(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102916481 A
(43)申请公布日 2013.02.06

(21)申请号 201210292158.1

(22)申请日 2012.08.16

(71)申请人 深圳微网能源管理系统实验室有限公司

地址 518054 广东省深圳市南山区南山大道南油第四工业区智能电网大厦2栋808室

(72)发明人 秦毅

(51)Int.Cl.

*H02J 7/35*(2006.01)

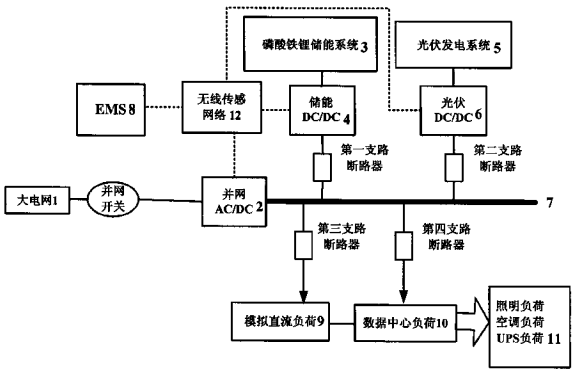
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54)发明名称

一种直流微网系统及其能量管理方法

(57)摘要

一种直流微网系统及其能量管理方法，发电单元包括用户侧大电网及其并网AC/DC、磷酸铁锂储能系统及其储能DC/DC，以及光伏发电系统及其光伏DC/DC，设有能量管理系统EMS及其与并网、储能和光伏DC/DC建立通信的无线传感网络，EMS执行不同的控制策略，优化直流微网运行，包括在并网运行切换到孤岛运行时，由并网AC/DC采用直流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定直流母线电压，在至多20ms的时间内切换到由储能DC/DC以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能电池侧电感电流内环的控制方式维持直流母线电压稳定，达到无缝切换的要求，实现电信数据中心负荷不间断供电，且不需要再配置无功补偿设备。




CN 102916481 A

1. 一种直流微网系统，包括至少一个发电单元、负载，以及设置在发电单元与负载之间的直流母线配电线路，所述发电单元包括用户侧大电网及其三相桥式并网双向交流 / 直流变换器 AC/DC 即并网 AC/DC、磷酸铁锂储能系统及其双向半桥 Buck-Boost 结构的双向储能直流 / 直流变换器 DC/DC 即储能 DC/DC，以及光伏发电系统及其采用 Buck-Boost 拓扑结构的光伏 DC/DC 即光伏 DC/DC，所述负载包括模拟直流负荷和数据中心负荷，所述磷酸铁锂储能系统用于平抑光伏发电系统发出的功率波动以及在孤岛运行时延长对负载的供电；所述光伏发电系统用于充分利用太阳能环保节能；

所述并网 AC/DC，其交流侧通过作为公共连接点的并网开关与所述用户侧大电网连接，直流侧与所述直流母线配电线路连接；

所述储能 DC/DC，其一侧与所述磷酸铁锂储能系统连接，另一侧通过第一支路断路器与所述直流母线配电线路连接，用于控制磷酸铁锂储能系统的储能电池充放电；

所述光伏 DC/DC，其一侧通过汇流箱与所述光伏发电系统连接，另一侧通过第二支路断路器与所述直流母线配电线路连接，用于实现光伏发电系统发出的最大功率跟踪，提高太阳能利用效率；

所述模拟直流负荷为纯电阻负载，通过第三支路断路器与所述直流母线配电线路连接，用于切换直流微网控制模式；

所述数据中心负荷包括照明负荷、空调负荷和不间断 UPS 负荷，其中 UPS 负荷为关键负荷，孤岛运行时优先对关键负荷 UPS 负荷持续可靠供电，所述数据中心负荷通过第四支路断路器与所述直流母线配电线路连接，其特征在于：

设有能量管理系统 EMS 及其与所述并网 AC/DC、储能 DC/DC 和光伏 DC/DC 建立通信的无线传感网络，所述 EMS 用于在并网运行、孤岛运行时分别执行不同的控制策略，优化直流微网系统的运行，以协调各个发电单元的的运行状态和发出功率；

所述 EMS 执行不同的控制策略，优化直流微网运行，包括在并网运行切换到孤岛运行时，由所述并网 AC/DC 采用直流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定直流母线电压，在至多 20ms 的时间内切换到由所述储能 DC/DC 以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能电池侧电感电流内环的控制方式维持直流母线电压稳定，达到无缝切换的要求，实现电信数据中心负荷不间断供电。

2. 如权利要求 1 所述的直流微网系统，其特征在于：

所述执行不同的控制策略，优化直流微网系统运行，包括在并网运行时，所述并网 AC/DC 采用直流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式，与所述用户侧大电网实现能量交互，稳定直流母线电压，在孤岛运行时，所述并网 AC/DC 处于停机状态。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的直流微网系统，其特征在于：

所述执行不同的控制策略，优化直流微网系统运行，包括在并网运行时，所述储能 DC/DC 以电流源形式即以恒流限压的方式工作在充电或放电状态，尽可能保持磷酸铁锂储能系统荷电状态 SOC 高于设定的足以满足孤岛运行的比例阈值，以备孤岛运行时使用；在孤岛运行时，所述储能 DC/DC 以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能电池侧电感电流内环的控制方式维持直流母线电压稳定，所述设定的足以满足孤岛运行的比例阈值为 75％～85％。

4. 如权利要求 3 所述的直流微网系统，其特征在于：

所述执行不同的控制策略，优化直流微网系统运行，还包括在并网运行时，所述光伏 DC/DC 以扰动观测法工作在最大功率跟踪 MPPT 模式；在孤岛运行时，所述光伏 DC/DC 在光伏发电系统发出功率小于负载需求时工作在 MPPT 模式，在光伏发电系统发出功率大于负载需求时切换为恒压模式，防止直流母线电压过高。

5. 如权利要求 4 所述的直流微网系统，其特征在于：

所述无线传感网络是执行 MODBUS-RTU 通信规约的无线通信网络，包括与所述 EMS 连接的通信服务器、与所述通信服务器连接的 Zigbee 网络终端、设置在所述 Zigbee 网络终端与所述并网 AC/DC 之间的第一 Zigbee 采集器、设置在所述 Zigbee 网络终端与所述储能 DC/DC 之间的第二 Zigbee 采集器，以及设置在所述 Zigbee 网络终端与所述光伏 DC/DC 之间的第三 Zigbee 采集器，所述 EMS 通过第一 zigbee 采集器、第二 Zigbee 采集器和第三 Zigbee 采集器分别接收所述并网 AC/DC、储能 DC/DC 和光伏 DC/DC 上传的遥信和遥测信息，并通过第一 zigbee 采集器、第二 Zigbee 采集器和第三 Zigbee 采集器分别向所述并网 AC/DC、储能 DC/DC 和光伏 DC/DC 下发遥控和遥调指令。

6. 一种采用如权利要求 1 至 5 中任意一项的直流微网系统的能量管理方法，其特征在于：

所述直流微网系统各个发电单元的运行状态由直流母线电压值确定；

当稳态运行于直流母线电压高于并网 AC/DC 整流逆变切换阈值时，系统工作模式：并网运行，本着优先利用太阳能的原则，设定并网 AC/DC 的整流逆变切换阈值为额定直流母线电压值，并网 AC/DC 工作在逆变状态，储能 DC/DC 以恒流限压方式充电，光伏 DC/DC 工作在 MPPT 模式，当光伏发电系统发出功率大于负载和储能充电需求时，直流母线电压抬高；

当稳态运行于直流母线电压低于并网 AC/DC 整流逆变切换阈值时，系统工作模式：并网运行，本着优先利用太阳能的原则，设定并网 AC/DC 的整流逆变切换阈值为额定直流母线电压值，并网 AC/DC 工作在整流状态，储能 DC/DC 以恒流限压方式放电，光伏 DC/DC 工作在 MPPT 模式，当光伏发电系统发出功率小于负载需求时，直流母线电压降低；

当储能 DC/DC 以高于额定直流母线电压值的充电阈值稳定直流母线电压时，系统工作模式：孤岛运行，并网 AC/DC 处于停机状态，储能 DC/DC 以恒压方式充电，光伏 DC/DC 工作在 MPPT 模式；当光伏发电系统发出功率大于负载需求功率时，直流母线电压提高；

当直流母线电压稳定在系统允许的最大值时，系统工作模式：孤岛运行，并网 AC/DC 处于停机状态，储能 DC/DC 处于停机状态，光伏 DC/DC 工作在恒压模式；

当储能 DC/DC 以低于额定直流母线电压值的放电阈值稳定直流母线电压时，系统工作模式：孤岛运行，并网 AC/DC 处于停机状态，储能 DC/DC 处于放电状态，光伏 DC/DC 工作在 MPPT 模式；光伏发电系统发出功率小于负载需求功率时，直流母线电压降低；

当光伏发电系统发出功率小于负载消耗功率、且磷酸铁锂储能系统 SOC 低于设定的切除普通负荷的比例阈值即直流母线电压低于系统允许的最小值时，系统工作模式：孤岛运行，本着优先对关键负荷 UPS 负荷持续可靠供电的原则切除普通负荷，保证对关键负荷 UPS 负荷持续可靠供电，并网 AC/DC 处于停机状态，储能 DC/DC 处于放电状态，光伏 DC/DC 工作在 MPPT 模式。

7. 如权利要求 6 所述的直流微网系统的能量管理方法，其特征在于：

所述额定直流母线电压为 270V ～ 280V。

8. 如权利要求 6 或 7 所述的直流微网系统的能量管理方法，其特征在于：

所述充电阈值设定的依据与原则如下：实时检测光伏发电系统发出的最大功率和负载需求功率，随着光伏发电系统发出功率的增多，直流母线电压升高，多余的能量通过储能 DC/DC 向磷酸铁锂储能系统充电予以保存，并以充电阈值稳定直流母线电压；

所述放电阈值设定的依据与原则如下：随着光伏发电系统发出功率的减小，直流母线电压降低，不足的能量由磷酸铁锂储能系统通过储能 DC/DC 放电予以补充，并以放电电压阈值稳定直流母线电压。

9. 如权利要求 6 或 7 所述的直流微网系统的能量管理方法，其特征在于：

所述直流母线电压允许的最大值设定的依据与原则如下：当磷酸铁锂储能系统处于充满状态时，储能 DC/DC 处于停机状态，随着光伏发电系统发出功率的增多，直流母线电压迅速升高，根据负载允许的最高工作电压范围确定直流母线电压允许的最大值，所述直流母线电压允许的最大值为 285V ～ 295V。

10. 如权利要求 6 或 7 所述的直流微网系统的能量管理方法，其特征在于：

所述直流母线电压允许的最小值设定的依据与原则如下：根据负载允许的最低工作电压范围确定直流母线电压允许的最小值，所述直流母线电压允许的最小值为 255V ～ 265V，此时磷酸铁锂储能系统的 SOC 低于设定的切除普通负荷的比例阈值，所述设定的切除普通负荷的比例阈值为 30％～ 50％。

# 一种直流微网系统及其能量管理方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及微网系统，特别是涉及直流微网系统及其能量管理方法。

## 背景技术

[0002] 微网是分布式发电 (distributed generation，缩略词为 DG) 的一种组织形式，其由分布式电源、储能装置、能量变换装置、相关负荷和监控系统、保护装置组成的小型发配电系统，能够实现自我控制、保护和管理，既可以与外部电网并网运行，也可以孤立运行。现有直流微网系统尚处于建模仿真和小功率实验系统的实现阶段，在孤岛运行和并网运行切换时多为有缝切换，不能满足包括电信数据中心的关键负荷的可靠用电要求，如果要实现无缝切换，则成本高，且控制难度大。

## 发明内容

[0003] 本发明所要解决的一个技术问题是弥补上述现有技术的缺陷，提供一种直流微网系统。

[0004] 本发明所要解决的另一个技术问题是弥补上述现有技术的缺陷，提供一种直流微网系统的能量管理方法。

[0005] 本发明的直流微网系统技术问题通过以下技术方案予以解决。

[0006] 这种直流微网系统，包括至少一个发电单元、负载，以及设置在发电单元与负载之间的直流母线配电线路，所述发电单元包括用户侧大电网及其三相桥式并网双向交流 / 直流变换器 (Alternate Current/Direct Current converter，缩略词为 AC/DC，以下简称并网 AC/DC)、磷酸铁锂储能系统及其双向半桥 Buck-Boost 结构的双向储能直流 / 直流变换器 (Direct current/Direct current converter，缩略词为 DC/DC，以下简称储能 DC/DC)，以及光伏发电系统及其采用 Buck-Boost 拓扑结构的光伏 DC/DC( 以下简称光伏 DC/DC)，所述负载包括模拟直流负荷和数据中心负荷，所述磷酸铁锂储能系统用于平抑光伏发电系统发出的功率波动以及在孤岛运行时延长对负载的供电，所述光伏发电系统用于充分利用太阳能环保节能。

[0007] 所述并网 AC/DC，其交流侧通过作为公共连接点的并网开关与所述用户侧大电网连接，直流侧与所述直流母线配电线路连接。

[0008] 所述储能 DC/DC，其一侧与所述磷酸铁锂储能系统连接，另一侧通过第一支路断路器与所述直流母线配电线路连接，用于控制磷酸铁锂储能系统的储能电池充放电。

[0009] 所述光伏 DC/DC，其一侧通过汇流箱与所述光伏发电系统连接，另一侧通过第二支路断路器与所述直流母线配电线路连接，用于实现光伏发电系统发出的最大功率跟踪，提高太阳能利用效率。

[0010] 所述模拟直流负荷为纯电阻负载，通过第三支路断路器与所述直流母线配电线路连接，用于切换直流微网控制模式。

[0011] 所述数据中心负荷包括照明负荷、空调负荷和不间断 (Uninterrupted Power

Supply，缩略词为 UPS）负荷，其中 UPS 负荷为关键负荷，孤岛运行时优先对关键负荷 UPS 负荷持续可靠供电，所述数据中心负荷通过第四支路断路器与所述直流母线配电线路连接。

[0012] 这种直流微网系统的特点是：

[0013] 设有能量管理系统（Energy Management System，缩略词为 EMS）及其与所述并网 AC/DC、储能 DC/DC 和光伏 DC/DC 建立通信的无线传感网络，所述 EMS 用于在并网运行、孤岛运行时分别执行不同的控制策略，优化直流微网系统的运行，以协调各个发电单元的的运行状态和发出功率。

[0014] 所述 EMS 执行不同的控制策略，优化直流微网运行，包括在并网运行切换到孤岛运行时，由所述并网 AC/DC 采用直流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定直流母线电压，在至多 20ms 的时间内切换到由所述储能 DC/DC 以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能电池侧电感电流内环的控制方式维持直流母线电压稳定，达到无缝切换的要求，实现电信数据中心负荷不间断供电。

[0015] 本发明的直流微网系统技术问题通过以下进一步技术方案予以解决。

[0016] 所述执行不同的控制策略，优化直流微网系统运行，包括在并网运行时，所述并网 AC/DC 采用直流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式，与所述用户侧大电网实现能量交互，稳定直流母线电压，在孤岛运行时，所述并网 AC/DC 处于停机状态。

[0017] 所述执行不同的控制策略，优化直流微网系统运行，包括在并网运行时，所述储能 DC/DC 以电流源形式即以恒流限压的方式工作在充电或放电状态，尽可能保持磷酸铁锂储能系统荷电状态（State of Charge，缩略词为 SOC）高于设定的足以满足孤岛运行的比例阈值，以备孤岛运行时使用；在孤岛运行时，所述储能 DC/DC 以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能电池侧电感电流内环的控制方式维持直流母线电压稳定，所述设定的足以满足孤岛运行的比例阈值为 75％～ 85％。

[0018] 所述执行不同的控制策略，优化直流微网系统运行，还包括在并网运行时，所述光伏 DC/DC 以扰动观测法工作在最大功率跟踪（Maximum Power Point Tracking，缩略词为 MPPT）模式；在孤岛运行时，所述光伏 DC/DC 在光伏发电系统发出功率小于负载需求时工作在 MPPT 模式，在光伏发电系统发出功率大于负载需求时切换为恒压模式，防止直流母线电压过高。

[0019] 所述无线传感网络是执行 MODBUS-RTU 通信规约的无线通信网络，包括与所述 EMS 连接的通信服务器、与所述通信服务器连接的 Zigbee 网络终端、设置在所述 Zigbee 网络终端与所述并网 AC/DC 之间的第一 Zigbee 采集器、设置在所述 Zigbee 网络终端与所述储能 DC/DC 之间的第二 Zigbee 采集器，以及设置在所述 Zigbee 网络终端与所述光伏 DC/DC 之间的第三 Zigbee 采集器，所述 EMS 通过第一 zigbee 采集器、第二 Zigbee 采集器和第三 Zigbee 采集器分别接收所述并网 AC/DC、储能 DC/DC 和光伏 DC/DC 上传的遥信和遥测信息，并通过第一 zigbee 采集器、第二 Zigbee 采集器和第三 Zigbee 采集器分别向所述并网 AC/DC、储能 DC/DC 和光伏 DC/DC 下发遥控和遥调指令。

[0020] 本发明的直流微网系统的能量管理方法技术问题通过以下技术方案予以解决。

[0021] 这种直流微网系统的能量管理方法，采用上述直流微网系统。

[0022] 这种直流微网系统的能量管理方法的特点是：

[0023] 所述直流微网系统各个发电单元的运行状态由直流母线电压值确定。

[0024] 当稳态运行于直流母线电压高于并网 AC/DC 整流逆变切换阈值时，系统工作模式：并网运行，本着优先利用太阳能的原则，设定并网 AC/DC 的整流逆变切换阈值为额定直流母线电压值，并网 AC/DC 工作在逆变状态，储能 DC/DC 以恒流限压方式充电，光伏 DC/DC 工作在 MPPT 模式，当光伏发电系统发出功率大于负载和储能充电需求时，直流母线电压抬高。

[0025] 当稳态运行于直流母线电压低于并网 AC/DC 整流逆变切换阈值时，系统工作模式：并网运行，本着优先利用太阳能的原则，设定并网 AC/DC 的整流逆变切换阈值为额定直流母线电压值，并网 AC/DC 工作在整流状态，储能 DC/DC 以恒流限压方式放电，光伏 DC/DC 工作在 MPPT 模式，当光伏发电系统发出功率小于负载需求时，直流母线电压降低。

[0026] 当储能 DC/DC 以高于额定直流母线电压值的充电阈值稳定直流母线电压时，系统工作模式：孤岛运行，并网 AC/DC 处于停机状态，储能 DC/DC 以恒压方式充电，光伏 DC/DC 工作在 MPPT 模式；当光伏发电系统发出功率大于负载需求功率时，直流母线电压提高。

[0027] 当直流母线电压稳定在系统允许的最大值时，系统工作模式：孤岛运行，并网 AC/DC 处于停机状态，储能 DC/DC 处于停机状态，光伏 DC/DC 工作在恒压模式。

[0028] 当储能 DC/DC 以低于额定直流母线电压值的放电阈值稳定直流母线电压时，系统工作模式：孤岛运行，并网 AC/DC 处于停机状态，储能 DC/DC 处于放电状态，光伏 DC/DC 工作在 MPPT 模式；光伏发电系统发出功率小于负载需求功率时，直流母线电压降低。

[0029] 当光伏发电系统发出功率小于负载消耗功率、且磷酸铁锂储能系统 SOC 低于设定的切除普通负荷的比例阈值即直流母线电压低于系统允许的最小值时，系统工作模式：孤岛运行，本着优先对关键负荷 UPS 负荷持续可靠供电的原则切除普通负荷，保证对关键负荷 UPS 负荷持续可靠供电，并网 AC/DC 处于停机状态，储能 DC/DC 处于放电状态，光伏 DC/DC 工作在 MPPT 模式。

[0030] 本发明的直流微网系统的能量管理方法技术问题通过以下进一步的技术方案予以解决。

[0031] 所述额定直流母线电压为 270V ～ 280V。

[0032] 所述充电阈值设定的依据与原则如下：实时检测光伏发电系统发出的最大功率和负载需求功率，随着光伏发电系统发出功率的增多，直流母线电压升高，多余的能量通过储能 DC/DC 向磷酸铁锂储能系统充电予以保存，并以充电阈值稳定直流母线电压。

[0033] 所述放电阈值设定的依据与原则如下：随着光伏发电系统发出功率的减小，直流母线电压降低，不足的能量由磷酸铁锂储能系统通过储能 DC/DC 放电予以补充，并以放电电压阈值稳定直流母线电压。

[0034] 所述直流母线电压允许的最大值设定的依据与原则如下：当磷酸铁锂储能系统处于充满状态时，储能 DC/DC 处于停机状态，随着光伏发电系统发出功率的增多，直流母线电压迅速升高，根据负载允许的最高工作电压范围确定直流母线电压允许的最大值，所述直流母线电压允许的最大值为 285V ～ 295V。

[0035] 所述直流母线电压允许的最小值设定的依据与原则如下：根据负载允许的最低工作电压范围确定直流母线电压允许的最小值，所述直流母线电压允许的最小值为 255V ～ 265V，此时磷酸铁锂储能系统的 SOC 低于设定的切除普通负荷的比例阈值，所述设定的切除普通负荷的比例阈值为 30％～ 50％。

[0036] 本发明与现有技术相比的有益效果是：本发明执行不同的控制策略，优化直流微网运行，包括在并网运行切换到孤岛运行时，由并网 AC/DC 采用直流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定直流母线电压，在至多 20ms 的时间内切换到由储能 DC/DC 以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能电池侧电感电流内环的控制方式维持直流母线电压稳定，达到无缝切换的要求，满足电信数据中心负荷不间断供电的需求，而且由于是直流配电线路，不需要再配置无功补偿设备。

## 附图说明

[0037] 图 1 是本发明具体实施方式的组成方框图。

[0038] 图 2 是图 1 中的无线传感网络的组成方框图。

## 具体实施方式

[0039] 下面结合具体实施方式并对照附图对本发明进行说明。

[0040] 一种如附图所示的直流微网系统，包括

[0041] 三个发电单元：用户侧大电网 1 及其容量为 30kW 的并网 AC/DC2、磷酸铁锂储能系统 3 及其储能 DC/DC4，以及光伏发电系统 5 及其光伏 DC/DC6，磷酸铁锂储能系统 3 包括容量为 20kW×2 小时的储能电池，用于平抑光伏发电系统 5 发出的功率波动以及在孤岛运行时延长对负载的供电，光伏发电系统 5 采用 10kW 光伏单晶硅电池，用于充分利用太阳能环保节能；

[0042] 负载：模拟直流负荷 9 和数据中心负荷 10，模拟直流负荷 9 为 30kW 的纯电阻负载，通过第三支路断路器与额定电压为 275V 的直流母线配电线路 7 连接，用于切换直流微网控制模式，数据中心负荷 10 包括照明负荷、空调负荷和 UPS 负荷 11，其中 UPS 负荷为关键负荷；

[0043] 并网 AC/DC2 交流侧通过作为公共连接点的并网开关与用户侧大电网 1 连接，直流侧与直流母线配电线路 7 连接，储能 DC/DC4 一侧与磷酸铁锂储能系统 3 连接，另一侧通过第一支路断路器与直流母线配电线路 7 连接，用于控制磷酸铁锂储能系统 3 的储能电池充放电，光伏 DC/DC6 一侧通过汇流箱与光伏发电系统 5 连接，另一侧通过第二支路断路器与直流母线配电线路 7 连接，用于实现光伏发电系统 5 发出的最大功率跟踪，提高太阳能利用效率。

[0044] 设有 EMS8 及其与并网 AC/DC2、储能 DC/DC4 和光伏 DC/DC6 建立通信的执行 MODBUS-RTU 通信规约的无线传感网络 12，EMS8 用于在并网运行、孤岛运行时分别执行不同的控制策略，优化直流微网系统的运行，以协调三个发电单元的的运行状态和发出功率。

[0045] 无线传感网络 12 包括与 EMS8 连接的通信服务器 13、与通信服务器 13 连接的 Zigbee 网络终端 14、设置在 Zigbee 网络终端 14 与并网 AC/DC2 之间的第一 Zigbee 采集器 15、设置在 Zigbee 网络终端 14 与储能 DC/DC4 之间的第二 Zigbee 采集器 16，以及设置在 Zigbee 网络终端 14 与光伏 DC/DC6 之间的第三 Zigbee 采集器 17，EMS8 通过第一 zigbee 采集器 15、第二 Zigbee 采集器 16 和第三 Zigbee 采集器 17 分别接收并网 AC/DC2、储能 DC/DC4 和光伏 DC/DC6 上传的遥信和遥测信息，并通过第一 zigbee 采集器 15、第二 Zigbee 采集器 16 和第三 Zigbee 采集器 17 分别向并网 AC/DC2、储能 DC/DC4 和光伏 DC/DC6 下发遥控

和遥调指令。

[0046] EMS8 执行不同的控制策略，优化直流微网运行，包括

[0047] 在并网运行切换到孤岛运行时，由并网 AC/DC2 采用直流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定直流母线电压，在至多 20ms 的时间内切换到由储能 DC/DC4 以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能电池侧电感电流内环的控制方式维持直流母线电压稳定，达到无缝切换的要求，实现电信数据中心负荷不间断供电；

[0048] 在并网运行时，并网 AC/DC2 采用直流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式，与用户侧大电网 1 实现能量交互，稳定直流母线电压，在孤岛运行时，并网 AC/DC2 处于停机状态；

[0049] 在并网运行时，储能 DC/DC4 以电流源形式即以恒流限压的方式工作在充电或放电状态，尽可能保持磷酸铁锂储能系统 3 的 SOC 高于设定的足以满足孤岛运行的比例阈值 80％，以备孤岛运行时使用；在孤岛运行时，储能 DC/DC4 以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能电池侧电感电流内环的控制方式维持直流母线电压稳定；

[0050] 在并网运行时，光伏 DC/DC6 以扰动观测法工作在 MPPT 模式；在孤岛运行时，所述光伏 DC/DC6 在光伏发电系统发出功率小于负载需求时工作在 MPPT 模式，在光伏发电系统发出功率大于负载需求时切换为恒压模式，防止直流母线电压过高。

[0051] 本发明的具体实施方式的能量管理方法，包括

[0052] 三个发电单元的运行状态由直流母线电压值确定，额定直流母线电压为 275V，根据负载允许的最高工作电压范围确定直流母线电压允许的最大值为 290V，根据负载允许的最低工作电压范围确定直流母线电压允许的最小值为 265V，此时磷酸铁锂储能系统 SOC 低于设定的切除普通负荷的比例阈值 40％。

[0053] 当稳态运行于直流母线电压高于并网 AC/DC2 整流逆变切换阈值时，系统工作模式：并网运行，本着优先利用太阳能的原则，设定并网 AC/DC2 的整流逆变切换阈值为额定直流母线电压值 275V，并网 AC/DC2 工作在逆变状态，储能 DC/DC4 以恒流限压方式充电，光伏 DC/DC6 工作在 MPPT 模式，当光伏发电系统 5 发出功率大于负载和储能充电需求时，直流母线电压抬高。

[0054] 当稳态运行于直流母线电压低于并网 AC/DC2 整流逆变切换阈值时，系统工作模式：并网运行，本着优先利用太阳能的原则，设定并网 AC/DC2 的整流逆变切换阈值为额定直流母线电压值 275V，并网 AC/DC2 工作在整流状态，储能 DC/DC4 以恒流限压方式放电，光伏 DC/DC6 工作在 MPPT 模式，当光伏发电系统 5 发出功率小于负载需求时，直流母线电压降低。

[0055] 当储能 DC/DC4 以高于额定直流母线电压值 275V 的充电阈值 280V 稳定直流母线电压时，系统工作模式：孤岛运行，并网 AC/DC2 处于停机状态，储能 DC/DC4 以恒压方式充电，光伏 DC/DC6 工作在 MPPT 模式；当光伏发电系统 5 发出功率大于负载需求功率时，直流母线电压提高；充电阈值设定的依据与原则如下：实时检测光伏发电系统 5 发出的最大功率和负载需求功率，随着光伏发电系统 5 发出功率的增多，直流母线电压升高，多余的能量通过储能 DC/DC4 向磷酸铁锂储能系统 3 充电予以保存，并以充电阈值稳定直流母线电压。

[0056] 当直流母线电压稳定在系统允许的最大值 290V 时，系统工作模式：孤岛运行，并网 AC/DC2 处于停机状态，储能 DC/DC4 处于停机状态，光伏 DC/DC6 工作在恒压模式；直流母

线电压允许的最大值设定的依据与原则如下：当磷酸铁锂储能系统 3 处于充满状态时，储能 DC/DC4 处于停机状态，随着光伏发电系统 5 发出功率的增多，直流母线电压迅速升高，根据负载允许的工作电压范围确定直流母线电压允许的最大值。

[0057] 当储能 DC/DC4 以低于额定直流母线电压值 275V 的放电阈值 270V 稳定直流母线电压时，系统工作模式：孤岛运行，并网 AC/DC2 处于停机状态，储能 DC/DC4 处于放电状态，光伏 DC/DC6 工作在 MPPT 模式；光伏发电系统 5 发出功率小于负载需求功率时，直流母线电压降低；放电阈值设定的依据与原则如下：随着光伏发电系统 5 发出功率的减小，直流母线电压降低，不足的能量由磷酸铁锂储能系统 3 通过储能 DC/DC4 放电予以补充，并以放电电压阈值稳定直流母线电压。

[0058] 当光伏发电系统 5 发出功率小于负载消耗功率、且磷酸铁锂储能系统 3 的 SOC 低于设定的切除普通负荷的比例阈值 40％即直流母线电压低于系统允许的最小值 265V 时，系统工作模式：孤岛运行，本着优先对关键负荷 UPS 负荷持续可靠供电的原则切除普通负荷，保证对关键负荷 UPS 负荷持续可靠供电，并网 AC/DC2 处于停机状态，储能 DC/DC4 处于放电状态，光伏 DC/DC6 工作在 MPPT 模式。

[0059] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下做出若干等同替代或明显变型，而且性能或用途相同，都应当视为属于本发明由所提交的权利要求书确定的专利保护范围。

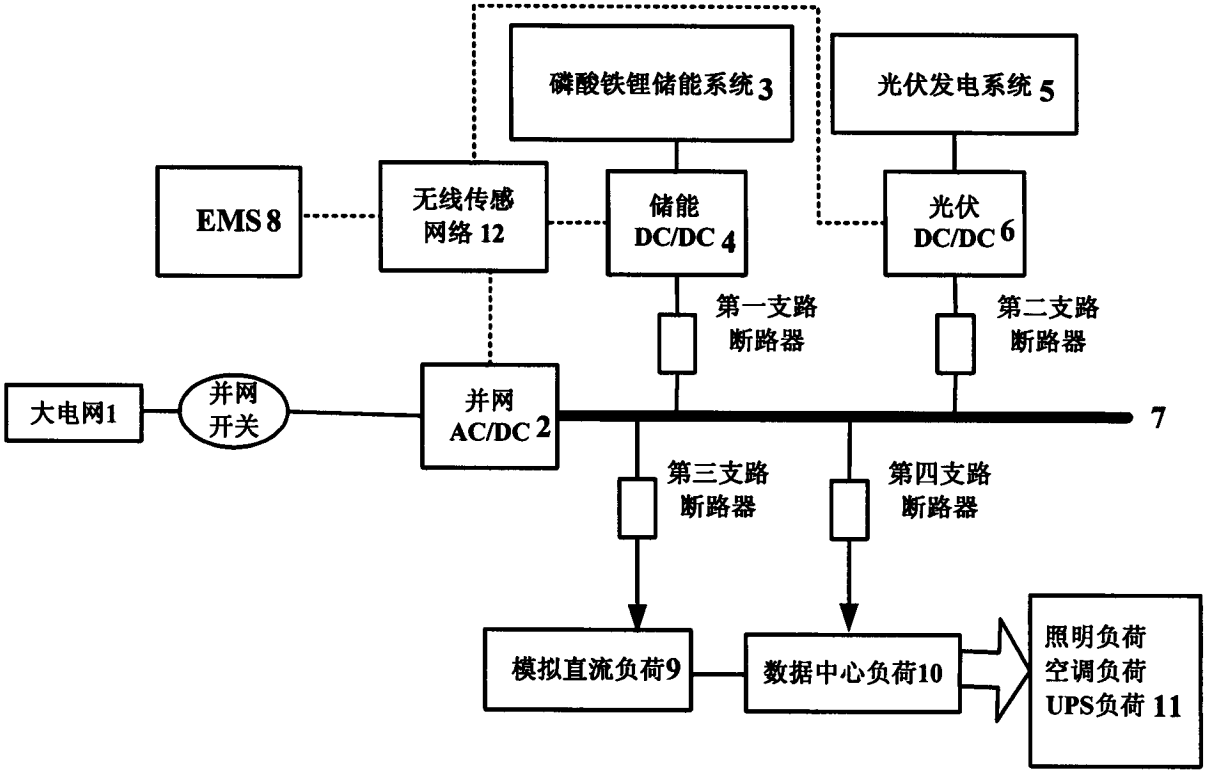

磷酸铁锂储能系统 3
光伏发电系统 5
EMS 8
无线传感网络 12
储能 DC/DC 4
光伏 DC/DC 6
第一支路断路器
第二支路断路器
大电网1
并网开关
并网 AC/DC 2
7
第三支路断路器
第四支路断路器
模拟直流负荷9
数据中心负荷10
照明负荷
空调负荷
UPS负荷 11

图 1

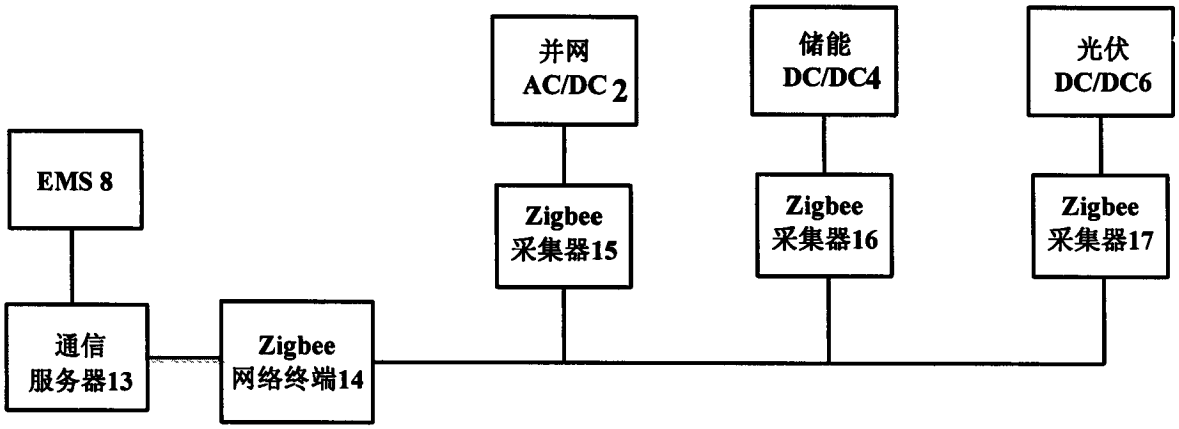

并网 AC/DC 2
储能 DC/DC4
光伏 DC/DC6
EMS 8
Zigbee 采集器15
Zigbee 采集器16
Zigbee 采集器17
通信服务器13
Zigbee 网络终端14

图 2