



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106676541 A

(43)申请公布日 2017.05.17

(21)申请号 201710013234.3

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.01.09

G23F 13/20(2006.01)

(71)申请人 国网浙江省电力公司电力科学研究院

地址 310014 浙江省杭州市下城区朝晖八区华电弄1号

申请人 国家电网公司 重庆大学 杭州意能电力技术有限公司

(72)发明人 祝邴伟 何为 杨帆 沈晓明 钱洲亥 金冬春 胡家元 陈建伟 周海飞 刘敏

(74)专利代理机构 浙江翔隆专利事务所(普通合伙) 33206

代理人 张建青

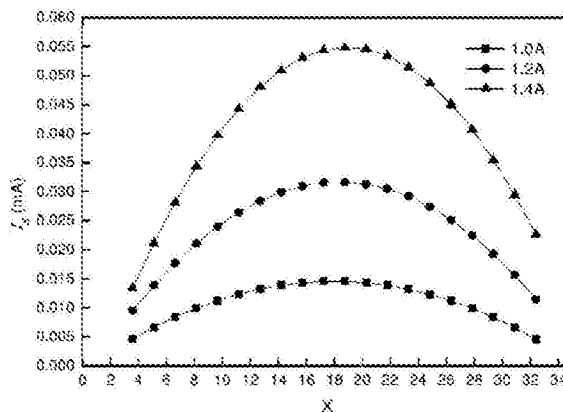
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种金属管道杂散电流腐蚀防护方法

(57)摘要

本发明公开了一种金属管道杂散电流腐蚀防护方法。目前,由于高压直流输电系统接地极引起的杂散电流使得金属管道受到腐蚀。本发明采用的技术方案包括:使用BP神经网络对埋地金属管道内的杂散电流进行预测,得到其杂散电流的密度;分析杂散电流与土壤电位梯度的关系,基于感应电场建立杂散电流的分布模型;根据实验室模拟试验和现场的实际情况,选择外加电流阴极保护法的排流点位置,选取最佳排流位置;利用相关公式计算排流量,结合现场外加电流的排流试验后确定排流量大小;在金属管道上选取若干评价点,根据现场的实际情况对排流保护效果进行科学评价。本发明可以有效的减少因为直流输电系统接地极导致的杂散电流所带来的腐蚀影响。



1. 一种金属管道杂散电流腐蚀防护方法,其包括以下步骤:

步骤一,使用BP神经网络对埋地金属管道内的杂散电流进行预测,得到其杂散电流的密度;

步骤二,分析杂散电流与土壤电位梯度的关系,基于感应电场建立杂散电流的分布模型;

步骤三,根据实验室模拟试验和现场的实际情况,选择外加电流阴极保护法的排流点位置,选取最佳排流位置;

步骤四,利用相关公式计算排流量,结合现场外加电流的排流试验后确定排流量大小;

步骤五,在金属管道上选取若干评价点,根据现场的实际情况对排流保护效果进行科学评价。

2. 根据权利要求1所述的金属管道杂散电流腐蚀防护方法,其特征在于,所述的步骤一中,

使用BP神经网络预测杂散电流时,将检验样本进行归一化处理,使用3层BP神经网络结构,训练函数采用Traingddm,学习函数为Learnngdm,输入层与隐层采用Tansig为传递函数,隐层与输出层之间采用Logsig传递函数,设定学习率为 $lr=0.1$,动量参数为 $mc=0.9$,训练误差 $goal=0.0001$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的金属管道杂散电流腐蚀防护方法,其特征在于,所述的步骤一中,

将直流输电系统的接地极埋地深度 h_1 、接地极电流 I 、直流输电电压 U 、金属管道埋地深度 h_2 、管线涂层破损率 θ 和管道与接地极水平净距离 D ,作为BP神经网络的输入参数,输出值为埋地金属管道内杂散电流量。

4. 根据权利要求3所述的金属管道杂散电流腐蚀防护方法,其特征在于,所述的步骤二中,

利用金属管线模拟金属管道,使用四参比电极测量法测量平行于和垂直于金属管线的表层土壤电位梯度。

5. 根据权利要求4所述的金属管道杂散电流腐蚀防护方法,其特征在于,所述的步骤二中,

假设在稳定状态下,金属管线的材料和粗细均匀,则通电导体在距离其垂直距离为 D 的 p 点产生的感应电场为:

$$dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon r^2}$$

$$\Rightarrow dE = \frac{\lambda x}{4\pi\epsilon r^2} = \frac{\lambda(\frac{D}{\sin^2 \theta}) d\theta}{4\pi\epsilon(\frac{D}{\sin \theta})^2} = \frac{\lambda d\theta}{4\pi\epsilon D}$$

其中, q 为通电导体表面电流元的电荷量, r 为 p 点到电流元的直线距离, x 为 p 点到电流元的水平距离, E 为感应电场强度, ϵ 为土壤介电常数, λ 为通电导体表面线电荷平均密度, θ 为 r 与 x 的水平夹角, D 为 p 点到通电导体的垂直距离;

根据高斯定理和静电场公式,有:

$$E_x = E_{x+} + E_{x-} = \frac{IR'}{4\pi\epsilon D} (2 \sin \beta - \sin \alpha - \sin \gamma),$$

$$E_y = E_{y+} + E_{y-} = \frac{IR'}{4\pi\epsilon D} (\cos \alpha + \cos \gamma - 2 \cos \beta),$$

上式中,

α 为P点到导体表面正电荷边界的x方向夹角; β 为P点到表面正负电荷交界处的x方向夹角; γ 为P点到导体表面负电荷边界的x方向夹角; R' 为导体电阻; I 为导体内稳恒电流; D 为P点到通电导体的垂直距离;

E_{x-} :表面负电荷产生的x方向上的电场强度, E_{x+} :表面正电荷产生的x方向上的电场强度, E_x :表面电荷产生的x方向上的电场强度;

E_{y-} :表面负电荷产生的y方向上的电场强度, E_{y+} :表面正电荷产生的y方向上的电场强度, E_y :表面电荷产生的y方向上的电场强度;

由此得到杂散电流分布方程,建立杂散电流的分布模型。

6.根据权利要求1所述的金属管道杂散电流腐蚀防护方法,其特征在于,所述的步骤三中,根据以下原则选取金属管道上的排流点:

- 1)管地电位为正,且接地极—管电位差最大的点;
- 2)管地电位为正,且持续时间较长的点;
- 3)金属管道与接地极最近的点;
- 4)便于安装维修排流设备的位置。

7.根据权利要求1所述的金属管道杂散电流腐蚀防护方法,其特征在于,所述的步骤四中,使用以下公式计算排流量:

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

$$R_3 = \frac{1}{2} \sqrt{r_3 \omega_3}$$

$$R_4 = \frac{1}{2} \sqrt{r_4 \omega_4}$$

式中, I :排流电流量,A; V :未排流时的接地极—金属管道电压,V; R_1 :排流线电阻, Ω ; R_2 :排流器内阻, Ω ; R_3 :金属管道接地电阻, Ω ; r_3 :金属管道的纵向电阻, Ω ; ω_3 :金属管道防腐层泄露电阻, Ω ; R_4 :接地极接地电阻, Ω ; r_4 :接地极纵向电阻, Ω ; ω_4 :接地极泄露电阻, Ω 。

8.根据权利要求1所述的金属管道杂散电流腐蚀防护方法,其特征在于,所述的步骤五中,直流外加电流阴极保护法的杂散电流保护效果按下式进行评定:

$$\eta = \frac{V - V'}{V} \times 100\%,$$

$$V = \frac{\sum V_i}{t},$$

$$V' = \frac{\sum V'_i}{t},$$

式中, η :正电位平均值比,%; V :排流前正电位平均值,V; V' :排流后正电位平均值,V;

$\sum V_1$:排流前测得的正电位总和, V ; $\sum V_2$:排流后测得的正电位总和, V ; t :某一测试时间段的持续时间, h 。

一种金属管道杂散电流腐蚀防护方法

技术领域

[0001] 本发明涉及高压直流输电系统接地极附近的金属管道防腐蚀,具体地说是一种基于外加电流阴极保护法的金属管道杂散电流腐蚀防护方法。

背景技术

[0002] 随着国家西电东送战略实施,我国已经建成多条高压/特高压直流输电线路,在其送端和受端换流站分别设有接地极。同时,由于我国能源需求快速发展,油气管道项目快速推进,存在在同一走廊中同时有直流接地极和油气管道等多个系统的问题。

[0003] 当特(高)压直流输电系统直流工作电流(如:单极大地回线方式下)或不平衡电流通过直流接地极泄入大地时,将引起附近土壤中各点电位变化,埋地金属管道若处于不同电位的土壤介质中,将在管道上形成纵向电流,影响管道阴极保护系统的正常运行,并在电流离开金属的地方发生阳极腐蚀反应,导致金属管道的电化学腐蚀。我国现有的金属管道大部分只采用了防腐涂层而未采取阴极保护措施。由于高压直流输电系统接地极引起的杂散电流使得金属管道受到腐蚀,容易使得管道发生腐蚀穿孔,造成泄露的事故,由此引起供气的暂停和道路的开挖,给城市建设带来不便。更为严重的是,一旦泄露极易造成燃烧和爆炸事故,对人们的生命财产造成严重的威胁。

[0004] 随着城市的快速发展,对燃气石油等产品的供应的安全性、可靠性要求越来越高,需要在涂覆绝缘层的基础上采取更进一步的保护措施进行金属管道的防腐蚀工作。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是克服现有金属管道未采取阴极保护措施技术存在的缺陷,提供一种基于外加电流阴极保护法的金属管道杂散电流腐蚀防护方法,以有效的减少因为直流输电系统接地极导致的杂散电流所带来的腐蚀影响,延长金属管道的使用寿命,增加管道运输的安全性及可靠性。

[0006] 为此,本发明采用如下的技术方案:一种金属管道杂散电流腐蚀防护方法,其包括以下步骤:

[0007] 步骤一,使用BP神经网络对埋地金属管道内的杂散电流进行预测,得到其杂散电流的密度;

[0008] 步骤二,分析杂散电流与土壤电位梯度的关系,基于感应电场建立杂散电流的分布模型;

[0009] 步骤三,根据实验室模拟试验和现场的实际情况,选择外加电流阴极保护法的排流点位置,选取最佳排流位置;

[0010] 步骤四,利用相关公式计算排流量,结合现场外加电流的排流试验后确定排流量大小;

[0011] 步骤五,在金属管道上选取若干评价点,根据现场的实际情况对排流保护效果进行科学评价。

[0012] 本发明首先通过BP神经网络进行金属管道杂散电流的预测计算,然后使外加直流电源、辅助阳极与被保护的金属管道以及环境介质构成一个完整回路。利用该回路可以向金属管道提供阴极保护电流,再将金属管道的电位信号反馈到监测站或恒电位仪,就可以人工或者自动的调整直流电源的输出电流,使其达到规定的阴极保护电位范围之内。

[0013] 进一步地,所述的步骤一中,使用BP神经网络预测杂散电流时,将检验样本进行归一化处理,使用3层BP神经网络结构,训练函数采用Traingddm,学习函数为Learngdm,输入层与隐层采用Tansig为传递函数,隐层与输出层之间采用Logsig传递函数,设定学习率为 $lr=0.1$,动量参数为 $mc=0.9$,训练误差 $goal=0.0001$ 。

[0014] 进一步地,所述的步骤一中,将直流输电系统的接地极埋地深度 h_1 、接地极电流 I 、直流输电电压 U 、金属管道埋地深度 h_2 、管线涂层破损率 θ 和管道与接地极水平净距离 D ,作为BP神经网络的输入参数,输出值为埋地金属管道内杂散电流量。

[0015] 进一步地,所述的步骤二中,利用金属管线模拟金属管道,使用四参比电极测量法测量平行于和垂直于金属管线的表层土壤电位梯度。

[0016] 更进一步地,所述的步骤二中,假设在稳定状态下,金属管线的材料和粗细均匀,则通电导体在距离其垂直距离为 D 的 p 点产生的感应电场为:

$$[0017] \quad dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon r^2} \quad (1)$$

$$[0018] \quad r = \frac{D}{\sin(\pi - \theta)} = \frac{D}{\sin \theta} \quad (2)$$

$$[0019] \quad x = D \cot(\pi - \theta) = -D \cot \theta \quad (3)$$

[0020] 式(3)微分有:

$$[0021] \quad dx = \frac{D}{\sin^2 \theta} d\theta \quad (4)$$

$$[0022] \quad dq = \lambda dx \quad (5)$$

$$[0023] \quad dE = \frac{\lambda x}{4\pi\epsilon r^2} = \frac{\lambda \left(\frac{D}{\sin^2 \theta}\right) d\theta}{4\pi\epsilon \left(\frac{D}{\sin \theta}\right)^2} = \frac{\lambda d\theta}{4\pi\epsilon D} \quad (6)$$

[0024] 其中, q 为通电导体表面电流元的电荷量, r 为 p 点到电流元的直线距离, x 为 p 点到电流元的水平距离, E 为感应电场强度, ϵ 为土壤介电常数, λ 为通电导体表面线电荷平均密度, θ 为 r 与 x 的水平夹角, D 为 p 点到通电导体的垂直距离;

[0025] 根据高斯定理和静电场公式,有:

$$[0026] \quad E_x = E_{x+} + E_{x-} = \frac{IR'}{4\pi\epsilon D} (2 \sin \beta - \sin \alpha - \sin \gamma),$$

$$[0027] \quad E_y = E_{y+} + E_{y-} = \frac{IR'}{4\pi\epsilon D} (\cos \alpha + \cos \gamma - 2 \cos \beta)$$

[0028] 上式中,

[0029] E :感应电场强度;

[0030] E_{x+} :表面正电荷产生的 x 方向上的电场强度;

[0031] E_{y+} :表面正电荷产生的 y 方向上的电场强度;

[0032] ϵ :土壤介电常数;

[0033] λ : 通电导体表面线电荷平均密度;

[0034] I : 导体内稳恒电流;

[0035] R' : 导体电阻;

[0036] α : P点到导体表面正电荷边界的x方向夹角;

[0037] β : P点到表面正负电荷交界处的x方向夹角;

[0038] γ : P点到导体表面负电荷边界的x方向夹角;

[0039] 通电导体表面正电荷产生的感应电场, 为:

$$[0040] \quad E_{x+} = \int_{\beta}^{\alpha} \frac{\lambda_+}{4\pi\epsilon D} \cos \theta = \frac{\lambda_+}{4\pi\epsilon D} (\sin \beta - \sin \alpha) \quad (7)$$

$$[0041] \quad E_{y+} = \int_{\alpha}^{\beta} \frac{\lambda_+}{4\pi\epsilon D} \sin \theta = -\frac{\lambda_+}{4\pi\epsilon D} (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (8)$$

[0042] 式中, λ_+ : 通电导体表面正线电荷平均密度;

[0043] E_{x+} : 表面正电荷产生的x方向上的电场强度;

[0044] E_{y+} : 表面正电荷产生的y方向上的电场强度;

[0045] 同理可得:

$$[0046] \quad E_{x-} = -\frac{\lambda_-}{4\pi\epsilon D} (\sin \gamma - \sin \beta) \quad (9)$$

$$[0047] \quad E_{y-} = \frac{\lambda_-}{4\pi\epsilon D} (\cos \gamma - \cos \beta) \quad (10)$$

[0048] 式中: λ_- : 通电导体表面负线电荷平均密度;

[0049] E_{x-} : 表面负电荷产生的x方向上的电场强度;

[0050] E_{y-} : 表面负电荷产生的y方向上的电场强度;

[0051] 将上式合并, 可得:

$$[0052] \quad E_x = E_{x+} + E_{x-} = \frac{\epsilon}{4\pi\epsilon D} (2 \sin \beta - \sin \alpha - \sin \gamma) \quad (11)$$

$$[0053] \quad E_y = E_{y+} + E_{y-} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon D} (\cos \alpha + \cos \gamma - 2 \cos \beta) \quad (12)$$

[0054] 由高斯定理可知通电导体的径向电场强度为:

$$[0055] \quad E_{rx} = \frac{\lambda}{\epsilon} \quad (13)$$

[0056] 则有:

$$[0057] \quad \begin{aligned} V = IR' = E_{rx} L = \frac{\lambda}{\epsilon} L \\ \Rightarrow \lambda = \frac{IR'\epsilon}{L} \end{aligned} \quad (14)$$

[0058] 式中, E_{rx} : 通电导体的径向电场强度;

[0059] V : 导体电势差;

[0060] I : 导体内稳恒电流;

[0061] L : 导体长度

[0062] 将式(13)带入式(11)、(12), 可得:

$$[0063] \quad E_x = E_{x+} + E_{x-} = \frac{IR'}{4\pi\epsilon D} (2 \sin \beta - \sin \alpha - \sin \gamma) \quad (15)$$

$$[0064] \quad E_y = E_{y+} + E_{y-} = \frac{IR'}{4\pi\epsilon D} (\cos \alpha + \cos \gamma - 2 \cos \beta) \quad (16)$$

[0065] 由此得到杂散电流分布方程,建立杂散电流的分布模型。

[0066] 进一步地,所述的步骤三中,根据以下原则选取金属管道上的排流点:

[0067] 1) 管地电位为正,且接地极—管电位差最大的点;

[0068] 2) 管地电位为正,且持续时间较长的点;

[0069] 3) 金属管道与接地极最近的点;

[0070] 4) 便于安装维修排流设备的位置。

[0071] 进一步地,所述的步骤四中,使用以下公式计算排流量:

$$[0072] \quad I = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$$

$$[0073] \quad R_3 = \frac{1}{2} \sqrt{r_3 \omega_3}$$

$$[0074] \quad R_4 = \frac{1}{2} \sqrt{r_4 \omega_4}$$

[0075] 式中, I:排流电流流量, A; V:未排流时的接地极—金属管道电压, V; R₁:排流线电阻, Ω; R₂:排流器内阻, Ω; R₃:金属管道接地电阻, Ω; r₃:金属管道的纵向电阻, Ω; ω₃:金属管道防腐层泄露电阻, Ω; R₄:接地极接地电阻, Ω; r₄:接地极纵向电阻, Ω; ω₄:接地极泄露电阻, Ω。

[0076] 进一步地,所述的步骤五中,直流外加电流阴极保护法的杂散电流保护效果按下式进行评定:

$$[0077] \quad \eta = \frac{V - V'}{V} \times 100\%$$

$$[0078] \quad V = \frac{\sum V_i}{t}$$

$$[0079] \quad V' = \frac{\sum V'_i}{t}$$

[0080] 式中, η:正电位平均值比, %; V:排流前正电位平均值, V; V':排流后正电位平均值, V; $\sum V_i$:排流前测得的正电位总和, V; $\sum V'_i$:排流后测得的正电位总和, V; t:某一测试时间段的持续时间, h。

[0081] 本发明具有的有益效果:本发明可以有效的减少因为直流输电系统接地极导致的杂散电流所带来的腐蚀影响,延长了金属管道的使用寿命,增加了管道运输的安全性与可靠性。

附图说明

[0082] 图1为BP神经网络的流程图;

[0083] 图2为四参比电极测量示意图;

[0084] 图3为本发明杂散电流的分布曲线;

[0085] 图4为杂散电流实验装置示意图。

具体实施方式

[0086] 一种基于外加电流阴极保护法的杂散电流腐蚀防护方法,其具体过程如下:

[0087] 步骤一,参见图1,使用BP神经网络对金属管道的杂散电流进行预测,得到其杂散电流的密度。将检验样本进行归一化处理,使用3层BP神经网络结构,训练函数采用Traingddm,学习函数为Learnngdm,输入层与隐层采用Tansig为传递函数,隐层与输出层之间采用Logsig传递函数,学习率为 $I_r=0.1$,动量参数为 $mc=0.9$,训练误差 $goal=0.0001$ 。输入相关接地极与金属管道的参数数据,使用BP神经网络处理,得到埋地金属管道内的杂散电流量大小。

[0088] 步骤二,参见图2,使用四参比电极测量发测量平行于和垂直于金属管线的表层土壤电位梯度。分析杂散电流与土壤电位梯度的关系,基于感应电场建立杂散电流的分布模型。在稳定状态下,通电导体在距离其垂直距离为 d 的 p 点产生的感应电场为:

$$dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon r^2}$$

$$\Rightarrow dE = \frac{\lambda x}{4\pi\epsilon r^2} = \frac{\lambda(\frac{D}{\sin^2 \theta}) d\theta}{4\pi\epsilon(\frac{D}{\sin \theta})^2} = \frac{\lambda d\theta}{4\pi\epsilon D}$$

[0090] 其中 E :感应电场强度;

[0091] ϵ :土壤介电常数;

[0092] λ :通电导体表面线电荷平均密度;

[0093] 根据高斯定理和静电场公式,有:

$$[0094] \quad E_x = E_{x+} + E_{x-} = \frac{IR'}{4\pi\epsilon D} (2 \sin \beta - \sin \alpha - \sin \gamma)$$

$$[0095] \quad E_y = E_{y+} + E_{y-} = \frac{IR'}{4\pi\epsilon D} (\cos \alpha + \cos \gamma - 2 \cos \beta)$$

[0096] 由此可以得到杂散电流分布方程,可以建立杂散电流的分布模型。

[0097] 杂散电流的分布曲线见图3。

[0098] 步骤三,参见图4,根据实验室模拟试验,选择外加电流阴极保护法的排流点位置。在现场选取最佳排流位置时需要根据实际情况进行判断,使用以下原则作为选取金属管道上排流点的判断依据:

[0099] 1) 管地电位为正,且接地极—管电位差最大的点;

[0100] 2) 管地电位为正,且持续时间较长的点;

[0101] 3) 金属管道与接地极最近的点;

[0102] 4) 便于安装维修排流设备的位置。

[0103] 步骤五,根据以下公式,在金属管道上选取若干评价点,对排流保护效果根据实际情况进行科学评价。

$$[0104] \quad \eta = \frac{V - V'}{V} \times 100\%$$

$$[0105] \quad V = \frac{\sum V_i}{t}$$

$$[0106] \quad \eta = \frac{\sum V'}{t}$$

[0107] 式中 η : 正电位平均值比, %;

[0108] V : 排流前正电位平均值, V;

[0109] V' : 排流后正电位平均值, V;

[0110] $\sum V$: 排流前测得的正电位总和, V;

[0111] $\sum V'$: 排流后测得的正电位总和, V;

[0112] t : 某一测试时间段的持续时间, h。

[0113] 以上仅就本发明的最佳实施例作了说明,但不能理解为是对权利要求的限制。本发明不仅限于以上实施例,凡在本发明独立权利要求的保护范围内所作的各种变化均在本发明的保护范围内。

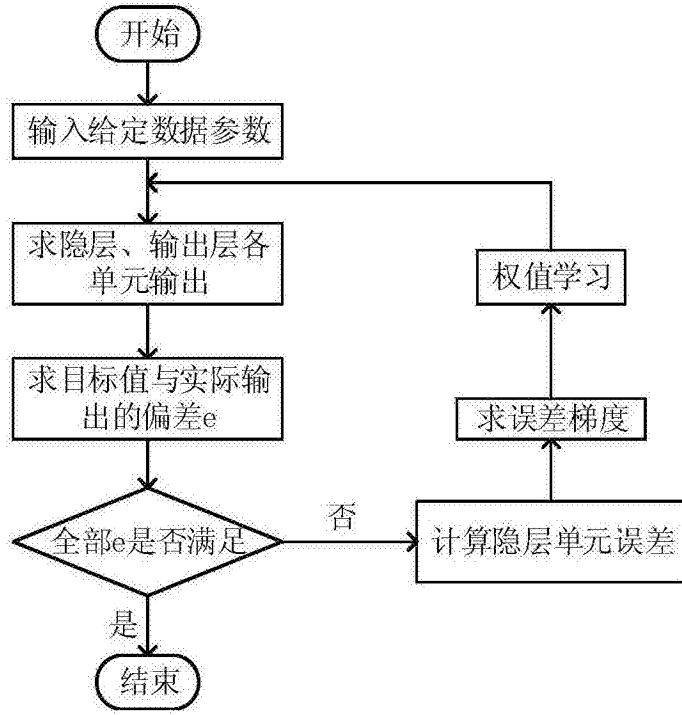


图1

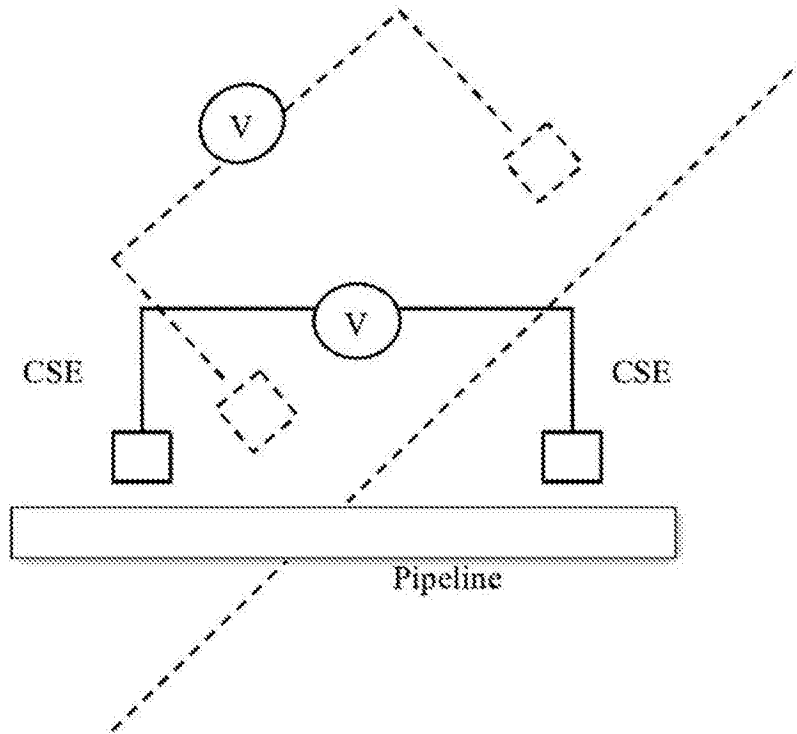


图2

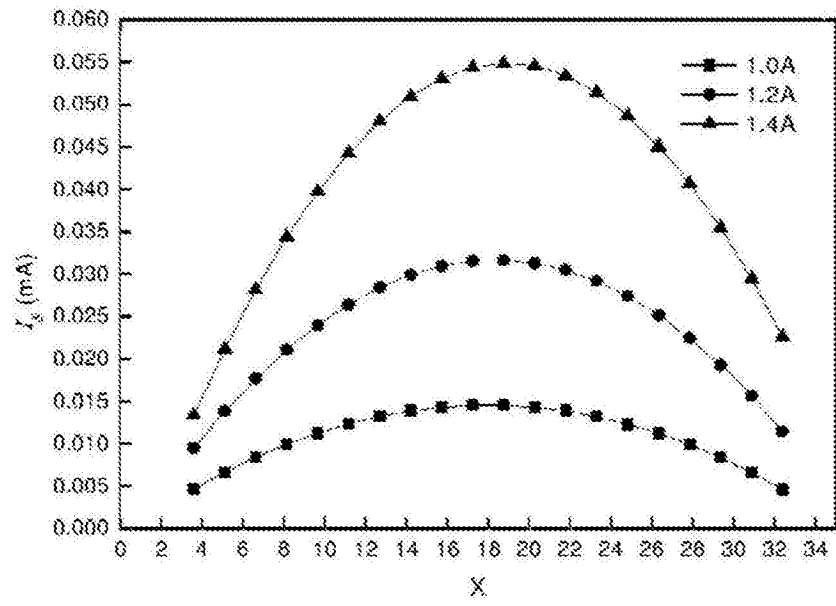


图3

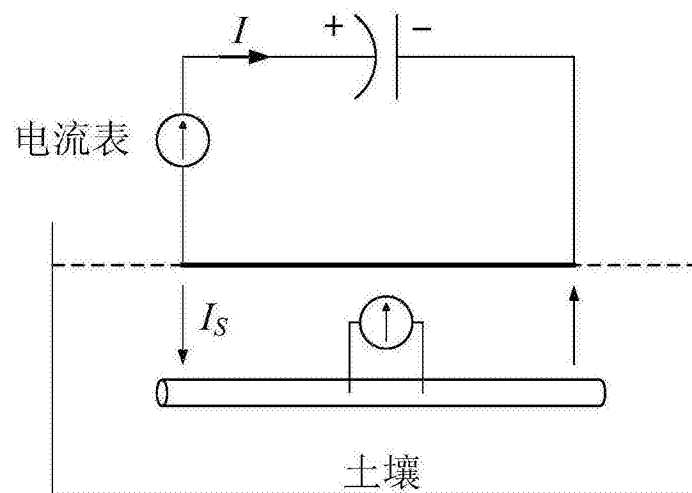


图4