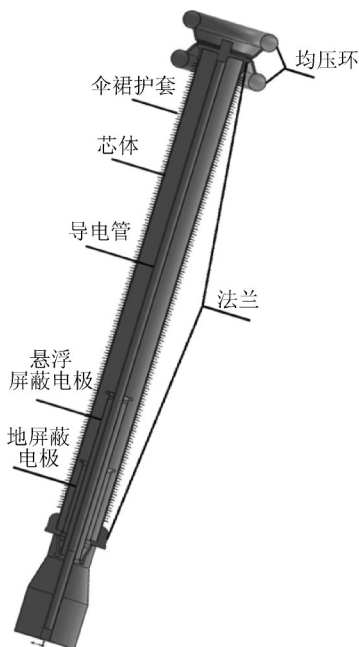


图1 750 kV复合空心绝缘子剖面示意

Fig. 1 Diagrammatic cross-section of 750 kV composite hollow insulator

1.1 设备温升的计算

设备的温度会影响材料的机械性能,尤其是弹性模量。金属导电杆与断路器部分为梅花触头连接,机械载荷主要由复合绝缘子承受,而玻璃纤维增强环氧树脂(又称玻璃钢)的弹性模量远大于硅橡胶,故玻璃钢的工作温度是主要研究对象。国内学者关于套管径向温度的研究显示,在环境温度20℃下对550 kV干式油气套管施加额定运行电压和电流后,稳态时芯体油端温度高于气端,导电管处的最大温度值接近100℃。

对于750 kV断路器空心复合绝缘子,考虑到其

轴向长度远大于径向长度(25:1),可认为由导电管产生的焦耳热只沿径向流动,在轴向无热传递过程,见图2。

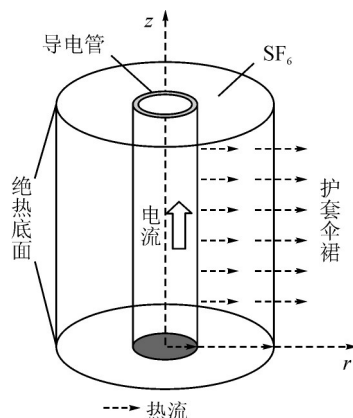


图2 复合空心绝缘子的散热计算模型

Fig. 2 Heat dissipation calculation model of composite hollow insulator

导电管的外径为160 mm,玻璃钢管的内径726 mm,外径为760 mm,硅橡胶护套的厚度为777 mm,伞裙为大小伞配置。截取50cm的复合空心绝缘子片段,在圆柱的两个底面处设置绝热壁面,以圆柱形横截面作为研究对象,所得结论具有代表性,大大减小了计算量。由于气体(空气和SF₆)的热传递主要包括对流和传导,而对流很大程度受气体流速和表面形状的影响,仿真计算的准确性和等价性很难得到保证。笔者通过模拟计算与实地测量相结合,找到一种非接触式测量玻璃钢工作温度的方法:首先测定玻璃钢和硅橡胶材料的导热系数;然后通过有限元分析技术找到玻璃钢管内表面与硅橡胶外表面温差和发热功率的函数;现场利用红外热成像仪测量硅橡胶表面温度,并根据运行电流推测发热功率,最终推算玻璃钢的工作温度。

针对截取片段的稳态热分析的结果见图3。

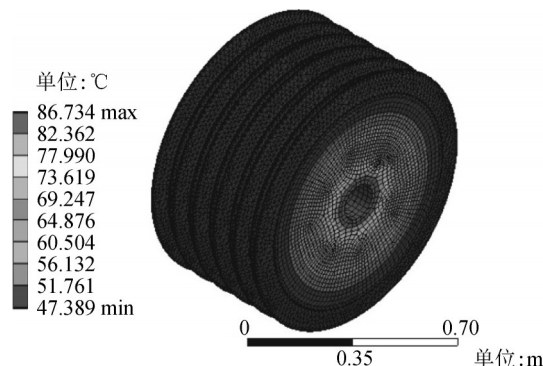


图3 稳态热分析结果

Fig. 3 Results of steady state thermal analysis

稳态时,发热量和散热量达到平衡,即导电管产生的焦耳热都要穿过SF₆、玻璃钢管、硅橡胶护套

伞裙扩散到空气中。玻璃钢筒和硅橡胶伞裙护套的温度梯度不受SF₆和空气的状态影响,只与发热功率有关,二者内外温差随发热功率的关系见图4。

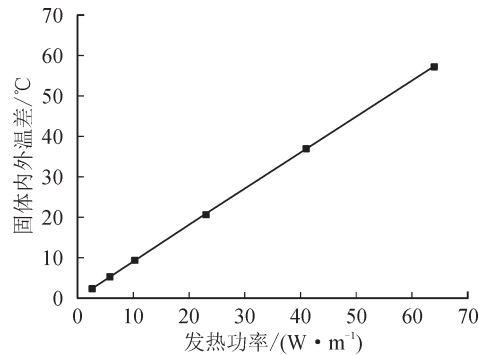


图4 玻璃钢筒内表面与硅橡胶伞裙外表面温差和发热功率的变化

Fig. 4 Relationship between heating power and the temperature difference between the inner of Glass fiber tube and the outer surface of silicone rubber umbrella

由图4可以看出,玻璃钢筒内表面与硅橡胶伞裙外表面温差和发热功率呈线性关系,回归函数满足

$$\Delta T = 0.898P_l \tag{1}$$

2017年3月在750 kV 乌北变电站现场,利用红外热成像仪拍摄的断路器空心绝缘子外表温度见图5,伞裙表面温度最高为10.7℃(环境温度-2℃)。查询系统的运行数据,测量时的电流有效值约为2.3 kA,可计算发热功率约为13.5W/m(计算过程忽略电阻的温升效应)。将发热功率代入式(1)求得玻璃钢筒内表面与硅橡胶伞裙外表面温差为12.2℃。由此可以得出玻璃钢筒的工作温度为22.9℃。在新疆地区的7、8月份,最高气温可达45℃,假设空气散热水平不变,在同样的电流下,玻璃钢筒的工作温度为69.9℃。

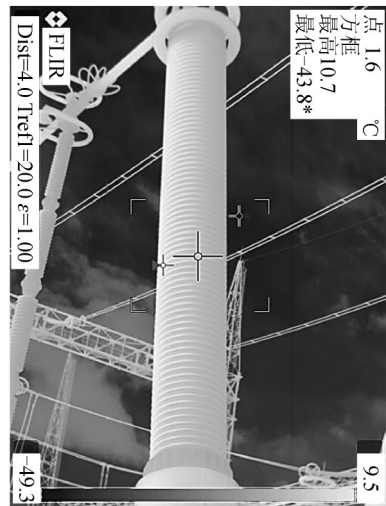


图5 复合空心绝缘子运行时的外表温度
Fig. 5 Composite hollow insulator running surface temperature

玻璃纤维增强环氧树脂的玻璃化转变温度 T_g 与玻纤含量等多种因素有关。根据调查,泰科(TE)公司可将其产品的 T_g 控制在130~140℃,而国内其他厂家产品的 T_g 在110~130℃。选择江苏神马电力有限公司退运的复合空心绝缘子,先利用角磨机沿轴向切割玻璃钢筒,然后用铣床加工成30 mm×10 mm×2 mm的样品,进行动态热机械分析试验(DMA),得出样品弹性模量随温度的变化,见图6。

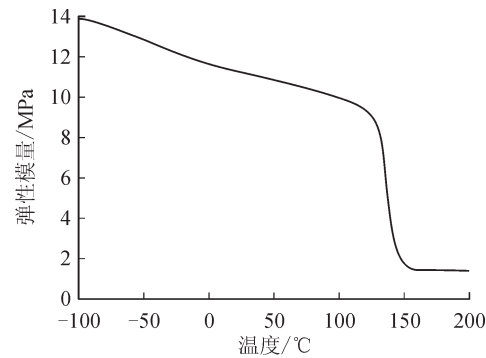


图6 玻璃钢筒样品的轴向弹性模量与温度的关系
Fig. 6 Relationship between axial elastic modulus of glass fiber and temperature

从图6可以得出,神马电力产品的 T_g 控制在125℃。在0~100℃范围内,玻璃钢的弹性模量下降了15%左右。这会直接增大复合空心绝缘子在强风下的偏移量,进而畸变内外电场^[8-10]。

1.2 风偏量的计算

考虑到温升对材料弹性模量的影响,选取玻璃钢筒50℃下的弹性模量开展流—固耦合仿真,并提取出了前3阶模态的固有频率与模态振型,固有频率见表1。

表1 预应力下750 kV 复合空心绝缘子的固有频率

Table 1 The natural frequency of 750 kV composite hollow insulator under pre-stress

模态阶数	频率/Hz
1	2.83
2	11.03
3	23.90

实际物体振动,是多个模态的叠加形式。通过现场对750 kV 复合空心绝缘子振动状态的实际监测,发现主要是基频振动,见图7。

图7可以直观看出复合空心绝缘子在5级风(风速13.2 m/s)下的最大偏移达到33 mm,频谱分析结果显示基频为2.59 Hz。模态分析提取的基频为2.83 Hz,与实际监测非常接近,证明了仿真计算的可信度。新疆的百里风区甚多,如哈密地区的戈壁地区、十三间房,阿拉山口,吐鲁番西部等。2006年4月9-11日和田地区大风沙尘暴天气,风口处的最

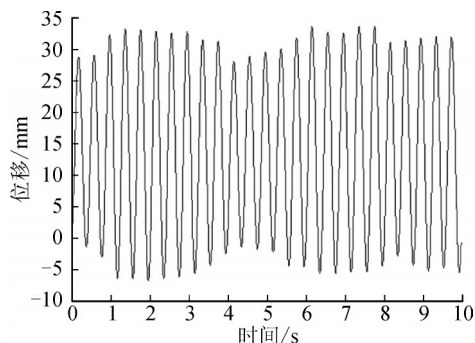


图7 现场采集的750 kV复合空心绝缘子振动波形(6级风、13.2 m/s)

Fig. 7 Vibration waveforms of 750 kV composite hollow insulator collected at site (force 6 wind, 13.2 m/s)

大风速 ≥ 34.1 m/s。风压与风速的二次方成正比,那么在34 m/s的风速下,750 kV断路器复合空心绝缘子最大偏移量约为219 mm。

利用Ansys软件的模态分析工具箱求解出的1阶模态振型见图8(忽略伞裙形状,将质量在轴向均匀分布)。

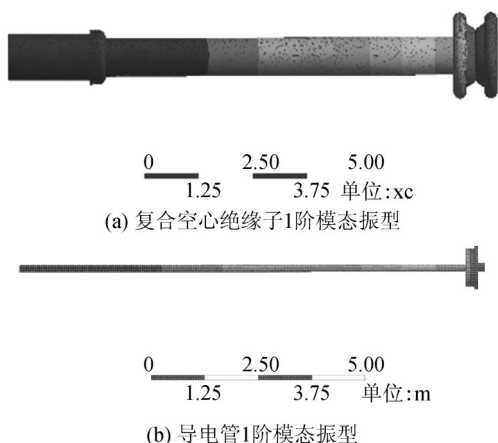


图8 复合空心绝缘子整体1阶模态振型

Fig. 8 1nd vibration mode shapes of the composite hollow insulator

1阶模态振型,复合空心绝缘子(FRP芯体及HTV护套)和导电管从下到上发生单调形变,顶部法兰和均压环的位移最大。设复合空心绝缘子的最大风偏量为 X ,通过确定特征点,利用样条曲线拟合,得出不同 X 值的截面位移分布^[11-12]。拟合时发现,当最大风偏位移为300 mm(计算对应风速为39.8 m/s)时,弯曲的导电管已经触碰到悬浮电极上边缘,此种情况应是计算分析的上限。

基于多物理场有限元软件COMSOL Multiphysics(v5.2a)的2维轴对称模型的稳态静电模块,构建并求解电场计算所需的微分方程,计算1阶模态振型下的电场分布。对于采用有限元求解的模型,外部需要建立一个30 m $\times$ 60 m的空气包以减小计算误

差。由于空心绝缘子外形整体呈旋转对称结构,因此以轴向1/2剖面为基准,建立相应的2维轴对称模型,见图9^[13-15]。

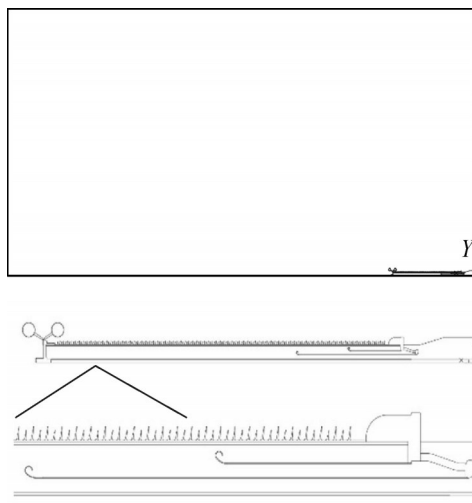


图9 2维轴对称电场计算模型

Fig. 9 2D axisymmetric model for electric field calculation
各种材料的计算参数见表2^[16]。

表2 复合空心绝缘子材料电气参数

Table 2 Electrical parameters of the composite hollow insulator materials

材料名称	相对介电常数 ϵ_r	电导率 $\gamma/(\text{S}\cdot\text{m}^{-1})$
玻纤增强环氧树脂	3.5	10^{-14}
高温硫化硅橡胶	3.2	10^{-15}
环氧树脂	4.5	10^{-15}
六氟化硫气体	1.0	—
空气	1.0	—

2 结果分析

750 kV电网的相电压有效值为462 kV。首先按照设计参数进行电场计算,求解电位和电场强度分布,见图10。

定性地可以看出,靠近底部法兰的部位相比中上部位承担更高的电压,电位沿绝缘子轴向分布不均匀。

针对1阶模态振型,取最大偏移量0~280 mm,进行电场计算,观察由于风偏引起的电场畸变^[17-23]。

2.1 内部电场畸变

整个复合空心绝缘子结构,可等效多个同轴圆筒电容—包括导电管与芯体、导电管与悬浮电极、悬浮电极与地电极之间。SF₆侧的最大场强出现在导电管表面,且电场线垂直于表面。空心绝缘子在不同风偏下,导电管表面电场强度沿轴向的分布见图11。

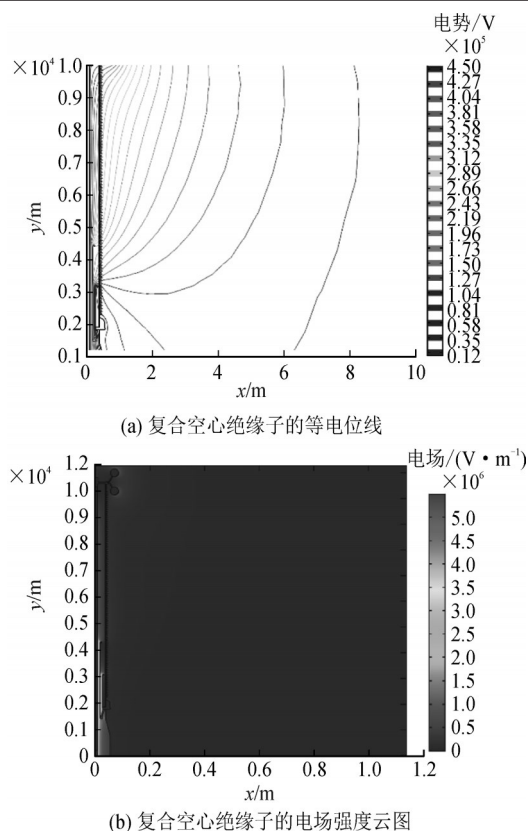


图10 复合空心绝缘子的电位和电场强度分布

Fig. 10 Potential and electric field distribution of the composite hollow insulator

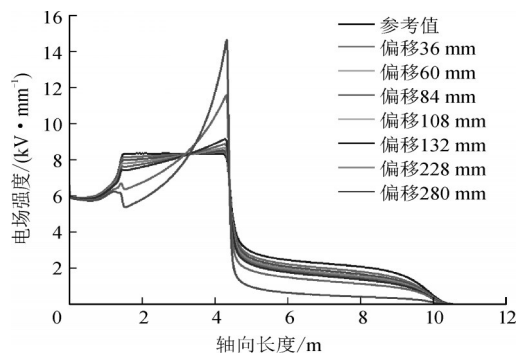


图11 风偏量对导电管表面电场的畸变

Fig. 11 Distortion of the electric field on the surface of conducting tube by deflection

初始设计下的电场强度沿轴向在对应悬浮电极区间内保持恒定,其余区间的电场强度均发生变化。这是因为此时悬浮电极和对应区域导电管构成同轴圆筒电容,不考虑边缘效应电场强度由半径决定。当发生偏移时,导电杆与悬浮电极不再保持平行,中间部位的电场发生畸变。原本恒定的电场区域下方电场强度减小,上方电场强度增大,风偏量越大这种趋势越明显,即便如此最大场强依然小于0.5 MPa下SF₆工频击穿场强21.04 kV/mm,不足以引起SF₆内部绝缘故障。然而此时的电场不均匀度急剧增大,对SF₆气体绝缘裕度造成危害。

玻璃纤维缠绕制品的纤维含量为70%~80%,在油中测得其击穿强度为20.8 kV/mm,且介电强度随温度升高而下降。且介电强度随温度升高而下降。图12给出了玻璃钢管承受电场强度沿轴向的分布,可以看到在接地电极边缘位置处出现尖锐的峰值,这主要是屏蔽电极的边缘效应。初始设计下的最大场强有效值约1.71 kV/mm;当风偏量达到132 mm(计算对应风速为26.4 m/s)时,最大场强有效值约为2.33 kV/mm,增幅为36%;当风偏量达到280 mm(对应风速38.4 m/s)时,最大场强有效值约为4.16 kV/mm,增幅为143%。

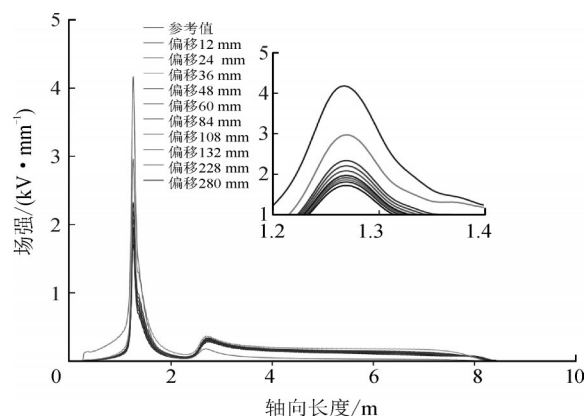


图12 风偏量对玻璃钢管承受电场的畸变

Fig. 12 Distortion of the electric field on glass fiber tube by deflection

2.2 外部电场畸变

初始设计下沿护套表面的电场强度见图13。可以发现趋势与玻璃钢管所承受场强沿轴向趋势相同:第1个峰出现在接地电极上边缘位置;第2个峰出现在悬浮电极上边缘位置;第3个峰出现在顶部均压环位置。当复合空心绝缘子发生风偏时(<280 mm),硅橡胶护套表面最大电场强度有明显增大趋势,但均小于硅橡胶的介电强度,满足复合绝缘子伞裙最大场强有效值<0.9 kV/mm(峰值1.273 kV/mm)的要求^[3]。计算高压均压环表面场强随风偏的变化,基本不受风偏影响^[20]。

3 结论

文中基于前期开展的复合空心绝缘子在强风荷载下的模态分析,计算复合空心绝缘子风偏后的内外电场,与许用值对比分析,主要得出以下结论:

1)变电站复合空心绝缘子因为风偏会引起电场偏离设计值,降低绝缘裕度。急剧增大的电场不均匀系数,会降低SF₆气体绝缘裕度;对于接地电极附近的玻璃钢管,当风速达到38.4 m/s时,风偏导致电场强度最大值从1.71 kV/mm增大至4.16 kV/mm,绝

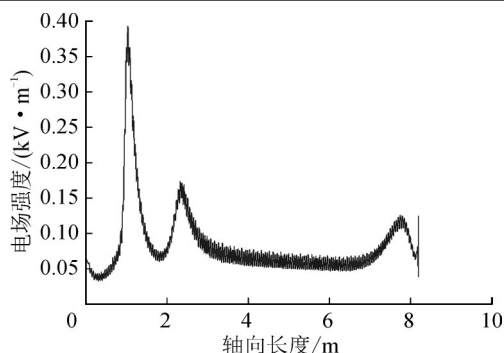


图13 硅橡胶承受电场沿轴向分布

Fig. 13 Axially distribution of electric field on silicon rubber

缘裕度也被降低。

2)玻璃钢管工作温度的升高会同时降低弹性模量和介电强度,在温差较大的环境温度下,弹性模量下降量高达15%。工作温度受运行电流、环境温度和硅橡胶伞裙的导热性多方面因素影响。

3)提出了一种利用红外热成像仪现场测量伞裙表面温度,结合环境温度和运行电流,非接触式计算玻璃钢管工作温度的方法。针对运行年限较长的设备,需要考虑玻璃钢、硅橡胶材料散热性能随运行年限的变化。

参考文献:

- [1] 关志成. 绝缘子及输变电设备外绝缘[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
GUAN Zhicheng. Insulators and external insulation of power transmission and transformation equipment[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006.
- [2] 李乃一,彭宗仁,刘 鹏. 特高压SF₆气体绝缘套管内屏蔽结构研究[J]. 高电压技术,2015,41(11): 3737-3745.
LI Naiyi, PENG Zongren, LIU Peng. Investigation of inner shielding structure for ultra-high voltage SF₆ gas-insulated bushing[J]. High Voltage Engineering, 2015, 41(11): 3737-3745.
- [3] 张施令,彭宗仁,杜进桥,等. RBF神经网络与NSGA-II混合算法用于±110 kV穿墙套管3维电场模拟及内屏蔽结构优化[J]. 高电压技术,2014,40(6): 1847-1857.
ZHANG Shiling, PENG Zongren, DU Jinqiao, et al. Three-dimensional electric field simulation and inner shielding structure optimization of ±110 kV wall bushing with rbf neural network and NSGA-II algorithm[J]. High Voltage Engineering, 2014, 40(6): 1847-1857.
- [4] 金松安,李 龙,魏劲容,等. 110 kV变压器套管抗震性能研究[J]. 高压电器,2016,52(3):100-104.
JIN Song'an, LI Yong, WEI Jinrong, et al. Study on Anti-seismic performance of 110 kV transformer bushing[J]. High Voltage Apparatus, 2016, 52(3):100-104.
- [5] 张书琴,张克选,高延峰. 交流550 kV SF₆高压套管的绝缘设计研究[J]. 高压电器,2015,51(2):106-111.
ZHANG Shuqin, ZHANG Kexuan, GAO Yanfeng. Insulation design of AC 550 kV SF₆-insulated high voltage bushing[J]. High Voltage Apparatus, 2015, 51(2):106-111.
- [6] 钟建英,狄 谦. 550 kV SF₆气体绝缘GIS套管内屏蔽结构研究[J]. 高压电器,2011,47(4):33-36.
ZHONG Jianying, DI Qian. Research of 550 kV SF₆ gas-insulated gis bushing inner shielding layer[J]. High Voltage Apparatus, 2011, 47(4):33-36.
- [7] 江 汛,王仲奕. 复合高压套管的电场计算和分析[J]. 高电压技术,2004,30(3): 17-18.
JIANG Xun, WANG Zhongyi. Calculation and analysis for the electric field of composite high voltage bushing[J]. High Voltage Engineering, 2004, 30(3): 17-18.
- [8] 金立军,郭 裕,薛义飞,等. 高压绝缘套管电场分析及结构优化[J]. 高压电器,2015,51(4): 7-12.
JIN Lijun, GUO Yu, XUE Yifei, et al. Electric field analysis and structure optimization for high voltage insulation bushing[J]. High Voltage Apparatus, 2015, (4):7-12.
- [9] 张施令,彭宗仁,刘 鹏,等. 电热耦合模型应用于高压干式直流套管径向温度和电场分布计算[J]. 中国电机工程学报,2013,33(22): 191-200.
ZHANG Shiling, PENG Zongren, LIU Peng, et al. Electro-thermal coupling model for computation of radial temperature and electric field of resin impregnated paper high voltage direct current bushing[J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(22): 191-200.
- [10] 张施令,彭宗仁,刘 鹏,等. 电热耦合模型应用于干式油气套管径向温度分布计算及其试验研究[J]. 电网技术,2012,(12): 289-296.
ZHANG Shiling, PENG Zongren, LIU Peng, et al. Experimental study on electro-thermal coupling model applied in computation of radial temperature distribution of RIP oil-gas bushing condenser[J]. Power System Technology, 2012, (12): 289-296.
- [11] 王青于,杨 熙,彭宗仁,等. 应用三维电磁-热-流耦合场分析法计算换流变压器干式套管的温度场分布[J]. 中国电机工程学报,2016,36(22): 6269-6275.
WANG Qingyu, YANG Xi, PENG Zongren, et al. 3D coupled electromagnetic-thermal-fluid method for computation of temperature field of converter transformer RIP bushings [J]. Proceedings of the CSEE, 2016, 36(22): 6269-6275.
- [12] 熊令芳. Ansys 工程结构数值分析方法与计算实例[M]. 北京:中国铁道出版社,2015.
XIONG Lingfang. Numerical analysis method and calculation example of engineering structure based on ansys[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2015.
- [13] 黄志新. Ansys Workbench 14.0 超级学习手册[M]. 北京:人民邮电出版社, 2013.

- HUANG Zhixin. Ansys workbench 14.0 super learning manual[M]. Beijing: People Post Press, 2013.
- [14] 马 慧. COMSOL Multiphysics 基本操作指南和常见问题解答[M]. 北京:人民交通出版社, 2009.
- MA Hui. COMSOL Multiphysics basic operation guide and FAQ [M]. Beijing: People's Communications Press, 2009.
- [15] 王 刚. COMSOL Multiphysics 工程实践与理论仿真:多物理场数值分析技术[M]. 北京:电子工业出版社, 2012.
- WANG Gang. COMSOL Multiphysics engineering practice and theoretical simulation: multiphysics numerical analysis techniques[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2012.
- [16] 孔维贞, 方 江. 145 kV SF₆气体绝缘复合, 套管的小型化研究与设计[J]. 高压电器, 2013, 49(3): 85-90.
- KONG Weizhen, FANG Jiang. Miniaturization design of 145 kV SF₆ gas insulated composite bushing[J]. High Voltage Apparatus, 2013, 49(3): 85-90.
- [17] 张亚军, 李 鑫, 刘鸿斌, 等. 220 kV 空心复合绝缘子电场计算和优化[J]. 华北电力技术. 2012(6): 16-19.
- ZHANG Yajun, LI Xin, LIU Hongbin. Calculation and optimization of electric field for 220 kV composite hollow insulators[J]. North China Electric Power, 2012(6): 16-19.
- [18] 王 斌, 彭宗仁. 500 kV 线路绝缘子电压分布的有限元法计算[J]. 电瓷避雷器, 2003(1): 13-15.
- WANG Bin, PENG Zongren. A finite element method for the calculation of the voltage distribution along the 500 kV line insulators[J]. Insulators and Surge Arresters, 2003(1): 13-15.
- [19] DAN S, LI Y, LI W. Electric field calculation and analysis of 35kV composite bushing[C]//HYPERLINK Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. Chengdu, China: IEEE, 2010: 1-5.
- [20] LEELAVATHY V, KUMAR S S. Optimal design of grading ring and analysis of electric field of 800 kV UHVDC bushing [C]//HYPERLINK "https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/7190493/proceeding" IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT). Coimbatore, India: IEEE, 2015: 1-5.
- [21] ZHANG S, WU H, LI H, et al. Electric field calculation and shield optimization for 1 000 kV GIS bushing[J]. IEEE 11th International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM). 2015: 656-659.
- [22] 黄桂春, 何柏娜. 500 kV GIS套管二维电场的 Ansys 分析[J]. 山东理工大学学报(自然科学版). 2016(1): 63-66.
- HUANG Guichun, HE Bona. Research on electric field of 500 kV GIS bushing by Ansys[J]. Journal of Shangdong University of Technology(Natural Science Edition). 2016(1): 63-66.
- [23] 黎 斌. SF₆高压电器设计[M]. 第4版. 北京: 机械工业出版社, 2015: 54-67.
- LI Bin. SF₆ high voltage apparatus design[M]. 4th ed. Beijing: Mechanical Industry Press, 2015: 54-67.
- 张楠(1980—), 男, 本科, 从事变电站一次设备维护工作。
- 申子魁(1994—), 男, 在读博士生, 主要从事电气设备绝缘研究。
- 贾志东(1966—), 男, 博士, 教授, 博导, 长期从事高电压外绝缘及电工新技术等方面的研究, 内容包括外绝缘防污闪技术, 绝缘子覆冰问题, 大型电机主绝缘老化等。