

## 输电线路设计中线路舞动原因分析及防治措施

马 灿

宁夏先科电力设计咨询有限公司, 宁夏 银川 750001

[摘要] 电力建设速度的较快, 让架空输电线路的历程不断加长, 随着我国环境气候的不断变化, 输电线路安装运营面临着多种考验。近年来我国输电线路运维会出现各类舞动现象, 此过程运维人员对其进行拍照, 并且收集了各类影响资料, 在借鉴其他国家资料分析后, 我国对输电线路形成舞动的原因进行了分析主要从天气因素和覆冰因素入手, 在综合分析后, 得出了架空输电线路出现舞动的原因, 针对形成舞动的规律和特点, 给予了具有针对性的解决措施, 并且还有效控制了舞动问题。在处理舞动线路过程中需要对其进行停电操作, 才可保证运维人员的安全, 此过程也有优化输电线路的运维, 以此满足后期输送电需求。

[关键词] 输电线路; 线路舞动; 舞动原因; 防止措施

DOI: 10.33142/hst.v5i5.7084

中图分类号: TM726.3

文献标识码: A

### Cause Analysis and Prevention Measures of Line Galloping in Transmission Line Design

MA Can

Ningxia Xianke Electric Power Design Consulting Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750001, China

**Abstract:** With the rapid development of power construction, the history of overhead transmission lines has been lengthened. With the continuous change of Chinese environment and climate, the installation and operation of transmission lines are facing a variety of challenges. In recent years, various galloping phenomena may occur in the operation and maintenance of transmission lines in China. In this process, the operation and maintenance personnel take photos of them and collect various influence data. After analyzing the data from other countries, China analyzes the causes of galloping of transmission lines, mainly from the weather factors and icing factors. After comprehensive analysis, the reasons for galloping of overhead transmission lines are obtained, targeted solutions are given, and the galloping problem is also effectively controlled. In the process of handling the galloping line, it is necessary to cut off the power to ensure the safety of the operation and maintenance personnel. This process also optimizes the operation and maintenance of the transmission line to meet the power transmission demand in the later period.

**Keywords:** transmission line; line galloping; dancing reasons; preventive measures

#### 引言

当前我国能源问题和生态问题日趋严峻, 在电力能源发展过程中, 此类能源逐步走向了中心地位, 所以对电网的安全性和稳定性提出了更高的要求。架空输电线路舞动事故近年来频发, 此类问题严重影响了电力系统的安全稳定运行, 并且还稳定性造成了危害, 需要解决舞动原因, 最终有效防治, 此项工作, 此过程需要在线监测技术的支持下, 才可保证数据参数的准确性, 祖自宏提出具有针对性的解决方案。为了更好地防治架空输电线路的舞动问题, 尽可能分析出此类输电线路的优势和不足之处, 以此结合实际需求根据具体内容对策略实施进行分析, 以此有效控制舞动问题, 及时预警第一时间进行处理, 最终让其得到控制。

#### 1 舞动的危害

##### 舞动对设备的危害

我国架空输电线路舞动问题近年来发生次数较多, 此类现象对于电网设备具有一定影响, 输电线路在发生舞动现象后, 会造成断裂和螺栓松动现象, 最终影响电网设备

输送电效果, 甚至还会对杆塔造成损坏。针对此类问题舞动情况一旦严重会发生跳线问题, 甚至还会出现掉串情况, 长时间会对电路造成烧伤, 最终加大杆塔的承受压力, 严重导致杆塔倒塌, 从而造成机械相应的机械事故<sup>[1]</sup>。

##### 舞动对环境的影响

当前输电线路在发生舞动现象后, 长时间积累舞动的现象会越来越严重, 并且线路的摆动幅度也会逐渐加大, 此时线路摆动的振幅可以达到 10 左右, 最终形成椭圆形。一般情况下如果导线是按照垂直的方式进行排列, 此过程发生舞动后, 摆动的轨迹具有一定规律可循, 可以形成椭圆状态, 最终造成短路现象。所以在水平排列时, 需要控制导线和障碍物之间的距离, 尽可能满足间距, 才可保证架空输电线路的运行质量<sup>[2]</sup>。距离得到有效控制, 还可减少放电现象, 最终减少对自然环境造成的安全隐患问题。

#### 2 形成舞动的原因

##### 2.1 输电线路结构参数

在各类资料研究过程中, 导线的截面带下也会形成舞动现象, 并且分裂导线与单导线之间的差距较大, 一般情

况下变化的频率存在差异。较大的截面导线自身旋转的力度较大,所以在偏离覆冰中心后,可能发生自转现象,此过程会让覆冰层不断积累,此时导线成风面和背风面形成的冰层厚度发生变化,并且堆积也存在一定问题,此时更容易发生舞动现象。对于分裂导线而言,在覆冰状态下,需要在每一根导线中安排间隔棒,通过间隔棒的支持,整体扭转度可以比单线导向多。此时一旦出现偏心覆冰的情况,导线的扭转力度会逐渐下降,此时导线自身可能会形成不对称现象,并且此过程还会出现一侧轻一侧重的现象,因此分裂导线空气中的动力荷载力度较大<sup>[3]</sup>。如果单导线出现了覆冰的情况,整体扭转力度会下降,其中在出现偏心覆冰后,导线的扭矩会加大,因此覆冰状态可以呈现出圆形,所以整体削弱了导线空气中的动力荷载效果,最终遏制了导线出现舞动的概率。除此之外,杆塔的高度也会对导线舞动现象造成影响,如果杆塔的挂点较高,那么电线的高度也会随之提升,此时风力较大,风压就会对电线进行激励,让其在作用力下形成舞动现象。所以线路结构参数的不合理性是造成线路舞动现象的关键因素。

## 2.2 地理和风的因素

在架空输电线路设定过程中需要对周围环境的地理条件作出分析,地理条件中的影响因素会对导线造成舞动现象。结合当前实际调查结果,可以看出舞动现象一般情况下会发生在平原较为开阔的地点<sup>[4]</sup>。在雨水较大的情况下,平稳层的风力会提升,此时线路的走向和风力之间的夹角在45度左右,如果是在较为开阔的地段,其中包含了峡谷或者有迎风坡,都会形成舞动现象,主要原因是地形对其的影响。一般情况下,舞动风速会在4~20m/s之间。其中主导风向和导线所形成的夹角可能会大于45度,因此导线形成了舞动问题。所以不难看出如果夹角的度数逐渐提升,发生舞动的可能性就会加大,但是如果夹角度数达到了90度,那么舞动现象会逐渐严重。

## 2.3 覆冰问题

在导线方面出现覆冰问题,需要满足以下几个条件:首先空气中的湿度要得到控制,如果是干燥的天气或者雪具有一定干燥性,可能不会造成覆冰现象,但是如果是雨夹雪很容易在导线上产生覆冰问题。其次温度需要满足覆冰需求,通过高低温的转换,形成导线覆冰情况,此类问题温度一般需要控制在0~-5℃。最后是风速问题,如果风速可以带动空气中的水滴运动,那么一般风速需要控制1m/s,此时可以让导线出现覆冰现象<sup>[5]</sup>。

## 3 架空输电线舞动有效防治措施

### 3.1 关注区域与走向

一般情况下温度需要控制在-5~0℃,风速可能会在10m/s左右,此类地区是舞动多发地区。站在风力强度的角度分析此类问题可以看出主导风向可能会出现结冰季节,其中导线轴线的夹角会在45度左右,夹角的度数是

形成舞动的原因之一,如果夹角较小,导线自身的垂直力就会下降,此过程逐步形成了舞动现象。基于此线路在设计时需要对上述因素进行规避,尽可能在满足技术经济指标的基础之上绕过容易发生舞动现象的地区,以此从根本上规避舞动现象。在线路的走向方面需要从季风风向和线路夹角之间的关系入手,如果在分析中发现对舞动地区无法避免,则需重新分析舞动区域的线路。针对舞动现象,导线舞动与地形之间存在直接关联,并且在分析过程中可以看出舞动地区无任何屏蔽物,山谷和风口之间形成层流风此类风向逐步吹向导向,造成区域性的舞动问题。所以在实际架空输电线路设计中还需考虑地形问题,通过地形分析,对舞动区域采取合理的防舞动措施,以此有效解决各类问题。

### 3.2 优化抗舞动能力

舞动问题的出现会造成机械损坏,并且还会出现各类电气故障,架空输电线路的运行稳定性也会造成影响。在大量资料分析中,导线舞动具有一定轨迹可循,其中垂直于导线的线轴会形成椭圆形,此过程一旦出现舞动现象,导线自身的垂直距离就会加大,水平运动的距离会逐渐缩小。所以在容易发现舞动现象的区域需要尽可能结合距离情况适当安排导线的排列,一旦发生舞动相邻的两个导线可能会出现不平衡的张力,导线在线夹中最容易出现滑移现象,也形成了舞动现象。在发生此类问题后,需要在舞动区域安排双联双线的线夹绝缘子串,以此有效控制舞动问题。同时还需安排专门的抗舞动金具,比如说线夹,安排此类设备后可以减少对导线的损坏,并且还可提高导线的抵抗舞动能力。如果在较为多发阶段,可以同时应用绝缘子和金具,确保整体强度,在多发区域内,尽可能多储备此类构件,以此增强高铁塔塔架的强度,最终有效控制高铁塔塔架的螺栓强度,从而控制导线出现问题的概率。

### 3.3 加装防舞装置

我国多年研究防舞动问题,防舞动设备得到了大力发展。此类防舞动装置需要结合不同的需求进行设计,针对不同的应用条件自身功能需要得到调整,此类防舞动设施在价格方面也存在一定差异性。此过程需要针对装置具体情况调整导线系统的各方面参数,以此减少舞动现象发生概率,最终保证线路可以健康运行。

当前防舞动装置有很多中,每一种装置自身都有一定的差异性:

压重防舞器,此类装置自身价格较高,可以应用在分裂的导线之中,并且还可以结合振动现象分析舞动具体情况,以此选择各类方式对其进行防治,整体防舞动效果较强。

失谐摆,此类装置一般会在单根导线上应用,但是暂时未被应用在分裂导线之中。

双摆防舞器,此类装置更方便应用在分裂导线之中,一般情况下安装较为便捷,整体防舞动效果较为良好。

相间间隔棒, 此类装置市面假货较多, 并且在长期应用过程中很容易出现老化和放电现象, 所以一般会被应用在 220kV 以下电压等级的输电线路中, 此类线路自身存在一定问题, 所以整体形成较为紧凑的线路, 但是使用效果较为良好。偏心重锤, 此类装置一般被应用在分裂导线之中, 在使用时需要对风的振动进行分析, 以此合理选择后整体效果较好, 此类装置应用范围较广。相间间隔棒如图 1 所示。



图 1 相间间隔棒

抗流防舞者也可以被称之为防舞鞭, 此类设置自身造价较高, 一般情况下会被应用在环境较为恶劣的情况下, 比如说覆冰较薄的地区, 此类装置可以安装在单导线上, 当前应用在分裂导线上的概率较小。

阻尼器和减振器, 此类装置的成本较高, 一般被应用在低频率的舞动中, 当前应用较少。

动力减振器, 整体成本价格较高, 一般情况下被广泛应用在国外, 国内暂时应用较少。

线夹回转式间隔棒, 整体防舞效果一般, 并且在使用过程中并不会对线路造成二次伤害, 所以整体负面影响力度较小。

线夹回转式间隔棒双摆防舞者, 价格一般, 防治效果优越。

当前我国防舞动装置都各自具备优缺点, 在使用时需要结合自身需求和防舞动装置的性能和特点进行合理选择。在安装此类装置过程中防舞者还需遵循一定原则:

首先结合提升原理对压重的质量进行计算, 针对压重的质量选择装置, 此过程中压重的总质量不得超出导线的 5-8%。其次为了提高防舞动的效果, 还需结合节点分割原理, 对防舞动器的分散情况进行分析, 最终有效控制分布情况。再次结合节点分布情况需要遵循相邻节距不相等的原理进行布置操作, 并且在实际布置工作中还需应用不对

称的原则, 进行安装, 以此消除相邻节距的谐振。最后节点处压重的布置工作需要结合导线的安装情况进行操作, 同时还需对导线局部强度和风力进行分析, 以此减少夹头导线受到的损坏, 最终结合应力分析限制。当前我国在架空输电线路 500kV 型号的防舞动经验较多, 此类型需要选择集中和分散两种方式的结合体进行布置工作, 一般情况下布置的位置如下: 2/9、5/12、7/9, 并且档距还需控制在 1~3 个半的舞动波动之中, 压重装置可以安排在 1/4、1/2、3/4 的位置, 此三类档距可以有效减少舞动的幅度, 最终满足适当分布装置的需求, 从而有效对其进行控制, 以此解决舞动问题, 并且减少应力压力问题。

### 3.4 提高监测力度和紧固力度

杆塔需要承受紧固的压力较大, 但是杆塔在使用过程中很容易出现松动现象, 此过程是钢材的剪切作用所造成。输电线路一般会采取耐张的杆塔进行使用, 将其与舞动系统装置的终端进行连接, 此时舞动的能量会结合杆塔自身将其引入地面进行消耗, 所以需要加强杆塔螺栓的紧固性, 确保杆塔螺栓具备放松功能。施工人员在容易发生舞动现象的区域需要加强重视, 并且还需结合舞动规律和季节变化对其进行观察和观测。所以应该加强舞动监测力度, 在适当的气候环境下对风速和风向气温方面的变化进行分析, 再结合舞动现象的特点波数和频率进行记录, 结合记录情况选择合适设计方案, 有效规避弊端, 为此项工作提供防治措施, 保证整体防治的效果和质量。

## 4 结论

综上所述, 不难看出输电线路舞动是较为常见的一种自然灾害, 在舞动现象发生后可能对导线和电杆塔造成不同程度的伤害, 还有可能出现不定时的短路问题, 整体严重威胁了我国电网运行的稳定性。针对架空输电线路舞动原因, 本文财务了防舞动装置, 并且在对其进行了在线监测, 在其内部安装传感器等设备, 以此解决输电线路的舞动原因最终通过传感器分析震动的点, 站在舞动线路的原因和特性方面进行机理的分析, 最终结合分析数据, 制定防舞动的方案, 以此分析出舞动的具体原因, 从而提出具有一定针对性的解决措施, 以此有效控制线路舞动现象。

### [参考文献]

- [1]郭帆, 范子健, 禹文卓. 基于电力物联网的 110kV 输电线路舞动监测技术研究 [J]. 电工技术, 2020(22): 113-115.
  - [2]叶雨田. 输电线路舞动的研究现状和防治方法 [J]. 通信电源技术, 2019, 31(2): 88-91.
- 作者简介: 马灿 (1988-) 男, 回族, 宁夏, 本科, 中级, 电气注册工程师, 职务: 主任, 研究方向主要是输电线路和新能源设计两个方向。