



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103293451 A

(43) 申请公布日 2013. 09. 11

(21) 申请号 201310199960. 0

(22) 申请日 2013. 05. 24

(71) 申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381 号

(72) 发明人 刘刚 张弦 许彬

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有  
限公司 44245

代理人 蔡茂略

(51) Int. Cl.

G01R 31/12(2006. 01)

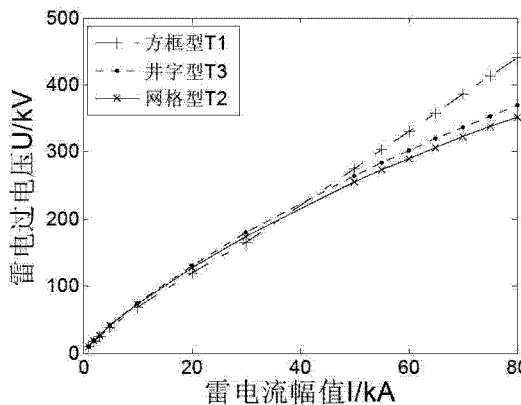
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种高压输电线路杆塔接地装置防雷特性的  
评估方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高压输电线路杆塔接地装置防雷特性的评估方法,包括分别构建方型、井型及网格型三种接地装置的物理结构模型,所述物理结构模型为分布参数模型;基于 PSCAD/EMTDC 对上述三种物理结构模型在计及火花效应及不计及火花效应的接地电阻进行仿真分析,得到计及火花效应接地体的接地冲击电阻减小;计及火花效应时,通过对三种物理结构模型注入点过电压进行仿真分析,得到三种接地装置的雷电冲击特性,技术人员可以根据本发明的方法,结合实际情况选择合适的接地装置,有利于减小接地装置注入点雷电过电压,间接性地减小接地装置的冲击接地电阻而提高杆塔防雷性能。



1. 一种高压输电线路杆塔接地装置防雷特性的评估方法,其特征在于,包括:

分别构建方型、井型及网格型三种接地装置的物理结构模型,所述物理结构模型为分布参数模型;

基于 PSCAD/EMTDC 对上述三种物理结构模型在计及火花效应及不计及火花效应的接地冲击电阻进行仿真分析,得到计及火花效应时接地体的接地冲击电阻随着雷电流幅值的增大而减小;

在计及火花效应时,通过对三种物理结构模型注入点过电压进行仿真分析,得到三种接地装置的雷电冲击特性。

2. 根据权利要求 1 所述的一种高压输电线路杆塔接地装置防雷特性的评估方法,其特征在于,所述分布参数具体为接地极的电阻  $R_x$ 、自感  $L_x$ 、对地泄漏电导  $G_x$  和对地电容  $C_x$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的一种高压输电线路杆塔接地装置防雷特性的评估方法,其特征在于,所述仿真分析采用双指数波的雷电波。

## 一种高压输电线路杆塔接地装置防雷特性的评估方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及高压输电线路领域,具体涉及一种高压输电线路杆塔接地装置防雷特性的评估方法。

### 背景技术

[0002] 在电力系统安全运行中,接地装置历来受到相关设计部门及生产部门的重视。数据表明 50% 以上的输电线路的事故都由雷击引起,而接地装置则对线路防雷保护效果起着至关重要的作用,其冲击特性直接决定了输电线路的防雷性能。由于杆塔接地电阻高而产生的雷击闪络事故相当多,许多位于山区、地质条件较差的杆塔的接地电阻在  $10\ \Omega$  以上,造成线路耐雷水平低,经常发生雷电绕击、反击,使线路跳闸,影响了电网的安全稳定运行。因而,在电力系统中,接地装置的选择显得尤为重要,同时也是输电线路杆塔防雷设计的重要基础。目前对接地装置的研究主要包括试验研究及理论研究两方面。其中,试验研究包括现场试验及模拟试验等方法,而理论性的研究则在传输线理论、电磁场理论等基础上分别展开计算或分析。近年来,有限元分析法及时域有限分析法也被广泛应用在对冲击接地阻抗的研究中,此外,目前还推出了一些实测方法如三极法等,并就土壤等参数对测量结果可能造成的影响对传统测量方法进行了改进。然而,目前对常用方型、井型及网格型三种接地装置冲击特性进行研究及评估的理论方法成果较少。

### 发明内容

[0003] 为了克服现有技术存在的缺点与不足,本发明提供一种高压输电线路杆塔接地装置防雷特性的评估方法。

[0004] 本发明采用如下技术方案:

[0005] 一种高压输电线路杆塔接地装置防雷特性的评估方法,包括:

[0006] 分别构建方型、井型及网格型三种接地装置的物理结构模型,所述物理结构模型为分布参数模型;

[0007] 基于 PSCAD/EMTDC 对上述三种物理结构模型在计及火花效应及不计及火花效应的接地冲击电阻进行仿真分析,得到计及火花效应时接地体的接地冲击电阻随着雷电流幅值的增大而减小;

[0008] 在计及火花效应时,通过对三种物理结构模型注入点过电压进行仿真分析,得到三种接地装置的雷电冲击特性。

[0009] 所述分布参数具体为接地电极的电阻  $R_0$ 、自感  $L_0$ 、对地泄漏电导  $G_0$  和对地电容  $C_0$ 。

[0010] 所述仿真分析采用双指数波的雷电波。

[0011] 本发明具有的有益效果:

[0012] 本发明对方型、井型、网格型接地装置的接地电阻的冲击特性进行了仿真分析验证三种接地装置的防雷效果,对技术人员在实际安装接地装置具有指导意义。

## 附图说明

- [0013] 图 1 为本发明方型接地装置物理结构模型；  
 [0014] 图 2 为本发明网格型接地装置物理结构模型；  
 [0015] 图 3 为本发明井型接地装置物理结构模型；  
 [0016] 图 4 本发明中三种接地装置雷电流注入点雷电过电压对比。

## 具体实施方式

[0017] 下面结合实施例及附图,对本发明作进一步地详细说明,但本发明的实施方式不限于此。

## [0018] 实施例

[0019] 一种高压输电线路杆塔接地装置防雷特性的评估方法,包括如下步骤:

[0020] 基于土壤火放电效应的基础,分别构建方型、井型及网格型三种接地装置的物理结构模型,分别如图 1、2、3 所示,所述物理结构模型为分布参数模型;

[0021] 由于雷电冲击电压明显的暂态特性,分析接地装置的冲击特性时需考虑火花放电效应和波过程的影响,所述电磁波的传播过程叫做波过程,因为在雷电冲击波的作用下,输电线路、电缆、变压器绕组等元件的等效电路都要用分布参数电路(就是包括电阻、电感、电导、电容的电路)来表示,因此三种物理结构模型采用分布参数模型,按照有损长线进行处理,可用接地电极的单位长度导体电阻  $R_0$ 、自感  $L_0$ 、对地泄漏电导  $G_0$ 、对地电容  $C_0$  进行描述。

[0022] 由于接地电极电阻相对于自感很小,所以不考虑接地电极电阻对接地装置冲击接地电阻的影响,所以单位长度导体电阻  $R_0$ 、电感  $L_0$ 、对地泄漏电导  $G_0$ 、对地电容  $C_0$  的计算公式如下:

$$[0023] \quad G_0 = \frac{2\pi}{\rho \left( \ln \frac{l^2}{2hr_{ef}} - 0.61 \right)} \quad (1)$$

$$[0024] \quad L_0 = \frac{\mu}{2\pi} \left( \ln \frac{2l}{r_{ef}} - 1 \right) \quad (2)$$

$$[0025] \quad C_0 = \varepsilon \rho G_0 \quad (3)$$

[0026] 式中,  $l$ 、 $r_{ef}$  及  $h$ ——分别为接地电极的长度、等效半径及深度,单位 m。

[0027] 其中:

$$[0028] \quad r_{ef} = \rho I / 2\pi E_j \nabla l \quad (4)$$

$$[0029] \quad E_j = 241 \rho^{0.215} \quad (5)$$

[0030]  $\varepsilon$  ——土壤的介电系数,在实用范围内可取  $\varepsilon = 9 \times 8.86 \times 10^{-12} \text{F/M}$ 。

[0031]  $\mu$  ——土壤的导磁系数,在实用范围内可取  $\mu = 4 \pi \times 10^7 \text{H/M}$ 。

[0032] 图中,  $C_x$  表示长度为  $X$  的接地体对地电容,  $L_x$  为长度为  $X$  的接地体自感,  $G_x$  为长度为  $X$  的接地体对地泄漏电导。

[0033] 基于 PSCAD/EMTDC 对上述三种物理结构模型在计及火花效应及不计及火花效应的接地电阻进行仿真分析,得到计及火花效应接地体的冲击电阻减小;

[0034] 所述分布参数模型中的参数在 PSCAD 中以模块进行计算,由有限元分析法可知,

分段越多则仿真结果越精确,但同时运算更复杂,本发明优选以 5m 为一段进行仿真计算,仿真运算中的雷电波采用双指数波  $I=AI_m[\exp(\alpha t)-\exp(\beta t)]$ ,波形为  $2.6/50\mu s$ ,其中: $\alpha=-15900$ , $\beta=-712000$ , $A=1.1157$ 。

[0035] 以广泛应用于输电线路防雷工程的方型接地装置的物理结构模型为例,进行仿真分析;埋深  $h$  取 1m,边长  $l$  取 5m,土壤电阻率  $\rho$  分别取  $100\Omega\cdot m$ 、 $500\Omega\cdot m$ 、 $1000\Omega\cdot m$ ,计及及不计及电火花效应时方型的接地冲击电阻仿真对比如表 1 所示。

[0036] 表 1 计及及不计及电火花效应时方型的接地冲击电阻仿真对比

[0037]

土壤电阻率 $\rho$	100 $\Omega\cdot m$	500 $\Omega\cdot m$	1000 $\Omega\cdot m$	100 $\Omega\cdot m$	500 $\Omega\cdot m$	1000 $\Omega\cdot m$
	计及火花放电效应的接地电阻/ $\Omega$			不计及火花放电效应的接地电阻/ $\Omega$		
雷电流幅值 $I_m$						
1kA	5.936	29.441	55.445	9.921	49.343	98.682
2 kA	5.925	27.255	51.165	9.918	49.341	98.682
3 kA	5.916	26.032	48.538	9.918	49.340	98.681
5 kA	5.721	24.346	45.041	9.919	49.340	98.679
10 kA	5.372	22.052	40.054	9.919	49.339	98.679
20 kA	5.353	19.341	34.274	9.917	49.338	98.675
30 kA	5.341	17.757	30.725	9.917	49.337	98.676
50 kA	5.335	15.562	26.061	9.918	49.339	98.678
80 kA	5.326	13.389	20.874	9.919	49.341	98.679

[0038]

[0039] 不考虑火花放电的情况下,方型接地装置接地冲击电阻随着注入雷电流幅值的增大而几乎没有变化,接地装置具有良好的线性特性。由表 1 可见,此时的接地冲击电阻值是随着土壤电阻率的增加而线性增加,呈现的是工频接地电阻特性。

[0040] 考虑火花放电效应后,仿真得到的方型接地电阻值与不考虑火花效应相比相差很大,并且不再近似为一个常数,而是随着注入雷电流幅值的增大而减少。由表 1 可见,在较大的冲击电流作用下,接地体周围土壤的火花放电对接地体冲击特性的影响是明显的,此时雷电流火花放电效应的作用相当于增大了土壤的电导,扩大了接地体的尺寸,因此考虑火花放电后,接地体的接地冲击电阻将明显减小。

[0041] 由此可见,虽然不考虑火花放电侧重安全性,但是这样会对许多合格的接地网进行不要的改造,造成巨大浪费,因此,在进行冲击电阻仿真研究时,不能忽略火花效应的影响。

[0042] 在计及火花放电效应的过电压分析,火花放电效应对不同型号接地装置的接地电阻将产生不同的影响。

[0043] 在计及火花效应时,通过对三种物理结构模型注入点过电压进行仿真分析,得到三种接地装置的雷电冲击特性。

[0044] 本发明以方型、井型及网格型的物理模型注入点的过电压进行分析。

[0045] 埋深  $h$  取 1m,三种接地装置各自接地体总长度  $l_{\Sigma}$  取 60m,土壤电阻率  $\rho$  取  $500 \Omega \cdot m$  的仿真结果如图 4 所示。

[0046] 在 1-50kA 雷电流幅值区间,三种接地装置的过电压基本一致,但是若在雷电流幅值较大区间( $>50kA$ )其三种接地装置呈现不同特性:方型将以近似原变化率继续增大;网、井型较接近,以逐渐减小的斜率缓慢地增大,而网型增长最为缓慢。因此,从对比结果发现,若对于某些雷电流幅值较大的地方,建议使用网格型的接地装置,有利于减小接地装置注入点雷电过电压,间接性地减小接地装置的接地冲击电阻而提高杆塔防雷性能。

[0047] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受所述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

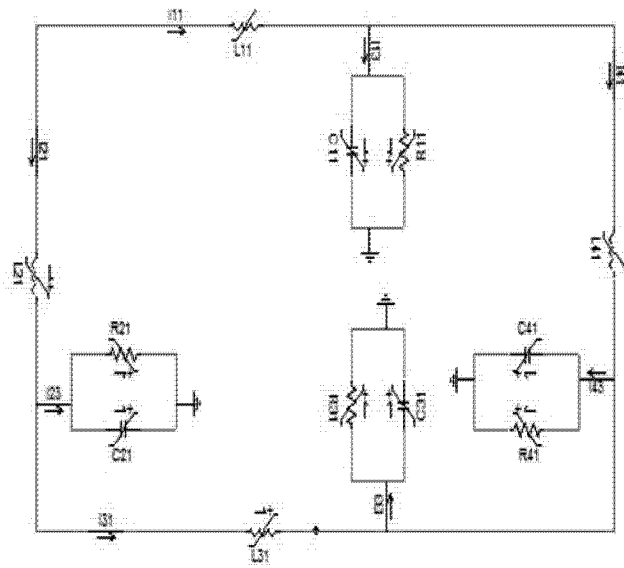


图 1

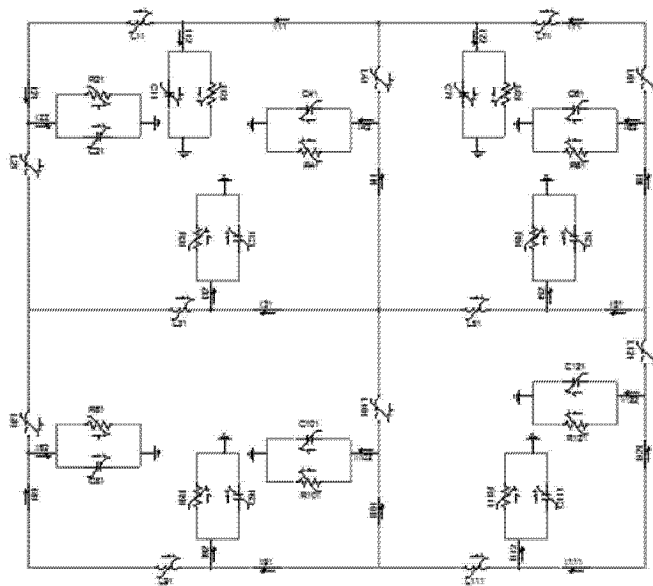


图 2

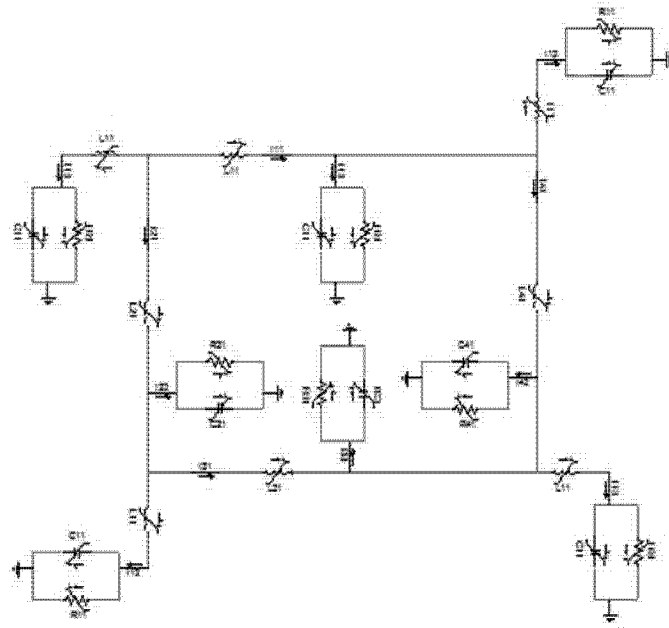


图 3

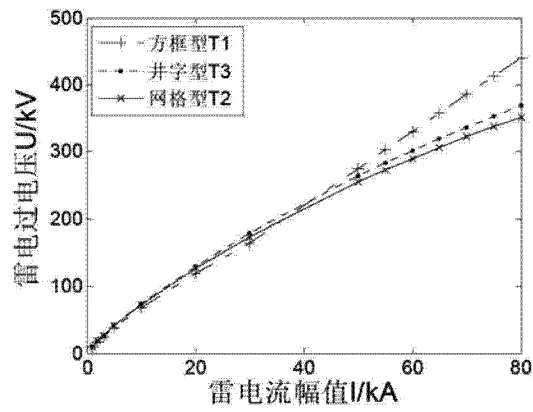


图 4