

# 输电线路雷电绕击评估方法分析及展望

项羽

(国网蒙东检修公司 锡林郭勒盟输电工区 内蒙古 锡林浩特 026000)

**[摘要]**随着“西电东送”发展战略的不断深化,超高压输电方式成为目前主要的一种输电途径,但是输电线路的稳定性难以得到保障,目前出现的输电线路跳闸故障,多数是雷电绕击引起的。因为输电线路大多建设在高山旷野处,并且各个输电线路之间纵横交错,容易受到雷电绕击的影响,影响超高压输变电系统的正常运行。

**[关键词]**输电线路;雷电绕击;评估方法;分析

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.07.237

随着超高压输电线路建设发展越来越好,雷电绕击事故也随之增多,雷电绕击引起的跳闸事故直接对超高压输变电系统的正常运行造成不良影响。对目前的雷电绕击评估方法的研究现状进行研究,找出其中存在的问题,并进行针对性的分析,以提升输电线路雷电绕击评估方法的准确性。

## 1 输电线路雷电绕击评估方法存在的问题

### 1.1 雷电参数

#### 1.1.1 地闪密度

某城市、地区的落雷程度就是地闪密度,地闪密度越大,该地区的跳闸频率就越大,两者呈正相关关系。以往的输电线路雷电绕击评估过程中,受到测量手段等各方面客观因素的限制,只能使用经验公式进行估算,使用这种估算方法,绕击跳闸的频率存在较大的差异性,对输电线路雷电绕击评估带来不确定性。

在估算地闪密度时,雷电日的统计数据通常是每个城市都分别有一个,这样的估算方法会导致其参数估算得到的数据非常相近,虽然可以将某个城市的雷电活动水平良好地反映出来,但是却不能体现出雷电活动存在的差异。在进行输电线路防雷工作时,一些杆塔地区的地闪密度会远高于平均地闪密度,因此,应格外重视杆塔地区的雷电防护工作。

随着近年来科学技术的不断发展进步,雷电定位系统逐渐得到完善,技术愈发成熟,输电线路雷电绕击评估方法得到的结果越来越精确,地闪密度的统计方式越来越精细。雷电定位系统主要是通过测量某地区雷电发生时产生的电磁波获取时间、位置等信息,以此达到精准定位的目的,并了解到该区域的雷电流幅值,随着雷达定位的精确度不断提升,部分区域的探测效率已经得到明显提升,精确度有所进步,输电线路走廊地闪密度分布情况越来越准确。

#### 1.1.2 雷电流幅值概率分布

在输电线路建设早期,通常是在高建筑物上安装雷电流测量装置,以此测量区域内的雷电流幅值,然后通过对数百组雷电流幅值的数据拟合,得到该区域内的雷电流幅值概率以及雷电流幅值概率密度的分布曲线。雷电定位系统的完善使得雷电探测效率有效提升,并提供了新的雷电流幅值概率分布统计样本思路,使得输电线路雷电流数据样本更为丰富。

### 1.2 雷电绕击模型

目前输电线路雷电绕击评估方法主要有以下3种。

#### 1.2.1 规程法

规程法评估方法是输电线路雷电绕击计算经验公式,是依

据多年的电网运行经验,以及放电试验得出的一种评估方法。规程法的输电线路绕击概率计算有两种公式,山区与平原地区使用不同的公式进行计算。规程法的经验公式较为简单,计算使用也较为便捷,但是由于其公式与绕击物理过程无关,所以将其应用于工程中时会具有一定的局限性。

#### 1.2.2 电气几何模型

电气几何模型的输电线路雷电绕击评估方法的公式为 $rc=Ab$ ,其中 $rc$ 为雷电击距, $A$ 与 $b$ 均为常数。电气几何模型的中心思想是利用击距进行输电线路雷电绕击问题的分析,首先需要计算出导线的击距,以及避雷线的击距,并将导线与避雷线为圆心,两者的击距作为半径画圆,若是在两者画圆的范围内有雷电落下,就是由雷电绕击发生。电气几何模型的雷电绕击评价方法虽然较为简便,但是由于其将雷击过程进行了简化,导致其在实际应用时缺乏一定的适用性与准确性,所以还需要进行进一步的完善。

电气几何模型的改进需要注意地形、档距、内弧垂影响,以及气象环境因素等方面的影响,经试验分析发现,输电线路的正常运行会受地形的影响,因此,在进行电气几何模型优化的时候,需要先评估地形,充分了解地形情况,尤其对于一些建设在山区的输电线路,需要分别考虑到山顶、山坡、山脚与山顶这4处位置的地理环境,针对性地分析其输电线路存在的绕击问题。

由于区域内的杆塔间导线与避雷线对地高度会受弧垂影响存在一定的差距,所以在进行输电线路雷电绕击评估时,为了保证其评估结果的准确性,需要将档距进行分段,确保其精确度,使其充分反映区域内绕击耐雷水平。

由于输电线路大多建设在旷野或高山处,所以很容易受气象环境的影响,其中风偏角的存在会影响导线与避雷线的位置,进而导致输电线路的防绕击性能存在一定的欠缺。为了修正电气几何模型,可以通过建立先导仿真模型的方法推算相关的经验公式,或者通过对雷电回击电流峰值与先导电压关系的分析,得出雷电击距的计算公式。

#### 1.2.3 先导模型法

雷云电荷积聚后会下行先导向地面发展,在其逐渐接近地面的过程中,地面的电场也会随之增强,从而导致地面的一些物体的产生上行先导,然后两者相对发展的过程中产生回击。

## 2 对目前输电线路雷电绕击评估方法的展望

虽然近几年对输电线路雷电绕击评估方法的研究不断深入,但是却依然缺乏精细化的评估模型,对于输电线路雷电绕

击输电线路的物理过程还不能良好的反映出来。为了满足人们的用电需求,输电线路建设越来越多,超高压输电线路的雷电绕击跳闸事故也越来越多,严重影响电网的正常运行,制约国民经济的发展,因此,为了改变这一现状,需要加强对于输电线路雷电绕击评估方法的研究。

### 2.1 输电线路雷电绕击评估方法面临的机遇

#### 2.1.1 对于长空气间隙放电试验的研究

在超高压输电线路前期建设的时候,输电线路的设计主要是依据长空气间隙放电试验结果,且由于其余雷电放电存在一定的相似性,其试验结果为雷电屏蔽模型提供了大量的理论支持,推动了输电线路雷电评估方法的发展。由于以往的雷电绕击评估方法会受测量手段的限制,导致其评估结果存在一定的不准确性,不能准确观察并测量长空气间隙放电过程中的各项物理参量,给长空气间隙放电机理的研究进展带来极大的阻碍。为了保证输电线路雷电绕击评价的准确性,需要保证长空气间隙放电过程的完整性,并确保电子密度、离子密度,以及电场变量的准确性。随着近几年摄像技术的快速发展,快速存储技术逐渐趋近于成熟,ICCD超高速照相机的最小曝光时间也有所改善,已经达到了ns级别,可以观测到瞬态的流注放电过程。除此之外,光电晶体Pockels效应的电厂测量技术不断发展也为输电线路雷电绕击评估带来极大的影响,并通过对各种仪器的利用实现实时观测,发现光学直径的变化规律。

#### 2.1.2 仿真研究

通过试验能够有效研究长空气间隙放电,但是仅通过现有的试验方法进行研究并不能实现突破创新,所以需要通过创新试验解释长间隙放电的微观机理,并获得雷电先导放电通道中的带电粒子密度分布微观参数,局部区域电场强度分布微观参数等。除此之外,通过试验进行研究能够更为深入地了解长空气间隙放电的过程,并通过实验获取微观特征量,对长空气间隙放电进行解释。

在以往的试验研究中,对于输电线路雷电绕击评估方法的研究经常会受到物理模型的影响,且由于其模型的不确定性,导致对于长空气间隙放电仿真研究多数以经验模型为主,确保其评估方法的准确性,使用简单的经验模型进行试验会更易于操作,但是在试验过程中受算法限制,导致其模型的数值仿真只能局限于mm级,不能扩大尺度。

随着近几年计算机数学的不断发展,流体计算算法越来越精确,分辨率也越来越高,可使用的计算方程也越来越多,为大规模粒子之间相互作用的计算提供了更多的技术支持。除此之外,计算机技术的发展与普及也为长空气间隙放电仿真研究提供了更好的条件与技术支持,解决了以往试验中的一些问题。

#### 2.1.3 雷电绕击评估模型促进

对于长空气间隙放电的仿真研究与实验为输电线路雷电绕击模型假设提供重要的参考,在建立绕击评估模型的时候,需要考虑到自然雷电与长空气间隙放电存在的差异。

虽然自然雷电观测在实际研究实验过程中较为困难,但是其却能反映出最真实的雷电发展过程,并且随着各项科学

技术的不断发展,雷电放电过程可以利用各种检测手段获取,光学、磁场与电场等监测手段都可以获得更准确的雷击物理过程。

相比于自然雷电观测,人工引雷实验更容易进行观测与参数检测,因为其可以制定时间与地点,很多的雷电参数都可以通过其进行获取。且随着科学技术的不断发展与进步,在未来输电线路雷电绕击评估研究将会越发成熟,对于雷电发展过程能够进行更为准确的监测。获得更为宝贵的数据信息,以此将雷电绕击评估模型进行完善。

### 2.2 输电线路雷电绕击评估方法的发展趋势

随着对长空气间隙放电试验研究与仿真研究的不断深入,对于雷电发展过程将会越来越准确,各种物理参量的测量也会愈发精细,同时将自然雷电试验研究与人工引雷试验研究相结合能够获得更有效的输电线路雷电绕击评估方法,使得其评估模型更为准确。除此之外,对于先导发展模型的研究需要重视缩小其计算量,减少其工作耗时,以此提升工作效率。

## 3 结束语

为了保证国民经济的良性发展,需要重视超高压输电系统的正常运行,避免雷击跳闸事故的发生,因此,需要相关专业人员分析超高压输电系统经常出现跳闸事故的原因,并提出针对性治理与防护方法,减少由于雷电绕击产生的经济损失。

## 参考文献

- [1]任毅.分析输电线路雷电绕击评估方法[J].通讯世界,2017(23):149-150.
- [2]司马文霞,杨庆,李永福,范硕超.输电线路雷电绕击评估方法分析及展望[J].高电压技术,2015,41(8):2500-2513.
- [3]陈博.输电线路雷电绕击评估方法分析及展望[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2016(5):200.
- [4]刘士利,李宁,蔡国伟,等.输电线路全档距绕击性能评估方法[J].高电压技术,2016,42(13):106-110.
- [5]王伟.特高压交流输电线路雷电流监测[J].城市建设理论研究(电子版)2015,5(31):227-228.
- [6]王巨丰,毕洁廷.输电线路雷电防护措施研究综述[J].高技术通讯,2019,29(10):1025-1032.
- [7]林海涛.浅探特高压输电线路雷电过电压的分类识别方法[J].低碳世界,2019,9(09):81-82.
- [8]赵紫辉.超高压交流输电线路雷电过电压特性及其影响因素研究[J].成都:西南交通大学,2018.
- [9]谭启德,潘超,陈轶,赫鑫,贾博.特高压直流输电线路雷电绕击影响因素研究[J].陶瓷避雷器,2019(02):157-162.
- [10]贾永军.超特高压输电线路雷电绕击问题探析[J].城市建设理论研究(电子版),2018(19):1.
- [11]王少华,金祖山,李特,许杨勇,周象贤.特高压输电线路雷电绕击影响因素及防护措施[J].水电能源科学,2018,36(06):197-200.