



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103822737 A

(43) 申请公布日 2014. 05. 28

(21) 申请号 201310631712. 9

G01B 11/24(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 11. 30

(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 国网甘肃省电力公司

国网甘肃省电力公司经济技术研究院

(72) 发明人 范雪峰 付兵彬 雒亿平 杨晶

邓永婕 朱文化 夏懿 徐昊亮

魏勇 孙志宏 韩建锋 薛国斌

梁魁 万小花 李麟鹤 李玉科

(74) 专利代理机构 北京中恒高博知识产权代理

有限公司 11249

代理人 刘洪京

(51) Int. Cl.

G01L 1/24(2006. 01)

G01B 11/02(2006. 01)

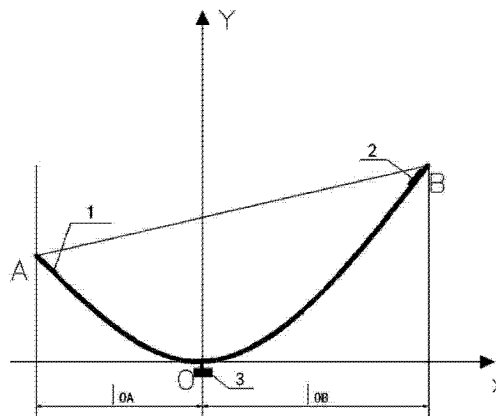
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法,该装置包括输电线路完成挂线后需观测档内的导线,分别粘贴在所述导线两端、且长度为预设长度的第一光纤 bragg 光栅和第二光纤 bragg 光栅,以及悬挂在所述导线弧垂处、且重量为预设重量的附加荷载。本发明所述光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法,可以克服现有技术中灵敏度低、可靠性低、使用寿命短和抗干扰能力差等缺陷,以实现灵敏度高、可靠性高、使用寿命长和抗干扰能力强的优点。



1. 一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置,其特征在于,包括输电线路完成挂线后需观测档内的导线,分别粘贴在所述导线两端、且长度为预设长度的第一光纤 bragg 光栅和第二光纤 bragg 光栅,以及悬挂在所述导线弧垂处、且重量为预设重量的附加荷载。

2. 根据权利要求 1 所述的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置,其特征在于,所述导线为靠近杆塔处的导线,和 / 或,所述导线为一条线路耐张段内的挂线电。

3. 根据权利要求 1 所述的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置,其特征在于,所述附加荷载包括重锤。

4. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置,其特征在于,所述第一光纤 bragg 光栅和第二光纤 bragg 光栅,分别沿着所述导线的长度方向粘贴在导线远离附加荷载的一侧。

5. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置,其特征在于,所述第一光纤 bragg 光栅的预设长度和第二光纤 bragg 光栅的预设长度相同。

6. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置,其特征在于,所述第一光纤 bragg 光栅的预设长度和第二光纤 bragg 光栅的预设长度均为 0.8 ~ 1.2 米;和 / 或,所述附加荷载的重量为 95 ~ 105kg。

7. 一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法,其特征在于,包括:

步骤 102:在输电线路完成挂线后,在需观测档内靠近杆塔处的导线两端分别粘贴预设长度的光纤 bragg 光栅,在弧垂处悬挂预设重量的附加荷载;

步骤 104:当导线在附加荷载作用下增长时,通过光纤 bragg 光栅波长的变化测算出光纤 bragg 光栅单位长度的应变变量;

步骤 106:根据观测档内光纤 bragg 光栅的应变变量,计算出导线所受应力的的大小、弧垂及挂线点悬垂角。

8. 根据权利要求 7 所述的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法,其特征在于,在步骤 104 中,所述光纤 bragg 光栅单位长度的应变变量的计算公式为:

$$\frac{\Delta \lambda_B}{\lambda_B} = (1 - P_0) \varepsilon$$

上式中, $\lambda_B$  为光纤固有的波长, $\Delta \lambda_B$  为光纤的波长变化量, $P_0$  为有效弹光系数, $\varepsilon$  为光纤的应变。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法,其特征在于,在步骤 106 中,观测档距内所述导线的最大弧垂公式为:

$$f_m = \frac{E \times \Delta l \times l^2}{8 \sigma_0 \cos \beta}$$

其中: $E$  为导线的综合弹性系数, $\Delta l$  为单位长度内布拉格光纤的伸长量, $l$  为档距(两悬挂点间之水平距离), $\sigma_0$  为利用光纤测得的导线应力;

和 / 或,

在步骤 106 中,观测档距内所述导线的悬挂点切线方向综合值应力为:

$$\sigma_A = \sqrt{\sigma_0^2 + \frac{\gamma^2 l_{OA}^2}{\cos^2 \beta}}, \quad \sigma_B = \sqrt{\sigma_0^2 + \frac{\gamma^2 l_{OB}^2}{\cos^2 \beta}};$$

观测档距内所述导线的悬挂点垂直方向挂线点应力分量为：

$$\sigma_{AV} = \frac{\gamma}{\cos \beta} l_{OA}, \quad \sigma_{BV} = \frac{\gamma}{\cos \beta} l_{OB};$$

上式中， $\sigma_A$  为 A 挂线点处导线切线方向综合应力， $\sigma_B$  为 B 挂线点处导线切线方向综合应力， $\sigma_{AV}$  为 A 挂线点处垂直方向综合应力， $\sigma_{BV}$  为 B 挂线点处导线垂直方向综合应力， $\gamma$  为电线比载， $\beta$  为高差角；

和 / 或，

在步骤 106 中，观测档距内所述导线的电线挂线点处悬垂角为：

$$\theta_A = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\gamma l}{2\sigma_0 \cos \beta} - \frac{h}{l} \right), \quad \theta_B = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\gamma l}{2\sigma_0 \cos \beta} + \frac{h}{l} \right);$$

上式中， $\theta_A$  为 A 挂线点处电线悬垂角， $\theta_B$  为 B 挂线点处电线悬垂角。

10. 根据权利要求 7 或 8 所述的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法，其特征在于，所述在线监测方法的应用，包括：

步骤 202：对导线的蠕变等特性进行自动校正：在线路建设第一年，每隔两个月更改光纤 bragg 光栅的长度值；从第二年开始每年更改光纤 bragg 光栅的长度值，对蠕变带来的计算误差进行校正；

和 / 或，

步骤 302：定期对数据进行采集，在包含风速、温度因素的环境因素对导线应变共同影响下，提出该输电线路最不利荷载时的各种影响参数情况，为后期该地区输电线路的设计提供参考；

和 / 或，

步骤 402：对可能发生的覆冰危险进行提前处理：忽略不均匀覆冰的影响，当假设最大覆冰厚度是预设厚度时，通过监测所得的覆冰数值及时监测导线的覆冰厚度，在覆冰未达到最大覆冰厚度时对线路进行除冰处理；同时，在数据处理时自定义临界覆冰厚度值，当厚度达到该临界覆冰厚度值时发出告警信号。

## 一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光纤光栅输电技术领域,具体地,涉及一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法。

### 背景技术

[0002] 随着我国经济的发展和能源分布的不均匀等特性,使得特高压及跨区域输电成为电网发展的主要趋势,但随着电网规模的不断扩大,电网事故危害也越来越大,不仅给电力企业带来损失,更重要的是会对国民经济和整个社会稳定及人民生活造成严重影响,因此应用输电线路在线监测技术对输电线路所可能出现的问题提前预报就显得尤为重要。

[0003] 覆冰导线舞动及风荷载等由于振幅很大,可以导致相间闪络、金具损坏、跳闸停电、拉倒杆塔、导线折断等严重事故,而现有的监测手段主要以人工巡视为主,判断以人为的主管判断为主,给线路的安全运行带来隐患,因此研制一种可量化且具有提前预报功能的在线监测方法就显得尤为重要。输电线路在线监测技术在近年来得到快速的发展,众多监测方法(如监控器法和称重法等)已在输电监测得到广泛应用,但在使用过程中我们发现了众多现有技术所存在的缺陷,如在使用图像监控器法可以直观的对输电线路覆冰情况进行观察,准确把握覆冰情况,但是在风雪较大的情况下,雪花容易遮盖监控器镜头,导致无法准确的分辨出导线的覆冰情况。称重法通过测量悬挂导线金具的应力和倾角计算导线覆冰情况,该方法传感器安装方便,覆冰计算模型简单,应用范围较广。但由于其应变传感元件为电阻应变片,测量方法为电气测量,因此极易受到输电线路附近强电磁场的干扰,导致测量结果不稳定,在雷击情况下容易损坏。因此寻找一种测量灵敏度高、可靠度高、使用寿命周期长以及不受电磁影响的输电线路在线监测技术就显得极为重要。

[0004] 现阶段主要的在线监测手段主要是针对覆冰荷载,在国外,俄、加、美、日、英、芬兰和冰岛等国的科研人员在导线覆冰的机理、导线覆冰荷载等领域取得了大量研究成果,他们侧重于导线除冰技术的研究和相关设备的开发,在覆冰监测方面多年来没有突破性进展。但在查阅了大量文献后我们发现,现有的在线监测方面都缺乏预警性和量化的手段。

[0005] 在实现本发明的过程中,发明人发现现有技术中至少存在灵敏度低、可靠性低、使用寿命短和抗干扰能力差等缺陷。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于,针对上述问题,提出一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置,以实现灵敏度高、可靠性高、使用寿命长和抗干扰能力强的优点。

[0007] 本发明的第二目的在于,提出一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法。

[0008] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置,包括输电线路完成挂线后需观测档内的导线,分别粘贴在所述导线两端、且长度为预设长度的第一光纤 bragg 光栅和第二光纤 bragg 光栅,以及悬挂在所述导线弧垂处、且重量为预设重量的附加荷载。

[0009] 进一步地,所述导线为靠近杆塔处的导线,和/或,所述导线为一条线路耐张段内的挂线电。

[0010] 进一步地,所述附加荷载包括重锤。

[0011] 进一步地,所述第一光纤 bragg 光栅和第二光纤 bragg 光栅,分别沿着所述导线的长度方向粘贴在导线远离附加荷载的一侧。

[0012] 进一步地,所述第一光纤 bragg 光栅的预设长度和第二光纤 bragg 光栅的预设长度相同。

[0013] 进一步地,所述第一光纤 bragg 光栅的预设长度和第二光纤 bragg 光栅的预设长度均为 0.8 ~ 1.2 米;和/或,所述附加荷载的重量为 95 ~ 105kg。

[0014] 同时,基于以上所述的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置,本发明采用的另一技术方案是:一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法,包括:

[0015] 步骤 102:在输电线路完成挂线后,在需观测档内靠近杆塔处的导线两端分别粘贴预设长度的光纤 bragg 光栅,在弧垂处悬挂预设重量的附加荷载;

[0016] 步骤 104:当导线在附加荷载作用下增长时,通过光纤 bragg 光栅波长的变化测算出光纤 bragg 光栅单位长度的应变变量,通过光纤 bragg 光栅单位长度的应变变量计算出所测档内导线的应变变量;

[0017] 步骤 106:根据观测档内导线的应变变量,计算出导线所受应力的的大小、弧垂及挂线点悬垂角。

[0018] 进一步地,在步骤 104 中,所述光纤 bragg 光栅单位长度的应变变量的计算公式为:

$$[0019] \quad \frac{\Delta \lambda_B}{\lambda_B} = (1 - P_0) \varepsilon ;$$

[0020] 上式中,  $\lambda_B$  为光纤固有的波长,  $\Delta \lambda_B$  为光纤的波长变化量,  $P_0$  为有效弹光系数,  $\varepsilon$  为光纤的应变。

[0021] 进一步地,在步骤 106 中,观测档距内所述导线的最大弧垂公式为:

$$[0022] \quad f_m = \frac{E \times \Delta l \times l^2}{8 \sigma_0 \cos \beta} ;$$

[0023] 其中: $E$  为导线的综合弹性系数,  $\Delta l$  为单位长度内布拉格光纤的伸长量,  $l$  为档距,  $\sigma_0$  为利用光纤测得的导线应力(最低点之应力);

[0024] 和/或,

[0025] 在步骤 106 中,观测档距内所述导线的悬挂点切线方向综合值应力为:

$$[0026] \quad \sigma_A = \sqrt{\sigma_0^2 + \frac{\gamma^2 l_{OA}^2}{\cos^2 \beta}}, \quad \sigma_B = \sqrt{\sigma_0^2 + \frac{\gamma^2 l_{OB}^2}{\cos^2 \beta}} ;$$

[0027] 观测档距内所述导线的悬挂点垂直方向挂线点应力分量为:

$$[0028] \quad \sigma_{AV} = \frac{\gamma}{\cos \beta} l_{OA}, \quad \sigma_{BV} = \frac{\gamma}{\cos \beta} l_{OB} ;$$

[0029] 上式中,  $\sigma_A$  为 A 挂线点处导线切线方向综合应力,  $\sigma_B$  为 B 挂线点处导线切线方向综合应力,  $\sigma_{AV}$  为 A 挂线点处垂直方向综合应力,  $\sigma_{BV}$  为 B 挂线点处导线垂直方向综合应力,  $\gamma$  为电线比载,  $\beta$  为高差角;

[0030] 和 / 或,

[0031] 在步骤 106 中, 观测档距内所述导线的电线挂线点处悬垂角为:

$$[0032] \quad \theta_A = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\gamma l}{2\sigma_0 \cos \beta} - \frac{h}{l} \right), \quad \theta_B = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\gamma l}{2\sigma_0 \cos \beta} + \frac{h}{l} \right);$$

[0033] 上式中,  $\theta_A$  为 A 挂线点处电线悬垂角,  $\theta_B$  为 B 挂线点处电线悬垂角。

[0034] 进一步地, 所述在线监测方法的应用, 包括:

[0035] 步骤 202: 对导线的蠕变等特性进行自动校正: 在线路建设第一年, 每隔两个月更改光纤 bragg 光栅的长度值; 从第二年开始每年更改光纤 bragg 光栅的长度值, 对蠕变带来的计算误差进行校正;

[0036] 和 / 或,

[0037] 步骤 302: 定期对数据进行采集, 在包含风速、温度因素的环境因素对导线应变共同影响下, 提出该输电线路最不利荷载时的各种影响参数情况, 为后期该地区输电线路的设计提供参考;

[0038] 和 / 或,

[0039] 步骤 402: 对可能发生的覆冰危险进行提前处理: 忽略不均匀覆冰的影响, 当假设最大覆冰厚度是预设厚度时, 通过监测所得的覆冰数值及时监测导线的覆冰厚度, 在覆冰未达到最大覆冰厚度时对线路进行除冰处理; 同时, 在数据处理时自定义临界覆冰厚度值, 当厚度达到该临界覆冰厚度值时发出告警信号。

[0040] 本发明各实施例的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法, 由于该装置包括输电线路完成挂线后需观测档内的导线, 分别粘贴在导线两端、且长度为预设长度的第一光纤 bragg 光栅和第二光纤 bragg 光栅, 以及悬挂在导线弧垂处、且重量为预设重量的附加荷载; 可以很快的测量出导线的应力、弧垂、悬挂点悬垂角等, 及时且准确地反映所测耐张段内的导线特性; 从而可以克服现有技术中灵敏度低、可靠性低、使用寿命短和抗干扰能力差的缺陷, 以实现灵敏度高、可靠性高、使用寿命长和抗干扰能力强的优点。

[0041] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述, 并且, 部分地从说明书中变得显而易见, 或者通过实施本发明而了解。

[0042] 下面通过附图和实施例, 对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

## 附图说明

[0043] 附图用来提供对本发明的进一步理解, 并且构成说明书的一部分, 与本发明的实施例一起用于解释本发明, 并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0044] 图 1 为本发明光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法的流程图;

[0045] 图 2 为本发明光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法的应用流程图;

[0046] 图 3 为本发明光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法的导线的特性图;

[0047] 图 4 为本发明光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置中导线光纤及外加荷载的布

置图。

[0048] 结合附图,本实用新型实施例中附图标记如下:

[0049] 1- 第一光纤 bragg 光栅 ;2- 第二光纤 bragg 光栅 ;3- 添加的附加荷载。

### 具体实施方式

[0050] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明,应当理解,此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0051] 光纤 bragg 光栅是一种性能优异的窄带反射滤波无源器件,该光纤 bragg 光栅具有受温度变形小、变形能力强、测量数据准确等特点,如该光纤 bragg 光栅能在输电线路监测中能够应用,将极大地提高在线监测水平。

[0052] 通过对布拉格光栅应变片的研究,如图 1、图 2、图 3 和图 4 所示,提供了一种光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法。该光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法,具有很好的抗电磁场干扰、抗腐蚀、抗潮湿等特性,可以极大地提高输电线路在线监测技术的可靠性,为输电线路杆塔和导线的优化设计提供实测依据。

#### [0053] 装置实施例

[0054] 本实施例的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置,包括输电线路完成挂线后需观测档内的导线,分别粘贴在导线两端、且长度为预设长度的第一光纤 bragg 光栅(如第一光纤 bragg 光栅 1)和第二光纤 bragg 光栅(如第二光纤 bragg 光栅 2),以及悬挂在导线弧垂处、且重量为预设重量的附加荷载(如添加的附加荷载 3)。这里,导线为靠近杆塔处的导线,和 / 或,导线为一条线路耐张段内的挂线电,和 / 或,附加荷载包括重锤。

[0055] 在上述实施例中,第一光纤 bragg 光栅和第二光纤 bragg 光栅,分别沿着导线的长度方向粘贴在导线远离附加荷载的一侧。第一光纤 bragg 光栅的预设长度和第二光纤 bragg 光栅的预设长度相同,例如,第一光纤 bragg 光栅的预设长度和第二光纤 bragg 光栅的预设长度均为 0.8 ~ 1.2 米(优选为 1 米);和 / 或,附加荷载的重量为 95 ~ 105kg(优选为 100kg)。

#### [0056] 方法实施例

[0057] 如图 1 所示,本实施例的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法,包括:

[0058] 步骤 102:在输电线路完成挂线后,在需观测档内靠近杆塔处的导线两端分别粘贴预设长度的光纤 bragg 光栅,在弧垂处悬挂预设重量的附加荷载;

[0059] 步骤 104:当导线在附加荷载作用下增长时,通过光纤 bragg 光栅波长的变化测算出光纤 bragg 光栅单位长度的应变变量,通过光纤 bragg 光栅单位长度的应变变量计算出所测档内导线的应变变量;

[0060] 在步骤 104 中,光纤 bragg 光栅单位长度的应变变量的计算公式为:

$$[0061] \quad \frac{\Delta \lambda_B}{\lambda_B} = (1 - P_0) \varepsilon ;$$

[0062] 上式中,  $\lambda_B$  为光纤固有的波长,  $\Delta \lambda_B$  为光纤的波长变化量,  $P_0$  为有效弹光系数,  $\varepsilon$  为光纤的应变;

[0063] 步骤 106:根据观测档内导线的应变变量,计算出导线所受应力的的大小、弧垂及挂线

点悬垂角；

[0064] 在步骤 106 中,观测档距内导线的最大弧垂公式为：

$$[0065] \quad f_m = \frac{E \times \Delta l \times l^2}{8\sigma_0 \cos \beta};$$

[0066] 其中： $E$  为导线的综合弹性系数， $\Delta l$  为单位长度内布拉格光纤的伸长量， $l$  为档距， $\sigma_0$  为利用光纤测得的导线应力；

[0067] 和 / 或，

[0068] 在步骤 106 中,观测档距内导线的悬挂点切线方向综合值应力为：

$$[0069] \quad \sigma_A = \sqrt{\sigma_0^2 + \frac{\gamma^2 l_{OA}^2}{\cos^2 \beta}}, \quad \sigma_B = \sqrt{\sigma_0^2 + \frac{\gamma^2 l_{OB}^2}{\cos^2 \beta}};$$

[0070] 观测档距内导线的悬挂点垂直方向挂线点应力分量为：

$$[0071] \quad \sigma_{AV} = \frac{\gamma}{\cos \beta} l_{OA}, \quad \sigma_{BV} = \frac{\gamma}{\cos \beta} l_{OB};$$

[0072] 上式中， $\sigma_A$  为 A 挂线点处导线切线方向综合应力， $\sigma_B$  为 B 挂线点处导线切线方向综合应力， $\sigma_{AV}$  为 A 挂线点处垂直方向综合应力， $\sigma_{BV}$  为 B 挂线点处导线垂直方向综合应力， $\gamma$  为电线比载， $\beta$  为高差角；

[0073] 和 / 或，

[0074] 在步骤 106 中,观测档距内导线的电线挂线点处悬垂角为：

$$[0075] \quad \theta_A = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\gamma l}{2\sigma_0 \cos \beta} - \frac{h}{l} \right), \quad \theta_B = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\gamma l}{2\sigma_0 \cos \beta} + \frac{h}{l} \right);$$

[0076] 上式中， $\theta_A$  为 A 挂线点处电线悬垂角， $\theta_B$  为 B 挂线点处电线悬垂角。

[0077] 在上述实施例中,如图 2 所示,上述光纤 bragg 光栅输电线路在线监测方法的应用,包括：

[0078] 步骤 202:对导线的蠕变等特性进行自动校正:在线路建设第一年,每隔两个月更改光纤 bragg 光栅的长度值;从第二年开始每年更改光纤 bragg 光栅的长度值,对蠕变带来的计算误差进行校正；

[0079] 和 / 或，

[0080] 步骤 302:定期对数据进行采集,在包含风速、温度因素的环境因素对导线应变共同影响下,提出该输电线路最不利荷载时的各种影响参数情况,为后期该地区输电线路的设计提供参考；

[0081] 和 / 或，

[0082] 步骤 402:对可能发生的覆冰危险进行提前处理:忽略不均匀覆冰的影响,当假设最大覆冰厚度是预设厚度时,通过监测所得的覆冰数值及时监测导线的覆冰厚度,在覆冰未达到最大覆冰厚度时对线路进行除冰处理;同时,在数据处理时自定义临界覆冰厚度值,当厚度达到该临界覆冰厚度值时发出告警信号。



[0083] 上述各实施例的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法,涉及的光纤 bragg 光栅测量原理说明如下:

[0084] (1)该光纤 bragg 光栅的应变测量原理,是当导线在荷载作用下增长时,光纤内中心波长将得到改变,同时光纤本身所具有的弹光效应使得光纤 bragg 光栅有效射率也发生变化,从而通过光纤波长的变化就可测算出光纤单位长度的应变变量,从而可通过该应变变量计算出所测档内导线的应变变量,为导线所受应力的大小、弧垂及挂线点悬垂角的计算提供基础数据,具体算式为:

$$[0085] \quad \frac{\Delta \lambda_B}{\lambda_B} = (1 - P_0) \varepsilon ;$$

[0086] 其中: $\lambda_B$  为光纤固有的波长, $\Delta \lambda_B$  为光纤的波长变化量, $P_0$  为有效弹光系数, $\varepsilon$  为光纤的应变。

[0087] (2)使用该光纤 bragg 光栅测量输电线路应变时,可以很好地降低电磁场、动荷载等大应变对测量仪器的影响。使用该方法设计一套导线应变测量装置,可以通过导线的“悬链线”特性(如图 3 所示),推算出导线所承受的应力,从而可计算出该档距内导线的最大弧垂公式为:

$$[0088] \quad f_m = \frac{E \times \Delta l \times l^2}{8 \sigma_0 \cos \beta} ;$$

[0089] 其中: $E$  为导线的综合弹性系数, $\Delta l$  为单位长度内布拉格光纤的伸长量, $l$  为档距, $\sigma_0$  为利用光纤测得的导线应力。

[0090] (3)悬挂点切线方向综合值应力为:

$$[0091] \quad \sigma_A = \sqrt{\sigma_0^2 + \frac{\gamma^2 l_{OA}^2}{\cos^2 \beta}}, \quad \sigma_B = \sqrt{\sigma_0^2 + \frac{\gamma^2 l_{OB}^2}{\cos^2 \beta}} ;$$

[0092] (4)悬挂点垂直方向挂线点应力分量为:

$$[0093] \quad \sigma_{AV} = \frac{\gamma}{\cos \beta} l_{OA}, \quad \sigma_{BV} = \frac{\gamma}{\cos \beta} l_{OB} ;$$

[0094] 上式中: $\sigma_A$  为 A 挂线点处导线切线方向综合应力, $\sigma_B$  为 B 挂线点处导线切线方向综合应力, $\sigma_{AV}$  为 A 挂线点处垂直方向综合应力, $\sigma_{BV}$  为 B 挂线点处导线垂直方向综合应力, $\gamma$  为电线比载, $\beta$  为高差角。

[0095] (5)电线挂线点处悬垂角为:

$$[0096] \quad \theta_A = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\gamma}{2 \sigma_0 \cos \beta} - \frac{h}{l} \right), \quad \theta_B = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\gamma}{2 \sigma_0 \cos \beta} + \frac{h}{l} \right) ;$$

[0097] 上式中: $\theta_A$  为 A 挂线点处电线悬垂角, $\theta_B$  为 B 挂线点处电线悬垂角。

[0098] 上述实施例的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法,涉及的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测计算过程如下:

[0099] 在输电线路完成挂线后,在需观测档内靠近杆塔处分别粘贴长度为 1 米的光纤 bragg 光栅,在弧垂处悬挂 100Kg 重锤,依据“悬链线”特性便可测量得光纤的伸长量,然后计算得导线完成挂线后的综合弹性模量,具体光缆设置方法如图 4 所示。

[0100] 例如,当假设该附加的重锤为 100kg,A 与 B 为一条线路耐张段内的挂线电,在 A 与 B 处在导线上粘贴光纤 bragg 光栅,则 A 与 B 挂线点处光纤的伸长量分别为  $\Delta L_A$  和  $\Delta L_B$ ,则依据“悬链线”受荷原理可得到该段导线的综合弹性模量为:

$$[0101] \quad \Delta L = \Delta L_A + \Delta L_B, E = \frac{100g}{\Delta L};$$

[0102] 在后期监测中,如发现在覆冰情况下 A 挂线点出光纤伸长量为  $\Delta L_{A雪}$  B 挂线点处光纤伸长量为  $\Delta L_{B雪}$ ,可计算得到导线在雪荷载作用下挂线点 A 与 B 点轴向的附加应力为  $\sigma_{A雪}$  和  $\sigma_{B雪}$ :

[0103]

$$\sigma_{A雪} = \frac{100g \times \Delta L_{A雪}}{\Delta L}, \quad \sigma_{B雪} = \frac{100g \times \Delta L_{B雪}}{\Delta L}, \quad \sigma_0 = \frac{\sigma_{A雪} + \sigma_{B雪}}{2};$$

[0104] 在计算获得线路在雪荷载作用下的附加应力  $\sigma_0$  后,便可推算获得导线的覆冰厚度为:

$$[0105] \quad \delta = \frac{\sigma_0 L}{\pi d \rho_i g};$$

[0106] 其中: $\delta$  为电线覆冰厚度; $L$  为光纤长度(一般为 1 米); $d$  为导线直径; $\rho_i$  为覆冰密度,一般采用 900kg/m<sup>3</sup>。

[0107] 综上所述,采用本发明上述各实施例的光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法,至少可以达到以下优点:

[0108] (1)该输电线路监测手段计算公式简便,可以很快的测量出导线的应力、弧垂、悬挂点悬垂角等,及时且准确地反映所测耐张段内的导线特性。

[0109] (2)该输电线路监测手段可以对导线的蠕变等特性进行自动校正,提高测量结果的准确性。例如:我们可以在线路建设第一年,每隔两个月更改光纤的长度值,从第二年开始每年更改光纤的长度值,这样就可以对蠕变带来的计算误差进行很好的校正。

[0110] (3)该测量光纤粘附在导线上且长度初期为 1 米,可以很好的反映导线的应变特性,也可以对应变起较好的测量效果。

[0111] (4)在使用该测量方法后,我们可以定期对数据进行采集,在如风速、温度等因素对导线应变共同影响下提出该线路最不利荷载时的各种影响参数情况,为后期该地区线路的设计提供参考。

[0112] (5)使用该光纤 bragg 光栅输电线路在线监测装置及方法可以对可能发生的覆冰危险进行提前处理。覆冰的形成是个比较长的过程,当假设最大覆冰厚度是 15mm 时,我们可以通过监测所得的覆冰数值及时监测导线的覆冰厚度,在覆冰未达到最大覆冰厚度时对线路进行除冰处理,同时在数据处理时还可自定义临界覆冰厚度,当厚度达到该值时可以

发出告警信号。同时,由于输电线路覆冰厚度的监测目的主要是为了控制对大弧垂,因此该种监测方法可以忽略不均匀覆冰的影响。

[0113] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

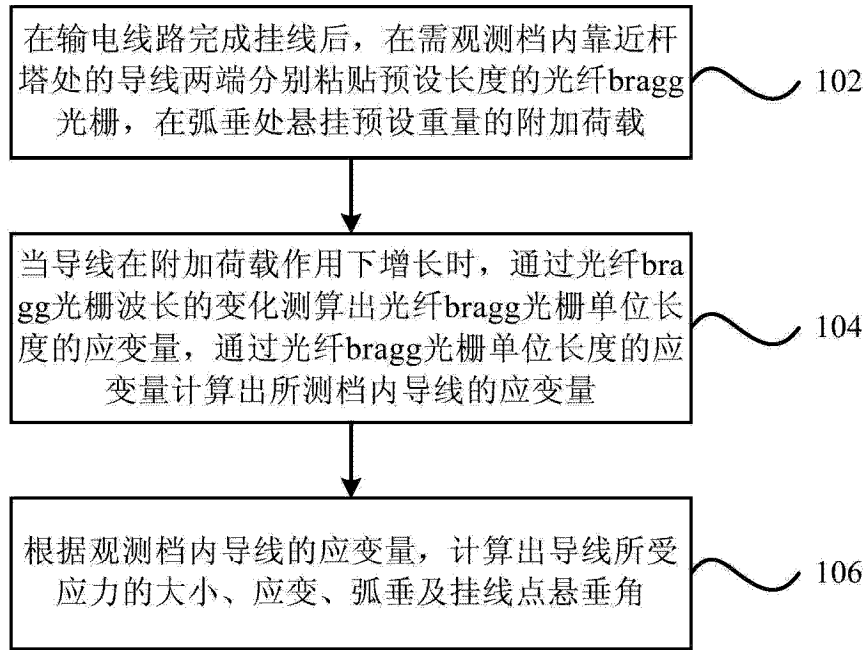


图 1

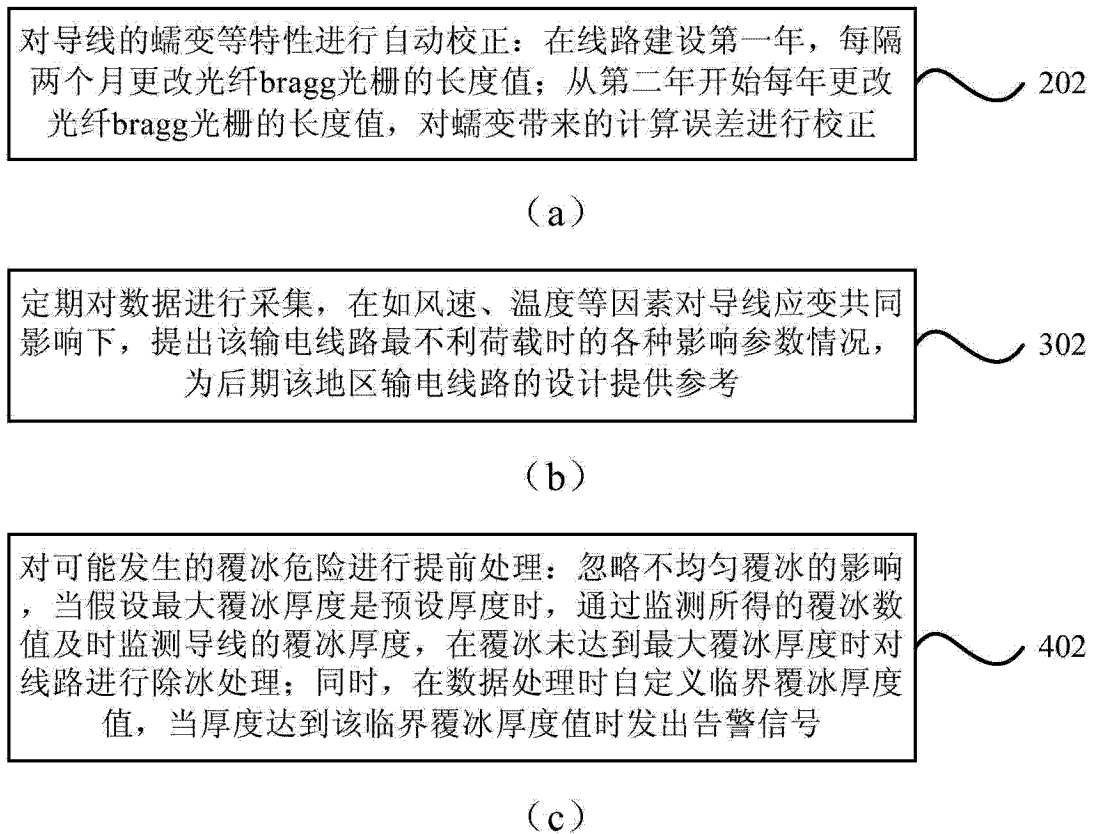


图 2

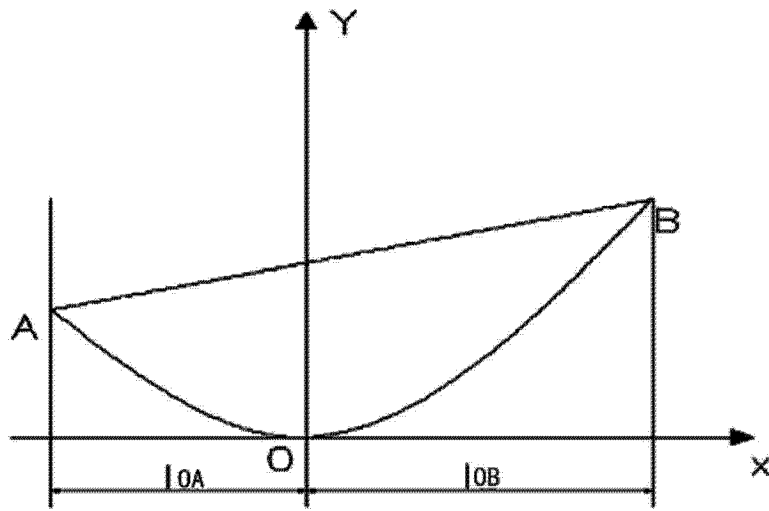


图 3

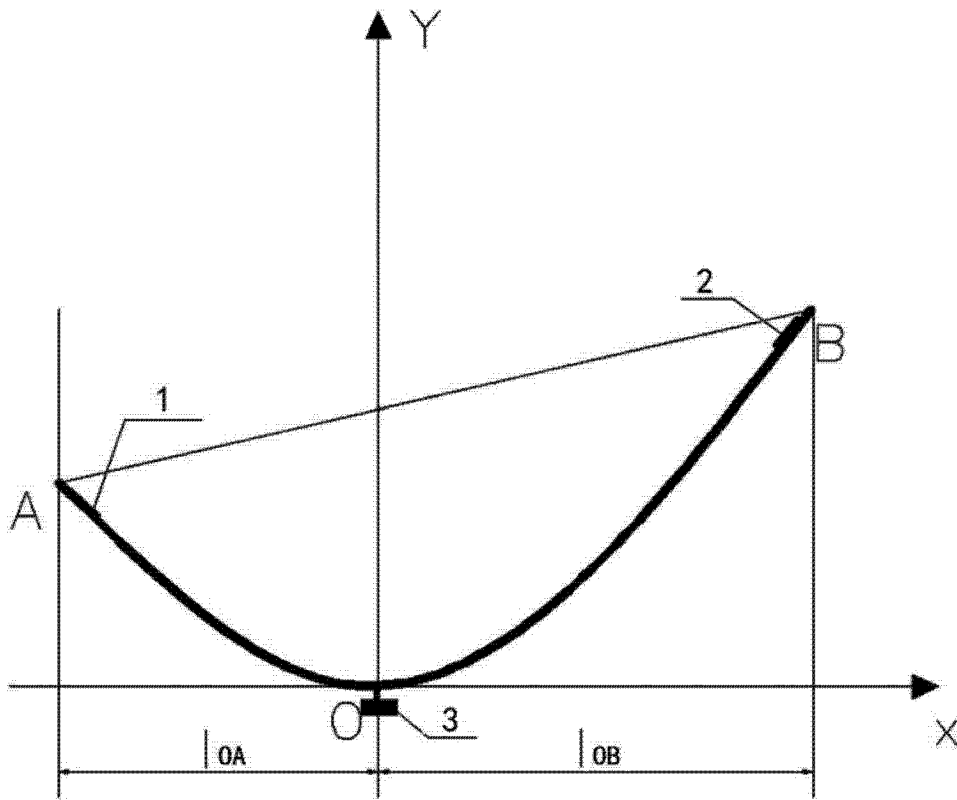


图 4