

10kV配电线路防雷治理方法研究

王文双

中冶华天南京工程技术有限公司

[摘要]目前我国经济水平和各行业的快速发展,我国电力行业发展也十分快速。配电线路是电力系统中靠近用户的一级,在当前主网配电线路足够坚强的情况下,配电线路的供电可靠性很大程度上决定了居民的用电体验。由于配电线路自身绝缘水平较低等原因,雷击跳闸已成为影响其供电可靠性的主要原因。用于10kV架空线路防雷的措施众多,如使用放电间隙、防雷绝缘子、多腔室吹弧防雷装置,但目前使用量最大的措施为安装避雷器。现有研究表明,避雷器能够有效提升配电线路的雷电防护水平。针对避雷器的配置方式,国内外开展了较多研究。分析不同避雷器类型、不同杆塔冲击接地电阻以及雷击位置等对避雷器防护效果的影响并分析其保护范围,提出需要每隔6~8基杆塔三相安装氧化锌避雷器的建议;通过研究不同接地条件下只安装单相避雷器对同级其它相绝缘子的影响及只安装一级对相邻级绝缘子的影响,提出了接地电阻的安装要求;通过对比避雷线和避雷器两种防雷措施,认为避雷器能更好降低线路上的过电压;计算了避雷器安装间距与线路闪络降低百分数之间的关系曲线,建议每隔300m装一组避雷器。提出一种考虑雷电参数、走廊环境、绝缘配置以及历史雷击故障数据的配电线路防雷治理方法,最后通过工程运用,验证了该方法的实用性。本研究结果可为配电线路防雷治理提供参考。

[关键词]配电线路;雷电参数;雷击形式;防雷治理

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.1564

引言

雷电活动是极其复杂的,即使在科技发达的今天,人们在防雷上也不能做到100%防止雷电带来的破坏,配电线路的防雷也是如此,只能通过各种措施尽量降低雷电破坏产生的损失,配电线路防雷应综合线路的电压等级,配电线路的负荷性质,系统的运行方式,线路路径所在地区的气象条件、地形地貌和土壤电阻率等情况,通过技术经济比较,根据不同的线路特点及性质制定不同的保护方案,不能不惜代价地追求防雷效果,尤其是对一些不重要的负荷线路,更不能如此,在设计配电线路的防雷保护措施时必须与变电站的绝缘水平相配合,优先保证变电站电气设备与供电安全。

一、线路防雷意义

作为电网的重要组成部分,供电线路故障直接影响着整个电网的正常运行,其中最为频繁发生的就是雷击故障。为了保证电网的安全运行,应根据当地气候条件与供电线路周边地形情况,设计合理的防雷方案,引入先进的防雷技术与设备,以降低供电线路遭受雷击的几率,减轻雷击带来的不良影响,及时高效解决供电线路的雷击故障问题,保证稳定运配电力资源,确保电网的安全稳定运行。

二、雷电对配网线路的危害

雷电对配网线路造成的危害有三种。第一种是电性质的破坏,几十万、上百万伏的冲击电压会损坏线路设备的绝缘装置,将导线烧断、杆塔劈裂,从而引起停电,绝缘损坏后,易造成火灾、爆炸事故;雷电流进入地下,易造成接触/跨步电压的触电事故。第二种是热性质的破坏,雷电流通过导体时,短时间内释放大量热能,造成导线燃烧、金具熔化,继而引起火灾、爆炸等事故。第三种是机械性质的破坏,雷电击中杆塔、绝缘子,导致这些设备物体损坏,甚至爆裂成碎片。对于10kV配电线路易于遭到雷击损害的原因有:一方面,线路未配备符合实际应用的防雷效果合适的保护装置,此种状况在经济欠发达地区时有发生,其对应的配套设施和防雷设施不能及时加以更新,这就导致了上述地区配电设备强度不足;另一方面,线路绝缘效果差也会导致此

类事件发生。在线路受到雷电影响时,线路的低绝缘性导致无法阻挡表面急速增长的电压值,进而导致线路被击穿且难以在短期内获得维修,造成电路故障,对群众正常生产生活产生干扰。最需要关注的是配电公司在安装配电线路的过程中安全隐患过多,此类问题多是人为造成的,其原因为电力公司未在线路检测时进行质量控制,也未周密筹划防雷处理,这就对电路的稳定性和安全性造成了严重影响。

三、10kV配电线路防雷改造技术研究

(一) 雷击跳闸判断

对于任意杆塔在确定了雷击形式后,针对不同的过电压形式,分别判断是否会引起线路跳闸。对于雷电击中线路的情况,因为配电线路自身绝缘配置决定其直击雷耐雷水平不足3kA,因此笔者认为雷电直击线路必定引起线路跳闸。对于雷电击中树木和大地的情况,均会在线路上引起感应雷过电压,其大小会随着雷电流幅值和落雷位置的变化而变化,当其大小超过线路的感应雷耐雷水平时,则引起线路跳闸。在ATP-EMTP中,根据线路的绝缘配置,建立相应的线路仿真模型,其中感应雷过电压的模型采用ATP中的MOD感应过电压子模块进行仿真。根据典型10kV线路参数,利用ATPDraw进行耐雷水平仿真,将杆塔周围任意雷电的雷电流幅值、雷击点位置带入到仿真模型中,将产生的感应雷过电压与线路耐雷水平进行比对,即可判断此次雷击是否引起线路跳闸。

(二) 防闪络

防闪络即防止雷击时发生或减少发生线路绝缘闪络,采取的方法有加强线路绝缘(提高绝缘子片数)、降低杆塔的接地电阻(提高耐雷水平);高土壤电阻率地区,若雷击事故频发,接地电阻又难以降低,此时可以在导线下方架设耦合地线,增强导线之间的耦合系数,加装接地拉线并设置单独的接地装置以增强分流。其中,降低杆塔接地电阻提供耐雷水平进而防闪络是工程中最经济最实用的办法。工程中应予以优先考虑。对于加强线路绝缘,表面看起来简单,只是增加绝缘子片数即可,但是实施起来很困难,具有很大程度的局限性,不仅增加

了绝缘费用,由于增加绝缘子会导致绝缘子串长度变长,杆塔的空气间隙变小,若想保证线路安全运行还必须增大杆塔的尺寸;杆塔尺寸变化,必然导致杆塔结构变化,杆塔需要重新设计,同时杆塔钢材用量必然升高,一般仅在落雷机会较多的大跨越高杆塔上使用(杆塔空气间隙有较大的余量)。增加绝缘子串长度后,线路雷击闪络率降低了,但存在的问题是线路绝缘与变电站设备绝缘配合可能出现冲突,即如果线路上雷电过电压不能沿着线路杆塔释放到大地而有效降低雷电流幅值,此时雷电流只能顺着线路侵入变电站,但是变电站电气设备雷电流冲击绝缘水平较低远达不到抵抗雷电过电压的绝缘水平,故会对变电站内电气设备绝缘造成损坏。所以此方法应慎用。

(三) 增加绝缘水平措施

当杆塔顶部电压较高时,会产生较大电位,线路容易跳闸,此时应增加杆塔绝缘,以防线路通电。供电线路的电压等级各不相同,增加杆塔高度时,杆塔塔载绝缘子也应增加,以达到良好的绝缘效果,提高绝缘水平。一般杆塔每增加10m,增加一片绝缘子,提高电压的耐受等级,保证防雷效果。当属于同塔双回电路时,雷击会导致两条线路同时发生跳闸问题,无法保证配电工作的正常运行。此时技术人员应利用不平衡绝缘方法重新配置两回线路中的绝缘水平,形成绝缘水平不同的两条回路,当发生雷击时,绝缘子较少的回路先发生闪络,成为地线,增强另一回路的耦合作用,降低过电压,保证正常供电。两条回路应相差万倍的相电压,不可过大,以免损坏线路。且不同杆塔采用不同的绝缘方式,直线型提升复合绝缘子数量,耐张型增加绝缘子片数量。

(四) 安装线路型避雷器

安装避雷器防止雷电灾害在现场施工中较为常用的一种雷电防护装置是避雷器,避雷器对雷电产生的过高电压有防护效能。在雷击杆塔后雷电流会被避雷器分流,部分雷电经由杆塔流向大地,在雷电流强度超过某一范围后会通过避雷器进行分流,大部分雷电会经过避雷器进入导线中并向相邻的杆塔传递。若线路承受感应雷引发的过电压,雷电流会通过上述类似的流程流入大地当中。线路避雷器与绝缘子并联,具有良好的钳位作用,避雷器的残压低于绝缘子串50%的放电电压,即使雷击电流增大,避雷器的残压仅稍有增加,绝缘子仍不至于发生闪络。这也是线路避雷器防雷的重要特点。在避雷线遭受雷击之后,电流会顺着避雷线向下进入电力设备中,使接地的电阻中的电压急剧上升而出现绝缘。为了防止绝缘子串的反击,相关设计人员在实际工作的过程中要对避雷线的接地方式进行适当的改进以及调整,比如可以在钢塔上安装避雷器,避雷器是防御设计中比较常见的一种设施和设备,它能够在雷击天气中起到良好的防护效果。

(五) 加装配网耦合地线

如果杆塔的机械强度较高,接地电阻难以降低,而且土壤电阻率较高,那么可在导线下方设置耦合地线。配网耦合地线的作用有:增大各相导线之间的屏蔽耦合作用,以降低绝缘子串的电位,减少等值波阻抗,从而提高线路的耐雷水平;雷击

杆塔时,可对雷击电流进行分流,降低塔顶电位;提高杆塔处的地电位,杆塔的有效高度减小,遭受雷击时导线上的感应电压减小,从而降低塔顶电位;在不利的地形中,增强防绕击作用,减小雷击损害。

(六) 降低杆塔的接地电阻防雷

针对杆塔接地电阻进行布置可起到一定程度的防雷击效果,若雷电击中避雷线或塔顶,且线路接地电阻过大时,将会造成塔顶电位急剧上升,此时需要进一步对杆塔接地电阻进行控制。通过研究发现,适当加长水平接地电极,可以进一步降低杆塔的接地电阻。利用计算机软件对水平接地电极进行模拟分析,建立接地电极模型。接地电极选用的是一个类似圆柱的水平接地体,等效半径 r 取值14mm。接地电极的埋藏深度 d 取值0.8m,土壤电阻率 ρ 取值 $647\Omega\cdot\text{m}$;在水平接地板上增加垂直接地极,垂直接地极长度 h 取值为5m。如果采用模型二进行接地电极的敷设,在水平接地电极长度取值为65m时候,对应的接地电极电阻值为 19.2Ω ;如果采用模型三进行接地电极的敷设,在水平接地电极长度取值为65m时,对应的接地电极电阻值为 16.3Ω 。在实际的施工中,接地电极的长度不是越长越好,特别是在山区施工中,既要考虑防雷的实际效果,也要考虑施工的综合成本以及环境等相关因素。

结语

1) 配电线路耐雷水平受工频电压相位角变化影响,近似呈现余弦波变化,但整体变化幅度较小,在电压相位角为 180° 时,配电线路耐雷水平处于最低值。2) 低接地电阻区域,安装拉线可以代替避雷器有效提升线路耐雷水平,接地电阻越小,拉线数量越多,拉线的作用越明显,线路耐雷水平越高。在雷害较为严重的地方也可以采用拉线配合避雷器进一步提升配电线路耐雷水平,其中4根拉线配合避雷器安装方式5效果最好。对10kV配电线路进行防雷处理的主要思路是安装适宜于供电线路的避雷器,确保绝缘装置具有防护效能,控制杆塔接地电阻,以减少雷电对配电线路造成的损耗,确保供电线路能够长期稳定运行。

参考文献:

- [1] 关志成,朱英浩,周小谦,等.中国电气工程大典(第10卷)输变电工程[M].北京:中国电力出版社,2020.
- [2] 张殿生.电力工程送电线路设计手册[M].北京:中国电力出版社,2019.
- [3] 中国电力企业联合会.66kV及以下架空电力线路设计规范:GB50061—2010[S].北京:中国计划出版社,2019:6.
- [4] 周泽存,沈其工.高电压技术(第3版)[M].北京:中国电力出版社,2019.
- [5] 陈勇,万启发,张祥贵.特绝缘子串冲击电压放电特性研究[J].高电压技术,2019,29(3):29-30.
- [6] 中国电力企业联合会.交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范:GB/T5006—2019[S].北京:中国计划出版社,2019:10.