

Application of Flexible Graphite Composite Grounding Material in Distribution Network of Mountain Area

Jinqiang Wang

Maoming Xinyi Power Supply Bureau of GPGC, Xinyi Guangdong
Email: jqwww@126.com

Received: Feb. 28th, 2018; accepted: Mar. 16th, 2018; published: Mar. 22nd, 2018

Abstract

Lightning trip of the power line accounts for 70% - 80% of the total trips of the entire power grid. To reduce the risk of lightning strikes, on the one hand, it is necessary to install corresponding lightning protection devices, and on the other hand, ground resistance must be reduced. The traditional galvanized angle steel grounding grid has the defects of easy corrosion, large amount of construction work, large area occupation, easy to produce construction disputes, easy to be affected by objective factors, and unsatisfactory life expectancy. Flexible graphite composite grounding material has good electrical conductivity, non-toxic, non-polluting, anti-acid and alkali, strong corrosion resistance, stable performance, and long service life. The application of the new grounding material in the grounding system of Xinyi Power Supply Bureau shows that the new type of grounding material can adapt to various extreme geological conditions and can meet the needs of practical engineering application and should be popularized and applied.

Keywords

Ground, Galvanized Angle Steel Ground, Flexible Graphite Composite Grounding Material

柔性石墨复合接地材料在山区配网中的应用

王进强

广东电网茂名信宜供电局, 广东 信宜
Email: jqwww@126.com

收稿日期: 2018年2月28日; 录用日期: 2018年3月16日; 发布日期: 2018年3月22日

摘要

电网线路雷击跳闸占整个电网的跳闸总数的70%~80%以上。减少雷击跳闸事故一方面需要安装相应的

防雷保护装置,另一方面要降低接地电阻。传统的镀锌角钢接地网具有易腐蚀、施工工程量大、占地多、易产生施工纠纷、易受客观因素影响,寿命不满足要求等缺点。柔性石墨复合接地材料具有导电性好、无毒、无污染,抗酸碱、抗腐蚀性能强,性能稳定,使用寿命长等特点。在信宜供电局配网的接地系统中使用表明,新型的接地材料能适应各种极端地质条件,并能够满足实际工程应用需求,值得推广应用。

关键词

接地、镀锌角钢接地、柔性石墨复合接地材料

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着电力系统的发展,由于雷击而引起的事故也日益增多。据不完全统计,电网线路遭雷击跳闸占整个电网的跳闸总数的70%~80%以上,而雷击跳闸中90%以上是由感应雷造成的,即雷击发生在设备、线路或者电缆附近,从而在线路或电缆中产生感应浪涌电流,该浪涌电流顺着线路或电缆冲进配电设施,从而影响供电可靠性[1]。只有10%的雷击事故是由直接雷击造成跳闸,所以即使采取电缆入地措施也难以避免雷击损害。目前,国际上减少雷击跳闸事故一般有两种方法,一种是采取堵的方法,如安装避雷针、避雷线、避雷器和必要的浪涌保护装置等[2]。另一种更为经济有效,更容易实施的方法是疏导,也就是降低配电设备以及接地装置的接地电阻,将雷电流快速地消散到大地,并避免地电位的升高对配电设备、线路的反击[3]。

信宜属于典型的山区,10 kV线路大部分跨山越岭,2015年10 kV线路累计跳闸658条,其中属雷击跳闸的有512条,占总跳闸数的77.81%。随着信宜经济的快速发展,不间断的优质供电对各行各业及人民生活显得越来越重要,因此,这要求供电企业要不断提升管理水平,不断提高供电可靠性,最大限度满足用户的生产生活的需要,确保电力的有效供应。而减少线路雷击故障对配电网接地装置的要求也越来越高。

良好的接地系统应具备以下两个主要条件:1、接地电阻应尽可能低,接地电阻越低,雷电浪涌电流和故障电流就可更安全地消散到大地中。2、接地应具有良好的防腐能力并能重复通过大的故障电流,系统的寿命不应小于地面主要设备的寿命,一般要求30年以上的寿命。长期、可靠、稳定的接地系统是维持设备稳定运行、保证设备和人员安全的根本保障,接地系统长期安全可靠运行的关键在于正确选择合适的接地材料和可靠的连接。

2. 接地装置综述

2.1. 接地装置的概念与分类

接地装置是接地体与接地引下线总和,而接地体包括人工接地体与自然接地体,一般是角钢、钢管和扁钢等金属组合而成,有散流电阻金属导体组合称作人工接地体。埋于地下金属构件和管道及建筑物金属构件称作自然接地体[4]。从接地属性来分,可以分正常接地和故障接地,而正常接地可以分成工作接地与保护接地。工作接地是指在正常的情况下,在有电流流过的时候,大地作为导线完成的接地。正常情况下,一般没有或者很少有不平衡的电流流过,可以保持系统的安全运行。而保护接地指在正常时候,并没有电流流过,防止事故发生而进行的接地,如防触电的接地和防雷的接地;故障接地则指带电体和大地间意外的连接,如:接地短路[5][6]。

2.2. 传统装置的缺点

目前,传统的接地体大多采用镀锌角钢材质,根据近五年的数据统计,我们在施工与维护过程中使用的传统的镀锌角钢接地装置存在以下几个问题。

2.2.1. 安装接地过程中开挖施工量比较大

传统接地装置采用 2.5 米长的角钢作为接地体,四根角钢通过圆钢相距 2 米焊接为一组,根据国家标准需将角钢垂直埋入地下。为了满足接地电阻和雷击电流释放要求,有时需要五组、六组甚至更多才能达到要求。安装接地装置时需开挖一条宽约 0.6 m,深 0.8 m,长 30~50 m 的深坑。遇到石头或者土质较硬的施工现场,2.5 的角钢无法打入,只有另选方向开挖深坑。根据测算传统的接地基础施工开挖、安装角钢、焊接及接头防腐处理、修复深坑需要耗费较长的时间。

2.2.2. 镀锌角钢易腐蚀,影响供电安全

镀锌角钢接地网的腐蚀问题角严重,虽然设计规定地网的寿命为 30 年,但实际上镀锌角钢地网一般在 10~15 年腐蚀就影响供电安全了。据一些杆塔和配变的镀锌角钢地网进行测量,发现有地仅经过 10 年就出现严重的腐蚀,接地电阻测量时严重偏大,甚至出现无穷大,开挖发现接地系统完成腐蚀中断[7]。因此,部分镀锌角钢接地网远远没达到设计要求的 30 年寿命。

2.2.3. 施工过程中占用土地和路面成本高、纠纷多

在城区特别是老城区道路比较狭窄,在改造过程中,安装传统镀锌角钢接地网需要破坏水泥路面,规划报建手续繁多,施工中不但影响交通,而且开挖和恢复费用高。在农村地区,有时会占用私人用地,经常遭到群众阻拦,影响工程师施工进度。随着农民的土地维权意识高涨,近年来,在接地施工中遇到的纠纷由逐年上升的趋势。

2.2.4. 镀锌角钢地网安装过程中受客观条件影响大

目前,我们在安装镀锌角钢接地时,是在现场打完接地体后,再用电焊将接地体用圆钢或扁钢焊接连接起来,在没有外接电源的情况下,还需要带上柴油发电机。从近几年的调查分析中发现,镀锌角钢接地体基本上是点腐蚀,很多腐蚀点都在焊接点的位置,加上对部分施工单位把关不严,导致锌角钢地网施工中出现焊接接触不良、搭接长度不够及防锈不完整等问题,大大降低了锌角钢地网的寿命。

2.3. 本文所做的工作

信宜属于雷害高发区,近年来配网的防雷装置逐步完善,但是接地系统还需要逐步改造,目前信宜配网所有的接地系统均是使用镀锌钢接地材料,由于镀锌钢接地材料的种种缺点,且国内有较多的地区已在不断探索使用新的接地材料。根据信宜的土质特点,并考虑施工因素等各方因素,本文对柔性石墨复合接地材料在信宜山区的使用作了有益的探索。

3. 柔性石墨复合接地材料的特点

3.1. 柔性石墨复合接地材料的结构特点

石墨具有导电性好、无毒、无污染,抗酸碱、抗腐蚀性能强,性能稳定,使用寿命长等特点。柔性石墨复合接地材料是选用高纯鳞片石墨(纯度 $\geq 95\%$),通过石墨的氧化处理和高温膨化过程制备膨胀石墨[8],并选用无机纤维与合成纤维(视导电率需求可选用碳纤维、聚苯胺纤维或抗氧化合金纤维)以及一定配比的水乳型粘合剂,通过辊压、热塑以及绞线成型工艺制备而成。可以将柔性石墨复合接地材料形象比喻成骨骼-肌肉结构:无机纤维与合成纤维材料为骨骼,起到支撑接地材料、增强力学性能的作用;膨胀石墨构成肌肉组织,

是整个复合接地材料的主体结构，主要起导电作用；粘合剂作为“血液”连接纤维材料及膨胀石墨，提高材料结构致密性及力学性能石墨具有耐高温、抗震、化学性能稳定，特别是导电性能优良的特点[9][10]。

石墨型接地装置是用于架空线路杆塔的一种实用新型装置，它的优点在于导电性好、无毒、无污染，抗酸碱、抗腐蚀性能强，性能稳定，使用寿命长，施工工艺简单，工程量小。通过采用石墨型接地装置可以大幅度降低接地电阻，尤其是在土壤电阻率较高的山区能很容易地降低高土壤电阻率地区杆塔的接地电阻，能缩短接地槽的开挖长度，特别是在城区、工业园区以及接地体长度受限制的地区，接地槽开挖长度的大幅缩短还有利于保护环境，减少植被破坏，避免加大水土流失，减少了开挖接地槽的工程量，节约投资。该装置的性能稳定，基本不受气候的影响，不会因为时间的流逝而改变，化学性能和物理性能稳定，不会被腐蚀，由于接地体短，故受外力破坏的机会也大大减少。

3.2. 柔性石墨复合接地材料与传统的接地材料比较

3.2.1. 具有良好的导电性与冲击电流耐受特性。

石墨晶体如同金属导电，其导电性能是碳钢的 2 倍，铝的 2.5 倍，是最佳非金属高温超导体材料。试验研究表明，柔性石墨复合接地材料实测电阻率在 $3.25 \times 10^{-5} \Omega \cdot m$ ，若辅以导电纤维其电阻率可降至 $10^{-6} \Omega \cdot m$ 级别。实际冲击电流耐受特性试验表明，接地体在 120 kA 上的冲击电流作用下仍能保持结构稳定，满足雷电流和短故障电流的排散。

3.2.2. 可靠的耐腐蚀性、稳定性，寿命长。

柔性石墨复合接地材料化学性质稳定，其成分不含金属，无腐蚀问题，可耐受各种气候，在酸、碱、盐等土壤条件下的耐腐蚀性远优于金属接材料，并且与降阻剂的配合使用不会造成接地体腐蚀，高温(200℃试验)与低温(40℃试验)条件下结构稳定。因此使用柔性石墨复合接地材料其使用寿命更长，其全寿命周期的成本更多。

3.2.3. 力学结构稳定，施工工艺简单，工程量小

柔性石墨复合接地材料的力学结构稳定、抗拉强度高，具有柔性可弯曲的特点，便于运输，接地体与土壤承受相同的外力形变，土石方开挖不要求平直，可随地形地貌开挖，大大降低开挖难度，可采用灌浆方式回填，与泥浆同步变形沉降，结合精致，不会产生界面脱离，可采用蛇形敷设，即使土壤冻胀、融沉与蠕变，也具备良好的跟随性，不会产生界面脱离，并且由于其导电性好，开挖深坑的工程量比传统的镀锌角钢地网大大减少，能降低施工成本。

3.2.4. 可预防偷盗及减少外力破坏。

石墨复合接地材料二次利用价值低，因此可以大大减少偷盗出现。传统的地网在地面没有任何标记，并且传统的地网一般覆盖范围广，近年来随着城乡的发展，各种的开挖、钻探工程较多，地网遭破坏的频率也越来越高，柔性石墨复合接地材料，敷设占地小，能降低被外力破坏的机率[11]。

4. 柔性石墨复合接地材料在信宜配网中的应用

柔性石墨复合接地材料在信宜配网中的试点选择在贵子供电所得绿湖大坑公变，该配变投运于 1995 年，配变为 S11-160kVA，在 2014 年 10 月的接地电阻测试值为 25.2Ω ，未符合配变接地电阻低于 4Ω 的规定，原配变的地网所在的土质为松软土。开挖原来的地网发现，地网腐蚀严重，地网为放射状，部分地网已被腐蚀完全断开。为了修复该台区地网，降低接地电阻，考虑该台区土质的严重腐蚀性，确定使用新型的柔性石墨复合接地材料。具体的施工方法采取在原来的地网的基础上重新开挖深 0.7 m，宽 0.6 m 的深坑，敷设一条 30 米 $\Phi 50 \text{ mm}$ 的实心柔性石墨复合接地材料，见图 1；然后采用与接续件环形压接的方式并接在引下线上，见图 2，也可以与采用两个 U 型卡子与原地网进行连接埋于地下。敷设完毕后，



Figure 1. Flexible graphite composite grounding material
图 1. 柔性石墨复合接地材料



Figure 2. Flexible graphite composite grounding material and the original network connection
图 2. 柔性石墨复合接地材料与原地网的连接

重新对接地电阻测试，接地电阻值降为 3.5Ω ，符合规定要求，可见增加柔性石墨复合接地材料修复接地电阻不合格的地网有效，为了验证其抗腐蚀的效果，在敷设时同步埋设了一根镀锌角桩，并有焊接的处理，一年后再开挖对比，发现镀锌角桩的焊接口尽管有防锈处理仍有轻微的腐蚀痕迹，柔性石墨复合接地材料未发现有腐蚀痕迹，可见其抗腐蚀效果不错。

随后，信宜供电局在云世村边公变、秋风根公变等 45 台公变上分别试点敷设柔性石墨复合接地材料，土质涉及普通土、坚土及砂砾坚土等类型，修复接地电阻不合格或者新建配变的地网，均取得很好的效果。根据现场施工的情况，柔性石墨复合接地材料与传统的镀锌钢接地材料对比，其整体施工量及工期减少约三分之二，且适应的土质类型更广，可见柔性石墨复合接地材料对于信宜这种自动化程度较低的、较多依赖人力施工的山区有较明显的优势。

经过一年多的实践，采用柔性石墨复合接地材料改造的接地系统，其降阻效果明显，经改造的配变

未发生配变雷击损坏, 10 kV 线路雷击跳闸率大幅降低, 并且柔性石墨复合接地材料具有良好的抗腐蚀性, 且施工极其方便, 具有实际应用价值。

5. 结束语

本文从对传统的镀锌角钢接地网存在的若干问题进行了探讨, 简要叙述了柔性石墨复合接地材料的结构组成及特点, 并与传统的接地材料进行比较, 根据柔性石墨复合接地材料具有导电性好、无毒、无污染, 抗酸碱、抗腐蚀性能强、性能稳定及使用寿命长等优点, 将柔性石墨复合接地材料在信宜供电局的配网接地系统中试验应用做了有益的尝试, 实践结果表明柔性石墨复合接地材料具备安装简单、耐腐蚀、接地电阻持久稳定的特性, 能解决目前传统配网接地网制造耗能高、污染环境严重, 易腐蚀、易生锈, 接地电阻不稳, 寿命短、检查维护困难, 更新改造工程频繁, 浪费材料、土地、能源、费用等问题。柔性石墨复合接地材料能适应各种极端地质条件, 并能够满足实际工程应用需求, 值得推广应用。

致 谢

感谢信宜供电局设备部对论文编写提供了指导, 感谢贵子所全体人员为本文提供的各种资料、数据, 谨此致谢。

参考文献

- [1] 王培军, 付学文, 魏智娟. 新型高效降阻接地模块的研究与应用[J]. 电磁避雷器, 2012(245): 70-76.
- [2] 程学启, 杨春雷, 咸日常, 等. 线路避雷器在输电线路防雷中的应用[J]. 中国电力, 1999, 32(8): 33-35.
- [3] 满超楠. 接地材料和防腐降阻材料的性能研究及其优化选择[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2013.
- [4] 苏邦礼, 崔秉球, 伍望平, 等. 雷电与避雷工程接地装置[M]. 广州: 中山大学出版社, 2011.
- [5] 电力工业部. 《电力建设安全工作规程》(SDJ63-1982) [S]. 北京: 中国电力出版社, 2010: 7-8.
- [6] 曾嵘, 周佩朋, 王森, 等. 接地系统中接触电阻的仿真模型及其影响因素分析[J]. 高电压技术, 2010, 36(10): 2393-2397.
- [7] 郑敏聪, 李建华, 聂新辉, 等. 镀锌钢接地材料在酸性土壤中的腐蚀行为研究[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2015(1): 27-32.
- [8] 顾安妍. 膨胀石墨的制备及其导电性能的研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2010.
- [9] 胡元潮, 阮江军, 肖微, 等. 柔性石墨复合接地材料及其相关性能试验研究[J]. 高电压技术, 2015, 42(6): 1879-1889.
- [10] 肖微, 胡元潮, 阮江军, 等. 柔性石墨复合接地材料及其接地特性[J]. 电工技术学报, 2017, 32(2): 85-94.
- [11] 赵俊, 强宝仁. 输电线路接地网防盗措施的改进[J]. 电力学报, 2005, 19(3): 251-252.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2325-1565, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: tdet@hanspub.org