

紧凑型输电线路带电作业方式及安全防护

王勇 王会平

河南恒安电力股份有限公司, 河南 郑州 450001

[摘要] 电力能源是社会发展与民众生活的基础, 随着工业化进程的加速, 以及人口数量的增长, 对电力能源的需求也越来越大, 对电力供应的稳定性要求也越来越高。随着电力技术的不断发展和人口及城市的不断发展壮大, 为节约资源, 科学建设输电线路, 紧凑型输电线路越来越多的运用在现代输电线路建设。但由于紧凑型输电线路相间及相对地的距离相对较小, 在带电作业时, 存在无顺利进出等电位路径及带电作业时相间存在安全间距不足情况, 在一定程度上阻碍了作业人员操作局限, 影响到带电作业安全。为确保作业效率, 保证人员安全, 本文就对影响紧凑型输电线路带电作业安全的因素进行分析, 提出安全有效的作业方法及防护措施。

[关键词] 紧凑型输电线路; 带电作业; 安全防护

DOI: 10.33142/hst.v6i2.8292

中图分类号: TM755

文献标识码: A

Live Working Methods and Safety Protection for Compact Transmission Lines

WANG Yong, WANG Huiping

He'nan Heng'an Power Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450001, China

Abstract: Electric energy is the foundation of social development and people's lives. With the acceleration of industrialization and population growth, the demand for electric energy is also increasing, and the stability of electric power supply is also required to be higher and higher. With the continuous development of power technology and the continuous growth of population and cities, compact transmission lines are increasingly being used in modern transmission line construction to save resources and scientifically construct transmission lines. However, due to the relatively small distance between phases and ground of compact transmission lines, there is a lack of smooth entry and exit equipotential paths during live working, and there is insufficient safety distance between phases during live working, which to some extent hinders the operation limitations of operators and affects the safety of live working. In order to ensure work efficiency and personnel safety, this article analyzes the factors that affect the safety of live working on compact transmission lines, and proposes safe and effective work methods and protective measures.

Keywords: compact transmission lines; live working; safety protection

引言

在供电系统中, 通过利用紧凑型输电线路可以使空间资源得到充分利用, 且该线路输送功率大, 有利于减少运行成本。凭借着诸多的优势, 紧凑型输电线路在各地均得到了广泛的应用。结合实际应用情况来看, 紧凑型输电线路输电方式塔头尺寸较紧凑, 相对地距离较小, 在开展相关作业时存在一定的不便, 尤其是在进行带电作业时, 影响作业人员的操作, 且作业人员的人身安全无法得到很好的保障。为此, 就需要以实际情况为依据, 按照科学原则合理选择带电作业方法, 完善安全防护措施, 降低事故发生率, 更好的保障作业人员生命安全。

1 带电作业安全间距问题

在紧凑型输电线路带电作业中, 其安全间距会受到多方面因素的干扰, 使的作业人员面临着许多未知风险。结合实际来看, 影响安全间距的因素, 与工作区域环境、间隙系数、电压数值、运输功率等方面有着密切联系, 在众多影响因素中, 威胁较大的是电压数值。以 500kV 紧凑型线路为例, 当前在供电系统中所使用的 500kV 紧凑型线路,

大都是以 500kV 昌房线塔头尺寸为基础设计出来的, 一般电气间隙不超过 3.5m, 在开展相关作业时的空间面积不到 1m, 相对地距离为 3.7m。针对 500kV 线路的带电作业, 有关部门制定了明确的标准作业要求, 海拔在 500~1000m 的区域, 安全距离不得低于 3.5m, 带电作业组合间隙不得低于 4m; 海拔在 500m 以下的区域, 安全距离不得低于 3.3m。该项标准针对 500kV 的供电系统而制定的, 主要是防止作业时因过电压超过阈值, 而导致人身伤亡等事故发生。但在实际当中, 由于不同区域系统运行状况差异, 且受到输电线路长度、系统结构等方面因素影响, 其作业时的过电压有一定差异。有相关研究结果显示, 在紧凑型输电线路带电作业中, 如果采用常规作业方式, 且海拔在 500m 左右、电压数值不超过 1.8pu 时, 电气间隙不得低于 3m, 若电压数值在 1.8~2.18pu 范围内, 应不小于 3.2m。

对于进出等电位作业, 由于路径间隙、系统结构等会影响到线路放电特性, 并产生不稳定风险, 也会影响到作业人员的位置和身体活动范围, 从而提高了安全风险的发

生率。其次,因紧凑型线路作业时的空间范围较小,若是线路的电压数值计算结构不准确,或是最终得出的数值过高,就会提高放电发生率。此外,电压数值过高还会影响作业人员的身体活动幅度与空间范围,使作业人员处于不合适的位置,就导致危险出现。尽管紧凑型输电线路提高了电力资源输送容量,但在另一方面会给带电作业带来或多或少的影响^[1]。目前,一些地区为增加作业人员活动范围,通过增加塔头尺寸的方式来缓解紧凑型线路带来的影响,但如果带电作业时间较短,却依然采用此方法,无论是在技术还是在效益方面,总体来看都是不合适的。对此,鉴于常规作业方式的不合理性,为确保作业人员人身安全,必然要加强紧凑型输电线路带电作业方法的创新。

2 加装保护间隙的带电作业方式

2.1 保护间隙设计与工作概况

2.1.1 保护间隙工作概况

结合实际情况来看,在带电作业中遇到电压数值过高的情况很罕见,这类事件的发生率很低,如果使用常规作业方法,即增加塔头尺寸,显然是没有必要的,在一定程度上还会增加作业成本。根据作业区域具体条件,合理选择保护间隙增设位置,有助于缓解因电压数值过大而带来的影响,降低其数值,使作业人员操作更加顺利和方便,保证作业安全稳定完成。过去多数地区针对500kV的线路都采用的是传统作业方式,尝试运用增设保护间隙作业方式的很少,且有关于在这方面的研究也少。直到近些年,人们才逐步将重点转移到作业方式创新方面。在进行带电作业时,如果供电系统的过电压较大,且大于作业间隙的放电压,就会出现因间隙放电而造成人员伤亡的情况。通过在带电作业工作位置某点增设保护间隙,设置间隙放电压不高于作业间隙电压数值,就能利用过电压的保护作用促使保护间隙先放电,将过电压数值维持在可控的范围内,从而降低对作业人员的影响,避免发生安全事故^[2]。另外,倘若作业人员需要更换绝缘子,但线路中有不良绝缘子,此时如果电压数值较大,则会造成放电,威胁作业人员生命安全。而增设保护间隙后,因电压数值被有效控制,改善了沿串放电的不稳定因素,以此更好地保障作业人员安全。保护间隙有着较高的适应性与可靠性,当遇到雷雨天气时,作业中检修点某侧有落雷,保护间隙能够限制雷电过电压,从而降低对作业员的影响。

2.1.2 保护间隙设计

鉴于保护间隙的可靠性与安全性,在设计时一定要结合实际,合理进行设计,使保护间隙作用得到充分发挥。在设计中,应确保放电压的重复性,降低各因素对保护间隙放电压的影响,并充分考虑绝缘子类型、极性效应等因素。要确保保护间隙的灵活性,可以在作业中进行调节,还需考虑加装和拆卸时的人员安全问题,在开展安全与拆卸工作时,应适当的增加间隙,完成后在调回原来的树枝。设计时要考虑保护间隙的方便性,以及动热稳定性,减少

的作业人员的操作影响,降低因放电对系统的损害。关于间隙距离的设置,要落实安全第一的原则,首先要保证作业人员的安全,作业间隙放电压应高于保护间隙放电压,且无论处于何种情况,作业间隙应后放电。当输电线路电压数值过高时,保护间隙应保持静止状态。科学设计保护间隙中电极间的距离,应以间隙距离整定值为依据,合理设计具体数值^[3]。

2.2 加装保护间隙的绝带电作业方式

通常而言,在开展带电作业时,无论何种因素都会对作业人员的安全产生不同程度的影响。为此,在带电作业工作位置增设保护间隙,一定程度上能够降低安全事故的发生,使线路电压数值得到很好的控制,确保作业人员操作方便,使工作顺利稳定完成。保护间隙应能够长时间处于高电压环境中稳定运行,且当调整两个电极间距时,便能得到保护间隙的标准偏差与50%放电压 U_{50} 。可用公式推导两者间关系:

$$U_{50}=526.74S_0+97.509$$

通过开展等电位作业实验,将保护间隙设置在导线与杆塔横梁之间,再在作业位置放置模拟人,模拟人身穿屏蔽服,根据实际情况适当的调整塔身与杆塔横梁间距,在导线上施加40次标准冲击波,并计算变异系数 U_{50} ,观察放电次数与路径。经过试验可以得出,将杆塔横梁与导线间距调整至3m时,过电压放电分散性小,分析发现与保护间隙放电路径尺寸有关。过电压放电路径没有进入作业间隙,提示保护间隙具有良好的安全性,能够很好的保障作业人安全。其次,试验还得出作业间隙放电压与间隙距离有一定的联系性,发现当间隙距离变化时,作业间隙放电压也会出现同步变化,即间隙距离缩小,作业间隙放电压也会减小。当增设保护间隙后,其放电压均由保护间隙而定。如果带电作业区域的输电线路过电压比较大,保护间隙就会发生作用,减小过电压数值。

试验中设置模拟人,并身穿屏蔽服,开展进出等电位实验,选择最差的位置,进行组合间隙放电试验。试验结果得出,组合间隙放电压与间距有紧密联系,当间距数值变小时,放电压也会同步下降,当增设保护间隙后,保护间隙将直接决定放电压,可见保护间隙还有限制过电压数值大小的能力。试验还得出,调整冲击电压波头时间,保护间隙放电压也会出现波动,其幅值与作业间隙有一定的相似性,在标准操作冲击电压下,放电压最小。在开展500kV紧凑型线路带电作业,应先准确掌握线路最大承载力与放电压,合理设计安全间隙。带电作业时的最大电压数值可以经计算得出,倘若不能保证结果准确性,可参考系统可能出现的最大数值。

3 安全防护

3.1 完善安全知识培训体系,提高工作人员安全防范意识

相关单位应根据当前输电线路带电作业和员工实际

情况,加强对作业人员的安全知识培训,单位的领导层作为带电作业及相关工作落实的关键,也要对管理层的员工进行安全知识的培训。采取科学和合理的办法,融入新时代的教育理念,符合新时代背景下安全培训的标准要求,同时也要注意安全作业与安全知识培训的平衡性。高质量的人才也是保证带电作业得到有效落实的重要因素。因此,相关单位也应当要加强高素质和高专业技术水平人才的重视,加强这类人才的引进工作,从而提高作业质量,降低事故发生率^[4]。此外,单位也可以自主培养人才,在内部挑选具有一定文化程度和基础理论知识,以及工作素养较高的员工进行培养,而培训的方法也要不断的创新,每位员工的知识接受能力和专业技术水平不同,其培训的模式也就不一样,所以要根据员工的特点合理的调整培训方法,且培训方法也要满足多样性、实用性和灵活性,才能培养出高质量的人才。另外,培训内容也要遵循科学合理的原则进行设计,才能造就出一支符合电力事业实际需求的高效人才队伍,为电力事业可持续发展提供有力的保障。

3.2 完善带电作业管理制度

为了提高紧凑型输电线路带电作业质量,能够对电力系统运行状态和作业成本进行有效的控制,以及降低突发事件和风险发生率,提高输电线路作业整体工作效率,主体单位相关负责人要结合实际工作情况对输电线路带电作业管理体系不断完善优化,建立完善的带电作业管理流程和质量安全检查等规章制度,相关主体单位必须要求做到严谨、科学合理。除此之外,还要尽力完善责任的追究制,发生事故时要对相关责任人给予严厉的惩罚,可以起到良好的警示的作用。在建立紧凑型输电线路带电作业管理体系时,可以借鉴丰富的管理经验或引进先进的管理理念,结合当前紧凑型线路带电作业实际开展情况,制定适合目前作业需求与电力事业持续发展的管理体系,确保制度的合理性与科学性,以此提高作业整体质量与效率,更好地保障人员安全,对供电系统运行状况与作业成本进行有效的控制。同时,相关单位可以借助当前互联网技术和计算机技术,构建网络信息平台,将供电系统设备各项信息和技术资料上传至网络平台上,方便工作人员对信息的获取,还能实现信息共享。管理层也要充分发挥自身的作用,落实好紧凑型线路带电作业管理的责任,协调好各个部门之间得工作交流,对管理资源进行合理的分配,并建立相应的监督管理机制,督促和监管各个部门管理工作实进行度,确保各项管理工作环节的公开透明化。

3.3 合理控制输电线路带电作业的静电感应

静电感应是紧凑型线路带电作业中应当重视的一个问题,该问题会影响作业效率以及人员安全。在输电线路运行过程中,作业人员按照标准作业要求,需对输电线路运行状况进行检查,因此很多情况下都是带电作业。然而

在开展带电作业过程中,会产生静电感应,如果此时作业人员操作出现问题,便会因放电而受到伤害。500kV 输电线路属于超高压线路,线路电压大,执行带线作业时就要做好静电感应的预防与控制,以减轻对人员的危害。输电线路安全防护,必须综合考虑输电线路本身问题,以实际条件为依据,适当的调整电带电导体电容,确保带电作业稳定与安全。此外,要注重作业紧凑型线路带电作业方式的创新,积极引进先进的技术方法,才能更好地保证安全与作业质量^[5]。

3.4 在强电场中的安全防护

强电场防护中高压线路周围有高强电场,其电厂的强度与范围会随着作业人员进入等电位的位置而不断变化。当作业人员攀爬杆塔时,因带电体距离逐渐缩减,此时体表电场强度便会增大,当到达杆顶位置后,电厂强度范围变得混乱,头顶与指尖电厂强度较高,胸部强度较弱,这也是带电作业时体表电厂强度最高的阶段。为保护人员安全,作业人员必须身穿 500kV 及以上电压等级的屏蔽服,才能开展带电作业,同时按照相关标准规范,作业时体表要与带电体保持一定的距离。而在进行等电位工作时,应配备后备保险带,工具不能有水。

4 结语

综上所述,随着社会经济的快速发展,人们生活水平逐渐改善,对各项资源的需求也在同步上升,尤其是电力能源方面。于电力企业而言,通过利用紧凑型输电线路可以提高单次输电容量,降低运行成本,使资源与空间可以得到有效的利用。但是,如果不合理的使用紧凑型线路,便会带来一定的损失。对此,增设保护间隙带电作业方式,是现阶段保证作业人员安全,改善设计问题的有力措施。在实际中,相关单位还要加强作业方法与技术的创新,才能推动电力事业健康发展。

[参考文献]

- [1]彭玉金,时海刚,李岩.输电线路带电作业安全防护系统开发[J].山东电力高等专科学校学报,2021,24(4):39-41.
 - [2]戴光照,赵渊.输电线路带电作业方式及安全防护措施研究[J].电工技术,2020(24):117-119.
 - [3]王武.输电线路带电作业的安全防护措施研究[J].建材与装饰,2019(29):220-221.
 - [4]薛涛,张万月,田智多,夏天,周新林.输电线路带电作业安全防护与安全管理策略分析[J].电子元器件与信息技术,2019,3(9):54-56.
 - [5]闫宇,闫旭东,祝铭悦.特高压输电线路带电作业的安全防护[J].农村电气化,2019(8):58-59.
- 作者简介:王勇(1986.4-),毕业于中州大学应用电子专业,当前就职于河南恒安电力股份有限公司,职务:工程公司经理,职称级别:中级职称。