

[输电线路]

500 kV拉门塔临时拉线集线器的研究

文/江苏省电力公司检修分公司淮安运维分部 余波明 陈妍宁 刘 辉

输电线路拉门塔受力的关键在于拉线，如果拉线遭到破坏导致拉线数量不够时，抢修工作将受到影响。为此，有必要研制一种用于拉线临时替代的轻巧便携的拉线集线器。首先分析计算了500 kV拉门塔拉线在多种工况时的受力特点，结合可行性、经济性、便携性和技术性选择拉线集线器的拉线材料及结构，接着进行拉线集线器装置的设计。

当前，江苏淮安分部500 kV输电线路还运行有一定数量的拉门塔，拉门塔受力的关键在于拉线，其运行质量的好坏也取决于拉线质量的好坏。由于物资上报受限，分部并没有备有一定数量的拉线，一旦在山区发生拉线盗割或其他外力破坏等事故，抢修工作将受到影响。所以，有必要研制一种轻巧、便携的临时拉线集线器，用于线路正常运行时的拉门塔拉线检修或拉线受损时短时间的替代。

目前，国内外关于拉线铁塔的研究主要集中在铁塔的优化设计与整体稳定性分析方面。一般将拉线铁塔简化为静定的桁架体系，用节点法和截面法计算地线支架、横担部分各杆的受力，并根据受力进行选材；有的研究是在非线性理论的基础上，针对拉线铁塔进行空间桁架体系的大位移小应变分析和悬索体系的几何非线性分析。总体来讲，当前国内外尚未见有任何关于拉线缺陷条件下铁塔的稳定性理论研究，也尚未见有类似于拉线铁塔临时拉线集线器及其带电作业条件下的施工技术研究。

通过对500 kV拉门塔临时拉线集线器的研究，研制出了一套切实有效的能够用于临时检修和应急抢修的工器具，以及基于拉门塔三维电场仿真分析得出的带电作业工作方法

及电场防护措施，降低了正常运行中拉门塔由于拉线故障导致的线路危险概率，提高线路可靠性，最终解决了现有拉门塔拉线缺陷的问题。

500 kV拉线门型铁塔及其拉线

在输电线路工程中，拉线门型铁塔是用两个垂直柱体支持导线及架空地线并由拉线提高稳定性的杆塔。拉线铁塔是在无拉线铁塔的基础上发展起来的，其结构由地线塔头、横担、主柱以及拉线4部分组成。在拉门塔中，拉线一般由高强度镀锌钢绞线制成，用来平衡杆塔的横向荷载和导线张力，减少杆塔根部的弯矩。

随着我国电力建设的发展，拉线门型铁塔已广泛地运用于500 kV输电线路工程中。如图1所示为江苏省淮安市500 kV线上典型的拉门塔。



图1 500 kV拉门塔

为了研究可适用于临时替代拉线的轻型绳索类材料及其截面结构,使该材料在应用中轻量化,且便于携带;同时,研究该装置及其配套绳索类材料的具体结构、装配方法及线路不停电条件下的安装施工技术与方法。最终,提出一种适用于拉门塔巡检过程中发现拉线被破坏时,在不停电条件下可以及时对现有损坏拉线进行临时替代,确保线路铁塔的安全运行。

根据上述研究设计目标,确定的500 kV拉门塔临时拉线集线器的研究思路和方案是:首先计算分析500 kV拉门塔在多种工况时的受力特点,结合可

行性、经济性、便携性和技术性选择拉线集线器的材料及结构,接着进行拉线集线器装置的设计。

临时拉线的设计方案研究

以江苏淮安500 kV线上典型的ZLT3拉门塔为研究对象,研究设计500 kV拉门塔临时拉线集线器。

拉门塔在线路正常运行时,承受大风、重力等荷载的作用,其中风荷载为分布荷载,架空线的自重和冰重荷载为集中荷载。采用理论力学静力学的力学分析方法,作出拉门塔受力分析图,如图2所示。

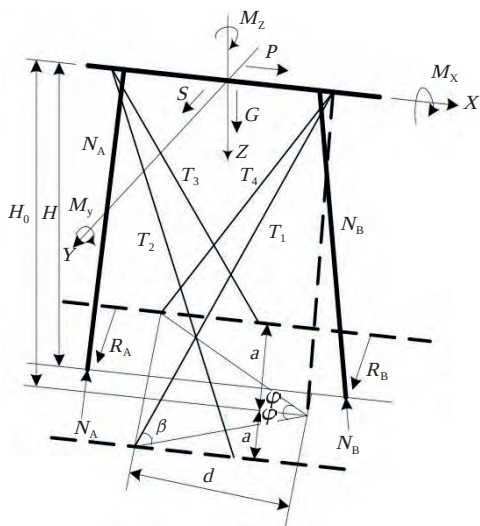


图2 500 kV拉线门型杆塔计算简图

在实际工程中往往只需计算拉线的最大拉力,加之某些组合荷载的对称性,利用这些条件可使计算大为简化。现分别说明(以下均指荷载大到足以使一侧拉线应力减小到接近于零的特殊情况)。

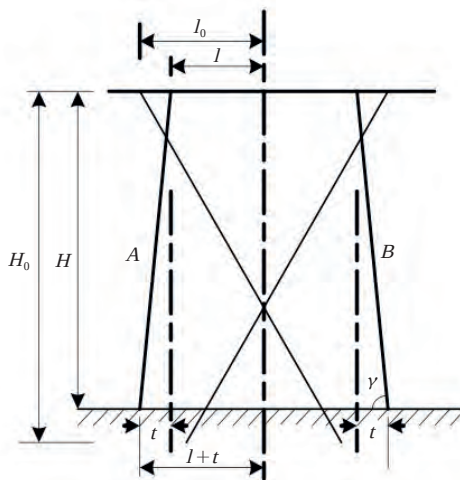
经计算横向荷载最大风、横向荷载覆冰有风、纵向风荷载且断一相导线等三种工况下的最大拉线拉断力约为97 kN。

以求出的三种工况下拉线所受的最大拉力为依据,再结合可行性、经济性、便携性和技术性选择拉线集线器的拉线材料及结构。架空输电线路上的线材料一般有硬铝线、钢芯铝绞线、防腐型钢芯铝绞线、镀锌钢绞线、铝合金线、铝包钢绞线、铝包钢芯铝绞线、压缩型钢芯铝绞线、硬铜线、光缆复合型地线、迪尼玛绳以及高分子聚乙烯等材料。

综合考虑高分子聚乙烯绳在技术性、经济性、便携性和可行性等四方面的优越性,最终选取高分子聚乙烯纤维绳作为拉线。

拉线集线器的结构设计及其整体设计成果

设计的拉线集线器装置的设计原则是为了



实现用于线路正常运行时的拉门塔拉线检修或拉线受损时短时间的替代,确保线路铁塔的安全运行;并且针对山区作业的工作环境特点,为方便工人搬运,要求该装置在实际应用中能够实现轻量化,严格控制装置的自重,在保证作业强度要求的前提下尽可能减轻装置的自重,同时还需要尽可能实现省力,减轻工人劳动强度

为了满足对装置的高负载、调节范围大、省力和自重轻的要求,经过几种性能的比较,选择齿轮式。

装置主要由机架、导向滑轮、锥形轴、卷筒、大齿轮、小齿轮、手柄、棘轮、棘爪、换向钮和卡线槽等组成。其中,采用锥形轴对绳索进行绞磨收线,工人采用手柄驱动小齿轮所在的轴端,从而驱动小齿轮,带动从动大齿轮,大齿轮与锥形轴同轴转动,通过锥形轴与绳索之间的摩擦力产生摩擦力矩,输入力矩通过传递后克服摩擦力矩从而驱动锥形轴,将绳索卷入,另一端则为松边,需要另一名工人实时转动卷筒将松边的绳索绕入,设有与卷筒同轴转动的棘轮锁紧装置及时实现卷筒的反向锁紧。采用小齿轮驱动大齿轮,其传动比为3,即减

速齿轮的省力倍数为3,手柄采用杠杆原理,通过适当加长手柄长度,省力倍数设计为6。

根据方案的设计,整体结构设计如图3所示。

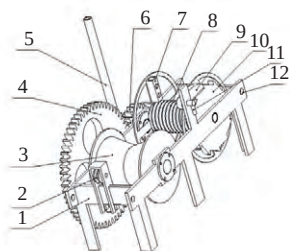


图3 拉线集线器整体示意图

1—机架 2—导向滑轮 3—锥形轴 4—大齿轮 5—手柄
6—小齿轮 7—卡线槽 8—集线卷筒 9—棘爪 10—棘轮
11—换向钮 12—耳板

该拉线集线器包括机架1,机架1上安装有集线卷筒8,机架的一端设有导向滑轮2,在集线卷

筒8和导向滑轮2之间装有锥形轴3,机架上还设有小齿轮6和棘爪9以及耳板12。

采用这样的方案制造出的手动拉线集线器,可广泛应用于山区线路检修过程,搬运过程中,装置的大齿轮4和手柄5均可拆卸,施工中只需两名工人就可完成作业,不需要额外动力设备,经过安全检验与力学核算,设计的手动拉线集线器最大牵引力可达60 kN。

结束语

临时拉线集线器可以满足线路正常运行时多种工况下的受力,能够保证线路良好的正常运行,且在山区检修作业时其量轻便携。EA

(收稿日期:2014.12.11)

(编辑:刘群点)

(上接第83页)

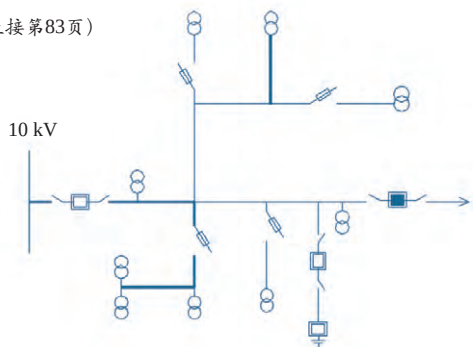


图 B线路架构图

该线路参数为架空裸导线3.722 km,架空绝缘线0.128 km,断路器2台,隔离开关4台,用户数为8,联络方式为单联络线。

该线路2013年实际指标:RS=99.967 0%,SAIDI=0.192 0,SAIFI=0.312 2。

因为B线路为农网,线路主体为架空裸导线,将线路改造为架空绝缘线,并将线路中的老旧设备更换为故障率较低的新设备后进行计算。

用户平均停电时间

$$SAIDI = f_i n_i T_i / 1732$$

用户平均停电次数

$$SAIFI = f_i n_i / 1732$$

供电可靠性

$$RS = 1 - SAIDI / 1732$$

式中, f_i 为设备故障率; n_i 为线路与用户综合参数; T_i 为设备故障停电时间。

经计算后得出结果

$$RS = 99.998 0\%$$

$$SAIDI = 0.163 0$$

$$SAIFI = 0.223 4$$

可以看出通过对线路的材质和设备进行改造后有效地提升了配电线路的可靠性。

2013年A县的配电网可靠率RS为99.928 6%,用户平均停电时间6.25 h/户,用户平均停电次数1.516次/户。对线路进行改造,将农网的架空裸导线改造架空绝缘线,城网线路改造为电缆线路,为重载线路添加相近线路的联络线,对用户数较多的线路进行分段处理。改造过后得出的理论计算值

$$RS = 99.978 7\%$$

$$SAIDI = 1.870 1$$

$$SAIFI = 0.903 4$$

由以上算例可以看出通过对中压配电网进行改造后有效地提升了配电网网络的可靠性。

结束语

中压配电网的可靠性受到多方面的影响,从线路设备到配电网规划等多个方面提出了提高可靠性的方法,并结合算例证明了方法的正确性。在配电网运行中供电公司需要加强对配电网的规划、维护和管理,开展新技术的研发与运用,从而加强配电网的建设,提高配电网的可靠性。供电公司提高配电网可靠性不仅保证了用户的利益,也是供电公司品牌效益的体现。EA

(收稿日期:2014.10.21)

(编辑:刘群点)