

铁路变配电所的雷击危害及防雷技术分析

喻波

国能朔黄铁路发展有限责任公司肃宁分公司 供电移动检修中心 062350

【摘要】铁路变配电所承担着铁路电力供应的重任,在铁路变配电所运营期间面临的主要难点问题就是雷击危害,加强防雷技术创新的重要性越来越凸显,铁路变配电所在尝试通过防雷技术升级来提升环境适应能力,其中雷击防护工作是变配电所管理方面的重大尝试。文章分析了铁路变配电所常见的雷击危害,探讨了有针对性的铁路变配电所雷击防护策略,打造一个平稳的电力输送环境,降低雷击造成的变配电所经济损失,有序的开展变配电工作,以供铁路变配电所安全平稳运行作为参考。

【关键词】铁路变配电所;雷击危害;防雷技术

Analysis of lightning strike hazard and lightning protection technology in railway transformer and distribution station

Yu Bo

Suning Branch of Guoxin Shuohuang Railway Development Co., Ltd Power supply mobile maintenance center 062350

【Abstract】 railway substation distribution bear the burden of railway power supply, in railway substation distribution operation during the main difficult problem is the lightning hazard, strengthen the importance of lightning protection technology innovation is more and more prominent, railway substation attempt through lightning protection technology upgrade to improve environmental adaptability, the lightning protection work is a major attempt of management of transformer distribution. This paper analyzes the common hazards of lightning strike in railway substation and distribution, discusses the targeted lightning protection strategy of railway substation, creates a stable power transmission environment, reduces the economic loss caused by lightning shock, and carries out the substation work in an orderly way to provide the safe and stable operation of railway substation as a reference.

【Key words】 railway transformer and distribution station; lightning strike hazard; lightning protection technology

铁路运输质量不断提升,雷击危害对铁路运营的影响越来越大,而许多铁路管理部门忽视了变配电所雷击防护工作的重要性,目前铁路变配电所采用的防雷技术设备已无法满足新时代铁路运输尤其是重载铁路长远发展的需求,推进防雷技术改革已成为提高输电质量、保障铁路运输安全的重要途径。因此,铁路变配电所需要对直接雷击与间接雷击导致的诸多问题进行深入分析,为进一步优化雷击防护措施,提升雷电预防效果奠定有利基础,针对不同雷击危害的形成特点和影响程度,对关键的防雷技术进行深入探讨。

一、铁路变配电所的雷击危害

(一) 直接雷击

直接雷击指的是变配电所在运营期间,受到雷电天气的影响,在雷击过程中直接对电气设备和电气线路造成了严重损坏,雷击期间生成的电压,强大的雷电流经过设备,在放电效应的影响下进入到地面,对这些设备造成了极强的破坏。同时,伴有强烈的电磁波干扰,雷电在经过导体部件时,

将会在平行导体之间形成相互作用力,对各类设备造成二次破坏,这种电压的影响过程就是变配电所的直接雷击。

(二) 间接雷击

间接雷击指的是在雷雨天气,雷电未直接对电力设备或电力系统造成损害,其中影响最高的是设备和线路所形成的静电感应效应,在电磁和静电效应的影响下,雷电流的电场发生强烈变化,静电电荷同样在线路和设备上形成电压,不仅影响到设备的稳定运行,甚至会危害到工作人员的人身安全。许多专业人士将雷电形成的过电压或电压形成的过电压称为感应雷,在雷雨天气,雷云聚集在建筑和电力线路上,将会形成相反的电荷,雷击是一种放电效应,在进入云层或地面时将会逐渐消失,但集中在建筑物或某些设备顶端的电荷无法在短时间内完全散去,而是以一定速度向线路的两端进行流动,最终走入地面才会消散。导致在建筑物和相关设备的顶部形成较高的电位,这一状态被称之为感应过电压,感应过电压过强将会出现电流火花,直接危害到工作人员的人身安全。在进行过电压保护期间,需要有效预防电气设备的绝缘区域遭受破坏,要采用针对性的解决措施降低感

应过电压对设备造成的损坏。

(三) 雷击二次效应

雷击入避雷针或周边的一些高大建筑物时,将会释放出不同程度的电流,导致电网的电位升高,雷击的二次效应通常不会在短时间内释放能量,但是二次效应的出现概率较高。在雷电防护进程中,二次雷电防护十分困难,会直接破坏电子设备,根据铁路变配电所的实际状态制定出针对性的解决措施,当变配电所处于暴露状态时,遭受雷击的区间会直接受到损害;当变配电所处于非暴露区间是,影响程度较低。铺设在地下的二次电缆,因电流分流的影响出现雷电流,干扰电压会对电缆造成破坏,铁路变配电所设置的二次设备包括大量的集成电路和相关电子元件,不仅容易受到电磁干扰,还会因过电压的形成而造成不可逆破坏。^[1]

二、铁路变配电所的雷击防护

(一) 直接式雷击防护

铁路变配电所面临着严峻的雷击危害,直接雷击是常见的雷击形式,也是对设备产生影响最小的一种雷击形式,想要做好直接式雷击的防护工作,可以在设备关键区域安装避雷针。区域的选择要在地表电阻率较高的区间,争取实现避雷针应用价值最大化,在避雷针设备安装过程中,需要靠近铁路变配电所所处的地理区间,通过数字勘测和电子测量等多种形式,了解铁路变配电所的半径数值,通过统一规划在半径内部设置避雷针。同时,要保障避雷针的独立性,满足条件的可以在铁路变配电所的四周形成严密的防雷网络,发挥出人工智能技术的应用优势,实时进行雷击监测,在雷雨天气发现存在雷击隐患时,及时将可能出现的外来电力引入到其他区间,从而有效避免铁路变配电所基础设施直接遭受到雷击损害。目前,常用的避雷针为嵌入式避雷针,通常被安装在变配电所的电力输送路径上,采用绝缘设备将变配电所与外部雷击环境隔离,嵌入式避雷针要与地面直接形成传导线路,确保遭受到雷击的第一时间,在绝缘子材料的保护下降低雷击损害,通过传导线路直接将电流引入到地面。

常用的避雷针主要分为独立式避雷针和架构式避雷针两种形态,因此,在安装前需要对土壤电阻率进行检查,分析该地区对相关设备绝缘水平提出的要求。变配电所需要采用独立避雷针,降低雷电反击问题的发生几率,在特定区间内铺设辅助集中接地装置,该装置将直接与地面建立连接点,有效削减避雷针引出的电压,避免对变压器造成损坏。除避雷针以外,避雷线在许多高压等级的变电站内进行使用,在避雷线铺设期间,要求该线的一端要经过配电装置后接地,另一端与建筑物保持绝缘状态或者避雷线的两端都处于接地状态,构建一个架空式的地面网络。但无论是避雷针

还是避雷线,在安装过程中都需要详细计算过电压,严格控制校验装置与被保护装置之间的距离。^[2]

铁路变配电所还可以采用接电网与架空避雷网络建立密切联系,能够有效疏散建筑物雷击后的雷电流,同时,严格把控接电电阻值,开放多元化的电气设备短路电流疏散通道,加快电流疏散速度。有效改变铁路变配电所的地表定位分布情况,保障相关工作人员的人身安全,接地网设置需要进行系统评估和相关数值计算,根据取得的接地参数对变配电所的实际运行情况进行详细记录,制定出针对性的解决措施。通过接地网与周围大型设施的地下钢结构连接,有效扩张接地网的覆盖面积,采用垂直接地极的方式来降低接地电阻,

(二) 雷电过电压防护

雷击过电压指的是变配电所在电网线路传输的过程中,外部电流在经过时会共同传输到电线网络,不仅对正在传输过程中的电流造成破坏,还会在不同区间内的电网设施造成破坏。雷电过电压防护技术的有效应用,建议安装间距式雷电过电压波防护装置,采用高科技防雷技术,争取将雷击损害降到最低,相关技术人员可以按照铁路变配电所的电力传输路径,将传输线路进行等级划分,严格计算每条线路的实际电力传输情况。按照特定距离将线路分为不同区间,每一个区间安装雷电互感器,对关键设备设置雷电传输绝缘保护装置,目的是在电流传输进程中遭受雷电过电压损害时,可以及时进行保护装置切断,将电压波的影响局限在间距范围内,避免无限制的对电力设备造成破坏。提高雷电过电压波的可控性,降低连带反应对其他线路造成损坏,还可以通过建立双重线路的方式,起到雷电过电压波防护作用。该技术的有效应用是对铁路变配电所的母线传输进行防护,设置双重线路要采用两根母线,两根母线采用不同的防护线路,降低雷击对母线造成的干扰。不仅能够在受到雷击损害的同时保证线路传输的稳定性,还能够有效进行雷击电流分散,设置的保护线路可以直接将雷击形成的电流从母线上分散出来。^[3]

铁路变配电所需要考虑侵入波过电压防护,目前,许多铁路运输线路建设过程中采用气体绝缘变配电所,占地面积较小,受周围环境的影响程度较低,该变配电所在过电压防护期间,其绝缘水平会受到雷电冲击水平的影响,因此,可以安装金属氧化物避雷器,有效降低雷电过电压造成的损害。通常情况下,设备之间的间距较小,避雷器与被保护设备之间的距离较近,其保护效果更佳,避雷器的安装需要选择装设位置,协调好防护距离,严格按照铁路变配电所的防护标准,保证每个单独运行的母线上都有安装避雷器。在雷电过电压影响计算的进程中,侵入波陡度与避雷器电气距离长度存在密切关系,电容数值越高,被保护设备的过电压越高。

(三) 雷击感应防护

雷击感应同样会对铁路变配电所造成一定损害,其影响范围较广,甚至对铁路变配电所的传输监控设备造成直接损害,想要提高电力设施运行的稳定性与安全性,全面降低雷雨天气对设备的损害力度,需要安装雷击暴露式装置,对整条输电线路进行保护。该技术的应用是在原有单线路雷电防护装置的基础上装设雷电防护监控系统,对雷电线路的实际动态进行全面检测,随着技术革新,在等电位上可以设置屏蔽功能,方便工作人员对该线路的运行情况进行实时分析。该设备在运行期间感应到存在雷击隐患时,将会第一时间将雷电警报通知给相关服务人员,由服务人员下达雷电危害防护指令,及时切断电路传输装置,第一时间开启电力保护系统。作为智能化的防护技术,能够进一步提升雷电防护效率,保障电力防护系统运行的稳定性,随着新型感应技术的有效应用,能够实现铁路变配电所供电设备的区别管理。在不同的供电设备上安装实时监测装置,在发生雷击损害后,立即向维修人员下达管理指令,确定故障发生的具体区间,有效降低维修花费的时间。

(四) 雷电二次效应防护

雷电防护工作不仅需要线路雷击或建筑物雷击进行防护,还需要关注放电过程中所产生的雷电二次效应,雷击过程会对整个空间造成辐射作用,电磁耦合效应的影响下,金属设备上会出现感应过电压,并转化为感应电流。因此,在铁路变配电所防雷设计的过程中,需要考虑到雷电会以不同的形式侵入到设备范围内,相关防雷装置的主要目的是尽快将雷电泄入到大地中,以此实现雷电危害最小化的效果。在二次系统运行期间,要求端口过电压的幅值较小,能够降低电压的持续时间,严格按照《国家电磁脉冲防护技术标准》中的相关规定,制定出适合铁路变配电所的系统防护工程,在完成多个雷电保护区划分后,通过钢筋混凝土或金属材料建立等电位屏蔽层。变配电所设置的各类线路都需要直接雷电保护区或浪涌保护器建立连接,想要提高雷电二次效应防护质量,需要将避雷器或雷电保护器安装到高压变电器与低压设备连接的电缆内芯线两端接地处。对一些高精尖的设备,需要在前端对地处进行防雷保护,其中较受欢迎的避雷器是高吸收能量的分流设施,形成的雷电脉冲直接引入到大

地,起到良好的雷电防护作用。^[4]

三、铁路变配电所的防雷技术的未来

随着铁路运输行业的稳定发展,铁路变配电所的电力传输范围正在持续扩张,想要满足铁路的高速运输需求,需要做好雷击防护工作。铁路变配电所防雷工作是一项复杂的系统工程,尤其是在一部分无人值守的变配电所运行期间,防雷工作主要依赖自动化智能监测设备,因此,在工程设计期间需要严格遵循“整体防范、综合治理、多重保障”等基本方针,要从全局发展的角度进行考量,确保变配电所采用的防雷技术能够满足实际雷击危害的预防需求。近年来,防雷技术革新正逐渐考虑与接地技术、屏蔽技术和仿真计算技术的有效融合,一些高性能的避雷器也正在生产制造中,想要保证铁路电力系统的长期安全运行,防雷技术的革新势在必行。防雷保护的关键是对主变压器的防护,避免在主变压器遭受雷击时,沿着高压线直接损害变配电所的关键设备,工作人员需要分析雷击危害出现的主要原因,制定出针对性的防雷保护措施,促进防雷工作的智能化、科学化发展。实时监测电力传输期间存在的安全隐患,在出现危机预警时第一时间通知维护管理人员,定期安排工作人员进行线路检测,当铁路变配电所受到雷击故障时,制定专业的维修计划,发挥出现代化监控技术的应用优势。^[5]

总结:

综上所述,铁路变配电所雷击防护在推动铁路运输事业实现管理模式转型、提升运输效率和降低雷电损害方面起到了积极作用。根据直接雷击与间接雷击的基本形态,对直接式雷击、雷电过电压、雷击感应和雷电二次效应进行全面防护。展望未来,相关管理单位铁路变配电所累及防护还需在技术和资金等多方面持续加大投入力度,并配合相关案例制定出针对性的解决措施,以进一步增强铁路变配电所的雷击防护效果,降低雷击效应对电网设施造成的不可逆损害。

参考文献

- [1]赵晓敏. 铁路变配电所的雷击危害及防雷技术分析[J]. 电脑采购, 2023 (51): 98-100.
- [2]吴凡. 铁路电力变配电所继保改造工程研究[J]. 电力设备管理, 2024 (3): 178-180.
- [3]邢挺, 范增盛, 马君梁, 等. 铁路变配电所蓄电池智能在线监护装置研究与应用[J]. 电气化铁道, 2023, 34 (6): 18-23.
- [4]李江伟. 铁路变配电所雷击危害及其防雷措施探析[J]. 中外企业家, 2021 (3): 264.
- [5]栗宇. 铁路变配电所的雷击危害及防雷技术研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2020 (22): 2801-2802.

作者简介: 喻波 (1982.6-) 男, 重庆荣昌人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 铁路变配电专业。