

高压输电线路电气设计存在问题及应对策略

李小平

四川金沙人力资源有限公司 四川成都 610000

摘要: 在电力系统中, 高压输电线路是其重要组成部分, 其电气设计质量对整个电力系统的安全性、可靠性起着至关重要的作用。本文对高压输电线路电气设计存在问题进行了分析, 并给出了相应的应对策略。以期提升高压输电线路电气设计的可靠性与科学性, 减少线路的安全隐患, 提高电力系统传输的安全性, 为我国电力系统的稳定发展奠定坚实的基础。

关键词: 高压输电线路; 电气设计; 存在问题; 应对策略

伴随着国家经济的迅速发展, 用电需求量的不断上升。高压输电线路是电力系统的核心基础设施, 其主要功能是将电力系统的电能高效稳定地输送至各负荷中心。其电气设计质量对电力系统的稳定运行和经济性等、有很大影响。但由于其在规模化施工中出现诸多问题, 严重制约了其安全稳定工作, 亟须对其进行系统研究, 以寻求有效的解决方案。通过对线路的合理布置, 可以提升线路的安全性及经济性, 减少线路故障与断电故障, 保证电力系统的供电可靠性, 减少运营费用, 并对未来高压输电线路电气设计具有重要的参考价值。

一、高压输电线路电气设计原则

为了保证高压输电线路设计具有科学性和可持续性, 必须遵循设计准则。标准化是保证产品设计的科学与规范化的根本。在设计时, 应严格遵守国家及行业标准和规范。该规程从电气性能、安全距离等角度进行详细规定, 对工程安全运行具有一定的指导意义。如导线、绝缘子的选用要符合其电强度、力学性能指标; 铁塔受力分析要根据有关规程进行。标准化的设计可以改善设计质量, 而且方便以后的建设与维修。在进行设计时, 要进行技术性和经济性的对比, 从中选出最佳的方案。如导体断面选取要兼顾传输能力及费用等因素; 在进行线路规划时, 需要综合考虑线路长度及建设困难程度等。经过对其进行了合理的优化, 使其具有较好的综合效益, 同时也减少了工程造价和运营成本。因此, 在进行城市景观规划时, 应综合考量其对城市的生态环境效应^[1]。

二、高压输电线路电气设计中存在的问题

(一) 线路绝缘配置不合理

为了保证电力系统的安全性, 高压输电线路电气设

计是保证电力系统安全运行的重要环节。但是, 一些输电线路在进行绝缘设计时, 没有对其所处地区的污秽程度等进行全面分析, 造成绝缘结构与实际工作条件不一致。比如, 在受工业污染较重地区或者多雨湿润区域, 因其本身的绝缘等级不够, 极易出现闪络故障。根据有关资料, 在全国范围内, 由于污秽闪络而引起的电力系统损坏约为10%。另外, 在高海拔区域, 因大气稀薄而导致绝缘性能降低, 如果仍然沿用传统区域中的绝缘子结构, 极易引起绝缘破坏。这样的结构设计不当, 不仅会影响电力系统的安全运行, 而且会造成一些设施的破坏或断电, 从而使维修费用大大增加。

(二) 雷击防护能力欠缺

为了保证电力系统的安全可靠, 对高压输电线路进行防雷设计。但是, 目前很多输电线路的雷电防护措施中普遍出现了一些问题, 如过高的防护角度和不符合要求的接地电阻等。在遇到雷电灾害时, 由于雷电不能迅速传导到地面, 极易造成输电线路短路。资料表明, 在中国, 雷电灾害是造成电力系统故障的重要因素。一些输电线路没有充分考虑复杂地质条件下的闪电行为, 如山区容易产生闪电活跃区, 而目前的防雷技术又不能很好地解决这些问题, 从而增大了高压输电线路的雷击故障发生率。为此, 进行雷电防护方案的优化、雷电防护角度及接地电阻的合理选择, 是改善输电线路防雷能力的关键^[2]。

(三) 导线选择不合理

在高压输电线路设计中, 导线的选取是非常关键的环节, 但是设计人员在选用导线时, 过分追求成本而选用较小的导体。这不仅制约了电力系统的传输能力, 而

且在大负载下会造成系统的过热,影响了电力系统的使用寿命,甚至会引起断线等重大安全事故。另外,在对输电线路的机械等进行分析时,也没有将当地的风速等天气因素综合起来。在强风等极端气候条件下,输电线路极易发生断线等故障,严重威胁输电系统的正常运营。在保证输电线路的安全性的前提下,对输电线路进行合理的选取,并将其电气性能和经济性能等相结合,对于保证输电线路的安全性具有十分重要的意义。

(四) 地面结构的不足

由于高压输电线路接地材料埋设长度及材质选取等不合理,造成了较大的接地电阻,达不到防雷及防护接地的需要。当电力系统出现短路时,由于地阻过大,造成电力系统中的小电流不能及时排出,从而导致电力系统的过电压,严重影响电力系统的正常运行。现有的一些线路在设计中没有考虑到土体的电阻率,当土层性质发生变化时,其接地阻力会不断增加,从而影响到接地效果。比如,2018年山西介休市某高压输电线路因地线锈蚀而引起的现场电气装置出现故障,从而引发区域性的大范围断电。所以,合理的接地方案、接地线、埋置方法等也是保证其安全运行的关键^[3]。

三、高压输电线路电气设计问题的应对策略

(一) 对线路绝缘进行优化设计

在进行绝缘设计之前,必须对该地区的积污状况进行细致调查与评价,并依据积污程度,对绝缘子种类及数量进行适当选取。在污染较重的区域,应优先选择耐污染的材料,如合成绝缘子等,以降低污染的积累。针对高原气候条件,采取相应的措施,提高导线的绝缘等级。同时,通过构建绝缘子在线监控体系,对其工作状况进行实时监控,以便对绝缘出现的故障进行及时处理。

例如,我国西北地区某高压输电线路,其穿越多个产业污染区和盐碱地,在投入运行早期,由于没有对特定的工作条件进行全面的分析,导致其在运行过程中出现8~10起的闪络事故。针对这一问题,相关研究机构在该地200 km以内开展综合污染调查,通过等效盐密测量和污染组成分析,最终划分重污秽区50 km,中度污秽区120 km。设计人员对重污秽区绝缘构型进行优化:采用具有特殊伞裙和憎水性的硅橡胶复合材料绝缘体,将污秽电压提高40%~60%;在中度污染地区,使用防污污染陶瓷绝缘子,并将绝缘子串组数量从32个增至35个。此外,在高海拔地区,为弥补因大气环境变薄而引起的绝缘性能降低,又相应增加了绝缘子数量。为了对绝缘

子的运行状况进行实时监控,在输电线路配置分布式的光纤传感器和红外热像仪。该方法可以对绝缘子的漏电流和温升进行准确的检测。经过两年的运行,该系统的污闪概率降低了92%,平均每年只有0.6起;在高原地区,没有发生由于绝缘不良而造成的事故。通过对绝缘子的实时监控,累计检测出多个早期绝缘子老化缺陷,并通过对其进行快速替换,预防了跳闸事故,从而为复杂工况下的绝缘最优设计提供支撑^[4]。

(二) 改进防雷措施

通过对避雷线防护角度的合理确定,并结合电力系统电压水平及地势情况,把防护角度设置在合适的区间,以达到增强防雷作用的目的。为了提高防雷效果,必须采用降阻剂和增设接地线等措施,保证接地电阻达到设计指标。在山地闪频发的山地地区,通过设置线路避雷装置,可以有效地抑制闪电的过压,从而降低雷击跳闸率。并通过闪电定位技术,实现对输电线路的雷击状态的实时监控与分析,为制定合理的防雷方案奠定基础。

例如,华南地区某高压输电线路,其长度180 km,穿越多个高山,年雷雨天气80多个,投入运行后,其雷电故障频繁发生,每年发生15起,极大地降低了电力系统的供电可靠性。经过计算,得出原有的架空线防护角度为15度,超出山地地区10度以下的规范,一些杆塔的接地电阻大于15Ω,远远超出了10Ω的设计指标。为解决以上问题,供电企业决定对其进行全面的防雷改造。为了加强对输电线路的防雷能力,把架空线路的防护角度改为8度;在32个接地电阻超过标准的基础上,使用新型碳基降阻材料,并增加2~3套扩展式地线,将地面电阻降低到6Ω左右;并在雷击多发地段50座铁塔上加装MOA,以抑制雷击过电压。另外,通过与省雷电定位系统的连接,可以对雷击发生的地点和强度进行实时的监控。通过对输电线路的改进,使输电线路的防雷能力得到明显提高。经运行数据分析,在第二年的电力系统改造中,雷击跳闸率下降到2起,降低了86.7%。闪电监测装置对线路进行127起雷击事故监测,未引发跳闸的占92%,有38起防雷措施,对线路设备进行了有效的防护^[5]。

(三) 对导线进行合理选择

输电线路导线选择要从输电能力、经济性等方面进行。通过对电力系统负荷的预测,确定合理的断面尺寸,保证电力系统的输送容量。以铝为核心的高导电铝绞线为主要材料,采用导电性能好、强度高的新型节能电线,

可以减少线路损失，提升传输效率。根据各区域的水文气象条件，规划与其相适应的机械特性的杆塔，如在杆塔容易摆动的地方设置防舞导线或设置防舞设备，以提高杆塔的耐风性与稳定性。

例如，我国东北某高压输电线路采用LGJ-400/35型常规钢芯铝绞线，在电力系统投入使用后，由于电力系统负荷的增大，造成了长时间的高负载，线损率达到4.8%，并且在冬季覆冰和春季大风等极端天气情况下，常发生导线舞动、断股现象。针对以上问题，经过技术和经济对比，采用碳纤维复合芯软铝绞线（ACCC-400/50）。这种新型导体以碳纤维核心，取代常规的钢芯铝丝，在同样的断面上，其承受的电流比一般的铝芯铝丝减少12%，承载能力增加20%，并且在质量上减少18%，拉伸强度增加30%。并在易舞区增设偏心重锤防舞装置。经过系统改造和投入运行，使其输送容量明显提高，损耗率下降到3.2%，每年节省电能达1800万千瓦。经过冬、春两季的实际观测，发现在出现覆冰23 mm及28 m/s强风条件下，没有出现舞动等现象，导致输电线路跳闸率较上年同期降低75%^[6]。

（四）加强接地系统设计

依据土层的电阻率分布，对接地线的材质及接地方法进行适当选择。在高电阻率区域，可以采取换土和铺设降阻组件等措施减小其接地阻抗。通过对接地材料进行合理设计，增大接地线的长度、埋深，以增强其抗漏电性能。对接地设备进行日常检查与维修，对接地线腐蚀等现象进行检查与维修，保证接地系统的安全可靠运行。

比如，在我国西南部某高压输电线路，其穿越喀斯特地貌区，一些区段的土质电阻率超过 $2000\Omega\cdot\text{m}$ ，因此，需要对其进行深入研究。原设计使用碳钢接地线，埋深为0.8 m，经过三年的使用，发生了几起雷电事故，经过测试，一些铁塔的接地电阻大于 30Ω ，大大超出了设计要求。为此，电力部门对其进行接地系统的改造。对土体进行成层化试验，得到高阻带的空间分布规律。对于电阻率超过 $1000\Omega\cdot\text{m}$ 的区段，采取“土壤置换+降阻组件+深度竖向地极法”相结合的方法，即挖 $0.8\text{ m}\times 0.8\text{ m}\times 3\text{ m}$ 的沟渠，取代低阻的粘性土；在塔架的基础上嵌入4个内部嵌入有电解离子释放介质的新型膨润土

降阻组件；增加3个10 m深的直地柱，由 $\Phi 50\text{ mm}$ 的铜包钢线经热熔焊与地面接地装置相连。经过改进，其接地电阻明显下降，平均下降到 4.5Ω ，最低为 2.8Ω 。采用LoRa无线传送方式，在20个代表性的输电线路上加装了智能化的地线检测终端，并利用LoRa的无线传送方式将测量的结果传送到监测系统。该装置在两年多的时间内，已对3起接地电阻（阻值 $>8\Omega$ ）的异常上升现象进行报警，其中，有2个是由于外部原因造成的接地体断裂，一个是由于降阻组件的老化所致。经及时抢修，使输电线路的闪弧比从改造之前 $0.52\text{ 起}/\text{km}\cdot\text{年}$ 降到 $0.08\text{ 起}/100\text{ km}\cdot\text{年}$ ，与同等电压下的世界领先水准（ $0.05\text{ kV}/100\text{ km}\cdot\text{年}$ ）相当。

结束语

总之，高压输电线路电气设计在绝缘布置、导线选择及接地设计等方面还面临诸多问题，已成为制约电力系统安全性的重要因素。通过绝缘优化设计、科学选择导线和完善接地系统等应对策略，可以提升高压输电线路电气设计的有效性。在未来的高压输电线路电气设计工作中，必须对各方面的影响进行全面考量，并将其按照设计要求与准则进行严格遵守，并对其进行持续改进，利用先进的工艺与设备，强化各方面的交流与合作，提升高压输电线路电气设计水平。

参考文献

- [1] 夏旭东. 高压输电线路电气设计常见问题及完善对策探究[J]. 冶金管理, 2024, (12): 75-79.
- [2] 许文胜. 探究高压输电线路电气设计存在问题及解决措施[J]. 冶金管理, 2024, (11): 69-72.
- [3] 常路. 高压线路电力金具性能优化设计与应用[J]. 电动工具, 2024, (05): 28-31.
- [4] 彭华. 35 kV 高压输电线路导线架设施工技术要点分析[J]. 中国科技论文在线精品论文, 2024, 17(03): 307-311.
- [5] 王志超. 高压输电线路电气设计中存在的问题及解决对策[J]. 自动化应用, 2023, 64(S2): 89-91.
- [6] 杨坤, 雷李波. 高压输电线路电气设计问题及完善对策[J]. 低碳世界, 2023, 13(07): 64-66.