



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106443269 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201610927131.3

(22)申请日 2016.10.31

(71)申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街174号

(72)发明人 杨帆 王晓宇 高兵 刘凯 李星

何为 韩升 张莉

(74)专利代理机构 重庆市恒信知识产权代理有限公司 50102

代理人 刘小红 李金蓉

(51) Int. Cl.

G01R 31/00(2006.01)

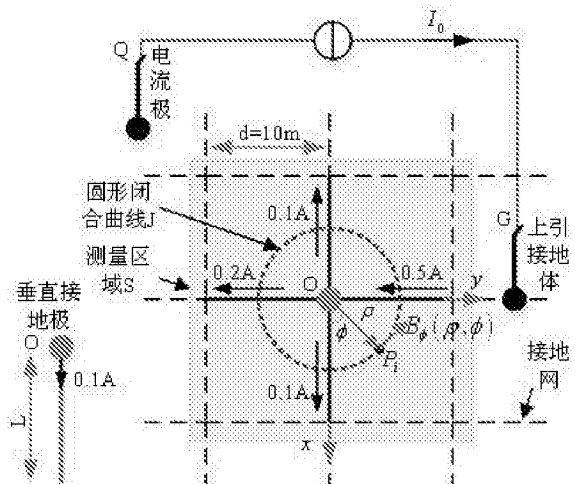
权利要求书2页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法,首先在地表面测量区域内选取圆形闭合曲线,从接地网上引接地体注入电流并从接地网地表土壤中电流极抽出电流,测量圆形闭合曲线上与地表面平行且与圆形闭合曲线相切方向的磁感应强度;其次计算该磁感应强度沿着圆形闭合曲线的曲线积分,得到所述圆形闭合曲线上的等效传导电流;最后水平移动圆形闭合曲线位置,获得测量面积内等效传导电流数值的最大值,则该最大值对应的圆形闭合曲线的圆心位置即为接地网垂直接地极位置。整个检测过程简单,计算量小。



1. 一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法,其特征在于包括以下步骤:

步骤一,选择接地网的一个上引接地体G,同时在接地网地表面土壤中插入电流极Q,从上引接地体G注入电流,并从电流极Q抽出电流;

步骤二,在接地网地表面确定一个测量区域S,在测量区域S内确定一个圆形闭合曲线J,获取所述圆形闭合曲线J上的磁感应强度 $B_{\phi}(\rho, \phi)$,磁感应强度 $B_{\phi}(\rho, \phi)$ 的方向平行于地表面且与圆形闭合曲线J相切, ρ 为以圆形闭合曲线J的圆心为极点建立坐标系的极径, ϕ 为极角;

步骤三,计算所述圆形闭合曲线J上的等效传导电流 $I = \int_0^{2\pi} \frac{B_{\phi}(\rho, \phi) \rho}{\mu_0} d\phi$,其中 μ_0 为真空磁导率, $\int_0^{2\pi} B_{\phi}(\rho, \phi) \rho d\phi$ 为磁感应强度 $B_{\phi}(\rho, \phi)$ 沿着圆形闭合曲线J的曲线积分;

步骤四,在测量区域S内水平移动圆形闭合曲线J位置,获得多个等效传导电流,其中等效传导电流最大值所对应的圆形闭合曲线的圆心为接地网垂直接地极位置。

2. 根据权利要求1所述一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法,其特征在于:步骤二中所述获取所述圆形闭合曲线J上的磁感应强度的步骤包括:

A以圆形闭合曲线J的圆心O为极点,建立平面极坐标系 (ρ, ϕ) ,其中 ρ 为极径, ϕ 为极角;

C 圆形闭合曲线J的半径为 r ,在圆形闭合曲线J上布置N个测量点 F_i ,测量点 F_i 的极坐标为 $(r, 2\pi(i-1)/N)$,其中 $1 \leq i \leq N$, $N \geq 1$;

D利用电磁感应原理获取所述圆形闭合曲线J上各测量点 F_i 处的磁感应强度 $B_{\phi}(\rho, \phi)$,磁感应强度 $B_{\phi}(\rho, \phi)$ 的方向平行于地表面且与圆形闭合曲线J相切,每个测量点 F_i 处的磁感应强度 $B_{\phi}(\rho, \phi)$ 表示为 $B_{\phi}(r, 2\pi(i-1)/N)$ 。

3. 根据权利要求2所述一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法,其特征在于:所述测量区域S位于上引接地体G和电流极Q之间。

4. 根据权利要求2所述一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法,其特征在于:步骤三中所述磁感应强度 $B_{\phi}(\rho, \phi)$ 沿着圆形闭合曲线J的曲线积分表示为

$\int_0^{2\pi} B_{\phi}(\rho, \phi) \rho d\phi = \frac{2\pi r}{N} \sum_{i=1}^N B_{\phi}(r, 2\pi(i-1)/N)$, r 为圆形闭合曲线J的半径,N为圆形闭合曲线J上布置的测量点个数。

5. 根据权利要求1或2或3或4所述一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法,其特征在于:所述上引接地体G注入频率为20~2000Hz的电流,其幅值在 $0 \leq I \leq 10A$ 的范围内连续可调。

6. 根据权利要求5所述一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法,其特征在于:所述上引接地体G与电流极Q的距离 $D_{GQ} \geq 5m$ 。

7. 根据权利要求1或2或3或4或6所述一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法,其特征在于:所述电流极Q紧密而不松动地插入土壤,插入深度大于等于20cm。

一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种接地网垂直接地极检测方法,特别涉及了一种基于等效传导电流的检测接地网垂直方向载流导体位置的方法。

背景技术

[0002] 垂直接地极作为降低接地电阻值的一种有效方法,特别是在扩大接地网面积和敷设引外接地网等将接地网向水平方向扩展的降阻方法往往难以实现时,常采用垂直接地极来降低接地网接地电阻的方法,将接地网向纵深方向扩展,使入地短路电流通过垂直接地极流向大地深处。在变电站接地网改造和高土壤电阻率地区变电站接地网设计中,常采用增加垂直接地极数目和长度方式来降低接地网接地电阻,改善接地网电气性能。垂直接地极主要布置在接地网支路交叉节点、接地网边界支路及主要设备如变压器、避雷器周围。垂直型接地极占地面积小,能将电流导入地底深处,有利于改善跨步电压和接触电势,对环境影响小,也用于提高特高压直流输电系统运行可靠性极钳制换流站(整流阀)中性点电位,避免两极对地电压不平衡而损害设备。

[0003] 垂直接地极作为接地网三维立体成像中一部分,需要准确的探测垂直接地极位置,特别是在接地网图纸丢失或图纸与实际不符情况下,尤为重要。目前多采用磁场法来探测接地网拓扑结构和接地网腐蚀故障诊断,而探测垂直接地极位置的研究较少。

发明内容

[0004] 鉴于此,本发明针对检测接地网的垂直接地极位置,提供了一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法。

[0005] 为了实现上述目的本发明采用如下技术方案:一种基于等效传导电流的接地网垂直接地极检测方法,包括以下步骤:

步骤一,选择接地网的一个上引接地体G,同时在接地网地表面土壤中插入电流极Q,从上引接地体G注入电流 I_0 ,并从电流极Q抽出电流 I_0 。

[0006] 步骤二,在接地网地表面确定一个测量区域S,在测量区域S内确定一个圆形闭合曲线J,获取所述圆形闭合曲线J上的磁感应强度 $B_p(\rho, \phi)$,磁感应强度 $B_p(\rho, \phi)$ 的方向平行于地表面且与圆形闭合曲线J相切, ρ 为以圆形闭合曲线J的圆心为极点建立坐标系的极径, ϕ 为极角;确定测量区域S时,测量区域S位于上引接地体G和电流极Q之间。

[0007] 步骤三,计算所述圆形闭合曲线J上的等效传导电流 $I = \int_0^{2\pi} \frac{B_p(\rho, \phi) \rho}{\mu_0} d\phi$,其中 μ_0

为真空磁导率, $\int_0^{2\pi} B_p(\rho, \phi) \rho d\phi$ 为磁感应强度 $B_p(\rho, \phi)$ 沿着圆形闭合曲线J的曲线积分。

[0008] 步骤四,在测量区域S内水平移动圆形闭合曲线J位置,获得多个等效传导电流,其中等效传导电流最大值所对应的圆形闭合曲线的圆心为接地网垂直接地极位置。

[0009] 步骤二中所述获取所述圆形闭合曲线J上的磁感应强度的步骤包括:

A以圆形闭合曲线J的圆心O为极点,建立平面极坐标系 (ρ, ϕ) ,其中 ρ 为极径, ϕ 为极角。

[0010] C圆形闭合曲线J的半径为 r ,在圆形闭合曲线J上布置N个测量点 F_i ,测量点 F_i 的极坐标为 $(r, 2\pi(i-1)/N)$,其中 $1 \leq i \leq N, N \geq 1$ 。

[0011] D利用电磁感应原理获取所述圆形闭合曲线J上各测量点 F_i 处的磁感应强度 $B_\phi(\rho, \phi)$,磁感应强度 $B_\phi(\rho, \phi)$ 的方向平行于地表面且与圆形闭合曲线J相切,每个测量点 F_i 处的磁感应强度 $B_\phi(\rho, \phi)$ 表示为 $B_\phi(r, 2\pi(i-1)/N)$ 。

[0012] 基于以上表示,步骤三中所述磁感应强度 $B_\phi(\rho, \phi)$ 沿着圆形闭合曲线J的曲线积分表示为 $\int_0^{2\pi} B_\phi(\rho, \phi) \rho d\phi = \frac{2\pi r}{N} \sum_{i=1}^N B_\phi(r, 2\pi(i-1)/N)$, r 为圆形闭合曲线J的半径,N为圆形闭合曲线J上布置的测量点个数。

[0013] 在本发明的具体实施例中,所述上引接地体G注入频率为20~2000Hz的电流,其幅值在 $0 \leq I \leq 10A$ 的范围内连续可调。

[0014] 在本发明的另一具体实施例中,所述上引接地体G与电流极Q的距离 $D_{GQ} \geq 5m$ 。

[0015] 在本发明的又一具体实施例中,所述电流极Q紧密而不松动地插入土壤,插入深度大于等于20cm。

[0016] 本发明的方法在检测接地网垂直接地极时能达到的有益技术效果如下:首先在地表面测量区域S内选取圆形闭合曲线J,从接地网上引接地体G注入电流 I_0 并从接地网地表土壤中电流极Q抽出电流,测量圆形闭合曲线J上与地表面平行且与圆形闭合曲线相切方向的磁感应强度 $B_\phi(\rho, \phi)$;其次计算该磁感应强度 $B_\phi(\rho, \phi)$ 沿着圆形闭合曲线J的曲线积分 $\int_0^{2\pi} B_\phi(\rho, \phi) \rho d\phi$,得到所述圆形闭合曲线上的等效传导电流 I ;最后水平移动圆形闭合曲线J位置,获得测量面积S内等效传导电流 I 数值的最大值 I_{max} ,最大值 I_{max} 对应的圆形闭合曲线的圆心位置即为接地网垂直接地极位置。整个检测过程简单,计算量小,能够获得设计图纸已缺失的变电站接地网垂直接地极位置,便于后期对接地网3D结构成像。

附图说明

[0017] 图1为本发明的接地网垂直接地极检测示意图;

图2为本发明的等效传导电流 I 与圆形闭合曲线半径 r 的关系图;

图3为本发明的有垂直接地极的接地网地表等效传导电流 I 分布图。

具体实施方式

[0018] 参见图1,在有垂直接地极的接地网模型中,从地表面测量区域S内选取圆形闭合

曲线J,测量区域S为10m×10m,从接地网上引接地体G注入电流 I_0 并从接地网地表土壤中电流Q抽出电流,其中电流 I_0 的幅值为0.5A、频率为1kHz。在支路交叉节点O处放置垂直接地极,从O点流入垂直接地极的电流为0.1 A,接地网支路流入O点电流为0.5 A,接地网支路流出O点电流为0.1 A、0.2 A、0.1 A。设定接地网支路长度d=10 m,垂直接地极长度L=2 m,埋藏深度h=1 m。

[0019] 以圆形闭合曲线J的圆心O为极点,建立平面极坐标系 (ρ, ϕ) ,其中 ρ 为极径, ϕ 为极角。获取所述圆形闭合曲线J上的磁感应强度 $B_\phi(\rho, \phi)$,磁感应强度 $B_\phi(\rho, \phi)$ 的方向平行于地表面且与圆形闭合曲线J相切,磁感应强度 $B_\phi(\rho, \phi)$ 的大小以逆时针方向为正。计算所述圆形闭合曲线J上的等效传导电流 $I = \int_0^{2\pi} \frac{B_\phi(\rho, \phi)\rho}{\mu_0} d\phi$,其中 μ_0 为真空磁导率, $\int_0^{2\pi} B_\phi(\rho, \phi)\rho d\phi$

为磁感应强度 $B_\phi(\rho, \phi)$ 沿着圆形闭合曲线J的曲线积分。选择相同的圆心O,将圆形闭合曲线J的半径记为 r ,如图2,则有垂直接地极的接地网地表面等效传导电流 I 随着圆形闭合曲线半径 r 的增大而反向增大。

[0020] 设定圆形闭合曲线J的半径 $r=1\text{m}$,并在测量区域S内建立平面直角坐标系xy,坐标原点为垂直接地极所在位置。通过水平移动圆形闭合曲线J位置,获得测量面积S内等效传导电流 I 分布情况,如图3,其中x轴和y轴分别代表圆形闭合曲线J的圆心坐标位置。在坐标位置(0,0)处,测量面积S内等效传导电流 I 的数值存在最大值 I_{\max} ,则最大值 I_{\max} 对应的圆形闭合曲线的圆心位置(0,0)即为接地网垂直接地极位置。

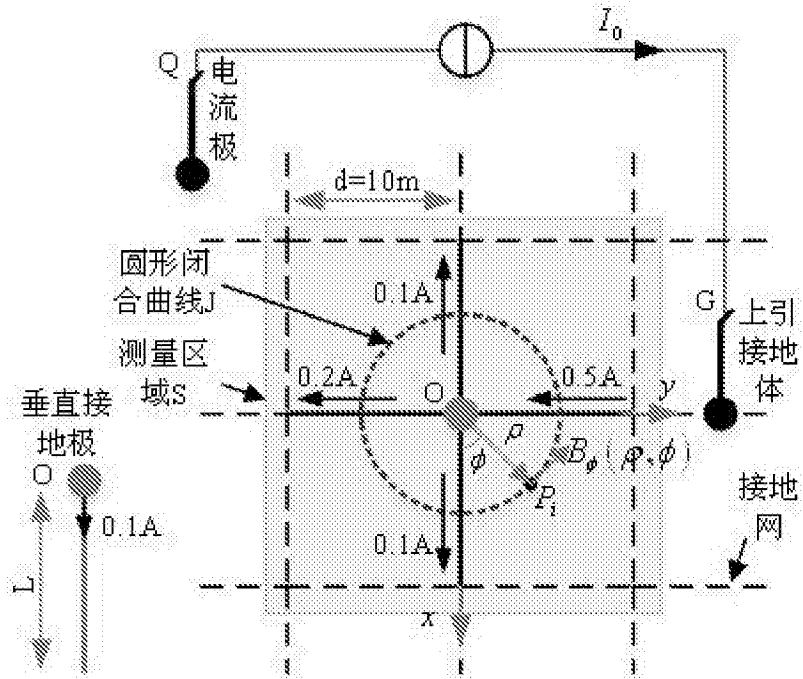


图1

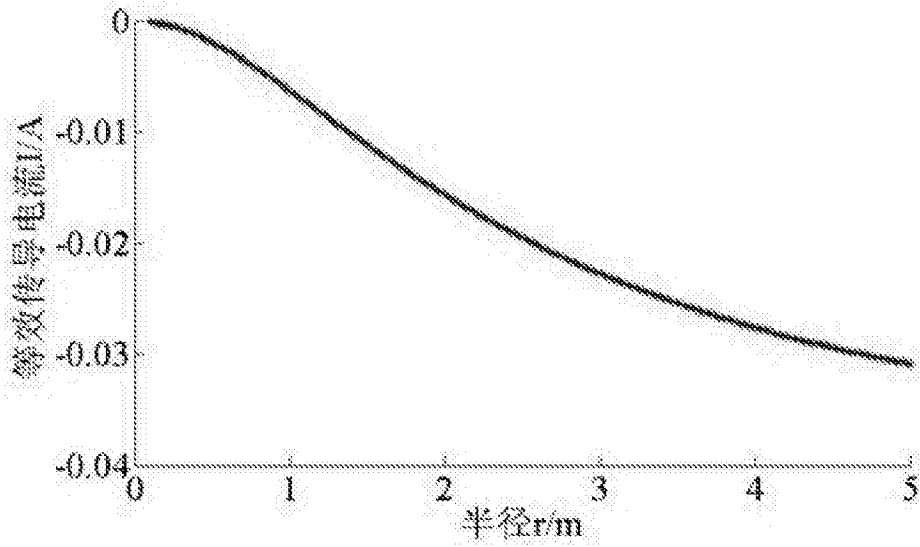


图2

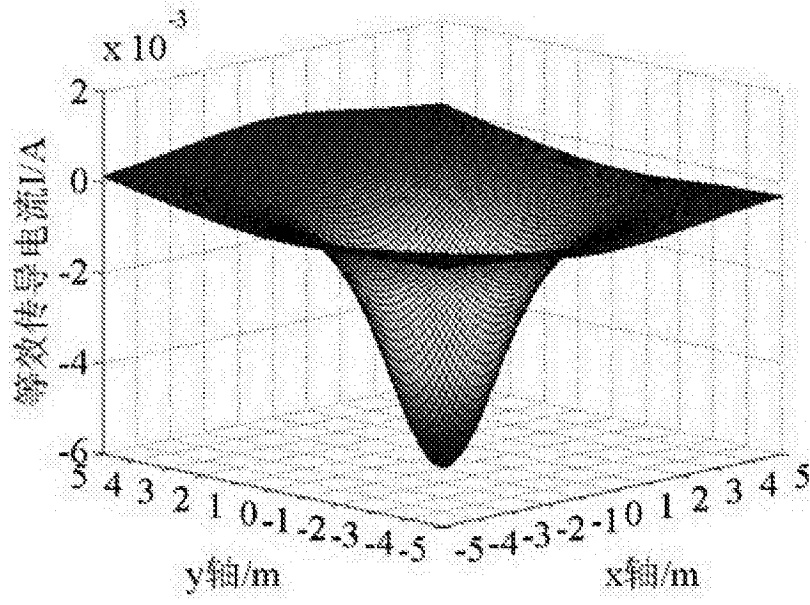


图3