



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103427430 B

(45)授权公告日 2017.07.11

(21)申请号 201310123459.6

JP 特开2013-31266 A, 2013.02.07, 全文.

(22)申请日 2013.04.08

CN 102916481 A, 2013.02.06, 全文.

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 曹卫琴

申请公布号 CN 103427430 A

(43)申请公布日 2013.12.04

(73)专利权人 深圳市天智系统技术有限公司

地址 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812室

(72)发明人 秦毅

(51)Int.Cl.

H02J 3/32(2006.01)

(56)对比文件

CN 102856924 A, 2013.01.02, 说明书第64-67段, 图2.

CN 102738836 A, 2012.10.17, 全文.

权利要求书5页 说明书10页 附图2页

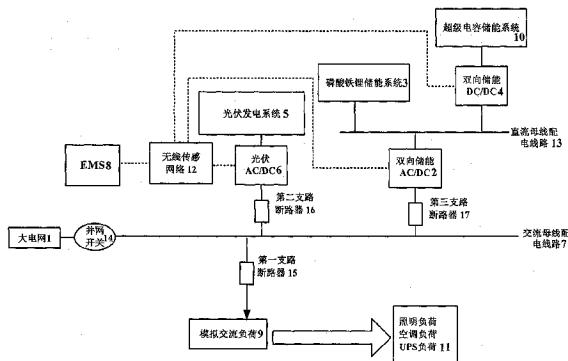
(54)发明名称

一种混合储能系统在微网中的能量管理方法

(57)摘要

一种混合储能系统及其在微网中的能量管理方法, 系统包括设有磷酸铁锂蓄电池的磷酸铁锂储能系统及其双向储能AC/DC、设有超级电容器的超级电容储能系统, 其特征在于设有双向储能DC/DC, 其一侧与超级电容储能系统的超级电容器连接, 另一侧与直流母线配电线路连接, 直流母线配电线路与双向储能AC/DC的直流侧连接。本发明由微网中的能量管理系统在微网运行中实时分别检测与判定混合储能系统的储能单元的荷电状态, 实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值, 充分发挥超级电容器迅速补偿电网波动的功能, 满足无缝切换以及孤岛暂态运行的要求, 保持不间断供电, 显著提高供电可靠性, 实现微网运营效益及成本最优化。

B CN 103427430



CN

1. 一种混合储能系统在微网中的能量管理方法,所述混合储能系统包括设有磷酸铁锂蓄电池的直流侧磷酸铁锂储能系统及其双向储能AC/DC的第一储能单元和包括设有超级电容器的直流侧超级电容储能系统的第二储能单元,所述磷酸铁锂蓄电池直接连接到直流母线配电线路,所述直流母线配电线路与双向储能AC/DC的直流侧连接,所述双向储能AC/DC的交流侧通过第三支路断路器与交流母线配电线路连接,设有双向储能DC/DC,所述双向储能DC/DC,是三相交错并联式结构的双向半桥变换器,其等效开关频率高,快速对超级电容器充电或放电,所述双向储能DC/DC的一侧与直流侧超级电容储能系统的超级电容器连接,所述双向储能DC/DC的另一侧与所述直流母线配电线路连接,所述双向储能DC/DC用于充分发挥超级电容器迅速补偿电网波动的效果;

所述双向储能DC/DC快速对超级电容器充电,是以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,所述双向储能DC/DC处于充电状态;

所述双向储能DC/DC快速对超级电容器放电,是以恒流限压的方式单向为超级电容器放电,所述双向储能DC/DC处于放电状态;

其特征在于:

由微网中的能量管理系统EMS在微网处于并网稳态运行时,实时分别检测与判定所述混合储能系统的储能单元的荷电状态SOC,实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值,稳定微网的交流母线配电线路电压,满足负荷不间断供电的需求,实现微网运行成本最优化;

如果超级电容储能系统的超级电容器与磷酸铁锂储能系统的磷酸铁锂蓄电池SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于充电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,且控制双向储能AC/DC处于整流状态;

如果超级电容储能系统的超级电容器SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于待机状态,超级电容器停止充放电,磷酸铁锂蓄电池继续充电,且控制双向储能AC/DC处于整流状态;

如果超级电容储能系统的超级电容器与磷酸铁锂储能系统的磷酸铁锂蓄电池SOC都是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC和双向储能AC/DC都处于待机状态,超级电容器停止充放电,由大电网维持交流母线配电线路电压稳定;

如果要求磷酸铁锂蓄电池放电补充大电网能量,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于待机状态,超级电容器停止充放电,且控制双向储能AC/DC处于逆变状态。

2. 一种混合储能系统在微网中的能量管理方法,所述混合储能系统包括设有磷酸铁锂蓄电池的直流侧磷酸铁锂储能系统及其双向储能AC/DC的第一储能单元和包括设有超级电容器的直流侧超级电容储能系统的第二储能单元,所述磷酸铁锂蓄电池直接连接到直流母线配电线路,所述直流母线配电线路与双向储能AC/DC的直流侧连接,所述双向储能AC/DC的交流侧通过第三支路断路器与交流母线配电线路连接,设有双向储能DC/DC,所述双向储能DC/DC,是三相交错并联式结构的双向半桥变换器,其等效开关频率高,快速对超级电容器充电或放电,所述双向储能DC/DC的一侧与直流侧超级电容储能系统的超级电容器连接,所述双向储能DC/DC的另一侧与所述直流母线配电线路连接,所述双向储能DC/DC用于充分

发挥超级电容器迅速补偿电网波动的效果；

所述双向储能DC/DC快速对超级电容器充电，是以恒流限压的方式单向为超级电容器充电，所述双向储能DC/DC处于充电状态；

所述双向储能DC/DC快速对超级电容器放电，是以恒流限压的方式单向为超级电容器放电，所述双向储能DC/DC处于放电状态；

其特征在于：

由微网中的能量管理系统EMS在微网处于并网稳态运行切换为孤岛暂态运行时，交流母线配电线路的电压波动，实时分别检测与判定所述混合储能系统的储能单元的荷电状态SOC，实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值，稳定微网的交流母线配电线路电压，满足负荷不间断供电的需求，实现微网运行成本最优化；

如果超级电容储能系统的超级电容器与磷酸铁锂储能系统的磷酸铁锂蓄电池SOC都是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值，由所述EMS发出指令，先控制双向储能DC/DC处于放电状态，以恒流限压的方式单向为超级电容器放电，由超级电容器单独在至多20ms的时间内放电出力，快速补偿交流母线配电线路的电压跌落，此时磷酸铁锂蓄电池不出力，然后，逐渐减小超级电容器的出力，逐渐增大磷酸铁锂蓄电池的出力，再控制双向储能DC/DC处于待机状态，超级电容器停止放电，仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电出力，且控制双向储能AC/DC处于逆变状态，采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定交流母线配电线路的电压，在至多20ms的时间内切换到由双向储能DC/DC以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容器侧电感电流内环的控制方式维持直流母线配电线路电压稳定，无缝切换到孤岛稳态运行。

3. 一种混合储能系统在微网中的能量管理方法，所述混合储能系统包括设有磷酸铁锂蓄电池的直流侧磷酸铁锂储能系统及其双向储能AC/DC的第一储能单元和包括设有超级电容器的直流侧超级电容储能系统的第二储能单元，所述磷酸铁锂蓄电池直接连接到直流母线配电线路，所述直流母线配电线路与双向储能AC/DC的直流侧连接，所述双向储能AC/DC的交流侧通过第三支路断路器与交流母线配电线路连接，设有双向储能DC/DC，所述双向储能DC/DC，是三相交错并联式结构的双向半桥变换器，其等效开关频率高，快速对超级电容器充电或放电，所述双向储能DC/DC的一侧与直流侧超级电容储能系统的超级电容器连接，所述双向储能DC/DC的另一侧与所述直流母线配电线路连接，所述双向储能DC/DC用于充分发挥超级电容器迅速补偿电网波动的效果；

所述双向储能DC/DC快速对超级电容器充电，是以恒流限压的方式单向为超级电容器充电，所述双向储能DC/DC处于充电状态；

所述双向储能DC/DC快速对超级电容器放电，是以恒流限压的方式单向为超级电容器放电，所述双向储能DC/DC处于放电状态；

其特征在于：

由微网中的能量管理系统EMS在微网处于孤岛稳态运行时，实时分别检测与判定所述混合储能系统的储能单元的荷电状态SOC，实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值，稳定微网的交流母线配电线路电压，满足负荷不间断供电的需求，实现微网运行成本最优化；

如果微源出力小于负荷需求，交流母线配电线路电压低于额定电压，下降至双向储能

AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,超级电容器的SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于充电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电出力,稳定交流母线配电线线路的电压,以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线线路的电压;且控制双向储能AC/DC处于逆变状态,以恒流限压的方式工作,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式配合双向储能DC/DC稳定交流母线配电线线路的电压,且以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线线路的电压,以保证超级电容器在任何时刻都具备对孤岛暂态的进行至多20ms的电网供电补偿的能力;

如果微源出力小于负荷需求,交流母线配电线线路电压低于额定电压,下降至双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC都是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于待机状态,超级电容器停止充放电,磷酸铁锂蓄电池继续单独放电出力;且控制双向储能AC/DC处于逆变状态,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定交流母线配电线线路的电压;

如果微源出力大于负荷需求,交流母线配电线线路电压高于额定电压,上升至双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC都是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于充电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,以保证超级电容器在任何时刻都具备在孤岛暂态运行时单独在至多20ms的时间内放电能力,补偿交流母线配电线线路的电压跌落,且控制双向储能AC/DC处于整流状态,对磷酸铁锂蓄电池充电,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式配合双向储能DC/DC稳定交流母线配电线线路的电压,且以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线线路的电压;

如果微源出力大于负荷需求,交流母线配电线线路电压高于额定电压,上升至双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池的SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于待机状态,超级电容器停止充放电,且控制双向储能AC/DC处于整流状态,对磷酸铁锂蓄电池单独继续充电,吸收光伏发电系统的多余电量,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定交流母线配电线线路的电压;

如果微源出力等于负荷需求,交流母线配电线线路电压等于额定电压,达到双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC和双向储能AC/DC分别都处于待机状态,超级电容器停止充放电;

如果微源出力等于负荷需求,交流母线配电线线路电压等于额定电压,达到双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,超级电容器的SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,

由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于充电状态,以恒压限流的方式单向为超级电容器充电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电输出,稳定交流母线配电线路的电压,以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线路的电压,保证超级电容器在任何时刻都具备在孤岛暂态运行时单独在至多20ms的时间内放电能力,补偿交流母线配电线路的电压跌落,且控制双向储能AC/DC处于待机状态;

如果负荷突然增加,交流母线配电线路电压跌落,微网处于孤岛暂态运行,混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,先控制双向储能DC/DC以恒流限压的方式放电,控制超级电容器单独在至多20ms的时间内放电输出,快速补充增加负荷需要的电量,快速补偿交流母线配电线路的电压跌落,此时磷酸铁锂蓄电池不出力,然后,逐渐减小超级电容器的输出,逐渐增大磷酸铁锂蓄电池的输出,直至进入孤岛稳态运行,再控制双向储能DC/DC处于待机状态,超级电容器停止充放电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电输出,仅用至多200ms无缝切换为孤岛稳态运行,且保证交流母线配电线路电压跌落在稳态电压值的5%以内,以满足孤岛暂态运行的要求;

如果负荷突然切掉部分,交流母线配电线路电压骤升,微网处于孤岛暂态运行,混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于充电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,超级电容器快速吸收切掉部分负荷多余的电量,稳定交流母线配电线路的电压,且控制双向储能AC/DC处于逆变状态,磷酸铁锂蓄电池保持原有的充电或放电状态,仅用至多200ms无缝切换为孤岛稳态运行,且保证交流母线配电线路电压跌落在稳态电压值的5%以内,以满足孤岛暂态运行的要求。

4. 如权利要求1或2或3所述的混合储能系统在微网中的能量管理方法,其特征在于:

所述磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC充电阈值,是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,相应的交流母线配电线路电压为允许最大值;

所述磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC充电阈值为75%~85%;

所述交流母线配电线路电压的允许最大值为405V~415V。

5. 如权利要求1或2或3所述的混合储能系统在微网中的能量管理方法,其特征在于:

所述磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC放电阈值,是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,相应的交流母线配电线路电压为允许最小值;

所述磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC放电阈值为25%~35%;

所述交流母线配电线路电压的允许最小值为355V~365V。

6. 如权利要求1或2或3所述的混合储能系统在微网中的能量管理方法,其特征在于:

所述微网除所述混合储能系统、EMS外,包括微源、交流母线配电线路、通过第一支路断路器连接所述交流母线配电线路的负荷,以及用于建立系统内部通信的无线传感网络,用户侧大电网通过并网开关连接交流母线配电线路;

所述微源包括光伏发电系统及其通过第二支路断路器连接交流母线配电线路的光伏AC/DC,所述光伏发电系统用于充分利用太阳能环保节能,所述光伏AC/DC通过汇流箱与所述光伏发电系统连接,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;

所述负荷是模拟交流负荷,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，微网处于孤岛稳态运行时优先对关键负荷UPS负荷持续可靠供电；

所述EMS是微网稳定工作的控制系统，包括常用的数据采集和监控系统、自动发电控制系统、电力系统状态估计系统和PC机人机交互部件，以及相应的数据采集、能量管理与网络分析应用程序，通过与电池管理系统BMS通信，实时分别检测与判定混合储能系统的储能单元的SOC，实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值，实时显示微网总电压、电流、SOC，以及储能单元电池组的每个电池模组的电压、温度和单个电芯的电压，还通过与光伏系统监控器通信，实时监控光伏发电系统的运行，检测和记录光伏发电系统运行故障，由PC机人机交互部件的显示器显示光伏AC/DC变换器输出的交流电压、电流、功率、频率、当日发电量、总发电量；

所述无线传感网络分别与所述EMS、所述光伏AC/DC、所述双向储能DC/DC，以及所述双向储能AC/DC无线连接，用于系统内部通信。

7. 如权利要求6所述的混合储能系统在微网中的能量管理方法，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网络终端与所述双向储能AC/DC之间的第一Zigbee采集器、设置在所述Zigbee网络终端与所述双向储能DC/DC之间的第二Zigbee采集器，以及设置在Zigbee网络终端与所述光伏AC/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双向储能AC/DC、双向储能DC/DC和光伏AC/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采集器分别向所述双向储能AC/DC、双向储能DC/DC和光伏AC/DC下发遥控和遥调指令。

8. 如权利要求6所述的混合储能系统在微网中的能量管理方法，其特征在于：

所述微网是交流微网、直流微网和交直流微网中的一种；

所述微网不必配置无功补偿设备。

一种混合储能系统在微网中的能量管理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及微网，特别是涉及一种混合储能系统在微网中的能量管理方法。

背景技术

[0002] 微网是分布式发电的一种组织形式，其由分布式电源、储能装置、能量变换装置、相关负荷、监控系统，以及保护装置组成小型发配电系统，能够实现自我控制、保护和管理，既可以与外部电网并网稳态运行，也可以孤立运行。微网中的风电和太阳能光伏等分布式发电单元的输出功率具有间歇性和随机性的特点，而负荷的变化也具有随机性，给微网的稳定运行造成负面影响。然而，随着可再生能源分布式发电系统的大规模发展，以及各种功率具有脉动性用电设备的日益增多，为了维持微网内部的瞬时能量平衡，储能装置尤其是大容量的电力储能装置往往需要频繁地吸收或释放较大功率。作为常用储能装置的蓄电池在。频繁的大功率充放电和深度放电过程中会出现温度升高、正负极板上的活性物质脱落等现象，导致蓄电池容量积累性亏损，并在短时间内快速下降，严重影响蓄电池的使用寿命，以及微网正常稳定的运行。此外，现有由包括设有磷酸铁锂蓄电池的直流侧磷酸铁锂储能系统及其双向储能交流/直流变换器(Alternate Current/Direct Current converter，缩略词为AC/DC)的第一储能单元和包括设有超级电容器的直流侧超级电容储能系统的第二储能单元的组成的混合储能系统中，磷酸铁锂蓄电池和超级电容器是直接连接到直流母线配电线路，再连接双向储能AC/DC，并由双向储能AC/DC连接到交流母线配电线路，这种拓扑不能充分发挥超级电容器迅速补偿电网波动的功能。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是弥补上述现有技术的缺陷，提供一种混合储能系统在微网中的能量管理方法。

[0004] 本发明的混合储能系统技术问题通过以下技术方案予以解决。

[0005] 这种混合储能系统，包括设有磷酸铁锂蓄电池的直流侧磷酸铁锂储能系统及其双向储能AC/DC的第一储能单元和包括设有超级电容器的直流侧超级电容储能系统的第二储能单元，所述磷酸铁锂蓄电池直接连接到直流母线配电线路，所述直流母线配电线路与双向储能AC/DC的直流侧连接，所述双向储能AC/DC的交流侧通过第三支路断路器与交流母线配电线路连接，所述直流侧磷酸铁锂储能系统用于平抑微网中光伏发电系统发出的功率波动以及在微网处于孤岛稳态运行时延长对负荷的供电，所述超级电容储能系统用于平抑微网中光伏发电系统发出的功率波动，以及在微网处于孤岛稳态运行时配合所述直流侧磷酸铁锂储能系统供电，以满足对负荷不间断供电的需求。

[0006] 这种混合储能系统的特点是：

[0007] 设有双向储能直流/直流变换器(Direct current/Direct current converter，缩略词为DC/DC)，所述双向储能DC/DC的一侧与直流侧超级电容储能系统的超级电容器连接，所述双向储能DC/DC的另一侧与所述直流母线配电线路连接，所述直流母线配电线路与

所述双向储能AC/DC的直流侧连接,所述双向储能DC/DC用于充分发挥超级电容器迅速补偿电网波动的效果。

[0008] 本发明的混合储能系统技术问题通过以下进一步的技术方案予以解决。

[0009] 所述双向储能DC/DC,是三相交错并联式结构的双向半桥变换器,其总输出电流为三个单元电路输出电流之和,平均电流为三个单元电路输出电流平均值的三倍,其脉动频率也是三个单元电路脉动频率的三倍,使三个单元电路输出电流的纹波相互抵消,进而使变换器的总输出电流脉动值明显减小,变换器的等效开关频率高,快速对超级电容器充电或放电,充分发挥超级电容器迅速补偿电网波动的功能。

[0010] 所述双向储能DC/DC快速对超级电容器充电,是以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,所述双向储能DC/DC处于充电状态。

[0011] 所述双向储能DC/DC快速对超级电容器放电,是以恒流限压的方式单向为超级电容器放电,所述双向储能DC/DC处于放电状态。

[0012] 本发明的混合储能系统在微网中的能量管理方法技术问题通过以下技术方案予以解决。

[0013] 这种混合储能系统在微网中的能量管理方法,由微网中的能量管理系统 (Energy Management System, 缩略词为EMS) 在微网运行中实时分别检测与判定所述混合储能系统的储能单元的荷电状态 (State of Charge, 缩略词为SOC), 实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值, 稳定微网的交流母线配电线线路电压, 满足负荷不间断供电的需求, 实现微网运行成本最优化。

[0014] 这种混合储能系统在微网中的能量管理方法的特点是:

[0015] 在微网处于并网稳态运行时, 所述调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值如下:

[0016] 如果超级电容储能系统的超级电容器与磷酸铁锂储能系统的磷酸铁锂蓄电池SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值, 由所述EMS发出指令, 控制双向储能DC/DC处于充电状态, 以恒流限压的方式单向为超级电容器充电, 且控制双向储能AC/DC处于整流状态;

[0017] 如果超级电容储能系统的超级电容器SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值, 由所述EMS发出指令, 控制双向储能DC/DC处于待机状态, 超级电容器停止充放电, 磷酸铁锂蓄电池继续充电, 且控制双向储能AC/DC处于整流状态;

[0018] 如果超级电容储能系统的超级电容器与磷酸铁锂储能系统的磷酸铁锂蓄电池SOC都是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值, 由所述EMS发出指令, 控制双向储能DC/DC和双向储能AC/DC都处于待机状态, 超级电容器停止充放电, 由大电网维持交流母线配电线线路电压稳定;

[0019] 如果要求磷酸铁锂蓄电池放电补充大电网能量, 由所述EMS发出指令, 控制双向储能DC/DC处于待机状态, 超级电容器停止充放电, 且控制双向储能AC/DC处于逆变状态。

[0020] 在微网处于并网稳态运行切换为孤岛暂态运行时, 交流母线配电线线路的电压波动, 所述调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值如下:

[0021] 如果超级电容储能系统的超级电容器与磷酸铁锂储能系统的磷酸铁锂蓄电池SOC都是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值, 由所述EMS发出指令, 先控制双向储能

DC/DC处于放电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器放电,由超级电容器单独在至多20ms的时间内放电出力,快速补偿交流母线配电线路的电压跌落,此时磷酸铁锂蓄电池不出力,然后,逐渐减小超级电容器的出力,逐渐增大磷酸铁锂蓄电池的出力,再控制双向储能DC/DC处于待机状态,超级电容器停止放电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电出力,且控制双向储能AC/DC处于逆变状态,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定交流母线配电线路的电压,在至多20ms的时间内切换到由双向储能DC/DC以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容器侧电感电流内环的控制方式维持直流母线配电线路电压稳定,无缝切换到孤岛稳态运行。

[0022] 在微网处于孤岛稳态运行时,所述调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值如下:

[0023] 如果微源出力小于负荷需求,交流母线配电线路电压低于额定电压,下降至双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,超级电容器的SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于充电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电出力,稳定交流母线配电线路的电压,以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线路的电压,且控制双向储能AC/DC处于逆变状态,以恒流限压的方式工作,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式配合双向储能DC/DC稳定交流母线配电线路的电压,且以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线路的电压,以保证超级电容器在任何时刻都具备对孤岛暂态的进行至多20ms的电网供电补偿的能力;

[0024] 如果微源出力小于负荷需求,交流母线配电线路电压低于额定电压,下降至双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC都是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于待机状态,超级电容器停止充放电,磷酸铁锂蓄电池继续单独放电出力;且控制双向储能AC/DC处于逆变状态,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定交流母线配电线路的电压;

[0025] 如果微源出力大于负荷需求,交流母线配电线路电压高于额定电压,上升至双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC都是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于充电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,以保证超级电容器在任何时刻都具备在孤岛暂态运行时单独在至多20ms的时间内放电能力,补偿交流母线配电线路的电压跌落,且控制双向储能AC/DC处于整流状态,对磷酸铁锂蓄电池单独充电,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式配合双向储能DC/DC稳定交流母线配电线路的电压,且以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线路的电压;

[0026] 如果微源出力大于负荷需求,交流母线配电线路电压高于额定电压,上升至双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池的SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比

例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于待机状态,超级电容器停止充放电,且控制双向储能AC/DC处于整流状态,对磷酸铁锂蓄电池单独继续充电,吸收光伏发电系统的多余电量,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定交流母线配电线路上的电压;

[0027] 如果微源出力等于负荷需求,交流母线配电线路上电压等于额定电压,达到双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC和双向储能AC/DC分别都处于待机状态,超级电容器停止充放电;

[0028] 如果微源出力等于负荷需求,交流母线配电线路上电压等于额定电压,达到双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,超级电容器的SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于充电状态,以恒压限流的方式单向为超级电容器充电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电出力,稳定交流母线配电线路上的电压,以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线路上的电压,保证超级电容器在任何时刻都具备在孤岛暂态运行时单独在至多20ms的时间内放电能力,补偿交流母线配电线路上的电压跌落,且控制双向储能AC/DC处于待机状态;

[0029] 如果负荷突然增加,交流母线配电线路上电压跌落,微网处于孤岛暂态运行,混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,先控制双向储能DC/DC以恒流限压的方式放电,控制超级电容器单独在至多20ms的时间内放电出力,快速补充增加负荷需要的电量,快速补偿交流母线配电线路上的电压跌落,此时磷酸铁锂蓄电池不出力,然后,逐渐减小超级电容器的出力,逐渐增大磷酸铁锂蓄电池的出力,直至进入孤岛稳态运行,再控制双向储能DC/DC处于待机状态,超级电容器停止充放电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电出力,仅用至多200ms无缝切换为孤岛稳态运行,且保证交流母线配电线路上电压跌落在稳态电压值的5%以内,以满足孤岛暂态运行的要求;

[0030] 如果负荷突然切掉部分,交流母线配电线路上电压骤升,微网处于孤岛暂态运行,混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,由所述EMS发出指令,控制双向储能DC/DC处于充电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,超级电容器快速吸收切掉部分负荷多余的电量,稳定交流母线配电线路上的电压,且控制双向储能AC/DC处于逆变状态,磷酸铁锂蓄电池保持原有的充电或放电状态,仅用至多200ms无缝切换为孤岛稳态运行,且保证交流母线配电线路上电压跌落在稳态电压值的5%以内,以满足孤岛暂态运行的要求。

[0031] 本发明的混合储能系统在微网中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。

[0032] 所述磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC充电阈值,是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,相应的交流母线配电线路上电压为允许最大值。

[0033] 所述磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC充电阈值为75%~85%。

[0034] 所述交流母线配电线路上电压的允许最大值为405V~415V。

[0035] 所述磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC放电阈值,是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,相应的交流母线配电线路电压为允许最小值。

[0036] 所述磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC放电阈值为25%~35%。

[0037] 所述交流母线配电线路电压的允许最小值为355V~365V。

[0038] 所述双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,是交流母线配电线路的额定电压。

[0039] 所述交流母线配电线路的额定电压为370V~390V。

[0040] 所述微网除所述混合储能系统、EMS外,包括微源、交流母线配电线路、通过第一支路断路器连接所述交流母线配电线路的负荷,以及用于建立系统内部通信的无线传感网络,用户侧大电网通过并网开关连接交流母线配电线路。

[0041] 所述微源包括光伏发电系统及其通过第二支路断路器连接交流母线配电线路的光伏AC/DC,所述光伏发电系统用于充分利用太阳能环保节能,所述光伏AC/DC通过汇流箱与所述光伏发电系统连接,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。

[0042] 所述负荷是模拟交流负荷,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,微网处于孤岛稳态运行时优先对关键负荷UPS负荷持续可靠供电。

[0043] 所述EMS是微网稳定工作的控制系统,包括常用的数据采集和监控系统、自动发电控制系统、电力系统状态估计系统和PC机人机交互部件,以及相应的数据采集、能量管理与网络分析应用程序,通过与电池管理系统(Battery Management System,缩略词为BMS)通信,实时分别检测与判定混合储能系统的储能单元的SOC,实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值,实时显示微网总电压、电流、SOC,以及储能单元电池组的每个电池模组的电压、温度和单个电芯的电压,还通过与光伏系统监控器通信,实时监控光伏发电系统的运行,检测和记录光伏发电系统运行故障,由PC机人机交互部件的显示器显示光伏AC/DC变换器输出的交流电压、电流、功率、频率、当日发电量、总发电量。

[0044] 所述无线传感网络分别与所述EMS、所述光伏AC/DC、所述双向储能DC/DC,以及所述双向储能AC/DC无线连接,用于系统内部通信。

[0045] 本发明的混合储能系统在微网中的能量管理方法技术问题通过以下再进一步的技术方案予以解决。

[0046] 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网络终端与所述双向储能AC/DC之间的第一Zigbee采集器、设置在所述Zigbee网络终端与所述双向储能DC/DC之间的第二Zigbee采集器,以及设置在Zigbee网络终端与所述光伏AC/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双向储能AC/DC、双向储能DC/DC和光伏AC/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采集器分别向所述双向储能AC/DC、双向储能DC/DC和光伏AC/DC下发遥控和遥调指令。

[0047] 所述微网是交流微网、直流微网和交直流微网中的一种。

[0048] 所述微网不必配置无功补偿设备。

[0049] 本发明与现有技术相比的有益效果是:

[0050] 由微网中的能量管理系统在微网运行中实时分别检测与判定本发明的混合储能系统的储能单元的荷电状态,实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值,充分发挥超级电容器迅速补偿电网波动的功能,满足无缝切换以及孤岛暂态运行的要求,保持不间断供电,显著提高供电可靠性,实现微网运营效益及成本最优化。而且由于是交流配电线路,微网中不需要再配置无功补偿设备。

附图说明

- [0051] 图1是应用本发明的混合储能系统具体实施方式的微网组成方框图;
- [0052] 图2是图1中的双向储能DC/DC的组成方框图;
- [0053] 图3是图1中的无线传感网络的组成方框图。

具体实施方式

[0054] 下面结合具体实施方式并对照附图对本发明进行说明。
[0055] 一种设置在如图1所示的交直流微网中的混合储能系统,包括设有磷酸铁锂蓄电池的直流侧磷酸铁锂储能系统3及其双向储能AC/DC 2的第一储能单元和包括设有超级电容器的直流侧超级电容储能系统10的第二储能单元,磷酸铁锂蓄电池直接连接到直流母线配电线路13,直流母线配电线路13与双向储能AC/DC 2的直流侧连接,双向储能AC/DC 2的交流侧通过第三支路断路器17与交流母线配电线路7连接,直流侧磷酸铁锂储能系统3包括容量为 $50\text{kW} \times 2$ 小时的储能电池,用于平抑微网中光伏发电系统5发出的功率波动以及在微网处于孤岛稳态运行时延长对负荷的供电,超级电容储能系统10包括容量为55.3F的超级电容器,用于平抑微网中光伏发电系统5发出的功率波动,以及在微网处于孤岛稳态运行时配合直流侧磷酸铁锂储能系统3供电,以满足对负荷不间断供电的需求。

[0056] 设有双向储能DC/DC 4,其是如图2所示的三相交错并联式结构的双向半桥变换器,双向储能DC/DC 4的一侧与直流侧超级电容储能系统10的超级电容器连接,双向储能DC/DC 4的另一侧与直流母线配电线路13连接,直流母线配电线路13与双向储能AC/DC 2的直流侧连接。

[0057] 双向储能DC/DC 4的总输出电流为三个单元电路输出电流之和,平均电流为三个单元电路输出电流平均值的三倍,其脉动频率也是三个单元电路脉动频率的三倍,使三个单元电路输出电流的纹波会相互抵消,进而使变换器的总输出电流脉动值明显减小,显著提高变换器的等效开关频率,快速对超级电容器充电或放电,充分发挥超级电容器迅速补偿电网波动的功能。双向储能DC/DC快速对超级电容器充电,是以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,双向储能DC/DC处于充电状态。双向储能DC/DC快速对超级电容器放电,是以恒流限压的方式单向为超级电容器放电,双向储能DC/DC处于放电状态。

[0058] 如图1所示的交直流微网,不必配置无功补偿设备,除上述混合储能系统、EMS 8外包括微源、交流母线配电线路7、通过第一支路断路器15连接交流母线配电线路7的模拟交流负荷15,以及用于建立系统内部通信的无线传感网络12,用户侧大电网1通过并网开关14连接交流母线配电线路7。

[0059] 微源包括光伏发电系统5及其通过第二支路断路器16连接交流母线配电线路7的光伏AC/DC 6,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,光

伏AC/DC 6通过汇流箱与光伏发电系统5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。

[0060] 模拟交流负荷15包括照明负荷、空调负荷和不间断UPS负荷11,其中UPS负荷为关键负荷,微网处于孤岛稳态运行时优先对关键负荷UPS负荷持续可靠供电。

[0061] EMS 8是微网稳定工作的控制系统,包括常用的数据采集和监控系统、自动发电控制系统、电力系统状态估计系统和PC机人机交互部件,以及相应的数据采集、能量管理与网络分析应用程序,通过与电池管理系统BMS通信,实时分别检测与判定混合储能系统的储能单元的SOC,实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值,实时显示微网总电压、电流、SOC,以及磷酸铁锂蓄电池的每个电池模组的电压、温度和单个电芯的电压,还通过与光伏系统监控器通信,实时监控光伏发电系统5的运行,检测和记录光伏发电系统5运行故障,由PC机人机交互部件的显示器显示光伏AC/DC变换器6输出的交流电压、电流、功率、频率、当日发电量、总发电量。

[0062] 无线传感网络12分别与EMS 8、光伏AC/DC 6、双向储能DC/DC 4,以及双向储能AC/DC 2无线连接,用于系统内部通信。

[0063] 无线传感网络12是执行MODBUS-RTU通信规约的无线通信网络,如图3所示,包括与EMS 8连接的通信服务器18、与通信服务器18连接的Zigbee网络终端14、设置在Zigbee网络终端14与双向储能AC/DC 2之间的第一Zigbee采集器19、设置在Zigbee网络终端14与双向储能DC/DC 4之间的第二Zigbee采集器20,以及设置在Zigbee网络终端14与光伏AC/DC 6之间的第三Zigbee采集器21,EMS 8通过第一Zigbee采集器19、第二Zigbee采集器20和第三Zigbee采集器21分别接收双向储能AC/DC 2、双向储能DC/DC 4和光伏AC/DC 6上传的遥信和遥测信息,并通过第一Zigbee采集器19、第二Zigbee采集器20和第三Zigbee采集器21分别向双向储能AC/DC 2、双向储能DC/DC 4和光伏AC/DC 6下发遥控和遥调指令。

[0064] 磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC充电阈值为80%,是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值,相应的交流母线配电线路电压为允许最大值为410V。

[0065] 磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC放电阈值为30%,是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值,相应的交流母线配电线路电压为允许最小值为360V。

[0066] 双向储能AC/DC 2整流逆变切换阈值为380V,是交流母线配电线路的额定电压。

[0067] 本具体实施方式的混合储能系统在微网中的能量管理方法,由微网中的EMS 8在微网运行中实时分别检测与判定混合储能系统的储能单元的SOC,实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值,稳定微网的交流母线配电线路7电压,满足照明负荷、空调负荷和不间断UPS负荷11不间断供电的需求,实现微网运行成本最优化。

[0068] 在微网处于并网稳态运行时,调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值如下:

[0069] 如果超级电容储能系统10的超级电容器与磷酸铁锂储能系统3的磷酸铁锂蓄电池SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值30%,由EMS 8发出指令,控制双向储能DC/DC 4处于充电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,且控制双向储能AC/DC 2处于整流状态;

[0070] 如果超级电容储能系统10的超级电容器SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值80%,由EMS 8发出指令,控制双向储能DC/DC4处于待机状态,超级电容器停止

充放电,磷酸铁锂蓄电池继续充电,且控制双向储能AC/DC 2处于整流状态;

[0071] 如果超级电容储能系统10的超级电容器与磷酸铁锂储能系统3的磷酸铁锂蓄电池SOC都是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值80%,由EMS 8发出指令,控制双向储能DC/DC 4和双向储能AC/DC2都处于待机状态,超级电容器停止充放电,由大电网1维持交流母线配电线路7电压稳定;

[0072] 如果要求磷酸铁锂蓄电池放电补充大电网1能量,由EMS 8发出指令,控制双向储能DC/DC 4处于待机状态,超级电容器停止充放电,且控制双向储能AC/DC 2处于逆变状态。

[0073] 在微网处于并网稳态运行切换为孤岛暂态运行时,交流母线配电线路7的电压波动跌落,调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值如下:

[0074] 如果超级电容储能系统10的超级电容器与磷酸铁锂储能系统3的磷酸铁锂蓄电池SOC都是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值80%,由EMS 8发出指令,先控制双向储能DC/DC 4处于放电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器放电,由超级电容器单独在至多20ms的时间内放电出力,快速补偿交流母线配电线路7的电压跌落,此时磷酸铁锂蓄电池不出力,然后,逐渐减小超级电容器的出力,逐渐增大磷酸铁锂蓄电池的出力,再控制双向储能DC/DC 4处于待机状态,超级电容器停止放电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电出力,且控制双向储能AC/DC 2处于逆变状态,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定交流母线配电线路7的电压,在至多20ms的时间内切换到由双向储能DC/DC 4以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容器侧电感电流内环的控制方式维持直流母线配电线路13电压稳定,无缝切换到孤岛稳态运行。

[0075] 在微网处于孤岛稳态运行时,调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值如下:

[0076] 如果微源出力小于负荷需求,交流母线配电线路7电压低于额定电压380V,下降至双向储能AC/DC 2整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值80%,超级电容器的SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值30%,由EMS 8发出指令,控制双向储能DC/DC 4处于充电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电出力,稳定交流母线配电线路7的电压,以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线路13的电压,且控制双向储能AC/DC 2处于逆变状态,以恒流限压的方式工作,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式配合双向储能DC/DC 4稳定交流母线配电线路7的电压,且以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线路13的电压,以保证超级电容器在任何时刻都具备对孤岛暂态的进行至多20ms的电网供电补偿的能力;

[0077] 如果微源出力小于负荷需求,交流母线配电线路7电压低于额定电压380V,下降至双向储能AC/DC 2整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC都是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值80%,由EMS 8发出指令,控制双向储能DC/DC 4处于待机状态,超级电容器停止充放电,磷酸铁锂蓄电池继续单独放电出力,且控制双向储能AC/DC 2处于逆变状态,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定交流母线配电线路7的电压;

[0078] 如果微源出力大于负荷需求,交流母线配电线路7电压高于额定电压380V,上升至

双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC都是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值30%,由EMS 8发出指令,控制双向储能DC/DC 4处于充电状态,以恒流限压的方式单向为超级电容器充电,以保证超级电容器在任何时候都具备在孤岛暂态运行时单独在至多20ms的时间内放电能力,补偿交流母线配电线7的电压跌落,且控制双向储能AC/DC 2处于整流状态,对磷酸铁锂蓄电池单独充电,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式配合双向储能DC/DC 4稳定交流母线配电线7的电压,且以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线13的电压;

[0079] 如果微源出力大于负荷需求,交流母线配电线7电压高于额定电压380V,上升至双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池的SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值30%,超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值80%,由EMS 8发出指令,控制双向储能DC/DC 4处于待机状态,超级电容器停止充放电,且控制双向储能AC/DC 2处于整流状态,对磷酸铁锂蓄电池单独继续充电,吸收光伏发电系统5的多余电量,采用交流母线电压外环、输出电感电流内环的控制方式稳定交流母线配电线7的电压;

[0080] 如果微源出力等于负荷需求,交流母线配电线7电压等于额定电压380V,达到双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值80%,由EMS 8发出指令,控制双向储能DC/DC 4和双向储能AC/DC 2分别都处于待机状态,超级电容器停止充放电;

[0081] 如果微源出力等于负荷需求,交流母线配电线7电压等于额定电压380V,达到双向储能AC/DC整流逆变切换阈值,而混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值80%,超级电容器的SOC是微网必须切除普通负荷时相应的SOC比例阈值30%,由EMS 8发出指令,控制双向储能DC/DC 4处于充电状态,以恒压限流的方式单向为超级电容器充电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电出力,稳定交流母线配电线7的电压,以电压源形式即采用直流母线电压外环、储能超级电容侧电感电流内环的控制方式稳定直流母线配电线13的电压,保证超级电容器在任何时候都具备在孤岛暂态运行时单独在至多20ms的时间内放电能力,补偿交流母线配电线7的电压跌落,且控制双向储能AC/DC 2处于待机状态;

[0082] 如果负荷突然增加,交流母线配电线7电压跌落,微网处于孤岛暂态运行,混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的SOC比例阈值80%,由EMS 8发出指令,先控制双向储能DC/DC 4以恒流限压的方式放电,控制超级电容器单独在至多20ms的时间内放电出力,快速补充增加负荷需要的电量,快速补偿交流母线配电线7的电压跌落,此时磷酸铁锂蓄电池不出力,然后,逐渐减小超级电容器的出力,逐渐增大磷酸铁锂蓄电池的出力,直至进入孤岛稳态运行,再控制双向储能DC/DC 4处于待机状态,超级电容器停止充放电,仅由磷酸铁锂蓄电池单独放电出力,仅用至多200ms无缝切换为孤岛稳态运行,且保证交流母线配电线7电压跌落在稳态电压值的5%以内,以满足孤岛暂态运行的要求;

[0083] 如果负荷突然切掉部分,交流母线配电线7电压骤升,微网处于孤岛暂态运行,混合储能系统的磷酸铁锂蓄电池和超级电容器的SOC是微网足以满足孤岛运行时相应的

SOC比例阈值80%，由EMS 8发出指令，控制双向储能DC/DC 4处于充电状态，以恒流限压的方式单向为超级电容器充电，超级电容器快速吸收切掉部分负荷多余的电量，维持交流母线配电线路7的电压稳定，且控制双向储能AC/DC 2处于逆变状态，磷酸铁锂蓄电池保持原有的充电或放电状态，仅用至多200ms无缝切换为孤岛稳态运行，且保证交流母线配电线路7电压跌落在稳态电压值的5%以内，以满足孤岛暂态运行的要求。

[0084] 本具体实施方式由微网中的能量管理系统在微网运行中实时分别检测与判定本发明的混合储能系统的储能单元的荷电状态，实时分别调整与控制混合储能系统的储能单元的能量流动方向和幅值，充分发挥超级电容器迅速补偿电网波动的功能，满足无缝切换以及孤岛暂态运行的要求，保持不间断供电，显著提高供电可靠性，实现微网运营效益及成本最优化。而且由于是交流配电线路，微网中不需要再配置无功补偿设备。

[0085] 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。

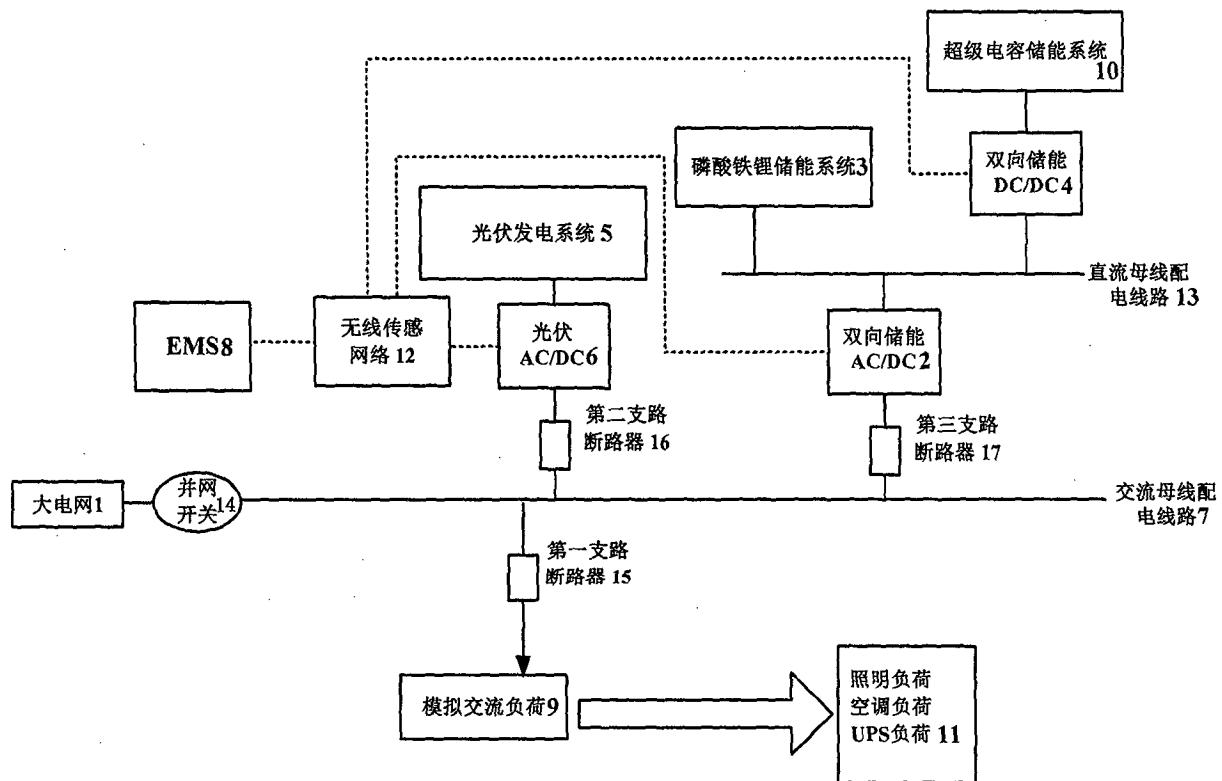


图1

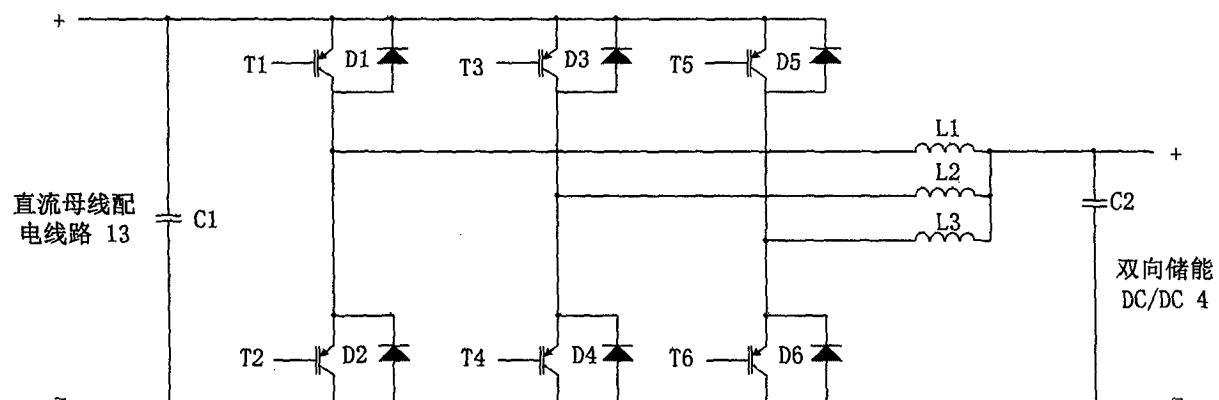


图2

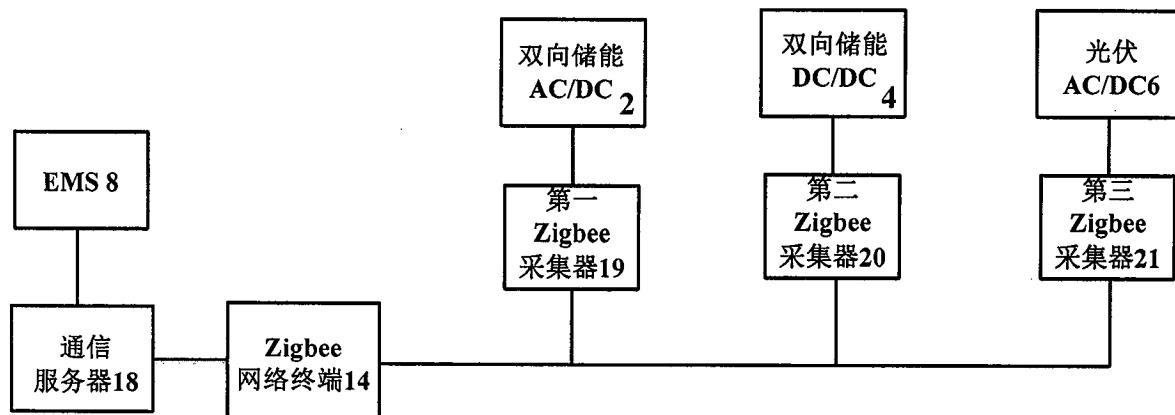


图3