



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106771505 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(21)申请号 201710114024.3

(22)申请日 2017.02.28

(71)申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72)发明人 刘亚东 谢潇磊 张烁 李昂

秦雪 盛戈峰 江秀臣

(74)专利代理机构 上海恒慧知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 31317

代理人 张宁展

(51) Int. Cl.

G01R 19/00(2006.01)

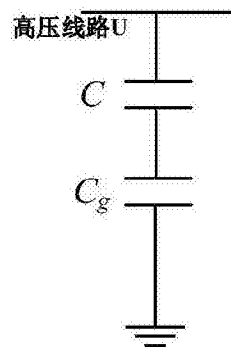
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

基于串联电容的单相架空输电线路相电压
自校准方法

(57)摘要

一种单相架空输电线路相电压的自校准方法,利用空间电容分压原理,将线路与大地视为一个大电容对其进行分压,以空气作为绝缘介质。将导线金属部分直接与上极板相连,其中串联开关电容,通过改变其容值从而改变上极板对导线的杂散电容值,采样电容上将测得不同的电压值,从而可推算出各未知的杂散电容大小及待测电压大小,实现导线相电压的非接触式自校准。本发明适用于配网分布式装置的要求,优于现有电压测量方案。



1. 一种基于串联电容的单相架空输电线路相电压自校准方法,其特征在于,包括如下步骤:

1) 将分布式电压传感器测量装置安装于单相架空线路上,其中采样电容容值大小选取 μF 级别,采样电容上极板与高压导线金属部分短接,不串接开关电容,下极板悬空,分布式电压传感器测量装置测得分压值为 U_{c1} ,并输入计算机建立如下方程:

$$U_{c1} = \frac{C_g}{C} \cdot U$$

其中, C_g 为下极板到地面的电容, C 为两极板之间的采样电容的容值, U 为待测线路电压值;

2) 断开短接线路,在分布式电压传感器测量装置上极板与高压导线之间串联开关电容,大小为 C_h ,则等效为下极板对大地电容 C_g 和 C_h 串联, $C_g' = \frac{C_g \cdot C_h}{C_g + C_h}$ 则第二次测得分压值 U_{c2} ,

输入计算机建立如下方程:

$$U_{c2} = \frac{C_g'}{C} \cdot U$$

3) 将步骤1)和2)所测得采样值输入计算机作如下运算,即可求出 C_g 的容值

$$\frac{U_{c1}}{U_{c2}} = \frac{C_g}{C_g'} = \frac{C_g + C_h}{C_h}$$

$$\Rightarrow C_g = C_h \cdot \left(\frac{U_{c1}}{U_{c2}} - 1 \right)$$

4) 将步骤3)所求出 C_g 代回步骤1)中的方程即可求得待测导线电压 U

$$U = \frac{U_{c1} \cdot C}{C_h \cdot \left(\frac{U_{c1}}{U_{c2}} - 1 \right)}$$

5) 通过多次改变开关电容值 C_h ,实现多次校准,提高测量精度。

基于串联电容的单相架空输电线路相电压自校准方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种应用于架空线分布式电压传感器中的基于串联电容的单相架空输电线路相电压自校准方法。

背景技术

[0002] 随着我国电力工业水平的不断发展,建设坚强的智能电网成为未来的发展方向。目前我国配电网线路量大面广线长,所处环境复杂、故障率高,开发低成本分布式监测装置,实现对配网运行状态的实时在线监测与故障定位对实现配电网高效经济运行具有重大意义。

[0003] 对配网架空线路相电压的分布式准确测量是一个难点。目前广泛使用的电压传感器主要有电磁式(PT)、电容式(CVT)电压互感器、光学电压传感器等。光学电压传感器稳定性问题尚未很好解决,需要高精度加工工艺和粘接工艺,尚未在电力互感器中得到大规模应用。传统PT容量较小、成本高、绝缘结构复杂、存在铁磁谐振现象、有漏感分布电容等因素的影响,渐渐不适应如今电网的需求。CVT主要应用于330kV以上电网,体积大,造价昂贵,不易安装,无法满足低成本分布式装置的要求。因此建立一种适用于配网分布式装置的相电压测量方法,并能实现非接触式自校准,对提高分布式装置的电压测量精度具有重大意义。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提出一种新型的适用于小型化分布式装置的基于串联电容的单相架空输电线路相电压的自校准方法,克服现有PT、CVT、光学电压传感器的不足,具有高测量精度。其利用空间电容分压原理,将输电线路与大地视为电压两级,将一具有上下极板的平行板电容器作为采样电容置于其中,充分考虑两块极板对电压两级的杂散电容,建立集中参数等效电路。将导线直接与上极板相连,其中串接一开关电容,通过改变其容值从而改变上极板对导线的杂散电容值,采样电容上将测得不同的电压值,从而可推算出各未知的杂散电容大小及待测电压大小。

[0005] 本发明的技术解决方案如下:

[0006] 一种基于串联电容的单相架空输电线路相电压自校准方法,其特点在于,该方法包括如下步骤:

[0007] 1) 将分布式电压传感器测量装置安装于单相架空线路上,其中采样电容容值大小选取 μF 级别。采样电容上极板与高压导线金属部分短接,不串接开关电容,下极板悬空。其测得分压值为 U_{c1} 。输入计算机建立如下方程:

$$[0008] \quad U_{c1} = \frac{C_g}{C} \cdot U$$

[0009] 其中, C_g 为下极板到大地电容, C 为两极板之间的采样电容的容值, U 为待测线路电压值。

[0010] 2) 断开短接线路,在测量装置上极板与高压导线之间串联开关电容,其值为已知

量,大小为 C_h ,则等效为下极板对大地电容 C_g 和 C_h 串联, $C_g' = \frac{C_g \cdot C_h}{C_g + C_h}$ 则第二次测得分压值 U_{c2} ,输入计算机建立如下方程:

$$[0011] \quad U_{c2} = \frac{C_g'}{C} \cdot U$$

[0012] 3) 将前两步所测得采样值输入计算机作如下运算,即可求出 C_g 的容值大小

$$[0013] \quad \frac{U_{c1}}{U_{c2}} = \frac{C_g}{C_g'} = \frac{C_g + C_h}{C_h}$$

$$\Rightarrow C_g = C_h \cdot \left(\frac{U_{c1}}{U_{c2}} - 1 \right)$$

[0014] 4) 将步骤3)所求出 C_g 代回步骤1)中的方程即可求得待测导线电压 U

$$[0015] \quad U = \frac{U_{c1} \cdot C}{C_h \cdot \left(\frac{U_{c1}}{U_{c2}} - 1 \right)}$$

[0016] 5) 通过多次改变开关电容值 C_h ,可以实现多次校准,提高测量精度。

[0017] 本发明由于采用了以上技术方案,利用空间电容分压原理,将线路与大地视为一个大电容对其进行分压测量,以空气作为绝缘介质。将导线金属部分直接与上极板相连,其中串接开关电容,通过改变其容值从而改变上极板对导线的杂散电容值,采样电容上将测得不同的电压值,从而可推算出各未知的杂散电容大小及待测电压大小,实现导线电压的自校准。

附图说明

[0018] 图1是本发明的等效测量电路图

[0019] 图2是本发明的串联开关电容自校准等效电路图

[0020] 图3是本发明实例的电压传感器工作框图

[0021] 图4是本发明实例的架空线路实验环境模拟图

具体实施方式

[0022] 以下结合附图对本发明的实施例作详细说明,但不应以此限制本发明的保护范围。

[0023] 请先参阅图1、图2,请先参阅图1、图2,图1是本发明的测量装置测量模型等效电路,图2是本发明的串联开关电容示意图。由图可见,该方法包括下列步骤:

[0024] 1) 将分布式电压传感器测量装置安装于单相架空线路上,其中采样电容容值大小选取 μF 级别。采样电容上极板与高压导线金属部分短接,不串接开关电容,下极板悬空。其测得分压值为 U_{c1} 。输入计算机建立如下方程:

$$[0025] \quad U_{c1} = \frac{C_g}{C} \cdot U$$

[0026] 其中, C_g 为下极板到地面的电容, C 为两极板之间的采样电容的容值, U 为待测线路电压值。

[0027] 2) 断开短接线路, 在测量装置上极板与高压导线之间串联开关电容, 其值为已知量, 大小为 C_h , 则等效为下极板对大地电容 C_g 和 C_h 串联, $C_g' = \frac{C_g \cdot C_h}{C_g + C_h}$ 则第二次测得分压值 U_{c2} ,

输入计算机建立如下方程:

$$[0028] \quad U_{c2} = \frac{C_g'}{C} \cdot U$$

[0029] 3) 将前两步所测得采样值输入计算机作如下运算, 即可求出 C_g 的容值大小

$$[0030] \quad \frac{U_{c1}}{U_{c2}} = \frac{C_g}{C_g'} = \frac{C_g + C_h}{C_h}$$

$$\Rightarrow C_g = C_h \cdot \left(\frac{U_{c1}}{U_{c2}} - 1 \right)$$

[0031] 4) 将步骤3) 所求出 C_g 代入步骤1) 中的方程即可求得待测导线电压 U

$$[0032] \quad U = \frac{U_{c1} \cdot C}{C_h \cdot \left(\frac{U_{c1}}{U_{c2}} - 1 \right)}$$

[0033] 本发明的原理如下:

[0034] 将分布式电压传感器测量装置 (以下简称为测量装置) 至于架空线路上, 其运用空间电容分压的原理测量导线对地相电压。采用空间电容分压的原理实现导线对地相电压的测量与校准, 其核心元件为一个电容器, 将导线视为大电容的一极, 大地为另一极。将电容器置入导线与大地之间, 并将其上极板与导线金属部分直接相连, 形成如图1所示的等效测量电路。

[0035] 根据电容分压原理, 采样电容上分压值与导线电压有如下关系:

$$[0036] \quad U_c = \frac{1}{\frac{1}{j\omega C} + \frac{1}{j\omega C_g}} \cdot U = \frac{C_g}{C + C_g} \cdot U$$

[0037] 其中 C 为采样电容值, C_g 为下极板对地杂散电容值。

[0038] 由于 C_g 为杂散电容, 一般都很小, 数量级为几个 pF 到几十个 pF 级别, 而分压电容 C 的电容值可以选取的很大, 比如达到 μF 级别, 那么 $C \gg C_g$, 则 $C + C_g \approx C$

$$[0039] \quad U_c \approx \frac{C_g}{C} \cdot U$$

[0040] 其中, C_g 、 U 为未知量, 其余为已知量。

[0041] 一种基于串联电容的单相架空输电线路相电压自校准方法, 其特征如下:

[0042] 由于单相裸导线输电线路模型较为简单, 其相电压自校准过程共有两个未知参数需要校准, 分别为 C_g 为下极板到地面的电容、 U 为待测线路电压值。因此改变采样电容的容值已知量 C 的值大小并不能增加新的有效方程数, 需改变未知量的大小才能增加新的有效

方程。若能通过串接开关电容实现在某一未知量中叠加一已知量,根据前后其余已知量的变化既能求出所有未知量,实现基于串联电容的单相架空输电线路相电压的自校准。其校准电路如图2所示。具体可按如下步骤实现:

[0043] 步骤1,选取 μF 级别的采样电容,采样电容上极板与高压导线之间短接,不串接开关电容,下极板悬空。其测得分压值为 U_{c1} 。则其值有如下关系:

$$[0044] \quad U_{c1} = \frac{C_g}{C} \cdot U$$

[0045] 步骤2,断开短接线路,在上极板与高压导线之间串接开关电容,其值为已知量,大小为 C_h 。则第二次测得分压值 U_{c2} ,其值有如下关系:

$$[0046] \quad U_{c2} = \frac{C'_g}{C} \cdot U$$

[0047] 其中:

$$[0048] \quad C'_g = \frac{C_g \cdot C_h}{C_g + C_h}$$

[0049] 步骤3,将两次测得采样值作如下运算:

$$[0050] \quad \frac{U_{c1}}{U_{c2}} = \frac{C_g}{C'_g} = \frac{C_g + C_h}{C_h}$$

$$\Rightarrow C_g = C_h \cdot \left(\frac{U_{c1}}{U_{c2}} - 1 \right)$$

[0051] 步骤4,代回上式即可求得待测导线电压 U

$$[0052] \quad U = \frac{U_{c1} \cdot C}{C_h \cdot \left(\frac{U_{c1}}{U_{c2}} - 1 \right)}$$

[0053] 步骤5,通过多次改变开关电容值 C_h ,可以实现多次校准,提高测量精度。

[0054] 为验证本发明的有效性,依据此发明设计了一个应用于配网线路的智能电压传感器,将分压电容 C 直接焊于PCB板,高压线路通过导体结构直接与 C 上极板相连,并在其中串联开关电容。正常情况下短接,并按需求可串联不同电容值。 C 上电压信号经过调理放大后经由采样转化成数字信号,再经过CPU进行处理交由通信模块进行无线传输至系统后台,便于保存和后续分析,其简化后工作框图如图3所示。通过Comsol Multiphysics计算出装置对地杂散分布电容约为 0.8pF ,因此设计分压电容 $C=16\text{nF}$,比杂散电容大4个数量级,用于分压后采样。

[0055] 采用支架来模拟杆塔,导线平行地面固定,并和高压发生器连接。将传感器悬挂于导线上,高压发生器产生有效值为 10kV 工频正弦电压,实验环境搭建如图4。传感器采集电容两端电压差 ΔU ,其内部工作芯片为MSP430F5438A,采样率为 1kHz ,每次采样十个周波。分别将 C 上极板与高压导线之间连接关系设定为:短接、串一个电容、串联两个电容,测量 C 上分压值,结果如下:

[0056]

连接方式	短接	串联1nF
分压值 (V)	0.48795	0.48757

[0057] 采用前两组采样值代入公式可计算得：

[0058] $C_g=0.77938\text{pF}$, $U=10.01725\text{kV}$

[0059] 综上所述,此自校准方法能准确的求解单相线路未知电容参数及线路电压,实现基于串联电容的单相线路相电压的自校准。

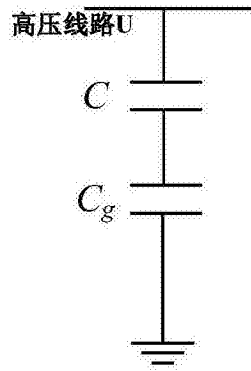


图1

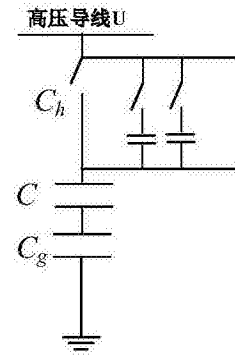


图2

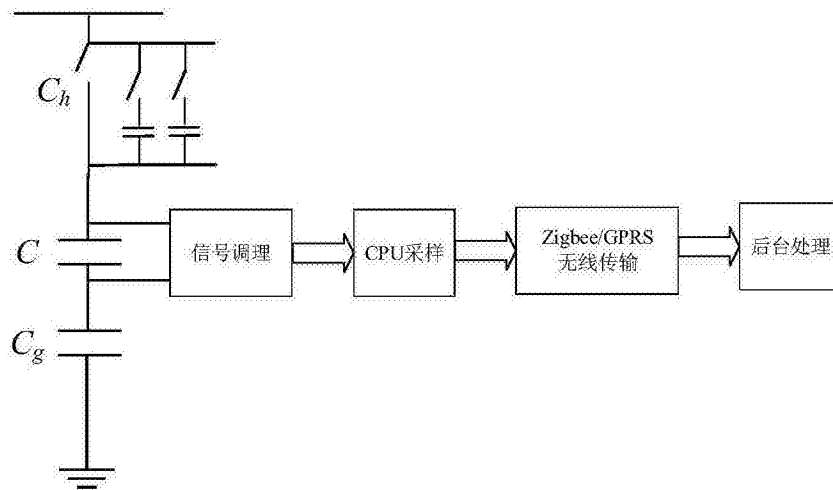


图3

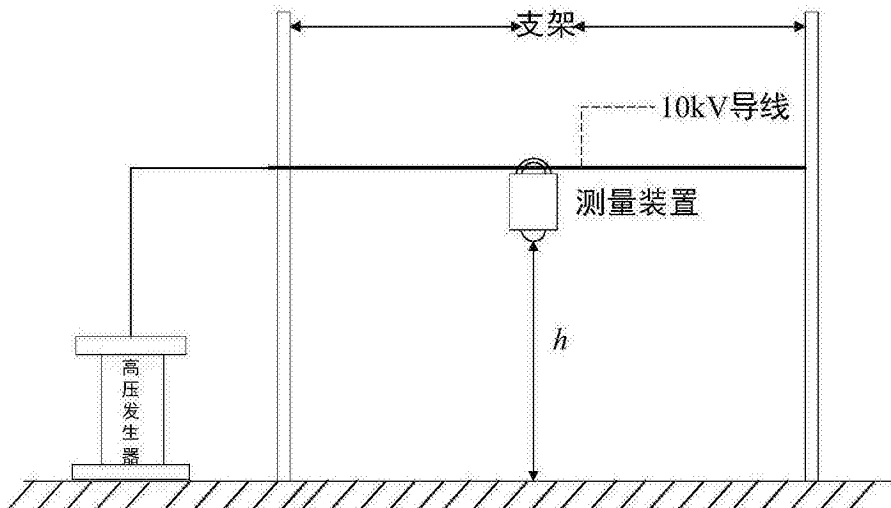


图4