

doi:10.16576/j.ISSN.1007-4414.2023.04.033

可带电安装 10 kV 线路相间间隔棒的研制*

韩金泽,高喜,张榕培,甄鑫,马鹏飞,姜鹏远,化晓东

(国网张掖供电公司 输电运检中心,甘肃 张掖 73400)

摘要:输配电线路作为保障电能输送的一个重要环节,其在电力系统中的地位是无法被取代的。针对 10 kV 配网线路在落鸟起飞瞬间造成线路上下舞动,以及线路导线受到侧向风力和低频的激励而产生自激振动,导致输电线路相间短路跳闸、导线烧伤断线、金具绝缘损坏的重大事故等问题,该文提出在不影响正常供电的情况下设计安装一种便捷轻型间隔棒的解决方案。重点对 10 kV 相间间隔棒的自锁装置固定间隔棒的线夹进行改装,利用自锁装置的锁扣将导线牢固锁定,完成相间间隔棒的加装。经过验证发现,此间隔棒可完成不停电状态下的安装,解决了电网非计划停电所造成的经济损失问题,保障了运行检修期间人员的生命安全,延长了设备使用寿命,同时杜绝了因导线舞动引起的非计划停电。

关键词:10 kV 配网线路;间隔棒;带电安装

中图分类号:TM75

文献标识码:A

文章编号:1007-4414(2023)04-0115-03

Development of Interphase Spacer based on Live Installation of 10 kV Line

HAN Jin-ze, GAO Xi, ZHANG Rong-pei, ZHEN Xin, MA Peng-fei,

JIANG Peng-yuan, HUA Xiao-dong

(Transportation Inspection Center of State Grid Zhangye Power Supply Company, Zhangye 734000, Gansu, China)

Abstract: As an important link to ensure power transmission, the power transmission and distribution lines can not be replaced in the power system. In view of the problems of 10kV distribution network line galloping up and down at the moment of bird falling off, the line conductor is excited by the lateral wind and low frequency to generate self-excited vibration, resulting in major accidents such as inter phase short circuit tripping of the transmission line, burn and break of the conductors, and metal insulation damage, etc., this paper proposes to design and install a convenient light spacer without affecting the normal power supply. Though modification of fixing the spacer clamp with a self-locking device of 10 kV interphase spacer, the installation of spacer is completed by using the lock catch of the self-locking device to lock the conductor firmly. After verification, the spacer can be installed without power failure, which is of great significance to save the economic loss caused by the unplanned power failure of the power grid, and to ensure the life safety of personnel and the service life of equipment during the operation and maintenance; at the same time, the unplanned power failure caused by conductor galloping is eliminated.

Key words: 10 kV distribution network line; spacer; live installation

0 引言

目前,国内郊(野)外 10 kV 配电线路导线大多为裸导线,同一区段往往有大群喜鹊、鸽子停落,动物在起飞时极易造成导线上下舞动引起线路相间短路跳闸。在恶劣天气情况下,档距越大、导线弧垂越大的配电线路因导线舞动造成跳闸次数增多,严重时会造成相间短路。10 kV 配电线路频繁跳闸影响用户正常生产生活,在社会上产生不良影响,导致供电企业供电可靠性降低。针对这一问题提出相序调整技术,主要通过 10 kV 配电线路上安装相间间隔棒对导线之间距离进行支撑,使得线路短路跳闸频率显著降低,保证供电可靠性。基于此,笔者对一种 10 kV 带电安装相间间隔棒进行改进设计,重点对 10 kV 相间间隔棒的自锁装置固定间隔棒的线夹进行改装,利用

自锁装置的锁扣将导线牢固锁定,以此来完成相间间隔棒的加装,达到带电安装的目的,减少非计划停电频次,杜绝因带电舞动引起跳闸。

1 存在的技术问题及研制思路

GB/T 5075-2016《电力金具名词术语》^[1]中提出,间隔棒是一种使相间导线保持一定几何距离、具有规定强度的金具。它是配置于紧凑线路中的细而长的杆,起到绝缘线路相间和支撑连接作用。当紧凑型线路系统发生振动时,间隔棒承受动力作用。相间间隔棒作为防止舞动的常用设备,不仅适用于单根导线,也可以用于双根和四根分裂导线中,它具备良好的绝缘能力和机械强度,能够有效地对不同相导线进行支撑并使之相互约束以实现防舞动的目的。相间间隔棒主要包括中间的绝缘棒和连接两端的金具。

* 收稿日期:2022-11-13

作者简介:韩金泽(1977-),男,河南虞城人,高级工程师,研究方向:电网运检。

其中绝缘棒的特性与复合绝缘子相同,主要是由玻璃纤维环氧树脂棒和硅橡胶伞裙构成^[2]。

2 新型 10 kV 相间间隔棒不同方案分析

核心目标:研制一种可以在线路不停电情况下直接挂设,操作简单,轻便的新型相间间隔棒。新型相间绝缘间隔棒各项性能指标应达到的要求为:①该装置需具备不停电安装的特性;②装置重量轻,便于现场作业需求;③操作流程简化,装置设计合理;④机械强度,绝缘性能符合相关规定要求。

2.1 “T 型”相间绝缘间隔棒

方案一:使用绝缘子材料和悬垂线夹组合的“T 型”相间绝缘间隔棒(质量约 13 kg),该间隔棒利用悬垂线夹固定在导线上,形成三点支撑。

优点:此方法不受地形限制,安全系数高。缺点:该间隔棒重量大,导线会下坠,造成弧垂降低;需停电安装,时效性较差;还会影响群众生活生产用电。

2.2 等腰三角形相间间隔棒

方案二:采用绝缘杆和固定锁制作成等腰三角形相间间隔棒(质量约 5.8 kg),在满足安全操作距离的情况下,将该装置悬挂于导线上,闭合固定锁。

优点:可在线路不停电的情况下进行安装,装置轻便、操作简单。缺点:间隔棒采用环氧树脂绝缘杆材料,不能受潮,难以满足长期使用需求。

2.3 带电作业间隔棒

方案三:采用合成绝缘子+铝合金自锁装置的带电作业间隔棒(质量约 2.8 kg),在现场搭建脚手架,进行分段式安装,如遇档距较大的杆端,在该档中段加装一根两边线相连接的相间间隔棒。

优点:无需线路停电,质量为 2.8 kg,安装步骤简单,绝缘性能好,在整档安装两根或三根,整体受力均匀,机械强度高。缺点:考虑挂设时需用绝缘操作杆进行操作,该重量不符合轻便的设计初衷。

方案四:采用合成绝缘子+铝合金自锁装置+U 型弹簧锁组合的带电作业间隔棒,考虑到该间隔棒到现场后需长久挂设,因风的震动,会使 U 型弹簧锁装置弹性降低,故采取阴阳头模式,另一端沿用前期固定自锁装置,防止间隔棒掉落。该方案为可带电安装 10 kV 相间间隔棒最终版。

优点:此设计方案具备不停电安装的特性,装置质量 2 kg,满足现场作业需求;操作流程简化、装置设计合理,机械强度、绝缘性能均符合相关规定要求。

3 带电作业间隔棒工作原理及制作过程

三相导线相间距离存在差异,为适应不同的间隔距离,两种间隔棒设计为形式一样,长短不同。带电作业要求间隔棒在安装时人体不能直接接触导线,故间隔棒采用自锁机构,在保证安全操作距离的基础

上,借助绝缘工具将间隔棒悬挂并锁定在导线上。

3.1 间隔棒的结构及工作原理

间隔棒由自锁机构、端头连接、绝缘杆组成。

3.1.1 自锁机构

(1) 结构:自锁机构是该装置的核心,自锁机构实质是一种合页,只不过通过自锁轴能将合页的两个页片锁定在相互成 90°的位置上。它由自锁合页和导线夹持座组成。自锁合页由页片、页片轴、自锁板、自锁固定轴、自锁活动轴、弹簧等组成。导线夹持座分两块,每个夹块上有一个半径为 7 的半圆面;夹持块分别装配在自锁合页的两个页片上,当自锁合页页片成 90°时,两个页片上装的夹持块并合到一起,夹持块上的两个半圆面封闭,组成一个封闭圆柱面,此圆柱面夹紧导线,实现间隔棒的安装。在圆柱面内有硅橡胶垫,起到保护导线的作用。

(2) 工作原理:自锁机构两页片之间有一个页片轴,两页片可绕页片轴转动。自锁板通过自锁固定轴安装在其中之一的合页页片上,并可绕自锁固定轴转动,自锁板绕自锁固定轴转动时,带动自锁活动轴转动,在每个合页页片上有一个槽,当页片旋转成 90°时,两页片上的槽对到一起,自锁活动轴在弹簧的作用下,自动滑落到槽中,将合页两页片固定,使其不能转动。

3.1.2 端头连接

端头连接是一个将绝缘杆和自锁机构连接到一起的部件,其既要具有一定的强度,同时要具备重量轻、连接方便等特点,故采用铝合金制作。除圆弧夹持块外,其他采用铝合金板折弯成型。

3.1.3 绝缘杆

绝缘杆采用标准间隔棒改制而成,为防止爬电发生,将绝缘杆从中间断开,保留两端的伞裙,伞裙数量可视工程要求的爬电距离而一次硫化成型,以保证间隔棒在恶劣环境下长期安全运行。端部金属连接件锯掉,保留金属连接件的圆管部分以便连接。

4 带电作业间隔棒的力学性能分析

4.1 端部金具连接结构与芯棒利用率

带电作业用间隔棒多依靠单向玻璃纤维增强树脂引拔棒,通常称为芯棒,芯棒具有高比强度和拉伸强度等特性,恰恰是带电作业用间隔棒具有高强度,轻质量和杆径细等特性的根本^[3]。

间隔棒端部连接处的机械应力和连接结构处的应力集中程度决定了带电作业用间隔棒所需的机械强度,而芯棒的机械强度又取决于其端部连接的机械强度以及芯棒的利用强度。使用相同芯棒但连接结构不一样的带电作业用间隔棒机械强度也不同,所以使用芯棒的力度也存在差异。目前国内外对于带电作业用间隔棒端部接箍的设计主要依据的是美国 ASME 规

范,但该规范存在一些缺陷,需要进一步研究改进。

4.2 带电作业间隔棒的机械强度与蠕变特性

线路运行过程中所施加的机械负荷越大,带电作业间隔棒能持续的时间就越短,所施加的机械负荷越小,带电作业间隔棒所维持的时间就越长。根据带电作业间隔棒现场运行经验,机械负荷越大,则机械强度的降低越明显,即机械强度随着时间的增加而降低,这即是蠕变现象。

带电作业间隔棒在机械强度上存在蠕变,这是由承受机械负荷的芯棒复合结构引起的。文中分析了这种状况产生的原因及对绝缘系统可能带来的影响,提出了消除这些不良影响的方法和措施。目前带电作业用的间隔棒主要是由无捻粗纱制成的,芯棒内使用的无碱玻璃纤维直径大约为5~20 mm,玻璃纤维占据的体积达到50%~70%,甚至更高。所以直径为18 mm芯棒所含的数百万玻璃纤维不能被一次折断。当带电作业间隔棒承受比自身破坏强度更小的机械负荷后,绝缘子虽然不会马上发生破裂,但是芯棒内部分纤维因承受比自身强度更大的载荷而出现部分被折断的情况。这些断裂的纤维最初所承受的载荷不得不传递到周围纤维上,使周围纤维平均应力增大。当周边纤维无法承受这些额外载荷时,芯棒纤维将会不断破裂,由此呈现出断裂纤维渐增、其余纤维平均受力渐增、芯棒总体强度渐减等蠕变现象。

4.3 带电作业间隔棒的芯棒脆断

玻璃是一种典型脆性材料,所以玻璃纤维引拔棒受拉力断裂时形成的平滑平坦的断口形态被形容为脆性断裂或者脆性破坏。从操作经验看,脆性断裂时间没有规律可查,长则可达几年,短则仅数月即发生破裂,所以脆性断裂常常被人们所忽视,然而它却对安全生产有着重大影响,因为脆性断裂会造成绝缘击穿和杆塔倒塌等事故。

基于此,从生产研究人员到电力用户,对带电作业间隔棒的脆性断裂问题都十分关注。据几年来研究表明,脆性断裂基本上确定为应力腐蚀所致。当酸性溶液和机械负荷联合作用时,酸性溶液会侵蚀耐酸性能较差的玻璃纤维而导致纤维出现细小开裂,微小裂纹尖端附近的平均机械应力就会增大,当纤维微小裂纹尖端周围的平均机械应力达到一定值时,纤维就会被拉伸,从而使纤维裂纹扩展到更远的地方,形成应力腐蚀,最终导致芯棒断裂。

5 带电作业间隔棒电气性能分析

复合材质的伞套的憎水性达HC1~HC2级时,在符合操作要求的情况下,除了可能因“鸟粪”、“反

击”、“绕击”等外部因素引起闪络之外,其他原因不易引起闪络。由于带电部件是一个开放的体系,所以对绝缘性能提出了更高的要求。带电作业间隔棒在污秽严重区域憎水性将减弱到HC3级以上,绝缘表面会形成连续水膜并导致表面电阻剧烈减小,湿闪梯度与污闪梯度较HC1~HC2级有不同幅度的减小,带电作业间隔棒工频、雷电、作业湿闪电压与污秽闪络电压均有不同幅度的衰减。

6 应用效益

新型10 kV带电作业间隔棒在2021年线路检修现场应用发现,该新型10 kV带电作业间隔棒使用轻便,效果明显,安全可靠,作业人员借助脚手架可轻松带电安装,提高了工作效率,减少了安全危险。该间隔棒制作成本仅为2 000元左右,安全耐用,易于推广。

经过机械拉力、电气绝缘等试验证明,新型10 kV带电作业间隔棒完全符合电工工器具各项指标要求。以档距为60 m的两基杆塔应用为例,加装一组共三个带电作业间隔棒,累计用时缩短约10 min。在两次实际使用中,累计缩短工作时间20 min,按照每小时高空和地面配合工时计算,平均节省100元;同时减少10 kV线路停电时间6 h,挽回经济损失1.38万元。

10 kV带电作业相间间隔棒通过增加自动闭锁装置,有效改善了传统线夹安装的烦琐流程,从而使带电作业间隔棒的安装更加便捷,减小作业强度,提升操作过程中的安全性能。

7 结语

新型10 kV带电作业间隔棒在实现不停电安装的同时兼备使用方便,易于操作的良好特性,很好地克服了传统带电作业间隔棒的不足,作业人员在操作过程中,线路无需停电,两人借助绝缘操作杆即可轻松完成带电作业间隔棒的安装工作,从而使带电作业间隔棒的安装更加便捷,提高运维人员安全性;同时由于其具备带电安装的特性,运维人员可以在输电线路不停电的情况下进行安全便捷的安装,减少了停电造成的经济损失。

参考文献:

- [1] GB/T 5075-2016.电力金具名词术语[S].
- [2] 祝贺,李光辉.高压架空输电线路施工[M].北京:中国电力出版社,2015.
- [3] 陈应锂.送电线路金具的设计安装实验和应用[M].北京:水利电力出版社,1989.