

配网防雷现状与治理措施研究

随着我国电力系统的不断发展，频繁的雷电活动严重威胁配电网设备安全运行。以某电力公司为例，通过分析配电网线路的基本情况和雷害的现状，总结了配网防雷的现况和存在的主要问题，结合防雷现场试点实例，总结了防雷取得的优秀经验，并在此基础上提出了下一步的防雷治理研究方案，最后提出了配网防雷的针对性建议。

段绪金 齐飞 叶会生 周恒逸 刘味果 赵迦/国网湖南省电力公司电力科学研究院



段绪金/助理工程师

0 引言

频繁的雷电活动严重威胁电网设备安全运行，雷击引起的设备损坏、设备停运和供电中断时有发生，造成了巨大的经济损失，危及中压电网的安全可靠稳定运行^[1,2]。因此有必要对10 kV配网线路防雷现状和防雷综合措施开展深入分析和研究，提出有针对性的治理措施。

1 配网线路基本情况和雷害现状

1.1 雷击跳闸率高

总体来说，农村配网跳闸率高于城市配网，城郊配网跳闸率高于市区配网。根据某公司2013年的线路跳闸数据，2013年1~5月配网线路跳闸次数情况见表1。

截止5月底该公司配网线路共跳闸2 830次，其中由于雷击原因造成线路跳闸的次数为887次，占比为31.3%，如图1所示，雷击是线路跳闸的最主要原因。

表1 某公司2013年1~5月配网线路跳闸情况 (次)

跳闸原因	外力破坏	自然灾害(雷击)	自然灾害(其他)	运行维护不当	设计安装不当	设备本体	用户原因	其他
跳闸次数	159	887	344	64	48	523	268	537

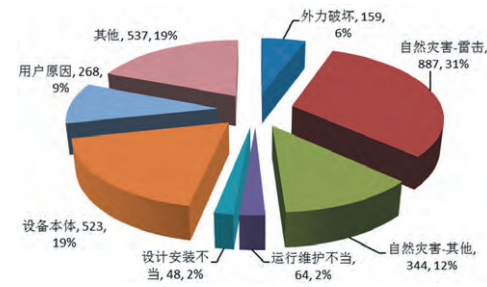


图1 配网线路跳闸原因分布图

1.2 城市配网绝缘化率高，雷击造成绝缘导线断线故障突出

根据2012年统计数据见表2，某公司10 kV城市架空配电线路共3 532条，总长22 409.6 km，绝缘化率为48.7%，电缆化率为38.6%。城市配网线路雷击跳闸情况集中在郊区线，由于线路绝缘化率高，雷击多发区绝缘导线普遍未采取防断线措施，断线问题突出。

表2 2012年某公司城市配电线路统计表

线路条数	线路长度/km	架空绝缘线路长度/km	电缆线路长度/km	架空绝缘化率 (%)	电缆化率 (%)
3 532	22 409.6	6 701.1	8 639.5	48.7	38.6

1.3 农村配网线路运行环境恶劣，雷击跳闸和设备损坏问题严重

农村配网线路具有以下几个特点：

(1) 线路以裸导线为主，绝缘化率和电缆化率低。

(2) 线路运行时间普遍较长，设备老化严重。据统计，截至2012年底，某公司运行超过30年的线路占10%，运行20~30年的线路占11%，运行10~20年的线路占21%，运行10年以下的线路占59%左右。由于当时受资金、设计水平等限制，线路建设标准低，路径不合理，绝缘强度不高，10 kV线路跳闸率一直居高不下；部分避雷器老化严重，性能下降，外观很难分辨异常，在雷电流下极易击穿造成短路或接地故障。

(3) 线路绝缘配置水平低。农网线路绝缘子主要型号为P-15型针式绝缘子，少部分绝缘子为P10，其 $U_{50\%}$ 冲击放电电压低，耐雷水平差。当绝缘子老化或存在内部缺陷时，容易内部击穿，导致炸碎。

(4) 线路路径长，运行环境差。农村供电负荷分布范围广，线路架设路径长，分支线路多，部分农网线路总长可达70~80 km。在高山和丘陵地貌区域，农网线路往往在山间架设，杆距跨度大，线路运行环境差，容易遭受雷击。

(5) 雷击跳闸故障和设备损坏频繁。农网雷击引起线路跳闸故障频繁，根据某农电站统计数据（见表3），2011年雷击跳闸次数占全年跳闸的48.4%，2012年占全年跳闸的46.4%，远高于雷击跳闸比例31.3%（见表1统计数据）。

表3 某农电站线路跳闸统计

年份	跳闸次数	雷击跳闸次数	占比 (%)
2011	91	44	48.4
2012	69	32	46.4

农网线路雷击故障表现为：绝缘子炸裂、避雷器损坏及线路断线，严重的会引起配变绝缘异常、柱上开关损毁等，雷击故障典型现场如图2所示。



图2 配网线路雷击故障现场典型图片

(6) 缺乏防雷措施。农网线路除了在配变、柱上开关和电缆终端装设避雷器外，线路无防雷措施。

2 配网防雷现状

2.1 防雷覆盖范围有限

10 kV配网防雷改造资金有限，只能选择性对重要线路采取加装避雷器、防弧金具和过电压保护器等措施，并且一般也只针对线路上一些重点部位如柱上开关、变压器和变电站出口处，大部分一般线路上未采取任何防雷手段。加上线路绝缘水平低，雷雨天气时，容易发生闪络跳闸事故^[3]。

2.2 设备防雷措施不全面

绝缘导线未采取有效的防雷击断线措施；避雷器接地不规范，接地电阻过大，未起到保护作用；部分台区低压线路长且未安装避雷器，雷电波从低压线路侵入配变，引起绝缘击穿；部分柱上开关只在开关一侧安装避雷器，雷击时易引起开关损坏；部分供电所只是在雷击频繁造成绝缘子破裂处装设线路避雷器，但对整个线路缺乏统一有效的全线防雷措施。

2.3 线路防雷缺乏统一规范

配网线路防雷缺少规范性技术指导文件，用以指导供电公司实施线路防雷改造。目前，线路运行单位的防雷工作开展往往建立在各自经验基础上，对各种防雷措施和设备缺乏整体了解，对线路防雷整体实施缺乏规划。

3 配网线路防雷试点与经验

为解决电网雷击高跳闸率和高断线率的问题，某公司开展了一系列探索，取得了良好的效

果和可供推广的经验。

3.1 过电压保护器的应用

某供电公司为解决雷暴天气配网 10kV 线路跳闸率高的问题,实施了在线路上安装过电压保护器的防雷方案。过电压保护器是一种带间隙的避雷器,产品外观如图3所示。



图3 过电压保护器图

2011年该公司选择某线进行试点,该线全长 25.0 km,供电半径11.6 km,为1975年建设运行,线路绝缘老化,防雷水平低,线路经过区域主要是雷击频繁的丘陵地区,雷击跳闸率高,2010年跳闸8次,2011年6月份跳闸6次。

该线在2011年7~8月间完成防雷改造,改造基本方案为:①根据线路走向及配变分部情况,每三基杆塔安装一组过电压保护器,有配变台区避雷器保护的线路不重复安装;②将涉及安装过电压保护器的杆塔P15绝缘子更换为P20绝缘子;③安装过电压保护器杆塔加设相应接地装置,接地引下线采用 $\geq 50 \text{ mm}^2$ 的裸线、钢绞线、镀锌钢条或扁铁,接地电阻控制在 30Ω 以下。

该线共加装了64组过电压保护器和接地装置,更换了566个绝缘子。改造完成后,在2011年8月~2012年8月,未发生因雷击造成线路跳闸。目前,该公司其他线路雷击故障频繁区域有选择性的加装了过电压保护器。

3.2 防弧金具的应用

某供电公司2006年对10 kV某线进行防雷改造试点。该线为双回240绝缘线设计,长度近8 km,所经地区均为空旷田地,属于雷击高发区,极易发生雷击断线的事故。该线防雷改造在不同回路上分别加装过电压保护器和防弧金具进行比较,

运行情况表明两种方式防雷效果都不错。

该公司配网线路绝缘化率非常高,防弧金具应用普遍,架空绝缘线路间隔每极杆塔装设一套,安装位置主要是空旷地区和郊区,接地电阻要求小于 20Ω ,防弧金具实际应用中发现金具加设接地装置比不接地防断线效果要好。

该公司以往应用穿刺线夹的防弧金具的防雷效果不好,经常出现线夹处雷击断线现象,分析认为存在几个原因:①穿刺线夹与导线接触面太小,接触电阻大,雷击时发热严重导致断线;②绝缘导线的绝缘层不均匀,穿刺线夹达不到理论上效果。现该公司推广应用剥线型线夹以及剥线型放电箱位绝缘子(如图4所示),其放电间隙不会随线路摆动发生间隙大小变化,优于其他类型防弧金具。



图4 剥线型放电箱位绝缘子图

从以上案例的实际运行效果来看,安装避雷器,并改良接地电阻,提高线路绝缘水平可以较大程度上降低雷击跳闸率;采用过电压保护器和防弧金具可以有效降低绝缘线路雷击断线率。

4 配网线路防雷治理综合措施研究

目前电网防雷缺乏统一规范,对不同类型带间隙避雷器、防弧金具的防雷性能缺乏实际应用研究,避雷器、防弧金具和过电压保护器的选型及布点无指导原则,对不同地域、不同线路的防雷未充分采取差异化措施,为进一步推进防雷工作,可制定如下防雷方案。

4.1 编制配电网架空线路防雷技术导则

通过查阅资料、仿真计算及走访厂家等方式,结合电网实际情况编制“配电网架空线路防雷技术

导则”，明确配网架空线路、电缆线路、配电变压器和柱上开关等设备防雷的基本原则，确立绝缘导线和裸导线防雷采用的技术手段，指导防雷治理工作实施。编制110 kV、35 kV变电站的雷区分布图，用于指导配网线路防雷治理工作开展。

4.2 选取防雷改造重点

利用配电网运行水平和供电能力综合管理系统、调度日志统计线路雷击跳闸情况，根据雷区分布图、历年雷击跳闸情况和运行经验选取历年雷击跳闸较多的线路，将线路雷击故障频发段作为防雷改造重点。

4.3 实施配网线路防雷治理试点计划

根据编制的配电网架空线路防雷技术导则，选取雷击跳闸和设备损坏严重的线路，开展线路防雷治理试点工作。

(1) 比较不同类型带间隙避雷器应用效果。选择雷击造成绝缘子炸裂、避雷器击穿和配变烧坏等设备损坏问题严重的长距离线路，考察增加带间隙避雷器和更换绝缘子提高绝缘水平等措施的防雷效果。

(2) 确立避雷器选型及布点原则，研究避雷器的保护范围。选择无有效防雷措施的同杆架设线路，分别逐年加装避雷器（不同线路加装型号不同），统计同一路在不同安装覆盖率下雷击跳闸次数以及不同线路同一安装覆盖率下防雷效果，确定避雷器的选型及布点原则。

(3) 差异化防雷，研究在不同地形地貌和线路重要等级条件下的防雷措施和原则。一方面，根据历年雷击跳闸情况和雷电参数，区分不同区域的雷害风险等级，研究不同地域的防雷重点；另一方面考虑线路不同区段雷击的差异性，研究线路防雷重点区段的选择原则和防雷经济性。

5 配网防雷建议

(1) 提高10 kV线路绝缘。采用绝缘水平更高的绝缘子（如P-20）代替老旧针式绝缘子（如P-10），降低绝缘子雷击闪络率，减少绝缘子炸裂概率。

(2) 合理安排有限资金，差异化地开展防雷改造。结合历史故障情况、导线类型（裸导线、绝缘导线）、雷区微地形和交叉跨越等实际情况，对线路雷击易发段杆塔安装带串联间隙的氧

化物避雷器。

(3) 积极推广过电压保护器、防弧金具的应用范围。防弧金具加装接地装置，优先采用剥线型线夹的防弧金具，以克服穿刺线夹与导线接触面太小，接触电阻大、雷击易发热断线的缺点。

(4) 提前规划，拓宽防雷思路。规划线路时，尽量避开多雷区域，否则应安装避雷器进行保护，特殊情况下可以考虑采用电缆入地方式。对已有线路进行防雷改造时，除了通过加装避雷器外，还可以采取改变路径或架空线路改电缆的方式避开多雷区。

(5) 加强对配电防雷设施的安装、管理和接地的维护工作。对无防雷保护的设施，如配变、柱上开关和电缆等，应安装避雷器并进行接地改造，使接地电阻满足防雷技术要求^[4]，保证防雷设施正常有效。

(6) 定期开展避雷器巡检和诊断试验^[5]。在雷雨季节前完成外观检查、测温等项目，检查避雷器本体及电气连接部位无异常发热。

6 结束语

本文在分析配电线路的基本情况和雷害的现状的基础上，通过某公司防雷现场试点实例，探索了防雷有效措施，总结了配网防雷的优秀经验，并提出了下一步的防雷综合措施和针对性建议。

参考文献

- [1] 李景祿, 吴维宁, 杨廷方, 等. 配电网防雷保护的分析和研究[J]. 高电压技术, 2004(4):58.
- [2] 李景祿, 等. 配电网频发故障的原因分析及整改措施[J]. 高电压技术, 1995(21):37.
- [3] 黄清社, 徐奔, 彭利强, 等. 10 kV架空绝缘导线防雷保护的措施研究[J]. 高压电器, 2010(12):33-35.
- [4] 李景祿, 胡毅. 实用电力接地技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [5] 王昊. 综述10 kV配网线路防雷措施[J]. 电源技术应用, 2013(12):353.

(收稿日期: 2015-05-26) EA

作者简介

段绪金(1989-)男, 硕士, 助理工程师, 研究方向为配电设备技术研究。