

杨碧轩, 来文娟, 张彦涛. 高压试验室接地系统的设计 [J]. 陕西气象, 2015 (6): 40-43.

文章编号: 1006-4354 (2015) 06-0040-04

高压试验室接地系统的设计

杨碧轩¹, 来文娟², 张彦涛²

(1. 陕西省防雷中心, 西安 710014; 2. 陕西华安防雷工程技术有限责任公司, 西安 710014)

摘要: 以高压实验室为例介绍了一种高压场所地网设计的方法。通过建立双层土壤模型结构, 利用四级法测量多组视在土壤电阻率, 构建最优化目标函数, 求解确定土壤参数; 再根据土壤参数, 利用 CDEGS 软件中的建模, 来估算接地系统的组织及最大接触电压、最大跨步电压来指导工程施工。

关键词: 接地系统; 最大接触电压; 最大跨步电压

中图分类号: P429

文献标识码: A

接地系统是保障电力系统正常运行, 防止人身触电事故, 预防电气火灾, 防止雷击和静电损害人民生命与财产安全的基本措施。但实际上理想的接地装置(阻值为零)是不存在的, 在通信站、军事设施、变电站建设中, 对接地系统设计不仅仅有接地电阻值的要求, 常常还有最大接触电压和最大跨步电压的要求, 如何在接地系统的

建设中满足这些要求, 结合实际工作的一些做法和经验进行分析探讨。

1 高压试验室接地要求分析

根据 DL/T621—1997《交流电气装置的接地》规定, 在确定发电厂、变电站的接地系统的形式和布置时, 应降低接触电压和跨步电位并达到安全值以下。对于有效接地和低电阻接地系统

收稿日期: 2015-08-27

作者简介: 杨碧轩 (1967—), 男, 陕西城固人, 汉族, 硕士, 高级工程师, 主要从事雷电预报预警、灾害鉴定、防护等研究。

DT+''' and ObservTimes <= '''+ EndDT +''''; 获取指定站点、观测时间在指定统计时间段内的 Qc2 字段

其中, strStation 为统计的站号, BeginDT、EndDT 为开始、结束时间。

2.2.3 获取统计时段总小时数 从国家站小时数据表 (SURF _ HOUR _ DATAQC) 获取统计时段内总小时数。

```
string sqlstr = "SELECT count (*) as totalhours FROM "+ "surf _ hour _ dataqc WHERE  
iiii = '''+ strStation + '''+ and ObservTimes >  
= '''+ BeginDT + '''+ and ObservTimes <= '''+  
EndDT + '''';
```

其中, strStation 为统计的站号, BeginDT、

EndDT 为开始、结束时间。

3 小结

应用 .NET 技术开发数据质量统计软件, 用户根据需求选择相应统计时段便可得到全省国家级自动气象站的数据质量统计结果。但当统计时间较长, 统计数据量增大, 系统运行时间也随之偏长, 执行效率偏低, 因此需对代码进行优化, 或选用与数据库 DBE (数据库引擎) 无缝集成性能较好 Delphi 语言^[1]进行开发将会提高系统的运行能力。

参考文献:

- [1] 沈才梁, 万志平, 章春军, 等. Delphi 7.0 程序设计教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2007: 7-8.

的电气装置保护接地电阻要求满足 $R < 2000/I$ (R 为参考了季节变化的最大接地电阻, I 为流经接地装置的入地短路电流)。可以看出, 接地电阻的数值不是一个具体的规定值, 而是由最大入地电流的大小所决定的。确定接地系统的安全阻值, 主要需要考虑两个问题: ① 如果出现高压闪络, 最大的入地电流会造成多高的地电位抬升; ② 在试验期间工作区的人员安全问题。

2 土壤双层模型

影响接地系统中接地电阻的主要因素是接地体及其周围敷设土壤的特性。在土壤均匀的情况下, 通常用四级法较容易测出土壤电阻率的大小, 然后决定接地体接地电阻的大小; 但在土壤不均匀的情况下, 用四级法测出的土壤电阻率不再是土壤的实际电阻率, 而是综合考虑土壤不均匀性后的一个视在电阻率, 因此也无法直接求出接地体接地电阻的大小。对于大中型地网来说, 其所处的土壤大多可以视为水平双层土壤模型结构^[1]。描述这种土壤模型的参数有上层土壤电阻率 ρ_1 、下层土壤电阻率 ρ_2 (或者折射系数 $k = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$)、上层土壤厚度 h 。这几个参数是进行接地网设计的必备条件, 需在设计之前确定。因此根据四级法测量的数据, 确定描述双层土壤的参数。

2.1 四级法和视在土壤电阻率

对于均匀土壤, 四级法测出的土壤电阻率

$$\rho = 2\pi a \left(\frac{V}{I} \right) = 2\pi a R, \quad (1)$$

其中, R 是电压级电压 V 与电流级间流过的电流 I 之比, a 是测量电极之间的间距。 R 的值可以用接地电阻仪直接测出。对于双层土壤模型, 利用四级法测出的土壤电阻率为视在电阻率^[2]。根据四级法测量的土壤视在电阻率与上层土壤电阻率、土壤的折射系数以及上层土壤的厚度存在关系式

$$\rho_a = \rho_1 \left\{ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{k^n}{\sqrt{1 + (2nh/a)^2}} - \frac{k^n}{\sqrt{4 + (2nh/a)^2}} \right] \right\}, \quad (2)$$

其中, n 为镜像的次数。在实际计算中, n 取 10 ~ 20 即可。

2.2 双层土壤参数的计算方法

采用四级法实测可得某特定土壤的若干组视在电阻率 (ρ'_a, a_j) ($j = 1, 2, \dots, m$) 数据。根据实测数据利用优化方法进行求解计算得出 ρ_1, ρ_2 和 h 。

2.2.1 RESIST 法 为了确定双层土壤模型参数, 运用最优化原理定义最优化目标函数

$$\phi(\rho_1, k, h) = \sum_{j=1}^m \left[\frac{\rho'_a(a_j) - \rho_a(a_j)}{\rho'_a(a_j)} \right]^2. \quad (3)$$

$\rho_a(a_j)$ 为有限表达式决定的视在电阻理论值。当 $f\phi(\rho_1, k, h)$ 极小时, 所求得的 ρ_1, k 和 h 值就是该土壤模型的最优解。对于这样一个无约束的极小化问题, 可以采用快速下降法进行求解。

2.2.2 SPET 法 对公式(3)进行适当修正后, 土壤视在电阻率还可以改变表达形式。

当 $\rho_2 > \rho_1$ 时,

$$\rho_a = \rho_1 + 4\rho_1 ka \left(\frac{1}{\sqrt{a^2 + 4h^2}} - \frac{1}{\sqrt{4a^2 + 4h^2}} \right) + 4\pi v_b a \left(\sqrt{\frac{c}{c + (a/h)^\beta}} - \sqrt{\frac{c}{c + (2a/h)^\beta}} \right), \quad (4)$$

其中, $v_b = \rho_1 [-k - \ln(1-k)] / (2\pi h)$,

$$c = 16.4133 (\ln(\rho_2/\rho_1))^{0.393468},$$

$$\beta = 2.0 - 0.136074 \ln(\rho_2/\rho_1).$$

当 $\rho_2 < \rho_1$ 时,

$$\rho_a = \rho_2 + (\rho_1 - \rho_2) [2e^{-b(a)a} - e^{-b(a)2a}],$$

其中, $b(a) = [b_m - (b_m - 0.673191)e^{-0.479512a/h}] / h$,

$$b_m = 1.33335 - 0.882645(\rho_2/\rho_1)^{0.697106}.$$

用视在电阻率实测数据 ρ'_{aj} 和有限表达式决定的理论值 ρ_{aj} 构造平方误差函数

$$f(\rho_1, \rho_2, h) = \sum_{j=1}^m \left[\frac{\rho'_{aj} - \rho_{aj}(\rho_1, \rho_2, h)}{\rho'_{aj}} \right]^2. \quad (5)$$

根据优化目标函数, 可以使用相同的方法或者遗传算法等优化算法对上式进行最小化, 从而得出所对应土壤的各个参数。

3 高压试验室接地网的设计

以西安某高压试验室为例介绍高压试验室接地网的设计。该试验室是进行高压测试和模拟的试验室, 试验室配备有 500 kV 工频试验变压器、1200 kV 冲击电压发生器和 ± 600 kV 直流高压发生器各一台。由于试验室一侧靠近山边,

一侧靠近公路, 土壤结构复杂, 土壤下层为岩石。为了防止低电位反击和使用设备产生静电感应, 必须给该试验室设计独立的接地网。

3.1 土壤电阻率的测量

采用四级法分别测量试验室所在地两侧的土壤电阻率, 测量仪器采用 ZC29B-2 型接地电阻测试仪, 测量时已连续 3 d 晴天, 测试结果见表 1 和表 2。

表 1 公路侧土壤电阻率测试结果

电极距离/m	电阻/ Ω	土壤电阻率/ (Ω/m)
1	7.10	44.610 72
2	2.00	25.132 80
3	1.00	18.849 60
4	0.46	11.561 09
5	0.33	10.367 28
6	0.22	8.293 82
7	0.18	7.916 83
8	0.16	8.042 50
9	0.10	5.654 88

表 2 靠山侧土壤电阻率测试结果

电极距离/m	电阻/ Ω	土壤电阻率/ (Ω/m)
1	24.0	150.796 8
2	10.0	125.664 0
3	6.6	124.407 4
4	3.9	98.017 9
5	2.1	65.973 6

根据测量结果, 在靠公路一侧土壤宜分为两层考虑, 0~4 m 范围土壤电阻率变化较快, 可取 45 Ω/m , 4 m 以下取 8 Ω/m ; 靠山一侧土壤电阻率明显大于公路侧, 其原因可能是地下构成为岩石。若也分为两层考虑, 则 0~3 m 范围土壤电阻率可取 150 Ω/m , 3 m 以下取 120 Ω/m 。

3.2 地网接地电阻等的计算

(1) 接地电阻值、最大接触电压和最大跨步电压的计算

利用靠山一侧实测的土壤电阻率数据, 通过 CDEGS 软件 (CDEGS 软件是由加拿大 SES 公司开发, 解决电力系统接地、电磁场和电磁干扰

等工程问题的强大工具软件, 并可以解决阴极保护等问题。) 的 RESAP 模块计算得到所需地网模型 (见图 1)。考虑季节因素, 上层土壤电阻率取 152.7 Ω/m , 上层土壤厚度取 2.8 m, 下层土壤电阻率取 24.7 Ω/m 。入地电流为 10 A, 计算得到的接地电阻为 1.103 7 Ω , 最大接触电压和最大跨步电压分别 8.247 V 和 3.435 V。

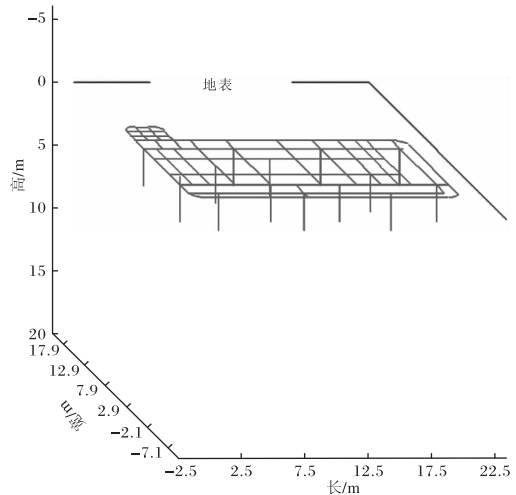


图 1 接地系统在 CDEGS 软件中的建模

(2) 降低地网的接地阻值

计算得到的接地电阻的阻值 (1.103 7 Ω) 大于 1 Ω , 为了降低地网的接地阻值, 在原地网设计中再增加 17 根离子棒接地极, 可以有效降低地网接地电阻至 0.6 Ω 左右。另外, 为了减小杂散电容对测量系统的影响, 建议在试验设备的底部使用铁板铺垫, 测量线路从铁板上的开口进入地下电缆沟再引入控制室。

4 结论

(1) 通过建立双层土壤模型来对高压试验室接地网的布局及使用接地材料数量进行准确计算, 既能满足接地阻值的要求, 又能对试验室的最大接触电压和最大跨步电压进行估算, 对接地网的施工具有指导意义。

(2) 利用实测的土壤电阻率数据, 通过 CDEGS 软件 RESAP 模块计算, 估算出设计地网的最大接触电压和最大跨步电压的方法, 可以在高压试验室等高压场所的防雷安全设计做模拟计算, 准确指导工程施工。

李崇福, 苏静. Rotronic Hygrolab 多路温湿度数据采集器本地化应用开发 [J]. 陕西气象, 2015 (6): 43-44.

文章编号: 1006-4354 (2015) 06-0043-03

Rotronic Hygrolab 多路温湿度数据采集器本地化应用开发

李崇福, 苏静

(陕西省大气探测技术保障中心, 西安 710014)

摘要: Rotronic Hygrolab 多路温湿度采集器 (瑞士生产) 的随机采集软件功能有限, 无法满足业务现代化需求。通过获取和分析该设备的数据通讯传输格式, 开发出适用于业务需求, 具有自动汇总计算采集数据和打印输出功能的应用程序。开发和设计思路对类似进口设备的后期应用开发具有一定的借鉴和参考。

关键词: 多路温湿度; 数据采集; 应用开发

中图分类号: P414

文献标识码: B

陕西省气象计量检定所配置了两台瑞士生产的 Rotronic Hygrolab 多路温湿度采集器, 主要用于自动气象站温度、湿度传感器的检定。该设备性能稳定、操作简单, 多年来未出现质量问题。但是随采集器配发的应用软件功能较单一, 只有英文界面, 缺少软件升级选项和后期扩充功能。由于检测数据的整理基本靠手工操作且无法打印, 大大降低了计量检定人员的工作效率。分析研究该采集器数据传输格式, 从实际业务需求出发, 对应用软件进行了本地化应用开发。

1 功能设计和环境

1.1 功能设计

根据 Rotronic Hygrolab 多路温湿度采集器的特点, 重新设计符合检定规程的处理软件。软

件对设备开机初始化过程进行自动检测, 得到 4 路标准温湿度传感器的原始参数, 对四路温湿度传感器进行编码标示, 软件自动显示实时测试数据, 采集数据的刷新闻隔默认为 2 s (该参数在程序中可人工设置)。初始化检测完成后, 可以手工设置检定过程的检测点数目, 自动保存每分钟定时采集数据。检定结束后, 检定结果可联机打印, 可自动统计和计算现场的测试数据。

1.2 开发环境

操作系统使用 Windows XP, 开发环境为 VB6.0, 使用 VB 标准通讯控件。

2 串口开发工具

为了拦截并验证设备通讯传输的控制命令字符以及传回的数据, 程序开发时使用了串口开发

收稿日期: 2015-04-22

作者简介: 李崇福 (1963—), 男, 河南巩义人, 学士, 高级工程师, 从事气象装备技术保障工作。

(3) 利用此法, 在雷电防护设计中计算雷击点附近的最大接触电压和最大跨步电压, 量化风险参数, 从而有针对性的采取防护措施。

参考文献:

[1] 潘溪渊, 曾嵘, 何金良, 等. 变电站站址土壤结

构分析 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2002, 42 (3): 288-290.

[2] 许虎, 韩果, 徐凯川. 利用 CDEGS 软件分析埋地金属对土壤视在电阻率的影响 [J]. 湖南电力, 2012, 36 (2): 62-64.