



1. 一种风光分布式发电独立微网能量管理协调控制方法, 基于JADE编制多代理协调控制协议, 对独立微网中的各单元协同全局调度, 实现微网系统的能量平衡控制。具体实施包括以下步骤:

(1) 当有负载接入微网时, 负载代理向总控制代理发送支援请求;

(2) 总控制代理接收到负载代理的请求后, 向风力发电代理、光伏发电代理、储能代理发送信息, 询问各发电代理是否能增发电量;

(3) 各发电代理接收到总控制代理的请求指令后, 根据现场气象条件、设备的运行情况, 计算出当前状态的信息, 主要包括能否增发电量和可增发电量的余度信息; 各发电代理再将自己的信息上传给总控制代理;

(4) 总控制代理得到各发电代理反馈的信息后, 根据负载代理的请求对各发电代理的信息进行综合逻辑判断, 对有能力增发电量的代理下发增发电量指令; 各发电代理增发电量的多少根据各发电设备容量和可以增发电量的余度综合确定;

(5) 总控制代理将需要发电代理增发电量的信息下发给对应的各发电代理, 对于已经满负荷工作的发电代理不下发指令信息;

(6) 发电代理在接收到总控制代理的指令后, 调节现场发电设备按指令运行;

(7) 各发电代理增发电量, 最终使微网系统重新达到发电和用电的能量平衡。

2. 根据权利要求1所述的一种风光分布式发电独立微网能量管理协调控制方法, 其特征在于: 采用JADE编制多代理协调控制协议, 进行多目标能量优化管理。

3. 一种ZigBee通信中多代理地址的唯一性识别方法, 具体实施包括以下步骤:

(1) 每一个多代理对应一个ZigBee节点, 为了减小地址的长度, 没有使用ZigBee模块出厂时给定的唯一物理地址, 而是对每一个子节点分配一个“虚拟物理地址”, 该“虚拟物理地址”在ZigBee通信中唯一确定;

(2) 在信息传输时数据包采用“动态地址”+“虚拟物理地址”+“现场信号”的方式, 在“现场信号”前面附加现场设备的实际地址;

(3) 子节点的信息传送到协调器后, 协调器对接受到的信息进行地址解析, 抛弃“动态地址”, 得到“虚拟物理地址”后就可以判断发送信息的各级代理;

(4) 协调器下传信息时, 也在“现场信号”的前面附加“虚拟物理地址”后进行数据包下发; 子节点对接收到的数据包解析后, 判断发送的“虚拟物理地址”是否与自己的地址一致。

4. 根据权利要求3所述的一种ZigBee通信中多代理地址的唯一性识别方法, 其特征在于: ZigBee无线通信采用信道能量检测就近入网和“虚拟物理地址”结合方式, 将动态分配地址和微网发电单元的实际物理地址对应起来, 确保多代理协调控制中各代理地址的唯一性。

## 风光分布式发电独立微网能量管理协调控制系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种微网控制技术,具体地说,是一种风光分布式发电独立微网能量管理协调控制系统及方法。

### 背景技术

[0002] 目前解决无电地区用电的主要方式是应用小型风力发电或光伏发电等单一能源户用发电系统,也有少数户用风光互补系统。这些小型可再生能源发电方式从根本上说,存在容量小、产品效率低、供电可靠性差、发电成本高等缺点,极大地阻碍了该类发电系统的大规模推广应用和进一步发展。

[0003] 如果将地理位置邻近的风光分布式电源组成自成体系的独立微电网(以下简称微网),既能充分发挥可再生能源发电的重要潜力,降低发电成本,又能显著提高供电质量,将会为无电地区实现电力自给提供一条便捷有效的途径。另外,针对广大农村地区低风速资源和太阳能资源丰富的特点,在农村电网末端接入可再生能源发电的微网进行就近供电,不仅能够降低负荷对大电网的依赖,而且可以减少线路损耗和提供线路末端电压支撑,无疑会对提高供电安全性和可靠性起到至关重要的作用。

[0004] 能量平衡控制是微网实际运行中需要解决的关键问题之一。目前微网控制有主从控制、对等下垂控制和分层控制三类方法。现有文献的主从控制通过对储能系统进行主控制,对微电源进行从控制实现能量平衡,稳定独立微网的电压和频率;给出了一种微网在孤岛模式下的主从控制策略,由微网中央控制器决定各个逆变器的控制模式;提出了微网在联网运行时,以外电网电压和频率为参考,采用恒定功率控制,而在孤岛运行中采用主从控制的方式。现有文献的对等下垂控制对孤岛微网的电压源逆变器采用下垂控制调节系统无功分配,电压下垂系数根据输出功率的变化自适应调整;采用小信号状态模型分析了下垂控制的频率下垂系数对系统稳定性的影响;通过设置电压误差带,根据独立微网母线电压的变化分阶段进行功率电压下垂控制;提出了一种多环反馈控制器的并网逆变器,利用下垂特性实现微网内多逆变单元间均流;采用与传统发电机相类似的下垂特性曲线,但没有考虑系统电压与频率的恢复问题。现有文献的分层控制需要通信线路传递采集和控制信息,构建了多代理分层控制结构,每个代理控制微网中的一个元件,通过分层控制克服了单一代理无法解决复杂问题的局限;应用多代理分层协调控制,在满足配电网电压与电流及馈线容量等约束条件下进行供电恢复;用CAN总线进行通讯协调控制,实现各逆变器之间均流和环流抑制,完成并网与孤岛方式之间平滑切换;在多代理系统中使用简单应答形式的协议,实现孤岛模式下的微网频率恢复。

[0005] 目前微网控制有主从控制、对等下垂控制和分层控制三类方法。主从控制可以实现电压和频率的无差控制,但对主控单元有很强的依赖性。对等下垂控制属于有差控制,由于缺少通信设备,无法有效调度所有单元协调动作,有时甚至会因为某个单元的动作加剧微网系统的波动。分层控制需要通信线路传递采集和控制信息。由于独立微网中分布式电源、储能、负载在空间上的分散,如果依赖于有线网络传输控制信号,施工复杂且铺设线路

经济成本、维护成本较高,安装设备灵活性差。

## 发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服上述技术存在的缺陷,提供一种风光分布式发电独立微网能量管理协调控制系统及方法,对各发电单元进行动态能量管理,达到提高可再生能源发电效率和增强系统可靠性的目的。采用多代理协调控制机制,结合无线通信对独立微网进行分层控制,发挥代理的自治性和协作性,保证各分布式电源之间能量合理分配。利用 ZigBee 无线通信方式形成多跳自组织网络系统,将各单元信息上传监控中心,数据在监控中心分析处理完成后,将得出的控制信息通过无线网络下传给各发电单元,现场控制器实现就地控制。

[0007] 其具体技术方案为:

[0008] 一种风光分布式发电独立微网能量管理协调控制系统,整个微网由分布式发电系统、监控系统和无线通信系统三部分组成。具体为:

[0009] 分布式发电系统由风力发电单元、太阳能光伏发电单元、储能单元、用电负荷单元组成。储能单元采用铅酸蓄电池和超级电容器组成的混合储能方式。微网主电路采用交直流混合拓扑结构。小型风力发电及太阳能光伏发电单元通过电力电子变换装置汇入直流母线,混合储能装置通过双向功率变换器与直流母线连接,直流母线经过 DC/AC 变换器与交流母线进行能量交换,中型风力发电机接入交流母线。除此之外根据实际需求,可弹性加入其它种类再生能源发电或柴油发电机作为辅助供电模式,在条件允许时,微网通过共连接点可与公用配电网连接。

[0010] 监控系统采用集散控制方式,由工控机构成的中央控制器负责监视各单元的工作情况,协调控制各单元设备的并列运行;本地控制器负责对各单元设备进行优化控制。监控系统基于 JADE (JavaAgentDevelopmentFramework) 的多代理控制方式实现。具体过程为:由传感器采集现场信息,通过 ZigBee 无线通信网络上传至监控中心,由监控中心将分析与处理后获得的控制指令通过 ZigBee 网络下传到现场控制器,现场控制器再按监控系统发出的指令实时调控现场发电设备,实现微网系统的能量平衡,保证系统安全可靠运行。

[0011] 无线通信系统利用 ZigBee 技术实现数据通信。针对微网的特点采用树形拓扑结构,网络由终端节点、路由器、协调器三类设备构成。该树形网络由三层结构组成,第一层是终端节点,主要采集现场设备运行中的各种信息,如:电压、电流、功率、转速等;第二层是路由器节点,主要将终端节点的信息转发到上一层;第三层是协调器节点,主要负责网络的组建,接受路由器节点传来的数据信息,并汇总后将数据通过串行数据总线上传至工控机。工控机实现系统监控,通过综合整个系统的各种信息,完成系统能量管理的优化运算,再经过协调器下传给就地设备。ZigBee 组网时采取就近优先接入信道能量峰值高的节点入网方式,数据包采用动态分配地址与“虚拟物理地址”结合的结构方式。“虚拟物理地址”可以避免 ZigBee 通信中的动态分配地址对数据传输的影响,将微网各单元的实际物理地址与传输的数据绑定,确保多代理协调控制中各代理地址的唯一性,从而方便实现发电单元的即插即用,增加系统扩展的灵活性,提高系统冗余度,满足独立微网控制适时性的需要。

[0012] 一种风光分布式发电独立微网能量管理协调控制方法,包括以下步骤:

[0013] 监控系统工作流程:

[0014] 1)当有负载接入微网时,微网系统的能量平衡被打破,负载代理通过ZigBee网络向工控机中的总控制代理发送支援请求;

[0015] 2)总控制代理在接收到负载代理的请求后,向风力发电、光伏发电代理、储能代理发送信息,询问各代理是否能增发电量;

[0016] 3)各发电代理在接收到总控制代理的查询请求指令后,根据现场气象条件、设备的运行情况,计算出当前状态的信息,主要有是否能增发电量和能增发电量的余度等信息。各代理再将自己的信息上传给总控制代理;

[0017] 4)总控制代理在得到各发电代理反馈的信息后,根据负载代理的请求和各发电代理的信息进行综合逻辑判断。代理间协议的编制以负荷跟踪为目标,以储能装置充放电状态为约束条件,控制系统各部分的运行状态,实现能量平衡,并对有能力增发电量的代理给予增发电量指令。各代理增发电量的多少根据各发电设备容量和可以增发电量的余度综合确定;

[0018] 5)总控制代理将需要发电代理应增发电量的信息下传给对应的各代理,对于已经满负荷工作的发电代理不下传指令信息;

[0019] 6)发电代理在接收到总控制代理的指令后,调节现场发电设备按指令运行;

[0020] 7)各发电代理增发电量,最终使微网系统重新达到发电和用电的能量平衡。

[0021] ZigBee通信网络工作流程:

[0022] 1)针对树形网络中不同功能节点的特点,采取分布式网络地址分配机制,设计的树形网络的路由算法,由子节点(终端节点)与父节点(包括协调器和路由器)的关系来发现路径;

[0023] 2)子节点检测信道能量的强弱,就近优先接入信道能量峰值高的父节点,父节点对新入网节点进行16位动态地址分配。在信号能量弱或受到干扰时,子节点可能与父节点脱离形成孤立节点。根据信道能量峰值就近入网的方式,孤立节点搜索能量强的信道,重新加入临近的父节点入网。重新入网的子节点动态分配的地址不同于脱网前的地址;

[0024] 3)为了解决动态地址分配造成的终端节点地址不唯一问题,对每一个终端节点分配一个“虚拟物理地址”,该“虚拟物理地址”在ZigBee通信中唯一确定。为了减小地址的长度,这里没有使用每一个ZigBee模块出厂时给定的唯一物理地址;

[0025] 4)在信息传输时数据包采用“动态地址”+“虚拟物理地址”+“现场实际信号”的方式,即在“现场实际信号”前面附加现场设备的实际地址;

[0026] 5)终端节点的信息传送到协调器后,协调器对接受到的信息进行地址解析,抛弃“动态地址”,得到“虚拟物理地址”后就可以判断发送信息的各级代理(对应每一个现场设备);

[0027] 6)协调器下传信息时,也在“现场控制信号”的前面附加“虚拟物理地址”后进行数据包下发。终端节点对接收到的数据包解析后,判断发送的“虚拟物理地址”是否与自己的地址一致,进而可以增加通信可靠性。

[0028] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:采用基于JADE的多代理控制,对独立微网中的各单元协同全局调度,进行多目标能量优化管理,实现微网系统的能量平衡,确保系统高效安全稳定运行。将ZigBee无线通信应用在微网控制信息的数据传输上,采用信道能量检测就近入网和“虚拟物理地址”结合方式,将ZigBee无线通信中的动态地址分配和微网发

电单元的实际物理地址对应起来,确保多代理协调控制中各代理地址的唯一性。方便实现发电单元的即插即用,增加系统扩展的灵活性,提高系统冗余度,满足独立微网控制适时性的需要。

### 附图说明

- [0029] 图1是交直流混合微网拓扑结构;
- [0030] 图2是多代理结构;
- [0031] 图3是控制代理结构组成;
- [0032] 图4是大风电代理结构组成;
- [0033] 图5是Zigbee树形路由算法流程;
- [0034] 图6是Zigbee数据包格式示意图;
- [0035] 图7是Zigbee树形网络组建示意图。

### 具体实施方式

[0036] 为了使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解,下面结合附图和具体实施例,进一步阐述本发明。

[0037] (1)风光分布式发电独立微网系统。

[0038] 本发明所指的风光分布式发电独立微网能量管理协调控制系统由分布式发电系统、无线通信系统和监控系统三部分组成,采用如图1所示的交直流混合拓扑结构。主发电单元由风力发电和光伏发电等微电源构成,储能装置采用铅酸蓄电池和超级电容器组成的混合储能方式。除此之外根据实际需求,可弹性加入其它种类再生能源发电或柴油发电机等作为辅助供电模式,在条件允许时,微网通过共连接点可与公用配电网连接。小型风力发电及太阳能光伏发电通过电力电子变换装置汇入直流母线,混合储能装置通过双向功率变换器与直流母线连接。直流母线经过DC/AC变换器与交流母线进行能量交换,中型风力发电机接入交流母线。

[0039] (2)系统能量管理协调控制方法。

[0040] 监控系统采用集散控制方式,中央控制器负责监视各单元的工作情况,协调控制各单元设备的并列运行;本地控制器负责对各单元设备进行优化控制。针对独立微网连续和离散并存的混杂系统特性,采用多代理技术进行能量管理协调控制,建立多代理间的合作和协调机制。基于JADE平台开发多代理系统,采用兼具集中控制和分布式控制优点的分层控制策略,代理结构设置为管理层、协调层、本地控制层。各代理一方面根据自身环境信息自主完成特定的调节任务,另一方面可接受其他代理指派,同时反馈信息并执行任务。

[0041] 简单的多代理间协调控制实现过程如下,设计的风光分布式发电独立微网由2台风力发电机、2台太阳能光伏发电系统、1套储能装置、及负载构成。编写7个代理,分别是总控制代理和6个下级代理,下级代理分别为大风电代理、小风电代理、大光伏代理小光伏代理、储能蓄电池代理和负载代理。代理结构如图2所示。

[0042] 控制代理设计思路如图3所示,基本结构由一个行为TickerBehaviour及6个行为CyclicBehaviour两部分组成,各行为间并行工作。其中各行为CyclicBehaviour实现总控制代理与下级代理间数据交换,其功能分为两部分,一是与相应的各代理通信,接受下级代

理上传的数据,数据内容为各现场设备运行状态;二是将行为TickerBehaviour逻辑运算后的控制命令下达给对应的代理。

[0043] TickerBehaviour的功能是在程序设定的间隔时间启动执行包含逻辑分析的运算模块。在逻辑判断模块中可以设定优先级,由于目前光伏发电成本高于风力发电成本,因此在光伏发电和风力发电都有余量时,优先调节光伏发电单元增加功率输出。为了实现独立微网系统能量平衡,以负载跟踪为目标,以储能装置充放电状态为约束条件,计算系统应该提供的功率,然后按优先级分配到各发电装置。

[0044] 下级各代理实现功能的思路基本相同,下面以大风电代理为例进行介绍。当负载增加,系统需要增加功率输出时,大风电代理首先采集大风电运行工况的实时数据,并接受总控制代理发来的请求信息,然后判断大风电是否有余量补充系统功率缺少额度,如果大风电处于最大功率跟踪状态,不能够提供多余能量,则大风电不响应总控制代理的请求。如果大风电代理判断自己有多发电的能力,则将自己处于何种状态及可能的剩余发电能量上传给总控制代理。总控制代理在对各种信息综合判断后,给需要调整运行状态的下级各代理下达指令。大风电代理接到总控制代理的指令后,将控制信息下传给现场控制器,由现场控制器调整大发电按指令运行,为系统提供缺少的能量。大风电代理结构组成如图4所示。负载代理与其他代理不同之处是提取信息后跳过逻辑判断,直接将收到的结果发给总控制代理。

[0045] (3)ZigBee无线通信系统。

[0046] 利用ZigBee技术实现数据通信,针对微网交直流混合结构的特点,采用树形网络拓扑结构。由传感器采集现场信息,通过ZigBee无线网络上传到监控中心。监控中心将分析与处理后获得的控制指令通过该网络下传到现场控制器,从而实现现场发电设备的实时调控,保证微网的安全可靠运行。整个网络由终端节点、路由器、协调器三类设备组成,对应多代理结构中的本地控制层、协调层、管理层。网络协调器由工控机担任,通过应用软件完成网络数据的维护管理。软件部分采用协议栈分层结构,根据树形状络中不同功能节点的特点,采取分布式网络地址分配机制,在树形网络的路由算法中,由子节点与父节点的关系来发现路径。设备节点通过分组节点的网络地址来计算分组的下一跳地址,节点通过其父子关系来选择路由。对于加入网络的所有节点,都有一个父节点与之对应,一个节点只能对应一个父节点,但一个父节点可以有一个或者多个子节点。在树形算法中不需要路由发现过程,节点是通过数据包中目的节点地址来计算下一跳地址。树形路由算法流程如图5所示。

[0047] 为了解决动态地址分配造成的终端节点地址不唯一问题,对每一个终端节点分配一个“虚拟物理地址”,该“虚拟物理地址”在ZigBee通信中唯一确定。为了减小地址的长度,没有使用每一个ZigBee模块出厂时给定的唯一物理地址。在信息传输时数据包采用“动态地址”+“虚拟物理地址”+“有效信号”的方式。Zigbee数据包格式如图6所示。

[0048] 由4个节点、2个路由器、1个协调器组建的实验系统,终端节点采集到参数通过无线传输方式传递给路由器进行中继,数据通过路由器再转发给协调器,协调器通过串口在上位机上显示出结果。树形网络组建及验证结果如图7所示。

[0049] 以上所述,仅为本发明最佳实施方式,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明披露的技术范围内,可显而易见地得到的技术方案的简单变化或等效替换均落入本发明的保护范围内。

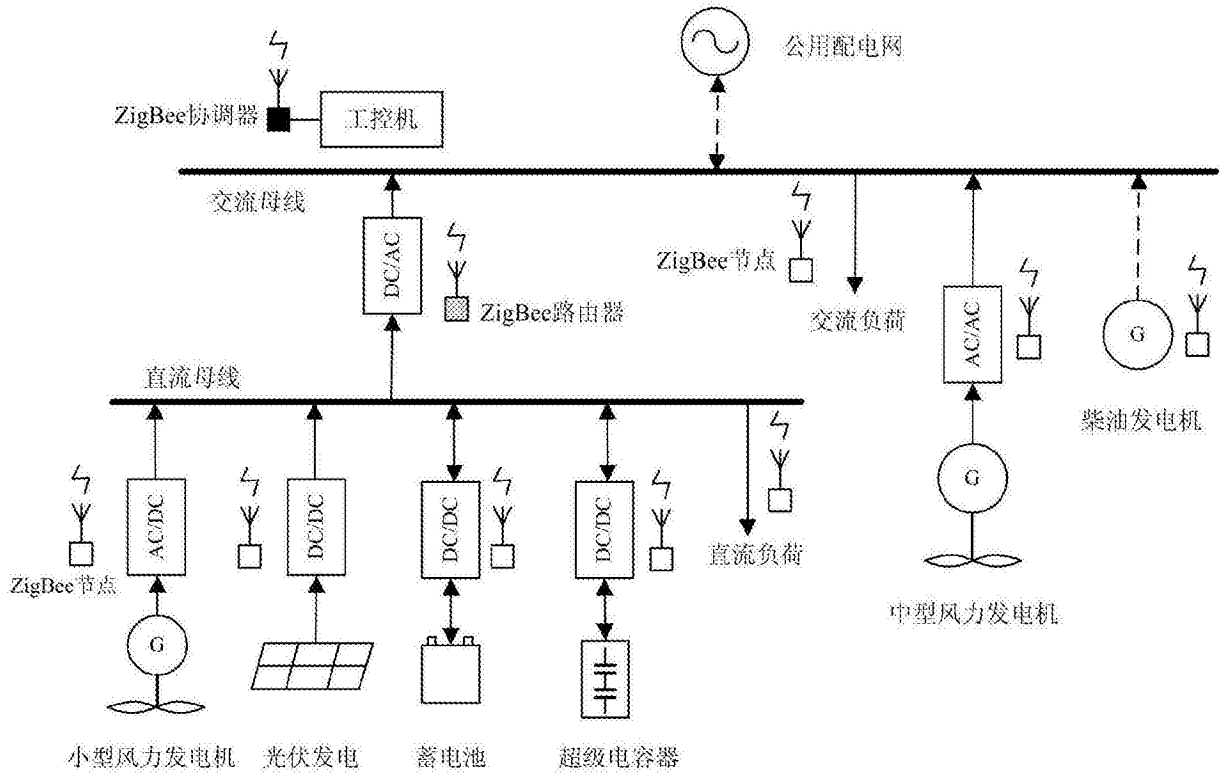


图1

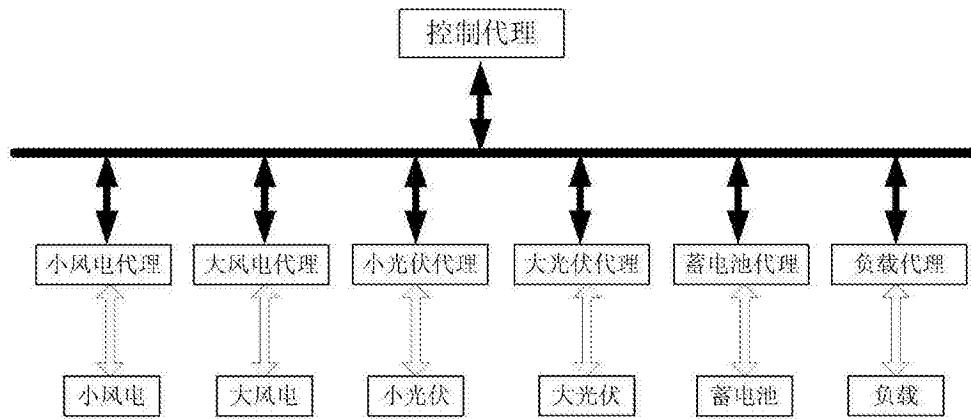


图2



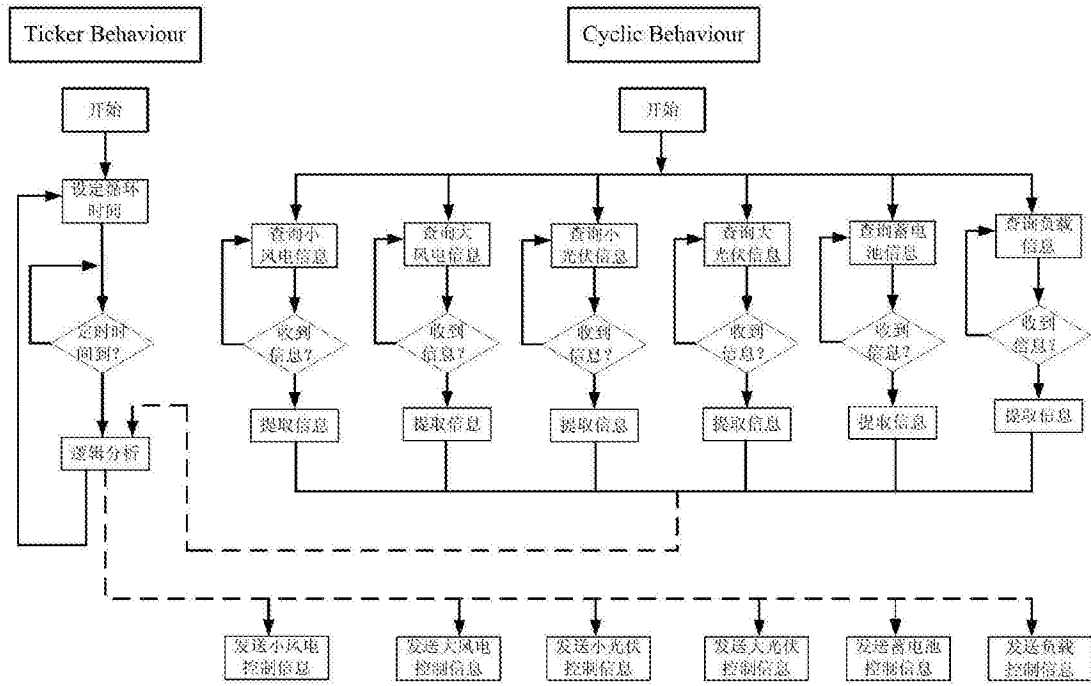


图3

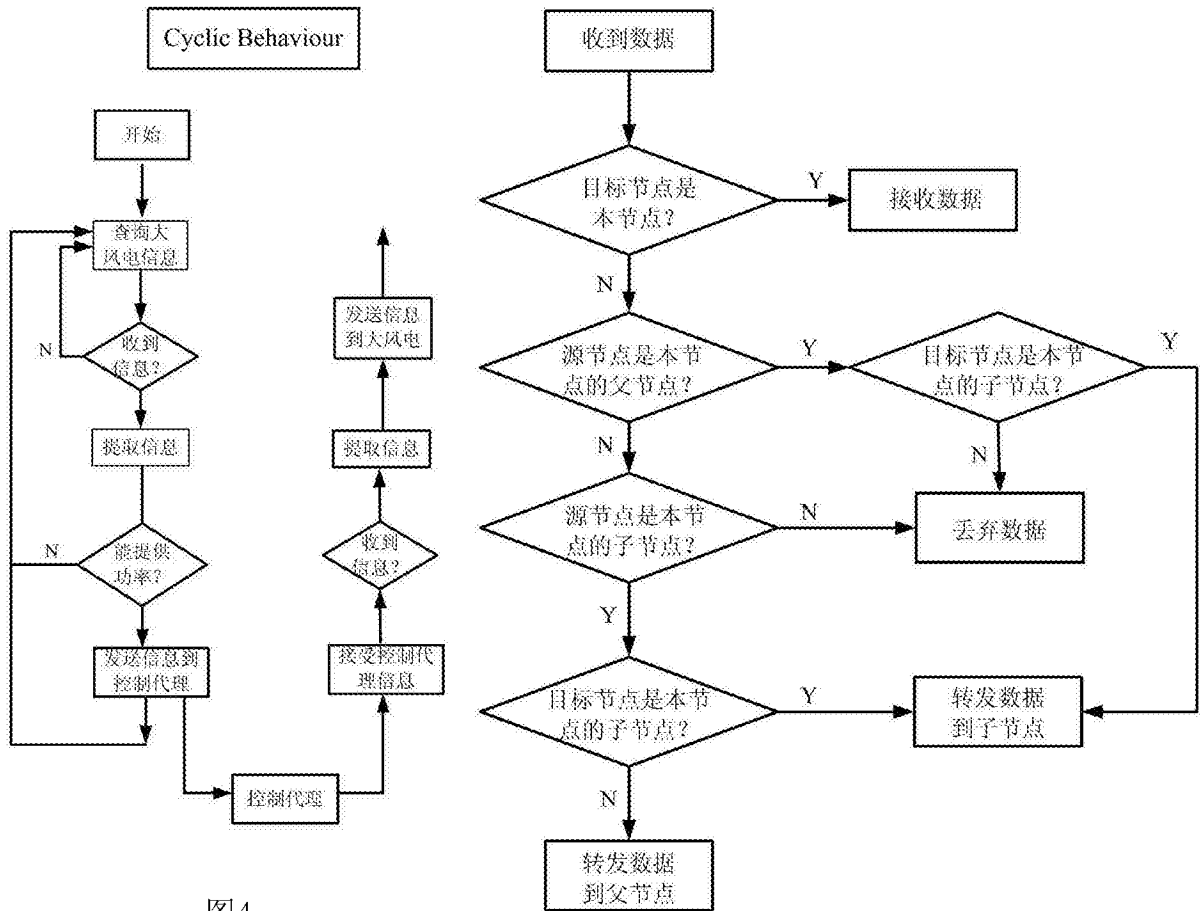


图4

图5

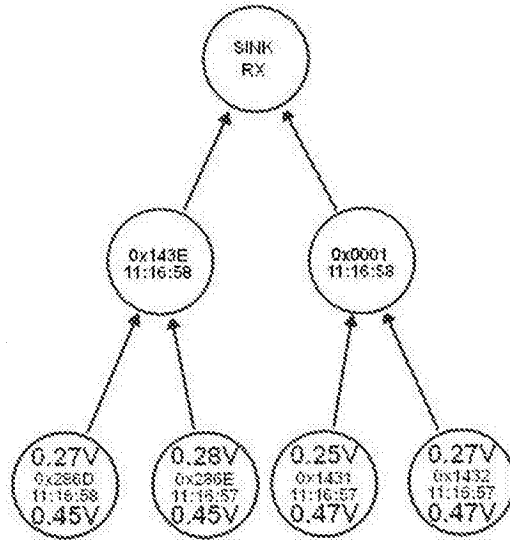


图6

|      |        |       |       |       |
|------|--------|-------|-------|-------|
| 动态地址 | 虚拟物理地址 | 有效信号1 | 有效信号2 | ..... |
|------|--------|-------|-------|-------|

图7