



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104701882 A

(43) 申请公布日 2015.06.10

(21) 申请号 201510131565.8

(22) 申请日 2015.03.25

(71) 申请人 成都鼎智汇科技有限公司

地址 610000 四川省成都市高新区天府大道
中段 1388 号 1 栋 7 层 772 号

(72) 发明人 许驰

(74) 专利代理机构 北京天奇智新知识产权代理
有限公司 11340

代理人 郭霞

(51) Int. Cl.

H02J 3/38(2006.01)

H02J 3/32(2006.01)

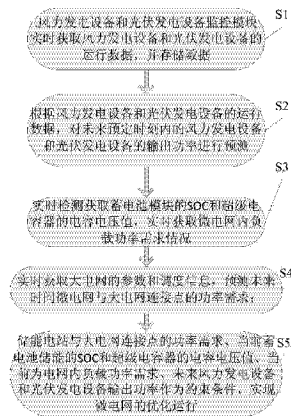
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种可自动实现能量平衡的微电网系统的监控方法

(57) 摘要

一种可自动实现能量平衡的微电网系统的监控方法,该方法包括如下步骤:S1. 风力发电设备和光伏发电设备监控模块实时获取风力发电设备和光伏发电设备的运行数据,并存储数据;S2. 根据风力发电设备和光伏发电设备的运行数据,对未来预定时刻内的风力发电设备和光伏发电设备的输出功率进行预测;S3. 实时检测获取蓄电池模块的SOC和超级电容器的电容电压值,实时获取微电网内负载功率需求情况;S4. 实时获取大电网的参数和调度信息,预测未来时间微电网与大电网连接点的功率需求;S5. 储能电站与大电网连接点的功率需求、当前蓄电池储能的SOC和超级电容器的电容电压值、当前为电网内负载功率需求、未来风力发电设备和光伏发电设备输出功率作为约束条件,实现微电网的优化运行。



1. 一种可自动实现能量平衡的微电网系统的监控方法,该方法包括如下步骤:

S1. 风力发电设备和光伏发电设备监控模块实时获取风力发电设备和光伏发电设备的运行数据,并存储数据;

S2. 根据风力发电设备和光伏发电设备的运行数据,对未来预定时刻内的风力发电设备和光伏发电设备的输出功率进行预测;

S3. 实时检测获取蓄电池模块的 SOC 和超级电容器的电容电压值,实时获取微电网内负载功率需求情况;

S4. 实时获取大电网的参数和调度信息,预测未来时间微电网与大电网连接点的功率需求;

S5. 储能电站与大电网连接点的功率需求、当前蓄电池储能的 SOC 和超级电容器的电容电压值、当前为电网内负载功率需求、未来风力发电设备和光伏发电设备输出功率作为约束条件,实现微电网的优化运行。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在步骤 S2 中采用现有技术中任意风力发电功率预测方法预测风力发电设备的输出功率。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,光伏发电设备包括光伏组件,所述在步骤 S2 中,采用如下方式预测光伏发电设备的输出功率:

S21. 建立光伏组件的出力模型: $P_{pv}(t) = \eta_{inv} \eta_{pv}(t) G(t) S_{pv}$ (1)

式中 S_{pv} 为光伏面板接收太阳光照辐射的面积 (m^2), $G(t)$ 光照辐射数值 (W/m^2), $\eta_{pv}(t)$ 为光伏组件能量转换效率, η_{inv} 为逆变器转换效率;

其中,光伏组件的能量转换效率与环境的温度有关,环境温度对光伏组件能量转换效率的影响为:

$$\eta_{pv}(t) = \eta_r [1 - \beta (T_c(t) - T_{cr})] \quad (2)$$

式中 η_r 为光伏组件标准温度下测试的参考能量转换效率, β 为温度对能量转换效率的影响系数, $T_c(t)$ 为 t 时刻光伏组件的温度值, T_{cr} 为光伏组件参考标准温度值;光伏组件吸收太阳辐射,会与环境温度一起作用引起光伏组件温度发生变化,其表达式如下:

$$T_c(t) - T = \frac{T_{rat} G(t)}{800} \quad (3)$$

式中 T 为周围的环境温度, T_{rat} 光伏组件运行的额定温度;

S22. 实时检测和收集光伏组件的周边的日照信息和环境温度,根据历史日照信息和环境温度,预测未来一段时间内的日照强度和环境温度;

S23. 根据未来一段时间内的日照强度和环境温度,利用上述光伏组件的出力模型计算未来时间内的光伏发电设备的发电功率。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其特征在于,在步骤 S4 中,采用如下步骤实现微电网和大电网连接点处功率需求的追踪和预测:

S41. 规定微电网各处的功率正方向,功率方向以微电网流向大电网为正;

S42. 根据微电网各点的实际功率和公共连接点的功率期望计算微网系统公共连接点处的功率,计算公式为:

$$P_{cc} = P_i - P_{load} \quad (4)$$

式中 P_i 为风光总发电功率预测值, P_{PCC} 为公共连接点向大电网的输出功率, P_{Load} 为微电网内负载的功率的预测值;

S43. 确定 P_{PCC} 的取值范围: $P_{PCC_{min}} \leq P_{PCC} \leq P_{PCC_{max}}$, 此时可使公共连接点的功率保持在配网可接受的潮流范围内, $P_{PCC_{min}}$ 和 $P_{PCC_{max}}$ 为由配网潮流计算得到的最小门槛值和最大门槛值, 当 P_{PCC} 的波动超过上述限定门槛时, 需要调节微网内的储能元件的输出功率以平抑微网公共连接点处的功率。

5. 如权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 在步骤 S5 中采用如下方式实现优化运行:

自动平衡微电网系统的功率波动的目标是利用混合储能吸收风光发电设备出力中的波动部分, 使得间歇性电源并网功率平滑, 具体为:

$$P_{cc} = P_g + P_h$$

其中, P_g 为风光发电设备当前出力, 包括光伏发电模块和风电模块的当前输出功率, P_h 为储能装置输出功率, P_{cc} 为微网系统公共连接点处的功率; 将风光发电设备出力 P_g 减去经低通滤波得到的平滑分量即为储能装置输出功率 P_h , 传递函数为:

$$P_h(s) = -\frac{T_g s}{1 + T_g s} P_g(s)$$

其中, T_g 为滤波时间常数;

混合储能交流侧 DC/AC 变换器 16 采用 PQ 控制 (P 为有功功率, Q 为无功功率) 方式输出 P_h 以平抑风光发电设备的功率波动, 超级电容、第一蓄电池组和第二蓄电池组通过双向 DC/DC 变换器与直流母线进行功率交换, 使用储能装置能量控制方法来控制超级电容电压在限值以内;

为了控制超级电容电压在上下限值以内, 即 $U_{sc_{min}} < U_{sc} < U_{sc_{max}}$, 当超级电容电压 U_{sc} 到达上限预控值 $U_{sc_{up}}$ 或下限预控值 $U_{sc_{down}}$ 时, 通过第一蓄电池组和第二蓄电池组的调节使超级电容电压 U_{sc} 回复到上下限值以内;

其中, $U_{sc_{min}} < U_{sc_{down}} < U_{sc} < U_{sc_{up}} < U_{sc_{max}}$, $U_{sc_{min}}$ 为超级电容电压下限值, U_{sc} 为超级电容电压值, $U_{sc_{max}}$ 为超级电容电压上限值。

6. 如权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 将通过第一蓄电池组和第二蓄电池组调节后超级电容电压恢复值记为 $U_{sc_{ref}}$, 将第一蓄电池组和第二蓄电池组的充放电额定功率记为 P_{cbat} 、 P_{dbat} , 储能装置能量控制方法具体为:

(1) 当 $U_{sc} \leq U_{sc_{down}}$, 超级电容电压达到下限预控值, 此时 $m = 1$, 充电蓄电池组不工作, 放电蓄电池组以额定功率 P_{dbat} 发出功率, 直到超级电容电压恢复到设定值 $U_{sc_{ref}}$;

(2) 当 $U_{sc} \geq U_{sc_{up}}$, 超级电容电压达到上限预控值, 此时 $m = 3$, 放电蓄电池组不工作, 充电蓄电池组以额定功率 P_{cbat} 吸收功率, 直到超级电容电压恢复到设定值 $U_{sc_{ref}}$;

(3) 当 $U_{sc_{down}} < U_{sc} < U_{sc_{up}}$, 超级电容电压在正常范围, 单独由超级电容进行间歇性电源的功率平抑, 此时 $m = 2$, 充电蓄电池组和放电蓄电池组均不工作。

一种可自动实现能量平衡的微电网系统的监控方法

所属技术领域

[0001] 本发明涉一种可自动实现能量平衡的微电网系统的监控方法。

背景技术

[0002] 微电网 (Micro-Grid) 也译为微网, 是一种新型网络结构, 是一组微电源、负荷、储能装置和控制装置构成的系统单元, 能够实现自我控制、保护和管理的自治系统, 既可以与外部电网并网运行, 也可以孤立运行。

[0003] 以风电和光伏发电为主的微电网作为超高压、远距离、大电网供电模式的补充, 代表着电力系统新的发展方向。风能和太阳能资源是清洁的可再生能源, 但存在着随机性和波动性的问题, 给电网带来一系列的影响。功率的波动性程度直接影响电网原有的潮流分布, 当风力发电和光伏发电的渗透率处于较高水平时, 波动性和随机性会给电网的原有运行方式带来巨大的冲击。为了减少这种冲击, 可以在风电机组和光伏电站联合发电的系统中配置大规模储能装置联合运行。

[0004] 储能技术对微电网的实现有重要作用, 其应用在很大程度上解决新能源发电的波动性和随机性问题, 有效提高间歇性微源的可预测性、确定性和经济性。传统的方法是采用单一的蓄电池储能元件来实现系统功率的平抑, 但是由于频繁的充放电对蓄电池组寿命的影响以及单一储能元件往往不能满足系统功率快速自动平衡的需要。

[0005] 此外, 现配置大规模储能装置价格比较昂贵, 因此, 有必要综合考虑输电工程成本, 储能装置成本, 输电收益, 储能装置收益, 建立以综合效益最大化为目标, 给定输电线路输电能力时的储能装置优化配置的方法。

发明内容

[0006] 本发明提供一种一种可自动实现能量平衡的微电网系统的监控方法, 该监控装置可预测微电网中的发电设备的发电功率和微电网中的负载变化, 可追踪和预测微电网和大电网连接点功率, 能制定和实施最适宜的控制策略, 保障微电网在并网时按照大电网的需求快速且平稳提供有功功率和无功功率, 并可提升储能装置的安全性和使用寿命。

[0007] 为了实现上述目的, 本发明提供一种可自动实现能量平衡的微电网系统的监控方法, 该方法包括如下步骤:

[0008] S1. 风力发电设备和光伏发电设备监控模块实时获取风力发电设备和光伏发电设备的运行数据, 并存储数据;

[0009] S2. 根据风力发电设备和光伏发电设备的运行数据, 对未来预定时刻内的风力发电设备和光伏发电设备的输出功率进行预测;

[0010] S3. 实时检测获取蓄电池模块的 SOC 和超级电容器的电容电压值, 实时获取微电网内负载功率需求情况;

[0011] S4. 实时获取大电网的参数和调度信息, 预测未来时间微电网与大电网连接点的功率需求;

[0012] S5. 储能电站与大电网连接点的功率需求、当前蓄电池储能的 SOC 和超级电容器的电容电压值、当前为电网内负载功率需求、未来风力发电设备和光伏发电设备输出功率作为约束条件,实现微电网的优化运行。

[0013] 优选的,在步骤 S2 中采用现有技术中任意风力发电功率预测方法预测风力发电设备的输出功率。

[0014] 优选的,光伏发电设备包括光伏组件,所述在步骤 S2 中,采用如下方式预测光伏发电设备的输出功率:

[0015] S21. 建立光伏组件的出力模型: $P_{pv}(t) = \eta_{inv} \eta_{pv}(t)G(t)S_{pv}$ (1)

[0016] 式中 S_{pv} 为光伏面板接收太阳光照辐射的面积 (m^2), $G(t)$ 光照辐射数值 (W/m^2), $\eta_{pv}(t)$ 为光伏组件能量转换效率, η_{inv} 为逆变器转换效率;

[0017] 其中,光伏组件的能量转换效率与环境的温度有关,环境温度对光伏组件能量转换效率的影响为:

[0018] $\eta_{pv}(t) = \eta_r [1 - \beta(T_c(t) - T_{cr})]$ (2)

[0019] 式中 η_r 为光伏组件标准温度下测试的参考能量转换效率, β 为温度对能量转换效率的影响系数, $T_c(t)$ 为 t 时刻光伏组件的温度值, T_{cr} 为光伏组件参考标准温度值;光伏组件吸收太阳辐射,会与环境温度一起作用引起光伏组件温度发生变化,其表达式如下:

[0020] $T_c(t) - T = \frac{T_{rat} G(t)}{800}$ (3)

[0021] 式中 T 为周围的环境温度, T_{rat} 光伏组件运行的额定温度;

[0022] S22. 实时检测和收集光伏组件的周边的日照信息和环境温度,根据历史日照信息和环境温度,预测未来一段时间内的日照强度和环境温度;

[0023] S23. 根据未来一段时间内的日照强度和环境温度,利用上述光伏组件的出力模型计算未来时间内的光伏发电设备的发电功率。

[0024] 优选的,在步骤 S4 中,采用如下步骤实现微电网和大电网连接点处功率需求的追踪和预测:

[0025] S41. 规定微电网各处的功率正方向,功率方向以微电网流向大电网为正;

[0026] S42. 根据微电网各点的实际功率和公共连接点的功率期望计算微网系统公共连接点处的功率,计算公式为:

[0027] $P_{cc} = P_i - P_{load}$ (4)

[0028] 式中 P_i 为风光总发电功率预测值, P_{PCC} 为公共连接点向大电网的输出功率, P_{Load} 为微电网内负载的功率的预测值;

[0029] S43. 确定 P_{PCC} 的取值范围: $P_{PCC \min} \leq P_{PCC} \leq P_{PCC \max}$,此时可使公共连接点的功率保持在配网可接受的潮流范围内, $P_{PCC \min}$ 和 $P_{PCC \max}$ 为由配网潮流计算得到的最小门槛值和最大门槛值,当 P_{PCC} 的波动超过上述限定门槛时,需要调节微网内的储能元件的输出功率以平抑微网公共连接点处的功率。

[0030] 优选的,在步骤 S5 中采用如下方式实现优化运行:

[0031] 自动平衡微电网系统的功率波动的目标是利用混合储能吸收风光发电设备出力中的波动部分,使得间歇性电源并网功率平滑,具体为:

[0032] $P_{cc} = P_g + P_h$

[0033] 其中, P_g 为风光发电设备当前出力, 包括光伏发电模块和风电模块的当前输出功率, P_h 为储能装置输出功率, P_{cc} 为微网系统公共连接点处的功率; 将风光发电设备出力 P_g 减去经低通滤波得到的平滑分量即为储能装置输出功率 P_h , 传递函数为:

[0034]
$$P_h(s) = -\frac{T_g s}{1 + T_g s} P_g(s)$$

[0035] 其中, T_g 为滤波时间常数;

[0036] 混合储能交流侧 DC/AC 变换器 16 采用 PQ 控制 (P 为有功功率, Q 为无功功率) 方式输出 P_h 以平抑风光发电设备的功率波动, 超级电容、第一蓄电池组和第二蓄电池组通过双向 DC/DC 变换器与直流母线进行功率交换, 使用储能装置能量控制方法来控制超级电容电压在限值以内;

[0037] 为了控制超级电容电压在上下限值以内, 即 $U_{sc_min} < U_{sc} < U_{sc_max}$, 当超级电容电压 U_{sc} 到达上限预控值 U_{sc_up} 或下限预控值 U_{sc_down} 时, 通过第一蓄电池组和第二蓄电池组的调节使超级电容电压 U_{sc} 恢复到上下限值以内;

[0038] 其中, $U_{sc_min} < U_{sc_down} < U_{sc} < U_{sc_up} < U_{sc_max}$, U_{sc_min} 为超级电容电压下限值, U_{sc} 为超级电容电压值, U_{sc_max} 为超级电容电压上限值。

[0039] 优选的, 将通过第一蓄电池组和第二蓄电池组调节后超级电容电压恢复值记为 U_{sc_ref} , 将第一蓄电池组和第二蓄电池组的充放电额定功率记为 P_{cbat} 、 P_{dbat} , 储能装置能量控制方法具体为:

[0040] (1) 当 $U_{sc} \leq U_{sc_down}$, 超级电容电压达到下限预控值, 此时 $m = 1$, 充电蓄电池组不工作, 放电蓄电池组以额定功率 P_{dbat} 发出功率, 直到超级电容电压恢复到设定值 U_{sc_ref} ;

[0041] (2) 当 $U_{sc} \geq U_{sc_up}$, 超级电容电压达到上限预控值, 此时 $m = 3$, 放电蓄电池组不工作, 充电蓄电池组以额定功率 P_{cbat} 吸收功率, 直到超级电容电压恢复到设定值 U_{sc_ref} ;

[0042] (3) 当 $U_{sc_down} < U_{sc} < U_{sc_up}$, 超级电容电压在正常范围, 单独由超级电容进行间歇性电源的功率平抑, 此时 $m = 2$, 充电蓄电池组和放电蓄电池组均不工作。

[0043] 本发明的监控方法具有如下优点: (1) 准确预测风力发电设备和光伏发电设备的输出功率变化情况; (2) 准确预测微电网与大电网连接点的功率变化和微电网内部负载的功率变化; (3) 通过将蓄电池和超级电容优势互补组成混合储能系统来增强储能系统的功率调节能力和调节速度, 同时将蓄电池模块分成充电组和放电组, 有效的提高了蓄电池组的寿命; (4) 控制策略兼顾配大电网调度要求和储能装置运行情况, 可同时为大电网提供有功功率和无功功率, 满足大电网的调度需求和微电网内部负载需求的同时, 可有效抑制微电网的功率波动, 兼顾了供电可靠性, 保障微电网的安全性, 延长了微电网内设备的使用寿命。

附图说明

[0044] 图 1 示出了本发明的一种可自动实现能量平衡的微电网系统及其监控装置的框图;

[0045] 图 2 示出了本发明的微电网系统的运行及监控方法。

具体实施方式

[0046] 图 1 是示出了本发明的一种具有可平抑功率波动的储能装置的微电网 10, 该微电网 10 包括: 光伏发电设备 12、储能装置 13、风力发电设备 14、用于将微电网 10 与大电网 20 连接和隔离的 AC/DC 双向换流模块一 16、直流母线、用于连接光伏发电设备 12 和直流母线的 AC/DC 双向换流模块二 15、负载 17 以及监控装置 11。

[0047] 参见图 1, 该储能装置 13 包括蓄电池模块 131、超级电容器 132 与上述直流母线连接的双向 DC/DC 变换器 133 和 134, 其中双向 DC/DC 变化器 133 连接蓄电池模块 131 和直流母线, 双向 DC/DC 变化器 134 连接超级电容器和直流母线, 所述双向 DC/DC 变换器 133 和 134 均可以包括多个多个 DC/DC 变换模块。

[0048] 优选的, 所述储能装置 13 由蓄电池模块 131 和超级电容组 132 成混合储能, 将蓄电池模块 131 分成独立控制的两个蓄电池分组 (未示出), 每一组蓄电池分组均包括一个以上蓄电池, 将两组蓄电池分组分别称为第一蓄电池组和第二蓄电池组; 超级电容 132、第一蓄电池组和第二蓄电池组分别通过双向 DC/DC 变换器连接在上述直流母线上, 实现超级电容、第一蓄电池组和第二蓄电池组的双向控制。

[0049] 优选的, 将第一蓄电池组作为充电蓄电池组, 将第二蓄电池组作为放电蓄电池组, 充电蓄电池组中的蓄电池处于充电状态或充电完成状态, 放电蓄电池组中的蓄电池处于放电状态或等待放电状态; 当放电蓄电池组中的部分或全部蓄电池的荷电状态到达荷电状态下限时, 调节该部分或全部蓄电池到充电蓄电池组, 同时将充电蓄电池组中达到荷电状态上限的部分或全部蓄电池调节到放电蓄电池组, 重新分配充电蓄电池组和放电蓄电池组, 形成新的第一蓄电池组和第二蓄电池组; 在放电蓄电池组中, 优先驱动荷电量最小的若干蓄电池或放电蓄电池组整体以额定功率输出的方式调节超级电容电压在额定工作范围以内; 在充电蓄电池组中, 优先驱动荷电量最大的若干蓄电池或充电蓄电池组整体进入放电蓄电池组。

[0050] 该监控装置 11 包括: 光伏发电设备监控模块 114, 用于实时监控电池储能装置 10 中的光伏发电设备 12, 并对光伏发电设备 12 的发电功率进行预测; 储能装置监控模块 115, 用于实时监控储能装置 131 中的蓄电池模块 131、超级电容器 132 和 DC/DC 双向换能器 133 和 134; 大电网联络模块 112, 用于实时从大电网 20 调控中心获知大电网 20 的运行情况以及相关调度信息; 并网监控模块 116, 用于控制微电网 10 连接或隔离大电网 20; 中控模块 117, 用于确定微电网 10 的运行策略, 并向上述各模块发出指令, 以执行该供电策略; 风力发电设备监控模块 113, 用于实时监控风力发电设备 14; 负载监控模块 118, 用于实时微电网 10 内的负载 17; 总线模块 111, 用于该监控装置 11 的各个模块的通信联络。

[0051] 通信模块 111, 用于上述各个模块之间的通信, 所述总线通信模块 111 通过冗余双 CAN 总线与其他模块相连。

[0052] 光伏发电设备 12 包括多个光伏发电模块, 光伏发电设备监控模块 114 至少包括光伏发电设备的电压、电流、频率检测设备、光强检测设备。

[0053] 所述风力发电设备监控模块 113 实时获取风力发电设备 12 的运行数据, 并存储数据。

[0054] 储能装置监控模块 116 至少包括蓄电池端电压、电流、SOC 获取设备以及温度检测设备和超级电容器电容电压的检测设备, 可实时监控蓄电池模块的 SOC 和超级电容器的电

容电压。

[0055] 所述 SOC 获取设备包括：第一获取模块，用于获取电池的工作状态；第一确定模块，用于根据电池的工作状态确定用于估算电池荷电状态的估算方法；计算模块，用于按照估算方法计算电池处于不同的工作状态下的电池荷电状态值。

[0056] 第一确定模块包括：第一确定子模块，用于在获取到的工作状态为静止状态的情况下，确定估算方法为第一估算方法，其中，第一估算方法包括开路电压法；第二确定子模块，用于在获取到的工作状态为恢复状态的情况下，确定估算方法为第二估算方法；第三确定子模块，用于在获取到的工作状态为充放电状态的情况下，确定估算方法为第三估算方法，其中，第三估算方法包括卡尔曼滤波法。

[0057] 进一步的，估算方法为第三估算方法，计算模块包括：建立模块，用于利用三阶等效电路建立电池的电池模型；第二确定模块，用于确定电池模型的状态方程和测量方程；第一计算子模块，用于使用状态方程和测量方程计算电池的电池荷电状态值。

[0058] 进一步地，估算方法为第二估算方法，计算模块包括：第二获取模块，用于获取电池在进入恢复状态之前的工作状态；第二计算子模块，用于在电池在进入恢复状态之前的工作状态为放电状态的情况下，按照第一公式计算电池荷电状态值，其中，第一公式为

$$SOC_t = SOC_d + M \times \frac{t}{h \times Q} \times 100\%$$

SOC_t 为恢复状态下的电池荷电状态值， SOC_d 为放电状态终止

时的电池荷电状态值， M 为在电池放电过程中的累积电量， t 为电池在恢复状态下经历的时间， h 为预设的恢复状态的持续时间， Q 为电池的实际容量；第三计算子模块，用于在电池在进入恢复状态之前的工作状态为充电状态的情况下，按照第二公式计算电池荷电状态值，其中，第二公式为 $SOC_t = SOC_c + M \times h \times 100\%$ ， SOC_c 为充电状态终止时的电池荷电状态值。

[0059] 进一步地，估算方法为第一估算方法，计算模块包括：第三获取模块，用于获取电池的开路电压；读取模块，用于读取开路电压对应的电池荷电状态值。

[0060] 优选的，蓄电池模块 131 采用锂电池作为电能存储的基础单元。

[0061] 优选的，所述蓄电池模块 131，包括 n 个电池组，所述 DC/DC 双向变换器 132 具有 n 个 DC/DC 变流器， n 大于等于 3，每个电池组均由一个 DC/DC 变流器控制器充放电，该 n 个 DC/DC 变流器均由储能装置监控模块控制。

[0062] 中控模块 117 至少包括 CPU 单元、数据存储单元和显示单元。

[0063] 大电网联络模块 112 至少包括无线通信设备。

[0064] 并网监控模块 116 至少包括用于检测大电网 20 和微电网 10 电压、电流和频率的检测设备、数据采集单元和数据处理单元。数据采集单元包含采集预处理和 A/D 转换模块，采集八路遥测信号量，包含电网侧 A 相电压、电流，储能电站侧的三相电压、电流。遥测量可通过终端内的高精度电流和电压互感器将强交流电信号 (5A/110V) 不失真地转变为内部弱电信号，经滤波处理后进入 A/D 芯片进行模数转换，经转换后的数字信号经数据处理单元计算，获得风电场储能装置 10 侧的三相电压电流值和大电网 20 侧相电压电流值。

[0065] 参见附图 2，本发明的方法包括如下步骤：

[0066] S1. 风力发电设备和光伏发电设备监控模块实时获取风力发电设备和光伏发电设备的运行数据，并存储数据；

[0067] S2. 根据风力发电设备和光伏发电设备的运行数据，对未来预定时刻内的风力发

电设备和光伏发电设备的输出功率进行预测；

[0068] S3. 实时检测获取蓄电池模块的 SOC 和超级电容器的电容电压值, 实时获取微电网内负载功率需求情况；

[0069] S4. 实时获取大电网的参数和调度信息, 预测未来时间微电网与大电网连接点的功率需求；

[0070] S5. 储能电站与大电网连接点的功率需求、当前蓄电池储能的 SOC 和超级电容器的电容电压值、当前为电网内负载功率需求、未来风力发电设备和光伏发电设备输出功率作为约束条件, 实现微电网的优化运行。

[0071] 优选的, 在步骤 S2 中采用现有技术中任意风力发电功率预测方法预测风力发电设备的输出功率。

[0072] 优选的, 光伏发电设备包括光伏组件, 所述在步骤 S2 中, 采用如下方式预测光伏发电设备的输出功率：

[0073] S21. 建立光伏组件的出力模型： $P_{pv}(t) = \eta_{inv} \eta_{pv}(t) G(t) S_{pv}$ (1)

[0074] 式中 S_{pv} 为光伏面板接收太阳光照辐射的面积 (m^2), $G(t)$ 光照辐射数值 (W/m^2), $\eta_{pv}(t)$ 为光伏组件能量转换效率, η_{inv} 为逆变器转换效率；

[0075] 其中, 光伏组件的能量转换效率与环境的温度有关, 环境温度对光伏组件能量转换效率的影响为：

[0076] $\eta_{pv}(t) = \eta_r [1 - \beta(T_c(t) - T_{cr})]$ (2)

[0077] 式中 η_r 为光伏组件标准温度下测试的参考能量转换效率, β 为温度对能量转换效率的影响系数, $T_c(t)$ 为 t 时刻光伏组件的温度值, T_{cr} 为光伏组件参考标准温度值；光伏组件吸收太阳辐射, 会与环境温度一起作用引起光伏组件温度发生变化, 其表达式如下：

[0078] $T_c(t) - T = \frac{T_{rat} G(t)}{800}$ (3)

[0079] 式中 T 为周围的环境温度, T_{rat} 光伏组件运行的额定温度；

[0080] S22. 实时检测和收集光伏组件的周边的日照信息和环境温度, 根据历史日照信息和环境温度, 预测未来一段时间内的日照强度和环境温度；

[0081] S23. 根据未来一段时间内的日照强度和环境温度, 利用上述光伏组件的出力模型计算未来时间内的光伏发电设备的发电功率。

[0082] 优选的, 在步骤 S4 中, 采用如下步骤实现微电网和大电网连接点处功率需求的追踪和预测：

[0083] S41. 规定微电网各处的功率正方向, 功率方向以微电网流向大电网为正；

[0084] S42. 根据微电网各点的实际功率和公共连接点的功率期望计算微网系统公共连接点处的功率, 计算公式为：

[0085] $P_{cc} = P_i - P_{load}$ (4)

[0086] 式中 P_i 为风光总发电功率预测值, P_{PCC} 为公共连接点向大电网的输出功率, P_{Load} 为微电网内负载的功率的预测值；

[0087] S43. 确定 P_{PCC} 的取值范围： $P_{PCC \min} \leq P_{PCC} \leq P_{PCC \max}$, 此时可使公共连接点的功率保持在配网可接受的潮流范围内, $P_{PCC \min}$ 和 $P_{PCC \max}$ 为由配网潮流计算得到的最小门槛值和最

大阈值,当 P_{PCC} 的波动超过上述限定阈值时,需要调节微网内的储能元件的输出功率以平抑微网公共连接点处的功率。

[0088] 优选的,在步骤 S5 中采用如下方式实现优化运行:

[0089] 自动平衡微电网系统的功率波动的目标是利用混合储能吸收风光发电设备出力中的波动部分,使得间歇性电源并网功率平滑,具体为:

$$[0090] \quad P_{cc} = P_g + P_h$$

[0091] 其中, P_g 为风光发电设备当前出力,包括光伏发电模块和风电模块的当前输出功率, P_h 为储能装置输出功率, P_{cc} 为微网系统公共连接点处的功率;将风光发电设备出力 P_g 减去经低通滤波得到的平滑分量即为储能装置输出功率 P_h ,传递函数为:

$$[0092] \quad P_h(s) = -\frac{T_g s}{1 + T_g s} P_g(s)$$

[0093] 其中, T_g 为滤波时间常数;

[0094] 混合储能交流侧 DC/AC 变换器 16 采用 PQ 控制(P 为有功功率,Q 为无功功率)方式输出 P_h 以平抑风光发电设备的功率波动,超级电容、第一蓄电池组和第二蓄电池组通过双向 DC/DC 变换器与直流母线进行功率交换,使用储能装置 13 能量控制方法来控制超级电容电压在限值以内;

[0095] 为了控制超级电容电压在上下限值以内,即 $U_{sc_min} < U_{sc} < U_{sc_max}$,当超级电容电压 U_{sc} 到达上限预控值 U_{sc_up} 或下限预控值 U_{sc_down} 时,通过第一蓄电池组和第二蓄电池组的调节使超级电容电压 U_{sc} 回复到上下限值以内;

[0096] 其中, $U_{sc_min} < U_{sc_down} < U_{sc} < U_{sc_up} < U_{sc_max}$, U_{sc_min} 为超级电容电压下限值, U_{sc} 为超级电容电压值, U_{sc_max} 为超级电容电压上限值。

[0097] 优选的,将通过第一蓄电池组和第二蓄电池组调节后超级电容电压恢复值记为 U_{sc_ref} ,将第一蓄电池组和第二蓄电池组的充放电额定功率记为 P_{cbat} 、 P_{dbat} ,储能装置能量控制方法具体为:

[0098] (1) 当 $U_{sc} \leq U_{sc_down}$,超级电容电压达到下限预控值,此时 $m = 1$,充电蓄电池组不工作,放电蓄电池组以额定功率 P_{dbat} 发出功率,直到超级电容电压恢复到设定值 U_{sc_ref} ;

[0099] (2) 当 $U_{sc} \geq U_{sc_up}$,超级电容电压达到上限预控值,此时 $m = 3$,放电蓄电池组不工作,充电蓄电池组以额定功率 P_{cbat} 吸收功率,直到超级电容电压恢复到设定值 U_{sc_ref} ;

[0100] (3) 当 $U_{sc_down} < U_{sc} < U_{sc_up}$,超级电容电压在正常范围,单独由超级电容进行间歇性电源的功率平抑,此时 $m = 2$,充电蓄电池组和放电蓄电池组均不工作。

[0101] 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的保护范围。

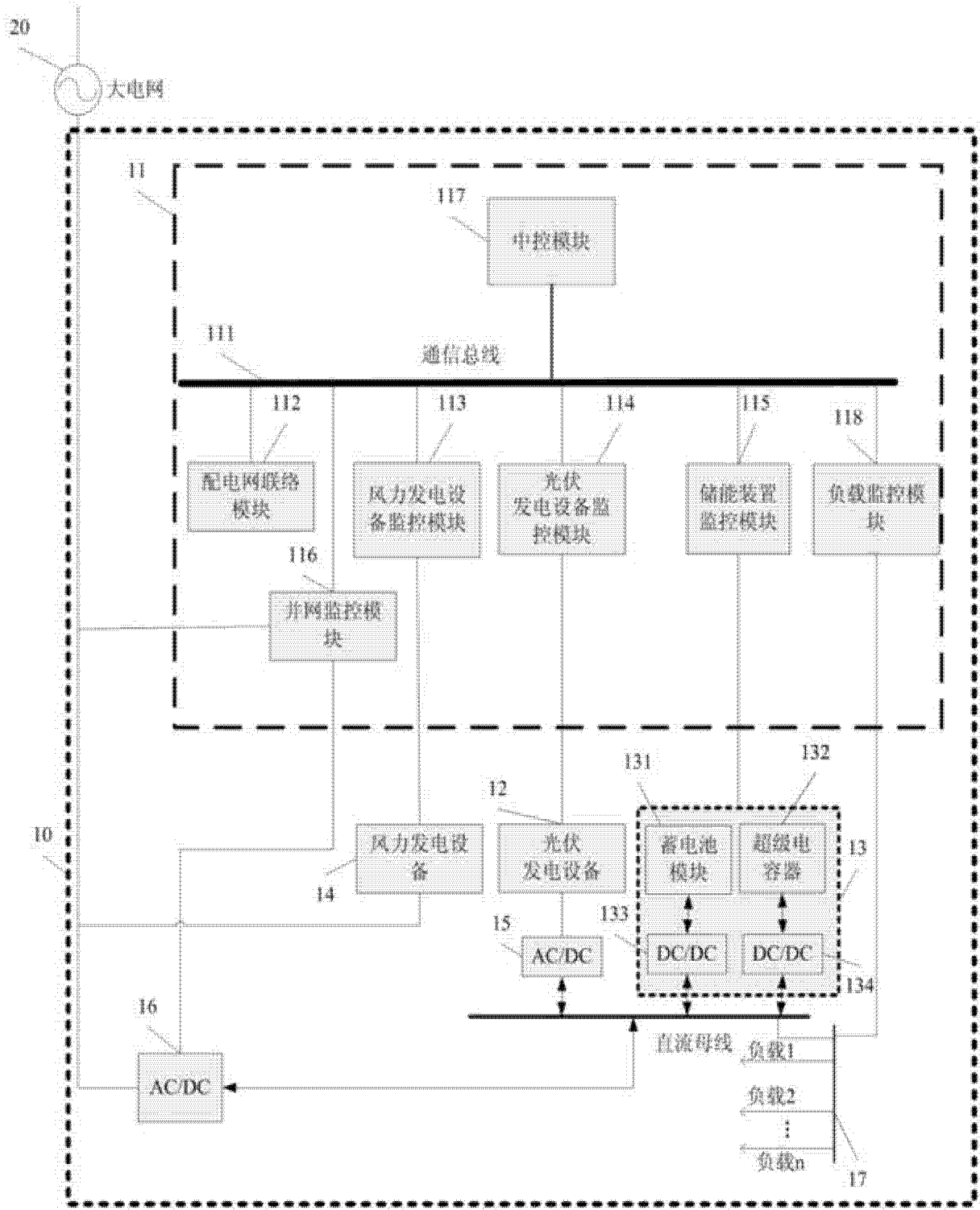


图 1

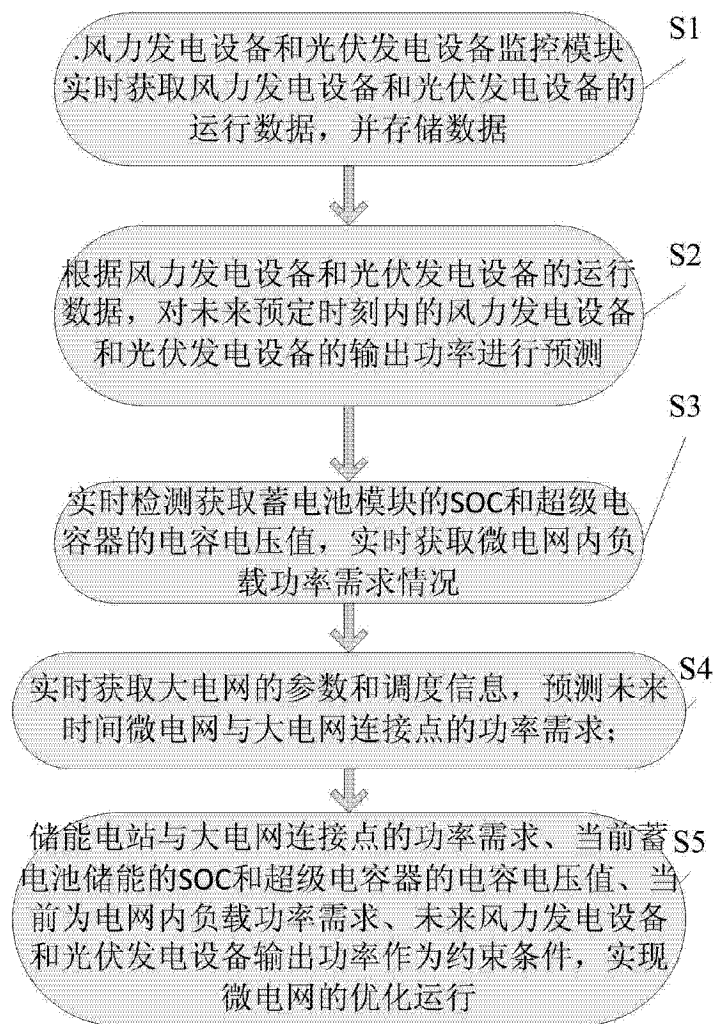


图 2