



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101762799 B

(45) 授权公告日 2013.06.05

(21) 申请号 200910172275.2

(22) 申请日 2009.09.27

(73) 专利权人 河南省电力公司电力科学研究院  
地址 450052 河南省郑州市嵩山南路 85 号  
专利权人 国家电网公司

(72) 发明人 刘韶林 阎东 王雍 乔利红  
王英杰 张景超 张高阳 谢凯  
马飞 丁涛 刘昊 沈强 时晨

(74) 专利代理机构 郑州联科专利事务所(普通合伙) 41104  
代理人 刘建芳

(51) Int. Cl.  
G01R 35/00 (2006.01)

审查员 韩昭明

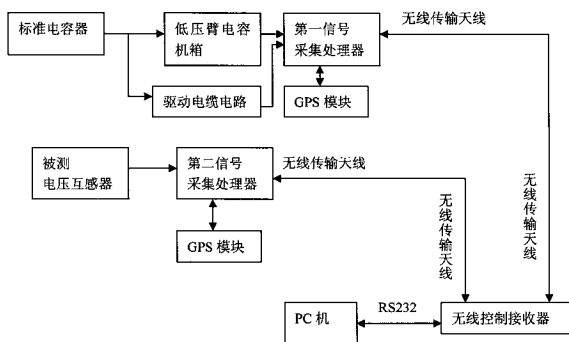
权利要求书1页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

一种电压互感器在线精度检测系统

(57) 摘要

本发明公开了一种电压互感器在线精度检测方法 and 系统,其特征在于:包括电容分压回路、信号采集处理器和数据处理系统,电容分压回路的输出端与第一信号采集处理器的输入端连接,被测电压互感器的输出端与第二信号采集装置的输入端连接,第一信号采集处理器与第二信号采集处理器的输出端与数据处理系统连接,输电导线上的电压信号和被测互感器的电压信号均由各自的信号采集处理系统采集并进行计算处理,得出被测电压互感器的误差情况。在带电运行情况下对被测电压互感器进行数十小时的不间断测量,接入和退出时均不会对电网运行造成影响,从而可以实现电压互感器不同运行工况和环境特性下的评价,灵活实现电压互感器精度的在线评估。



1. 一种电压互感器在线精度检测系统,其特征在于:包括电容分压回路、信号采集处理器和数据处理系统,电容分压回路的输出端与第一信号采集处理器的输入端连接,被测电压互感器的输出端与第二信号采集处理器的输入端连接,第一信号采集处理器与第二信号采集处理器的输出端与数据处理系统的信号输入端连接;所述的电容分压回路包括高压标准电容器和低压臂电容机箱,高压标准电容器的低压尾输出端通过双屏蔽同轴电缆与低压臂电容机箱的输入端连接;所述的高压标准电容器的低压尾输出端与第一信号采集处理器的信号输入端还连接有驱动电缆电路;

所述的驱动电缆电路包括第一放大器与起跟随器作用的第二放大器,第一放大器的正极信号输入端、负极信号输入端分别与电缆的芯线与内屏蔽层连接;第一放大器的第一输出端与第二放大器的正极信号输入端连接,第二输出端连接接地电位器,接地电位器的动触点与第二放大器的检测端连接;第一放大器的第二输出端的另一路连接两串联电阻后接地;第二放大器的输出端、检测端与负极信号输入端连接后与电缆的外屏蔽层连接;第一放大器的第三输出端与第一信号采集处理器的信号输入端连接。

2. 根据权利要求1所述的一种电压互感器在线精度检测系统,其特征在于:所述的第一放大器与第二放大器的正极电源端与电源地之间连接有电阻与发光二极管串联的指示电路;所述的第一放大器的正极信号输入端与负极信号输入端之间还连接有并联的两个TVS管、一压敏电阻,其中第一TVS管的正极连接负极信号输入端,负极连接正极信号输入端;第二TVS管的正极连接正极信号输入端,负极连接负极信号输入端。

3. 根据权利要求1或2所述的一种电压互感器在线精度检测系统,其特征在于:所述的第一信号采集处理器和第二信号采集处理器均还连接有GPS模块。

4. 根据权利要求3所述的一种电压互感器在线精度检测系统,其特征在于:所述的第一信号采集处理器与第二信号采集处理器的信号输出端均设置连接有无线传输天线。

5. 根据权利要求4所述的一种电压互感器在线精度检测系统,其特征在于:所述的数据处理系统由无线控制接收器和主机构成,无线控制接收器的输入端设置有无线传输天线,无线控制接收器的输出端通过串口与主机连接。

## 一种电压互感器在线精度检测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种高压电压互感器的精度测量技术,尤其是一种电压互感器在线精度检测方法和系统。

### 背景技术

[0002] 目前,随着我国电网工业的发展,特别是电力行业体制改革而推行的发、输电的分离,电能计量的准确、公平和公正性愈发引起各方的关注。根据互感器的相关检定规程,目前对电网整个计量系统检定是分元件进行的,即分别检定电压互感器比差和角差,对电压互感器二次压降独立进行检定,其中的电压互感器的比差和角差现场检定是在停电条件下进行,用标准电压互感器与被检的电压互感器并联,采用现场同一电压源,把标准互感器和被检互感器的二次输出接至比较仪,得到被检互感器的比差和角差,参照相关检定规程判断被检互感器是否满足标准规程要求。而电压互感器二次压降的现场检定是在设备运行中用电压互感器二次压降测试仪测量电压互感器二次侧至控制室电压小母线之间电缆的压降是否满足标准规程要求。

[0003] 根据电能计量检测中心计量装置周期检定管理标准规定:“运行中的电压互感器二次回路压降应每两年测试一次”。然而作为测量设备的互感器现场检定周期却相应较长,标准 JJG1021-2007 电力互感器规程 6.5 规定“电磁式电压互感器的检定周期不得超过 10 年,电容式电压互感器的检定周期不得超过 4 年”。在检定周期内,运行中的互感器精度特性一般不再进行其他精度检定或测量,突发性事故以及设备更换后进行的测量除外。大量的电压互感器现场测试数据统计表明,有相当比例的电压互感器在停电检测时发现误差超标。误差超标对于计量来说将造成电量计费的争议,对于继电保护来说将造成保护动作的紊乱甚至其他更为严重的后果。因此,互感器的准确测量至关重要。随着电网发展和负荷侧对电能需求的提高,短时停电也将可能带来非常巨大的损失。因此,为确保电能计量的准确和公平而采取缩短互感器检定周期的办法,不是解决问题的有效途径,因此对互感器精度校验的最佳解决办法是开展互感器精度的带电检测工作。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种适用于带电测量的电压互感器的在线精度检测的方法和系统,实现了电压互感器精度的在线比对。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种实现电压互感器在线精度检测方法的系统,其特征在于:包括电容分压回路、信号采集处理器和数据处理系统,电容分压回路的输出端与第一信号采集处理器的输入端连接,被测电压互感器的输出端与第二信号采集处理器的输入端连接,第一信号采集处理器与第二信号采集处理器的输出端与数据处理系统的信号输入端连接。

[0007] 所述的电容分压回路包括高压标准电容器和低压臂电容机箱,高压标准电容器的低压尾输出端通过双屏蔽同轴电缆与低压臂机箱的输入端连接。

[0008] 所述的高压标准电容器的低压尾输出端与第一信号采集处理器的信号输入端还连接有驱动电缆电路。

[0009] 所述的驱动电缆电路包括第一放大器与起跟随器作用的第二放大器,第一放大器的正极信号输入端、负极信号输入端分别与电缆的芯线与内屏蔽层连接;第一放大器的第一输出端与第二放大器的正极信号输入端连接,第二输出端连接接地电位器,电位器的动触点与第二放大器的检测端连接;第一放大器的第二输出端的另一路连接两串联电阻后接地;第二放大器的输出端、检测端与负极信号输入端连接后与电缆的外屏蔽层连接;第一放大器的第三输出端与第一信号采集处理器的信号输入端连接。

[0010] 所述的第一放大器与第二放大器的正极电源端与电源地之间连接有电阻与发光二极管串联的指示电路;所述的第一放大器的正极信号输入端与负极信号输入端之间还连接有并联的两个 TVS 管、一压敏电阻,其中第一 TVS 管的正极连接负极信号输入端,负极连接正极信号输入端;第二 TVS 管的正极连接正极信号输入端,负极连接负极信号输入端。

[0011] 所述的第一信号采集处理器和第二信号采集处理器均还连接有 GPS 模块。

[0012] 所述的第一信号采集处理器与第二信号采集处理器的信号输出端均设置连接有无线传输天线。

[0013] 所述的数据处理系统由无线控制接收器和主机构成,无线控制接收器的输入端设置有无线传输天线,无线控制接收器的输出端通过串口与主机连接。

[0014] 本发明电压互感器在线精度检测方法和系统,采用了基于无线传输和 GPS 同步系统,各供能模块相对独立,现场连接方便,在带电运行情况下对被测电压互感器进行数十小时的不间断测量,接入和退出时均不会对电网运行造成影响,从而可以实现对电压互感器不同运行工况和环境特性下的评价,补充和改进了互感器传统检定方法和规程。灵活实现电压互感器精度的在线评估,具有良好的效果。

[0015] 本发明中采用高精度的高压标准电容传感器,使其满足测量信号高精度的要求;在高压检测端还采用驱动电缆电路,不受现场设备摆放位置、连接电缆长度以及环境温度湿度变化的影响,并且消除了连接电缆对装置测量结果的影响,确保了电容分压回路的输出精度;标准端和被测试端的信号采集处理器均应用高精度时钟 GPS 模块,来确保采集信号的同步;信号的传输采用无线传输天线进行,方便快捷有效。

## 附图说明

[0016] 图 1 为本发明的电路原理框图;

[0017] 图 2 为本发明中驱动电缆电路原理图;

[0018] 图 3 为本发明中信号采集处理的流程图;

[0019] 图 4 为本发明中 PC 机处理的流程图;

[0020] 图 5 为本发明带电接入的地面连接示意图;

[0021] 图 6 为图 5 中的步骤一的示意图;

[0022] 图 7 为图 5 中的步骤一的示意图;

[0023] 图 8 为本发明带电退出的示意图;

[0024] 图 9 为图 8 中步骤一的示意图。

## 具体实施方式

[0025] 以 220KV 的电压互感器为例对本发明电压互感器在线精度检测的方法和系统进行详细的描述。

[0026] 如图 1 所示,本发明一种电压互感器在线精度检测系统包括电容分压回路、信号采集处理器、无线控制接收器和数据处理系统(PC 机),电容分压回路包括高压标准电容器和低压臂电容机箱,高压标准电容器的低压尾输出端输出端通过双屏蔽同轴电缆与低压臂电容机箱的输入端连接,高压标准电容器的低压尾输出端还连接有驱动电缆电路,驱动电缆电路的输出端和低压臂电容机箱的输出端连接第一信号采集处理器的信号输入端;被测电压互感器的二次输出端与第二信号采集处理器的输入端连接,第一信号采集处理器与第二信号采集处理器的信号输出端分别通过无线传输天线与无线控制接收器连接,无线控制接收器的通信端通过 RS232 与数据处理系统(PC 机)连接;第一信号采集处理器与第二信号采集处理器的通信端连接有高精度 GPS 模块以确保两回路的同步。第一信号采集处理器与第二信号采集处理器的信号采集输入端还连接有测温模块,用于测量周围环境温度。本实施例中采用的无线控制接收器为(NRF905A);第一信号采集处理器与第二信号采集处理器均为(DSP 2407);高精度 GPS 模块为(LK-10GPS);测温模块采用 DS1820 数字温度传感器。

[0027] 本实施例中对高压标准电容器利用专业软件进行设计,通过调节电容器的高度、电极间距等,使其绝缘强度达到:冲击耐压 1050kV、工频耐压 460kV 的绝缘水平。通过选择弹性模量较好、厚度 15mm 的不锈钢材料作电极,以改善电容器自身的抗振性能。结合实际需求,还可以为标准电容器设计制作运输保护装置,能够有效改善和减轻实际运输过程中振动对高压标准电容器的影响。

[0028] 高压标准电容器的低压尾输出端与低压臂电容机箱的输入端通过电缆连接,此电缆为双屏蔽同轴电缆,但是在电压测量回路中,屏蔽层与芯线间的分布电容将会对所传输电压信号的精度有一定影响,尤其在高精度电压信号传输过程中,这是绝对不允许的。为了消除连接电缆对装置测量结果精度的影响,因此在标准电容器的低压尾输出端连接驱动电缆电路。如图 2 所示,驱动电缆电路包括放大器,标准电容器的低压尾输出端通过双屏蔽电缆输入驱动电缆电路,双屏蔽电缆的芯线连接高精度仪表放大器 IC1 (INA101)的正极信号输入端 +Input (12 脚),此信号输入端 +Input 还连接电阻 R1 接地;双屏蔽电缆的内屏蔽连接高精度仪表放大器 IC1 的负极信号输入端 -Input (3 脚)。高精度仪表放大器 IC1 的第一输出端 A1 Output 与差分放大器 IC2 (INA105)的正极信号输入端 +In (3 脚)连接;高精度仪表放大器 IC1 的 A2 输出端 A2 Output 连接一端接地的电位器 R2,此电位器 R2 的动触点与差分放大器 IC2 的基准端 Ref (1 脚)连接;高精度仪表放大器 IC1 的第二信号输出端 A2 Output 的另一路通过连接串联电阻 R3、R4 后接地。差分放大器 IC2 的负极信号输入端 -In (2 脚)、检测端 Sense (5 脚)、输出端 Output (6 脚)相互连接后与双屏蔽电缆的外屏蔽连接;高精度仪表放大器 IC1 的 signal+ 输入信号端与 signal- 输入信号端之间还连接有并联的 TVS 管(瞬态电压抑制器) T1、TVS 管 T2 与压敏电阻 YM1,其中 TVS 管 T2 的正极连接 signal+ 输入信号端,负极连接 signal- 输入信号端;TVS 管 T1 正极连接 signal- 输入信号端,负极连接 signal+ 输入信号端。驱动电缆电路板的输出端即高精度仪表放大器 IC1 的信号输出端(1 脚)与第一信号采集处理器的信号输入端连接。J1、J2 分别为此驱动

电缆电路板接线端子,电源 +VCC 端与电源地 FN 之间还串接有电阻 R5 和发光二极管 D1,电源 -VCC 端与电源地 FN 之间还串接有电阻 R6 和发光二极管 D2 ;高精度仪表放大器 IC1、差分放大器 IC2 的其它端分别与接线端子的对应端口连接。

[0029] 标准电容器的低压尾输出端的信号通过双屏蔽电缆芯线和内屏蔽输入高精度仪表放大器 IC1, 芯线信号经 R1 泄放输入信号中的直流分量, 由高精度仪表放大器 IC1 对输入信号进行放大处理 ;由高精度仪表放大器 IC1 的第一输出端、第二输出端输出的信号输入差分放大器 IC2, 差分放大器 IC2 在本电路中起跟随器的作用, 使双屏蔽电缆的内屏蔽与芯线的电位同幅值同电位, 存在于双屏蔽电缆内屏蔽层和芯线之间的分布电容两端将无电位差, 因而也无分流, 不会产生压降, 从而不会对分压臂二次输出的精度产生影响。电路中的 TVS 管、压敏电阻 YM 组成的保护电路, 是用来在过电压时保护电路中的主要器件 ;发光二极管 LED 和电阻 R 是指示信号电路, 指示电路当前的工作状态。通过此驱动电缆电路的作用, 消除了芯线对内屏蔽的容性漏电, 克服了寄生电容的影响, 保证了分压臂二次输出的精度, 使其能够不受高、低压臂间连接电缆长度、设备摆放位置以及环境温湿度变化的影响, 提高了电压互感器在线精度检测系统的可靠性和精度。

[0030] 如图 1 所示, 本发明电压互感器在线精度检测系统中, 高压标准电容器、低压臂电容机箱和驱动电缆电路组成的回路将输电导线上 220kV/220/  $\square$  kV 的高压信号转变为可供测量的 4V/4/  $\square$  V 输入到第一信号采集处理器 ;被测电压互感器的二次输出电压信号一般为 100V/100/  $\square$  V, 直接输入到第二信号采集处理器 ;第一信号采集处理器和第二信号采集处理器通过各自连接的高精度 GPS 模块来确保信号的同步性 ;PC 机连接无线控制接收器, 无线控制接收器连接有无线传输天线, 用于和远端的第一信号采集处理器和第二信号采集处理器进行通信, 无线传输距离在 500 米之内。当第一信号采集处理器和第二信号采集处理器接收到 PC 机通过无线控制接收器、无线传输天线发送的开始测量的信号后, 第一信号采集处理器和第二信号采集处理器进行采集信号, 并将各自采集到的电压幅值、电压相位、环境温度等信号进行处理计算, 处理计算后的数据分别经由各自的无线传输天线传输至无线控制接收器, 无线控制接收器通过串口通讯将接收到的数据传输至 PC 机, 由 PC 机完成对两路数据的分析, 得出被测电压互感器的误差情况, 并进行显示与存储。

[0031] 如图 3 所示, 第一信号采集处理器与第二信号采集处理器对接收到的数据进行的处理计算均包括以下步骤 :

[0032] (1)、接收数据 :判断接收到的电压信号的采样点数是否达到标准采样点数(本实施例中以 10 个周期的采样点数为标准) ;

[0033] (2)、以 10 个周期的信号采样点数进行 FFT 变换, 来得到电压工频幅值和初始相角。

$$[0034] \quad \Psi^1 = \text{atan} \left( \left| \frac{\square}{\square} \right| \right)$$

[0035] I  $\square$  -----FFT 变换后基波的实部(基波即为 50Hz) ;

[0036] R  $\square$  -----FFT 变换后基波的虚部 ;

[0037]  $\Psi^1$  ----- 计算得到测量点电压基波的起始相角即初相的相对值( $0^\circ < \Psi^1 < 90^\circ$ ) ;

[0038] 相对值  $\psi^1$  并不是最终的相角测量结果,最终测量结果  $\psi$  还要考虑  $I$ 、 $R$  的极性,以判定  $\psi$  (单位为分) 所在象限,同时还要补偿 FFT 所引入的相角  $90^\circ$  超前特性,计算过程如下:

[0039]  $I > 0, R > 0 \quad \psi = \psi^1 - (90 \times 60)$  ( $\psi$  为第一象限);

[0040]  $I < 0, R > 0 \quad \psi = \psi^1$  ( $\psi$  为第二象限);

[0041]  $I < 0, R < 0 \quad \psi = \psi^1 + (90 \times 60)$  ( $\psi$  为第三象限);

[0042]  $I > 0, R < 0 \quad \psi = \psi^1 + (180 \times 60)$  ( $\psi$  为第四象限);

[0043] 测量点两端电压差及相角差的滑窗滤波:即  $U^1 = U - U$ ;  $\psi^1 = \psi - \psi$ ,由于信号处理器每秒钟完成一次采样及处理工作,即主机每秒钟获得一个新的数据  $U^1$  和  $\psi^1$ ,是当前节点某一时刻的单点测量数据,为进一步提高测量精度,采用分别对  $U^1$  和  $\psi^1$  进行 N 点 (实际取样为 5 点) 的滑窗滤波方式,计算过程如下所示:

[0044]  $\Delta U^1, \Delta U^1 \dots \Delta U^1, \Delta U^1, \Delta U^1, \Delta U^1 \dots \Delta U^1$

[0045] 则各时刻最终测量结果可表示为:

[0046]  $\Delta U = \Delta U^1$ ;

[0047]  $\Delta U = (\Delta U^1 + \Delta U^1) / 2$ ;

[0048]  $\Delta U = (\Delta U^1 + \Delta U^1 + \dots + \Delta U^1 + \Delta U^1) / 29$

[0049]  $\Delta U = (\Delta U^1 + \Delta U^1 + \dots + \Delta U^1 + \Delta U^1 + \Delta U^1) / 30$

[0050]  $\Delta U = (\Delta U^1 + \dots + \Delta U^1 + \Delta U^1 + \Delta U^1 + \Delta U^1) / 30$

[0051]  $\Delta U = (\Delta U^1 + \Delta U^1 + \dots + \Delta U^1 + \Delta U^1) / 30$

[0052] 同样,  $\Delta \psi$  的计算过程和  $\Delta U$  完全相同。

[0053]  $\Delta U^1$  -----n 时刻测量点单电压差测量数据;

[0054]  $\Delta \psi^1$  -----n 时刻测量点角差测量数据;

[0055]  $\Delta U$  -----n 时刻最终压差测量数据;

[0056]  $\Delta \psi$  为 n 时刻最终角差测量结果数据;

[0057]  $\Delta U, \Delta \psi$  包括  $\Delta U^1, \Delta \psi^1$ , 最后全部要进行数据保存,  $\Delta U, \Delta \psi$  作为最终压差角差测试数据数据,要提供给用户,而  $\Delta U^1, \Delta \psi^1$  是计算过程的中间变量。

[0058] 第一信号采集处理器和第二信号采集处理器分别将计算得到的起始相角及电压有效值上传给 PC 机,如图 4 所示,PC 机对接收到的数据的分析包括以下步骤:

[0059] (1) 数据测量:根据得到的起始相角及电压有效值对被测电压互感器进行角差  $\delta$  和比差  $f$  的计算,计算公式如下所述:

[0060]  $f = (U_{n2} - U_{n1}) / U_{n1} * 100$

[0061]  $\delta = \psi_{n2} - \psi_{n1}$

[0062]  $U_{n1}$ ——输电导线端的电压有效值；

[0063]  $U_{n2}$ ——被测电压互感器端的电压有效值；

[0064]  $\Psi_{n1}$ ——输电导线端的起始相角；

[0065]  $\Psi_{n2}$ ——被测电压互感器端的起始相角；

[0066] PC 机端采用 VB 作为软件开发平台,系统启动时先进入启动界面,在此界面设置相关参数,然后进入自检界面,自检界面将显示当前两端的电压值和一次电压值,每 2 秒中左右更新一次,同时一些状态信息如:GPS、电池、通信等状态是否正常也将在自检界面有显示。在自检界面,当两端 GPS 收到的卫星 4 颗以上时可以进行测量,点击数据测量,在弹出的二级菜单中点击开始测量,系统将进入测量状态,系统将按预先设置的测量的时间间隔,每隔一定的时间测量一次。测量过程中如发生通讯故障,系统将会提示通讯失效,等到通讯恢复后,测量继续。可以通过“停止”键终止测量过程。GPS 无效时,界面将显示 GPS 当前状态,此时测量结果准确性不能保证。在测量过程中点击停止测量,系统将结束当前测量过程。

[0067] 该发明电压互感器在线精度检测系统的现场带电作业的接入及退出的方法如下操作步骤所示：

[0068] 1、了解被测互感器所在变电站的出线状况(包括导线架设的高度、型号以及排列情况),收集被试电压互感器的型号、参数及运行状况。选择合适的作业场地,检查拟接入段线路的情况,确保线路满足带电作业的工作条件；

[0069] 2、到现场后分别对高压标准电容器以及所带校验系统进行检查,确保设备经长途运输后没有造成功能的损坏和精度的降低；同时检查所需的带电作业工器具确保其绝缘性能良好,以免造成不必要的危害；

[0070] 3、现场工作负责人对所有试验人员(包括委托方配合人员)进行安全和技术交底,并在试验区域设立安全警示带；

[0071] 4、根据测高仪或已掌握资料来确定标准电容器上端距被试相导线间的距离,根据需要调节高压引线的长度,一般以引线长度 = 线路对地高度 - 标准电容器高度 - 2。如果波纹管过长则需进行裁剪；过短则需要对其做相应的加长；

[0072] 5、带电作业人员将两个跟斗滑车接入线路被试相导线,如图 5 所示,具体操作可参考如下步骤：

[0073] a) 将  $\phi 4\text{mm}$  绝缘绳抛过导线；

[0074] b) 将带有  $\phi 10\text{mm}$  循环绳的跟头滑车挂在导线上；

[0075] c) 绝缘绳将两个跟斗滑车接入带电线路。

[0076] 6、进行地面接线工作,如图 6 所示,具体步骤如下：

[0077] a) 将标准电容器上端与高压引线连接并固定；

[0078] b) 并根据预先测量的导线高度将波纹管的中段(据标准电容器上端约三分之一处)通过绝缘绳与第一跟斗滑车相连,在波纹管的末端加将其通过消弧绳与跟第二跟斗滑车相连；

[0079] c) 完成高压标准电容器尾端与二次低压臂以及电子回路的连接；

[0080] d) 就近寻找可靠的接地装置连接地线,并完成地面各设备相应接地端子与地线的连接；



[0081] e) 检查地面系统各处接线包括电源接线,经检查接线无误后方可进行下一步操作;

[0082] 7、高压标准电容器带电接入被试相导线,如图 7 所示,具体步骤如下:

[0083] a) 作业人员 1 控制第一跟斗滑车的牵引端,缓慢提升高压引线至拉直状态,作业人员 2 控制第一跟斗滑车的位置在整个作业过程中固定;

[0084] b) 作业人员 3 控制第二跟斗滑车的牵引端,缓慢提升高压引线,提升到距离第二跟斗滑车附近时,迅速提升消弧绳,使消弧绳与跟斗滑车导电部分迅速接触,作业人员 4 控制第二跟头滑车的位置在整个作业过程中固定。

[0085] 8、在标准电容器顺利接入电网后,再次确认地面二次系统接线无误后,关闭低压臂机箱中的“保护开关”,依次打开总开关、电源开关。待 +12V 和 -12V 信号灯亮后,启动测试查看二次系统工作是否正常。如果二次系统工作出现异常,相关试验人员应立即将二次系统关闭并打开低压臂机箱中的“保护开关”,对二次测试系统和低压臂进行检查(必要时进行修复),直至确认二次系统正常工作。

[0086] 9、在二次系统正常工作后,再次关闭二次系统并打开低压臂机箱中的“保护开关”。相关带电作业人员将手持的绝缘绳拉紧固定在地面四周打入的地锚上,并确保高压引线上端与被试相导线连接牢靠。

[0087] 10、关闭低压臂机箱中的“保护开关”,打开二次系统的总开关、电源开关。待 +12V 和 -12V 信号灯亮后,启动二次系统开始测试。

[0088] 11、在被试电压互感器二次输出连接二次系统,与测试回路二次系统之间通过 GPS 同步,并将数据无线传输至后台处理系统进行必对。

[0089] 12、在测试工作结束后,首先将二次系统关闭,并打开测试回路低压臂开关。然后通过分别控制第一跟斗滑车和第一跟斗滑车的绝缘绳将标准电容器上端高压引线从被试相导线上拆除,如图 8、图 9 所示。

[0090] 13、拆除地面系统引线及被试相导线上的带电作业工器具。

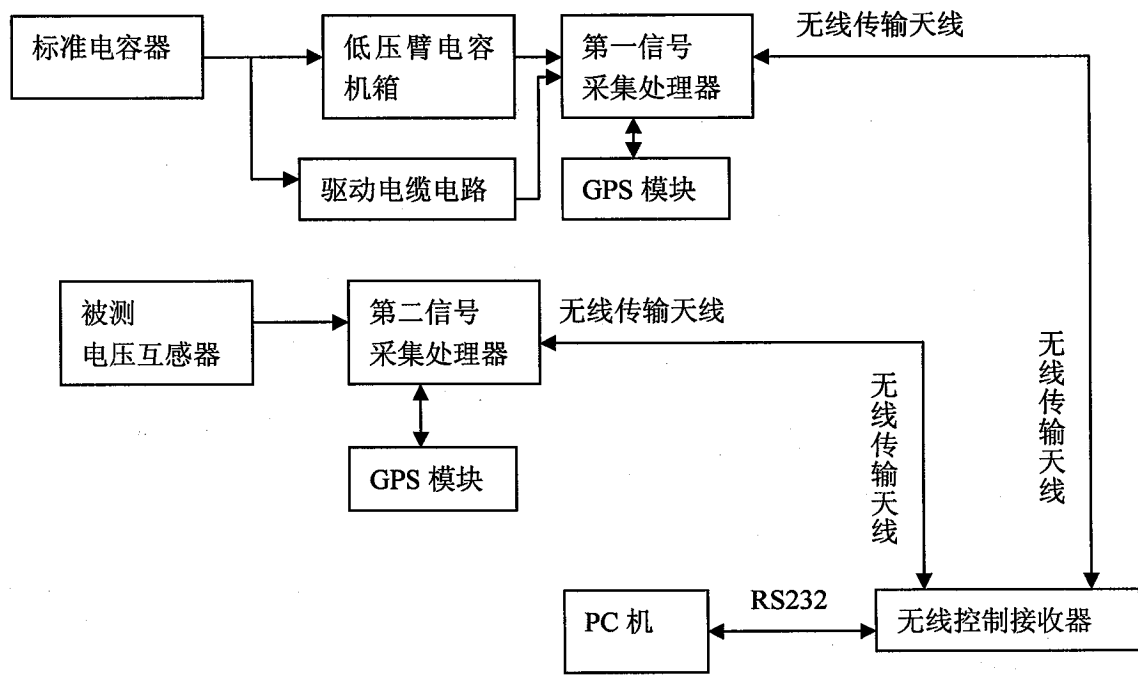


图 1

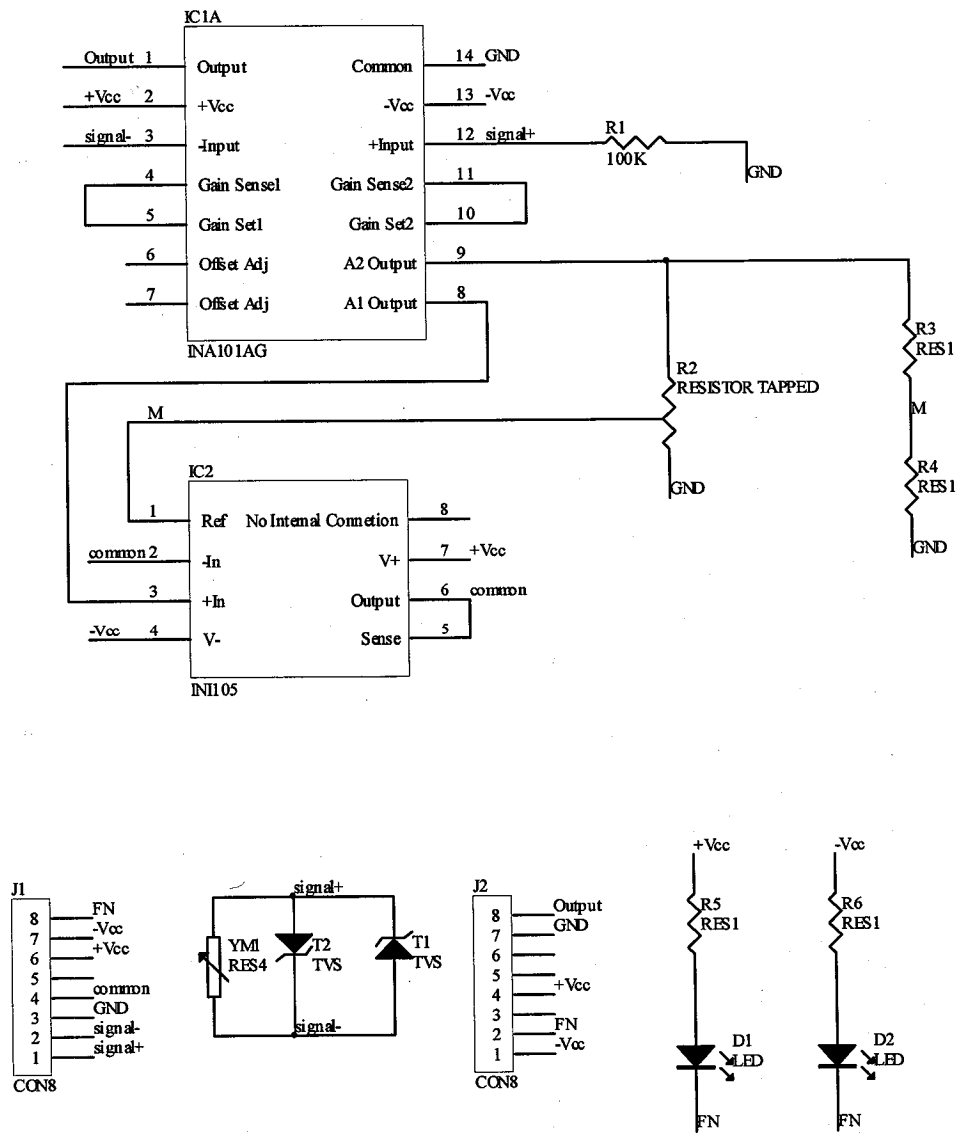


图 2

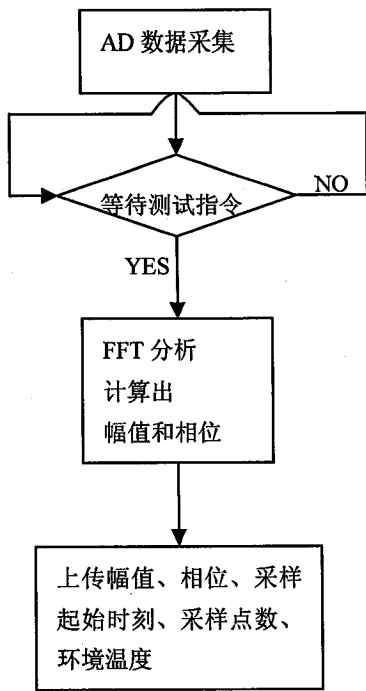


图 3

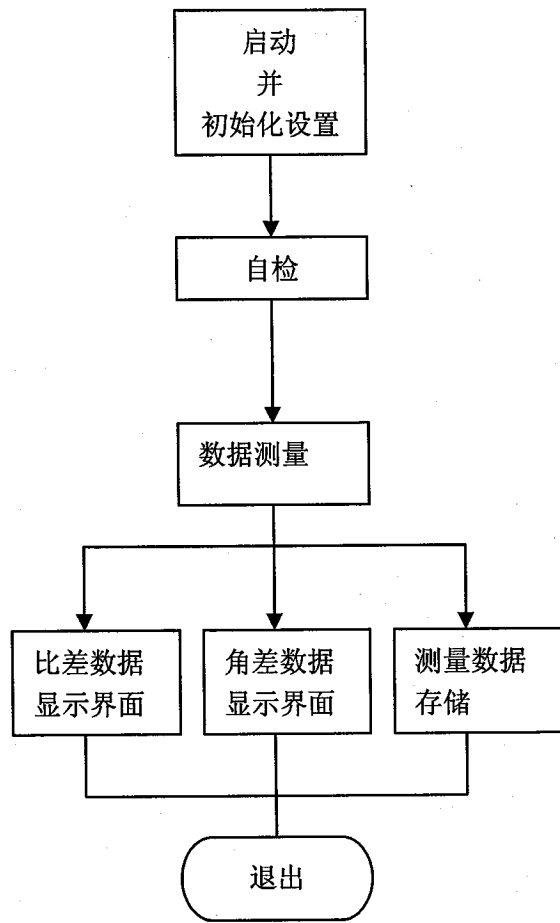


图 4

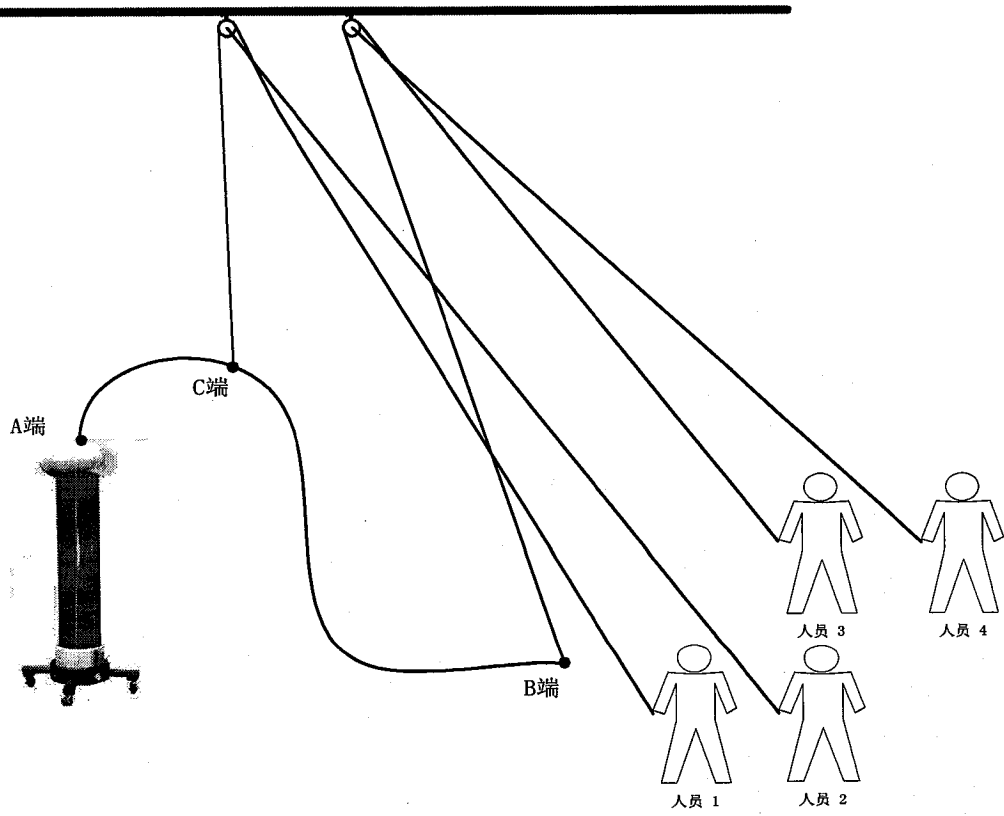


图 5

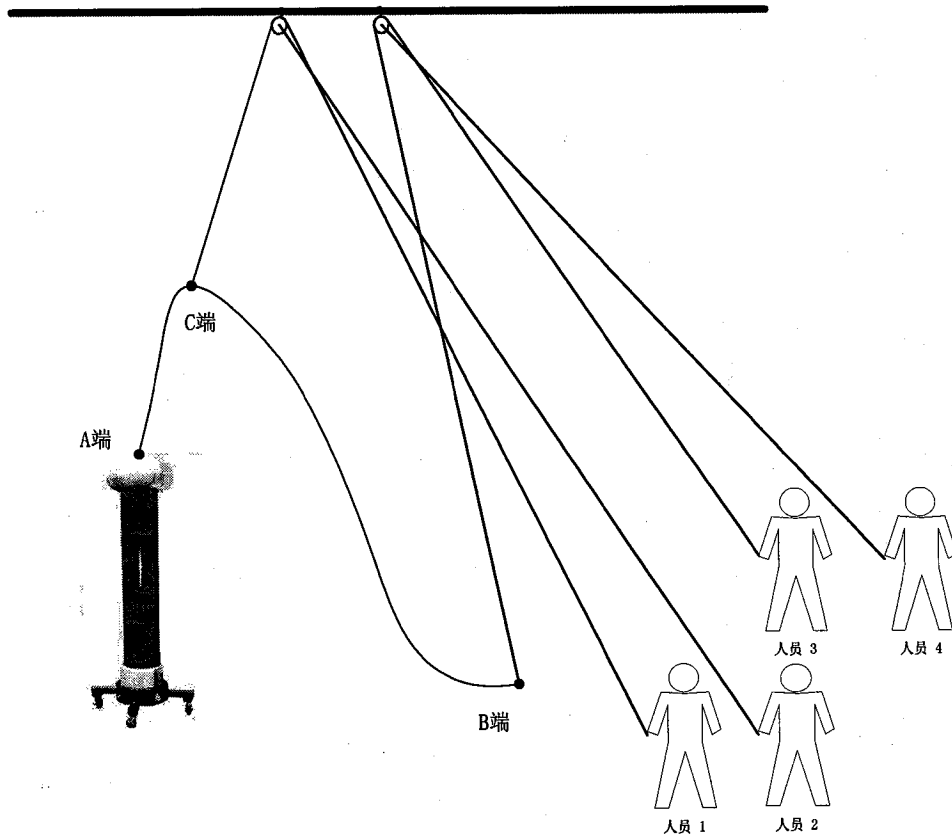


图 6

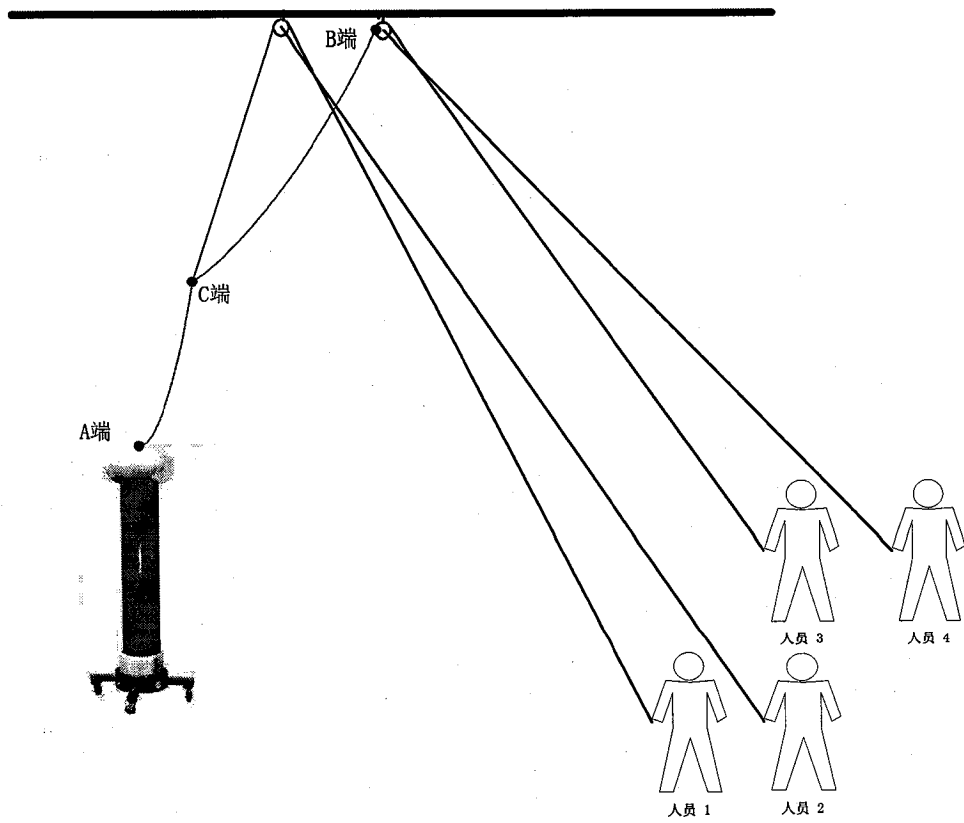


图 7

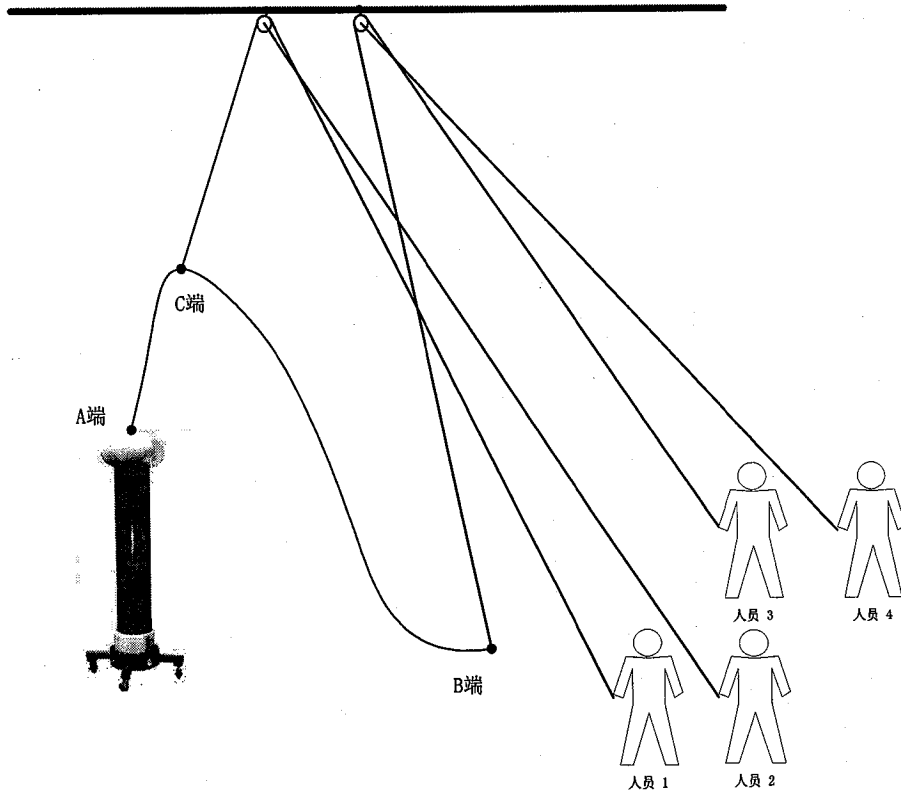


图 8

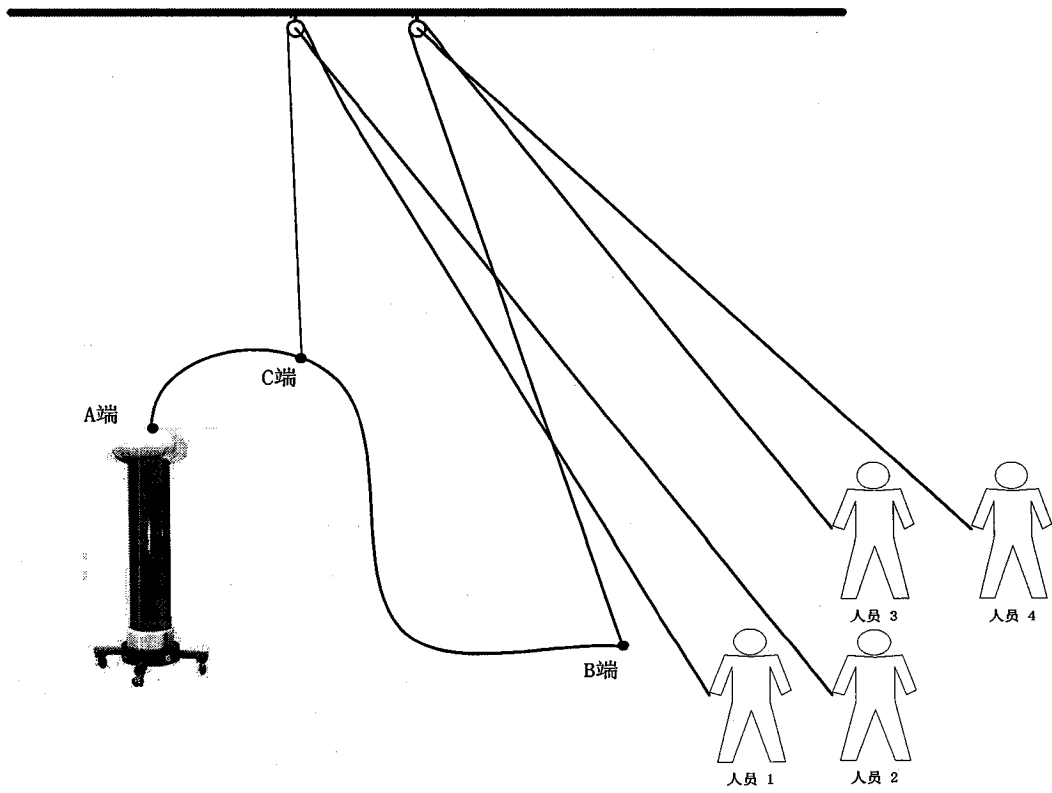


图 9