



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102262179 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201110098310. 8

(22) 申请日 2011. 04. 19

(73) 专利权人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街 174 号

(72) 发明人 汪金刚 何为 刘聪汉 杨帆

(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275

代理人 赵荣之

(51) Int. Cl.

G01R 19/25(2006. 01)

G08C 17/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201417675 Y, 2010. 03. 03, 说明书第 2-3 页, 图 1、3.

CN 101699298 A, 2010. 04. 28, 说明书第 3-4 页, 图 1-2.

CN 101667747 A, 2010. 03. 10, 说明书第 4-5 页, 图 1.

李清泉等. “基于光纤的测量瞬态电场的球形传感器”. 《传感器技术》. 2002, 第 21 卷 (第 3 期), 第 14-16 页.

张东东. “智能 GIS 中新型电流 / 电压传感器测量系统的设计”. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技 II 辑》. 2005, (第 3 期), 第 9-23 页.

张东东. “智能 GIS 中新型电流 / 电压传感器测量系统的设计”. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技 II 辑》. 2005, (第 3 期), 第 9-23 页.

审查员 孙世新

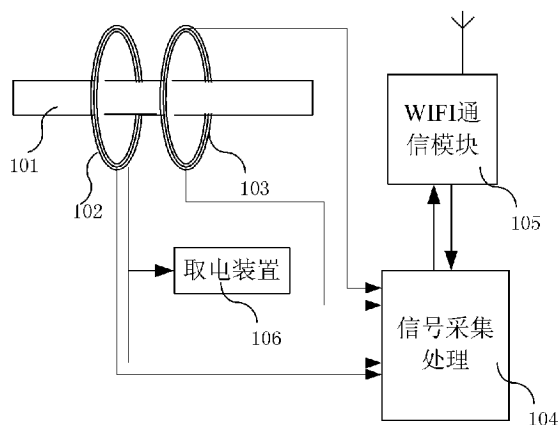
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

单极式电流电压一体化传感器

(57) 摘要

本发明公开了一种单极式电流电压一体化传感器, 涉及智能电网领域中的电子传感器, 包括电流传感器、电压测量传感器、电压校正传感器、信号调理电路、A/D 转换电路、FPGA 单元、无线传输扩展单元、高压取电装置, 通过三个传感器采集输电线电流信号并对信号进行处理, 计算出被测电流电压值后通过无线通信网来传输检测信息, 高压取电装置采用电流互感器取能和锂电池协同供电, 可长期为在线监测设备提供电能, 本发明能快速、完整、准确地将电流电压信息传送给计算机进行数据处理, 不会产生高电压、大电流和铁磁谐振, 可方便地与电子式仪表、微机测控保护设备接口, 简化了系统结构, 节省空间, 功耗极小提高了整个系统的稳定性和准确度。



1. 单极式电流电压一体化传感器,其特征在于:包括信号检测单元、信号处理单元和无线传输扩展单元,所述信号检测单元,用于采集高压输电线电流电压信号;所述信号处理单元,用于处理采集到的电流电压信号计算出被测电流电压;所述无线传输扩展单元,用于通过无线通信网来传输测量数据信息;

所述信号检测单元包括电流传感器、电压传感器,所述电压传感器与电流传感器并排设置于高压输电线上;所述电流传感器为罗氏线圈,所述电压传感器为电容式交变电场传感器;

所述电压传感器包括电压测量传感器和至少一个电压校正传感器,所述电压测量传感器和电压校正传感器,用于同时测量高压输电线上的电压信号;所述电压校正传感器与电压测量传感器固定于以高压输电线为中心的两个相对位置上,所述电压校正传感器与所述电压测量传感器为相同的传感器;所述电压测量传感器包括两个半球壳式电极和置于两个半球壳所形成空腔中的测量电容,所述测量电容的两极板分别与半球壳式电极连接;

所述电流传感器包括高压取电装置,所述高压取电装置包括电流互感器、过流保护电路、整流稳压电路,所述电流互感器套设于高压输电线上,所述电流互感器的输出端与过流保护电路连接,所述过流保护电路的输出端与整流稳压电路连接,所述整流稳压电路的输出端与在线监测设备连接;

所述电压传感器通过以下步骤来测量电压,具体包括以下步骤:

(1) 分别将电压测量传感器和电压校正传感器固定安装于高压输电线的相对两个位置;

(2) 通过电压测量传感器和电压校正传感器分别获取测量电容的感应电压;

(3) 将感应电压进行放大、滤波处理和 A/D 采样分别得到测量感应电压 $U_{\text{测量}}$,校正感应电压 $U_{\text{校正}}$;

(4) 通过下列公式将测量感应电压 $U_{\text{测量}}$ 和校正感应电压 $U_{\text{校正}}$ 分别换算为测量感应电场 $E_{\text{测量}}$,校正感应电场 $E_{\text{校正}}$;

$$E_{\text{测量}}(t) = \frac{U_{\text{测量}}(t)C_M}{3\pi R^2 \varepsilon_0}$$

$$E_{\text{校正}}(t) = \frac{U_{\text{校正}}(t)C_M}{3\pi R^2 \varepsilon_0}$$

其中 C_M 为传感器的取样电容, R 为球型传感器的半径, ε_0 为真空介电常数;

(5) 通过下列公式比较测量感应电场 $E_{\text{测量}}$ 与校正感应电场 $E_{\text{校正}}$ 的差值是否小于预设值 ε ;

$$|E_{\text{测量}} - E_{\text{校正}}| < \varepsilon$$

(6) 利用最小二乘原理并通过下列公式计算模拟电荷的大小,

$$\min_{q \in Q} \|E_{\text{测量}} - F(q)\|^2,$$

其中 $F(q)$ 为非线性算子, q 为模拟电荷的大小, Q 表示模拟电荷的集合;

(7) 利用麦克斯韦电位系数法得到电位 φ

$$\begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \vdots \\ \varphi_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \cdots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \cdots & \lambda_{2n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{n1} & \cdots & \lambda_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_n \end{pmatrix}$$

其中 $[\varphi]$ —为高压输电线对地电压矩阵；

$[\lambda]$ —为高压输电线的电位系数矩阵；

$[q]$ —为模拟电荷大小矩阵；

其中,所述步骤(5)中包括如果测量感应电场 $E_{\text{测量}}$ 与校正感应电场 $E_{\text{校正}}$ 的差值大于或等于预设值,则返回步骤(2)。

2. 根据权利要求1所述的单极式电流电压一体化传感器,其特征在于:所述高压取电装置还包括充放电管理电路,所述整流稳压电路的输出端与充放电管理电路连接,所述充放电管理电路对充电电源进行充电,所述充电电源与在线监测设备连接。

3. 根据权利要求2所述的单极式电流电压一体化传感器,其特征在于:所述信号处理单元包括信号调理电路、A/D转换电路和FPGA单元,所述信号调理电路包括电流计量信号调理电路、电流保护信号调理电路和电压通道信号调理电路;所述电流传感器采集的信号分别输入到电流计量信号调理电路和电流保护信号调理电路,所述电压传感器采集的信号输入到电压通道信号调理电路中,从电流计量信号调理电路、电流保护信号调理电路、电压通道信号调理电路输出的信号通过A/D转换电路转换成数字信号后输入到FPGA单元进行处理,经过FPGA单元处理后的信号输入到无线传输扩展单元。

4. 根据权利要求3所述的单极式电流电压一体化传感器,其特征在于:所述电压通道信号调理电路包括前置放大电路、带通滤波电路和有效值转换电路;所述前置放大电路,用于把传感器采集的信号进行放大;所述带通滤波电路,用于对信号进行滤波处理;所述有效值转换电路,用于通过对信号进行有效值计算来获得准确的电场信号。

5. 根据权利要求4所述的单极式电流电压一体化传感器,其特征在于:所述信号处理单元还包括PIN接口和用于指示信号调理电路工作状态的LED,所述PIN接口连接在无线传输扩展单元与FPGA单元之间,所述LED连接在无线传输扩展单元与FPGA单元之间。

6. 根据权利要求5所述的单极式电流电压一体化传感器,其特征在于:所述无线传输扩展单元包括无线发送模块和无线接收模块,所述无线发送模块按照数据通信协议层的数据协议格式向无线接收模块发送信号,所述无线接收模块采用RF接口并按照物联网数据协议栈格式通过通信协议栈传输到物联网。

单极式电流电压一体化传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及智能电网领域中的电子传感器,特别涉及一种有源型单极式电流电压一体化传感器。

背景技术

[0002] 现代电力系统发展的特点是大容量、高电压、小型化、数字化和输配电系统自动化。电网电压的不断提高,使传统互感器的体积愈来愈大,绝缘结构愈来愈复杂,制造的难度也愈来愈提高。同时,传统互感器存在的磁滞、磁饱和、二次不能开路、线性度低、静态和动态准确范围小等问题日益突出,已经不能为电力系统发展提供保证。由于传统互感器输出为模拟信号,不能为输配电系统自动化提供所需的数字信号,因而也成为数字化变电站必须解决的难题。另外,传统的电磁式电流电压互感器体积大,结构复杂,铁心易饱和,可靠性差,集成度与数字化不高,绝缘性能要求高。诸多不便,难以满足目前基于物联网的智能电网建设要求。

[0003] 项目利用电磁感应技术研究统的电流、电压互感器设备,为智能电网的建设提供了新思路,实现了电网中电流电压的数字化程度。节省了电网运行成本,提高了可靠性与集成度。针对电压采集,进行了创新性的改进,通过对高压导线周围固定点的工频电场测量,再由理论研究的电场逆问题计算公式推断出电压值,摒弃了传统的测量方式,实现了电压的非接触测量。整个传感器均为非接触式测量,传感器是单极式传感器,不用与大地连接,减少了绝缘问题

[0004] 因此急需一种低能耗、高精度的仪器装置来采集高压输电线的电流和电压,并且能够实现采集信号数字化、一体化的非接触式的电子式传感器。

发明内容

[0005] 有鉴于此,为了解决上述问题,本发明提出一种低能耗、高精度的仪器装置来采集高压输电线的电流和电压,并且能够实现采集信号数字化、一体化的非接触式的电子式传感器;同时实现电网运行的保护、控制、监测、通讯和记录的自动化。

[0006] 本发明的目的是这样实现的:

[0007] 本发明提供的单极式电流电压一体化传感器,包括信号检测单元、信号处理单元和无线传输扩展单元,所述信号检测单元,用于采集输电线电流信号;所述信号处理单元,用于处理采集到的电流信号计算出被测电流;所述无线传输扩展单元,用于通过无线通信网来传输测量数据信息。

[0008] 进一步,所述信号检测单元包括电流传感器、电压传感器,所述电压传感器与电流传感器并排设置于高压母线上;所述电流传感器为罗氏线圈,所述电压传感器为电容式交变电场传感器;

[0009] 进一步,所述电压传感器包括电压测量传感器和至少一个电压校正传感器,所述电压测量传感器和电压校正传感器,用于同时测量高压母线上的电压信号;所述电压校正

传感器与电压测试传感器固定于以高压输电线为中心的两个相对位置上,所述电压校正传感器与所述电压测量传感器为相同的传感器;所述电压传感器包括两个半球壳式电极和置于两个半球壳所形成空腔中的测量电容,所述测量电容的两极板分别与半球壳式电极连接;

[0010] 进一步,还包括高压取电装置,所述高压取电装置包括电流互感器、过流保护电路、整流稳压电路,所述电流互感器套设于高压母线上,所述电流互感器的输出端与过流保护电路连接,所述过流保护电路的输出端与整流稳压电路连接,所述整流稳压电路的输出端与在线监测设备连接;

[0011] 进一步,所述高压取电装置还包括充放电管理电路,所述整流稳压电路的输出端与充放电管理电路连接,所述充放电管理电路对充电电源进行充电,所述充电电源与在线监测设备连接;

[0012] 进一步,所述信号处理单元包括信号调理电路、A/D 转换电路和 FPGA 单元,所述信号调理电路包括电流计量信号调理电路、电流保护信号调理电路和电压通道信号调理电路;所述电流传感器采集的信号分别输入到电流计量信号调理电路和电流保护信号调理电路,所述电压传感器采集的信号输入到电压通道信号调理电路中,从电流计量信号调理电路、电流保护信号调理电路、电压通道信号调理电路输出的信号通过 A/D 转换电路转换成数字信号后输入到 FPGA 单元进行处理,经过 FPGA 单元处理后的信号输入到无线传输扩展单元;

[0013] 进一步,所述信号调理电路包括前置放大电路、带通滤波电路和有效值转换电路;所述前置放大电路,用于把传感器采集的信号进行放大;所述滤波放大电路,用于对信号进行滤波处理;所述有效值转换电路,用于通过对信号进行有效值计算来获得准确的电场信号;

[0014] 进一步,所述信号处理单元还包括为无线传输模块 PIN 接口和用于指示该电路工作状态的 LED;

[0015] 进一步,所述无线发送模块按照数据通信协议层的数据协议格式向无线接收模块发送信号,所述无线接收模块采用 RF 接口并按照物联网数据协议栈格式通过通信协议栈传输到物联网;

[0016] 进一步,所述无线传输扩展单元为 WIFI 无线模块,所述电流电压信号通过 WIFI 无线模块收发测量数据信息,在传感器测量终端与地面接收节点之间系统中采用 WIFI 模块组成无线通信网,设置设备 ID、传感器状态信息。

[0017] 本发明的优点在于:本发明采用固定设置在高压母线上的电流传感器和电压传感器采集输电导线中的电流和电压信号,与传统的电磁式电流/电压互感器相比,其优势十分明显:

[0018] 1) 集测量和保护于一身,能快速、完整、准确地将一次电流电压信息传送给计算机进行数据处理或与数字化仪表等测量、保护装置相连接,实现计量、测量、保护、控制和状态监测;

[0019] 2) 不含铁芯(或含小铁芯),不会饱和,电流互感器二次开路时不会产生高电压,电压互感器二次短路时不会产生大电流,也不会产生铁磁谐振;

[0020] 3) 二次输出为小电压信号,可方便地与电子式仪表、微机测控保护设备接口,无需

进行二次转换（将 5A, 1A 或 100V 转换为小电压），简化了系统结构，减少了误差源，提高了整个系统的稳定性和准确度；

[0021] 4) 频响范围宽、测量范围大、线性度好、准确度高；

[0022] 5) 电压互感器可同时作为带电显示装置实现一次电压数字化在线监测，并可作为支持绝缘子使用；

[0023] 6) 体积小、重量轻，能有效的节省空间，功耗极小，节电效果十分显著，且具有环保产品的特征；安装使用简单方便，运行维护少；

[0024] 7) 传感器为单极式非接触传感器，安装简单，拆卸方便，体积小，为电网建设和维护提供了极大的方便。

[0025] 本发明的其它优点、目标，和特征在某种程度上将在随后的说明书中进行阐述，并且在某种程度上，基于对下文的考察研究对本领域技术人员而言将是显而易见的，或者可以从本发明的实践中得到教导。本发明的目标和其它优点可以通过下面的说明书，权利要求书，以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0026] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明作进一步的详细描述，其中：

[0027] 图 1 电流电压一体化传感器模型；

[0028] 图 2 电流电压传感器数据处理流程；

[0029] 图 3 传感器检测结构图；

[0030] 图 4 电流检测线圈；

[0031] 图 5 电场测量模型；

[0032] 图 6 球型传感器结构示意图；

[0033] 图 7 电压测量流程示意图；

[0034] 图 8 电流互感器取能示意图；

[0035] 图 9 取能装置供能电路；

[0036] 图 10 单个传感器结构图；

[0037] 图 11 单个传感器接收器节点示意图；

[0038] 图 12 一次输入电流和积分输出信号及电压线性拟合曲线；

[0039] 图 13 场强度 E 和测试电压 U 的关系曲线。

具体实施方式

[0040] 以下将结合附图，对本发明的优选实施例进行详细的描述；应当理解，优选实施例仅为了说明本发明，而不是为了限制本发明的保护范围。

[0041] 图 1 为电流电压一体化传感器模型；如图所示，本发明实施例所提供的单极式电流电压一体化传感器，包括信号检测单元、信号处理单元和无线传输扩展单元，所述信号检测单元，用于采集输电线电流信号；所述信号处理单元，用于处理采集到的电流信号计算出被测电流；所述无线传输扩展单元，用于通过无线通信网来传输测量数据信息。

[0042] 图 2 电流电压传感器数据处理流程；如图所示，本发明通过电容式电场传感器采

集电压信号,经过信号处理后,通过电磁逆问题计算和场强值计算出电压信号;通过罗氏线圈采集电流信号,经过信号处理获取电流信号,然后电流信号和电压信号输入到相应的信号处理器进行处理,最后传输处理后的信号。

[0043] 图 3 电流检测线圈;图 4 电流检测线圈;图 5 电场测量模型;图 6 球型传感器结构示意图;如图所示,作为上述实施例的进一步改进,所述信号检测单元包括电流传感器 102、电压传感器 103,本发明实施例中的电流传感器 102 和电压传感器 103 为圆形状,所述电压传感器 102 与电流传感器 103 并排设置于高压母线 101 上;所述电流传感器 102 为罗氏线圈,所述电压传感器 103 为电容式交变电场传感器。

[0044] 本发明实施例中的电流传感器采用罗氏线圈来实现,Rogowski 线圈(洛氏线圈)又叫电流测量线圈、微分电流传感器,如图 3 所示是一个均匀缠绕在非铁磁性材料上的环形线圈。输出信号是电流对时间的微分。通过一个对输出的电压信号进行积分的电路,就可以真实还原输入电流。其测量原理是,空芯线圈的输出信号与被测电流有如下关系:

$$[0045] \quad e(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = -\mu_0 ns \frac{di}{dt}$$

[0046] 式中为真空磁导率, n 为线圈匝数密度, s 为线圈截面积。据上式,利用电子电路对线圈的输出信号进行积分变换便可求得被测电流 i 。洛氏线圈具有测量范围宽,精度高,稳定可靠,响应频带宽,同时具有测量和继电保护功能,体积小、重量轻、安全且符合环保要求。对传感器的数字化非常有利。

[0047] 电压测量的原理:电压测量传感器或电压校正传感器在测量得到感应电荷后,根据静电感应原理,处于电场中的传感器,在其表面会产生感应电荷,在传感器的电极间接入测量电容后,电容上产生的电压便可作为测量信号,得到感应电压与被测电场的关系。

[0048] 设半球壳表面积为 A ,球表面电荷的面密度为 σ ,则半球壳的总表面电荷为 $Q_1(t)$,

$$[0049] \quad Q(t) = \int \sigma(t) dA$$

[0050] 由上式可知,将传感器放入电场后,球壳上的表面电荷量与球心处的电场强度 $E_0(t)$ 成正比:

$$[0051] \quad Q(t) = KE_0(t)$$

[0052] 其中 K 为比例系数。这些感应电荷将在取样电容 C_M 上产生一个微小的感应电压 U_M 为:

$$[0053] \quad U_M(t) = Q(t)/C_M$$

[0054] 将式 (2) 代入式 (3) 可得:

$$[0055] \quad U_M(t) = KE_0(t)/C_M$$

[0056] 通过测量取样电容上的电压 $U_M(t)$ 就可以得到 $E_0(t)$,这就是电容式传感器测量的基本原理。

[0057] 将该面电荷密度沿上半球面积分,可得到在均匀电场中,上半球面的感应电荷 $Q_1(t)$:

$$[0058] \quad Q_1(t) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} 3\varepsilon_0 E_0(t) \cos\theta R^2 \sin\theta d\theta d\Phi$$

$$[0059] \quad = 3\pi R^2 \varepsilon_0 E_0(t)$$

[0060] 若在传感器的两个电极间接入测量电容 C_M 。联合 (4) 和 (5) 式可知在均匀电场中该测量电容上的电压 U_M :

$$[0061] \quad U_M(t) = \frac{3\pi R^2 \varepsilon_0 E_o(t)}{C_M}$$

[0062] 在已知输电线的参数和边界条件时,通过高压输电线电场正问题的计算,可以得到输电线周围的高压电场分布情况,从而可以估算出对环境的影响。对于实际运行中的输电线周围工频电场的分布,由于其实际电位和相位未知,无法直接根据正问题进行计算。所以利用输电线工频电场逆问题,通过测量导线附近一定数量测点的电场强度,反向计算出场源参数。与正问题的计算相同,采用模拟电荷法(CSM)等效模型,计算模拟电荷的大小,根据最小二乘原理将逆问题的求解转换成极值问题。

[0063] 作为上述实施例的进一步改进,所述电压传感器包括电压测量传感器 502 和至少一个电压校正传感器 501,所述电压测量传感器 502 和电压校正传感器 501,用于同时测量高压母线上的电压信号;所述电压校正传感器 501 与电压测试传感器 502 固定于以高压输电线 503 为中心的两个相对位置上,所述电压校正传感器 501 与所述电压测量传感器 502 为相同的传感器;所述电压传感器包括两个半球壳式电极 601 和置于两个半球壳所形成空腔中的测量电容 602,所述测量电容 602 的两极板分别与半球壳式电极 601 连接。

[0064] 图 7 电压测量流程示意图,包括以下步骤:

[0065] (1) 分别将电压测试传感器和电压校正传感器固定安装于高压输电线的相对两个位置;

[0066] (2) 通过电压测试传感器和电压校正传感器分别获取测量电容的感应电压;

[0067] (3) 将感应电压进行放大、滤波处理和 A/D 采样分别得到测量感应电压 $U_{\text{测量}}$,校正感应电压 $U_{\text{校正}}$;

[0068] (4) 通过下列公式将测量感应电压 $U_{\text{测量}}$ 和校正感应电压 $U_{\text{校正}}$ 分别换算为测量感应电场 $E_{\text{测量}}$,校正感应电场 $E_{\text{校正}}$;

[0069]

$$E_{\text{测量}}(t) = \frac{U_{\text{测量}}(t)C_M}{3\pi R^2 \varepsilon_0}$$

[0070]

$$E_{\text{校正}}(t) = \frac{U_{\text{校正}}(t)C_M}{3\pi R^2 \varepsilon_0}$$

[0071] 其中 C_M 为传感器的取样电容, R 为球型传感器的半径, ε_0 为真空介电常数。

[0072] (5) 通过下列公式比较测量感应电场 $E_{\text{测量}}$ 与校正感应电场 $E_{\text{校正}}$ 的差值是否小于预设值 ε ;

$$[0073] \quad |E_{\text{测量}} - E_{\text{校正}}| < \varepsilon$$

[0074] (6) 利用最小二乘原理并通过下列公式计算模拟电荷的大小,

$$[0075] \quad \min_{q \in Q} \|E - F(q)\|^2$$

[0076] 其中 $F(q)$ 为非线性算子, q 为模拟电荷的大小;

[0077] (7) 利用麦克斯韦电位系数法得到电位 φ

[0078]

$$\begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \varphi_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \cdot & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \cdot & \lambda_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \lambda_{n1} & \cdot & \lambda_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ q_n \end{pmatrix}$$

[0079] 其中 $[\varphi]$ ——为导线对地电压矩阵；

[0080] $[\lambda]$ ——为输电线的电位系数矩阵；

[0081] $[q]$ ——为等效电荷大小矩阵。

[0082] 作为上述实施例的进一步改进,所述步骤(5)中包括如果测量感应电场 $E_{\text{测量}}$ 与校正感应电场 $E_{\text{校正}}$ 的差值大于或等于预设值,则返回步骤(2)。

[0083] 图8电流互感器取能示意图;通过套设于高压母线上的是上的取能线圈的电磁感应现象获取电流,然后对获取的电流进行处理输出,图9取能装置供能电路;如图所示,作为上述实施例的进一步改进,还包括高压取电装置,所述高压取电装置包括电流互感器、过流保护电路、整流稳压电路,所述电流互感器套设于高压母线上,所述电流互感器的输出端与过流保护电路连接,所述过流保护电路的输出端与整流稳压电路连接,所述整流稳压电路的输出端与在线监测设备连接。

[0084] 作为上述实施例的进一步改进,所述高压取电装置309还包括充放电管理电路,所述整流稳压电路的输出端与充放电管理电路连接,所述充放电管理电路对充电电源进行充电,所述充电电源与在线监测设备连接。

[0085] 由互感器原理可知,互感器二次侧感应电动势

$$[0086] E_2 = \sqrt{2\pi f N_2 \Phi_m} = \sqrt{2\pi f N_2 B S}$$

[0087] 式中, N_2 为互感器二次侧线圈匝数; Φ_m 为主磁通; f 为一次侧频率; B 为铁芯的磁感应强度; S 为铁芯截面积。

[0088] 由磁化曲线可知,铁磁物质的磁感应强度 B 和磁场强度 H 之间是非线性关系,在一次侧电流较小时, $B-H$ 线性变化,此时铁芯能够传递的功率为

$$[0089] P = E_2 I = \sqrt{2\pi f B S N_2} I = \sqrt{2\pi f B S N_2} (I_0 - I_m) \approx \sqrt{2\pi f B S N_2} I_0 \pi$$

[0090] 式中, I 为互感器二次侧电流; I_0 为母线电流;忽略励磁电流 I_m 。

[0091] 一次侧电流较小时,铁芯未饱和,铁芯能够提供的功率与一次侧电流即母线电流有关,因而电流互感器二次侧输出功率与母线电流密切相关。当一次侧电流进一步增大时,互感器传递的能量进一步增加,直至铁芯进入饱和状态, Φ_m 随电流增加缓慢,近似保持不变, E_2 畸变,其值变化较小,此时互感器输出功率较为恒定。

[0092] 本发明实施例采用电流互感器取能和锂电池协同供电的设计方案,采用通过电流互感器从线路感应获取能量,通过充放电管理电路,同时给监测设备和备用锂电池供电。在因空载或者断电引起线路电流过小,导致供能不足时,采用后备锂电池协同供电。可长期为在线监测设备提供约2.5W的功率,在线路电流恒 $> 120A$ 时,可提供近5W的输出功率。该设计综合了电磁感应供能和锂电池供电的优点,突出解决在线监测设备的供电难题。经实验证明,该电路设计合理,体积小,质量小,易于集成,且扩展性强,满足输出电压和功率较宽范围变化的要求。

[0093] 作为上述实施例的进一步改进,所述信号处理单元包括信号调理电路、A/D 转换电路 304 和 FPGA 单元 305,所述信号调理电路包括电流计量信号调理电路 301、电流保护信号调理电路 302 和电压通道信号调理电路 303;所述电流传感器 102 采集的信号分别输入到电流计量信号调理电路 301 和电流保护信号调理电路 302,所述电压传感器 103 采集的信号输入到电压通道信号调理电路 303 中,从电流计量信号调理电路 301、电流保护信号调理电路 302、电压通道信号调理电路 303 输出的信号通过 A/D 转换电路 304 转换成数字信号后输入到 FPGA 单元 305 进行处理,经过 FPGA 单元 305 处理后的信号输入到无线传输扩展单元。

[0094] 作为上述实施例的进一步改进,所述信号调理电路包括前置放大电路、带通滤波电路和有效值转换电路;所述前置放大电路,用于把传感器采集的信号进行放大;所述滤波放大电路,用于对信号进行滤波处理;所述有效值转换电路,用于通过对信号进行有效值计算来获得准确的电场信号。

[0095] 信号放大调理电路将每两个极板上感应电荷转化为电压信号,再进行放大,进行测量。三维电场测量由三组独立的电路构成。每路测量电路是由前置放大电路、带通滤波电路以及有效值转换电路构成。前置放大电路主要把传感器取出的弱信号进行放大,提高信号的抗干扰性,滤波放大电路对前一级放大信号进行滤波处理,采用的是巴特沃思二阶有源带通滤波。

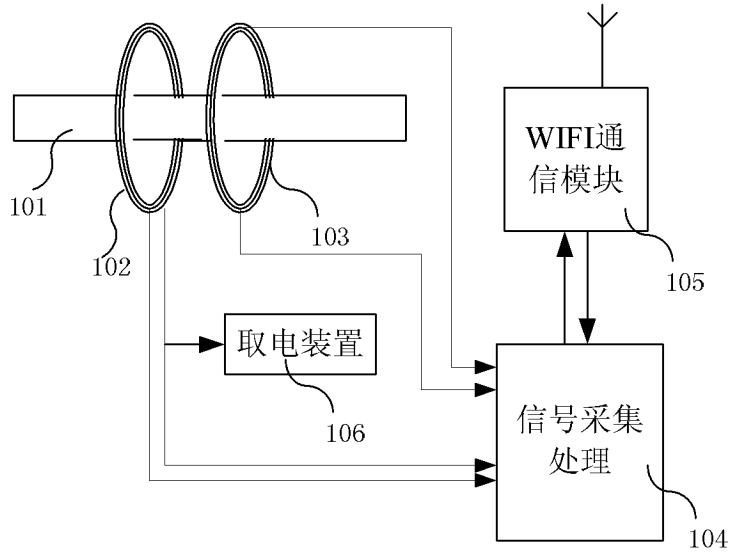


图 1

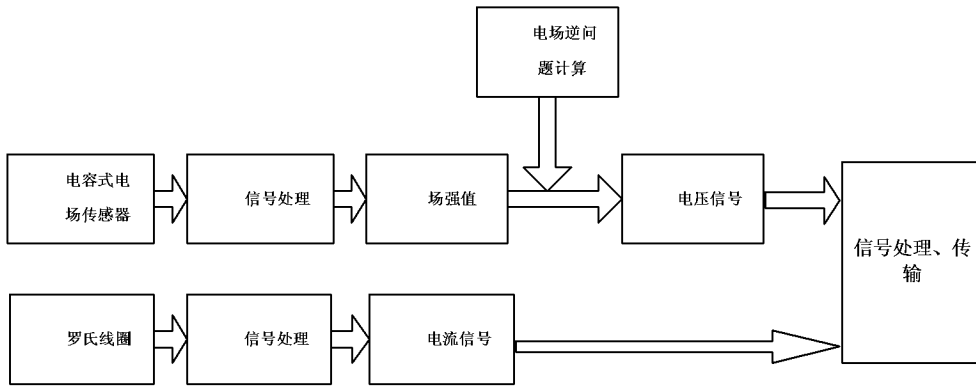


图 2

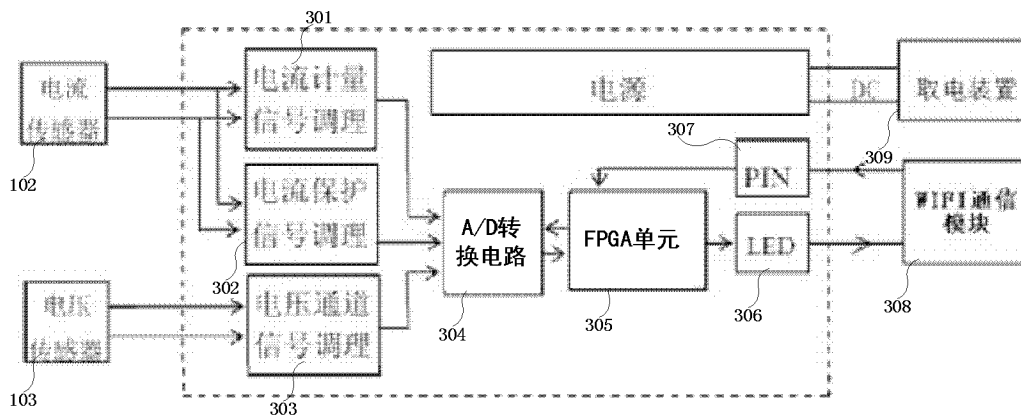


图 3

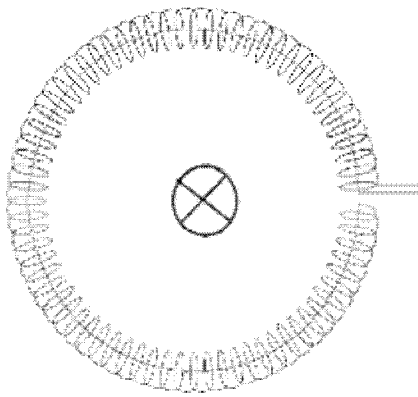


图 4

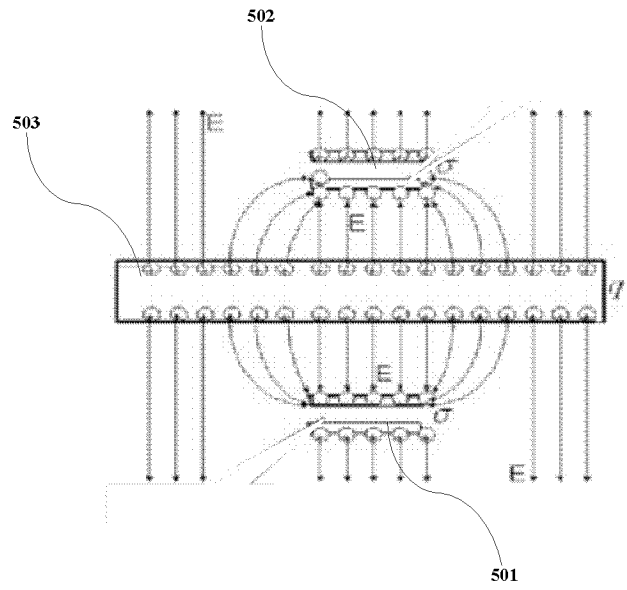


图 5

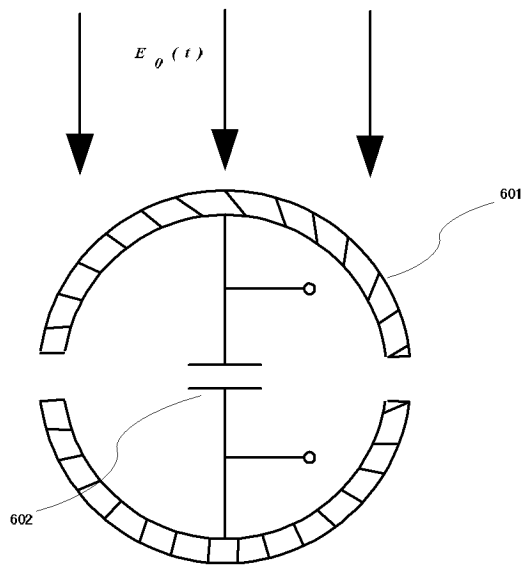


图 6

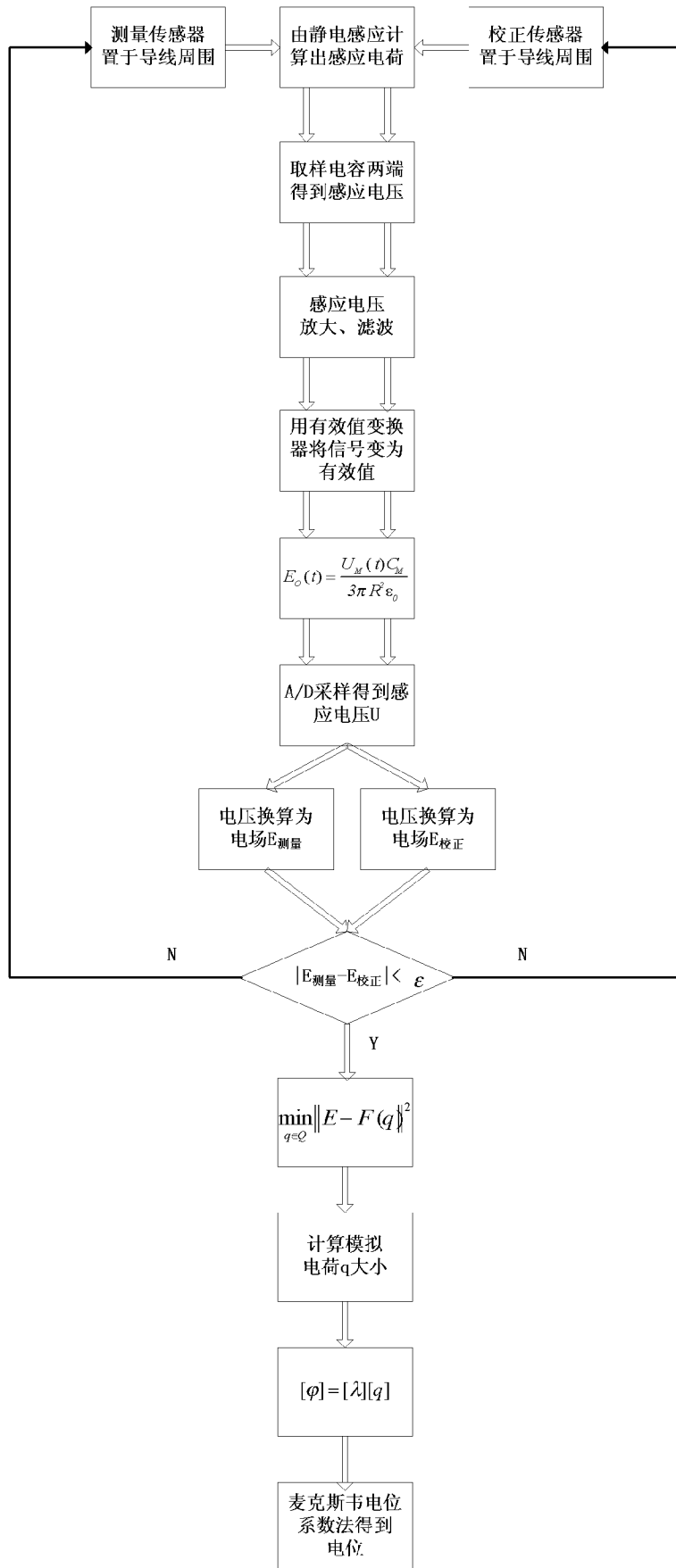


图 7

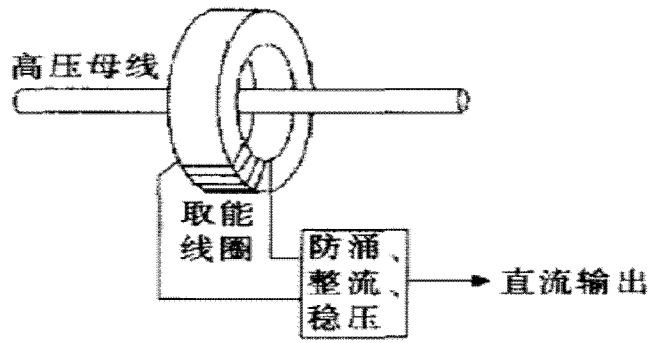


图 8

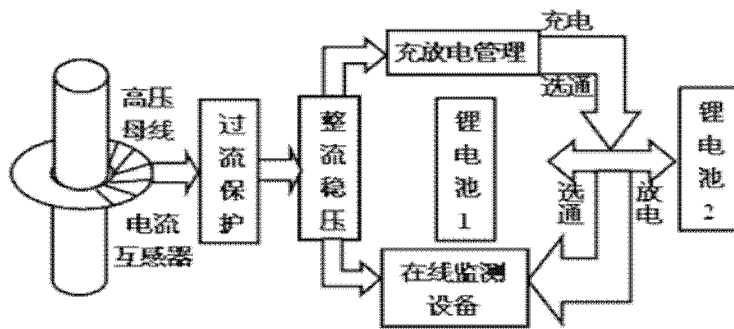


图 9

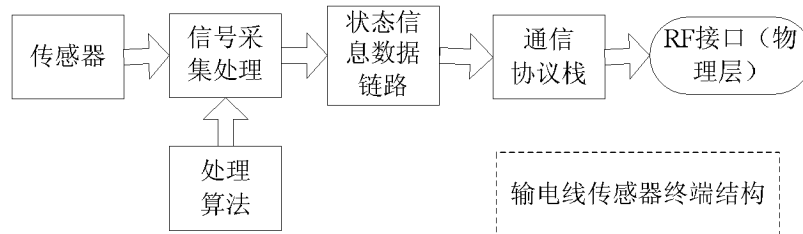


图 10

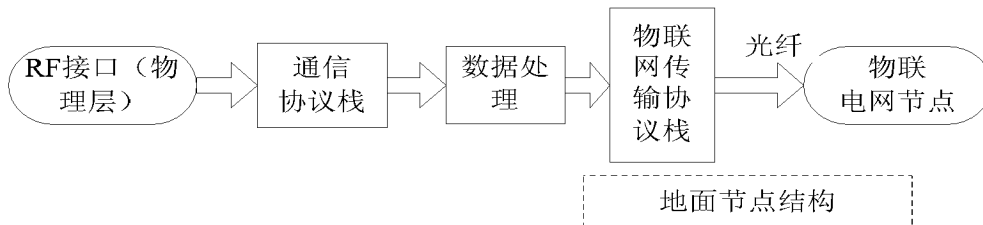


图 11

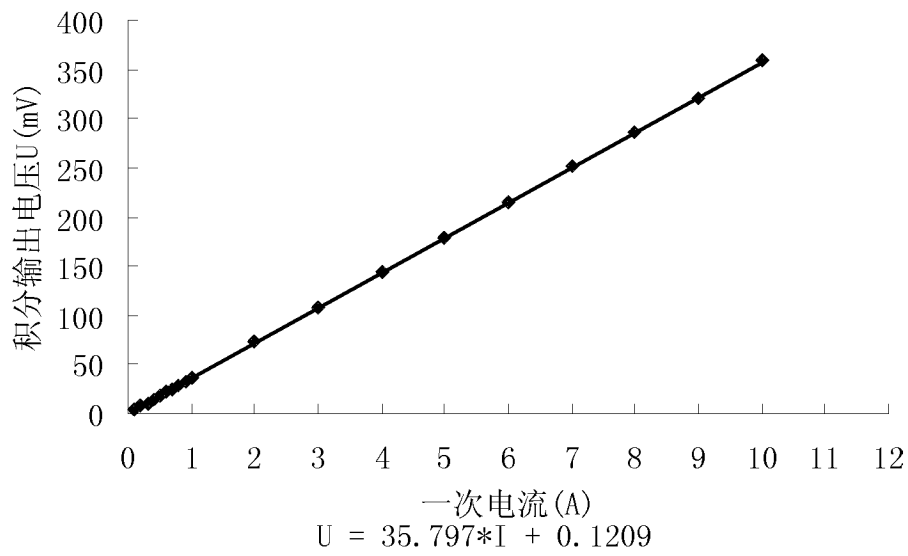


图 12

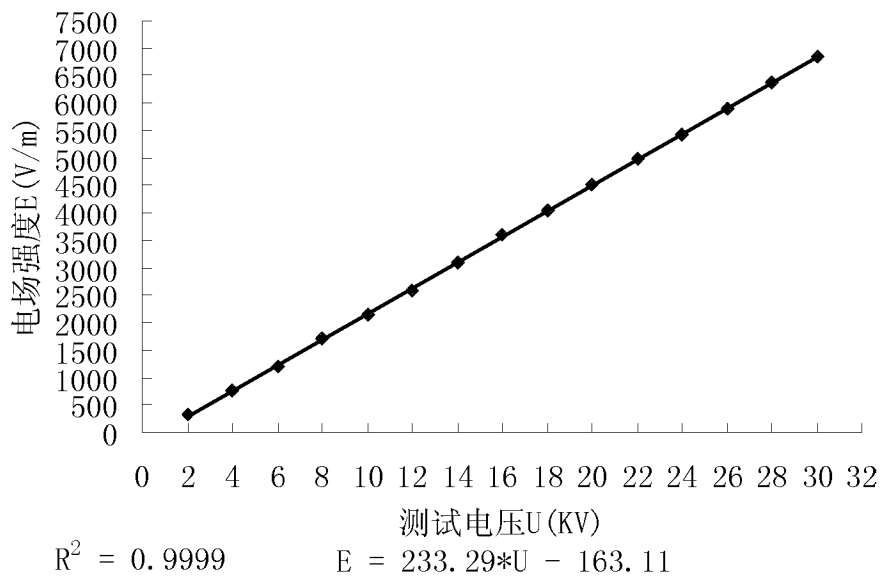


图 13