

DOI:10.12158/j.2096-3203.2021.05.016

10 kV 电缆中间接头典型施工缺陷的电场及局放特性研究

陶玉宁¹, 陈皇熹¹, 赵国伟², 方春华¹

(1. 三峡大学电气与新能源学院, 湖北 宜昌 443000;

2. 国网山西省电力公司大同供电公司, 山西 大同 037000)

摘要: 电力电缆故障多发生于中间接头位置, 而施工缺陷是引发中间接头故障最主要的原因。为评估电缆中间接头典型施工缺陷的危害性, 文中建立电缆中间接头三维有限元模型, 分析电缆中间接头存在硅脂涂抹不均匀、主绝缘划伤和接头受潮 3 种施工缺陷时的电场分布规律, 探究不同缺陷位置与场强之间的关系, 并搭建工频交流电压局放试验平台对试样进行局放试验。结果表明: 硅脂涂抹不均匀时, 空气间隙在应力锥周围造成的电场畸变程度最严重; 远离应力锥时, 场强逐渐减小。主绝缘划伤时, 电场畸变最为严重, 空气间隙在外半导切断处场强最大。接头受潮后, 当水膜位于应力锥附近时, 电场畸变程度最为剧烈。相同加压条件下, 接头受潮、硅脂涂抹不均匀、主绝缘划伤 3 种缺陷造成局部放电的次数依次增加。

关键词: 电力电缆; 中间接头; 施工缺陷; 接头受潮; 电场分布; 局部放电

中图分类号: TM575

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2021)05-0114-07

0 引言

电力电缆凭借线间绝缘距离小、占地少、安全可靠等优点在城市线路改造工程中被广泛应用。电缆线路应用快速增长的同时, 电缆故障^[1-5]引发的事故数量也呈上升趋势。据故障案例统计表明, 电缆故障多发生于电缆中间接头位置^[6-9], 即电缆中间接头绝缘性能的劣化是造成电缆故障的直接原因^[10-12]。为此, 国内外学者针对电缆中间接头及接头缺陷进行了大量试验和仿真。

通过对缺陷电场的研究, 可直观了解缺陷对中间接头绝缘强度的影响程度。文献[13-16]通过有限元软件建立常见缺陷的二维模型, 得出主绝缘划伤、连接管毛刺缺陷或主绝缘含杂质缺陷均会引起电场的畸变, 但缺陷的存在破坏了附件对称性, 因此二维模型存在较大误差, 必须使用三维立体模型才能真实模拟缺陷实际状况。文献[17-18]建立三维电缆中间接头模型, 分析部分典型缺陷对绝缘的影响程度, 但未考虑同一类型缺陷在不同位置时对电场分布的影响。为了掌握缺陷在实际线路中表现特征, 目前应用最广泛的方法是对接头缺陷进行局部放电试验。文献[19]对目前主要存在的电缆中间接头缺陷以及缺陷形成原因做出总结, 指出目前局放等检测技术需要在灵敏度、抗干扰能力方面进行提升改进。文献[20]对局部放电检测方法进行深入研究, 重点分析局部放电信号在交联聚

乙烯(cross-linked polyethylene, XLPE)电缆接头中的传输衰变特性、特征提取和识别技术。文献[21]利用数理统计方法, 对比分析超低频和工频电压下局部放电试验的等效关系, 发现 2 种电压下的局部放电量的差异与缺陷类型密切相关。

缺陷会降低电缆中间接头的绝缘性能。针对缺陷在不同位置时的表现特征以及对绝缘的影响程度, 目前研究较少。因此, 开展中间接头典型施工缺陷电场及局部放电特性研究, 探究接头缺陷的电场与放电特征的规律对于研究故障发生机理、准确判断故障类型等具有重要意义。

文中通过 ANSYS 有限元软件对缺陷接头进行三维模型下的静电场仿真计算, 分析中间接头存在硅脂涂抹方式不正确、接头受潮和主绝缘划伤缺陷时的电场分布情况, 研究缺陷位置与电场强度的关系。同时搭建工频交流电压局部放电试验平台, 对 3 种缺陷试片进行局部放电试验, 利用 Matlab 软件对局放试验原始波形进行后处理, 根据局部放电次数等局放特征量具体分析不同缺陷对绝缘强度的影响。

1 电缆中间接头仿真模型

参考某电缆厂商生产的 10 kV 单芯冷缩式中间接头实物, 按 1:1 尺寸比例建立 10 kV 三维仿真模型, 如图 1(a) 所示, 局部细节见图 1(b)。导体、连接管、铜网均为金属, 将三者介电常数均设置为 10 000, 将空气相对介电常数设置为 1, 并通过测量仪测得其他部位介电常数, 模型材料参数见表 1。

收稿日期: 2021-04-27; 修回日期: 2021-07-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51807110)

为反映实际电场情况,整个仿真模型未做简化处理。仿真中给导体施加电压有效值为 $10/\sqrt{3}$ kV,铜网电压为 0。

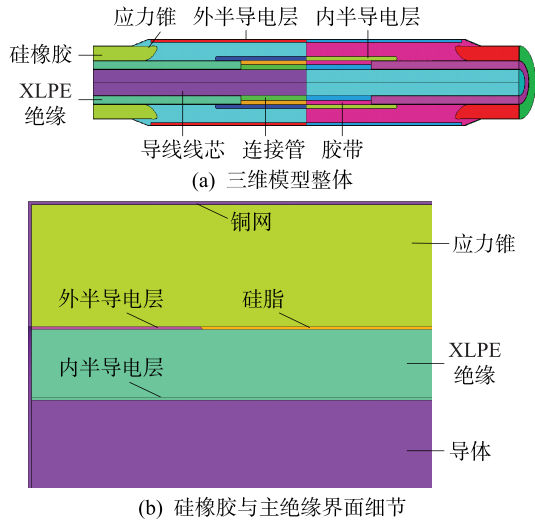


图 1 电缆中间接头三维模型

Fig.1 3D model of cable intermediate joint

表 1 模型材料参数

Table 1 Parameters of model materials

部位	介电常数	厚度/mm	半径/mm	长度/mm
导体	10 000		9.3	
连接管	10 000	3.4		118
铜网	10 000	0.28		包覆接头
半导体层	1 000	0.3		268
硅脂	5	0.3		依缺陷设置
应力锥	1 000	10.3		57.4
空气	1			
硅橡胶	2.8	13/10		158
XLPE 绝缘	2.5	5.8		268
胶带	1 000	2.8		11.8

2 中间接头典型缺陷电场分析

2.1 硅脂涂抹缺陷

2.1.1 硅脂涂抹不均匀与正常情况对比

图 2(a)为正常涂有硅脂时电场分布, XLPE 内半导体层交界处场强最大,为 1.35 MV/m。该情况下导体线芯、应力锥、连接管、铜网场强接近为 0, XLPE 与硅橡胶界面最大场强为 0.581 MV/m。硅脂中设置 6 mm×5 mm×0.3 mm 的长方体型空气隙模拟硅脂涂抹不均匀缺陷,此时电场分布见图 2(b), XLPE 与硅橡胶界面最大场强为 1.140 MV/m。XLPE 与硅橡胶界面存在空气时,气隙与绝缘层介电常数的差异导致电场在交界处发生畸变。场强的畸变易引发局部放电,长期放电会加速 XLPE 的老化,从而降低接头的绝缘强度。

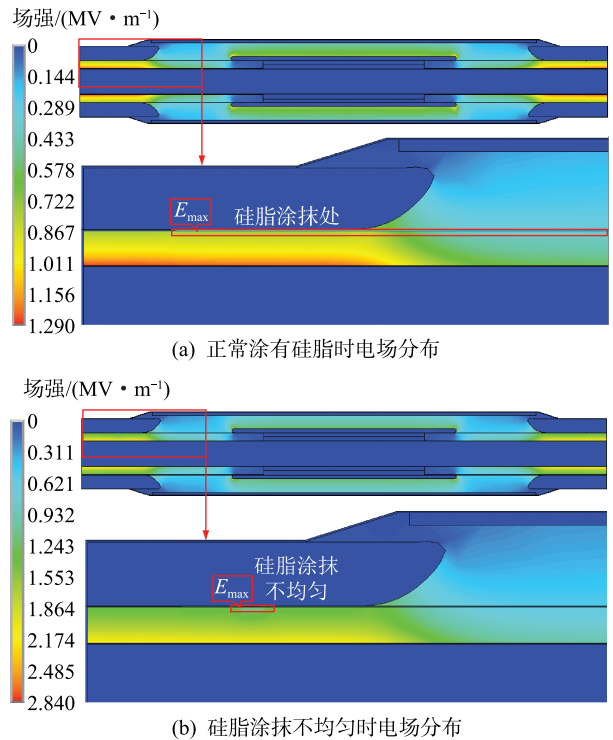


图 2 硅脂涂抹不同情况电场分布云图

Fig.2 Clouds of electric field distribution under different conditions of silicone grease coating

图 3 为自电缆接头胶带外端至电缆外半导体层处的电场分布,气隙处的场强明显高于相同位置正常涂有硅脂时的场强。这说明正常涂抹硅脂能优化 XLPE 与硅橡胶界面处的电场分布,降低电场畸变程度,提高接头绝缘性能。

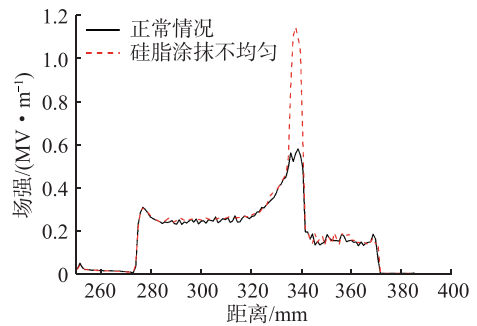


图 3 硅脂涂抹不同情况电场分布

Fig.3 Electric field distribution under different silicon grease coating conditions

2.1.2 涂抹不均匀处不同位置对电场的影响

图 4 为空气隙距外半导切断处轴向方向不同位置时的电场分布。

当空气隙远离外半导切断处时,气隙处场强呈现先增大后减小的趋势,在应力锥倒角处达到最大值,为 1.140 MV/m。空气与硅脂介电常数的差异导致气隙处场强发生突变。施工时应重点排查应力锥倒角处附近是否存在硅脂涂抹不均匀。

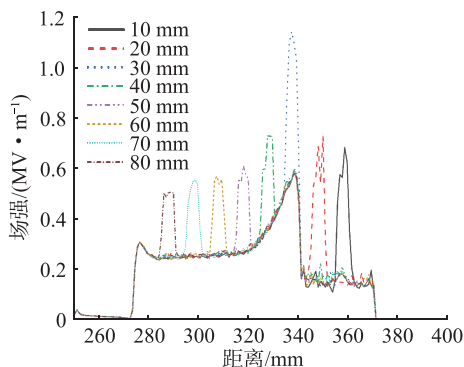


图4 空气隙不同位置电场分布
Fig.4 Electric field distribution at different positions of air gap

2.2 主绝缘划伤缺陷

2.2.1 主绝缘划伤缺陷与正常情况对比

主绝缘划伤时划痕多为短划痕,即空气间隙多为小气隙,因此设置长度为5 mm、厚度为2 mm的长方体小气隙模拟主绝缘划伤缺陷。主绝缘划伤缺陷和正常情况下,相同位置处的电场分布见图5。

当出现主绝缘划伤时,划伤处的场强为1.459 MV/m;而在正常情况下,相同位置电场强度仅为0.531 MV/m。主绝缘划伤处场强是正常情况下场强的2.75倍,这说明电场发生了严重畸变。造成该情况的主要原因是空气间隙的存在使得介质材料不连续,引起该处场强增大。主绝缘划伤及正常情况电场分布见图5(c),主绝缘划伤处电场畸变严重,而其他位置场强基本为0,与正常情况下的电场分布情况差距较大。划伤一方面损伤电缆主绝缘,造成划伤处绝缘厚度降低;另一方面产生的气隙,会引起局部气隙放电,严重时击穿接头,引发线路停电事故。

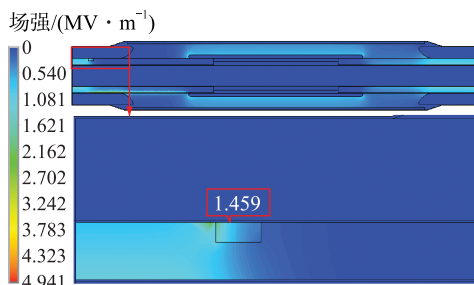
2.2.2 主绝缘划伤不同位置对电场的影响

进一步地研究划伤位置对电场影响,分别将划伤位置设置在距离外半导切断处轴向方向0 mm, 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm, 2 mm, 2.5 mm, 3 mm, 3.5 mm, 仿真结果如图6所示。由图6可知,随着轴向方向上远离外半导切断处,主绝缘划伤处的场强整体趋势是逐渐减小的。划伤位置在外半导切断处时,划伤气隙的场强最大,达到了2.385 MV/m。因此,实际剥切外半导电层时应重点排查外半导切断处主绝缘是否划伤。

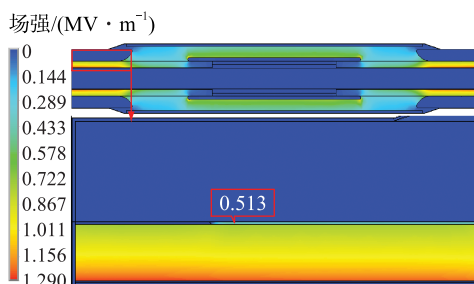
2.3 接头受潮缺陷

2.3.1 接头受潮缺陷与正常情况对比

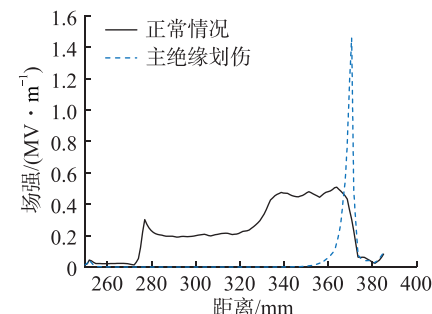
若电缆中间接头安装在湿度较大的环境,或敷设环境存在化学腐蚀导致接头密封失效,均会造成接头绝缘浸水受潮,导致XLPE与硅橡胶界面夹杂



(a) 主绝缘划伤电场分布



(b) 相同位置正常情况电场分布



(c) 主绝缘划伤及正常情况电场分布

图5 主绝缘划伤及正常情况相同位置电场分布

Fig.5 Electric field distribution at the same position of main insulation scratches and normal conditions

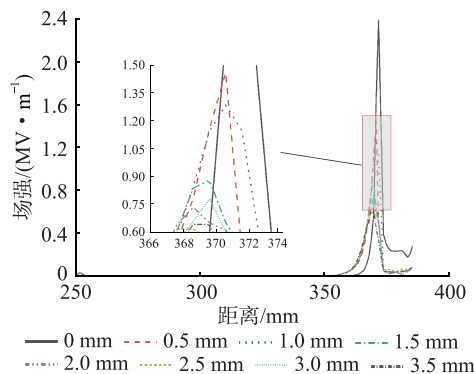


图6 主绝缘划伤不同位置电场分布

Fig.6 Electric field distribution of main insulation scratches at different positions

一层水膜。为探究接头受潮时水膜对接头内电场分布的影响,文中设置水膜模型为长5 mm、厚0.3 mm、宽5 mm的长方体,得到的仿真结果如图7所示。

从图7(a)可知,当接头受潮时,水膜处场强为0.659 MV/m,而在正常情况下与水膜相同位置处场

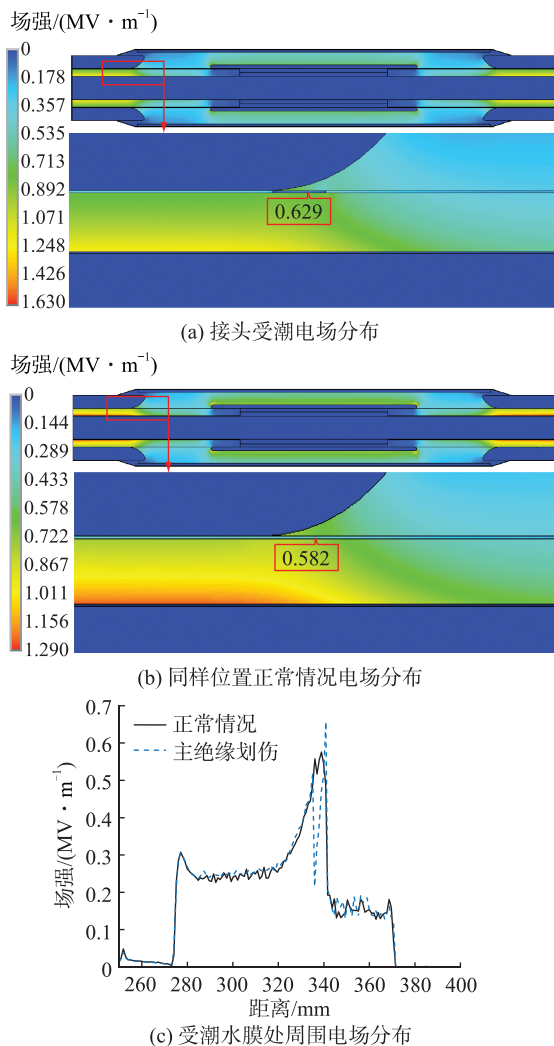


图7 接头受潮及正常情况相同位置电场分布

Fig.7 Electric field distribution at the same position under damp and normal conditions

强大小则为 0.582 MV/m,受潮水膜处场强是正常情况下场强的 1.13 倍。主要原因是电缆接头渗水属于导体,会产生悬浮电位,导致水膜与硅橡胶界面电场集中,严重时会产生界面爬电。此外水膜在电场作用下,易发生电泳现象,诱发水树枝生长。因此在进行线路规划时应进行详尽的地质勘探,避免电缆线路经过潮湿或化学腐蚀地区。

2.3.2 接头受潮不同位置对电场的影响

以外半导切断处为基准,分别将水膜设置在距离外半导切断处轴向位置为 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm 处,进一步探究水膜位置与电场关系,图 8 为相应的仿真结果。

由图 8 可知,受潮时水膜位置在距离外半导切断 0~20 mm 与 50~80 mm 处时,水膜处场强较小,而相对场强较高的位置区间为 30~40 mm 处,此区间对应图 8(a) 中电缆接头胶带外端至电缆外半导电层方向上距离应力锥倒角处 10 mm 内。水膜在

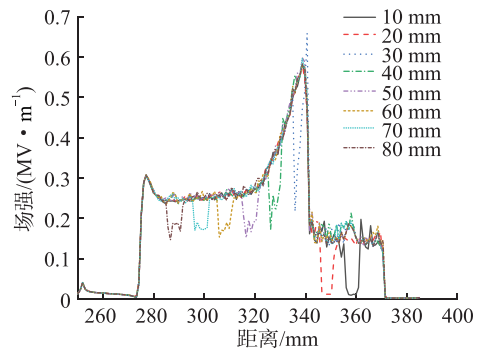


图8 接头受潮不同位置电场分布

Fig.8 Electric field distribution in different position of joint affected by moisture

应力锥倒角处场强达到最大值,为 0.659 MV/m。因此施工中应格外注意应力锥处是否有受潮受湿的情况。

3 局部放电试验研究

3.1 试验设备

为探究硅脂涂抹不均匀、主绝缘划伤、接头受潮 3 种缺陷下局部放电特性,根据局部放电试验原理搭建了一套实验室工频交流电压下局部放电试验平台。文中对人工缺陷试样进行的局部放电试验采用脉冲电流测量法测取局放信号,脉冲电流法的基本原理如图 9 所示。调压器型号为 ZX-15-11,额定容量为 15 kV·A;变压器型号为 YDJ,容量为 10 kV·A/100 kV;分压器额定电压为 50 kV,分压比为 3 000:1。试验电极为板-板电极,固定在环氧树脂的载物台上。

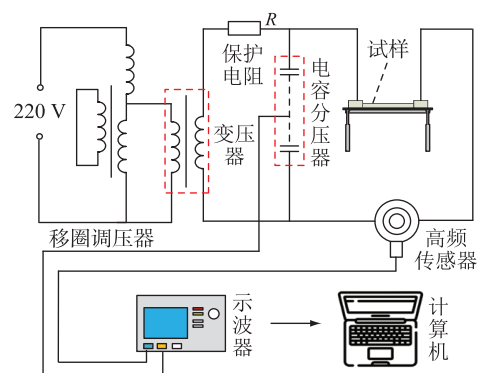


图9 脉冲电流法基本原理示意

Fig.9 Schematic diagram of the pulse current method

3.2 试验方法

人工制作正常无缺陷试样以及 3 种缺陷试样,以模拟存在不同缺陷时的电缆中间接头实际情况。在制作缺陷前,确保 XLPE 表面平整光滑,无毛刺、杂质或其他制造过程中的瑕疵,并用无水乙醇对 XLPE 进行漂洗,去除表面灰层污物后在自然干燥

条件下晾干,以避免杂质、毛刺灰层污物等对试验结果造成干扰。制作正常无缺陷试样时,在 XLPE 表面均匀涂抹硅脂,硅脂涂抹厚度为 0.3 mm,其他附件均正常敷设、安装。在应力锥附近的 XLPE 表面 1 cm²区域内不涂硅脂,其余区域同正常试样均匀涂抹硅脂,以模拟硅脂涂抹不均匀缺陷。用剥切刀在外半导电切断处的 XLPE 表面沿径向制造长 10 mm、深 2 mm 的划痕,然后正常涂抹硅脂,以制造主绝缘划伤缺陷。施工过程中形成的接头受潮大多由于在湿度环境较大天气下施工,水分极容易附着在接头 XLPE 表面,因此利用注射器在应力锥附近的 XLPE 表面注入少许水,在其他区域均匀涂抹硅脂,以模拟接头受潮缺陷。

对每组缺陷试样以 0.5U₀为电压梯度,从 0 到 2U₀逐级加压,分别采集 0.5U₀, U₀, 1.5U₀, 2U₀这 4 个电压等级下不同缺陷试样和无缺陷试样组的局部放电信号,并用 Matlab 软件对局放信号进行去噪处理。最后对不同电压等级下不同缺陷试样以及正常无缺陷试样局部放电特征量进行对比分析,探究不同缺陷局部放电特征。其中 U₀为 10 kV 电缆的额定电压 8.7 kV。

3.3 试验结果分析

从试验现象发现 3 种缺陷试样起始放电电压均小于 U₀,随着电压增大,示波器显示波形的局放脉冲数越密集。利用 Matlab 软件对原始波形进行滤波处理,局放电流与相位的关系见图 10,放电量与相位的关系见图 11。

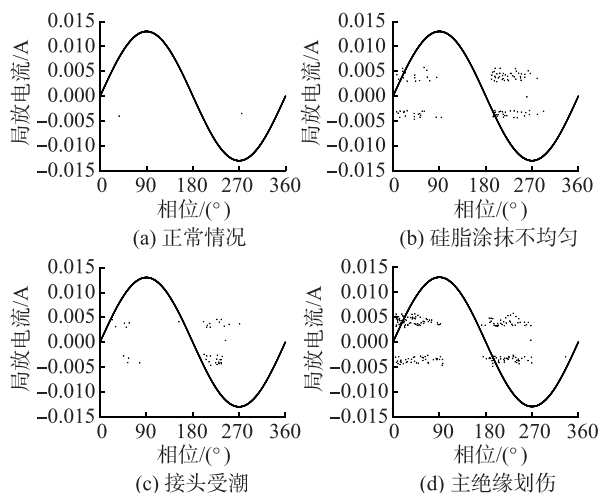


图 10 局放电流与相位关系
Fig.10 The relationship between local discharge current and phase

从局放脉冲的个数在相位上的分布来看,硅脂涂抹不均匀缺陷,放电频次较高的相位区间分布在 180°~270°。主绝缘划伤缺陷造成的放电次数相位

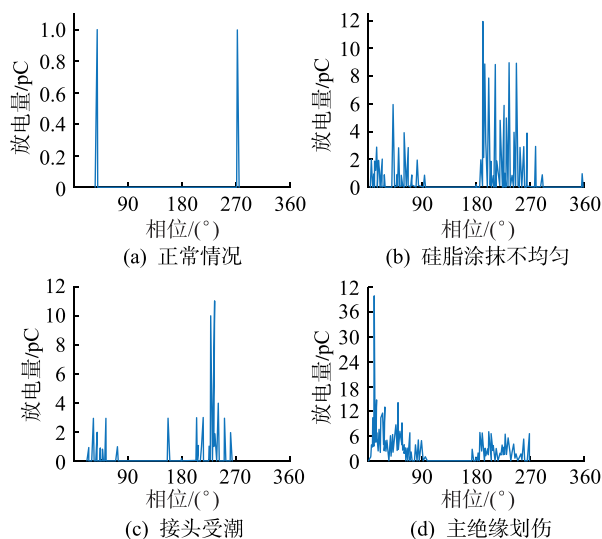


图 11 放电量与相位的关系

Fig.11 The relationship between discharge and phase
区间主要集中在 0°~90°、180°~270°,且区间内各相位值对应的放电频次之间相差不大,分布较为均衡。针对受潮缺陷,放电次数较大的区间较小,在 200°~270°之间,且放电频次集中在该区间的中段。

计算试样在 20 个周波内的放电次数,正常无缺陷、硅脂涂抹不均匀、接头受潮与主绝缘划伤缺陷分别放电 2 次、224 次、75 次和 510 次。试样没有任何缺陷时,在额定电压 U₀下几乎没有局放现象。比较硅脂涂抹不均匀、受潮、主绝缘划伤 3 种缺陷可知,试样的各类存在缺陷均会不同程度对试样的绝缘强度造成影响,体现在局放次数出现不同程度的增加。相比完整试样的放电次数,在施加同一电压等级 U₀时,主绝缘划伤缺陷导致的放电次数是无缺陷时的 255 倍,而接头受潮和硅脂涂抹不均匀缺陷则分别为正常情况下放电次数的 37.5 倍和 122 倍。显然,主绝缘划伤缺陷对 XLPE 绝缘的影响程度最大,接头受潮对绝缘强度的影响则最小,硅脂涂抹不均匀的影响程度处于二者之间。

3.4 场强和局部放电特征关系

结合仿真计算结果,将 3 种缺陷的电场强度与局放次数作对比,汇总如表 2 所示。

表 2 仿真与试验对比

Table 2 Comparison of simulation and experiment

缺陷类型	最大电场强度/(MV·m ⁻¹)	局部放电次数
接头受潮	0.659	75
硅脂涂抹不均匀	1.140	224
主绝缘划伤	2.385	510

将 3 种缺陷下静电场仿真计算结果与工频交流电压下局部放电试验做比较,发现主绝缘划伤、硅脂涂抹不均匀、接头受潮 3 种缺陷仿真结果和试验

结果保持一致。主绝缘划伤缺陷对 XLPE 绝缘强度影响最大,接头受潮对 XLPE 绝缘的绝缘强度影响最小。

4 结论

文中开展了 10 kV 电缆中间接头典型施工缺陷电场仿真,模拟了局放检测试验,得到的结果对提升敷设安装的技术规范度,提高电缆接头可靠性具有重要意义,结论如下:

(1) 硅脂涂抹不均匀时,空气隙在应力锥周围时电场畸变最为严重,逐渐远离应力锥,则场强逐渐减小。电缆接头制作过程中应重点排查应力锥处硅脂是否涂抹均匀。

(2) 主绝缘划伤时,电场畸变最为严重,空气隙在外半导切断处场强最大。划伤位置逐渐远离外半导切断处,场强逐渐减小。制作接头时应仔细排查该处是否有划伤。

(3) 接头受潮后,水膜位于应力锥附近电场畸变程度最为剧烈,逐渐远离应力锥,则水膜对接头电场影响减小。线路规划时避免电缆线路经过潮湿或化学腐蚀地区。

(4) 主绝缘划伤、硅脂涂抹不均匀、接头受潮 3 种缺陷均会造成接头发生严重的局部放电。3 种缺陷对试样绝缘强度的影响依次减小,仿真与试验结果一致。

参考文献:

- [1] 贺运九. 电缆接头的局部放电在线监测研究[D]. 长沙:长沙理工大学,2016.
HE Yunjiu. Research on partial discharge on-line monitoring of cable joints[D]. Changsha:Changsha University of Science & Technology,2016.
- [2] STANCU C,NOTINGHERP V,CIUPRINA F,et al. Computation of the electric field in cable insulation in the presence of water trees and space charge[J]. IEEE Transactions on Industry Applications,2009,45(1):30-43.
- [3] SHAWM T,SHAW S H. Water treeing in solid dielectrics[J]. IEEE Transactions on Electrical Insulation,1984(5):419-452.
- [4] 叶冠豪,吕立翔,洪露. 接地不良缺陷对高压 XLPE 电缆终端的影响[J]. 电力工程技术,2018,37(4):137-142.
YE Guanhao, LYU Lixiang, HONG Lu. Effect of grounding defect on high-voltage XLPE cable terminal[J]. Electric Power Engineering Technology,2018,37(4):137-142.
- [5] 曹京荣,查显光,陈杰,等. 220 kV 电缆线路终端故障及仿真分析[J]. 电力工程技术,2018,37(6):151-155.
CAO Jingying, ZHAXianguang, CHEN Jie, et al. Terminal fault and simulation analysis of 220 kV cable line[J]. Electric Power Engineering Technology,2018,37(6):151-155.
- [6] 万利,周凯,李旭涛,等. 以电场特征理解电缆终端气隙的局

部放电发展机理[J]. 高电压技术,2014,40(12):3709-3716.
WAN Li,ZHOU Kai,LI Xutao,et al. Toward understanding development mechanism of partial discharge in air gap defects in cable termination by analysis of electric field characteristics[J]. High Voltage Engineering,2014,40(12):3709-3716.

- [7] MEZIANI M, MEKHALDI A, TEGUAR M. Effect of space charge layers on the electric field enhancement at the physical interfaces in power cable insulation[J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation,2016,23(6):3725-3733.
- [8] 杨帆,曾莼,阮玲,等. 中压交联电缆接头复合界面受潮缺陷的诊断方法研究[J]. 高压电器,2014,50(5):1-5.
YANG Fan,ZENG Chun,RUAN Ling,et al. Study on diagnostic method of compound boundary in medium voltage cross-linked cable joints moistened[J]. High Voltage Apparatus,2014,50(5):1-5.
- [9] PERKEL J, DEL VALLE Y, HAMPTON R N, et al. Interpretation of dielectric loss data on service aged polyethylene based power cable systems using VLF test methods[J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation,2013,20(5):1699-1711.
- [10] 岑杰. 电缆中间接头局部放电研究[D]. 成都:西华大学,2018.
CEN Jie. Research on partial discharge of cable intermediate joint[D]. Chengdu:Xihua University,2018.
- [11] 李欢,李欣,李巍巍,等. 含针尖缺陷的 XLPE 电缆绝缘击穿行为的频率依赖特性研究[J]. 绝缘材料,2014,47(2):71-75,83.
LI Huan,LI Xin,LI Weiwei,et al. Frequency dependence characteristic study of breakdown behavior of XLPE cable insulation with needle defect[J]. Insulating Materials,2014,47(2):71-75,83.
- [12] 胥智勇. 分子结构与交联度对聚乙烯耐水树枝老化特性影响的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2017.
XU Zhiyong. Research on the effects of molecular structure and cross linking degree on the water-resistant tree aging properties of polyethylene[D]. Harbin:Harbin University of Science and Technology,2017.
- [13] 周凤争,孟庆霖,朱晓辉,等. 10 kV 电缆附件典型缺陷仿真与绝缘故障分析[J]. 绝缘材料,2011,44(4):67-69.
ZHOU Fengzheng,MENG Qinglin,ZHU Xiaohui,et al. Simulation of typical defects and analysis of insulation breakdown in 10 kV cable accessory[J]. Insulating Materials,2011,44(4):67-69.
- [14] 方春华,汤世祥,潘明龙. 10 kV 电缆中间接头典型缺陷仿真分析[J]. 三峡大学学报(自然科学版),2016,38(2):55-59.
FANG Chunhua,TANG Shixiang,PAN Minglong. Simulation analysis of typical defects in 10 kV cable joints[J]. Journal of China Three Gorges University (Natural Sciences),2016,38(2):55-59.
- [15] 蒋晓娟,梁惟钢,夏俊峰,等. 35 kV 电力电缆冷缩式中间接头典型缺陷电场计算及故障分析[J]. 绝缘材料,2015,48

- (11):59-63,68.
JIANG Xiaojuan, LIANG Weigang, XIA Junfeng, et al. Electric field calculation of typical defects in 35 kV power cable joints and fault analysis[J]. Insulating Materials, 2015, 48(11):59-63,68.
- [16] 罗俊华,付丽玮,陶士利,等. 0.1 Hz 和 50 Hz 电压下 XLPE 电缆局部放电比对试验[J]. 高电压技术, 2010, 36(8):2000-2004.
LUO Junhua, FU Liwei, TAO Shili, et al. Comparing tests of partial discharge on XLPE power cable at 0.1 Hz voltage and 50 Hz voltage[J]. High Voltage Engineering, 2010, 36(8):2000-2004.
- [17] 刘英,苏宇,李文沛. 10 kV XLPE 电缆接头的电场模拟方法研究[J]. 高压电器, 2016, 52(4):30-35.
LIU Ying, SU Yu, LI Wenpei. Research on electrical field simulation of 10 kV cable joints[J]. High Voltage Apparatus, 2016, 52(4):30-35.
- [18] 王劲,覃煜,张行,等. 10 kV 交流电力电缆冷缩式中间接头电场仿真[J]. 广东电力, 2018, 31(12):127-133.
WANG Jin, QIN Yu, ZHANG Hang, et al. Simulation on electric field of cold shrinkable intermediate connector of 10 kV AC power cable[J]. Guangdong Electric Power, 2018, 31(12):127-133.
- [19] 曹俊平,蒋愉宽,王少华,等. XLPE 电力电缆接头缺陷检测关键技术分析与展望[J]. 高压电器, 2018, 54(7):87-97.
CAO Junping, JIANG Yukuan, WANG Shaohua, et al. Analysis and prospect of defect detection key technology for XLPE power cable joints[J]. High Voltage Apparatus, 2018, 54(7):87-97.
- [20] 魏钢. 高压交联聚乙烯电力电缆接头绝缘缺陷检测及识别研究[D]. 重庆:重庆大学, 2013.
WEI Gang. Study of detecting and recognition of insulating defect in high-voltage XLPE power cable joint[D]. Chongqing: Chongqing University, 2013.
- [21] 何聪,袁川,曾伟,等. XLPE 高压电力电缆局部放电检测方法[J]. 电网与清洁能源, 2016, 32(5):27-33.
HE Cong, YUAN Chuan, ZENG Wei, et al. Detection method for partial discharge of XLPE high-voltage power cable[J]. Power System and Clean Energy, 2016, 32(5):27-33.

作者简介:



陶玉宁

陶玉宁(1995),男,硕士在读,研究方向为电力设备状态在线监测(E-mail:taoyuning12@163.com);

陈皇熹(1997),男,硕士在读,研究方向为电力设备状态在线监测;

赵国伟(1979),男,硕士,高级工程师,从事电力设备状态在线监测工作。

Electric field and local discharge characteristics of typical construction defects of 10 kV cable intermediate joint

TAO Yuning¹, CHEN Huangxi¹, ZHAO Guowei², FANG Chunhua¹

(1. School of Electrical and New Energy, Three Gorges University, Yichang 443000, China;

2. State Grid Datong Power Supply Company of Shanxi Electric Power Co., Ltd., Datong 037000, China)

Abstract: The paramount reason for the malfunction of a center connecting joint, where considers to be the major fault point of power cables, is construction deficiencies. As a result, a three-dimensional finite element model is generated in order to evaluate hazards of the construction deficiency towards the intermediate joint of the cable. Furthermore, this article analyzes the patterns of electric field distribution when three kinds of construction-deficiencies occurs including uneven application of silicone grease, scratches on the surface of major insulation and moisture into the intermediate connector. The last but not least, the article explores the relation of the fault location to the field strength. Additionally, a platform for partial discharge test in the context of alternating voltage is established for verifying samples. The results show that the most significant electric field distortion appears when the silicone grease is unevenly applied and the air gap emerges near the stress cone. While oppositely, the field strength decreases gradually when the air gap position is away from the stress cone. Besides, the most serious electric field distortion is visible while the major insulation has scratches. Also the field strength is maximized at the cut-off of the outer semi-conducting layer. Moreover, the most intense electric field distortion arises from when water membrane is close to the stress cone due to moisture ingress into the joint. In addition, numbers of discharge increase successively in the partial discharge test conducted at the same voltage and under the circumstances of above mentioned three kinds of construction deficiencies.

Keywords: power cable; intermediate joint; typical defects; damp joint; electric field distribution; partial discharge

(编辑 李栋)