(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 205139294 U
(45)授权公告日 2016.04.06

(21)申请号 201520967448.0

(22)申请日 2015.11.27

(73)专利权人 国家电网公司
地址 100031 北京市西城区西长安街86号
专利权人 国网山西省电力公司电力科学研究院

(72)发明人 王天正 郝晋堂 王琪 李萍 董理科 王鹏皓

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102
代理人 张惠玲

(51)Int.Cl.
G01R 31/08(2006.01)

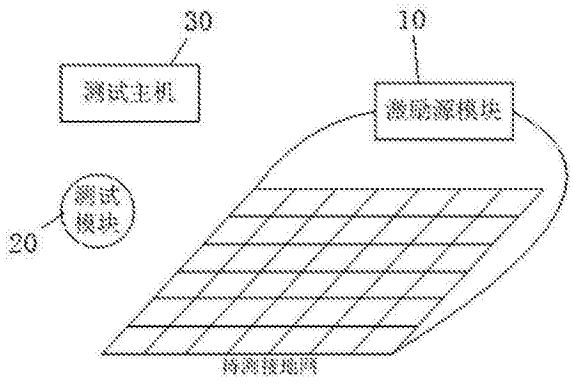
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)实用新型名称

一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置

(57)摘要

本实用新型涉及一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置，包括：激励源模块，用于向接地网输入编码信号；测试模块，用于采集接地网的电磁波信号；测试主机，用于接收所述测试模块采集的电磁波信号，并输出所述接地网的腐蚀和通断状态；所述激励源模块与测试主机之间，以及测试模块与测试主机之间均通过无线网络连接通讯。本实用新型具有检测过程简单快速，不需要挖开地表，检测结果准确的优点。



CN 205139294 U

1.一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置,其特征在于,包括:

激励源模块(10),用于向接地网输入编码信号;

测试模块(20),用于采集接地网的电磁波信号;

测试主机(30),用于接收所述测试模块(20)采集的电磁波信号,并输出所述接地网的腐蚀和通断状态;

所述激励源模块(10)与测试主机(30)之间,以及测试模块(20)与测试主机(30)之间均通过无线网络连接通讯。

2.根据权利要求1所述的一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置,其特征在于,所述测试主机(30)包括:

输入显示单元(31),用于向测试主机(30)输入指令和设置参数,并且显示测试结果和工作状态信息;

FPGA模块(32),用于根据输入信息计算接地网的腐蚀和通断状态;

所述输入显示单元(31)的输入端和输出端分别连接于所述FPGA模块(32)的输出端和输入端。

3.根据权利要求2所述的一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置,其特征在于,所述测试主机(30)还包括连接于所述FPGA模块(32)的输入端的环境参数传感器(33),所述用于采集环境温度和湿度、土壤温度和湿度信息并发送给所述FPGA模块(32)。

4.根据权利要求1所述的一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置,其特征在于,所述激励源模块(10)包括:

编码信号发生电路(11),用于生成向接地网输入的编码信号;

功率放大电路(12),用于将所述编码信号发生电路(11)生成的编码信号进行功率放大;

测试端子,用于将经功率放大后的编码信号输入到接地网;

所述编码信号发生电路(11)的输出端连接于所述功率放大电路(12)的输入端,所述测试端子的输入端连接于所述功率放大电路(12)的输出端。

5.根据权利要求1所述的一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置,其特征在于,所述测试模块(20)包括:

感应线圈(21),用于接收接地网辐射出的带有编码信号的电磁波信号;

信号处理模块,用于将所述感应线圈(21)接收到的电磁波信号进行处理,以获得编码信号并发送给所述测试主机(20);

所述感应线圈(21)的输出端连接于所述信号处理模块的输入端。

6.根据权利要求5所述的一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置,其特征在于,所述信号处理模块包括:

放大滤波电路(22),用于将所述感应线圈(21)接收到的电磁波信号进行放大并带通滤波;

相干检测电路(23),用于抑制干扰信号;

模数转换电路(24),用于将模拟信号转换成数字信号;

所述放大滤波电路(22)的输入端连接于所述感应线圈(21)的输出端,所述相干检测电路(23)的输入端连接于所述放大滤波电路(22)的输出端,所述模数转换电路(24)的输入端

连接于所述相干检测电路(23)的输出端。

7.根据权利要求1所述的一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置,其特征在于,所述测试模块(20)具有多个,在对接地网进行测试时,所述多个测试模块(20)分别并排设置于所述接地网的上方地表面。

8.根据权利要求7所述的一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置,其特征在于,所述多个测试模块(20)呈方形阵列逐行逐列地排列于所述接地网的上方地表面。

一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置。

背景技术

[0002] 接地网是电力系统安全运行的重要保证，其接地性能的优劣直接关系到变电站内工作人员的人身安全和各种电气设备的安全运行，因而一直受到电力设计和生产运行部门的高度重视。

[0003] 构成接地网的导体埋在地下，往往因施工时焊接不良或漏焊、土壤腐蚀、接地短路电流电动力作用等原因，随着使用年限的增加，易发生腐蚀，可能使接地导体变细甚至断裂，破坏接地网的原有结构，使得接地网的电气连接性能降低、接地电阻增高，从而引起接地网本身局部电位差或接地网电位异常增加。一旦电力系统遭受雷击或发生短路故障，不仅会给工作人员带来危险，更易造成检测和控制设备误动作而扩大事故的影响。在我国，由于大多数变电站的接地网材料是普通碳钢，腐蚀问题相对突出。因接地网腐蚀甚至断裂引起的电力系统的事故时有发生，造成巨大的经济损失和不良的社会影响。

[0004] 近年来，查找接地网的严重腐蚀段成为电力部门一项重大的反事故措施，在实际工程中，对于接地网故障点的测量，通常根据地区的土壤腐蚀率，经验地估计接地网导体腐蚀程度，然后抽样挖开地表进行检查。这种方法带有盲目性、工作量大、速度慢，并且还受到现场运行条件的限制，不能准确地判断腐蚀程度和断点位置。

实用新型内容

[0005] 本实用新型的目的是提出一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置，具有检测过程简单快速，不需要挖开地表，检测结果准确的优点。

[0006] 为了达到上述目的，本实用新型采用的技术方案如下：一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置，其特征在于，包括：

[0007] 激励源模块，用于向接地网输入编码信号；

[0008] 测试模块，用于采集接地网的电磁波信号；

[0009] 测试主机，用于接收所述测试模块采集的电磁波信号，并输出所述接地网的腐蚀和通断状态；

[0010] 所述激励源模块与测试主机之间，以及测试模块与测试主机之间均通过无线网络连接通讯。

[0011] 根据以上方案，所述测试主机包括：

[0012] 输入显示单元，用于向测试主机输入指令和设置参数，并且显示测试结果和工作状态信息；

[0013] FPGA模块，用于根据输入信息计算接地网的腐蚀和通断状态；

[0014] 所述输入显示单元的输入端和输出端分别连接于所述FPGA模块的输出端和输入端。

[0015] 根据以上方案，所述测试主机还包括连接于所述FPGA模块的输入端的环境参数传感器，所述用于采集环境温度和湿度、土壤温度和湿度信息并发送给所述FPGA模块。

[0016] 根据以上方案，所述激励源模块包括：

[0017] 编码信号发生电路，用于生成向接地网输入的编码信号；

[0018] 功率放大电路，用于将所述编码信号发生电路生成的编码信号进行功率放大；

[0019] 测试端子，用于将经功率放大后的编码信号输入到接地网；

[0020] 所述编码信号发生电路的输出端连接于所述功率放大电路的输入端，所述测试端子的输入端连接于所述功率放大电路的输出端。

[0021] 根据以上方案，所述测试模块包括：

[0022] 感应线圈，用于接收接地网辐射出的带有编码信号的电磁波信号；

[0023] 信号处理模块，用于将所述感应线圈接收到的电磁波信号进行处理，以获得编码信号并发送给所述测试主机；

[0024] 所述感应线圈的输出端连接于所述信号处理模块的输入端。

[0025] 根据以上方案，所述信号处理模块包括：

[0026] 放大滤波电路，用于将所述感应线圈接收到的电磁波信号进行放大并带通滤波；

[0027] 相干检测电路，用于抑制干扰信号；

[0028] 模数转换电路，用于将模拟信号转换成数字信号；

[0029] 所述放大滤波电路的输入端连接于所述感应线圈的输出端，所述相干检测电路的输入端连接于所述放大滤波电路的输出端，所述模数转换电路的输入端连接于所述相干检测电路的输出端。

[0030] 根据以上方案，所述测试模块具有多个，在对接地网进行测试时，所述多个测试模块分别并排设置于所述接地网的上方地表面。

[0031] 根据以上方案，所述多个测试模块呈方形阵列逐行逐列地排列于所述接地网的上方地表面。

[0032] 本实用新型采用能够有效抑制工频电磁场及其各次谐波信号干扰的编码信号加载给待测接地网，接地网如果存在腐蚀则会使某些支路断裂或者明显变细和阻抗增加，导致注入到接地网的编码信号发生畸变；位于地表面的测试模块接收到来自接地网辐射的电磁波并发送给测试主机；测试主机根据接收到测试模块发送的电磁波计算出接地网的基本结构和每条支路的腐蚀状况，最后通过图形界面将测试结果展示出来。因为接地网不同的腐蚀状况会导致电磁波发生不同的程度畸变，所以测试模块接收到的来自待测接地网的辐射信息表征了接地网相应支路的腐蚀程度，通过检测得到的信号的不同即可得出接地网的腐蚀情况，不需要挖开地表进行检查，也不受现现场检查条件的限制，能准确地判断接地网的腐蚀程度和断点位置，具有准确性高、工作量小、速度快的优点。

附图说明

[0033] 图1是本实用新型的结构示意图；

[0034] 图2是本实用新型的测试主机的结构示意图；

[0035] 图3是本实用新型的激励源模块的结构示意图；

[0036] 图4是本实用新型的测试模块的结构示意图。

[0037] 图中：10、激励源模块；20、测试模块；30、测试主机；11、编码信号发生电路；12、功率放大电路；13、无线传感器网络节点II；21、感应线圈；22、放大滤波电路；23、相干检测电路；24、模数转换电路；25、无线传感器网络节点III；31、输入显示单元；32、FPGA模块；33、环境参数传感器；34、无线传感器网络节点I。

具体实施方式

[0038] 下面结合附图与实施例对本实用新型的技术方案进行说明。

[0039] 如图1所示，本实用新型所述的一种基于无线传感器网络的接地网腐蚀状况测试装置，包括：激励源模块10，用于向接地网输入编码信号；测试模块20，用于采集接地网的电磁波信号；测试主机30，用于接收所述测试模块20采集的电磁波信号，并输出所述接地网的腐蚀和通断状态；所述激励源模块10与测试主机30之间，以及测试模块20与测试主机30之间均通过无线网络连接通讯。

[0040] 本实用新型采用能够有效抑制工频电磁场及其各次谐波信号干扰的编码信号加载给待测接地网，接地网如果存在腐蚀则会使某些支路断裂或者明显变细和阻抗增加，导致注入到接地网的编码信号发生畸变；位于地表面的测试模块20接收到来自接地网辐射的电磁波并发送给测试主机30；测试主机30根据接收到测试模块20发送的电磁波计算出接地网的基本结构和每条支路的腐蚀状况，最后通过图形界面将测试结果展示出来。因为接地网不同的腐蚀状况会导致电磁波发生不同的程度畸变，所以测试模块20接收到的来自待测接地网的辐射信息表征了接地网相应支路的腐蚀程度，通过检测得到的信号的不同即可得出接地网的腐蚀情况，不需要挖开地表进行检查，也不受现场检查条件的限制，能准确地判断接地网的腐蚀程度和断点位置，同时所有通讯网络采用无线网络进行连接通讯，使检测施工方便快捷，具有准确性高、工作量小、速度快的优点。

[0041] 具体地，所述测试主机30包括：输入显示单元31，用于向测试主机30输入指令和设置参数，并且显示测试结果和工作状态信息；FPGA模块32，用于根据输入信息计算接地网的腐蚀和通断状态；所述输入显示单元31的输入端和输出端分别连接于所述FPGA模块32的输出端和输入端。进一步地，所述测试主机30还包括连接于所述FPGA模块32的输入端的环境参数传感器33，所述用于采集环境温度和湿度、土壤温度和湿度信息并发送给所述FPGA模块32。

[0042] 具体地，所述激励源模块10包括：编码信号发生电路11，用于生成向接地网输入的编码信号；功率放大电路12，用于将所述编码信号发生电路11生成的编码信号进行功率放大；测试端子，用于将经功率放大后的编码信号输入到接地网；所述编码信号发生电路11的输出端连接于所述功率放大电路12的输入端，所述测试端子的输入端连接于所述功率放大电路12的输出端。本实用新型采用特殊的编码方式，可以有效抑制工频电磁场及其各次谐波对激励源模块10输出信号的干扰。

[0043] 具体地，所述测试模块20包括：感应线圈21，用于接收接地网辐射出的带有编码信号的电磁波信号；信号处理模块，用于将所述感应线圈21接收到的电磁波信号进行处理，以获得编码信号并发送给所述测试主机30；所述感应线圈21的输出端连接于所述信号处理模块的输入端。此外，所述信号处理模块包括：放大滤波电路22，用于将所述感应线圈21接收到的电磁波信号进行放大并带通滤波；相干检测电路23，用于抑制干扰信号；模数转换电路

24，用于将模拟信号转换成数字信号；所述放大滤波电路22的输入端连接于所述感应线圈21的输出端，所述相干检测电路23的输入端连接于所述放大滤波电路22的输出端，所述模数转换电路24的输入端连接于所述相干检测电路23的输出端。采用带通滤波技术和相干检测技术，接收来自激励源模块10通过接地网接线端子注入的特殊编码信号，进一步地提高了系统的信噪比和抗干扰能力。进一步地，所述测试模块20具有多个，在对接地网进行测试时，所述多个测试模块20分别并排设置于所述接地网的上方地表面。优选地，所述多个测试模块20呈方形阵列逐行逐列地排列于所述接地网的上方地表面。

[0044] 以下通过一个完整的实施例及其应用示例对本实用新型进行说明。

[0045] 本实用新型的基本检测原理包括：采用特殊编码信号抑制工频电磁场及其各次谐波的干扰，通过多点分布的感应线圈21采集待测接地网辐射的电磁波信号，采用无线传感器网络将所有测试模块20测量的电磁波信号进行放大、滤波、检波、模数转换后，发送给测试主机30；测试主机30对所有测试模块20的数据进行综合、计算，得到待测接地网的基本结构参数和各个支路腐蚀程度及断裂情况，并通过液晶显示屏显示。

[0046] 如图1所示，基于无线网络连接通讯的接地网腐蚀状况测试装置包括一个激励源模块10、一个测试主机30和若干个测试模块20；所述测试主机30为接地网腐蚀状况测试装置的核心，通过无线传感器网络与所述激励源模块10所有布置在待测区域的测试模块20进行无线通讯，负责系统的初始化、控制指令的发布、信号同步、数据收集、数据计算和分析、测试结果输出等；所述激励源模块10采用独特的编码方式，通过功率放大后向待测接地网的接线端子注入带有编码信息的电磁波，提高系统抑制工频电磁场及其各次谐波干扰的能力；所述测试模块20采用感应线圈21接收来自待测接地网通过地表辐射的带有编码信号的电磁波，通过放大滤波、相干检波和模数转换后，采用无线通信方式发送给测试主机30。在本实用新型中，无线网络连接通讯的网络节点可以采用CC2530、CC2531、CC2533、JN5148、MC13192、EM260、LINK-23X、Link-212等芯片。

[0047] 本实用新型提供的装置主要用于探测接地网结构和腐蚀状况。在测试前，根据待测接地网的规格和测试精度，选择一定数量的测试模块20和测试主机30、激励源模块10构成测试系统，将测试主机30和激励源模块10放置在待测接地网周围；最优化的放置方式为测试主机30与激励源模块10的连线与待测接地网的一边平行，且距离5～10米；将测试模块20按照序号的顺序在待测接地网区域逐行逐列均匀放置，形成测量矩阵；测试系统初始化时，测试主机30向测试模块20和激励源模块10发送一个同步信号，所有无线网络连接通讯的网络节点的时钟和出发信号同步；随后，测试模块20根据接收到来自测试主机30和激励源模块10的射频信号特征参数计算出位置信息，位置信息通过无线传感器网络节点发送给测试主机30，测试主机30通过信息综合获得所有测试节点在待测区域的位置分布；测试主机30在发送测试指令，测试模块20将接收到的带有编码的电磁波信号进行放大、滤波、检波和模数转换，并通过无线传感器网络节点发送给测试主机30，测试主机30再根据所有测试模块20的数据对整个待测区域的电磁波信号进行计算和拟合，结合测试模块20的位置分布信息，计算出接地网每一条支路的阻抗分布，判断其腐蚀状况和通断情况；最后，测试主机30通过三维仿真图的形式展示测试结果。

[0048] 本实用新型的电路设计采用低功耗电路，便于长时间野外测量和携带。图2示出了测试主机30的结构示意图，所述测试主机30包括无线传感器网络节点I34、环境参数传感器

33、FPGA模块32、输入显示单元31和电源电路，所述无线传感器网络节点I34与激励源模块10和测试模块20组成无线传感器网络，且无线传感器网络节点I34为该网络的中心节点，用于同步信号和控制信号的发送、其他网络子节点采集数据的收集等；环境参数传感器33主要用于采集环境温度、湿度，土壤温度和湿度等参数，用于修正所有测试模块20采集的接地网辐射编码信号数据；FPGA模块32主要用于控制、计算和存储等，为了便于说明，仅示出了与本实用新型相关的部分，FPGA模块32包括运算处理单元和存储单元；运算处理单元的第一输入输出端连接至所述无线传感器网络节点I34，传送测试装置的同步信号、控制命令，并接收来自测试模块20的测量数据等；运算处理单元的第二输入输出端连接至所述输入显示单元31，接收触摸屏的输入信息，并实时显示系统的状态和测试分析结果；运算处理单元还通过内部总线直接与存储单元连接，提高数据的存储效率和速度。所述电源电路的输入端接220V工频交流电，经过降压、整流、滤波和稳压电路后，输出+12V、+5V和+3.3V的直流电，为所述测试主机30供电。

[0049] 在本实用新型中，环境参数传感器33可以采用DS18B20测量环境温度，可以采用SH1101测试环境湿度，可以采用HA2002土壤温度传感器测量土壤温度，可以采用HA2001土壤湿度传感器测量土壤湿度，可以采用LCD触摸显示屏作为输入显示单元31，FPGA模块32可以为EP4CE10E22C8N芯片。

[0050] 图3为激励源模块10的结构示意图，所述无线传感器网络节点II13为激励源模块10的控制核心，内部包含的射频收发电路主要用于接收来自测试主机30的同步信号和控制指令，根据测试流程，与测试主机30进行信号同步，确保触发时刻相同，所述无线传感器网络节点II13根据测试主机30的控制指令，向编码信号发生电路11发出触发信号，输出特殊编码，且可以通过无线传感器网络节点内置的MCU控制编码芯片，实现编码方式可调；所述功率放大电路12的输入端与编码信号发生电路11的输出端相连，控制端与所述无线传感器网络节点II13的内置MUC的I/O口相连，功率放大电路12的输出端通过发射电极与待测接地网的接线端子相连；所述电源电路的输入端接220V工频交流电，经过降压、整流、滤波和稳压电路后，输出+12V、+5V和+3.3V的直流电，为所述激励源模块10供电。在本实用新型中，编码信号发生电路11可以采用EV1527芯片实现，功率放大电路12可以采用MGA43228芯片实现。

[0051] 图4为测试模块20的结构示意图，所述测试模块20主要包括感应线圈21、放大滤波电路22、相干检测电路23、模数转换电路24、无线传感器网络节点III25和点源电路。所述感应线圈21用于耦合来自待测接地网的电磁波信号，感应线圈21的输出端连接至放大滤波电路22，所述放大滤波电路22将感应到的微弱信号进行放大，并通过带通滤波器去除干扰信号；所述相干检测电路23的输入端连接至放大滤波电路22的输出端，通过多次迭代的相干检测技术提取编码信号；所述模数转换电路24的输入端连接至相干检测电路23的输出端，将模拟信号转换成数字信号，便于计算、存储和传输；所述无线传感器网络节点III25的输入端连接至模数转换电路24，将测量得到的带有编码信息的电磁波信号通过无线通信方式发送给测试主机30；所述电源电路采用可充电锂离子电场实现，通过DC-DC变换电路实现+5V和+3.3V的稳定电压输出，为整个测试模块20供电。在本实用新型中，感应线圈21可以采用漆包线绕制而成，放大滤波电路22可以采用仪表运算放大器AD620设计放大电路、INA333设计带通滤波器，可以采用CA3070设计相干检波电路，可以采用AD7878设计模数转换电路

24。

[0052] 经过证明，本实用新型可有效探埋深小于2.0米的接地网的腐蚀状况，并通过测试主机30的输入显示单元31，展示接地网的结构和各支路的腐蚀状态，具有抗干扰能力强、测量准确、结构简单、通用性好、操作方便等特点。

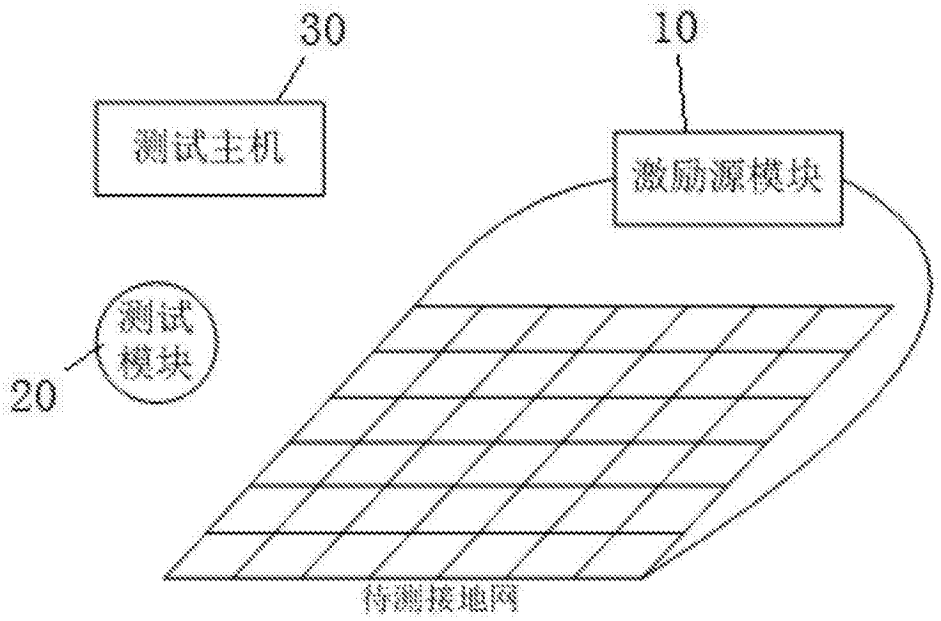

30
10
测试主机
激励源模块
测试模块
20
待测接地网

图1

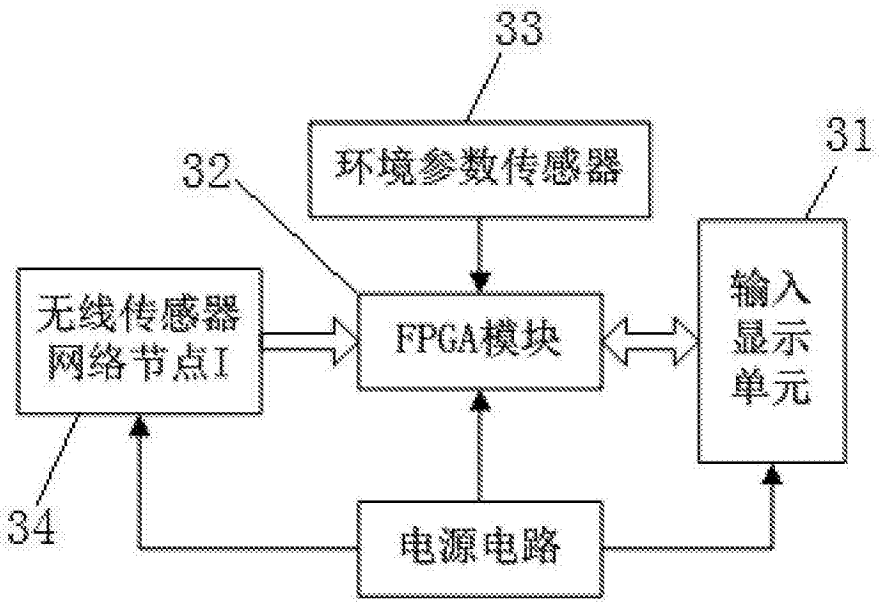

33
环境参数传感器
32
31
无线传感器网络节点I
FPGA模块
输入显示单元
34
电源电路

图2

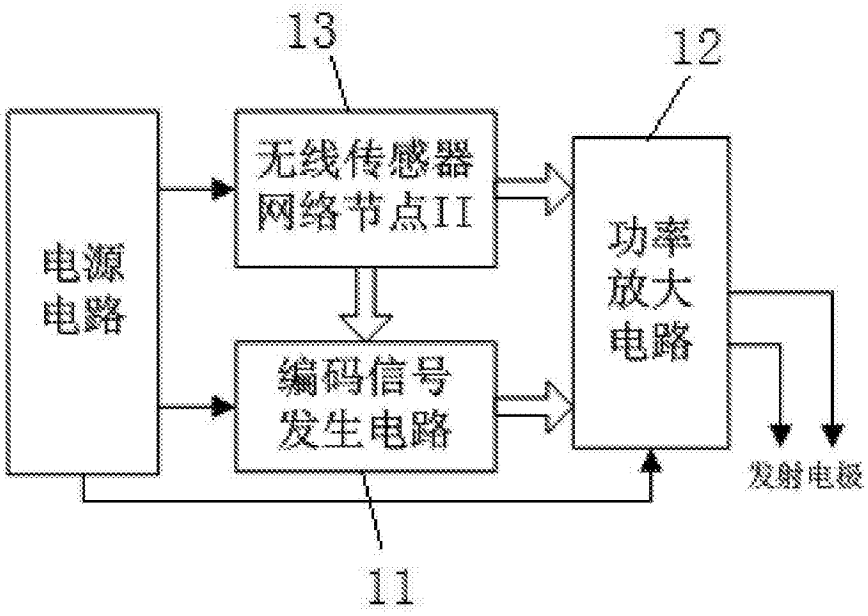

13
12
电源电路
无线传感器网络节点II
功率放大电路
编码信号发生电路
发射电极
11

图3

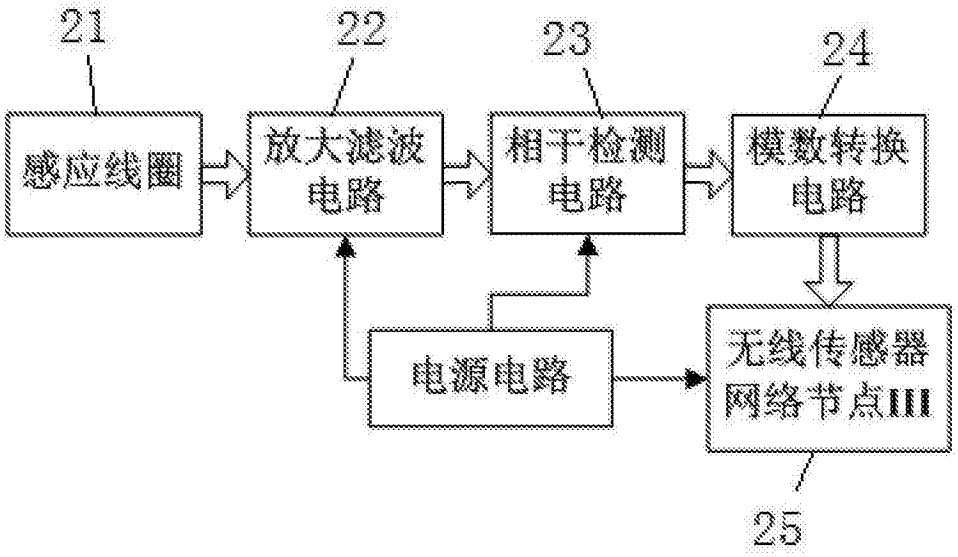

21
22
23
24
感应线圈
放大滤波电路
相干检测电路
模数转换电路
电源电路
无线传感器网络节点III
25

图4