(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105897306 B
(45)授权公告日 2018.02.13

(21)申请号 201610335277.9

(22)申请日 2016.05.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105897306 A

(43)申请公布日 2016.08.24

(73)专利权人 江苏通灵电器股份有限公司
地址 212200 江苏省镇江市扬中市经济开发区港茂路666号

(72)发明人 李前进 郑成强 王钦 王建平 张道远 徐晓冰

(74)专利代理机构 安徽省合肥新安专利代理有限责任公司 34101
代理人 陆丽莉 何梅生

(51)Int.Cl.
H04B 3/54(2006.01)
H04W 4/00(2009.01)
G08C 17/02(2006.01)
H02J 13/00(2006.01)

审查员 陈弘

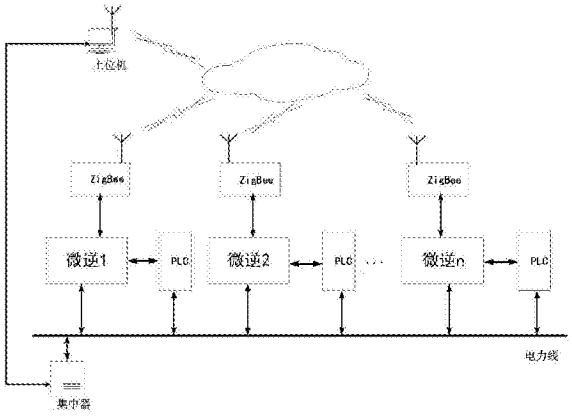
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

基于PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信系统及其复合通信方式

(57)摘要

本发明公开了一种PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信系统及其通信方法，包括一个上位机、一个集中器和n个微逆单元；n个微逆单元任意第i个微逆单元包括：一个微型逆变器、一个无线通信ZigBee模块、一个电力线载波PLC模块；主要是利用电力线载波PLC通讯层进行通信，而ZigBee的无线通信作为监控层，负责对电力线载波通信PLC的通信数据进行监控，若两者的通信数据有较大差别，必须断开电力线载波PLC的通信，同时ZigBee无线通信接管电力线载波PLC通信。本发明能解决传统微型逆变器的单一通信方式带来的不足和缺点，保证微型逆变器实时正常工作，从而能提高系统的工作效率，稳定性，可靠性和容错率。



CN 105897306 B

1.一种基于电力线载波PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信系统，其特征是包括一个上位机、一个集中器和n个微逆单元；所述n个微逆单元任意第i个微逆单元包括：第i个微型逆变器、第i个电力线载波PLC模块、第i个无线通信ZigBee模块；

所述第i个微型逆变器分别与第i个电力线载波PLC模块分别负载在电力线上；

所述上位机通过n个无线通信ZigBee模块分别与n个微型逆变器进行通信；

所述第i个微型逆变器通过SPI与第i个电力线载波PLC模块进行通信，并通过串口与第i个无线通信ZigBee模块进行通信；

所述集中器通过网线与所述上位机进行通信，并通过电力线与n个微型逆变器进行通信；以所述集中器作为主节点设备，以所述n个电力线载波PLC模块作为从节点设备；

所述从节点设备按照与所述集中器的距离大小的升序分为m组；第1组通过电力线与所述集中器进行直接通信；第j组分别通过第j组之前的j-1组依次传递至第1组后与所述集中器进行间接通信；

当所述第i个无线通信ZigBee模块所传输的监测数据与第i个电力线载波PLC模块所传输的通讯数据一致时，所述上位机利用第i个电力线载波PLC模块与第i个微型逆变器进行通信；否则上位机利用第i个无线通信ZigBee模块与第i个微型逆变器进行通信。

2.一种基于电力线载波PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信方法，其特征是应用于由一个上位机、一个集中器和n个微逆单元所组成的复合通信系统中；所述n个微逆单元任意第i个微逆单元包括：第i个微型逆变器、第i个无线通信ZigBee模块、第i个电力线载波PLC模块；所述复合通信方法是按如下步骤进行：

步骤1、将所述n个电力线载波PLC模块按照与所述集中器的距离大小的升序分为m组；第1组为距离最近的组，第m组为距离最远的组；第j组中包括有S_j个电力线载波PLC模块；$1 \leqslant j \leqslant m$；

步骤2、第1组通过电力线与所述集中器进行直接通信；第j组分别通过第j组之前的j-1组依次传递至第1组后与所述集中器进行间接通信；

步骤3、所述上位机根据所述第i个电力线载波PLC模块所传输的通讯数据，判断第i个微型逆变器是否正常工作，若正常，则执行步骤4；否则，上位机报错第i个微型逆变器；

步骤4、所述上位机接收所述第i个无线通信ZigBee模块所传输的监测数据，并与所对应的第i个电力线载波PLC模块所传输的通讯数据进行比较，若两者数据一致，则所述上位机利用第i个电力线载波PLC模块与第i个微型逆变器进行通信；否则，所述上位机断开与第i个电力线载波PLC模块的通信，并按照重要性对通信数据进行划分，然后利用第i个无线通信ZigBee模块与第i个微型逆变器进行通信。

3.根据权利要求2所述的复合通信方法，其特征是：所述步骤4的重要性划分为：

微型逆变器的直流母线电压和电流>微型逆变器的输入直流电压和电流>微型逆变器的前级升压PWM占空比>微型逆变器交流输出电压和电流>微型逆变器后级逆变PWM占空比>电网的频率>微型逆变器温度。

基于PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信系统及其复合通信方式

技术领域

[0001] 本发明涉及一种微型逆变器的通信技术，具体的说一种基于PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信系统及其复合通信方式。

背景技术

[0002] 近些年来，随着社会的高速发展，人们对能源的效率性和安全性越来越重视，而可再生能源光伏并网逆变技术也逐渐成为研究的热点。微型太阳能光伏逆变器能够很好地利用可再生能源太阳能，把太阳能转为电能。这一技术需要DC-DC直流升压电路对光伏板产生的直流电压Vpv(28V～44V)升高(最高可达400V)。这其中为了提高太阳能的利用效率，采用了MPPT(最大功率点跟踪)技术。这就需要实时采集微型逆变器的输入电压Vpv与输入电流Ipv。而升压后又经过DC-AC单相全桥逆变电路，把直流电变换成交流电220V。在把交流电220V并入电网时，要保证微型逆变器的逆变输出的电压频率与相位和大电网保持一致。而这些数据的采集与通信需要保证实时性和可靠性。

[0003] 当前的太阳能光伏微型逆变器的通信方式比较单一，一般都是采用有线通信方法电力线载波PLC通信，或无线通信方法ZigBee技术。电力线载波PLC利用的是现有的电力线进行通信，省去了有线通信重新架构网络的问题，只要有电线，就能传递数据，节约成本，而且使用方便，即插即用，接上电源就接上网络。但是电力线通信PLC存在不稳定的问题，家用电器产生的电磁波对通信产生干扰，时常会发生一些不可预知的错误，而且会有信号衰减问题，这就可能使得微型逆变器在由于通信延时或者通信错误导致工作效率低甚至损坏微型逆变器，进而导致微型逆变器无法工作。

[0004] 而无线通信ZigBee技术体积小，性能强，环境适应力强，适合于在户外工作，实时通信效率高，稳定性好。但是单一的ZigBee技术缺乏可靠性，ZigBee模块大多数采用锂电池供电，这使得需要定时更换电池，因此不适合ZigBee长时间工作在通信状态，另一方面ZigBee信号的穿透障碍物的能力比较差，容易受到墙壁等障碍物的遮挡。而为了能够提高数据传输的可靠性，必须通过增加路由节点来保障，进而增加了成本。

[0005] TI公司的张凌岚等介绍了基于C2000的集成电力线载波通信功能(PLC)光伏逆变系统。通过在微型逆变器系统上通过SPI/SCI等通信手段与电力线载波PLC模块相连接，并利用已有的电力线网络作为通信介质，可以把微型逆变器系统的数据传输到外部网络，实现远程监控和管理。但是，这种单一的通信技术存在弊端，缺乏很高的可靠性和实时性，一旦电力线载波PLC模块出现故障或损坏，通信就中断，导致微型逆变器的瘫痪，就无法正常工作。

[0006] 华南理工大学的薛家祥等介绍了一种基于无线传感网络的微逆变器的监控系统(华南理工大学论文，2014，“基于无线传感网络的微逆变器的监控系统”)。通过ZigBee无线网络通信模块对采集的微型逆变器的一些信号进行收发，并通过手持移动终端显示设备实时监控微型逆变器的数据，配合上位机实现智能化监控和控制。但是此技术并没有很好的

可靠性，一旦ZigBee无线网络通信模块有损坏或存在通信错误就可能导致整个微型逆变器系统瘫痪甚至损坏。

发明内容

[0007] 本发明是为避免上述现有技术所存在的不足之处，提供一种基于PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信系统及其复合通信方式，以期能解决传统微型逆变器的单一通信方式带来的不足和缺点，保证微型逆变器的实时的正常工作，从而提高系统的效率，稳定性和可靠性。

[0008] 为解决上述的问题，本发明采用的技术方案为：

[0009] 本发明一种基于PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信系统的特点是包括一个上位机、一个集中器和n个微逆单元；所述n个微逆单元任意第i个微逆单元包括：第i个微型逆变器、第i个电力线载波PLC模块、第i个无线通信ZigBee模块；

[0010] 所述第i个微型逆变器分别与第i个电力线载波PLC模块分别负载在电力线上；

[0011] 所述上位机通过n个无线通信ZigBee模块分别与n个第i个微型逆变器进行通信；

[0012] 所述第i个微型逆变器通过SPI与第i个电力线载波PLC模块进行通信，并通过串口与第i个无线通信ZigBee模块进行通信；

[0013] 所述集中器通过网线与所述上位机进行通信，并通过电力线与n个第i个微型逆变器进行通信；以所述集中器作为主节点设备，以所述n个电力线载波PLC模块作为从节点设备；

[0014] 所述从节点设备按照与所述集中器的距离大小的升序分为m组；第1组通过电力线与所述集中器进行直接通信；第j组分别通过前j组依次传递至第1组后与所述集中器进行间接通信；

[0015] 当所述第i个无线通信ZigBee模块所传输的监测数据与第i个电力线载波PLC模块所传输的通讯数据一致时，所述上位机利用第i个电力线载波PLC模块与第i个微型逆变器进行通信；否则上位机利用第i个无线通信ZigBee模块与第i个微型逆变器进行通信。

[0016] 本发明一种基于PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信方法的特点是应用于由一个上位机、一个集中器和n个微逆单元所组成的复合通信系统中；所述n个微逆单元任意第i个微逆单元包括：第i个微型逆变器、第i个无线通信ZigBee模块、第i个电力线载波PLC模块；所述复合通信方法是按如下步骤进行：

[0017] 步骤1、将所述n个电力线载波PLC模块按照与所述集中器的距离大小的升序分为m组；第1组为距离最近的组，第m组为距离最远的组；第j组中包括有S_j个电力线载波PLC模块；$1 \leqslant j \leqslant m$；

[0018] 步骤2、第1组通过电力线与所述集中器进行直接通信；第j组分别通过前j组依次传递至第1组后与所述集中器进行间接通信；

[0019] 步骤3、所述上位机根据所述第i个电力线载波PLC模块所传输的通讯数据，判断第i个微型逆变器是否正常工作，若正常，则执行步骤4；否则，上位机报错第i个微型逆变器；

[0020] 步骤4、所述上位机接收所述第i个无线通信ZigBee模块所传输的监测数据，并分别与所对应的第i个电力线载波PLC模块所传输的通讯数据进行比较，若两者数据一致，则所述上位机利用第i个电力线载波PLC模块与第i个微型逆变器进行通信；否则，所述上位机

断开与第i个电力线载波PLC模块的通信，并按照重要性对通信数据进行划分，然后利用第i个无线通信ZigBee模块与第i个微型逆变器进行通信。

[0021] 本发明所述的复合通信方法的特点也在于，所述步骤4的重要性划分为：

[0022] 微型逆变器的直流母线电压和电流>微型逆变器的输入直流电压和电流>微型逆变器的前级升压PWM占空比>微型逆变器交流输出电压和电流>微型逆变器后级逆变PWM占空比>电网的频率>微型逆变器温度。

[0023] 与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

[0024] 1、本发明通过构造的微型逆变器的PLC/ZigBee的复合通信系统以及采用PLC/Zigbee的复合通信方式，保证了微型逆变器不会因为某个电力线载波PLC通信发生的错误而导致这个微型逆变器瘫痪，提高了微型逆变器系统的稳定性，可靠性和实时性和容错率。

[0025] 2、本发明通过采用的电力线载波PLC，通过现有的电力线，无需再搭建网络，降低了成本，通过载波通信方式进行高速传输，保证了信息的实时性和可靠性。

[0026] 3、本发明通过采用的ZigBee无线通信方式，由于ZigBee的体积小，适应环境能力强，提高了信息在传输时的可靠性。

[0027] 4、本发明通过采用电力线载波PLC的主从式结构和分组的结构方式，解决了电力线载波通信范围短的问题，能够扩大通信范围，从而增加整个系统中微型逆变器单元的个数，提高了电力线载波PLC的远程控制的效率和可靠性。

[0028] 5、本发明通过对微型逆变器的数据按重要性分级分类，优先传输重要性高的数据，保证了微型逆变器在PLC断开时的正常工作，提高了整个系统的工作效率。

附图说明

[0029] 图1为本发明复合通信系统结构图；

[0030] 图2为本发明电力线载波PLC通信结构图；

[0031] 图3为本发明电力线载波PLC通信工作原理图；

[0032] 图4为本发明系统通信监控流程图。

具体实施方式

[0033] 本实施例中，一种基于PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信系统，如图1所示：包括一个上位机、一个集中器和n个微逆单元；n个微逆单元任意第i个微逆单元包括：第i个微型逆变器、第i个无线通信ZigBee模块、第i个电力线载波PLC模块。

[0034] 第i个微型逆变器分别与第i个电力线载波PLC模块分别负载在电力线上；第i个微型逆变器通过SPI与第i个电力线载波PLC模块进行通信。电力线载波PLC模块主要包括集中器，它用来管理多个电力线载波PLC终端节点并作为上位机与电力线载波PLC终端节点之间的通信桥梁。

[0035] 集中器通过网线与上位机进行通信，并通过电力线与n个微型逆变器进行通信。以集中器作为主节点设备，以n个电力线载波PLC模块作为从节点设备。

[0036] 从节点设备按照与集中器的距离大小的升序分为m组；第1组通过电力线与集中器进行直接通信；第j组分别通过前j组依次传递至第1组后与集中器进行间接通信。

[0037] 在电力线载波组网通信中，集中器以AFE031载波芯片为核心，包含了载波发送，载

波接收和线性耦合三部分电路。当集中器开始工作时，电力线载波通信模块就将集中器所在一定范围内的所有终端节点组成一个完整的通信网络。当集中器接收到上位机发送给电力线载波PLC终端节点的命令时，电力线载波PLC通信模块就通过得到指令，并通过发送电路转发给电力线上的电力线载波PLC终端节点；当电力线载波PLC终端节点需要给上位机发送信息时，电力线载波PLC通信模块由接收电路接收信息，并由串口发送给上位机。在载波信息的发送和接收时都要经过线性耦合电路对信息进行调制解调。当发送信息时，线性耦合电路把高频载波信息送入电力线进行传输；当接收信息时，耦合电路从电力线提取高频信息进而解调，耦合电路同时阻止电力线中50Hz工频信号流入，起到隔离的作用。

[0038] 上位机通过n个无线通信ZigBee模块分别与n个第i个微型逆变器进行通信；ZigBee无线通信模块主要包括ZigBee射频芯片CC2530和无线收发电路，并通过串口与第i个无线通信ZigBee模块进行通信。

[0039] 当第i个无线通信ZigBee模块所传输的监测数据与第i个电力线载波PLC模块所传输的通讯数据一致时，上位机利用第i个电力线载波PLC模块与第i个微型逆变器进行通信；否则上位机利用第i个无线通信ZigBee模块与第i个微型逆变器进行通信。无线通信ZigBee作为整个微型逆变器的监控层，主要负责对电力线载波PLC通信的数据进行观测。在某个电力线载波PLC的通信发生错误时，能够通过每个微型逆变器的唯一地址第一时间发现错误的具体位置并检修，同时同位置的ZigBee无线通信就在此时接管此个发生错误的电力线载波PLC通信模块。

[0040] 本实施例中，一种基于PLC/ZigBee的微型逆变器的复合通信方法，是应用于由一个上位机、一个集中器和n个微逆单元所组成的复合通信系统中；n个微逆单元任意第i个微逆单元包括：第i个微型逆变器、第i个无线通信ZigBee模块、第i个电力线载波PLC模块；微型逆变器模块上的采样检测电路对微型逆变器上和电网上的电压，电流，频率和相位进行采集并调理，并把采集的数据存储在主控制器的DSP芯片里，DSP芯片通过SPI把采集的数据传给电力线载波PLC模块，电力线载波PLC把接收到数据经过调制后再通过电力线把数据发送至集中器，集中器模块中的接收电路把电力线上的高频信号进行解调并发送给上位机。同理，当上位机发送命令给逆变器时，就需要集中器的发送电路把信号调制成高频信号再通过电力线传给PLC模块，进而传给微型逆变器模块的主控制器DSP芯片。工作流程图如图4所示。

[0041] 具体的说，如图4所示，复合通信方法是按如下步骤进行：

[0042] 步骤1、为了能够扩大电力线载波PLC的通信范围，将n个电力线载波PLC模块按照与集中器的距离大小的升序分为m组；第1组为距离最近的组，第m组为距离最远的组；每一组第j组中包括有S_j个电力线载波PLC模块；$1 \leqslant j \leqslant m$；

[0043] 步骤2、第1组通过电力线与集中器进行直接通信；第j组分别通过前j组依次传递至第1组后与集中器进行间接通信。如图2所示：这是一个主从式结构，集中器作为PLC通信的一个主节点，是整个电力线载波PLC通信网络的控制中心，负责管理所有电力线载波PLC终端节点。当整个电力线载波PLC通信网络的范围不大时，图2中的所有电力线载波PLC终端节点的地位都是相同的(A组，B组，C组没有任何区别)，所有电力线载波PLC终端节点与集中器都是直接通信的。但是电力线载波PLC的通信距离是有限的。如图2，例如所有的电力线载波PLC终端节点按距离集中器的远近程度可分为A组(PLC节点1～节点L)，B组(PLC节点L+1

～节点M)，C组(PLC节点M+1～节点N)，以及更多的组，每一组的PLC节点数不一定相同。其中A组距离集中器最近，C组最远。由于电力线载波PLC通信距离的限制，集中器只能够和A组中的所有电力线载波PLC终端节点进行直接通信，而不能和B，C两组的任意一个电力线载波PLC终端节点进行直接通信，所以此时就需要对电力线载波PLC终端节点进行分级。A组的终端节点就作为第一通信级，可以与集中器直接进行数据通信，而B组就作为第二通信级需要通过第一通信级才能和集中器进行数据通信，以此类推C组就作为第三通信级需要利用第一和第二两个通信级才能与集中器进行数据通信，也就是C组的PLC终端节点就和B组的PLC终端节点进行通信，然后B组的终端节点与A组的PLC终端节点进行通信，最后与集中器通信，这样把A，B组的终端节点当做中继节点，实现C组与集中器的数据通信。具体的电力线载波PLC通信原理如图3所示：集中器(主节点)发送的数据需要经过数据通信接口发送到发送电路的信号处理模块，发送电路中的微处理器接收需要被发送的数据，并对发送的数据进行处理，经过编码，调制后，通过电力线耦合电路发送到电力线上。接收电路通过电力线耦合接口电路接收发送过来的调制信号，并通过解调得到发送的数据信息后，发送到微处理器进行分析处理，再传到从节点通信设备中。同理，从节点也是利用类似的方法向集中器(主节点)传输数据。

[0044] 步骤3、上位机根据第i个电力线载波PLC模块所传输的通讯数据，判断第i个微型逆变器是否正常工作，若正常，则执行步骤4；否则，上位机报错第i个微型逆变器，通知用户检查，排除故障；

[0045] 步骤4、上位机接收第i个无线通信ZigBee模块所传输的监测数据，并分别与所对应的第i个电力线载波PLC模块所传输的通讯数据进行比较，若两者数据一致，则上位机利用第i个电力线载波PLC模块与第i个微型逆变器进行通信；否则，上位机断开与第i个电力线载波PLC模块的通信，并按照重要性对通信数据进行划分，然后利用第i个无线通信ZigBee模块与第i个微型逆变器进行通信，即第i个无线通信ZigBee模块此时作为第i个微型逆变器系统的通讯层。

[0046] 具体实施中，无线通信ZigBee模块需要组建网络，步骤如下：第一步，网络初始化和节点初始化，扫描信道并检查网络是否存在；第二步，主节点配置网络，产生协调器网络节点，开始配置网络；第三步，从节点入网，终端节点申请加入协调器节点或路由节点。每个逆变器模块与ZigBee模块相连接组成一个RFD设备节点，该设备节点加入网络的的具体过程如下：RFD设备节点在上电硬件初始化后，经过延时，搜索其节点通信范围内是否存在可以加入的网络，若有，则该设备节点根据当前所有的网络信息，选择一个主节点并同时发送一个入网请求，再等待主节点的请求响应，主节点在收到入网请求后，并根据请求信息判断是否允许RFD设备节点，若主节点允许加入，则发送请求响应给RFD设备节点，RFD设备节点在接受到主节点发送的入网请求响应后，就会获得主节点分配给它的一个网络地址作为该RFD设备节点在网络中的唯一标识符，至此则该RFD设备成功加入了网络；若主节点不允许该RFD设备节点加入或者RFD设备节点没有找到可以加入的网络，则等待延时后继续搜索，直到找到可以加入的网络并加入为止。ZigBee组网完成后，既可以开始通信，DSP芯片把采集的信息通过串口传给ZigBee的终端节点，ZigBee的终端节点通过射频芯片把带有自身地址的数据发送给ZigBee主节点，ZigBee主节点在把数据发送给上位机。同理，上位机发送命令给微型逆变器时，若只需要对某个微型逆变器发送命令，则主节点通过地址点对点传递

信息，若需要对所有的微型逆变器发送命令，则主节点以广播的形式发送信息。网络中任何节点都能够接收到主节点发出的命令。

[0047] 在第i个微型逆变器利用第i个无线通信ZigBee模块进行通信时，需要按照重要性对通信数据进行划分，按重要性的高低降序划分如下：微型逆变器的直流母线电压和电流>微型逆变器的输入直流电压和电流>微型逆变器的前级升压PWM占空比>微型逆变器交流输出电压和电流>微型逆变器后级逆变PWM占空比>电网的频率>微型逆变器温度等。微型逆变器的直流母线电压和电流作为微型逆变器工作的前后级的中间桥梁，连接着DC-DC与DC-AC两部分电路，是整个微型逆变器正常工作的最主要条件，当然重要性也是最高；微型逆变器的输入直流电压和电流既是前级DC-DC升压电路的主要数据，也是MPPT(最大功率点跟踪)技术所必须的两个数据；微型逆变器的前级升压PWM占空比，这个数据关系着前级开关管的导通时间以及前级的转换效率和开关管的损耗；微型逆变器交流输出电压和电流，是整个微型逆变器后级能够稳定工作的前提，这些数据也用于判断微型逆变器的过(欠)电压保护；微型逆变器后级逆变PWM占空比，这个数据关系着后级开关管的导通时间以及后级的转换效率，开关管的损耗；电网的频率能够使微型逆变器的输出电压及频率与电网同步；微型逆变器的温度能够及时了解反映微型逆变器的工作温度情况。

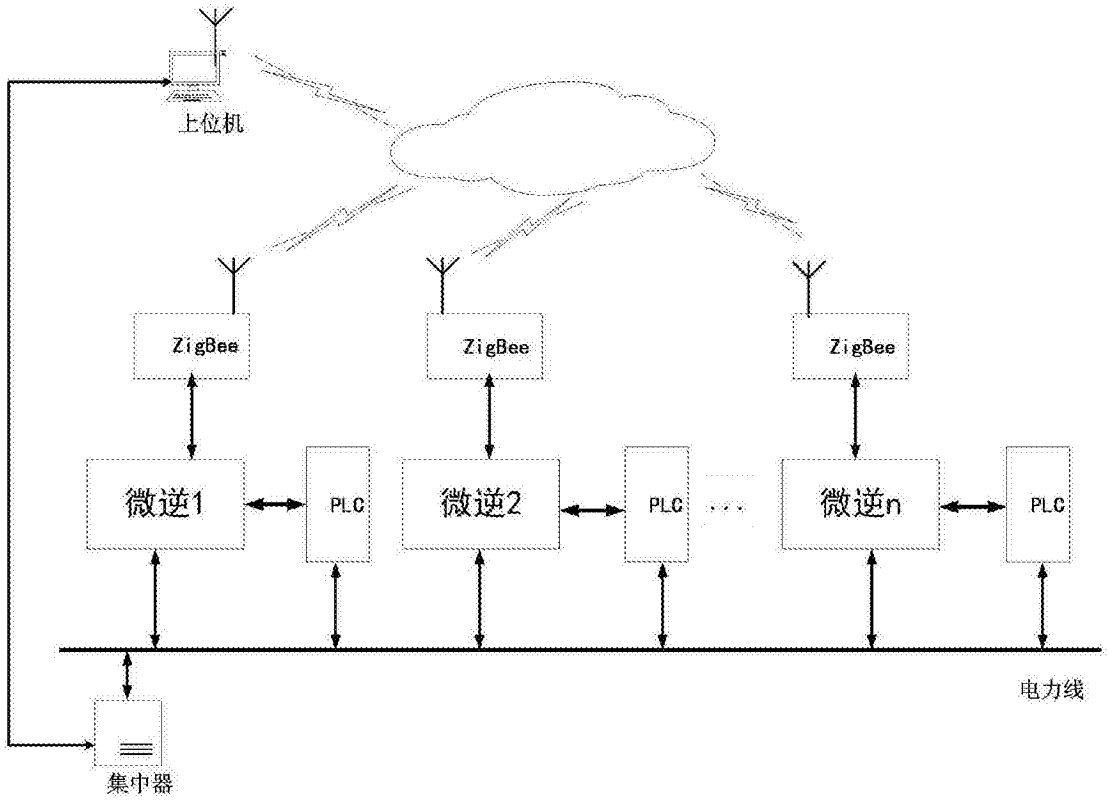

上位机
ZigBee
ZigBee
ZigBee
微逆1
PLC
微逆2
PLC
...
微逆n
PLC
电力线
集中器

图1

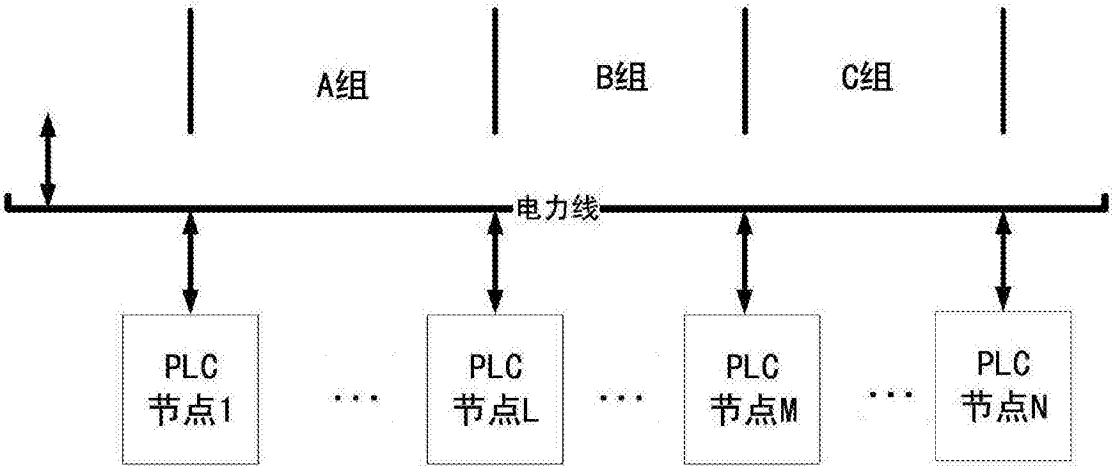

A组
B组
C组
电力线
PLC
节点1
...
PLC
节点L
...
PLC
节点M
...
PLC
节点N

图2

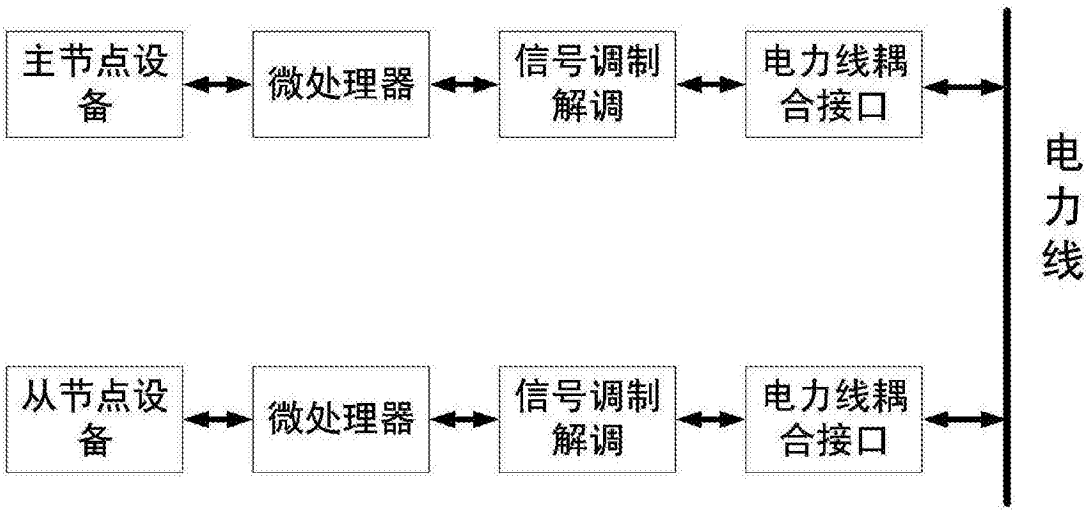

主节点设备
微处理器
信号调制解调
电力线耦合接口
电力线
从节点设备
微处理器
信号调制解调
电力线耦合接口

图3

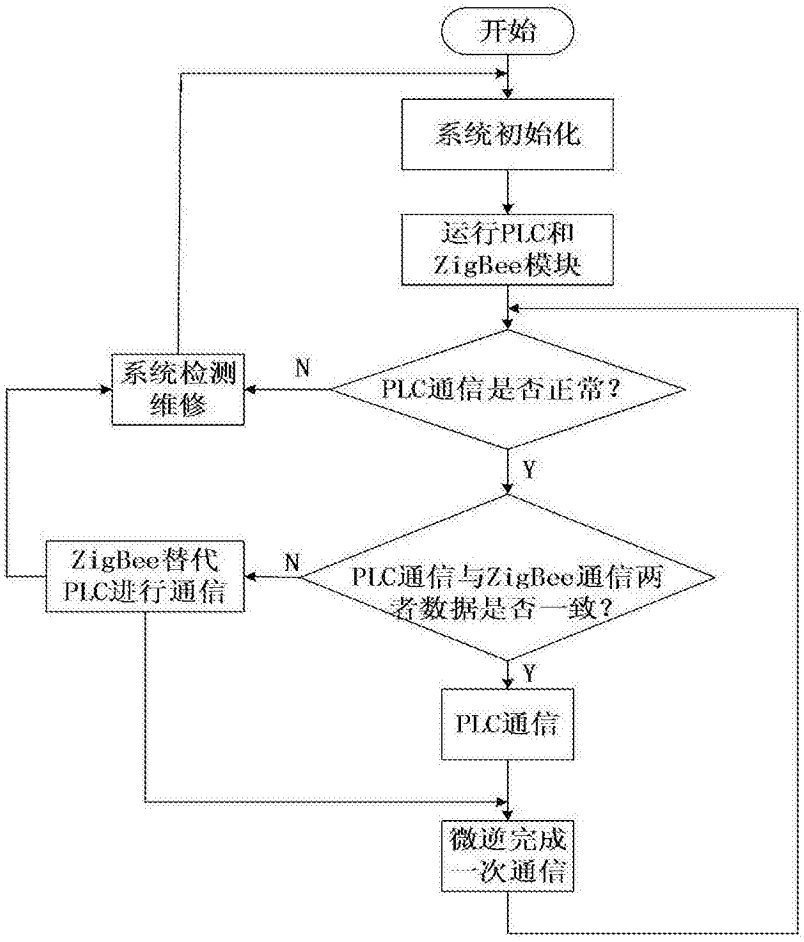

开始
系统初始化
运行PLC和ZigBee模块
PLC通信是否正常？
N
系统检测维修
Y
PLC通信与ZigBee通信两者数据是否一致？
N
ZigBee替代PLC进行通信
Y
PLC通信
微逆完成一次通信

图4