



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104485672 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 01

(21) 申请号 201410692581. X

(22) 申请日 2014. 11. 26

(71) 申请人 上海载物能源科技有限公司

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号智  
能电网中心大楼 303 室

(72) 发明人 周海洋 李广林 刁慕檀

(74) 专利代理机构 上海东信专利商标事务所

(普通合伙) 31228

代理人 杨丹莉 李丹

(51) Int. Cl.

H02J 3/06(2006. 01)

H02J 3/38(2006. 01)

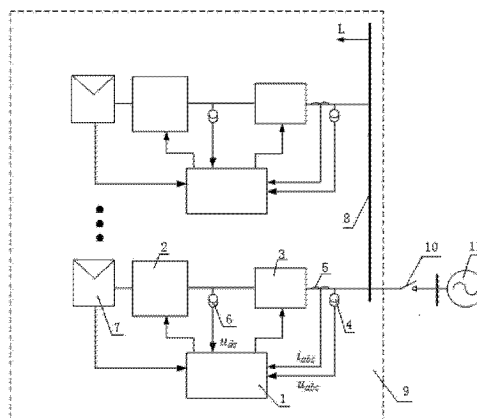
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法,其包括步骤:测量微网中的各光伏逆变模块的交流电压、交流电流和直流电压;在微网并网运行时和微网孤网运行时,分别对各光伏逆变模块进行有功控制和无功控制得到  $u_{dg}$  和  $u_{qg}$ ;根据得到的  $u_{dg}$  和  $u_{qg}$  进而得到三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$ ;根据与各光伏逆变模块对应的三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$  对各光伏逆变模块中的并网逆变单元进行控制。相应地,本发明还公开了一种适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统。



1. 一种适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法,其特征在于,包括步骤:

测量微网中的各光伏逆变模块的交流电压  $u_{abc}$ 、交流电流  $i_{abc}$  和直流电压  $u_{dc}$ ;从交流电压  $u_{abc}$  获得交流电压的幅值  $u_s$ 、交流电的频率  $f$  以及相位  $\theta$ ;从交流电流  $i_{abc}$  获得交流电流的有功幅值  $i_{dg}$ 、无功幅值  $i_{qg}$ ;由  $i_{qg}$  和交流电压的幅值  $u_s$  获得无功功率的测量值  $Q_g$ ;

在微网并网运行时和微网孤网运行时,分别对各光伏逆变模块进行有功控制和无功控制:

有功控制步骤包括:将第一值与直流电压测量值  $u_{dc}$  的差经过外环比例积分控制后输出第一输出值,将所述第一输出值与  $i_{dg}$  做差,其差值经过内环比例积分控制输出第二输出值,将该第二输出值与交流电压幅值  $u_s$  相加,得到  $u_{dg}$ ;无功控制步骤包括:将第二值与所述无功功率的测量值  $Q_g$  的差经过外环比例积分控制后输出第三输出值;将所述第三输出值与  $i_{qg}$  做差,其差值经过内环比例积分后输出  $u_{qg}$ ;

将上述步骤得到的  $u_{dg}$  和  $u_{qg}$  进行 dq/abc 坐标变换,得到三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$ ; dq/abc 坐标变换如下:

$$\begin{bmatrix} u_{ag} \\ u_{bg} \\ u_{cg} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \cos(\theta - 120^\circ) & -\sin(\theta - 120^\circ) \\ \cos(\theta + 120^\circ) & -\sin(\theta + 120^\circ) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{dg} \\ u_{qg} \end{bmatrix}$$

根据与各光伏逆变模块对应的三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$  对各光伏逆变模块中的并网逆变单元进行控制;

其中,当微网并网运行时,所述第一值为直流电压给定值  $U_{dc}^*$ ,所述第二值为无功功率的给定值  $Q_g^*$ ;

当微网孤网运行时,所述第一值为直流电压给定值  $U_{dc}^*$  与  $\sum a_{ij}(f_i - f_j)$  的和;所述第二值为无功功率的给定值  $Q_g^*$  与  $\sum a_{ij}(u_{si} - u_{sj})$  的和,其中  $f_i$  和  $f_j$  分别为对应第  $i$  个光伏逆变模块和第  $j$  个光伏逆变模块的所述交流电的频率  $f$ ,  $u_{si}$ 、 $u_{sj}$  分别为对应第  $i$  个光伏逆变模块和第  $j$  个光伏逆变模块的所述交流电压的幅值  $u_s$ ,  $a_{ij}$  表示第  $j$  个光伏逆变模块传给第  $i$  个光伏逆变模块的信息所加的权重。

2. 如权利要求 1 所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法,其特征在于,  $a_{ij}$  的确定方法为:以各光伏逆变模块的直流电压测量值  $u_{dc}$  与直流电压给定值  $U_{dc}^*$  的能量差异之和最小为目标:

$$\min \sum a_{ij}^2 (u_{dc} - u_{dc}^*)^2$$

$$\text{约束条件为: } \sum (u_{dc} - u_{dc}^*) = 0,$$

以上述能量差异总和最小为目标,根据约束条件,确定相应的权重系数  $a_{ij}$ 。

3. 如权利要求 1 所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法,其特征在于,所述内环比例积分控制的比例系数为  $1 < \text{比例系数} < 10$ ,内环比例积分控制的积分系数为  $0.1 < \text{积分系数} < 1$ 。

4. 如权利要求 1 所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法,其特征在于,

所述外环比例积分控制的比例系数为  $0.2 < \text{比例系数} < 1$ , 外环比例积分控制的积分系数为  $0.01 < \text{积分系数} < 0.1$ 。

5. 一种适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统, 其特征在于, 包括微网系统, 所述微网系统通过开关连接于交流电网, 所述微网系统包括若干个光伏逆变模块, 各光伏逆变模块均包括:

光伏电池, 其将太阳能转化为直流电输出;

直流升压单元, 其直流输入端与光伏电池的输出端连接;

并网逆变单元, 其直流母线与所述直流升压单元的直流输出端连接, 其交流输出端与微网系统的交流母线连接;

直流电压检测装置, 其与直流升压单元的直流输出端连接, 以检测直流升压单元输出的直流电压  $u_{dc}$ ;

交流电流检测装置, 其串接于所述并网逆变单元的交流输出端, 以检测其输出的交流电流  $i_{abc}$ ;

交流电压检测装置, 其与所述并网逆变单元的交流输出端连接, 以检测其输出的交流电压  $u_{abc}$ ;

控制器, 其分别与所述直流电压检测装置、交流电流检测装置和交流电压检测装置连接, 所述控制器还与直流升压单元和并网逆变单元连接;

所述控制器在微网并网运行时和微网孤网运行时, 对并网逆变单元进行有功控制和无功控制, 其中在有功控制时: 将第一值与  $u_{dc}$  的差经过外环比例积分控制后输出第一输出值, 将所述第一输出值与根据  $i_{abc}$  获得交流电流的有功幅值  $i_{dg}$  做差, 其差值经过内环比例积分控制输出第二输出值, 将该第二输出值与根据交流电压  $u_{abc}$  获得的交流电压的幅值  $u_s$  相加, 得到  $u_{dg}$ ; 在无功控制时: 将第二值与无功功率的测量值  $Q_g$  的差经过外环比例积分控制后输出第三输出值; 将所述第三输出值与根据  $i_{abc}$  获得的交流电流的无功幅值  $i_{qg}$  做差, 其差值经过内环比例积分后输出  $u_{qg}$ ; 所述控制器根据  $u_{dg}$  和  $u_{qg}$  得到三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$ ; 所述控制器根据三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$  对并网逆变单元进行控制; 其中, 当微网并网运行时, 所述第一值为直流电压给定值  $U_{dc}^*$ , 所述第二值为无功功率的给定值  $Q_g^*$ ; 当微网孤网运行时, 所述第一值为直流电压给定值  $U_{dc}^*$  与  $\sum a_{ij}(f_i - f_j)$  的和; 所述第二值为无功功率的给定值  $Q_g^*$  与  $\sum a_{ij}(u_{si} - u_{sj})$  的和, 其中  $f_i$  和  $f_j$  分别为对应第  $i$  个光伏逆变模块和第  $j$  个光伏逆变模块的所述交流电的频率  $f$ ,  $u_{si}$ 、 $u_{sj}$  分别为对应第  $i$  个光伏逆变模块和第  $j$  个光伏逆变模块的所述交流电压的幅值  $u_s$ ,  $a_{ij}$  表示第  $j$  个光伏逆变模块传给第  $i$  个光伏逆变模块的信息所加的权重;

所述若干个光伏逆变模块各自对应的各控制器相互之间通讯连接。

6. 如权利要求 5 所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统, 其特征在于, 所述控制器包括数字信号处理器。

7. 如权利要求 5 所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统, 其特征在于, 所述直流电压检测装置包括直流电压传感器。

8. 如权利要求 5 所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统, 其特征在于, 所述交流电压检测装置包括交流电压互感器。

9. 如权利要求 5 所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统, 其特征在于,

所述交流电流检测装置包括交流电流传感器。

10. 如权利要求 5 所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统, 其特征在于, 所述内环比例积分控制的比例系数为  $1 < \text{比例系数} < 10$ , 内环比例积分控制的积分系数为  $0.1 < \text{积分系数} < 1$ 。

11. 如权利要求 5 所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统, 其特征在于, 所述外环比例积分控制的比例系数为  $0.2 < \text{比例系数} < 1$ , 外环比例积分控制的积分系数为  $0.01 < \text{积分系数} < 0.1$ 。

## 适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种光伏逆变组群的控制方法及系统,尤其涉及一种光伏逆变组群的自平衡控制方法及系统。

### 背景技术

[0002] 进入 21 世纪以来,随着世界经济的快速发展,对能源的需求不断增长,世界范围内煤、石油、天然气等不可再生能源供应持续紧张,人类正面临着严峻的能源危机。同时因为大量化石能源的使用产生了日益严重的环境污染问题,极端的天气情况及其引发的自然灾害不断发生,人类的生存环境受到严重威胁。

[0003] 同时,由于当前电力系统已发展成为集中发电、远距离高压输电大型互联网络系统,随着电网规模的不断扩大,这种“大机组、大电厂、大系统、高电压”的超大规模电力系统的弊端也日益显现出来,如运行和调控难度大、经济成本高、无法灵活地实时跟踪负荷变化、难以满足用户对电网可靠性和多样化供电的高要求等。大型互联电力系统中,如果发生局部事故,则极易扩散,导致大面积的停电,近年来世界范围内的各种大面积停电事故,暴露了传统大电网的脆弱性。

[0004] 鉴于上述问题,世界各国开始另辟蹊径,以高效、经济、环保的新能源和可再生能源为主的新型发电技术——基于分布式发电微电源的微网,作为大电网的补充,一方面降低了网损,另一方面,有利于新能源的分布式利用。微网是未来电网实现高效、环保、优质供电的一个重要手段,是对大电网的有益和必要的补充。

[0005] 对我国而言,配电网建设滞后的问题长期存在,推广微网的概念和应用需要解决大量的基础科学理论问题,如微网的系统模型及运行机理、微网在线调度与安全风险评估、微网的控制与保护、提高微网灵活运行能力的关键技术等。在进行这些科学问题的理论研究的同时,需要建立微网试验平台进行实际运行测试,以对理论研究进行试验验证,并对理论分析工作提供实际依据。

[0006] 大规模的微网接入对电网本身会造成冲击,而且从微网本身包含波动性的微电源,到与电网连接的切换等都与传统电网不同。微网复杂的系统组成和灵活多变的运行方式,给其控制和保护带来了巨大的技术挑战。微网可包括分布式微电源、储能设备、负荷等,其控制地点遍及全网,控制手段多样,如何设计考虑全网络特性的分散灵活控制策略以实现电能可在微网与配网之间平滑存贮、安全调运,是微网控制必须解决的难题。此外,微网需要在孤网运行时同样稳定运行,包括对电压、频率的稳定控制。基于分布式光伏逆变的微网中,各风光伏逆变组之间存在相互影响,各风光伏逆变组的状态量存在差异,影响了微网孤网运行的水平。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法,该方法能使得微网的光伏逆变组群自动实现孤网运行下状态量的一致性,达到光伏逆变组之间

的频率、电压平衡。

[0008] 本发明的另一目的在于提供一种适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统，该系统可应用上述方法达到上述功能。

[0009] 为了实现上述目的，本发明提出了一种适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法，其包括步骤：

[0010] 测量微网中的各光伏逆变模块的交流电压  $u_{abc}$ 、交流电流  $i_{abc}$  和直流电压  $u_{dc}$ ；从交流电压  $u_{abc}$  获得交流电压的幅值  $u_s$ 、交流电的频率  $f$  以及相位  $\theta$ ；从交流电流  $i_{abc}$  获得交流电流的有功幅值  $i_{dg}$ 、无功幅值  $i_{qg}$ ；由  $i_{qg}$  和交流电压的幅值  $u_s$  获得无功功率的测量值  $Q_g$ ；

[0011] 在微网并网运行时和微网孤网运行时，分别对各光伏逆变模块进行有功控制和无功控制：

[0012] 有功控制步骤包括：将第一值与直流电压测量值  $u_{dc}$  的差经过外环比例积分控制后输出第一输出值，将所述第一输出值与  $i_{dg}$  做差，其差值经过内环比例积分控制输出第二输出值，将该第二输出值与交流电压幅值  $u_s$  相加，得到  $u_{dg}$ ；无功控制步骤包括：将第二值与所述无功功率的测量值  $Q_g$  的差经过外环比例积分控制后输出第三输出值；将所述第三输出值与  $i_{qg}$  做差，其差值经过内环比例积分后输出  $u_{qg}$ ；

[0013] 将上述步骤得到的  $u_{dg}$  和  $u_{qg}$  进行 dq/abc 坐标变换，得到三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$ ；dq/abc 坐标变换如下：

[0014]

$$\begin{bmatrix} u_{ag} \\ u_{bg} \\ u_{cg} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \cos(\theta - 120^\circ) & -\sin(\theta - 120^\circ) \\ \cos(\theta + 120^\circ) & -\sin(\theta + 120^\circ) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{dg} \\ u_{qg} \end{bmatrix}$$

[0015] 根据与各光伏逆变模块对应的三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$  对各光伏逆变模块中的并网逆变单元进行控制；

[0016] 其中，当微网并网运行时，所述第一值为直流电压给定值  $U_{dc}^*$ ，所述第二值为无功功率的给定值  $Q_g^*$ ；

[0017] 当微网孤网运行时，所述第一值为直流电压给定值  $U_{dc}^*$  与  $\sum a_{ij}(f_i - f_j)$  的和；所述第二值为无功功率的给定值  $Q_g^*$  与  $\sum a_{ij}(u_{si} - u_{sj})$  的和，其中  $f_i$  和  $f_j$  分别为对应第  $i$  个光伏逆变模块和第  $j$  个光伏逆变模块的所述交流电的频率  $f$ ， $u_{si}$ 、 $u_{sj}$  分别为对应第  $i$  个光伏逆变模块和第  $j$  个光伏逆变模块的所述交流电压的幅值  $u_s$ ， $a_{ij}$  表示第  $j$  个光伏逆变模块传给第  $i$  个光伏逆变模块的信息所加的权重。

[0018] 在本发明所述的技术方案中，上述权重  $a_{ij}$  的取值，可令  $a_{ij} = 1/n$ ，其中  $n$  表示光伏逆变模块的总数量，也就是说，每一个光伏逆变模块施加的权重均是相等的。

[0019] 另外，也可以这样确定  $a_{ij}$ ：

[0020] 以各光伏逆变模块的直流电压测量值与直流电压给定值差异之和最小为目标：

$$[0021] \quad \min \sum a_{ij}^2 (u_{dc} - u_{dc}^*)^2$$

[0022] 其中约束条件为：
$$\sum (u_{dc} - u_{dc}^*) = 0$$

[0023] 根据上述能量差异总和最小为目标，根据约束条件，确定相应的权重系数。

[0024] 本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法，用于控制微网中光伏逆变组群的状态量的一致，使得光伏逆变组之间的频率、电压等参数自动达到平衡。该方法包括对微网中光伏逆变组群并网运行和孤网运行两种运行方式下的输出进行控制。并网运行时，微网的各光伏逆变模块的输出相互连接并连接到交流电网，以内环比例积分、外环比例积分以及 dq/abc 坐标变换为控制手段，控制并网逆变单元按照统一的输出频率和输出电压、基于给定的直流电压和无功功率进行输出，最终满足给定，从而实现光伏逆变组群的正常运行。孤网运行时，微网的各光伏逆变模块的输出相互连接并与交流电网断开，以内环比例积分、外环比例积分以及 dq/abc 坐标变换为控制手段，控制并网逆变单元基于给定的直流电压和光伏逆变组之间的频率差异，以及给定的无功功率和光伏逆变组之间的电压差异进行输出，最终满足给定，消除差异，从而使得该输出的频率、电压等参数自动达到平衡。

[0025] 优选地，本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法中，所述内环比例积分控制的比例系数为  $1 < \text{比例系数} < 10$ ，内环比例积分控制的积分系数为  $0.1 < \text{积分系数} < 1$ 。

[0026] 优选地，本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法中，所述外环比例积分控制的比例系数为  $0.2 < \text{比例系数} < 1$ ，外环比例积分控制的积分系数为  $0.01 < \text{积分系数} < 0.1$ 。

[0027] 相应地，本发明还提供了一种适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统，其包括微网系统，所述微网系统通过开关连接于交流电网，所述微网系统包括若干个光伏逆变模块，各光伏逆变模块均包括：

[0028] 光伏电池，其将太阳能转化为直流电输出；

[0029] 直流升压单元，其直流输入端与光伏电池的输出端连接；

[0030] 并网逆变单元，其直流母线与所述直流升压单元的直流输出端连接，其交流输出端与微网系统的交流母线连接；

[0031] 直流电压检测装置，其与直流升压单元的直流输出端连接，以检测直流升压单元输出的直流电压  $u_{dc}$ ；

[0032] 交流电流检测装置，其串接于所述并网逆变单元的交流输出端，以检测其输出的交流电流  $i_{abc}$ ；

[0033] 交流电压检测装置，其与所述并网逆变单元的交流输出端连接，以检测其输出的交流电压  $u_{abc}$ ；

[0034] 控制器，其分别与所述直流电压检测装置、交流电流检测装置和交流电压检测装置连接，所述控制器还与直流升压单元和并网逆变单元连接；

[0035] 所述控制器在微网并网运行时和微网孤网运行时，对并网逆变单元进行有功控制和无功控制，其中在有功控制时：将第一值与  $u_{dc}$  的差经过外环比例积分控制后输出第一输出值，将所述第一输出值与根据  $i_{abc}$  获得交流电流的有功幅值  $i_{dg}$  做差，其差值经过内环比例积分控制输出第二输出值，将该第二输出值与根据交流电压  $u_{abc}$  获得的交流电压的幅值

$u_s$ 相加,得到  $u_{dg}$ ;在无功控制时:将第二值与无功功率的测量值  $Q_g$ 的差经过外环比例积分控制后输出第三输出值;将所述第三输出值与根据  $i_{abc}$ 获得的交流电流的无功幅值  $i_{qg}$ 做差,其差值经过内环比例积分后输出  $u_{qg}$ ;所述控制器根据  $u_{dg}$ 和  $u_{qg}$ 得到三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$ ;所述控制器根据三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$ 对并网逆变单元进行控制;其中,当微网并网运行时,所述第一值为直流电压给定值  $U_{dc}^*$ ,所述第二值为无功功率的给定值  $Q_g^*$ ;当微网孤网运行时,所述第一值为直流电压给定值  $U_{dc}^*$ 与  $\sum a_{ij}(f_i - f_j)$ 的和;所述第二值为无功功率的给定值  $Q_g^*$ 与  $\sum a_{ij}(u_{si} - u_{sj})$ 的和,其中  $f_i$ 和  $f_j$ 分别为对应第  $i$ 个光伏逆变模块和第  $j$ 个光伏逆变模块的所述交流电的频率  $f$ ,  $u_{si}$ 、 $u_{sj}$ 分别为对应第  $i$ 个光伏逆变模块和第  $j$ 个光伏逆变模块的所述交流电压的幅值  $u_s$ ,  $a_{ij}$ 表示第  $j$ 个光伏逆变模块传给第  $i$ 个光伏逆变模块的信息所加的权重;

[0036] 所述若干个光伏逆变模块各自对应的各控制器相互之间通讯连接。

[0037] 本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统,可自动控制微网中光伏逆变组群的状态量的一致,使得光伏逆变组之间的频率、电压等参数自动达到平衡。该系统通过控制器对微网中光伏逆变组群并网运行和孤网运行两种运行方式下的输出进行控制。其控制原理和上述方法是相同的,在此不再赘述。

[0038] 进一步地,本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统中,所述控制器包括数字信号处理器。

[0039] 进一步地,本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统中,所述直流电压检测装置包括直流电压传感器。

[0040] 进一步地,本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统中,所述交流电压检测装置包括交流电压互感器。

[0041] 进一步地,本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统中,所述交流电流检测装置包括交流电流传感器。

[0042] 优选地,本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统中,所述内环比例积分控制的比例系数为  $1 < \text{比例系数} < 10$ ,内环比例积分控制的积分系数为  $0.1 < \text{积分系数} < 1$ 。

[0043] 优选地,本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统中,所述外环比例积分控制的比例系数为  $0.2 < \text{比例系数} < 1$ ,外环比例积分控制的积分系数为  $0.01 < \text{积分系数} < 0.1$ 。

[0044] 本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法与现有技术相比,具有以下有益效果:

[0045] 1) 自动实现了微网孤网运行下各光伏逆变组之间状态量的一致性;

[0046] 2) 提高了微网的孤网运行水平;

[0047] 3) 无需增加上级微网能量管理器,自动实现光伏逆变组之间的频率、电压平衡;

[0048] 4) 在并网运行和孤网运行两种运行方式之间,本发明的方法无缝切换。

[0049] 本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统同样具有上述效果。

## 附图说明

[0050] 图1为本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统在一种实施



方式下的结构示意图。

[0051] 图 2 为本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统在一种实施方式下的直流升压单元的拓扑图。

[0052] 图 3 为本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统在一种实施方式下的并网逆变单元的拓扑图。

[0053] 图 4 为本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法在一种实施方式下的控制原理图。

## 具体实施方式

[0054] 下面将结合说明书附图和具体的实施例对本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法及系统做进一步的解释和说明。

[0055] 图 1 示意了本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统在一种实施方式下的结构。如图 1 所示,本实施例中的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制系统包括:微网系统 9,该微网系统 9 通过快速开关 10 连接于交流电网 11,微网系统 9 包括若干个相互之间通讯连接的光伏逆变模块,各光伏逆变模块均包括:光伏电池 7,其将太阳能转化为直流电输出;直流升压单元 2,其直流输入端与光伏电池 7 的输出端连接;并网逆变单元 3,其直流母线与直流升压单元 2 的直流输出端连接,其交流输出端与微网系统 9 的交流母线 8 连接;交流母线 8 与本地负荷 L 连接;直流电压传感器 6,其与直流升压单元 2 的直流输出端连接,以检测直流升压单元 2 输出的直流电压  $u_{dc}$ ;交流电流传感器 5,其串接于并网逆变单元 3 的交流输出端,以检测其输出的交流电流  $i_{abc}$ ;交流电压互感器 4,其与并网逆变单元 3 的交流输出端连接,以检测其输出的交流电压  $u_{abc}$ ;包括数字信号处理器的控制器 1,控制器 1 的直流电压输入端与直流电压传感器 6 的输出端连接,控制器 1 的交流电流输入端与交流电流传感器 5 的输出端连接,控制器 1 的交流电压输入端与交流电压互感器 4 的输出端连接,此外,控制器 1 的直流升压控制端与直流升压单元 2 相应的控制端连接,控制器 1 的并网逆变控制端与并网逆变单元 3 相应的控制端连接。

[0056] 图 2 显示了本实施例的直流升压单元 2 的拓扑结构。如图 2 所示,本实施例的直流升压单元 2 包括三极管 21、二极管 22、电抗器 23 以及电容 24,连接方式如图所示,其输入为直流输入  $V_I$ ,其输出为直流输出  $V_O$ 。

[0057] 图 3 显示了本实施例的并网逆变单元 3 的拓扑结构。如图 3 所示,本实施例的并网逆变单元 3 包括六个三极管 31,连接方式如图所示,其输入为直流母线正极 + 和直流母线负极 -,其输出为交流输出  $A_0$ 。

[0058] 图 4 给出了本发明所述的适用于微网的光伏逆变组群的自平衡控制方法在一种实施方式下的控制原理,该控制原理即本实施例的控制器 1 所采用的控制原理。

[0059] 结合参考图 1-4,本实施例工作时,首先,控制器 1 进行初始化,包括设定直流电压给定值  $U_{dc}^*$ 、无功功率的给定值  $Q_g^*$ 、光伏逆变单元的滤波电感值  $L_g$ 、内环比例积分 PI 控制的比例系数 (1 ~ 10),内环比例积分 PI 控制的积分系数 (0.1 ~ 1);外环比例积分 PI 控制的比例系数 (0.2 ~ 1),外环比例积分 PI 控制的积分系数 (0.01 ~ 0.1);状态差值权重系数  $a_{ij}$  (0 ~ 1)。之后,控制器 1 通过交流电压互感器 4、交流电流传感器 5 以及直流电压传感器 6 测量获得微网中的各光伏逆变模块的交流电压  $u_{abc}$ 、交流电流  $i_{abc}$  和直流电压  $u_{dc}$ ;从

交流电压  $u_{abc}$  获得交流电压的幅值  $u_s$ 、交流电的频率  $f$ 、相位  $\theta$ ；从交流电流  $i_{abc}$  获得交流电流的有功幅值  $i_{dg}$ 、无功幅值  $i_{qg}$ ；由  $i_{qg}$  和交流电压的幅值  $u_s$  获得无功功率的测量值  $Q_g$ 。控制器 1 在微网并网运行时（快速开关 10 闭合）和微网孤网运行时（快速开关 10 断开），对并网逆变单元 3 进行有功控制和无功控制，其中在有功控制时：将第一值 D1 与  $u_{dc}$  的差经过外环比例积分 PI 控制后输出第一输出值，将第一输出值与有功幅值  $i_{dg}$  做差，其差值经过内环比例积分 PI 控制输出第二输出值，将该第二输出值与交流电压的幅值  $u_s$  相加，得到  $u_{dg}$ ；在无功控制时：将第二值 D2 与无功功率的测量值  $Q_g$  的差经过外环比例积分 PI 控制后输出第三输出值；将第三输出值与无功幅值  $i_{qg}$  做差，其差值经过内环比例积分 PI 后输出  $u_{qg}$ ；控制器 1 对  $u_{dg}$  和  $u_{qg}$  进行 dq/abc 坐标变换得到三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$ ；控制器 1 根据三相逆变控制量  $u_{ag}$ 、 $u_{bg}$ 、 $u_{cg}$  对并网逆变单元 3 进行控制；其中，当微网并网运行时，控制器 1 对各光伏逆变模块进行最大功率跟踪控制，第  $i$  个光伏逆变模块的并网逆变单元 3 测到的频率与第  $j$  个光伏逆变模块的并网逆变单元 3 测到的频率相等，即  $f_i = f_j$ ，则上述第一值 D1 为直流电压给定值  $U_{dc}^*$ ，第  $i$  个光伏逆变模块的并网逆变单元 3 测到的本地交流电压与第  $j$  个光伏逆变模块的并网逆变单元 3 测到的电压相等，即  $u_i = u_j$ ，上述第二值 D2 为无功功率的给定值  $Q_g^*$ ；当微网孤网运行时，控制器 1 对各光伏逆变模块进行自平衡控制，各个光伏逆变模块的并网逆变单元 3 本地频率存在偏差，即  $f_i \neq f_j$ ，上述第一值 D1 为直流电压给定值  $U_{dc}^*$  与  $\sum a_{ij}(f_i - f_j)$  的和，各个光伏逆变模块的并网逆变单元 3 本地交流电压存在偏差，即  $u_{si} \neq u_{sj}$ ，上述第二值 D2 为无功功率的给定值  $Q_g^*$  与  $\sum a_{ij}(u_{si} - u_{sj})$  的和；其中  $f_i$  和  $f_j$  分别为对应第  $i$  个光伏逆变模块和第  $j$  个光伏逆变模块的交流电的频率  $f$ ， $u_{si}$ 、 $u_{sj}$  分别为对应第  $i$  个光伏逆变模块和第  $j$  个光伏逆变模块的交流电压的幅值  $u_s$ ， $a_{ij}$  表示第  $j$  个光伏逆变模块传给第  $i$  个光伏逆变模块的信息所加的权重。

[0060] 上述 dq/abc 坐标变换如下：

[0061]

$$\begin{bmatrix} u_{dg} \\ u_{bg} \\ u_{cg} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \cos(\theta - 120^\circ) & -\sin(\theta - 120^\circ) \\ \cos(\theta + 120^\circ) & -\sin(\theta + 120^\circ) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{dg} \\ u_{qg} \end{bmatrix}$$

[0062] 在本实施例中， $a_{ij}$  采用下述方法确定：以各光伏逆变模块的直流电压测量值与直流电压给定值能量差异之和最小为目标：

$$[0063] \quad \min \sum a_{ij}^2 (u_{dc} - u_{dc}^*)^2$$

$$[0064] \quad \text{其中约束条件为：} \sum (u_{dc} - u_{dc}^*) = 0$$

[0065] 根据上述能量差异总和最小为目标，根据约束条件，确定相应的权重系数。

[0066] 要注意的是，以上列举的仅为本发明的具体实施例，显然本发明不限于以上实施例，随之有着许多的类似变化。本领域的技术人员如果从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形，均应属于本发明的保护范围。

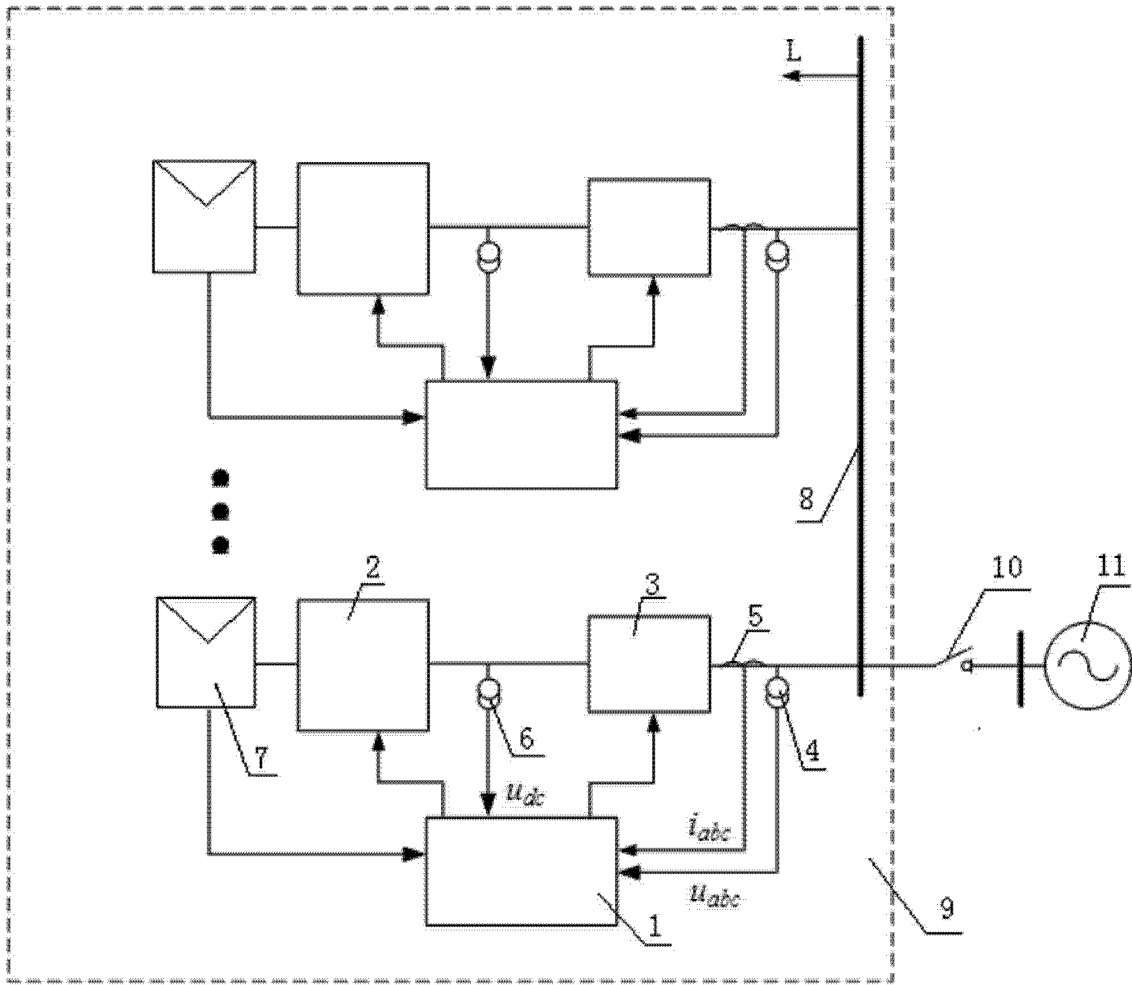


图 1

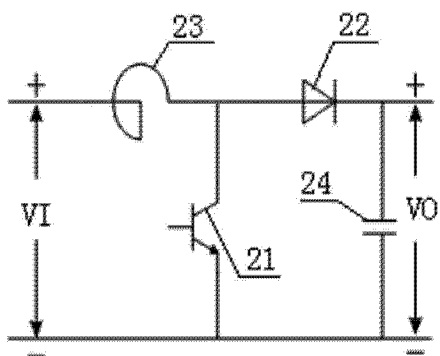


图 2

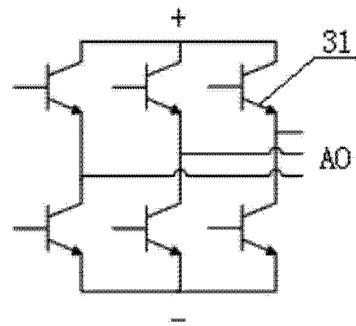


图 3

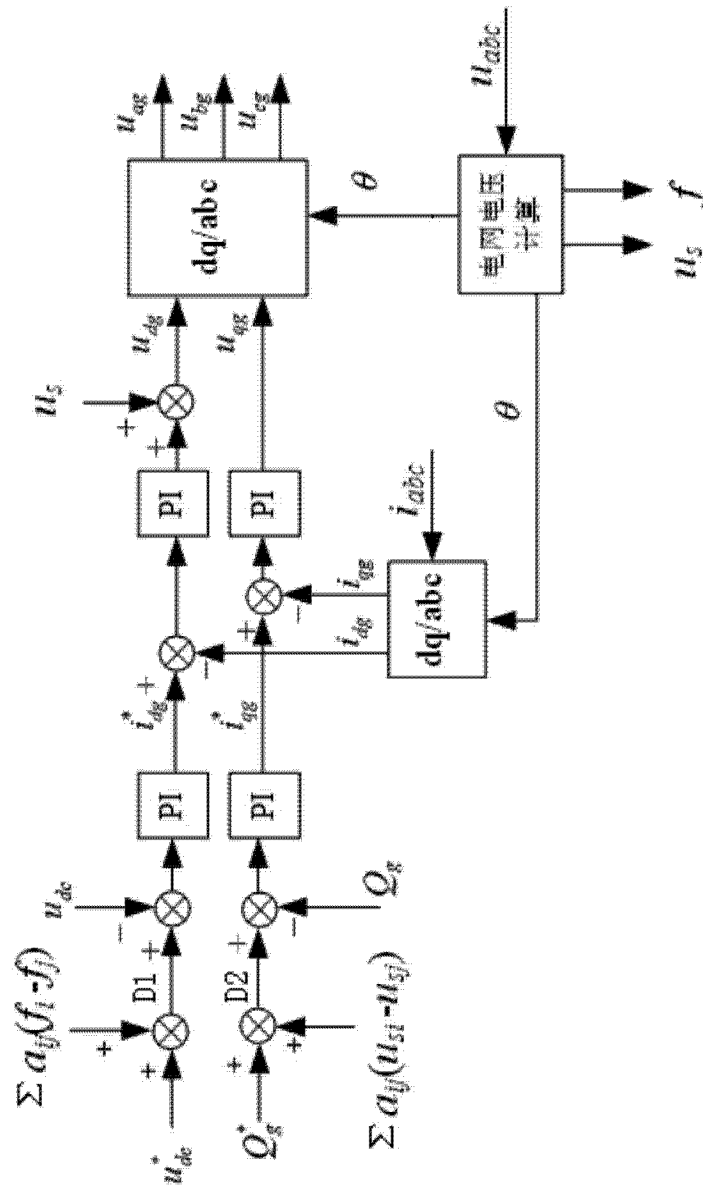


图 4