



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105490041 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201510960429. X

(22) 申请日 2015. 12. 21

(71) 申请人 云南电网有限责任公司电力科学研  
究院

地址 650217 云南省昆明市经济技术开发区  
云大西路 105 号

(72) 发明人 马御棠 周仿荣 于虹 王科  
曹晓斌 杜俊乐 高竹清 马仪

(74) 专利代理机构 北京弘权知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11363

代理人 逯长明 许伟群

(51) Int. Cl.

H01R 4/66(2006. 01)

G06F 17/50(2006. 01)

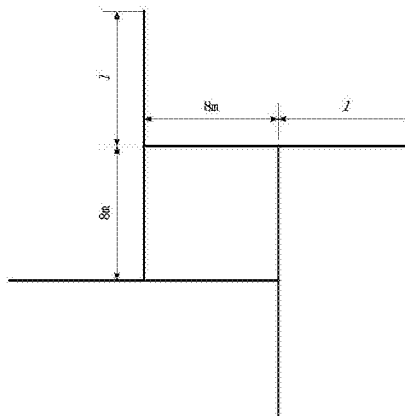
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

## (54) 发明名称

一种输电线路杆塔接地体及其冲击接地电阻  
的计算方法

## (57) 摘要

本发明实施例公开了一种输电线路杆塔接地体及其冲击接地电阻的计算方法,所述杆塔接地体包括由四根钢体围成的边长为 8m 的正方形方框,以及分别位于四根所述钢体中的一端、且与所述钢体一体成型的接地射线钢体,所接地射线钢体围成风车状射线。根据所述杆塔接地体,建立杆塔接地体模型,并获取在不同的设定土壤电阻率下,与杆塔接地体模型中接地射线钢体的不同射线长度相对应的冲击电阻,然后通过仿真分析与数值计算,得出冲击接地电阻与接地射线钢体的射线长度对应函数关系的表达式。本发明提出的计算方法可对所述输电线路杆塔接地体冲击接地电阻进行评估,从而计算该杆塔的反击耐雷水平,并指导接地进行改造,确保输电线路的运行安全。



1. 一种输电线路杆塔接地体,用于110kV/220kV输电线路,其特征在于,包括由四根钢体围成的边长为8m的正方形方框,其中:

四根所述钢体中的一端均设置有与所述钢体一体成型的接地射线钢体,并且四根所述接地射线钢体分别位于所述正方形方框四个不同的顶点处。

2. 根据权利要求1所述的输电线路杆塔接地体,其特征在于,所述钢体和所述接地射线钢体由扁钢或圆钢制成,其中:

所述扁钢的截面宽度 $>40\text{mm}$ 、厚度 $\geq 5\text{mm}$ ,所述圆钢的直径 $>10\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的输电线路杆塔接地体,其特征在于,所述射线钢体的长度包括0m、5m、7m、12m、18m、32m、50m、60m、75m、85m或95m。

4. 一种电线路杆塔接地体的冲击接地电阻的计算方法,用于估算110kV/220kV输电线路杆塔接地体在2.6/50 $\mu\text{s}$ 标准波型雷电流作用下的冲击接地电阻,其特征在于,包括:

根据权利要求1-3任一所述的输电线路杆塔接地体建立杆塔接地体模型;

根据所述杆塔接地体模型,改变所述杆塔接地体模型中接地射线钢体的射线长度;

在不同的设定土壤电阻率下,仿真计算获得输电线路杆塔接地体在2.6/50 $\mu\text{s}$ 雷电流作用时,与所述接地射线钢体的射线长度相对应的冲击接地电阻;

对在不同的所述设定土壤电阻率下,对所述冲击接地电阻随所述接地射线钢体的射线长度变化的变化曲线进行函数拟合,得到冲击接地电阻R与接地射线钢体的射线长度l的对应关系 $R=a \cdot e^{bl}+c$ ;

其中,所述冲击接地电阻R为输电线路杆塔接地体在2.6/50 $\mu\text{s}$ 雷电流作用时产生的冲击电压幅值与雷电流幅值之比 $R=\frac{U_{\max}}{I_m}$ ,  $U_{\max}$ 为冲击响应电压幅值, $I_m$ 为注入的2.6/50 $\mu\text{s}$ 雷电流幅值,a、b和c为与土壤电阻率相关的系数, $l \geq 0$ 。

5. 根据权利要求4所述的输电线路杆塔接地体的冲击接地电阻的计算方法,其特征在于,所述射线长度包括0m、5m、7m、12m、18m、32m、50m、60m、75m、85m或95m。

6. 根据权利要求4所述的输电线路杆塔接地体的冲击接地电阻的计算方法,其特征在于,所述设定土壤电阻率包括100  $\Omega \cdot \text{m}$ 、200  $\Omega \cdot \text{m}$ 、300  $\Omega \cdot \text{m}$ 、400  $\Omega \cdot \text{m}$ 、500  $\Omega \cdot \text{m}$ 、800  $\Omega \cdot \text{m}$ 、1000  $\Omega \cdot \text{m}$ 、1500  $\Omega \cdot \text{m}$ 、2000  $\Omega \cdot \text{m}$ 、2500  $\Omega \cdot \text{m}$ 或3000  $\Omega \cdot \text{m}$ 。

7. 根据权利要求4所述的输电线路杆塔接地体的冲击接地电阻的计算方法,其特征在于,所述系数a、b和c的具体计算方法,包括:

根据在不同的所述设定土壤电阻率下,所述冲击接地电阻随所述接地射线钢体的射线长度变化的变化曲线,得到土壤电阻率 $\rho$ 与系数a、b和c的对应关系;

其中, $a=0.05009\rho-2.646$ , $b=-0.112e^{-0.00359\rho}-0.0698$ , $c=0.007837\rho+2.895$ 。

## 一种输电线路杆塔接地体及其冲击接地电阻的计算方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统过电压技术领域,特别是涉及一种输电线路杆塔接地体及其冲击接地电阻的计算方法,用于110kV/220kV输电线路。

### 背景技术

[0002] 近年来,我国许多地区连续发生因雷击造成的大面积短路停电,其原因大多是由于输电线路杆塔接地体的冲击接地电阻过高造成的。输电线路杆塔接地体是保护电力系统安全可靠运行、保护附近人员安全的重要措施,同时准确评估接地体的冲击接地电阻对于合理设计线路杆塔接地体型式以及降低冲击接地电阻具有重要的指导意义。

[0003] 近年来国内外学者对于接地装置的冲击接地电阻进行了大量的研究,提出各种降阻措施,如在接地极上加针刺状接地体,延长水平接地极及增加接地极数量,采用降阻模块等,但这些文献没有给出实际情况中估算接地体冲击接地电阻的方法。部分学者研究了通过模拟实验以及通过仿真研究接地体冲击接地电阻的方法,但没有给出相应的计算公式。

[0004] 由于上述模拟实验以及通过仿真研究的没有给出接地体冲击接地电阻的计算公式,所以不能为输电线路的耐雷水平评估提供直观有效的评判依据。

### 发明内容

[0005] 本发明实施例中提供了一种110kV/220kV输电线路杆塔接地体及其冲击接地电阻的计算方法,以为输电线路的耐雷水平评估提供评判依据,确保人员与设备安全。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明实施例公开了如下技术方案:

[0007] 一种输电线路杆塔接地体,用于110kV/220kV输电线路,包括由四根钢体围成的边长为8m的正方形方框,其中:

[0008] 四根所述钢体中的一端均设置有与所述钢体一体成型的接地射线钢体,并且四根所述接地射线钢体分别位于所述正方形方框四个不同的顶点处。

[0009] 优选地,所述钢体和所述接地射线钢体由扁钢或圆钢制成,其中:

[0010] 所述扁钢的截面宽度 $>40\text{mm}$ 、厚度 $\geq 5\text{mm}$ ,所述圆钢的直径 $>10\text{mm}$ 。

[0011] 优选地,所述射线钢体的长度包括0m、5m、7m、12m、18m、32m、50m、60m、75m、85m或95m。

[0012] 一种电线路杆塔接地体的冲击接地电阻的计算方法,用于估算110kV/220kV输电线路杆塔接地体在 $2.6/50\mu\text{s}$ 标准波型雷电流作用下的冲击接地电阻,包括:

[0013] 根据上述输电线路杆塔接地体建立杆塔接地体模型;

[0014] 根据所述杆塔接地体模型,改变所述杆塔接地体模型中接地射线钢体的射线长度;

[0015] 在不同的设定土壤电阻率下,仿真计算获得输电线路杆塔接地体在 $2.6/50\mu\text{s}$ 雷电流作用时,与所述接地射线钢体的射线长度相对应的冲击接地电阻;

[0016] 对在不同的所述设定土壤电阻率下,对所述冲击接地电阻随所述接地射线钢体的

射线长度变化的变化曲线进行函数拟合,得到冲击接地电阻 $R$ 与接地射线钢体的射线长度 $l$ 的对应关系 $R=a \cdot e^{bl}+c$ ;

[0017] 其中,所述冲击接地电阻为输电线路杆塔接地体在 $2.6/50\mu\text{s}$ 雷电流作用时产生的

冲击电压幅值与雷电流幅值之比 $R=\frac{U_{\max}}{I_m}$ ,  $U_{\max}$ 为冲击响应电压幅值, $I_m$ 为注入的 $2.6/50\mu\text{s}$

雷电流幅值, $a$ 、 $b$ 和 $c$ 为与土壤电阻率相关的系数, $l \geq 0$ 。

[0018] 优选地,所述射线长度包括 $0\text{m}$ 、 $5\text{m}$ 、 $7\text{m}$ 、 $12\text{m}$ 、 $18\text{m}$ 、 $32\text{m}$ 、 $50\text{m}$ 、 $60\text{m}$ 、 $75\text{m}$ 、 $85\text{m}$ 或 $95\text{m}$ 。

[0019] 优选地,所述设定土壤电阻率包括 $100 \Omega \cdot \text{m}$ 、 $200 \Omega \cdot \text{m}$ 、 $300 \Omega \cdot \text{m}$ 、 $400 \Omega \cdot \text{m}$ 、 $500 \Omega \cdot \text{m}$ 、 $800 \Omega \cdot \text{m}$ 、 $1000 \Omega \cdot \text{m}$ 、 $1500 \Omega \cdot \text{m}$ 、 $2000 \Omega \cdot \text{m}$ 、 $2500 \Omega \cdot \text{m}$ 和 $3000 \Omega \cdot \text{m}$ 。

[0020] 优选地,所述系数 $a$ 、 $b$ 和 $c$ 的具体计算方法,包括:

[0021] 根据所述在不同的所述设定土壤电阻率下,所述冲击接地电阻随所述接地射线钢体的射线长度变化的变化曲线,得到土壤电阻率 $\rho$ 与系数 $a$ 、 $b$ 和 $c$ 的对应关系;

[0022] 其中, $a=0.05009\rho-2.646$ , $b=-0.112e^{-0.00359\rho}-0.0698$ , $c=0.007837\rho+2.895$ 。

[0023] 由以上技术方案可见,本发明实施例提供一种输电线路杆塔接地体及其冲击接地电阻的计算方法,所述杆塔接地体包括由四根钢体围成的边长为 $8\text{m}$ 的正方形方框,以及位于四根所述钢体中的一端、且与所述钢体一体成型的接地射线钢体,所接地射线钢体形成风车状射线。同时,根据所述杆塔接地体,建立杆塔接地体模型,并获取在不同的设定土壤电阻率下,与所述杆塔接地体模型中接地射线钢体的不同射线长度相对应的冲击电阻,然后通过仿真分析与数值计算,得出冲击接地电阻 $R$ 与接地射线钢体的射线长度 $l$ 对应函数关系的表达式。本发明提出的计算方法可以对 $110\text{kV}/220\text{kV}$ 这种输电线路典型杆塔接地体在 $2.6/50\mu\text{s}$ 标准波型雷电流作用下的冲击接地电阻进行评估,从而计算该杆塔的反击耐雷水平,并指导进行接地改造,确保输电线路的运行安全。

## 附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,对于本领域普通技术人员而言,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0025] 图1为本发明实施例提供的一种输电线路杆塔接地体的结构意图;

[0026] 图2为本发明实施例提供的在不同的设定土壤电阻率下,杆塔接地体冲击接地电阻随接地射线钢体的射线长度变化的规律图;

[0027] 图3为本发明实施例提供的系数 $a$ 与土壤电阻率 $\rho$ 的对应关系图;

[0028] 图4为本发明实施例提供的系数 $b$ 与土壤电阻率 $\rho$ 的对应关系图;

[0029] 图5为本发明实施例提供的系数 $c$ 与土壤电阻率 $\rho$ 的对应关系图。

## 具体实施方式

[0030] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明中的技术方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护

的范围。

[0031] 参见图1,为本发明实施例提供一种输电线路杆塔接地体的结构意图,用于110kV/220kV输电线路,所述杆塔接地体包括由四根钢体围成的边长为8m的正方形方框,为了降低冲击接地电阻,四根所述钢体中的一端均设置有与所述钢体一体成型的接地射线钢体,并且四根所述接地射线钢体分别位于所述正方形方框四个不同的顶点处,即形成风车状射线。

[0032] 本实施例中,所述钢体和所述接地射线钢体由扁钢或圆钢制成,为了满足所述杆塔接地体抗腐蚀及热稳定性要求,当采用扁钢时,所述扁钢的截面宽度>40mm、厚度≥5mm,采用圆钢时,所述圆钢的直径>10mm。

[0033] 本发明实施例还利用CDEGS软件对本发明的所述杆塔接地体进行建模仿真,得到2.6/50μs雷电流作用在所述杆塔接地体上时,冲击接地电阻与土壤电阻率和接地体射线长度之间的函数关系,最终给出了估算输电线路典型杆塔接地体冲击接地电阻的方法,具体计算方法包括如下步骤:

[0034] 步骤S101:根据上述输电线路杆塔接地体,建立杆塔接地体模型。

[0035] 根据图1中所示的杆塔接地体,在CDEGS软件中,建立杆塔接地装置模型。

[0036] 步骤S102:根据所述杆塔接地体模型,改变所述杆塔接地体模型中接地射线钢体的射线长度。

[0037] 根据在步骤S101中建立的杆塔接地体模型,改变所述杆塔接地体模型中接地射线钢体的射线长度分别为0m、5m、7m、12m、18m、32m、50m、60m、75m、85m和95m,当然并不限于所述数值。

[0038] 步骤S103:在不同的设定土壤电阻率下,仿真计算获得输电线路杆塔接地体在2.6/50μs雷电流作用时,与所述接地射线钢体的射线长度相对应的冲击接地电阻。

[0039] 首先,设定土壤电阻率分别为100 Ω·m、200 Ω·m、300 Ω·m、400 Ω·m、500 Ω·m、800 Ω·m、1000 Ω·m、1500 Ω·m、2000 Ω·m、2500 Ω·m和3000 Ω·m。

[0040] 然后,在上述设定的不同设定土壤电阻率下,仿真计算获得输电线路杆塔接地体在2.6/50μs雷电流作用时,与所述接地射线钢体的射线长度相对应的冲击接地电阻,其中,所述冲击接地电阻为输电线路杆塔接地体在2.6/50μs雷电流作用时产生的冲击电压幅值

与雷电流幅值之比  $R = \frac{U_{\max}}{I_m}$ ,  $U_{\max}$ 为冲击响应电压幅值,  $I_m$ 为注入的2.6/50μs雷电流幅值。

[0041] 步骤S104:对在不同的所述设定土壤电阻率下、所述冲击接地电阻随所述接地射线钢体的射线长度变化的变化曲线进行函数拟合,得到冲击接地电阻R与接地射线钢体的射线长度l的对应关系  $R = a \cdot e^{bl} + c$ ,其中,a、b和c为与土壤电阻率相关的系数,  $l \geq 0$ 。

[0042] 如图2所示,为对在不同的设定土壤电阻率下、杆塔接地体冲击接地电阻随接地射线钢体的射线长度变化的规律图,对图2中的各条曲线进行函数拟合,得到冲击接地电阻R与接地射线钢体的射线长度l的对应函数关系为:

[0043]  $R = a \cdot e^{bl} + c \quad l \geq 0 \quad (1)$

[0044] 式(1)中,a、b和c为与土壤电阻率相关的系数。

[0045] 所述冲击接地电阻与所述射线长度呈双指数关系,然而随着土壤电阻率的变化,系数a、b和c会发生相应的变化,因此可以认为,系数a、b和c是土壤电阻率的相关函数,根据

图2中的数据,可以得到土壤电阻率与系数a的关系,如图3所示,将图3的曲线拟合得到系数a与土壤电阻率 $\rho$ 的函数关系为:

$$[0046] \quad a=0.05009\rho-2.646 \quad (2)$$

[0047] 同样根据图2中的数据,可以得到土壤电阻率与系数b的关系,如图4所示,将图4的曲线拟合得到系数b与土壤电阻率 $\rho$ 的函数关系为:

$$[0048] \quad b=-0.112e^{-0.00359\rho}-0.0698 \quad (3)$$

[0049] 同样根据图2中的数据,可以得到土壤电阻率与系数c的关系,如图5所示,将图5的曲线拟合得到系数c与土壤电阻率 $\rho$ 的函数关系为

$$[0050] \quad c=0.007837\rho+2.895 \quad (4)$$

[0051] 综上所述,典型杆塔接地装置的冲击接地电阻与土壤电阻率、射线长度的综合表达式为:

$$[0052] \quad R=3.752+0.00842\rho+(0.05009\rho-2.646)e^{b1}(1 \geq 0) \quad (5)$$

$$[0053] \quad \text{其中, } b=-0.112e^{-0.00359\rho}-0.0698。$$

[0054] 为证明本发明实施例提供的冲击接地电阻计算方法的有效性,下面将结合具体实例对本发明实施做进一步的说明。

[0055] 步骤S201:通过查找现场输电线路杆塔资料,得到某杆塔对应的接地钢体射线长度为32m,现场采用四极法测量该处的土壤电阻率为 $650 \Omega \cdot m$ 。

[0056] 步骤S202:根据本发明实施例给出的冲击接地电阻公式、即式(5),计算得到该杆塔接地体的冲击接地电阻为 $R=11.49 \Omega$ 。

[0057] 步骤S203:仿真计算获得该杆塔接地体的冲击接地电阻 $R_1=11.85 \Omega$ 。

[0058] 通过步骤S202和步骤S203获取的冲击接地电阻,可以发现本发明实施提供的冲击接地电阻计算方法,可以对这种输电线路典型杆塔接地体冲击接地电阻进行较为准确的评估,从而可以计算该杆塔的反击耐雷水平,并指导进行接地改造,确保输电线路的运行安全。

[0059] 需要说明的是,在本文中,诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0060] 以上所述仅是本发明的具体实施方式,使本领域技术人员能够理解或实现本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

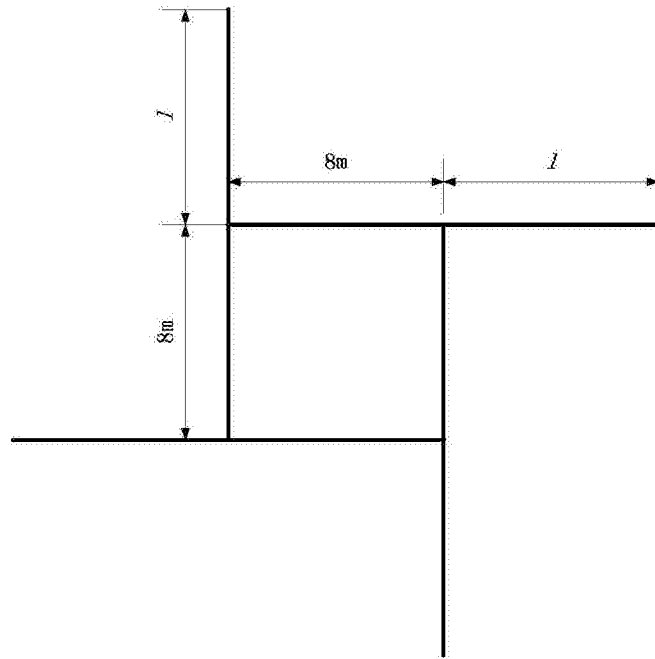


图1

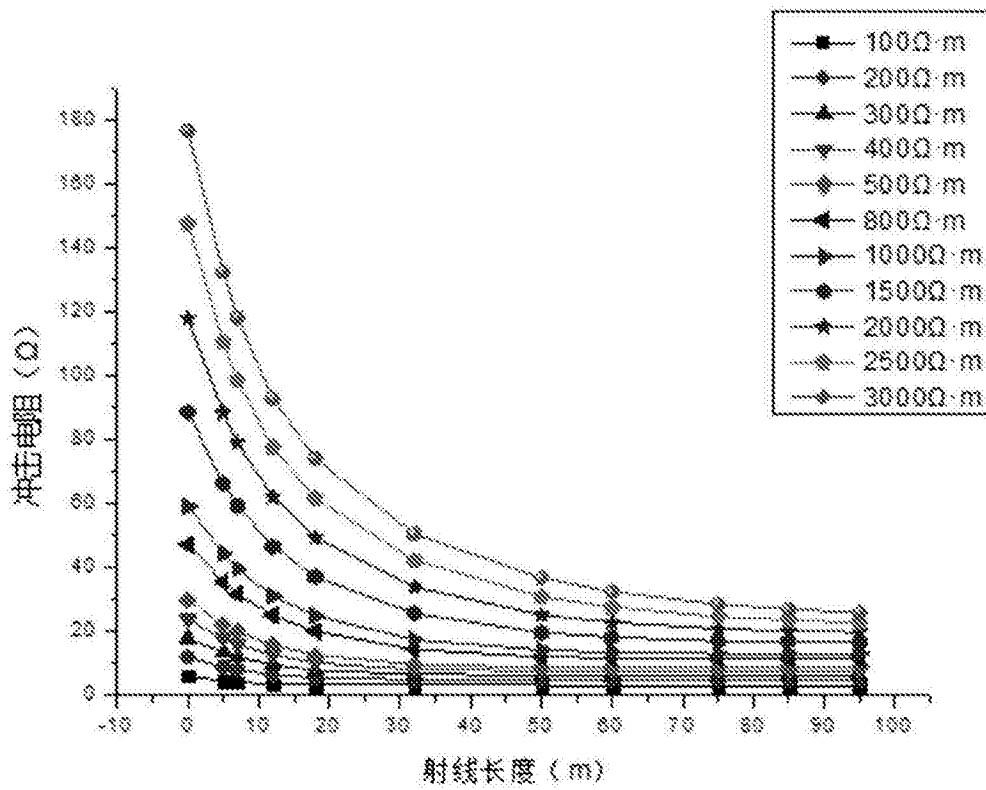


图2

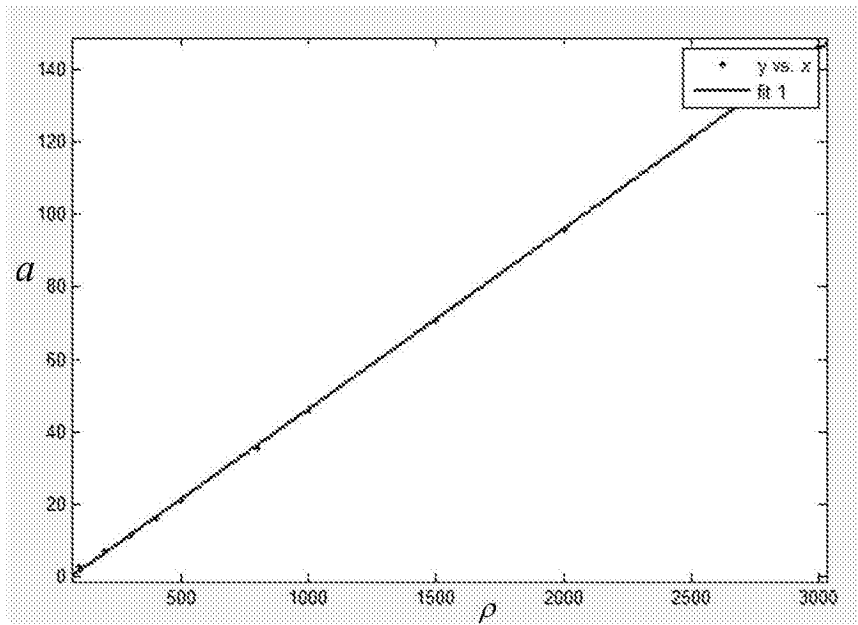


图3

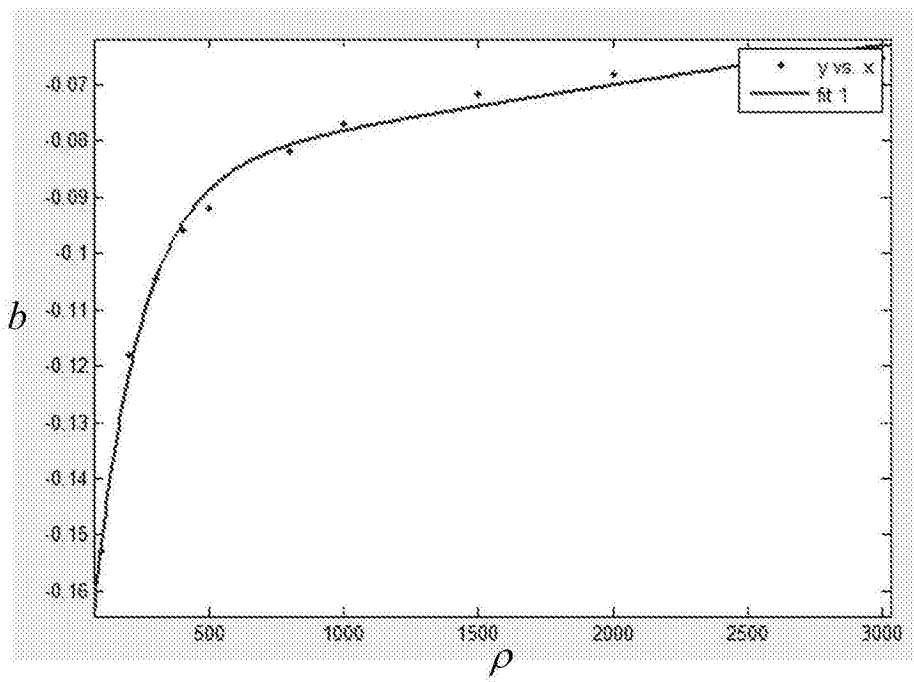


图4



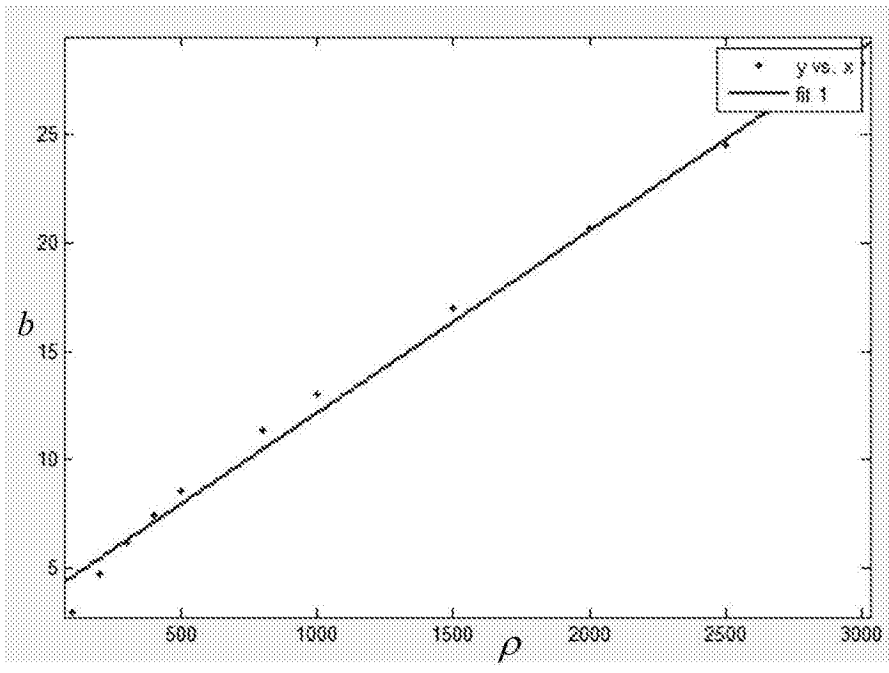


图5