



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104090173 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 08

(21) 申请号 201410359160. 5

(22) 申请日 2014. 07. 25

(71) 申请人 武汉三江中电科技有限责任公司  
地址 430063 湖北省武汉市洪山区关山大道  
111 号光谷时代广场 B 座 0924 室

(72) 发明人 黄凯 张广洲 易金桥 王威  
汪元红 董杰楚

(74) 专利代理机构 武汉东喻专利代理事务所  
(普通合伙) 42224

代理人 方放

(51) Int. Cl.

G01R 29/12 (2006. 01)

G01R 33/02 (2006. 01)

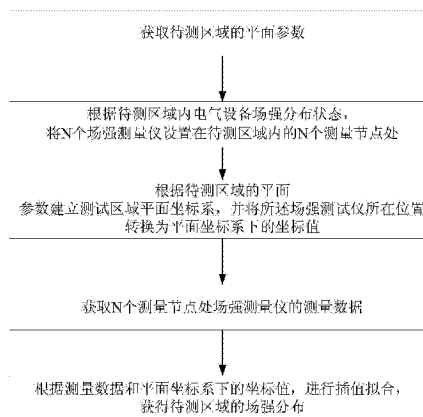
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统与方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统与方法,测试系统包括分布式测量单元以及与分布式测量单元进行蓝牙通信的终端设备;分布式测量单元包括N个分别设置在N个测试节点处的场强测试仪;每个场强测试仪用于获取该测试节点的场强测量数据,N个场强测试仪获取的场强测量数据通过无线方式汇聚到指定测试节点,并由指定测试节点通过蓝牙通信传输给终端设备;终端设备用于对测量数据进行拟合处理并获得待测区域的场强空间分布状态。本发明采用蓝牙通信模块实现场区各电磁场测量仪与远程终端通信,操作简便,通信可靠,性价比高;采用多点测量和插值拟合的方式获得待测区域的电磁场矢量分布,数据完备,显示直观,使用方便。



1. 一种基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统,其特征在于,包括分布式测量单元以及与所述分布式测量单元进行蓝牙通信的终端设备;

所述分布式测量单元包括N个分别设置在N个测试节点处的场强测试仪;每个场强测试仪用于获取该测试节点的场强测量数据,N个场强测试仪获取的场强测量数据通过无线方式汇聚到指定测试节点,并由指定测试节点通过蓝牙通信传输给所述终端设备;

所述终端设备用于对测量数据进行拟合处理,并获得待测区域的场强空间分布状态;N为大于等于3的整数。

2. 如权利要求1所述的多节点分布式场强测试系统,其特征在于,所述场强测试仪包括单片机、以及分别与所述单片机连接的电场传感模块、磁场传感模块、第一光电通信模块和第一蓝牙通信模块;

电场传感模块用于采集该测试节点的电场测量数据,磁场传感模块用于采集该测试节点的磁场测量数据,第一光电通信模块用于将电信号转换成光信号并通过单芯双模光纤传输数据给远程终端;第一蓝牙通信模块用于实现场强测试仪与所述终端设备之间的无线通信。

3. 如权利要求1所述的多节点分布式场强测试系统,其特征在于,所述终端设备包括数据处理器以及分别与所述数据处理器连接的第二蓝牙通信模块、显示单元和第二光电通信模块;

所述第二蓝牙通信模块用于接收各场强测试仪中第一蓝牙通信模块传输的数据或者发送控制指令;所述第二光电通信模块连接光纤并用于接收各场强测试仪测量的场强数据;所述数据处理器用于对各场强测试仪测量的场强数据进行处理;所述显示单元用于显示场强空间分布状态。

4. 一种基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试方法,其特征在于,包括下述步骤:

(1) 获取待测区域的平面参数;

(2) 根据待测区域内电气设备场强分布状态,将N个场强测量仪设置在待测区域内的N个测试节点处,N为大于等于3的整数;

(3) 根据待测区域的平面参数建立测试区域平面坐标系,并将所述场强测试仪所在位置转换为平面坐标系下的坐标值;

(4) 获取N个测试节点处场强测量仪的测量数据;

(5) 根据所述测量数据和平面坐标系下的坐标值进行拟合,获得待测区域的场强空间分布状态。

5. 如权利要求4所述的多节点分布式场强测试方法,其特征在于,在步骤(2)中,在安全区域内所述测试节点尽可能靠近电气设备。

6. 如权利要求4所述的多节点分布式场强测试方法,其特征在于,步骤(4)具体包括:

采集测试节点处的电场信号,并对所述电场信号进行调理后输出电场测量数据;

采集测试节点处的磁场信号,并输出磁场测量数据;

将N个测试节点的所述电场测量数据和所述磁场测量数据汇聚到指定测试节点,并由指定测试节点通过蓝牙或光纤通信传输场强测量仪的测量数据。

7. 如权利要求4-6任一项所述的多节点分布式场强测试方法,其特征在于,所述多节点分布式场强测试方法还包括以下步骤:

将所述待测区域的场强空间分布状态进行可视化显示,显示待测区域内某点电场强度和磁场强度的大小和方向。

## 一种基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于交流输变电工频电磁环境监测技术领域,更具体地,涉及一种基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统及方法。

### 背景技术

[0002] 工频电场和工频磁场是交流输电线路和变电站的主要电磁环境参数,是衡量环境是否满足工程要求的重要参数。随着人们安全生产与施工意识的增强和我国对输变电工程环境影响评价工作的需求,对工频电场和工频磁场的检测已成为一项重要工作。

[0003] 现有技术中基于传感器技术的电场和磁场的测量方案主要有:采用感应片测量工频电场,采用感应线圈测量工频磁场,采用机械感应方式测量恒定电场,采用霍尔传感器测量恒定磁场等;采集数据经过单片机和嵌入式系统等处理后,通过光纤等方式传输到主机,主机对测量点处的电场或磁场测量值进行显示。但是,目前的测试仪器都存在测量参数单一,数据的矢量性不明确,无法获得待测区域的电场和磁场的完整数据分布状态。特别是单点测量数据只能代表某个点处的场强状态,在实际应用过程中无法确定待区域的场分布,无法获得工程需要的最优值和完整的数据。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术的缺陷,本发明的目的在于提供一种基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统及方法,旨在解决测量参数单一,参数的矢量性不明确,无法获得待测区域的电场和磁场的空间分布状态的技术问题。

[0005] 本发明提供了一种基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统,包括分布式测量单元以及与所述分布式测量单元进行蓝牙通信的终端设备;所述分布式测量单元包括N个分别设置在N个测试节点处的场强测试仪;每个场强测试仪用于获取该测试节点的场强测量数据,N个场强测试仪获取的场强测量数据通过无线方式汇聚到指定测试节点,并由指定测试节点通过蓝牙通信传输给所述终端设备;所述终端设备用于对测量数据进行拟合处理并获得待测区域的场强空间分布状态;N为大于等于3的整数。

[0006] 作为进一步优选地,所述场强测试仪包括单片机、以及分别与所述单片机连接的电场传感模块、磁场传感模块、第一光电通信模块和第一蓝牙通信模块;电场传感模块用于采集该测试节点的电场测量数据,磁场传感模块用于采集该测试节点的磁场测量数据,第一光电通信模块用于将电信号转换成光信号并通过单芯双模光纤传输数据给远程终端;第一蓝牙通信模块用于实现场强测试仪与所述终端设备之间的无线通信。

[0007] 作为进一步优选地,所述终端设备包括数据处理器以及分别与所述数据处理器连接的所述第二蓝牙通信模块、显示单元和第二光电通信模块;所述第二蓝牙通信模块用于接收各场强测试仪中第一蓝牙通信模块传输的数据或者发送控制指令;所述第二光电通信模块连接光纤并用于接收各场强测试仪测量的场强数据;所述数据处理器用于对各场强测试仪测量的场强数据进行处理;所述显示单元用于显示场强空间分布状态。

[0008] 本发明采用三个两两垂直的工频电场感应片采集三个维度的电场强度,在直角坐标系中合成出测量点处的电场强度矢量,采用 PNI MicroMag3 三轴磁场模块采集测量点处的三个垂直方向的磁场强度分量,在直角坐标系中合成出测量点处的磁场强度矢量,具有测量数据准确、科学、完备等特点;本发明采用蓝牙通信模块实现场区各电磁场测量仪与远程终端通信,具有操作简便,通信可靠,性价比高等特点;采用多点测量和插值拟合的方式获得待测区域的电磁场矢量分布,具有数据完备,显示直观,使用方便,指导性强等特点。

[0009] 本发明还提供了一种基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试方法,包括下述步骤:

[0010] (1) 获取待测区域的平面参数;

[0011] (2) 根据待测区域内电气设备场强分布状态,将 N 个场强测量仪设置在待测区域内的 N 个测试节点处, N 为大于等于 3 的整数;

[0012] (3) 根据待测区域的平面参数建立测试区域平面坐标系,并将所述场强测试仪所在位置转换为平面坐标系下的坐标值;

[0013] (4) 获取 N 个测试节点处场强测量仪的测量数据;

[0014] (5) 根据所述测量数据以及平面坐标系下的坐标值进行拟合获得待测区域的场强空间分布状态。

[0015] 作为进一步优选地,在步骤 (2) 中,在安全区域内所述测试节点尽可能靠近电气设备。

[0016] 作为进一步优选地,步骤 (4) 具体包括:

[0017] 采集测试节点处的电场信号,并对所述电场信号进行调理后输出电场强度测量数据;

[0018] 采集测试节点处的磁场信号,并输出磁场强度测量数据;

[0019] 将 N 个测试节点的所述电场测量数据和所述磁场测量数据汇聚到指定测试节点,并由指定测试节点通过蓝牙通信传输场强测量仪的测量数据。

[0020] 作为进一步优选地,所述多节点分布式场强测试方法还包括以下步骤:

[0021] 将所述待测区域的场强空间分布状态进行可视化显示,显示待测区域内某点电场强度和磁场强度的大小和方向。

[0022] 本发明的无线方式采用蓝牙通信,通信方式灵活,可组建蓝牙局部微网实现分布式测量,测量多个节点的场强参数,减少调试工作量;装置轻巧,携带方便,操作简单,投资少,成本低,可匹配多种监测终端,使之不受环境因素限制。

#### 附图说明

[0023] 图 1 是本发明实施例提供的基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统结构拓扑图;

[0024] 图 2 是本发明实施例提供的基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统中单个电磁场测量仪结构框图;

[0025] 图 3 是本发明实施例提供的基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试方法实现流程图;

[0026] 图 4 是本发明实施例提供的待测区域与电气设备位置示意图;

- [0027] 图 5 是本发明实施例提供的多个电磁场测量仪在待测区域布点示意图；
- [0028] 图 6 是本发明实施例提供的远程终端软件显示电磁场分布状态示意图；
- [0029] 图 7 是本发明实施例提供的某点处测量结果在远程终端软件上显示状态示意图。

### 具体实施方式

[0030] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0031] 本发明提供的基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试方法，消除了设备只能测量单点位置的现象，实现了无线分布式多节点场强测量。方法直接，能便捷的、有效、准确地测量空间位置的工频电场和磁场，为输变电工程环境评价、研究工频输电线路并行、交叉跨越等区域的电磁环境水平提供了科学监测依据，方便和简化测量工作。

[0032] 本发明提供的多节点分布式场强测试方法是基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统，如图 1 所示，该系统包括分布式测量单元以及与分布式测量单元进行蓝牙通信的终端设备；分布式测量单元包括 N 个分别设置在 N 个测试节点处的场强测试仪；每个场强测试仪用于获取该测试节点的场强测量数据，N 个场强测试仪获取的场强测量数据通过无线方式汇聚到指定测试节点，并由指定测试节点通过蓝牙通信传输给所述终端设备；终端设备用于对测量数据进行拟合处理并获得待测区域的场强分布；N 为大于等于 3 的整数。

[0033] 在本发明实施例中，场强测试仪可以为一种三维场强测量仪；该三维场强测量仪通过无线通信的方式与终端设备连接，终端设备上运行数据处理软件通过获得多节点的场强参数数据得到空间场强的分布，终端设备可与多个三维场强测量仪相连构成分布式测量网络。三维场强仪的无线方式为蓝牙 2.0 无线通信；终端设备可为带蓝牙的笔记本电脑或终端设备。

[0034] 作为本发明的一个实施例，三维场强测量仪还包括单纤双向光电传输模块。三维场强测量仪可以测量三维电场和三维磁场数据。电源模块为可充电锂电池，便于长时间野外测量和携带。

[0035] 采用本发明实施例提供的场强测量系统，分布式测量更便捷、有效、准确的测量工频输变电工程设备周边的电磁场分布状态，为工频输变电工程环境评价、研究输电线路电磁环境水平等提供了科学检测数据，比现有的抗环境干扰的场强监测设备简单，数据更完备。

[0036] 在本发明实施例中，分布式测量单元包括多个测试节点。每一个测试节点设置有三维场强测量仪。节点通过蓝牙无线通信和终端设备连接。所述蓝牙终端设备可以为带蓝牙的电脑或带蓝牙的终端设备（手机、平板、PDA）。蓝牙终端设备通过分析软件可以对不同测试节点的数据统一分析处理实现分布式测量。

[0037] 如图 2 所示，三维场强测量仪包括电场传感模块、磁场传感模块、单片机、蓝牙通信模块、光电通信模块和为整个装置提供工作电能的电源模块，其中：电场传感器模块从电场探头获取信号并调理并与单片机连接。磁场传感器模块从磁场探头获取信号并调理并与单片机连接。单片机与电场传感模块、磁场传感模块相连，并把处理后的信号传输给蓝牙通信模块和单纤双向光电通信模块。蓝牙通信模块一端与单片机相连，一端通过无线方式与

电脑或带蓝牙的终端设备相连。所述光电通信模块一端与单片机相连,一端通过一根光纤与终端设备相连。

[0038] 工作时,单片机分别从电场传感模块、磁场传感模块获取待测点处的三维电场和三维磁场数据,并存储在单片机的存储器中。当单个测试装置通过蓝牙与终端设备通信时,由于蓝牙模块的地址唯一性,终端设备通过蓝牙可以匹配多个测试装置,获取多个节点的场强参数数据,实现空间区域内的分布式测量。

[0039] 作为本发明的一个实施例,光电模块可以采用 0Cb3243/4243 单模单纤光收发一体模块;蓝牙模块可以采用 BLK-MD-BC04-B 主从一体蓝牙模块;磁场模块可以采用 PNI MicroMag3 三轴磁场模块。

[0040] 本发明实施例中,电磁场强测量仪由电场传感器模块,磁场传感器模块,光电通信模块,蓝牙模块,电源模块和 M3 单片机组成;电场传感器模块能够采集三维电场强度,通过三路独立的信号调理电路将微弱信号进行放大处理,送入 M3 单片机的 A/D 转换端口。所述磁场传感器模块型号为 PNI MicroMag3,能够采集三维磁场强度,通过信号放大和 A/D 转换后,以数字量的形式输出给 M3 单片机;光电通信采用 0Cb3243/4243 型单模单纤光收发一体模块,M3 单片机通过光电通信模块与 PC 机采用光纤传输的方式进行远距离双向通信。BLK-MD-BC04-B 型主从一体蓝牙通信模块与 M3 单片机直接相连,与其他场强测量仪的蓝牙模块和 PC 机、手机等其他终端的蓝牙模块进行全双工无线通信。电源模块为高容量锂离子电池和电源管理电路,电源控制电路可以通过外部适配器进行充电,并有效保护工作电路和电池。

[0041] 电场传感器模块由电场测量探头和信号调理电路两部分组成,其中电场测量探头为三片 PCB 圆形电极板,分别安装在直角坐标系三个互相垂直的方向,测量三维工频电场强度分量;信号调理电路为基于 AD8253 芯片的增益可调放大电路,实现在  $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$  倍量程下的增益调节,扩展了测量范围。

[0042] 本发明中,磁场传感采用 PNI MicroMag3 三轴磁场模块,提高了测量结果的稳定性、可靠性、一致性、精度和测量范围,大大缩小了磁场传感器的体积,处理电路更简洁,便于系统集成;电场强度和磁场强度采用三维测量,更加真实表征待测点处的场强矢量,提高仪器的准确性,可靠性。采用光纤和蓝牙通信方式,可以通过蓝牙模块实现近距离的无线通信,包括电磁场测量仪之间和与外部带蓝牙模块的终端设备之间进行无线通信;可以通过光纤传输方式实现远距离通信,光纤通信方式与其他电缆有线通信方式相比,不会引起空间电场分布的畸变,更准确。

[0043] 本发明提供的基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试方法,包括下述步骤:

[0044] (1) 获取待测区域的平面参数;待测区域平面参数主要包括①规则区域的长度和宽度,以及电气设备在待测区域的位置,以及电气设备的长度和宽度;②不规则区域各条边的长度,以及电气设备在待测区域的位置,以及电气设备的长度和宽度;

[0045] (2) 根据待测区域内电气设备场强分布状态将 N 个场强测量仪设置在待测区域内的 N 个测试节点处,N 为大于等于 3 的整数;

[0046] 其中,电气设备主要包括发电厂区、变电站、高压输电线和高电压实验室等区域的发电机组、变压器、输电设备、配电设备、控制设备,高压线路等,可以根据电气设备在测量区域的位置关系,以及电气设备上线路的电压电流分布状态来初步确定电气设备的电磁场

分布状态。

[0047] 在本发明实施例中,一般设置“0”号节点为主节点,负责通过光纤或蓝牙方式与终端设备通信。其他节点也可以直接与终端设备通信,也可以通过“0”号节点与终端设备通信。各个场强测量仪节点在布置的时候,要通过水平仪精密调节以保持位置水平,且所有节点的水平方位一致。

[0048] 作为本发明的一个实施例,在安全区域内尽可能靠近待测电气设备设置场强测量仪,获取更准确的场强测量数据;电磁场强度都是有源参数,而电气设备正是场源,因此在越靠近电气设备的区域,场强越大,测量结果才不会在拟合的过程中忽略极值点,但是考虑到现场设置电磁场测量仪需要工作人员实地操作,因此必须选择在安全测量范围之内,电磁场测量仪尽可能靠近电气设备。

[0049] 作为本发明的一个实施例,在设备上大电流、高电压线路所在方位设置尽可能多的场强测量仪,在该区域场强大,容易获得场强极限参数,防止数据拟合时丢失或忽略极值点,进一步使得场强分布结果更接近实际值,提高区域场强分布的测量精度。

[0050] (3) 根据待测区域的平面参数建立测试区域平面坐标系,并将所述场强测试仪所在位置转换为平面坐标系下的坐标值;

[0051] (4) 获取 N 个测试节点处场强测量仪的测量数据;

[0052] 在本发明实施例中,当终端设备与待测区域内电磁场测量仪节点的距离比较近时,终端设备上的蓝牙模块与每个电磁场测量仪上的蓝牙模块建立点对点的无线通信,建立通信之后,各个电磁场测量仪节点的数据通过无线的方式传输到终端设备,作为曲线拟合的基础。当终端设备与待测区域内电磁场测量仪节点的距离比较远时,终端设备上的光电通信模块通过光纤与待测区域的电磁场测量仪主节点通信,主节点与其他子节点之间通过蓝牙方式进行点对点的通信,当终端设备发送通信建立和数据传输指令后,各个子节点数据通过主节点、光纤将数据发送给终端设备,该方法可以适合于远距离传输,特别是存在障碍物遮挡,不能直接进行蓝牙通信的情况。

[0053] 作为本发明的一个实施例,待测区域内各个测试节点可以组成一个无线局域网,通过无线通信方式与汇聚节点进行通信,比如可以采用蓝牙技术,这样可以减少现场布线,操作方便。

[0054] 作为本发明的另一个实施例,待测区域内各个测试节点可以通过无线通信方式与外部的终端设备通信,待测区域内主节点可以通过光纤与外部的终端设备通信,数据传输的稳定性、可靠性、安全性得到提高,且能够实现远距离传输,从而提高区域场强分布的测量精度。

[0055] (5) 根据所述测量数据以及平面坐标系下的坐标值进行拟合获得待测区域的场强分布。

[0056] 在本发明实施例中,可以采用插值拟合,具体过程分为两种情况(1) 获取了两个电磁场强测量仪节点的数据(A、B点),需要拟合两点之间的数据,以这两点数据为基础,采用指数衰减模型,计算两个节点中点(M点)的数据,再以中点数据和原始数据为基础,分别计算AM中点和MB中点处的数据,以此类推。(2) 只获取了一个场强测量仪节点的数据,则以无穷远处的场强作为第二个数据,同样按照指数衰减模型拟合待测区域内各点的数据。上述两种方法能获得待测区域内各点处的电场和磁场大小,获得最总的电磁场矢量分布图。



[0057] (6) 待测区域的场强分布可视化显示给用户；

[0058] 在新的子窗口中显示待测区域平面内各点的电场和磁场强度,用实线箭头和虚线箭头表示特殊位置的电场和磁场的大小和方向。如果鼠标移动到待测区域,会弹出一个窗口显示光标处的平面坐标值、电场和磁场的在直角坐标系中的三个分量。

[0059] 保存测量数据,可以保存某一点处的电磁场数据,也可以保存整个区域的电磁场矢量图。

[0060] 现有的电磁场测量仪只能测量待测区域某一点处的电场和磁场的大小和方向。本系统通过在测试区域放置多个电磁场测量仪,采用蓝牙无线通信的方式,将各个测试节点的数据传输给带有蓝牙模块的终端设备,终端设备软件通过对各个节点的数据进行插值拟合,得到测量区域内所有点的计算结果。

[0061] 为了更进一步地说明本发明实施例提供的基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试方法,现以矩形测试区域为例详述如下：

[0062] 待测区域平面示意图如图 4 所示,所选择的待测区域为矩形结构,电气设备为任意形状,其电磁场分布状态基本情况可以通过具体的电气设备来初步判断,例如大型变压器、发电机组等都存在较强的电磁辐射,电气设备的长\*宽大约为 20\*10,待测区域的长\*宽大约为 50\*30;放置电磁场测试仪节点 A、B、C、D、E、F 如图 5 所示;根据待测区域电气设备特性分析,初步判断电气设备周围的电磁场基本均匀分布,因此在待测区域选择了 6 个均匀排列的测量节点,获取待测区域的电磁场数据;电磁场测量仪节点的分布位置主要根据电气设备的具体情况而定,数量根据待测区域的面积大小而定。待测区域场强分布图结果显示状态如图 6 所示,当终端设备软件获得来自待测场区所有电磁场强测量仪节点的数据后,根据插值拟合的方法得到各点的数据,拟合的精度 0.1m,即当两点之间的距离小于 0.1m 后不再对中值进行计算。计算得到待测区域中的每个点的电场和磁场矢量在 XY 平面的投影采用实线箭头和虚线箭头表示,其中实线箭头和虚线箭头分别表示该点处电场强度和磁场强度的大小和方向。由于如图 4 所示的电气设备的电场和磁场具有均匀分布的特点,并且在设备区域之外的部分的电场和磁场方向基本指向设备外侧,电场和磁场的强度值在 XY 平面上的投影用线的长度表示,为了得到待测区域任意一点处电场和磁场强度的具体值,可以将鼠标移动到待测区域某点时,在鼠标的右侧弹出一个窗口,显示光标处的电磁场强在空间直角坐标系中三个方向的分量,以及鼠标所在点处在 XY 平面的坐标值,示意图如图 7 所示。在终端设备软件中,不仅可以显示待测区域的电磁场分布状态,实现矢量图的存储,还可以数值显示待测区域每点处的电场、磁场在三维坐标系中的分量,测量精度达到 0.1m,具有信息完备,直观可视,操作简便等优点。

[0063] 本发明提供的基于蓝牙通信的多节点分布式场强测试系统主要由待测区域内合理分布的电磁场测量仪节点和远程终端两部分构成,电磁场测量仪采用三维电场传感模块和磁场传感模块实现数据测采集,远程终端带有专业的应用软件,可以对电磁场测量仪节点采集的数据进行插值拟合,实现待测区域内 0.1m 精度的电磁场测量值,可以用图形和数值两种形式显示和存储。本发明提供的系统具有数据精确、科学、准确、完备等特点,数据的通信网络结构简单实用,操作方便,远程终端信息处理算法简便,显示直观,存储方便,信息完整,能全面表征待测区域内的电磁场分布状态,对相关电气设备的参数测定、现场维护、检修和施工等有重要的指导意义,可以在电力系统相关领域推广应用。

[0064] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

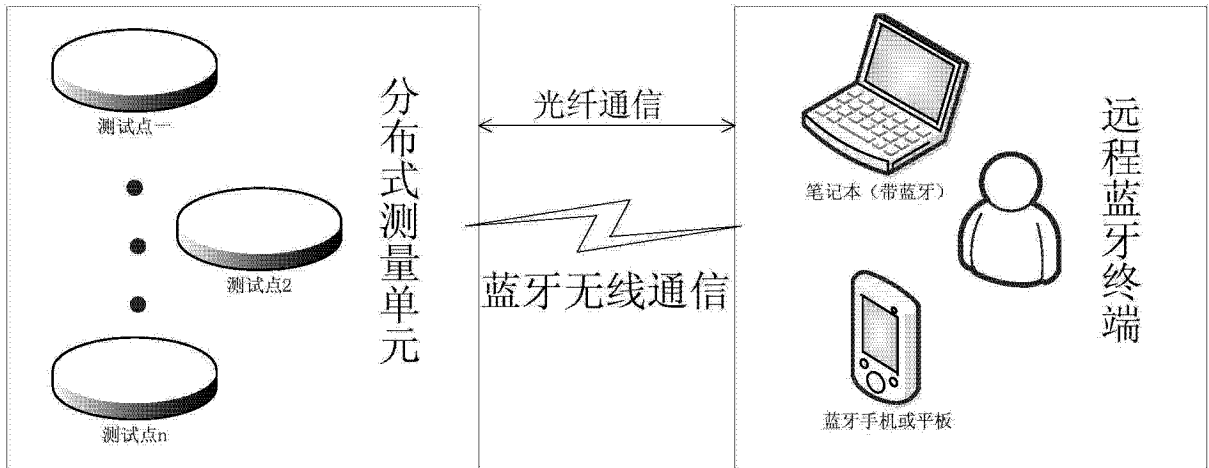


图 1

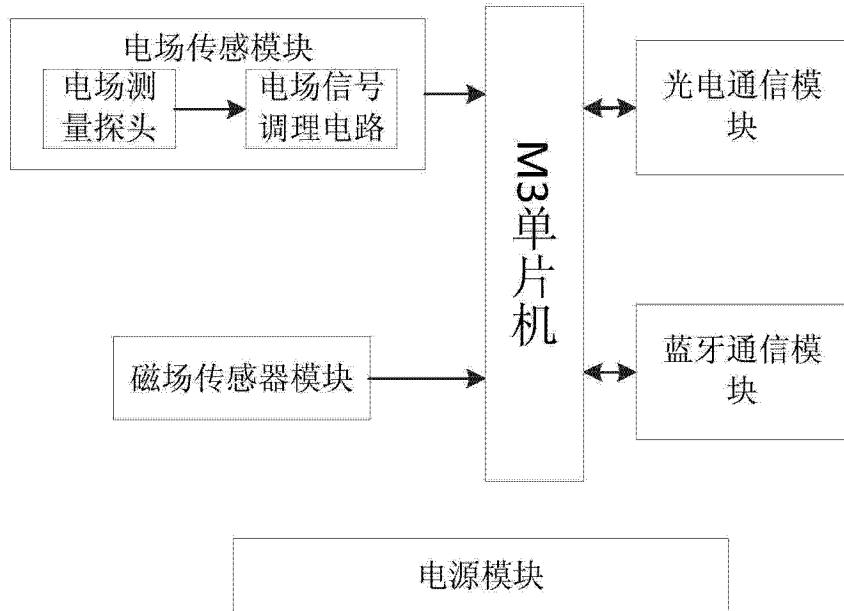


图 2

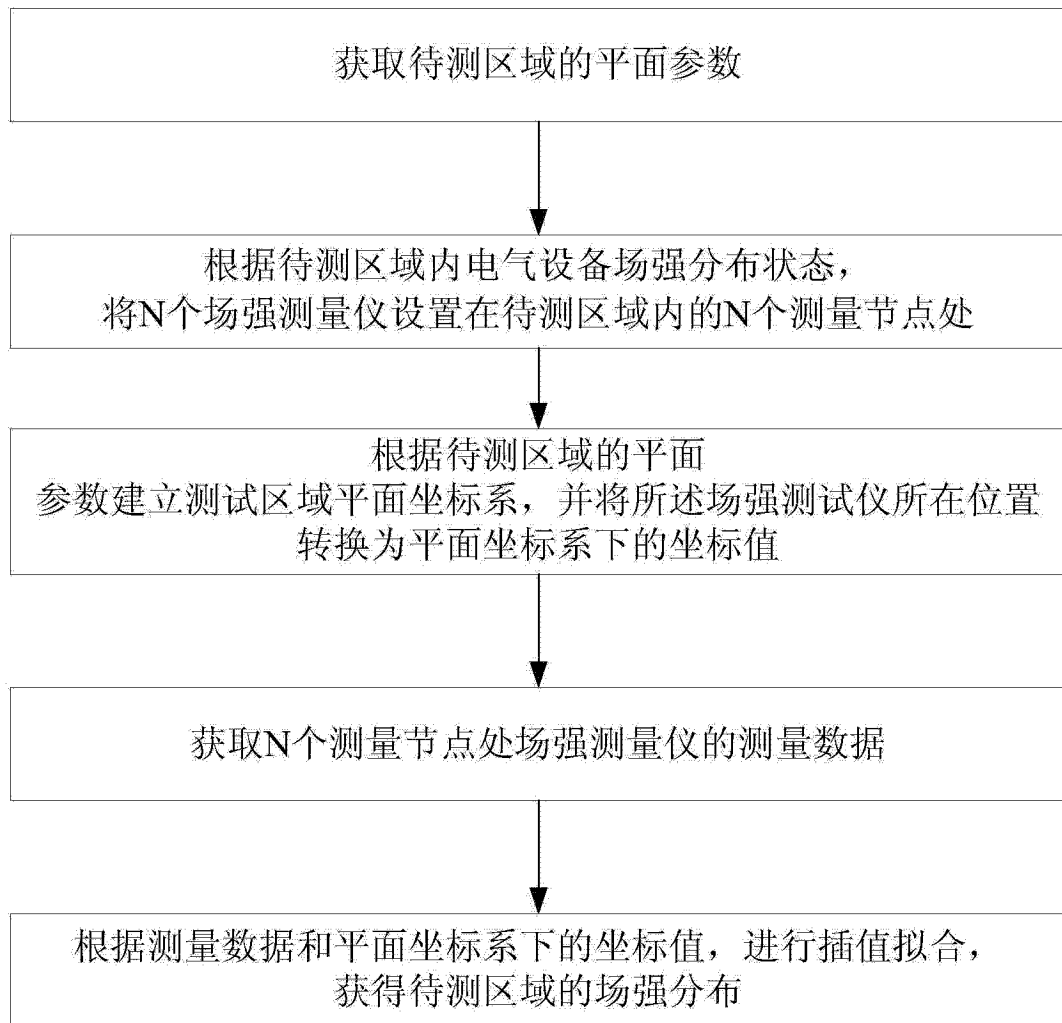


图 3

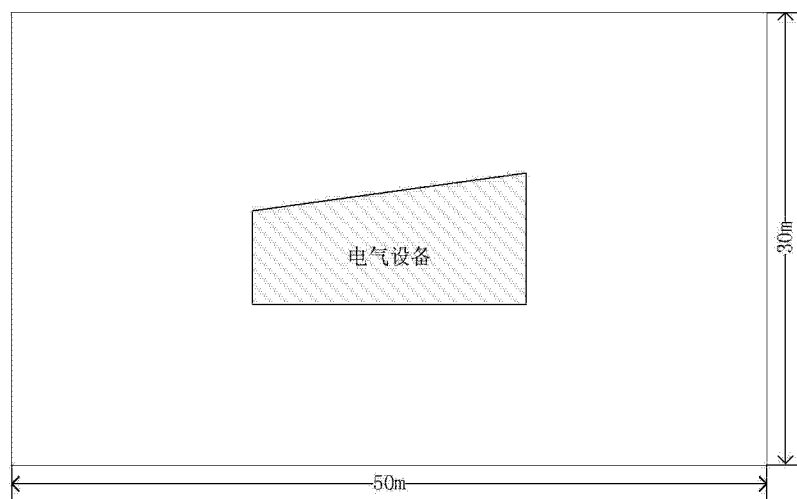


图 4

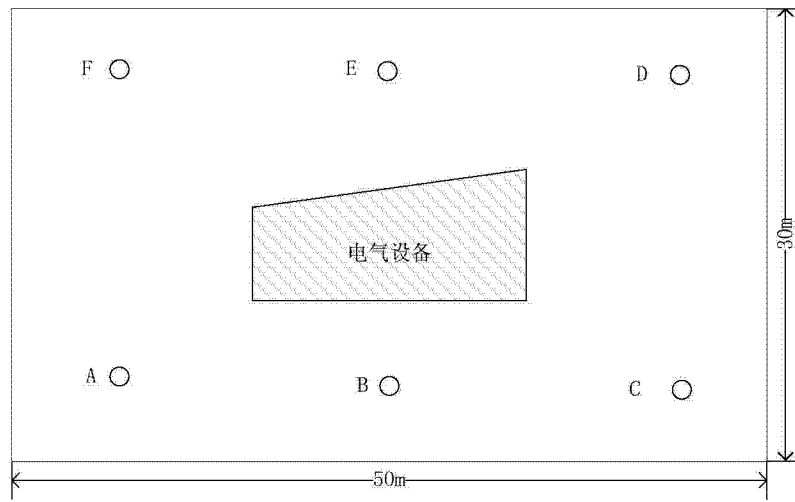


图 5

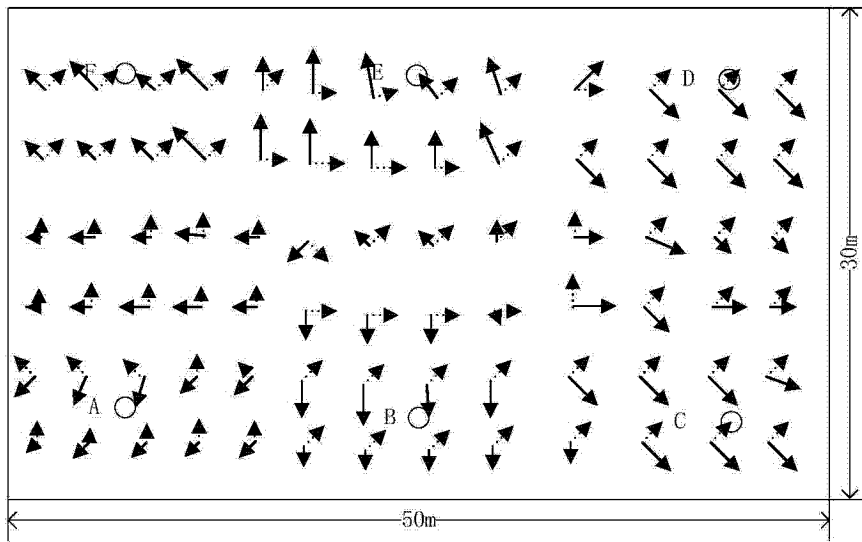


图 6

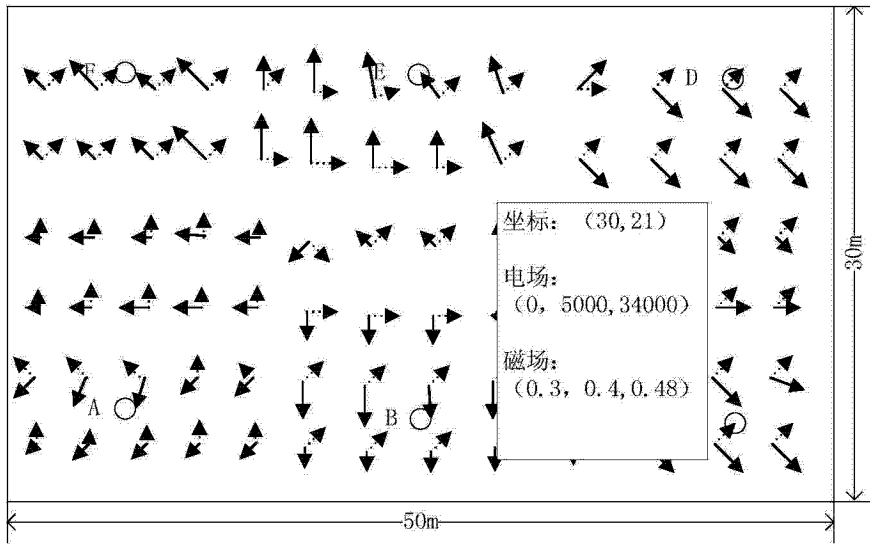


图 7