

220 kV 升压站主接地网采取的降阻技术措施

潘杰, 周欣, 朱国林, 兰卡基

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川成都 610036)

摘要:结合云南九龙山 220 kV 升压站工程现场的实际情况,介绍了施工过程中遇到的地网接地电阻严重超标问题、采取的应对降阻措施——深井离子接地方案的思路和计算过程,最终有效降阻,解决了工程中出现的问题,所取得的经验可供解决类似技术问题时参考。

关键词:九龙山风电场;接地电阻;降阻措施;深井离子接地

中图分类号:TV7;TV52;TM73

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2025)03-0059-02

DOI:10.20196/j.cnki.scsld.20250318

Technical Measures for Ground Resistance Reduction Adopted in the Main Grounding Grid in 220kV Step-up Substation

PAN Jie, ZHOU Xin, ZHU Guolin, LAN Kaji

(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu 610036, China)

Abstract: Based on the actual situation of the Jiulongshan 220 kV Step-Up Substation Project in Yunnan, this article briefly introduces the serious problem of excessive grounding resistance in the grounding network encountered during the construction process of the project, and the measures taken to reduce resistance—the idea and calculation of deep well ion grounding scheme. Ultimately, effective resistance reduction was achieved, solving the practical problems of the project and providing reference for similar technical problems.

Key words: Jiulongshan Wind Farm; grounding resistance; resistance reduction measures; deep well ion grounding

1 概述

九龙山风电项目的场址位于云南省曲靖市罗平县,安装 20 台单机容量为 6.5 MW 及 5 台单机容量为 6.0 MW 的风电机组,总装机容量为 160 MW。我公司所承建的 220 kV 升压站是九龙山风电场的送出变电站,终期主变容量为(180+63)MVA。

本期建设的主要内容为 1 号主变,容量为 180 MVA。风电场以 6 回 35 kV 集电线路接至配套建设的 220 kV 升压站 35 kV 配电装置,220 kV 侧采用线变组接线方式。220 kV 配电设备采用户外六氟化硫全封闭组合电器 GIS^[1]。

九龙山 220 kV 升压站送出变电站的场区范围南起阿岗镇阿者舍恰村,北至洒古村一线山脊,其场区范围主要涉及罗平县阿岗镇。罗平县地处

滇东高原向黔西高原过渡的斜坡上,地势呈西北高,东南低,其地形与地质结构复杂。现场地质勘察结果表明该工程区属于岩溶地区,其不良地质作用主要表现为岩溶,其余为冲沟及高陡斜坡,物理地质现象为岩体风化;场区水文地质条件相对简单,场区主要接受大气降水补给,沿地面向山脊两侧地表沟谷排泄或沿山坡下渗^[2]。按地下水赋存介质条件的不同其含水层分为基岩裂隙含水层和溶蚀含水层。与其相对应的地下水类型为基岩裂隙水、溶蚀裂隙水,场地内地下水埋藏较深。

项目部根据云南省电力设计院所做的地勘报告对 220 kV 升压站的地理条件进行分析得知:场地内自然地面的土壤平均电阻率为 3 491 $\Omega \cdot m$ 。升压站接地网铺设完成后实际测试得到的接地阻值为 13.7 Ω ,不能满足设计要求的电阻值 $R \leq 0.5 \Omega$ 的要求。因此,需要对该站的接地系统增补接地装置以达到设计要求的电阻值。

收稿日期:2024-12-25

2 接地网需要达到的要求

根据设计院提供的图纸,九龙山升压站的接地电阻需要达到以下要求:(1)接地装置主地网的工频接地电阻 $R \leq 0.5 \Omega$; (2)避雷针工频接地电阻 $R \leq 10 \Omega$; (3)设备接地引下线及地网主干线需满足接地短路电流的热稳定要求(主地网已设计并实施,不考虑); (4)满足接触电压和跨步电压要求(主地网已设计并实施,不考虑)。

3 常规增补接地装置的思路与计算

对于山地区域,通常采用的增补升压站接地网的办法是增加水平接地体或采用换土法。增加水平接地体的思路是延长接地体以增加接地体与土壤的接触面积,进而减小接地电阻;换土法的思路是在水平接地体周围采用低电阻率物质进行包裹,以增加接地体的体表面积,进而增加接地体与土壤的接触面积,以达到降低接地电阻的效果。由于九龙山升压站地理条件的限制,其地表层土壤导电率低,很难达到理想的效果。经计算,若采用增加水平接地体的方法需要增加现有接地网面积的 1 703 倍,这是无论如何从工程造价,还是现实情况都办不到的事;若采用换土法的话,经计算得知:在现有地网面积上采用低电阻率物质换土后,其接地阻值约可降到 12.31Ω 左右,依然满足不了设计要求的电阻值。

3.1 常规主地网降阻措施一:增加水平接地体

根据土壤电阻率以及《交流电气装置的接地设计规范》GB 50065—2011^[3]中复合地网的简易计算公式反推得出:若将阻值降到 0.5Ω ,需要接地面积 $12\ 180\ 867.9 \text{ m}^2$,其为现有接地面积的 1 703 倍。

因此而得出以下结论:依靠增加接地面积的方法降低接地电阻值几乎是不现实的^[4]。

3.2 常规主地网降阻措施二:换土法

根据设计说明,考虑在水平接地体周围用低电阻率物质包裹(采用石墨粉按 $3 \Omega \cdot \text{m}$ 进行计算,其包裹尺寸为 $300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$),经计算得出以下结论:在现有地网面积上采用低电阻率物质换土后,其接地阻值约降到 12.31Ω 左右,亦满足不了设计电阻值的要求^[5]。

若考虑全换土的情况,则需要 $12\ 000 \text{ m}$ 长的水平接地体作为外缘,等效换算则需要 $9\ 000\ 000 \text{ m}^2$ (占地面积约 13 450 亩)的面积,是现有使用面

积的 1 258 倍;同时,换土还需要增加低电阻率物质(石墨粉) $1\ 620 \text{ t}$ 。由此可见:单纯的换土无法解决该问题。

从以上分析知:两种降阻用的常规方法不能有效解决九龙山 220 kV 升压站接地电阻过高的问题,因此,深井离子法成为解决该问题的选择。

4 深井离子法的思路

通过现场调查发现:在九龙山 220 kV 升压站附近打水井时、在深约 120 m 的位置打出了地下水;另外,根据设计单位提供的数据,当地地下水的电阻率为 $70 \Omega \cdot \text{m}$ 。

为了确保计算的准确性,根据地下 120 m 水的土壤电阻率 $70 \Omega \cdot \text{m}$ 和 120 m 以上的土壤电阻率 $3\ 491 \Omega \cdot \text{m}$ 计算得出其上下两层土壤的电阻率约为 $1\ 780.5 \Omega \cdot \text{m}$ 。

4.1 增加深井离子接地装置

为了充分利用电流垂直方向的扩散分流,将较大的电流引入土壤电阻率较低的大地深层并取得了较好的降阻效果,笔者考虑在地网边缘布置深井离子接地装置^[6]。在综合市场和现场的实际条件后最终选用了规格为 $\Phi 51 \times 6\ 000 \text{ mm}$ 的离子接地棒组成单套离子接地装置,并采用复合回填料进行孔洞回填。在灌注复合回填料后的等效直径为 0.2 m ,以此作为计算依据。

4.2 计算过程

第一步:计算单套离子接地装置的接地电阻值。通过计算得知:单套离子接地降阻装置的接地电阻值为 2.92Ω ;

第二步:计算多套离子接地降阻装置并联接地阻值(采用 8 套装置并联),其计算结果为 0.46Ω 。

根据相关计算结果得知:采用增加 8 套深井离子接地降阻装置措施后,其接地网的接地电阻值为 0.49Ω ,能够满足升压站接地电阻设计值 $R \leq 0.5 \Omega$ 的要求。

受升压站业主的委托,项目部以深井法计算结果为依据报送了“九龙山 220 kV 升压站主接地网专项施工方案”经审批后予以实施,所取得的实测接地电阻值与计算值相符,圆满解决了升压站接地电阻不能满足运行要求的问题,保证了升压站按期投运。

(下转第 64 页)

他们加入到智慧化运维场站的建设团队以提升场站的整体技术管理水平;建立合理的激励机制,鼓励员工积极参与智慧化运维场站建设和技术创新,组建专业的运营维护和管理团队,负责智慧化运维场站的日常运营、维护和优化工作。

4.4 加大资金投入与政策扶持的力度

拓宽融资渠道,通过政府补贴、银行贷款、风险投资等多种方式拓宽智慧化运维场站建设的融资渠道;与国际先进企业和技术团队开展合作,引进先进的技术和经验,采用最新的信息技术有效挖掘运维数据、提升运维的效率和服务质量以降低运营成本和风险^[5],提升智慧化运维场站建设的整体水平。选择具有代表性和示范意义的场站项目进行智慧化改造和升级,形成可复制、可推广的经验和模式,通过举办交流会、研讨会等活动分享智慧化运维场站建设的成功案例和经验教训,推动智慧化运维场站技术的广泛应用并促进逐步完善相关的法律体系。

5 结 语

综上所述,智慧化运维场站技术的应用前景广阔,但纵观目前发展的现状,智慧化运维场站技术的应用还面临一系列挑战。能科宏烨升压站智慧化运维场站技术的成功应用,将有助于大幅度

提升智慧化运维场站的管理水平与场站运维的效率,增强电力系统运行的安全性与稳定性^[6],为数智化、智能化运维场站技术的可持续发展打下坚实的基础。未来,随着智慧化运维场站技术的不断进步与应用的持续深入,有望进一步提升智慧化运维场站的数智化、智能化水平,进而为构建更加高效、安全的智慧化运维场站体系建设提供更多的可能。

参考文献:

[1] 杨文涵,傅腾,张敏,等.多模式多场景综合能源数字化智慧运营中台技术与应用[J].电力设备管理,2022,8(11):248-253.

[2] 李卫兵.基于深度学习的大型水电机组智能运维框架研究[J].微型电脑应用,2018,34(12):79-82.

[3] 包航宇,殷康璘,曹立,等.智能运维的实践:现状与标准化[J].软件学报,2023,34(9):4069-4095.

[4] 李源,杨伟,王学斌.新能源场站智慧运维及数字化运营研究[J].风力发电,2023,35(5):6-11.

[5] 袁冠云.运维大数据和智能运维在电力行业的实践[J].通信电源技术,2021,35(1):217-219.

[6] 沈楠婷,苏达钊.电力信息系统运维管理自动化解决方案探究[J].网络安全技术与应用,2019,23(4):99-100.

作者简介:

何开平(1973-),男,四川巴中人,正高级工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作;

王雪昆(1990-),男,四川泸州人,工程师,学士,从事水利水电、新能源工程施工技术与管理工作。

(编辑:李燕辉)

(上接第 60 页)

5 结 语

通过该工程成功使用深井离子法,最大限度地减少了接地系统的建设成本和维护成本,提高了投资效益,加快了施工进度,有效地保障了施工质量和安全。在今后升压站长期运行过程中,离子接地装置的稳定性和可靠性亦能够降低因接地故障导致的停电损失和设备损坏风险。深井离子接地不需要扩大水平地网的面积,进而有效地节约了土地资源,其特别适用于城市等土地资源紧张的地区。九龙山升压站的降阻措施是深井法与离子接地装置结合在山区土壤电阻率较大区域的成功运用案例,所取得的经验为山区电网设施的接地电网降阻措施提供了一条可行的思路。

参考文献:

[1] 黄波.浅谈市政工程建筑材料的管理方法[J].军民两用技术与产品,2015,27(14):179.

[2] 刘昌伟,马琳.云南省武定县仁和水库区工程地质灾害危险性评估与防治[J].中国锰业,2017,35(3):162-164,168.

[3] 交流电气装置的接地设计规范:GB 50065-2011[S].

[4] 杨丽英,王伟,高金川.万源市沙滩镇梹子园地表变形成因机制分析与防治对策[J].西部探矿工程,2011,23(9):175-178.

[5] 吴小刚,于涛.变电站接地网布置方式及设计规范差异对比分析研究[J].电工电气,2016,35(4):21-25,52.

[6] 林楚松.降低牛岐电站升压站接地电阻浅析[J].机电信息,2017,6(27):72-73.

作者简介:

潘 杰(1969-),男,四川乐山人,高级工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作;

周 欣(2000-),男,陕西商洛人,助理工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作;

朱国林(1991-),男,重庆奉节人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

兰卡基(1984-),男,四川黑水人,助理经济师,从事建设工程经济管理工作。

(编辑:李燕辉)