

Study on Grounding Technology of Converter Station Project under Special Geological Conditions

Yongfu Ding¹, Qingyun Yuan¹, Kai Xun¹, Cheng Zhang¹, Xishan Wen²

¹State Grid Corporation of China DC Construction Branch, Beijing

²School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan Hubei

Email: leekey2@sina.com

Received: Mar. 10th, 2017; accepted: Mar. 28th, 2017; published: Mar. 31st, 2017

Abstract

Considering the particularity of Lingzhou ± 800 kV converter station project location, namely, the whole rock geological conditions and the slightly weathered special geological conditions, it is the first time that the boundary element method is used for modeling and analysis in the such of geological conditions grounding research. Based on the whole rock geological conditions and the slightly weathered special geological conditions, the traditional measures that add vertical grounding body fail to be used, the average voltage zone is adopted to reduce the step potential difference and contact potential difference within the network and the high resistance layer is paved in the exceed standard place; the current through the human body is reduced by increasing the surface resistivity series connect the human body, thereby allowing the higher touch voltage and step voltage.

Keywords

Special Geological, Converter Station, Grounding, Boundary Element Method, Step Potential Difference, Touch Potential Difference

特殊地质条件下换流站工程接地技术问题的研究

丁永福¹, 袁清云¹, 寻 凯¹, 张 诚¹, 文习山²

¹国家电网公司直流建设分公司, 北京

²武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉

Email: leekey2@sina.com

收稿日期: 2017年3月10日; 录用日期: 2017年3月28日; 发布日期: 2017年3月31日

摘要

考虑到±800 kV灵州换流站工程所处地点的特殊性,即全岩石地质条件以及微风化特殊地质条件,首次在此类地质条件的接地研究中采用边界元算法进行建模分析。本文针对全岩石地质条件以及微风化特殊地质条件,并未采用传统的增设垂直接地体的措施,而采用了增设均压带以降低网内的跨步电位差、接触电位差和在超标处铺设高阻层的措施,通过增加与人体电阻率串联的地表电阻而减少通过人体的电流,从而允许更高的接触电压和跨步电压。

关键词

特殊地质, 换流站, 接地, 边界元算法, 跨步电位差, 接触电位

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在电力系统中为了工作和安全的需要,常需将电力系统及其电气设备的某些部分与大地相连接,这就是电力系统接地[1] [2] [3] [4] [5]。电力系统接地就其目的来说可分为工作接地、防雷接地和保护接地三种。工作接地是为降低电力设备的绝缘水平如采用中性点接地的方式;防雷接地是为了避免雷电的危害,避雷针、避雷线和避雷器等防雷设备都必须配以相应的接地装置以便把雷电流导入大地,这种接地方式称为防雷接地;而为保证人身安全,电力设备必须接地则称为保护接地。

接地体的接地电阻是电流 I 经接地电极流入大地时,接地电极的电位 V 对 I 的比值,它主要是大地呈现的电阻。接地电阻的大小除和大地的结构、土壤的电阻率有关外,还和接地体的几何尺寸和形状有关,在雷电冲击电流流过时还和流经接地体的冲击电流的幅值和波形有关[6] [7] [8] [9]。

由于接地电阻的存在,当有电流通过接地体时,将使接地电极及其周围的土壤发热;电流在接地电阻上的压降将引起接地电极电位的升高,可能使设备受到这一过电压(反击过电压)的作用而损坏;电流离开接地体在地中扩散时,在地面上出现的电位梯度将会使人体遭受接触电势和跨步电势的作用,为此对接地电阻的值必须加以控制[10] [11] [12] [13]。

2. 灵州换流站接地问题的提出

灵州换流站地处宁夏中部,该区域为微风化地质条件,地中岩石结构基本未变,仅节理面有渲染获略有变色,岩石有少量的风化。从土壤结构分析属于平面分层型土壤,地表有浅层干燥土壤层,是原本岩石层表面经过风化后形成,而与一般土壤不同,微风化地质条件的土壤中,深层基本为岩石性的高电阻土壤。而在这种地质条件下实际工程的施工过程中,常常遇到开挖不便等问题。在变电站及换流站建设的过程中,使用常规方法施工要达到较低的接地电阻值很困难,因此为了达到接地电阻的要求必须采用特殊方法,以保证在发生短路故障或雷击条件下站内工作人员的人身安全及站内设备安全[14] [15] [16]。

针对微风化地质条件的地区,采用的改善方法目前基本和高电阻率土壤地区的降阻措施一致,一方

面采取人工改善大地电阻率的方法，具体方法有采用人工换土、采用导电性混凝土以及采用降阻剂的化学处理法；另一方面采用改善接地网性能的措施，比如设置均压带、增加垂直接地体等方法。故需要对多种方法的改善效果进行计算和比较。

3. 边界元算法分析

工程上提出的电磁场问题通常可归结为偏微分方程的定解问题。电磁场的数值解法通常分为区域型和边界型两大类，区域型数值解法主要是有限差分法(FDM)和有限元法(FEM) [17] [18] [19] [20] [21]，边界型数值解法主要是边界元法(BEM) [22] [23] [24] [25] [26]。

FEM 和 FDM 均为域剖分方法，相对于边界剖分的 BEM，它们在接地开域电磁场问题的应用存在求解域尺度方面的限制，目前应用不多。边界元法是一种求解偏微分方程的数值方法。它首先将描述场的偏微分方程通过加权余量法归结转化为边界上的等价积分方程，然后把这个等价积分方程像有限元法那样，将计算区域的边界进行边界分割使其成为有限大小的边界单元，同时选取适当的插值函数，把边界上的等价积分方程离散成为代数方程(图 1) [27] [28] [29] [30] [31]。从而求出近似解的数值解法。用加权余量法使求解变得更有效，更简练[32] [33]。

边界元素法在将整域划分为一系列的边界元素，建立积分方程组并对其进行求解，可对大型换流站的水中或岸上任意位置及形状的多个地网或接地极进行单独或联合计算。近几年有学者提出一种更接近实际情况且更直观模型——块状结构土壤模型，即依据土壤的电阻率分布特性将土壤划分为多个具有不同电阻率的区域，而各区域内电阻率一致的计算模型[34]。这种方法以导体上的线电荷密度和不同媒质分界面上的面电荷密度为待求变量，建立一个边界积分方程组，从而计算得到地网的接地电阻值，该方法使用的未知量显著减少，并且可以分析具有复杂结构土壤中的接地网性能。

4. 灵州换流站站址处土壤结构分析

本节对灵州换流站各接地系统进行了建模，计算了灵州换流站的接地电阻、地电位升、接触电位差和跨步电位差等，并针对几种提高接地网安全性的措施进行了分别的计算验证。

4.1. 测量方法

本次土壤电阻率测量方法为 Wenner 法(即等距四极法，图 2)，通过测量不同大小的极距下的土壤视在电阻，计算出不同深度土壤的电阻率平均值，再通过软件的反演计算得到等效的土壤模型。

4.2. 测量选址

由于灵州换流站已经开工建设，经实地调研，站址位置已开挖完毕，并敷设了部分地网。土壤电阻率测量范围最终选在灵州换流站站址东侧偏北约 100 m 处，站址处于低洼地带，开挖后比东侧地表低约 1~2 m (图 3)。

4.3. 换流站站址处等效土壤电阻率的计算

根据上文所提到的，本次土壤电阻率测量方法为 Wenner 法(即等距四极法)，通过测量不同大小的极距下的土壤视在电阻，计算出不同深度土壤的电阻率平均值，进而通过软件的反演计算得到等效的土壤模型。测量地点选址选在灵州换流站站址东侧偏北约 100 m 处，本次测量数据及土壤结构的反演结果如表 1、表 2 所示。

将反演结果与原来的灵州换流站极址土壤电阻率测量报告中较近处的测点进行对比，表层土壤电阻率低深层电阻率高的规律是一致的，且深层土壤电阻率测量结果一致(图 4)。

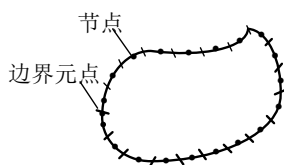


Figure 1. Numerical solution of boundary element method
图 1. 边界元法的数值解法

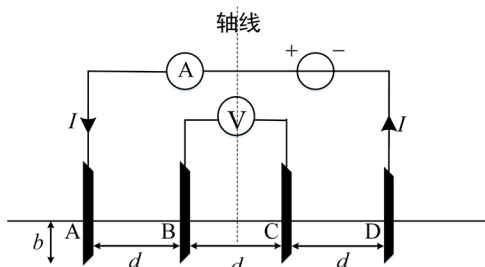


Figure 2. Principle diagram of measuring soil resistivity with four pole method
图 2. 四极法测量土壤电阻率原理图

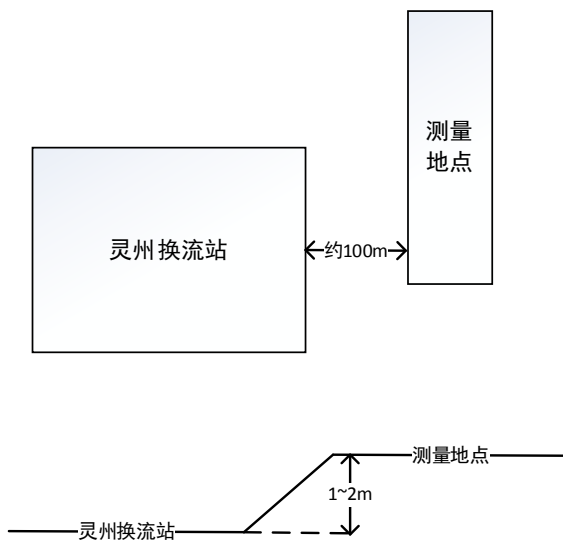


Figure 3. Schematic diagram of Lingzhou converter station soil resistivity measurement position
图 3. 灵州换流站土壤电阻率测量位置示意图

Table 1. Soil resistivity measurement data
表 1. 土壤电阻率测量数据

测量极距 a (m)	视在电阻 R (Ω)	视在电阻率 ρ ($\Omega\cdot m$)
2	10.73	134.84
5	8.00	251.33
10	5.12	321.70
30	1.542	290.66
50	0.864	271.43
94	0.456	269.32

Table 2. Inversion results of soil structure
表 2. 土壤结构反演结果

层数	厚度(m)	土壤电阻率 ρ ($\Omega\cdot\text{m}$)
1	0.17	135.67
2	0.81	81.49
3	无穷大	292.67

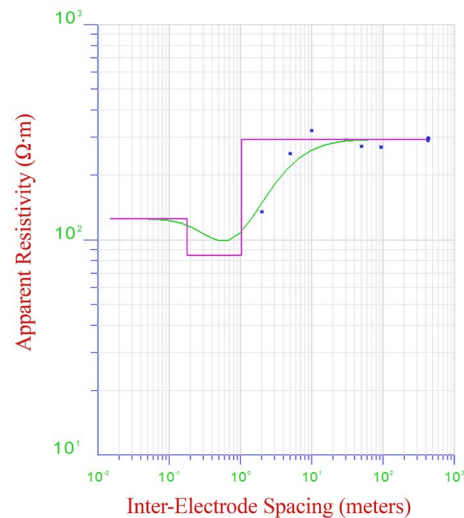


Figure 4. Inversion results of soil structure
图 4. 土壤结构反演结果

最初灵州换流站极址实地勘测时发现，站址区域表层是砂和砂土，次表层部分位置存在大块岩石，是次表层与底层之间产生较高电阻率层的可能原因。

总体来讲，测量结果与反演结果较为一致，证明了土壤电阻率测量结果的有效性。

5. 换流站接地网模型的建模分析

本项目中引进了国际通用的接地计算软件包 CDEGS(版本号 15.4.8190)，其界面友好，操作简单，模型丰富，计算精度高，非常广泛地适用于多个工程问题。CDEGS 常用于下列类型问题的研究：土壤电阻率的反演；接地研究；电力系统中故障电流的分布；电力系统、管道、通信电缆等之间的电磁感应干扰；EMF 和暂态研究等。

运用 CDEGS 软件对接地网和土壤模型进行建模求解分析其接地阻抗、网内电位差、跨步电势、接触电势等参数，并对其安全性能做出了科学的评估。CDEGS 接地仿真的流程一般为：1) 利用 RESAP 模块对视在土壤电阻率测量值进行反演，得到站址的土壤电性模型；2) 按照站址位置和电气设备的分布规律，利用 SESCAD 模块进行接地网的 CAD 建模；3) 利用 MALZ 模块计算接地阻抗、GPR、最大跨步电位差和最大接触电位差，校验接地系统能否满足设计要求；4) 如果存在接地参数超标的现象，进一步优化设计再进行计算。

5.1. 灵州换流站接地网导体模型的建立

在 CDEGS 中建立的灵州换流站接地计算模型如图 5 所示：

- 1) 按照设计图的要求，接地网的埋设深度定为 1.3 m。

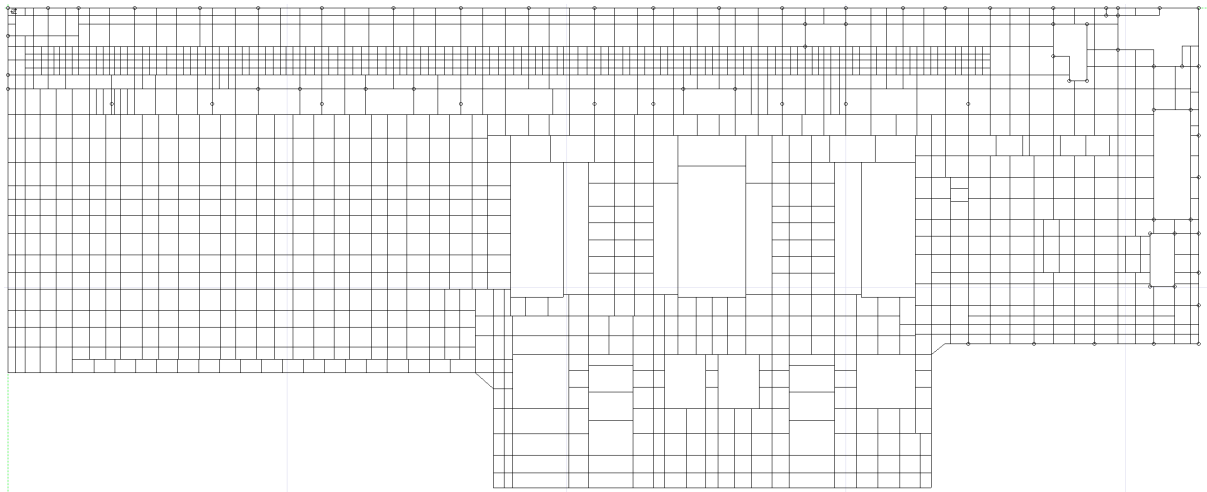


Figure 5. Ling Zhou converter grounding calculation CDEGS model

图 5. 灵州换流站接地计算 CDEGS 模型

2) 水平接地极采用 185 mm^2 的镀锡铜绞线, 垂直接地极采用 $\phi 14.2 \text{ mm}$, 长度为 2.5 m 的镀铜钢。

3) 网格采用方格间距设计, 网格间距设计值为 15 m , 可略做调整, 但最大间距不大于 18 m , 最小间距不小于 5 m 。

5.2. 接地电阻和接地网地电位升高(GPR)

对灵州换流站的接地电阻、地网地电位升(GPR)、接触电位差和跨步电位差等参数进行了计算, 根据上面建立的模型, 对灵州换流站接地网进行仿真计算, 得到换流站的接地阻抗为 $0.25 \angle 4.30^\circ \Omega$, 此时其 GPR 为 7.97 kV 。

5.3. 接触电位差、跨步电位差的计算

根据 GB 50065-2011《交流电气装置的接地设计规范》, 接触电位差、跨步电位差不应超过如下二式计算所得的数值:

$$U_t = \frac{174 + 0.17 \rho_s C_s}{\sqrt{t}} \quad (1)$$

$$U_s = \frac{174 + 0.7 \rho_s C_s}{\sqrt{t}} \quad (2)$$

式中, U_t 为接触电位差允许值; U_s 为跨步电位差允许值; ρ 是地表的土壤电阻率; C_s 是表层衰减系数; t 是接地故障电流持续时间, 取值 0.5 s 。

根据式(1)、(2)计算得到的接触电位差和跨步电位差的安全值分别为 $U_t = 408.50 \text{ V}$, $U_s = 691.70 \text{ V}$ 。

接触电位差和跨步电位差在地网中的分布图如图 6、图 7 所示。

在地网边角注入最大入地短路电流时, 接触电位差最大值为 1382.90 V , 多出现在接地网的边角处及网孔较大处。为了人身安全考虑, 必须对接地网进行优化。而跨步电势最大值为 218.23 V , 小于跨步电势差安全值, 满足安全设计要求。

6. 提高接地网安全性的措施

为了保证人身和设备的安全, 要通过各方法来降低地网的接地电阻, 从而降低地网的地电位升和网

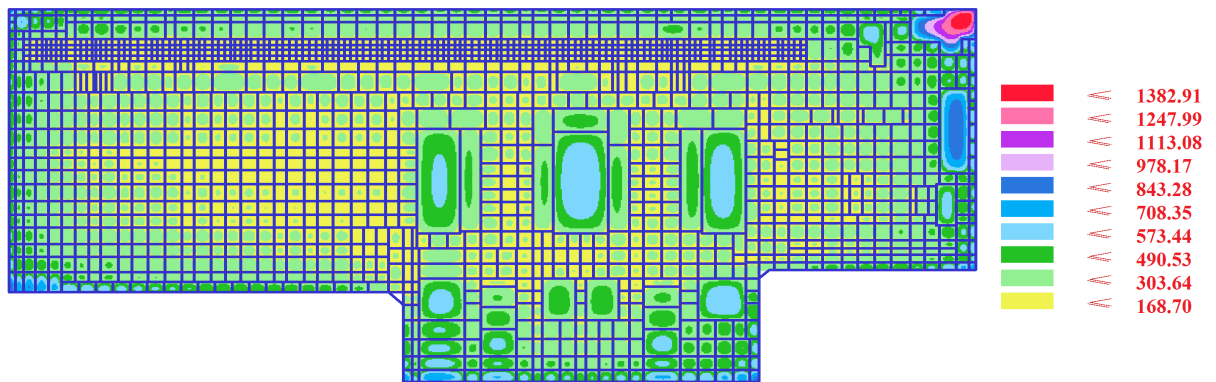


Figure 6. Converter station contact potential difference color chart

图 6. 换流站接触电势差色块图

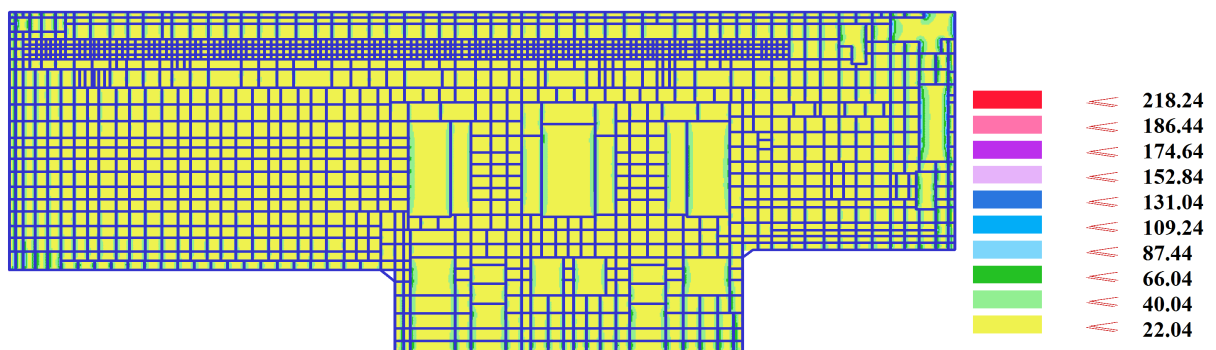


Figure 7. Converter station step potential difference color chart

图 7. 换流站跨步电势差色块图

内的跨步电位差、接触电位差。一般工程采取的方法有：

- 1) 采取人工改善大地电阻率的方法，具体方法包括，采用人工换土、采用导电性混凝土以及采用降阻剂的化学处理法。
- 2) 采取改善接地网性能的措施，采用设置均压带、在接地网边角处添加垂直接地体或者扩大地网等方法来提高接地网的安全性。设置均压带可保证网内过大的网孔内部接触电位差与跨步电位差满足安全要求，通过计算增加垂直接地体并扩大地网边界 5 m 时整体接触电位差与跨步电位差可满足安全要求。
- 3) 采取铺设高阻层的措施，通过增加与人体电阻率串联的地表电阻而减小通过人体的电流，从而允许更高的接触电压和跨步电压。

在实际工程中，改造已经铺设完成接地网的工程量是比较大的。因此考虑经济成本和改进效果，更加推荐在较大面积接地网网孔处增设均压带，以及在超标的接地网边角处铺设高电阻率表面层(高阻层)的综合改造方案。

6.1. 设置均压带对接地网性能的影响

在一些较宽的接地网格，尤其是接地网外围的部分添加导体设置均压带，来辅助主接地网的对地散流，使网格的电位降低，从而使接地网接触电位差整体符合要求。

可在软件仿真模型中对原接地网外围网格添加导体设置均压带，灵州换流站接地网原设计图中最外围的网格宽度为 5.5 m，可在接地网各条边内侧 2 m 处添加和边界平行的导体一共 8 根进行计算，则接地阻抗变化为 $0.250 \angle 3.6^\circ \Omega$ ，计算的到的接触电位差结果如图 8。

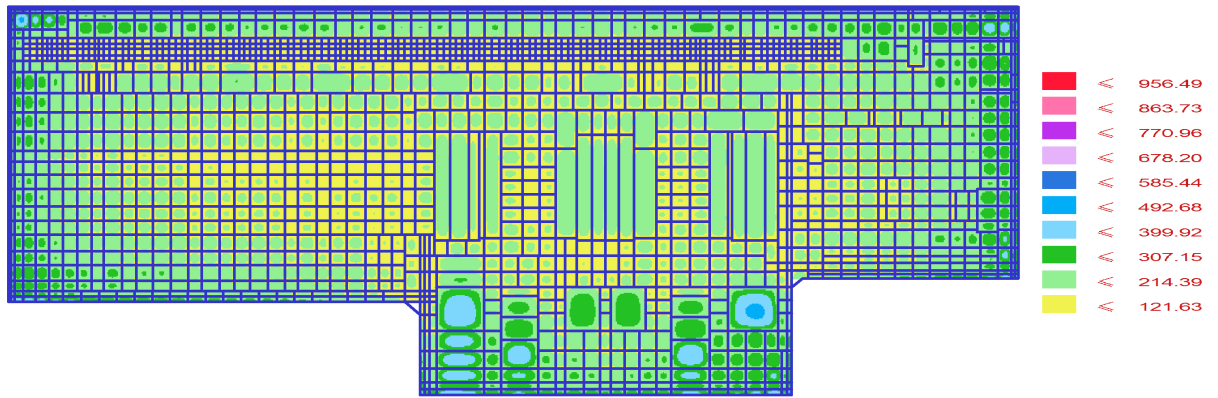


Figure 8. Converter station contact potential difference color chart after using additional equipotential conductors
图 8. 设置均压带后换流站接触电位差二维色块图

可以看到，原本在接地网内部较大网格内的接触电位差有了明显的降低，降到了安全值以下。改进后的接地网接地电位差最大值仍然分布在接地网的边角处，最大值为 955.8 V，降低 30.1%，改进后的接地网接触电势有了明显的改善。

6.2. 铺设高电阻率表面层的综合改造方案

根据 GB-60065 中附录 C 对高阻层的说明， ρ_s 为表面铺设的高阻层土壤电阻率，电阻率取值为 5000 $\Omega\cdot\text{m}$ 。此时大地按双层土壤模型进行计算，因此表层衰减系数 C_s 应按式(3)计算取值：

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \times \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2h_s + 0.09} \quad (3)$$

式中， ρ 为原土壤电阻率，取值 292.68 $\Omega\cdot\text{m}$ ， h_s 为高阻层厚度，取值 20 cm。

可计算出铺设高阻层后，接触电位差和跨步电位差的安全值分别达到 1416.1 V 和 4840.6 V，均满足安全设计要求。

7. 总结

1) 考虑到 ± 800 kV 灵州换流站工程所处地点的特殊性，首次在全岩石地质条件以及微风化特殊地质条件的接地研究中采用边界元算法进行建模分析。

2) 运用接地计算软件 CDEGS 对问题进行分析，对灵州换流站的接地网和土壤模型进行建模求解分析。

3) 分析了灵州换流站的接地阻抗、网内电位差、跨步电势、接触电势等，并对其安全性能做出科学的评估。

4) 针对特殊地质条件，并未采用传统的增设垂直接地体的措施，而采用了增设均压带以降低网内的跨步电位差、接触电位差以及在超标处铺设高阻层的措施，从而允许更高的接触电势差和跨步电势差。

参考文献 (References)

- [1] Harrington, R.F. (1968) Field Computation by Moment Methods. The Macmillan Company, London.
- [2] Giao, T.N. and Sarma, M.P. (1972) Effects of Two Layer Earth on the Electric Field near HVDC Ground Electrodes. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **91**, 36-41.
- [3] Dawalibi, F.P. and Mukhedkar, D. (1976) Multi-Step Analysis of Interconnected Electrodes. *IEEE Transactions on*

- Power Apparatus and Systems*, **95**, 113-119. <https://doi.org/10.1109/T-PAS.1976.32083>
- [4] Hepe, R.H. (1979) Computation of Potential at Surface Above an Energized Ground or Other Electrode. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, **98**, 153-158.
- [5] Ma, J., Dawalibi, F.P. and Daily, W.K. (1993) Analysis of Grounding Systems in Soils with Hemispherical Layering. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **8**, 1773-1781. <https://doi.org/10.1109/61.248284>
- [6] Jinxi, M. and Dawlibi, F.P. (2000) Analysis of Grounding Systems in Soils with Cylindrical Soil Volumes. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **15**, 913-918. <https://doi.org/10.1109/61.871352>
- [7] Jinxi, M. and Dawlibi, F.P. (2002) Analysis of Grounding Systems in Soils with Finite Volumes of Different Resistivities. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **17**, 596-602. <https://doi.org/10.1109/61.997944>
- [8] Melipoulos, A.P., Xia, F., Joy, E.B., et al. (1993) An Advanced Computer Model for Grounding System Analysis. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **8**, 13-23. <https://doi.org/10.1109/61.180314>
- [9] Dawalibi, F.P., Ma, J. and Southey, R.D. (1994) Behaviour of Grounding Systems in Multilayer Soils: A Parametric Analysis. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **9**, 334-342. <https://doi.org/10.1109/61.277704>
- [10] Chow, Y.L. and Salama, M.M. (1994) A Simplified Method for Calculating the Substation Grounding Grid Resistance. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **9**, 736-742. <https://doi.org/10.1109/61.296251>
- [11] Chow, Y.L., Yang, J.J. and Srivastava, K.D. (1995) Grounding Resistance of Buried Electrodes in Multi-Layer Earth Predicted by Simple Voltage Measurements along Each Surface—A Theoretical Discussion. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **10**, 707-715. <https://doi.org/10.1109/61.400861>
- [12] Ma, J., Dawalibi, P. and Southey, R.D. (1996) On the Equivalence of Uniform and Two-Layer Soils to Multilayer Soils in the Analysis of Grounding Systems. *Generation, Transmission and Distribution*, **143**, 49-55.
- [13] Chow, Y.L., Elsherbiny, M.M. and Salama, M.M. (1997) Surface Voltages and Resistance of Grounding Systems of Grid and Rods in Two-Layer Earth by the Rapid Galerkin's Moment Method. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **12**, 179-185. <https://doi.org/10.1109/61.568239>
- [14] Hyung-Soo, L., Jung-Hoon, K., Dawalibi, F.P., et al. (1998) Efficient Ground Grid Designs in Layered Soils. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **13**, 745-751. <https://doi.org/10.1109/61.686969>
- [15] Kostic, M.B. (1998) Analysis of Complex Grounding Systems Consisting of Foundation Grounding Systems with External Grids. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **13**, 752-756.
- [16] Qingbo, M., Jinliang, H., Dawalibi, F.P., et al. (1999) A New Method to Decrease Ground Resistances of Substation Grounding Systems in High Resistivity Regions. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **14**, 911-916. <https://doi.org/10.1109/61.772333>
- [17] Guemes, J.A. and Hernando, F.E. (2004) Method for Calculating the Ground Resistance of Grounding Grids Using FEM. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **19**, 595-600. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2004.824761>
- [18] Guemes-Alonso, J.A., Hernando-Fernandez, F.E., Rodriguez-Bona, F. and Ruiz-Moll, J.M. (2006) A Practical Approach for Determining the Ground Resistance of Grounding Grids. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **21**, 1261-1266. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2006.874121>
- [19] Habjanic, A. and Trlep, M. (2006) The Simulation of the Soil Ionization Phenomenon around the Grounding System by the Finite Element Method. *IEEE Transactions on Magnetics*, **42**, 867-870. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2006.871625>
- [20] Trlep, M., Hamler, A., Jesenik, M., et al. (2003) The FEM-BEM Analysis of Complex Grounding Systems. *IEEE Transactions on Magnetics*, **39**, 1155-1158.
- [21] Machias, A.V., Dialynas, E.N. and Protopapas, C.A. (1989) An Expert System Approach to Designing and Testing Substation Grounding Grids. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **4**, 234-240. <https://doi.org/10.1109/61.19209>
- [22] Sverak, J.G., Wang, W., Gervais, Y., et al. (1992) A Probabilistic Method for the Design of Power Grounding Systems. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **7**, 1196-1206. <https://doi.org/10.1109/61.141831>
- [23] 陈慈萱. 边界元法在接地计算中的应用——发变电站地网接地电阻的计算[J]. 高电压技术, 1984(2): 25-29.
- [24] 文习山. 接地体接地参数的数值计算和模拟实验[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉水利电力学院, 1985.
- [25] 文习山. 三层土壤中计算接地参数的程序及一些计算结果[J]. 电力建设, 1987, 8(1): 16-20.
- [26] Xishan, W. (1994) Industry Frequency Performance of Grounding Grids. *Proceedings of International Conference on Power Systems*, Beijing.
- [27] 孙结中, 刘力. 运用等值复数镜像法求解复合分层土壤结构的格林函数[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(9): 146-151.
- [28] 郭剑, 邹军, 何金良, 等. 水平分层土壤中点电流源格林函数的递推算法[J]. 中国电机工程学报, 2004(7):

101-105.

- [29] 赵志斌, 张波, 崔翔, 等. 分层土壤中点电流源电流场计算的递推算法[J]. 华北电力大学学报, 2003(1): 22-24.
- [30] 李光中, 陈彩屏, 赵初元. 边界元法在基础接地中的应用—混凝土基础桩接地电阻的计算[J]. 电工技术学报, 1991(3): 59-63.
- [31] Cidras, J., Otero, A.F. and Garrido, C. (2000) Nodal Frequency Analysis of Grounding Systems Considering the Soil Ionization Effect. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **15**, 103-107.
- [32] 彭向阳, 文习山, 陈慈萱. 大型水电站接地网接地电阻的初步计算 [J]. 中国电力, 1997, 30(7): 10-13.
- [33] Ma, J. and Dawalibi, F.P. (2002) Analysis of Grounding Systems in Soils with Finite Volumes of Different Resistivities. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **17**, 594-602.
- [34] Calixto, W.P., Coimbra, A.P., Alvarenga, B., Molin, J.P., Cardoso, A. and Neto, L. M. (2012) 3-D Soil Stratification Methodology for Geoelectrical Prospection. *IEEE Transactions on Power Delivery*, **27**, 1636-1643.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jee@hanspub.org