



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104568719 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201510012452. 6

(22) 申请日 2015. 01. 12

(71) 申请人 国家电网公司

地址 300010 天津市河北区五经路 39 号

申请人 国网天津市电力公司

(72) 发明人 郭军科 于金山 苏展 卢立秋

郝春艳 邵林 刘鸿芳

其他发明人请求不公开姓名

(74) 专利代理机构 天津盛理知识产权代理有限

公司 12209

代理人 王来佳

(51) Int. Cl.

G01N 17/00(2006. 01)

权利要求书2页 说明书5页

(54) 发明名称

一种变电站接地网的评估方法

(57) 摘要

本发明涉及一种变电站接地网的评估方法,包括步骤:(1)应用法拉第定律,推导出接地网金属的厚度减薄速率;(2)确定未考虑腐蚀时,接地线最小截面积 S_g ;(3)确定考虑腐蚀因素的影响时,接地线最小截面积 S_{g2} ;(4)确定接地网的评估年限。本方法计算过程清晰,准确率高,为电力系统接地网的安全运行提供了理论上的有力支撑。

1. 一种变电站接地网的评估方法,其特征在于该方法包括步骤如下:

(1) 应用法拉第定律,推导出接地网金属的厚度减薄速率;

接地网材料在土壤中腐蚀过程适用于法拉第定律: $\Delta m = MQ/zF$, 式中, Δm 是溶解了的金属质量; M 是其原子量; Q 是转移的电荷; z 是金属离子的化合价; F 是法拉第常数,借助密度 ρ_s 能够导出下式:

$$J_A = Q/St = \Delta m/St \times zF/M - \Delta s/t \times zF \rho_s/M$$

式中, J_A 是金属离子通道的阳极分反应的电流密度; S 是电极的表面积; t 是时间; Δs 是被剥离的厚度;

$$W - f_a J_A = \Delta s/t$$

$$f_a = M/zF \rho_s = 3.2684/z (M/g \cdot \text{mol}^{-1}) (g \cdot \text{cm}^{-3}/\rho_s) \text{mm} \cdot \text{a}^{-1}/\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$v = f_b J_A = \Delta m/St$$

$$f_b = M/zF = 0.32311/z (M/g \cdot \text{mol}^{-1}) g \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}/\text{mA} \cdot \text{cm}^{-2}$$

式中, W 是厚度减薄速率, v 是单位面积的质量损失速率;

$$W = f_c v \quad (\text{I})$$

$$f_c = f_a/f_b = 1/\rho_s = 8.76((g \cdot \text{cm}^{-3}/\rho_s) \text{mm} \cdot \text{a}^{-1}/g \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$$

其中, f_a 、 f_b 、 f_c 为接地网材料换算系数;

通过上述公式(I)及 f_a 、 f_b 、 f_c 换算系数即可得出接地网金属的厚度减薄速率;

(2) 确定未考虑腐蚀时,接地线最小截面积 S_{g1} ;

根据热稳定条件,未考虑腐蚀时,接地线最小截面积 S_g (单位: mm^2)为:

$$S_{g1} = I_g/c \cdot t_e^{-2} \quad (\text{II})$$

其中,在公式中 I_g 为流过接地线的短路电流稳定值、 c 为接地线材料的热稳定系数, t_e 为短路的等效持续时间;

(3) 确定考虑腐蚀因素的影响时,接地线最小截面积 S_{g2} ;

$$S_{g2} = (A - 2 \times w \times n) (B - 2 \times w \times n) \quad (\text{III})$$

其中,接地网是圆钢类型时,式中, A 表示接地网宽度, B 表示接地网厚度, n 表示运行年限, w 表示接地网材料减薄速率,单位: mm/a ;

(4) 确定接地网的评估年限。

2. 根据权利要求1所述的变电站接地网的评估方法,其特征在于:所述步骤(1)中对于 f_a 、 f_b 、 f_c 换算系数,常见的接地网材料换算系数如下表:

	f_a /mm \cdot a $^{-1}$ /mA \cdot cm $^{-2}$	f_b /g \cdot cm $^{-2}\cdot$ h $^{-1}$ /mA \cdot cm $^{-2}$	f_c m \cdot a $^{-1}$ /g \cdot cm $^{-2}\cdot$ h $^{-1}$
Cu=Cu $^{2+}$ +2e	11.6	11.9	0.98
Fe=Fe $^{2+}$ +2e	11.6	10.4	1.12
Zn=Zn $^{2+}$ +2e	15.0	12.2	1.23

3. 根据权利要求 1 所述的变电站接地网的评估方法,其特征在於:所述步骤 (2) 的公式 (II) 中 I_g , c , t_e 的具体规定为:

① I_g 为流过接地线的短路电流稳定值,单位 :A,对于有效接地系统和低电阻接地系统,考虑单项或两项接地短路电流;对于不接地、消弧线圈接地和高电阻接地系统,则考虑异点两项接地短路电流, I_g 根据系统 5-10 年发展规划,按系统最大运行方式确定, I_g 按变电站母线短路电流最大值 75% 计算;

② c 为接地线材料的热稳定系数,根据材料的种类、性能及最高允许温度和短路前接地线的初始温度确定,钢取 70,铜取 210,铝取 120;

③ t_e 为短路的等效持续时间,单位 :s,500kV 的系统取 0.35s,200kV 系统取 0.6-0.7s,110kV 及以下电压等级系统故障持续时间根据实际情况选取,考虑到继电保护配置接近,取 220kV 系统相同的水平值 0.6-0.7s。

4. 根据权利要求 1 所述的变电站接地网的评估方法,其特征在於:所述步骤 (4) 确定接地网的评估年限的具体方法为:

① 对于已经使用的接地网,通过实际接地网的实施规格,与 S_{g2} 的数值比较,取实施规格数值,与计算 S_g 值最接近时的 n 值,得出实际接地网的评估使用年限;

② 对于未考虑腐蚀时,计算出的接地线最小截面积 S_g ,通过比较 S_{g1} 和按照不同年数计算的 S_{g2} 的值,得出该 S_{g1} 设计值的在役寿命。

一种变电站接地网的评估方法

技术领域

[0001] 本发明属于变电站接地网技术领域,尤其是一种变电站接地网的评估方法。

背景技术

[0002] 接地技术涉及接地系统电气参数数值分析及优化设计、土壤结构参数分析、高土壤电阻率地区的降阻技术、接地电阻科学测量、接地网的腐蚀诊断技术及接地装置冲击特性等多方面问题。大量的文献表明接地网的主要研究成果集中在三个方面。一是接地系统参数的测试与分析及优化设计,不仅要考虑接地阻抗,还应该考虑其跨步电压、接触电压及地网上电位分布,其次还应该考虑到地网的电气完整性、热容量、抗腐蚀性能等参数,一般还需要测量土壤电阻率建立土壤的分层模型,通过数值分析获得更加精确的测量分析结果和指导优化设计。二是接地网的状况及其评估,根据接地网测试和分析结果判断接地网的安全性,主要包括接地电阻、接触电压、跨步电压和接地引下线和接地网的热容量等参数的容限值,参照国内外的标准,对接地系统进行安全性的评估。三是接地网故障监测与诊断,通过接地引下线测量接地系统的连通性和诊断接地网的腐蚀状况,提出相应的整改和维护措施,为接地网的安全运行提供保障。

[0003] 研究行之有效的接地网腐蚀检测和故障诊断方法以及接地网可测性问题,对于正确掌握接地网的运行状况,评价各种接地网故障诊断算法的可行性和适用性,及时发现接地网隐患并采取相应措施具有重要的指导意义,更有利于保障人民的生命财产和安全。

[0004] 电力系统的电气事故中有很多与接地装置的缺陷有关。究其原因,接地网是电力系统深埋在地下的隐蔽设施,现场暴露的主要技术问题是接地网腐蚀、接地引下线截面偏小和接地体之间连接不良,这些问题都给电力的故障埋下了隐患。接地网腐蚀是一个渐变的过程,腐蚀到一定程度即进入故障状态,可靠性降低甚至性能失效,不能满足电力系统安全运行的要求。我国由于资源、经济等原因,接地网所用的材质主要为普通碳钢,接地网腐蚀通常呈现局部腐蚀形态,发生腐蚀后接地网碳钢材料变脆、起层、松散、减薄,甚至发生断裂,所以电力接地网腐蚀严重是目前我国电力接地网最为突出的问题。

[0005] 按腐蚀程度的排序,最严重的是电缆沟中接地带的腐蚀,其次是接地引下线的腐蚀,最后是主接地网的腐蚀,腐蚀时间一般是在投运后 5-20 年,严重的在投运后 3 年即腐蚀。随土壤电阻率、土壤电化学特性、微生物的分布、杂散电流、气候条件、使用的材质、施工工艺以及防腐措施等诸多因素的不同,最大的年腐蚀速度也有差异。

发明内容

[0006] 本发明的目的是为了克服现有技术的不足,提供一种变电站接地网的评估方法。

[0007] 本发明解决其技术问题是采取以下技术方案实现的:

[0008] 一种变电站接地网的评估方法,该方法包括步骤如下:

[0009] (1) 应用法拉第定律,推导出接地网金属的厚度减薄速率;

[0010] 接地网材料在土壤中腐蚀过程适用于法拉第定律: $\Delta m = MQ/zF$, 式中, Δm 是溶

解了的金属质量 ;M 是其原子量 ;Q 是转移的电荷 ;z 是金属离子的化合价 ;F 是法拉第常数, 借助密度 ρ_s 能够导出下式 :

[0011] $J_A = Q/St = \Delta m/St \times zF/M - \Delta s/t \times zF \rho_s/M$

[0012] 式中, J_A 是金属离子通道的阳极分反应的电流密度 ;S 是电极的表面积 ;t 是时间 ; Δs 是被剥离的厚度 ;

[0013] $W - f_a J_A = \Delta s/t$

[0014] $f_a = M/zF \rho_s = 3.2684/z (M/g \cdot mol^{-1}) (g \cdot cm^{-3}/\rho_s) mm \cdot a^{-1}/mA \cdot cm^{-2}$

[0015] $v = f_b J_A = \Delta m/St$

[0016] $f_b = M/zF = 0.32311/z (M/g \cdot mol^{-1}) g \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}/mA \cdot cm^{-2}$

[0017] 式中, W 是厚度减薄速率, v 是单位面积的质量损失速率 ;

[0018] $W = f_c v \quad (I)$

[0019] $f_c = f_a/f_b = 1/\rho_s = 8.76 ((g \cdot cm^{-3}/\rho_s) mm \cdot a^{-1}/g \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1})$

[0020] 其中, f_a 、 f_b 、 f_c 为接地网材料换算系数 ;

[0021] 通过上述公式 (I) 及 f_a 、 f_b 、 f_c 换算系数即可得出接地网金属的厚度减薄速率 ;

[0022] (2) 确定未考虑腐蚀时, 接地线最小截面积 S_{g1} ;

[0023] 根据热稳定条件, 未考虑腐蚀时, 接地线最小截面积 S_g (单位 :mm²) 为 :

[0024] $S_{g1} = I_g/c \cdot t_e^{-2} \quad (II)$

[0025] 其中, 在公式中 I_g 为流过接地线的短路电流稳定值、c 为接地线材料的热稳定系数, t_e 为短路的等效持续时间 ;

[0026] (3) 确定考虑腐蚀因素的影响时, 接地线最小截面积 S_{g2} ;

[0027] $S_{g2} = (A-2 \times w \times n) (B-2 \times w \times n) \quad (III)$

[0028] 其中, 接地网是圆钢类型时, 式中, A 表示接地网宽度, B 表示接地网厚度, n 表示运行年限, w 表示接地网材料减薄速率, 单位 :mm/a ;

[0029] (4) 确定接地网的评估年限。

[0030] 而且, 所述步骤 (1) 中对于 f_a 、 f_b 、 f_c 换算系数, 常见的接地网材料换算系数如下表 :

[0031]

	f_a /mm · a ⁻¹ /mA · cm ⁻²	f_b /g · cm ⁻² · h ⁻¹ /mA · cm ⁻²	f_c m · a ⁻¹ /g · cm ⁻² · h ⁻¹
Cu=Cu ²⁺ +2e	11.6	11.9	0.98
Fe=Fe ²⁺ +2e	11.6	10.4	1.12
Zn=Zn ²⁺ +2e	15.0	12.2	1.23

[0032] 而且, 所述步骤 (2) 的公式 (II) 中 I_g , c, t_e 的具体规定为 :

[0033] ① I_g 为流过接地线的短路电流稳定值, 单位 :A, 对于有效接地系统和低电阻接地

系统,考虑单项或两项接地短路电流;对于不接地、消弧线圈接地和高电阻接地系统,则考虑异点两项接地短路电流, I_g 根据系统 5-10 年发展规划,按系统最大运行方式确定, I_g 按变电站母线短路电流最大值 75% 计算;

[0034] ② c 为接地线材料的热稳定系数,根据材料的种类、性能及最高允许温度和短路前接地线的初始温度确定,钢取 70,铜取 210,铝取 120;

[0035] ③ t_e 为短路的等效持续时间,单位:s,500kV 的系统取 0.35s,200kV 系统取 0.6-0.7s,110kV 及以下电压等级系统故障持续时间根据实际情况选取,考虑到继电保护配置接近,取 220kV 系统相同的水平值 0.6-0.7s。

[0036] 而且,所述步骤 (4) 确定接地网的评估年限的具体方法为:

[0037] ① 对于已经使用的接地网,通过实际接地网的实施规格,与 S_{g2} 的数值比较,取实施规格数值,与计算 S_g 值最接近时的 n 值,得出实际接地网的评估使用年限;

[0038] ② 对于未考虑腐蚀时,计算出的接地线最小截面积 S_g ,通过比较 S_{g1} 和按照不同年数计算的 S_{g2} 的值,得出该 S_{g1} 设计值的在役寿命。

[0039] 本发明的优点和积极效果是:

[0040] 本发明通过测量不同材料的平均腐蚀速率 ($g/dm^2 \cdot a$),通过测量阳极反应电流密度 J_A ,进而知道金属剥离材料的厚度,通过测量不同材料质量损失 Δm ,进而知道转移的电荷。进而知道金属剥离材料的厚度,计算接地网材料减薄速率 w (mm/a),考虑接地网腐蚀因素的影响,得出接地网科学的材料规格,推导出接地网的使用年限。本方法计算过程清晰,准确率高,为电力系统接地网的安全运行提供了理论上的有力支撑。

具体实施方式

[0041] 以下对本发明实施做进一步详述,以下实施例只是描述性的,不是限定性的,不能以此限定本发明的保护范围。

[0042] 一种变电站接地网的评估方法,该方法的步骤如下:

[0043] (1) 应用法拉第定律,推导出接地网金属的厚度减薄速率;

[0044] 接地网材料在土壤中腐蚀过程适用于法拉第定律: $\Delta m = MQ/zF$, 式中, Δm 是溶解了的金属质量; M 是其原子量; Q 是转移的电荷; z 是金属离子的化合价; F 是法拉第常数,借助密度 ρ_s 能够导出下式:

$$[0045] \quad J_A = Q/St = \Delta m/St \times zF/M = \Delta s/t \times zF \rho_s/M$$

[0046] 式中, J_A 是金属离子通道的阳极反应的电流密度; S 是电极的表面积; t 是时间; Δs 是被剥离的厚度;

$$[0047] \quad W - f_a J_A = \Delta s/t$$

$$[0048] \quad f_a = M/zF \rho_s = 3.2684/z (M/g \cdot mol^{-1}) (g \cdot cm^{-3}/\rho_s) mm \cdot a^{-1}/mA \cdot cm^{-2}$$

$$[0049] \quad v = f_b J_A = \Delta m/St$$

$$[0050] \quad f_b = M/zF = 0.32311/z (M/g \cdot mol^{-1}) g \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}/mA \cdot cm^{-2}$$

[0051] 式中, W 是厚度减薄速率, v 是单位表面积的质量损失速率;

$$[0052] \quad W = f_c v \quad (I)$$

$$[0053] \quad f_c = f_a/f_b = 1/\rho_s = 8.76((g \cdot cm^{-3}/\rho_s) mm \cdot a^{-1}/g \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1})$$

[0054] 常见的接地网材料换算系数和标准电位如表 1

[0055] 表 1 金属 - 金属离子电化学反应的换算系数

[0056]

	f_a	f_b	f_c
--	-------	-------	-------

[0057]

	$/\text{mm} \cdot \text{a}^{-1} / \text{mA} \cdot \text{cm}^{-2}$	$/\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} / \text{mA} \cdot \text{cm}^{-2}$	$\text{m} \cdot \text{a}^{-1} / \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$
$\text{Cu}=\text{Cu}^{2+}+2\text{e}$	11.6	11.9	0.98
$\text{Fe}=\text{Fe}^{2+}+2\text{e}$	11.6	10.4	1.12
$\text{Zn}=\text{Zn}^{2+}+2\text{e}$	15.0	12.2	1.23

[0058] 通过上述公式 (I) 及表 1 中的换算系数即可得出接地网金属的厚度减薄速率；

[0059] (2) 确定未考虑腐蚀时,接地线最小截面积 S_g ;

[0060] 根据 DL/T 621-1996 对变电站接地装置的热稳定校核规定,根据热稳定条件,未考虑腐蚀时,接地线最小截面积 S_g (单位: mm^2) 为:

[0061] $S_{g1} = I_g / c \cdot t_e^{-2}$ (II)

[0062] 其中,在公式中对于参数 I_g 、 c 、 t_e^{-2} ,的规定如下:

[0063] ① I_g 为流过接地线的短路电流稳定值 (单位:A),对于有效接地系统和低电阻接地系统,考虑单项或两项接地短路电流;对于不接地、消弧线圈接地和高电阻接地系统,则考虑异点两项接地短路电流, I_g 应根据系统 5-10 年发展规划,按系统最大运行方式确定, I_g 按变电站母线短路电流最大值 75% 计算;

[0064] ② c 为接地线材料的热稳定系数,根据材料的种类、性能及最高允许温度和短路前接地线的初始温度确定,一般地,钢取 70,铜取 210,铝取 120;

[0065] ③ t_e 为短路的等效持续时间 (单位:s),一般地,500kV 的系统取 0.35s,200kV 系统取 0.6-0.7s,110kV 及以下电压等级系统故障持续时间根据实际情况选取,考虑到继电保护配置接近,可取 220kV 系统相同的水平 (0.6-0.7s);

[0066] (3) 确定考虑腐蚀因素的影响时,接地线最小截面积 S_{g2} ;

[0067] $S_{g2} = (A-2 \times w \times n) (B-2 \times w \times n)$ (III)

[0068] 接地网是圆钢类型时,式中, A 表示接地网宽度, B 表示接地网厚度, n 表示运行年限 (单位:年), w 表示接地网材料减薄速率 (mm/a);

[0069] (4) 对于已经使用的接地网,通过实际接地网的实施规格,与 S_{g2} 的数值比较,取实施规格数值,与计算 S_g 值最接近时的 n 值,得出实际接地网的评估使用年限;对于未考虑腐蚀时,计算出的接地线最小截面积 S_g ,通过比较 S_{g1} 和按照不同年数计算的 S_{g2} 的值,得出该 S_{g1} 设计值的在役寿命。

[0070] 实例

[0071] 选择沿海地区 Q235 钢,

[0072] $W = f_c v,$

[0073] 通过计算 $w = 0.877(\text{mm/a})$;

[0074] $S_{g1} = I_g/c \cdot t_e^{-2}$, 流过接地导线的短路电流稳定值 I_g 按核算 220kV 变电站场区母线短路电流最大值 75% 计算, 即 I_g 取 $46.319 \times 0.75 = 34.74\text{kA}$, c 取 70。 $t_e = 0.2\text{s}$ 。

[0075] $S_{g1} = I_g/c \cdot t_e^{-2} = 34.74 \times 10^3 / 70 \cdot 0.2^{-2} = 221.94\text{mm}^2$

[0076] n 选择 1 年。

[0077] $S_{g2} = (A - 2 \times w \times n) (B - 2 \times w \times n) = (6 - 2 \times 0.877 \times 1) (60 - 2 \times 0.877 \times 1)$

[0078] $= 247.31\text{mm}^2$

[0079] 通过 S_{g1} 和 S_{g2} 的比较分析, 得出该地区接地网在役寿命为 1 年。