

复合绝缘套管硅橡胶伞裙修复技术的应用分析

李双均¹ 王永耀² 卫浩远³ 邱子男⁴ 杜慧杰⁵ 杨明淳⁶

1 身份证号码: 4104221992****870X 2 身份证号码: 4104111991****5551

3 身份证号码: 4104221991****0015 4 身份证号码: 2306031989****3718

5 身份证号码: 1202241990****4825 6 身份证号码: 1406221993****363X

【摘要】受到包括放电作用或机械应力等设备因素以及酸雨或紫外线等自然因素的综合影响, 常规硅橡胶复合绝缘套管在运行一段时间之后都会发生一些劣化的问题, 诸如表面开裂、伞裙脆弱等等, 轻则令电气绝缘性降低, 重则导致人身或财产伤亡, 造成不同程度的不良后果。针对其伞裙进行修复的技术也逐渐随着工艺发展和人们的安全意识提升而出现和应用, 令电气绝缘得以修复。在本文当中将结合硅胶复合绝缘套管的伞裙老化因素进行分析, 并阐述一些修复的理论方案, 以期能够为电网的常规运转、安全稳定提供可行性参考。

【关键词】绝缘套管; 伞裙; 修复技术

电气设备的运行环境相对较为复杂, 在其中的诸多零部件都需要常在较为严重的高电荷电压, 而且同时还会被周边温度、湿度以及紫外线等环境因素所影响(特别是处在温度和湿度都较高的亚热带地区的情况, 其紫外线十分强烈, 而且降雨持续且量大), 部分情况下还可能会受到海洋污染或者酸雨、盐雾等特殊因素侵蚀。在针对此类工程进行工作经验积累分析的过程当中, 我们发现很多电压(或电流)互感器类支柱的绝缘子硅胶保护套会发生劣化问题, 直接导致电气性能下跌、憎水性丧失等, 如果放任不管势必会严重威胁电力设施常规运转, 甚至诱发电力事故等等, 有必要引起重视并及时处理。

1 复合绝缘套管硅橡胶伞裙的劣化问题研究

因为电力设备的特殊性, 硅胶伞裙大多数都常年需要暴露于外界的大气环境, 除了需要长期承受较强的电场影响之外, 日晒、雨水侵蚀以及高温严寒等气候条件也会在一定程度上加剧其绝缘老化。尽管硅橡胶本身含有一定的耐光辐射和温度异常的耐受性, 但是因为硅橡胶当中硅氧烷分子结构质量差异, 填充剂颗粒的表面性能作用差异, 都可能会导致耐老化的能力变化。另外, 强电场影响下局部放电、酸雨侵蚀以及冷热聚变等因素造成的紫外线、受潮水解等较高能射线辐射影响, 也是造成硅胶材料发生老化的成因之一, 材料老化, 势必会直接引起设备性能衰弱, 甚至诱发事故。

事实上, 伞裙一些比较细微的变化并不会影响到复合套管的正常应用, 例如褪色; 一些比较常规的劣化问题也在很长一段时间中都不会影响到套管的正常运行, 例如轻微粉化或者是变硬。不过假如套管设备承载的功能出现了不可逆转的变化, 例如伞裙劣化问题造成伞裙护套保护玻璃钢套管的作用丧失, 并诱发了机械性能降低的现象, 那么就必须要尽快更换复合套管了。

因此, 我们可以认为, 伞裙劣化问题并不完全和套管老化一样, 在套管设备的伞裙表面发生憎水性降低(甚至丧失)的时候, 伞套脆弱、粉化甚至开裂, 假如能够尽快应用适当的修复方案来保证硅橡胶伞裙表面性能不

会受到损伤, 那么就能够有效延长设备的应用寿命, 确保设备可靠运转。在这一过程当中, 大多数套管劣化都是从外逐渐过渡到里侧的过程, 加上伞裙本身具备一定厚度, 因此, 解决劣化问题, 处理劣化表面、修复伞裙机械性能, 一般是关键性的切入点。

2 复合绝缘套管硅橡胶伞裙的修复技术应用

在尽可能避免报废基础之上, 针对伞裙出现的劣化或龟裂问题, 可以供选择的修复方式一般涵盖三个类型: 其一, 替换互感器绝缘护套, 但是显然这种方式会带来巨大的成本支出, 因为液体硅胶的价格十分昂贵, 加上浇注的工艺也比较复杂(整体浇注, 难度较高), 技术难度高(互感器当中充 0.39MPa 气压六氟化硫气体, 对于气密性要求十分严格), 导致操作起来十分困难; 其二, 切除劣化伞裙, 之后使用模具进行粘接伞裙, 这种方式目前来说成本依然有些偏高, 且工艺难度同样较高; 其三, 处理劣化伞裙表层, 并喷涂适当的修复涂料(如防爆破飞溅涂料, 其主要成分包括有机硅预聚物、芳纶特种纤维浆膜以及改性有机硅氟橡胶等等复合而成, 拥有聚合物互穿网络结构, 机械性能理想), 以期能够在一定程度上延长使用寿命, 应用有机硅材料加以修复, 目前来看可行性比较高。因此, 通常来说技术人员都会选择此类技术进行处理, 具体涵盖下述两个方面:

2.1 表面处理技术应用

在修复开始之前, 因为大多数伞裙劣化之后都会有较多污垢或者杂质在表面附着, 加上开裂问题会导致这些污垢或杂质影响到后期操作, 因此需要先针对伞裙加以适当的打磨处理, 这也是表面处理的先决措施, 主要目的是清理污垢和杂质, 以便展开后期修复。在打磨完毕之后, 结合实际情况进行除尘和清洁处理, 确保伞裙的表面光洁完整, 满足施工需求。

打磨原则: 考虑不伤害到套管本体, 完全清理劣化 PRTV 涂层。

表面打磨: 操作人员握紧砂带机, 和增爬裙的表面保持大约 30° 的倾角, 使用砂带机的前部对粉化层进行轻轻碾压, 随后将砂带机轻轻地来回移动, 保证双手平

稳；观察打磨期间的劣化PRTV涂层变化，观察到套管本体暴露，即确定打磨完毕，并移动砂带机到其他位置进行继续打磨，反复数次，直到劣化的伞裙均得到均匀打磨，即可准备进入涂料喷涂的环节。

除此之外，也有使用专门的表面处理剂的处理方式，令伞裙表层 $Si-OH$ 得以重新与新聚二甲基硅氧烷交联，并促成新硅胶涂层得以和原来的硅胶相互结合。针对硅胶伞裙发生破损的伞边，可以结合实际情况应用事先预制的硅胶片加以修复。

2.2 修复涂料喷涂技术

打磨完毕之后，进入修复涂料的喷涂环节，修复涂料需要完成三层喷涂，且每层涂料都需要在1mm厚度以上，以期保证劣化伞裙得以有效定型，尽快恢复性能和套管整体完整性：

首先，底层涂料层，此层的主要成分是低分子涂料，借助渗透的作用，从伞裙的表面裂缝直接渗入硅橡胶，达到良好的填补缝隙的效果；其次，中间层涂料的喷涂，在确认底层涂料层的涂料彻底干透且没有异常之后，针对中间层加以喷涂，保证黏度稍微高于底层，更加粘稠一些以满足补强和修复的效果，令硅胶伞裙能够基本恢复大多数功能；最后，外层涂料的喷涂，此层的涂料最主要的功能是修复伞裙的憎水效果，在喷涂完毕之后，令伞裙得以恢复憎水性和憎水迁移性，同样需要在确认上一层涂料干透且无异常的情况下进行，保证喷涂的彻底性和全面性，避免有缝隙存在。

三层涂料均喷涂完毕之后，等到涂料干透，确认无异常，即可认为套管外部绝缘套管伞裙的修复工序结束，进行一些后续处理即可。经过三次喷涂涂料工艺的应用，护套表面得以形成一个“三层保护”的修复层，相互协同，较之单次进行RTV喷涂工艺来说，其修复护套电气性能以及机械性能的效果更理想，能够提升其憎水性大约4~6级（应用喷水分级法进行评级的标准作为参考，

可以从修复之前的 $HC5 \sim HC7$ 修复到 $HC1$ 等级），这一级别基本上和更换新的护套的表面憎水性相等，说明喷涂涂料的方式是比较可行的。

3 结语

综上所述，对于诸多电气设备来说（如互感器以及断路器等），硅胶复合套管都有较为广泛的实际应用，在本此研究讨论当中结合其伞裙的劣化影响因素入手，探究了如何对其进行修复的技术方法，期望能够为提升其实际应用性能、保证电力设备乃至于电网安全稳定运行提供一定的参考依据，为国家的电力事业平稳发展做出一份贡献。

【参考文献】

[1] 周明露，乔清泉．复合绝缘套管硅橡胶伞裙修复技术的应用分析[J]．电子世界，2019(20):171-172.

[2] 韦晓星，徐驰，卢文浩，等．运行多年的液体硅橡胶套管老化特征及修复效果评估[J]．电瓷避雷器，2020(03):202-209.

[3] 李晓明，牛久刚，王磊，等．硅橡胶复合绝缘子伞裙表面腐蚀特性的研究[J]．有机硅材料，2019(03):46-49.

[4] 朱勇，张小容，陈杰，等．风沙环境对复合绝缘子伞裙硅橡胶性能影响研究[J]．电工电气，2019(001):56-60.

[5] 邱小灵．复合绝缘子硅橡胶伞裙热老化特性研究[J]．信息周刊，2019(034):1-3.