



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103427354 A

(43) 申请公布日 2013.12.04

(21) 申请号 201310358895.1

(22) 申请日 2013.08.15

(71) 申请人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

申请人 国网天津市电力公司

(72) 发明人 王楠 梁伟 毛华 李盛伟

程雅楠 王兆峰 冯殿珍 马力

耿芳

(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.

H02B 5/01 (2006.01)

权利要求书2页 说明书7页

(54) 发明名称

一种变电站接地网结构的早期确定方法

(57) 摘要

本发明涉及一种变电站接地网结构的早期确定方法,方法步骤包括:获取接地网的总故障电流和分流系数,计算入地短路电流;获取变电站站区尺寸,计算站区总面积;计算接地体的最小截面,选择接地体形状及截面;计算接地体的接地电阻,并进行校验;计算站区最大接触电势、跨步电压,并进行校验;对满足要求的接地体进行技术经济比较,确定最优接地网设计方案;生成接地网设计计算书、工程量清单以及估算书或概算书。本发明可早期确定最优接地网设计方案,有效解决了在可研和初步设计阶段无法准确确定具体工程结构及使用材质的现象,为变电站接地网工程提供了早期设计方法。

1. 一种变电站接地网结构的早期确定方法,其特征在于:方法步骤如下:

第一步,获取接地网的总故障电流和分流系数,计算入地短路电流;

第二步,获取变电站站区尺寸,计算站区总面积;

第三步,计算不同材质接地体的最小截面,结合工程常用接地体物料,选择接地体形状、截面;

第四步,计算所选不同材质接地体的接地电阻,并按照规程规范要求进行校验;

第五步,计算站区最大接触电势、跨步电压,并按照规程规范要求进行校验;接地网地表面的最大接触电位差,即网孔中心对接地网地极的最大电位差;

第六步,对满足要求的不同材质接地体进行技术经济比较,确定最优接地网设计方案;

第七步,生成接地网设计计算书、接地网工程量清单以及接地网估算书或概算书。

2. 根据权利要求1所述的变电站接地网结构的早期确定方法,其特征在于:所述第一步的总故障电流和分流系数,入地短路电流的具体获得方法如下:

(1)利用两公式分别计算入地短路电流:利用获取的接地网的总故障电流和分流系数,计算出变电站经接地装置的入地短路电流,变电站内或变电站外发生接地短路时,流经接地装置的电流按下面两个公式计算:

$$I=(I_{\max}-I_n)(1-K_{e1}) \quad (a)$$

$$I=I_n(1-K_{e2}) \quad (b)$$

式中, I——入地短路电流, A;

I_{\max} ——接地短路时的最大接地短路电流, A;

I_n ——发生最大接地短路电流时,流经变电站接地中性点的最大接地短路电流, A;

K_{e1} 、 K_{e2} ——分别为站内、站外短路时,避雷线的工频分流系数,

(2)比较两公式计算出的电流取较大值:计算用入地短路电流,取(a), (b)两式中较大的 I 值。

3. 根据权利要求1所述的变电站接地网结构的早期确定方法,其特征在于:所述第三步的计算不同材质接地体的最小截面的具体方法是:

(1)根据热稳定条件,接地体的最小截面应满足:

$$S_g \geq \frac{I_g}{C} \sqrt{t_g}$$

式中: S_g ——接地体的最小截面, mm^2 ;

I_g ——流过接地体的短路电流稳定值, A;

t_g ——短路的等效时间, s;

C——接地体材料的热稳定系数,

水平接地极的等效直径为:

$$d = 2\sqrt{\frac{S_g}{\pi}}$$

4. 根据权利要求1所述的变电站接地网结构的早期确定方法,其特征在于:所述第四步计算所选不同材质接地体的接地电阻,并按照规程规范要求进行校验的具体方法是:

(1)接地电阻计算:变电站接地网一般采用水平接地极为主体边缘闭合的复合接地极,其

接地电阻可利用下式计算：

$$R_n = \alpha_1 R_e$$

$$\alpha_1 = (3 \ln \frac{L_0}{\sqrt{S}} - 0.2) \frac{\sqrt{S}}{L_0}$$

$$R_e = 0.213 \frac{\rho}{\sqrt{S}} (1+B) + \frac{\rho}{2\pi L} (\ln \frac{S}{9hd} - 5B)$$

$$B = \frac{1}{1 + 4.6 \frac{h}{\sqrt{S}}}$$

式中, R_n ——任意形状边缘闭合接地网的接地电阻, Ω ;

R_e ——等值(即等面积、等水平接地极总长度)方形接地网的接地电阻, Ω ;

S ——接地网的总面积, m^2 ;

d ——水平接地体的直径或等效直径, m ;

h ——水平接地体的埋设深度, m ;

L_0 ——接地网的外缘边线总长度, m ;

L ——水平接地体的总长度, m ;

(2)接地电阻进行校验:计算出不同材质接地体的接地电阻后,按照规程规范要求,对接地电阻进行校验,保留能够满足规程规范要求的方案。

5. 根据权利要求 1 所述的变电站接地网结构的早期确定方法,其特征在于:所述第五步中接地网地表面的最大接触电位差,即网孔中心对接地网地极的最大电位差,可按下式计算:

$$U_{tmax} = K_{tmax} I R_n$$

式中: U_{tmax} ——最大接触电位差, V ;

K_{tmax} ——最大接触电位差系数 ;

I ——计算用入地短路电流, A ;

R_n ——接地装置的接地电阻, Ω ;

接地网外的地表面最大跨步电位差可按下式计算:

$$U_{smax} = K_{smax} I R_n$$

式中: U_{smax} ——最大跨步电位差, V ;

K_{smax} ——最大跨步电位差系数。

一种变电站接地网结构的早期确定方法

技术领域

[0001] 本发明属于电力系统的变电站设计技术领域,特别是一种变电站接地网结构的早期确定方法。

背景技术

[0002] 为了工作和安全的需要,将电力系统或建筑物中的电气装置、设施的某些导电部分经接地线与接地极相连接,这就是接地。接地电阻是表征接地装置电气性能的重要技术指标之一,指的是当电流 I 经接地电极流入大地时电极上的电压 U 与电流 I 的比值,它包括接地引线的电阻、接地极本体的电阻、接地极与土壤的接触电阻和电极至无穷远处的土壤电阻。

[0003] 由于变电站的接地网肩负着泄放故障电流、均衡地面电位和提供稳定参考电位的任务,因此其接地电阻必须满足如下要求,即在泄放故障电流时地面电位的升高不能超过设备运行所允许的限值,同时不能对人身构成电气冲击。因此,在变电站接地网设计过程中,应严格按照相关国家、行业标准要求,对接地电阻、最大接触电压、跨步电压、导体的热稳定等进行计算和校验,合理选择接地体材质和截面。

[0004] 近年来,伴随着新技术、新工艺的发展,电力设备可靠性不断提高,电气设备主接线形式日趋简单,与此同时,随着智能变电站技术的不断成熟,各种电力设备也向着功能集成化、设备小型化的方向发展。这些技术上的进步为变电站工业化建设模式提供了良好的条件,在变电站建设规模不变的情况下,站区占地面积不断减少。在这种新形势下,变电站接地网设计在满足技术要求的同时,还要不断兼顾经济性的要求,通过技术经济比较,在减少接地网面积、控制接地体造价和降低降阻措施费用三者之间找到平衡点。

[0005] 变电站工程设计一般分为可行性研究、初步设计、施工图设计和竣工图设计等几个设计阶段,在不同的设计阶段,对于变电站接地网设计有着不同的深度要求。一般的,在工程可研和初步设计阶段,设计人只需要提供变电站土壤电阻率和腐蚀性情况、接地材料选择、接地装置设计技术原则及接触电势和跨步电势计算结果、需要采取的降阻、防腐、隔离措施方案等,而不需要绘制变电站接地保护平面布置图,这就造成了在可研、初设阶段无法准确核算接地网的工程量。但是,在进行估算、概算时,又需要设计人员向技经人员提供接地网工程量清单。面对这一情况,在实际工程设计过程中,设计人员往往根据变电站的建设规模,凭借设计经验并参考已建成投产的工程粗略估计出接地网工程量,这种做法往往带来很大的误差。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于针对现有技术的不足,提供一种变电站接地网结构的早期确定方法。

[0007] 本发明解决其技术问题是采取以下技术方案实现的:

[0008] 一种变电站接地网辅助设计及工程造价分析方法,方法步骤如下:

- [0009] 第一步,获取接地网的总故障电流和分流系数,计算入地短路电流;
- [0010] 第二步,获取变电站站区尺寸,计算站区总面积;
- [0011] 第三步,计算不同材质接地体的最小截面,结合工程常用接地体物料,选择接地体形状、截面;
- [0012] 第四步,计算所选不同材质接地体的接地电阻,并按照规程规范要求进行校验;
- [0013] 第五步,计算站区最大接触电势、跨步电压,并按照规程规范要求进行校验;接地网地表面的最大接触电位差,即网孔中心对接地网地极的最大电位差;
- [0014] 第六步,对满足要求的不同材质接地体进行技术经济比较,确定最优接地网设计方案;
- [0015] 第七步,生成接地网设计计算书、接地网工程量清单以及接地网估算书或概算书。
- [0016] 而且,所述第一步的总故障电流和分流系数,入地短路电流的具体获得方法如下;

[0017] (1)利用两公式分别计算入地短路电流:利用获取的接地网的总故障电流和分流系数,计算出变电站经接地装置的入地短路电流,变电站内或变电站外发生接地短路时,流经接地装置的电流按下面两个公式计算:

$$[0018] \quad I = (I_{\max} - I_n) (1 - K_{e1}) \quad (a)$$

$$[0019] \quad I = I_n (1 - K_{e2}) \quad (b)$$

[0020] 式中, I——入地短路电流, A;

[0021] I_{\max} ——接地短路时的最大接地短路电流, A;

[0022] I_n ——发生最大接地短路电流时,流经变电站接地中性点的最大接地短路电流, A;

[0023] K_{e1} 、 K_{e2} ——分别为站内、站外短路时,避雷线的工频分流系数,

[0024] (2)比较两公式计算出的电流取较大值:计算用入地短路电流,取(a), (b)两式中较大的 I 值。

[0025] 而且,所述第三步的计算不同材质接地体的最小截面的具体方法是:

[0026] (1)根据热稳定条件,接地体的最小截面应满足:

$$[0027] \quad Sg \geq \frac{I_g}{C} \sqrt{t_g}$$

[0028] 式中: Sg ——接地体的最小截面, mm^2 ;

[0029] I_g ——流过接地体的短路电流稳定值, A;

[0030] t_g ——短路的等效时间, s;

[0031] C——接地体材料的热稳定系数,

[0032] 水平接地极的等效直径为:

$$[0033] \quad d = 2\sqrt{\frac{Sg}{\pi}}$$

[0034] 而且,所述第四步计算所选不同材质接地体的接地电阻,并按照规程规范要求进行校验的具体方法是:

[0035] (1)接地电阻计算:变电站接地网一般采用水平接地极为主边缘闭合的复合接地极,其接地电阻可利用下式计算:

$$[0036] \quad R_n = \alpha_1 R_e$$

$$[0037] \quad \alpha_1 = (3 \ln \frac{L_0}{\sqrt{S}} - 0.2) \frac{\sqrt{S}}{L_0}$$

$$[0038] \quad R_e = 0.213 \frac{\rho}{\sqrt{S}} (1+B) + \frac{\rho}{2\pi L} (\ln \frac{S}{9hd} - 5B)$$

$$[0039] \quad B = \frac{1}{1 + 4.6 \frac{h}{\sqrt{S}}}$$

[0040] 式中, R_n ——任意形状边缘闭合接地网的接地电阻, Ω ;

[0041] R_e ——等值(即等面积、等水平接地极总长度)方形接地网的接地电阻, Ω ;

[0042] S ——接地网的总面积, m^2 ;

[0043] d ——水平接地体的直径或等效直径, m ;

[0044] h ——水平接地体的埋设深度, m ;

[0045] L_0 ——接地网的外缘边线总长度, m ;

[0046] L ——水平接地体的总长度, m ;

[0047] (2)接地电阻进行校验:计算出不同材质接地体的接地电阻后,按照规程规范要求,对接地电阻进行校验,保留能够满足规程规范要求的方案。

[0048] 而且,所述第五步中接地网地表面的最大接触电位差,即网孔中心对接地网地极的最大电位差,可按下式计算:

$$[0049] \quad U_{tmax} = K_{tmax} I R_n$$

[0050] 式中: U_{tmax} ——最大接触电位差, V ;

[0051] K_{tmax} ——最大接触电位差系数 ;

[0052] I ——计算用入地短路电流, A ;

[0053] R_n ——接地装置的接地电阻, Ω ;

[0054] 接地网外的地表面最大跨步电位差可按下式计算:

$$[0055] \quad U_{smax} = K_{smax} I R_n$$

[0056] 式中: U_{smax} ——最大跨步电位差, V ;

[0057] K_{smax} ——最大跨步电位差系数。

[0058] 本发明的优点和积极效果是

[0059] 1、本发明结合工程常用接地体物料选择符合要求的最优接地体,符合工程实际要求,工程实用性强。

[0060] 2、本发明通过对不同接地网设计方案进行经济对比分析,确定最优接地网设计方案,在满足技术要求的同时,保证了工程的经济性。

[0061] 3、本发明有效解决了在可研和初步设计阶段无法准确确定具体工程结构及使用材质的现象,对变电站接地网工程结构的尽早确定提供了早期设计方法。

具体实施方式

[0062] 以下对本发明实施例做进一步详述,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。

[0063] 一种变电站接地网结构的早期确定方法,方法步骤如下:

[0064] 第一步,获取接地网的总故障电流和分流系数,计算入地短路电流;

[0065] (1)利用两公式分别计算入地短路电流:利用获取的接地网的总故障电流和分流系数,计算出变电站经接地装置的入地短路电流,变电站内或变电站外发生接地短路时,流经接地装置的电流按下面两个公式计算:

$$[0066] \quad I = (I_{\max} - I_n)(1 - K_{e1}) \quad (a)$$

$$[0067] \quad I = I_n(1 - K_{e2}) \quad (b)$$

[0068] 式中, I——入地短路电流, A;

[0069] I_{\max} ——接地短路时的最大接地短路电流, A;

[0070] I_n ——发生最大接地短路电流时,流经变电站接地中性点的最大接地短路电流, A;

[0071] K_{e1} 、 K_{e2} ——分别为站内、站外短路时,避雷线的工频分流系数,

[0072] (2)比较两公式计算出的电流取较大值:计算用入地短路电流,取(a), (b)两式中较大的 I 值;

[0073] 第二步,获取变电站站区尺寸,计算站区总面积;

[0074] 第三步,计算不同材质接地体的最小截面,结合工程常用接地体物料,选择接地体形状、截面;

[0075] (1)根据热稳定条件,接地体的最小截面应满足:

$$[0076] \quad Sg \geq \frac{I_g}{C} \sqrt{t_g}$$

[0077] 式中: Sg——接地体的最小截面, mm^2 ;

[0078] I_g ——流过接地体的短路电流稳定值, A;

[0079] t_g ——短路的等效时间, s;

[0080] C——接地体材料的热稳定系数,

[0081] 水平接地体的等效直径为:

$$[0082] \quad d = 2\sqrt{\frac{Sg}{\pi}}$$

[0083] (2)防腐蚀设计年限计算:结合工程常用接地体选择接地体时,应计及腐蚀影响,接地装置的防腐蚀设计年限,宜按照当地的腐蚀数据进行;

[0084] 第四步,计算所选不同材质接地体的接地电阻,并按照规程规范要求进行校验。

[0085] (1)接地电阻计算:变电站接地网一般采用水平接地极为主边缘闭合的复合接地极(接地网),其接地电阻可利用下式计算:

$$[0086] \quad R_n = \alpha_1 R_e$$

$$[0087] \quad \alpha_1 = (3 \ln \frac{L_0}{\sqrt{S}} - 0.2) \frac{\sqrt{S}}{L_0}$$

$$[0088] \quad R_e = 0.213 \frac{\rho}{\sqrt{S}} (1+B) + \frac{\rho}{2\pi L} (\ln \frac{S}{9hd} - 5B)$$

$$[0089] \quad B = \frac{1}{1 + 4.6 \frac{h}{\sqrt{S}}}$$

[0090] 式中, R_n ——任意形状边缘闭合接地网的接地电阻, Ω ;

[0091] R_e ——等值(即等面积、等水平接地极总长度)方形接地网的接地电阻, Ω ;

[0092] S ——接地网的总面积, m^2 ;

[0093] d ——水平接地体的直径或等效直径, m ;

[0094] h ——水平接地体的埋设深度, m ;

[0095] L_0 ——接地网的外缘边线总长度, m ;

[0096] L ——水平接地体的总长度, m 。

[0097] (2)接地电阻进行校验:计算出不同材质接地体的接地电阻后,按照规程规范要求,对接地电阻进行校验,保留能够满足规程规范要求的方案。

[0098] 其中,接地电阻校验的具体要求如下:

[0099] 有效接地和低电阻接地系统中发电厂、变电站电气装置保护接地的接地电阻符合下列要求:

[0100] ①一般情况下,接地装置的接地电阻满足 $R \leq 2000/I$, I 为流经接地装置的入地短路电流, A ;

[0101] ②当接地装置的接地电阻不符合上述要求时,可增大接地电阻,但不得大于 5 欧;

[0102] 不接地、消弧线圈接地和高电阻接地系统中发电厂、变电站电气装置应符合下列要求:

[0103] ①高压与发电厂、变电站电力生产用低压电气装置用功的接地装置的接地电阻满足 $R \leq 120/I$, 但不应大于 4 欧;

[0104] ②高压电气装置的接地装置,应满足 $R \leq 250/I$, 但不于 10 欧;

[0105] ③高土壤电阻率地区的接地电阻不大于 30 欧;

[0106] 第五步,计算站区最大接触电势、跨步电压,并按照规程规范要求进行校验;接地网地表面的最大接触电位差,即网孔中心对接地网地极的最大电位差,可按下式计算:

$$[0107] \quad U_{tmax} = K_{tmax} I R_n$$

[0108] 式中: U_{tmax} ——最大接触电位差, V ;

[0109] K_{tmax} ——最大接触电位差系数;

[0110] I ——计算用入地短路电流, A ;

[0111] R_n ——接地装置的接地电阻, Ω ;

[0112] 接地网外的地表面最大跨步电位差可按下式计算:

$$[0113] \quad U_{smax} = K_{smax} I R_n$$

[0114] 式中: U_{smax} ——最大跨步电位差, V ;

[0115] K_{smax} ——最大跨步电位差系数;

[0116] 第六步,对满足要求的不同材质接地体进行技术经济比较,确定最优接地网设计方案;

[0117] (1)具体技术经济比较的内容包括:

[0118] ①技术指标:所选不同材质接地体的实际接地电阻、最大跨步电压、最大接触电

压、最大使用年限；

[0119] ②经济指标：所选不同材质接地体的材料费、人工费、施工措施费、运输费；

[0120] (2)确定最优接地网的判定条件是：

[0121] 建立不同材质接地体技术经济比较指标体系，将方案按照指标体系进行综合打分，得分最高者即为最优方案。

[0122] 指标体系构建如下：

[0123]

分类	指标名称	评分标准	权重
技术指标	实际接地电阻	所有可行方案中接地电阻最低者 (R_{\min}) 计 10 分，其他方案的接地电阻 R_n 以 R_{\min} 为基准进行打分，增量百分数 $[(R_n - R_{\min}) / R_{\min}]$ 每增加 10% 扣除 1 分，扣完为止。	10%
	最大跨步电压	所有可行方案中最大跨步电压最低者 (U_{\min}) 计 10 分，其他方案的最大跨步电压 U_n 以 U_{\min} 为基准进行打分，增量百分数 $[(U_n - U_{\min}) / U_{\min}]$ 每增加 10% 扣除 1 分，扣完为止。	10%
	最大接触电压	所有可行方案中最大接触电压最低者 (U_{\min}) 计 10 分，其他方案的最大接触电压 U_n 以 U_{\min} 为基准进行打分，增量百分数 $[(U_n - U_{\min}) / U_{\min}]$ 每增加 10% 扣除 1 分，扣完为止。	10%
	最大使用年限	使用年限小于 10 年：0 分 使用年限 10-20 年：2 分 使用年限 20-30 年：4 分	10%

[0124]

		使用年限 30-40 年：6 分 使用年限 40-50 年：8 分 使用年限 50-60 年：10 分	
经济 指 标	材料费	所有可行方案中材料费最低者 (F_{\min}) 计 15 分， 其他方案的材料费 F_n 以 F_{\min} 为基准进行打分， 费用增量百分数 $[(F_n - F_{\min}) / F_{\min}]$ 每增加 10% 扣除 1 分，扣完为止。	15%
	人工费	所有可行方案中人工费最低者 (F_{\min}) 计 15 分， 其他方案的人工费 F_n 以 F_{\min} 为基准进行打分， 费用增量百分数 $[(F_n - F_{\min}) / F_{\min}]$ 每增加 10% 扣除 1 分，扣完为止。	15%
	施工措施费	所有可行方案中施工措施费最低者 (F_{\min}) 计 15 分，其他方案的施工措施费 F_n 以 F_{\min} 为基准进 行打分，费用增量百分数 $[(F_n - F_{\min}) / F_{\min}]$ 每 增加 10%扣除 1 分，扣完为止。	15%
	运输费	所有可行方案中运输费最低者 (F_{\min}) 计 15 分， 其他方案的运输费 F_n 以 F_{\min} 为基准进行打分， 费用增量百分数 $[(F_n - F_{\min}) / F_{\min}]$ 每增加 10% 扣除 1 分，扣完为止。	15%

[0125] 其他未涉及的费用，可以按照上述方法增加相应指标。

[0126] 步骤 7，生成接地网设计计算书、接地网工程量清单以及接地网估算书或概算书，具体包括的内容如下：

[0127] ①给出所选接地网设计方案的热稳定校验结果、接地电阻、最大跨步电压和最大接触电压的计算值，并分别与规定值进行比较，说明最优方案的可行性；

[0128] ②根据获取的站区面积、形状等参数，并结合所选接地网设计方案，列出接地网水平接地体、垂直接地体等接地主材的型号、数量，以及火泥熔接点等辅材的数量，形成主接地网工程量清单，在统计接地主材及辅材数量时，应考虑现场施工的损耗，在计算所得的数量上考虑一定的裕度；

[0129] ③根据计算的工程量统计主接地网的材料费等主材费用，并结合工程量计算施工人工费、施工措施费、施工工具使用费等直接费以及管理费、危险作业意外伤害保险费等间接费，形成接地网估算书或概算书。