

(10) 国际公布号
WO 2014/173002 A1

[见续页]

AA	DETERMINING WHETHER THE VOLTAGE VALUE OF A POWER GRID IS LESS THAN THE UPPER LIMIT OF A LOW VOLTAGE VALUE
BB	CONTROLLING AN INVERTER TO OPERATE PROPERLY
CC	DETERMINING WHETHER THE VOLTAGE VALUE OF THE POWER GRID IS LESS THAN THE LOWER LIMIT OF THE LOW VOLTAGE VALUE
DD	CONTROLLING AN INVERTER CURRENT VALUE OUTPUTTED BY THE INVERTER TO BE EQUAL TO A TARGET ACTIVE CURRENT VALUE, AND AN OUTPUTTED INACTIVE CURRENT VALUE TO BE EQUAL TO A TARGET INACTIVE CURRENT VALUE
EE	CONTROLLING THE INVERTER TO STOP OPERATING
FF	CONTROLLING WHETHER THE VOLTAGE VALUE OF THE POWER GRID IS EQUAL TO THE LOWER LIMIT OF THE LOW VOLTAGE VALUE
GG	DOES THE DURATION REACH T1?
HH	DOES THE DURATION REACH T2?
JJ	CONTROLLING THE INVERTER TO STOP OPERATING
KK	YES
KK	NO

[见续页]



CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种光伏并网逆变器的低压穿越控制方法及装置。该控制方法包括：判断电网电压值是否小于低压值上限并且是否不大于低压值下限，当判断电网的有效电压值小于低压值上限并且大于低压值下限时，控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值，使得逆变器在低压穿越状态下输出的总电流与在常态下输出的电流的比较差值小于预设值。该方法及装置解决了逆变器低压穿越控制时忽略的电流波形及幅度控制而导致的稳定性差等问题，使得电压暂降前后的总电流变化小，从而支撑、稳定电网。

光伏并网逆变器的低压穿越控制方法及装置

技术领域

本公开涉及电力控制领域，尤其涉及一种光伏并网逆变器控制方法及装置。

背景技术

光伏并网是指将太阳能电池方阵或光伏电站并入电网实现供电的电力网络。低压穿越（LVRT: Low Voltage Ride Through）是指在光伏并网电力网络发生电压暂降时，直流侧如光伏电站能够保持与交流侧电网的连接，通过逆变器将直流侧的直流电压转换成交流侧电网的交流电压，支撑到电网故障恢复，从而穿越电压跌落时间，以避免引起电网故障扩大化，提高供电可靠性。电压暂降是指母线电压有效值大幅快速下降且持续时间极短的突发事件。

当光伏电站或太阳能电池方阵在电网中供电比重大、渗透率高时，若光伏电站电压暂降时采取立即从供电网络切除的被动保护方式解列，将导致有功出力的大量减少，供电系统的恢复难，甚至可能引起其他机组的解列，导致大规模停电，扩大故障。在这种情况下，低电压穿越能力就是必须的。

在目前的光伏并网逆变器的低电压穿越控制方法及装置中，忽略了对逆变器输出电流的控制，导致在电压大幅度跌落时出现电流波动失真状况严重、输出电能质量受到严重影响的问题，因此光伏并网逆变器的低电压穿越控制方法及控制装置均需要进一步优化改进。

发明内容

（一）发明目的

本公开旨在提供一种在电压暂降时光伏并网直流侧输出的电流波动小、低压穿越能力强、系统稳定性高、可靠性高的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法及装置。

（二）技术方案

为达上述目的，本公开实施例提供了一种光伏并网逆变器的低压穿越控制方法，包括以下步骤：判断电网的有效电压值是否小于低压值上限；当判断电网的有效电压值不小于低压值上限时，控制逆变器正常运行；以及当判

断电网的有效电压值小于低压值上限时，判断电网电压值是否小于低压值下限，当判断电网的有效电压值小于低压值下限时，控制逆变器停止工作，而当判断电网的有效电压值不小于低压值下限时，控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值，其中，所述逆变器在低压穿越状态下输出的总电流与在常态下输出的电流的比较差值小于预设值。

在一个示例中，所述光伏并网逆变器的低压穿越控制方法还包括：当判断电网的有效电压值小于低压值上限时，对电网的有效电压值不小于低压值下限的持续时间计时，并判断电网的有效电压值是否等于低压值下限；当判断电网的有效电压值等于低压值下限时，判断持续时间是否达到预设时间T1，当判断持续时间达到预设时间T1时，控制逆变器停止工作，当判断持续时间未达到预设时间T1时，控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值；以及当判断电网的有效电压值不等于低压值下限时，判断持续时间是否达到预设时间T2，当判断持续时间达到预设时间T2时，控制逆变器停止工作，当判断持续时间未达到预设时间T2时，控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值。

在一个示例中，所述光伏并网逆变器的低压穿越控制方法还包括：采集直流侧的电压信号、电流信号以及采集交流侧电网的电压、电流信号。

其中，当判断电网的有效电压值不小于低压值上限时，控制逆变器正常输出的有功电流值等于根据所采集的信号经由MPPT算法及电压PI控制得出的常态目标电流值并且控制逆变器输出的无功电流值为零。

在一个示例中，所述光伏并网逆变器的低压穿越控制方法还包括：在低压穿越状态下获取目标有功电流值以及目标无功电流值，所述目标有功电流值 i_d^* 为预设的电网正常时刻逆变器输出的有功电流值 i_d' ；所述目标无功电流值 i_q^* 为 $i_q^* = \sqrt{(n^2 - 1)} \times i_d'$ ，其中，n为预设的逆变器输出总电流的变化幅度。

此外，本公开实施例还提供了一种光伏并网逆变器的低压穿越控制装置，包括控制单元；所述控制单元判断电网的有效电压值是否小于低压值上限；当判断电网的有效电压值不小于低压值上限时，所述控制单元控制逆变器正常运行；以及当判断电网的有效电压值小于低压值上限时，所述控制单元判断电网电压值是否小于低压值下限，当判断电网的有效电压值小于低压值下

限时, 所述控制单元控制逆变器停止工作, 而当判断电网的有效电压值不小于低压值下限时, 所述控制单元控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值, 其中, 所述逆变器在低压穿越状态下输出的总电流与在常态下输出的电流的比较差值小于预设值。

5 在一个示例中, 所述光伏并网逆变器的低压穿越控制装置还包括计时单元;

 当判断电网的有效电压值小于低压值上限时, 所述计时单元对电网的有效电压值不小于低压值下限的持续时间计时, 并且所述控制单元判断电网的有效电压值是否等于低压值下限; 当判断电网的有效电压值等于低压值下限时,
10 所述控制单元判断持续时间是否达到预设时间T1, 当判断持续时间达到预设时间T1时, 控制逆变器停止工作, 当判断持续时间未达到预设时间T1时, 控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值; 以及当判断电网的有效电压值不等于低压值下限时, 所述控制单元判断持续时间是否达到预设时间T2, 当判断持续时间达到预设时间
15 T2时, 控制逆变器停止工作, 当判断持续时间未达到预设时间T2时, 控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值。

 在一个示例中, 所述光伏并网逆变器的低压穿越控制装置还包括采样单元; 所述采样单元包括用以采集直流侧的电压信号和电流信号的直流采样模块以及采集交流侧电网的电压信号和电流信号的交流采样模块; 其中, 所述
20 控制单元包括常态控制模块, 当电网的有效电压值不小于低压值上限时, 所述常态控制模块控制逆变器正常输出的有功电流值等于根据所述采样单元采集的信号经由MPPT算法及电压PI控制计算得出的常态目标电流并且控制逆变器正常输出的无功电流值为零。

25 在一个示例中, 所述控制单元还包括用以在低压穿越状态下获取目标有功电流值以及目标无功电流值的低压穿越状态控制模块, 所述目标有功电流值 i_d^* 为预设的电网正常时刻逆变器输出的有功电流值 i_d' ; 所述目标无功电流值 i_q^* 为 $i_q^* = \sqrt{(n^2 - 1)} \times i_d'$; 其中, n 为预设的逆变器输出总电流的变化幅度。

 (三) 本公开实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法及装置的有益效果:
30

 根据本公开实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法及装置, 当出

现电压暂降时，采用无功电流补偿的方式，使得逆变器输出的总电流接近常态时输出的电流，从而电流波动小且失真小，从而提高了光伏并网直流侧的低压穿越能力，使得电网的稳定性、可靠性均得到提高，且防止了因电压暂降导致的光伏供电部分自动解列而引起的其他机组的解列所造成大规模停电、电网瘫痪现象。

附图说明

图1为光伏并网逆变器认证检测标准规定的图示；

图2为本公开实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法的流程图；

10 图3为本公开实施例的常态下的常态目标有功电流值的求解图示；以及

图4为本公开实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制装置与光伏并网的连接结构示意图。

具体实施方式

15 下面结合说明书附图以及实施例对光伏并网逆变器低压穿越控制方法及装置做进一步的说明。

实施例一：

下面，将描述根据本实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法。

20 首先，在步骤S1，判断电网的有效电压值是否小于低压值上限。通常，可以将所述低压值上限选择为额定电压的0.9倍。

当在步骤S1中判断电网的有效电压值不小于低压值上限时，则控制逆变器正常运行。若电网的有效电压值为大于或等于低压值上限，则表示此时的光伏并网没有出现电压暂降的现象而是处于正常工作状态，故所述逆变器正常运行即可。

25 当在步骤S1中判断电网的有效电压值小于低压值上限时，则根据本实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法进入步骤S2。

在步骤S2中，判断电网的有效电压值是否小于低压值下限。通常，可以将所述低压值下限选择为额定电压的0.2倍。

30 当在步骤S2中判断电网的有效电压值小于低压值下限时，则控制逆变器停止工作。通常，若电网侧的有效电压值过低，例如低于低压值下限，则将逆变器停止工作，光伏电站从电力网络中解列。通常使逆变器停止工作的方

法是通过断路器将相应的电路直接断开，从而逆变器以及光伏电站或太阳能电池从电力网络中脱离。

当在步骤 S2 中判断电网的有效电压值不小于低压值下限时，则控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值。目标有功电流值以及无功电流值的取值，根据不同的光伏电网的网络参数以及常态下的运行状况的不同而不同。通过适当地选择目标有功电流值以及无功电流值，使得逆变器在低压穿越状态下输出的总电流与在常态下输出的电流的比较差值小于预设值即可。

当电网的有效电压值小于低压值上限且大于或等于低压值下限时，需要保持光伏电站或太阳能电池方阵穿越该段低压时间，在传统的控制方法中，通常忽视了对低压穿越时间内变压器输出的电流波形以及幅度的保持，而在本实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法中，控制逆变器输出有功电流值以及无功电流值，在功率低的情况下，采用无功功率进行补偿，从而达到保持在低压穿越时间内逆变器输出电流波形失真小、幅度变化小，从而保证电能质量，提高光伏并网的稳定性、可靠性，防止光伏并网中光伏供电部分的解列导致大规模停电并扩大故障的问题。

实施例二：

如图 1 所示，光伏并网逆变器认证检测标准《并网光伏发电专用逆变器技术要求和试验方法》CGC:2010 中规定，对专门适用于大型光伏电站的中高压型逆变器应具备一定的耐受异常电压的能力，避免在电网电压异常时脱离，引起电网电源的不稳定，做出了如下要求；

其中， U_{L0} 为正常运行的低压值上限；

U_{L1} 为需要耐受的低压值下限；

T1 为电压跌落到 U_{L1} 时需要保持并网的时间；

T2 为电压跌落到 U_{L0} 时需要保持并网的时间。

U_{L1} 、T1、T2 数值的确定需考虑保护和重合闸动作时间等实际情况，通常 U_{L0} 取 0.9 倍额定电压， U_{L1} 取为 0.2 倍额定电压，T1 设定为 1S，T2 设定为 2S。

根据上述要求，根据本实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法在

实施例一的基础上，增加了步骤 S3。

将参考图 2 来描述根据本实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法。

首先，在步骤 S1 中，判断电网的有效电压值是否小于低压值上限 U_{L0} 。

5 当在步骤 S1 中判断电网的有效电压值不小于低压值上限时，则控制逆变器正常运行。

当在步骤 S1 中判断电网的有效电压值小于低压值上限时，则根据本实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法进入步骤 S2。

在步骤 S2 中，判断电网的有效电压值是否小于低压值下限 U_{L1} 。

10 当在步骤 S2 中判断电网的有效电压值小于低压值下限时，则控制逆变器停止工作。

当在步骤 S2 中判断电网的有效电压值不小于低压值下限时，则控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值。

15 在步骤 S3 中，当电网的有效电压值小于低压值上限 U_{L0} 时，对电网的有效电压值不小于低压值下限 U_{L1} 的持续时间计时并判断电网的有效电压值是否等于低压值下限 U_{L1} 。

在判断电网的有效电压值等于低压值下限 U_{L1} 时，则判断持续时间是否达到 T1，本实施例中 T1 取值如图 1 所示，通常为 1 秒（1S）。在判断持续时间
20 达到 T1 时，则控制逆变器停止工作，在本实施例中如果电网电压值等于低压值下限 U_{L1} 的持续时间达到 1S，则通过断路器等设备将逆变器从网络中切除，从而使光伏并网的光伏供电部分与电网脱离。在判断持续时间未达到 T1 时，则控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值，并且返回步骤 S1。即，如果持续时间不到 1S，则从步骤
25 S1 重复判定与计时操作。

在判断电网的有效电压值不等于低压值下限 U_{L1} 时，则判断持续时间是否达到 T2，本实施例中 T2 取值如图 1 所示，通常为 2S。即，如果电网的有效电压值低于低压值上限且高于低压值下限，则穿越时间 T2 可以为 2S；如果持续时间已经达到 2S，则控制逆变器停止工作；如果持续的时间小于 2S，则控制
30 逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值，并且返回步骤 S1，即从步骤 S1 重复判定与计时操作。

在根据本实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法中，所述逆变器在低压穿越状态下输出的总电流与在常态下输出的电流的比较差值小于预设值。

5 在本实施例中，不仅实现了在低压穿越时保证电流失真小、电能输出质量高，而且还对电压暂降现象进行计时，从而能及时的将光伏并网的光伏供电部分与交流侧的电网进行脱离，减少浪费现象。

实施例三：

本实施例在上述两实施例其中之一的基础上，所述光伏并网逆变器的低压穿越控制方法还包括采集直流侧的电压信号、电流信号以及采集交流侧电
10 网的电压信号、电流信号的步骤 S0。

在所述步骤 S1 中电网的有效电压值不小于低压值上限时，控制逆变器正常输出的有功电流值等于根据步骤 S0 采集的信号经由最大功率跟踪

(Maximum Power Point Tracking - MPPT) 算法及电压比例积分 (PI) 控制得出的常态目标电流，并且控制逆变器正常输出的无功电流值为零。即，控制
15 逆变器正常运行。

控制程序或控制器通过 MPPT 算法 根据步骤 S0 采集的直流电压、直流电流信号计算出逆变器正常工作时的常态目标电压值，将该常态目标电压值与采集的直流电压之间的偏差信号通过电压环的 PI 调节，得到常态目标电流值，由于此时电网处于正常运行状态不需要进行无功补偿，故此时的功率因
20 素为 1，控制逆变器输出的有功电流值为常态目标电流值，无功电流则为零。

图 3 示出了根据本实施例的光伏并网逆变器低压穿越方法的计算光伏并网中常态下有功电流值目标值的求解实施方案，该光伏并网由三相交流电网与光伏电站连接而成。

在步骤 1 中，向逆变器控制装置输入直流侧电流 I_{dc} 以及直流侧电压 V_{dc} ，
25 通过 MPPT 算法计算给出直流侧电压参考值 V_{dc}^* 。

在步骤 2 中，将直流侧电压参考值 V_{dc}^* 与直流侧电压 V_{dc} 之间的偏差信号经由电压环 (外环) PI 调节得到电流 d 轴分量 (即有功电流) 的参考值 i_d^* ，即目标有功电流值。

在步骤 3 中，d 轴电流参考值 i_d^* 与 i_d (由采样得到的交流侧的电流 $i_{[ia}$
30 $i_b i_c]$ 经过 clark (克拉克) 变换得到) 之间的偏差进行电流环 (内环) PI 调节以及交叉解耦控制得到 d 轴目标电压 u_d^* 。

在步骤 4 中, 在电网处于常态时, 逆变器输出功率因数为 1, 故控制无功电流 i_q^* 为 0, 同样经过与实际 i_q (由步骤 S0 中的交流侧的采集信号提供的采样 $i[i_a \ i_b \ i_c]$, 经过 clark 变换得到) 之间的偏差进行电流环 PI 调节以及交叉解耦控制得到 q 轴目标电压 u_q^* 。

- 5 在步骤 5 中, u_d^* 、 u_q^* 经矢量空间脉宽调制 SVPWM (Space Vector Pulse Width Modulation) 控制输出 PWM 控制波形, 输入到 DC/AC 逆变器的开关器件, 控制 DC/AC 逆变器输出常态目标有功电流值 (即 i_d^*)。其中, e_d 为采集的交流侧的电网电压经 clark 变换后得到的有功电压 (d 轴电压) 的等效分量; e_q 为采集的交流侧的电网电压经 clark 变换后得到的无功电压 (q 轴电压) 的等效分量。
- 10

电网正常时, 逆变器的输出的控制方式有多种, 在本实施例中优选了控制精确、方便的 MPPT 算法以及电压 PI 控制, 且控制简便。

- 作为本实施例的进一步的改进, 本实施例光伏并网逆变器的低压穿越控制方法还包括: 在低压穿越状态下, 获取目标有功电流值以及目标无功电流值。
- 15

所述目标有功电流值 i_d^* 为预设的电网正常时刻的逆变器输出的有功电流值 i_d' ; 故无功功率电流的目标无功电流值满足 $i_d'^2 + i_q^{*2} = (ni_d')^2$ 从而所述目标无功电流值 i_q^* 为 $i_q^* = \sqrt{(n^2 - 1)} \times i_d'$;

- 其中, n 为预设的逆变器输出总电流的变化幅度。 n 的取值可以根据实际电网运行的需要来设定, 通常 n 设定为 1.1, 这样当出现电压暂降时, 逆变器输出的电流的幅度控制在正负百分之十相对于传统的低压穿越控制方法中, 忽略电流失真的控制, 电流输出波形好, 幅度变化小, 电能输出质量高。
- 20

- 在本实施例中, 对逆变器的控制正常是采用的 MPPT 算法与电压 PI 控制相结合的方式, 而出现电压暂降时, 采用则是以无功功率补偿有功功率以使输出电流的波形失真小的控制方式, 在电压暂降的前后采用两种不同的控制方式, 使得输出的总电流变化不大, 对电网起到了很好的支撑作用, 防止了电网中的光伏供电部分被动式解列, 导致加剧了电网的故障, 致使电网完全瘫痪的问题, 本实施例所述的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法, 适用于任何光伏并网低压穿越的控制, 尤其适用于大型的光伏并网, 光伏供电部分渗透率高的网络。
- 25
- 30

实施例五:

根据本实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制装置包括控制单元。

所述控制单元判断电网的有效电压值是否小于低压值上限；在判断电网的有效电压值不小于低压值上限时，控制逆变器正常运行，而在判断电网的有效电压值小于低压值上限时，判断电网的有效电压值是否小于低压值下限；
5 在判断电网的有效电压值小于低压值下限时，控制逆变器停止工作，而在判断电网的有效电压值不小于低压值下限时，控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值。

其中，所述逆变器在低压穿越状态下输出的总电流与常态下输出的电流的比较差值小于预设值。

10 在本实施例中，通过控制单元的设置，在出现电压突降时实现对逆变器输出有功电流以及无功电流的控制，不仅使逆变器以及位于逆变器直流侧的光伏供电部分能顺利的实现低压穿越，同时保证逆变器输出的电流失真小、幅度变化小，以使输出的电能质量好，从而提高了电网的稳定性、可靠性，防止电网系统电压短暂的跌落造成光伏供电部分以及其他机组的解列所形成
15 的大面积停电、电网瘫痪的现象，对电网的运行有很好的支撑作用。

在本实施例中，所述控制单元可以为 DSP 控制单元、MCU 控制单元或微机控制单元等。所述低压值上限以及所述低压值下限均是可以预设于控制单元内部的值，也可以是根据具体的需要从外部输入的量，或是通过预设的计算模型计算出的值。

20 优选地，根据本实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制装置还可以包括计时单元。

当电网的有效电压值小于低压值上限时，所述计时单元用以对电网的有效电压值不小于低压值下限的持续时间计时，并且所述控制单元用以判断电网的有效电压值是否等于低压值下限。

25 在所述控制单元判断电网的有效电压值等于低压值下限时，则所述控制单元判断持续时间是否达到T1。在判断持续时间达到T1时，控制逆变器停止工作。

在所述控制单元判断电网的有效电压值不等于低压值下限时，判断持续时间是否达到T2。在判断持续时间达到T2时，控制逆变器停止工作。

30 通过计时单元的设置，有利于对低压穿越时间的统计，并使逆变器以及光伏供电部分及时地与交流侧的电网脱离，保护光伏供电部分，同时也满足

了行业对光伏并网中逆变器的规范。

实施例六：

图 4 为本发明实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制装置与光伏并网的连接结构示意图；其中所述光伏并网包括直流侧的光伏供电部分、将光伏供电部分的直流转化成交流的逆变器、通过滤波电路连接在逆变器交流侧的电网及其负载。

本实施例光伏并网逆变器的低压穿越控制装置，包括采样单元、控制单元以及计时单元；

所述采样单元包括用以采集直流侧的电压和电流信号的直流采样模块以及采集交流侧电网的电压和电流信号的交流采样模块；其中，直流采样模块采集如图 4 中所示的电压信号 V_{pv} 、电流信号 I_{pv} ，交流采样模块采集交流侧电网的电压信号 E 、电流信号 I 。图 4 中所述的交流侧电网是三相交流电网，故交流侧电压采样值包括三相电压信号 E_a 、 E_b 以及 E_c ，交流侧电流采样值包括三相电流信号 I_a 、 I_b 以及 I_c 。

所述控制单元判断电网的有效电压值是否小于低压值上限。当判断电网的有效电压值不小于低压值上限时，所述控制单元控制逆变器正常运行。当判断电网的有效电压值小于低压值上限时，所述控制单元判断电网的有效电压值是否小于低压值下限，当判断电网的有效电压值小于低压值下限时，所述控制单元控制逆变器停止工作；而当判断电网的有效电压值不小于低压值下限时，所述控制单元控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值。

当电网的有效电压值小于低压值上限时，所述计时单元对电网的有效电压值不小于低压值下限的持续时间计时，并且所述控制单元判断电网的有效电压值是否等于低压值下限。在所述控制单元判断电网的有效电压值等于低压值下限时，所述控制单元判断持续时间是否达到 T_1 ，并且在判断持续时间达到 T_1 时控制逆变器停止工作。在所述控制单元判断电网的有效电压值不等于低压值下限时，所述控制单元判断持续时间是否达到 T_2 ，并且在判断持续时间达到 T_2 时控制逆变器停止工作。

所述控制单元包括常态控制模块以及低压穿越状态控制模块，通过 PWM 控制波形控制逆变器的工作，在具体的实施过程中，控制单元控制逆变器的方法有多种，而在本实施例中优选一种控制简单、实现简便的 PWM 控制波形

控制。

当电网的有效电压值不小于低压值上限时，所述常态控制模块控制逆变器正常输出的有功电流值等于根据所述采样单元采集的信号经由MPPT算法及电压PI控制得出的常态目标电流，并且控制逆变器正常输出的无功电流值为零。常态控制模块发出的控制信号如图4中从控制单元至逆变器的实线箭头所示。

所述控制单元还包括用以在低压穿越状态下获取目标有功电流值以及目标无功电流值的低压穿越状态控制模块。

目标有功电流值 i_d^* 为预设的电网正常时刻的逆变器输出的有功电流值 i_d' ；
10 目标无功电流值 i_q^* 为 $i_q^* = \sqrt{(n^2 - 1)} \times i_d'$ ，其中， n 为预设的逆变器输出总电流的变化幅度；低压穿越状态控制模块发出的控制信号如图4中从控制单元至逆变器的虚线箭头所示。

所述有功电流值可以是预设的控制装置内部存储单元的值，也可以是通过采样单元采集的值，还可以是通过统计数据求解的值，而目标无功电流值
15 则是根据补偿的需要进行求解的值。 n 的大小可以根据电网的需要以及波形失真允许的范围进行确认，通常 n 的取值为1.1；优选的为 n 大于等于0.8，小于等于1.2。

根据本公开实施例的光伏并网逆变器的低压穿越控制装置，将对逆变器的控制划分为常态下的控制以及低压穿越状态下的控制，通过采用两种不同的
20 的控制方式保证了在低压穿越状态下逆变器输出的电流与在常态下逆变器输出的电流的波形和幅度不会相差太大，从而提供低压穿越状态下电网的稳定性和可靠性。尤其是在低压穿越状态下，本公开实施例中所述的控制装置采用无功补偿的方式保证逆变器输出的总电流的波形和幅度变化位置在预设的范围内，以达到稳定电网的目的，效果佳、实现简便。

25 以上实施方式仅用于说明本公开，而并非对本公开的限制，有关技术领域的普通技术人员，在不脱离本公开的精神和范围的情况下，还可以做出各种变化和变型，因此所有等同的技术方案也属于本公开的范畴，本公开的专利保护范围应由权利要求限定。

权 利 要 求 书

1、一种光伏并网逆变器的低压穿越控制方法，包括以下步骤：

判断电网的有效电压值是否小于低压值上限；

5 当判断电网的有效电压值不小于低压值上限时，控制逆变器正常运行；
以及

当判断电网的有效电压值小于低压值上限时，判断电网电压值是否小于
低压值下限，当判断电网的有效电压值小于低压值下限时，控制逆变器停止
工作，而当判断电网的有效电压值不小于低压值下限时，控制逆变器输出的
10 有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值，
其中，所述逆变器在低压穿越状态下输出的总电流与在常态下输出的电流的
比较差值小于预设值。

2、根据权利要求1所述的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法，还包括：

当判断电网的有效电压值小于低压值上限时，对电网的有效电压值不小
15 于低压值下限的持续时间计时，并判断电网的有效电压值是否等于低压值下
限；

当判断电网的有效电压值等于低压值下限时，判断持续时间是否达到预
设时间T1，当判断持续时间达到预设时间T1时，控制逆变器停止工作，当判
断持续时间未达到预设时间T1时，控制逆变器输出的有功电流值等于目标有
20 功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值；以及

当判断电网的有效电压值不等于低压值下限时，判断持续时间是否达到
预设时间T2，当判断持续时间达到预设时间T2时，控制逆变器停止工作，当
判断持续时间未达到预设时间T2时，控制逆变器输出的有功电流值等于目标
有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值。

25 3、根据权利要求1或2所述的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法，还
包括采集直流侧的电压信号、电流信号以及采集交流侧电网的电压信号、电
流信号，

其中，当判断电网的有效电压值不小于低压值上限时，控制逆变器正常
输出的有功电流值等于根据所采集的信号经由MPPT算法及电压PI控制得出
30 的常态目标电流值并且控制逆变器输出的无功电流值为零。

4、根据权利要求1或2所述的光伏并网逆变器的低压穿越控制方法，还

包括：在低压穿越状态下，获取目标有功电流值以及目标无功电流值，

其中，所述目标有功电流值 i_d^* 为预设的电网正常时刻的逆变器输出的有功电流值 i_d' ；

所述目标无功电流值 i_q^* 为 $i_q^* = \sqrt{(n^2 - 1)} \times i_d'$ ；

5 其中， n 为预设的逆变器输出总电流的变化幅度。

5、一种光伏并网逆变器的低压穿越控制装置，包括控制单元；

所述控制单元判断电网的有效电压值是否小于低压值上限；

当判断电网的有效电压值不小于低压值上限时，所述控制单元控制逆变器正常运行；以及

10 当判断电网的有效电压值小于低压值上限时，所述控制单元判断电网电压值是否小于低压值下限，当判断电网的有效电压值小于低压值下限时，所述控制单元控制逆变器停止工作，而当判断电网的有效电压值不小于低压值下限时，所述控制单元控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值，其中，所述逆变器在低压穿越状态下输出的总电流与在常态下输出的电流的比较差值小于预设值。

15 6、根据权利要求5所述的光伏并网逆变器的低压穿越控制装置，还包括计时单元；

当判断电网的有效电压值小于低压值上限时，所述计时单元对电网的有效电压值不小于低压值下限的持续时间计时，并且所述控制单元判断电网的有效电压值是否等于低压值下限，

20 当判断电网的有效电压值等于低压值下限时，所述控制单元判断持续时间是否达到预设时间 $T1$ ，当判断持续时间达到预设时间 $T1$ 时，控制逆变器停止工作，当判断持续时间未达到预设时间 $T1$ 时，控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值；以及

25 当判断电网的有效电压值不等于低压值下限时，所述控制单元判断持续时间是否达到预设时间 $T2$ ，当判断持续时间达到预设时间 $T2$ 时，控制逆变器停止工作，当判断持续时间未达到预设时间 $T2$ 时，控制逆变器输出的有功电流值等于目标有功电流值且输出的无功电流值等于目标无功电流值。

30 7、根据权利要求5或6所述的光伏并网逆变器的低压穿越控制装置，还包括采样单元；

所述采样单元包括用以采集直流侧的电压信号和电流信号的直流采样模

块以及采集交流侧电网的电压信号和电流信号的交流采样模块;

其中, 所述控制单元包括常态控制模块, 当电网的有效电压值不小于低压值上限时, 所述常态控制模块控制逆变器正常输出的有功电流值等于根据所述采样单元采集的信号经由MPPT算法及电压PI控制计算得出的常态目标

5 电流并且控制逆变器正常输出的无功电流值为零。

8、根据权利要求5或6所述的光伏并网逆变器的低压穿越控制装置, 还包括用以在低压穿越状态下获取目标有功电流值以及目标无功电流值的低压穿越状态控制模块,

所述目标有功电流值 i_d^* 为预设的电网正常时刻逆变器输出的有功电流值

10 i_d' ;

所述目标无功电流值 i_q^* 为 $i_q^* = \sqrt{(n^2 - 1)} \times i_d'$;

其中, n 为预设的逆变器输出总电流的变化幅度。

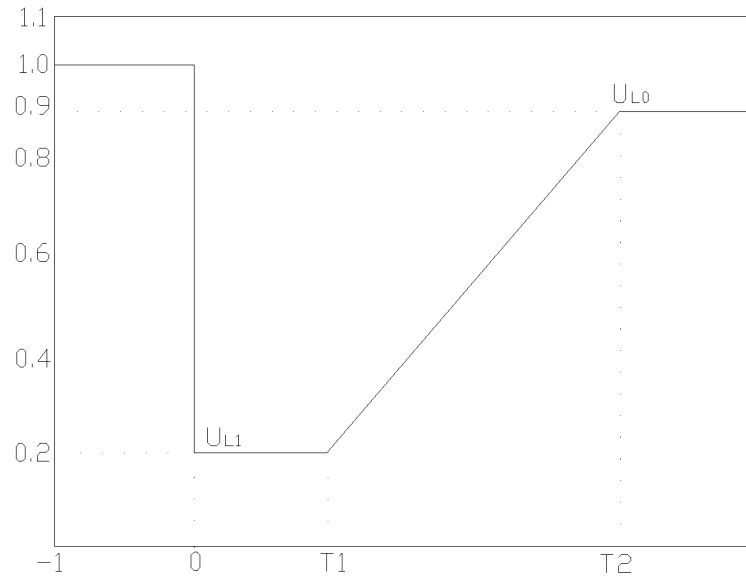


图 1

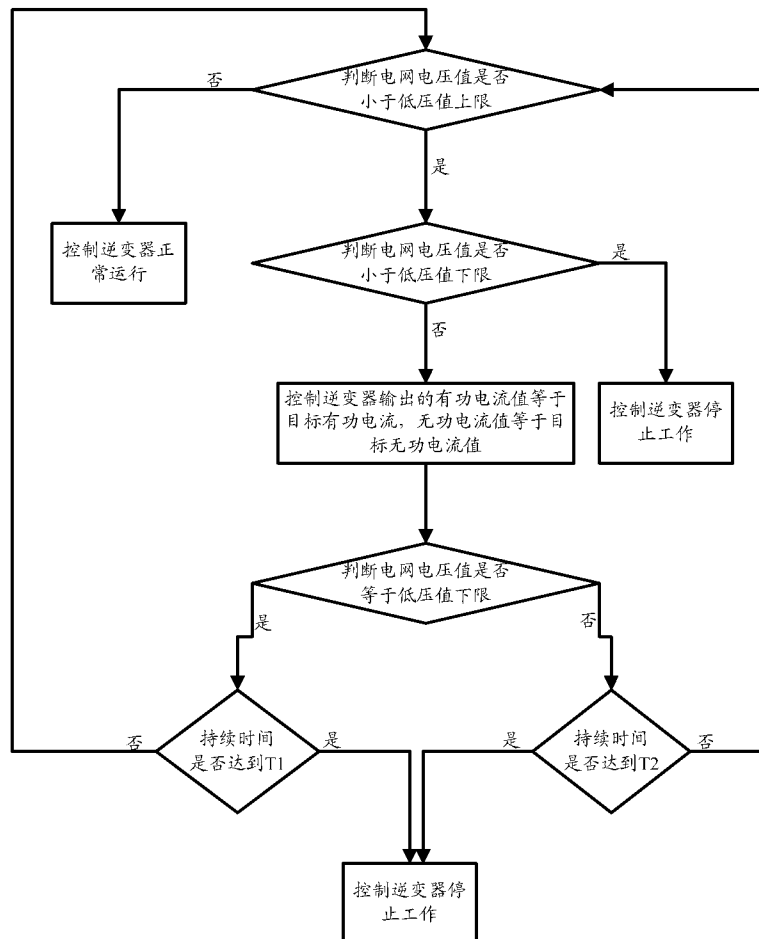


图 2

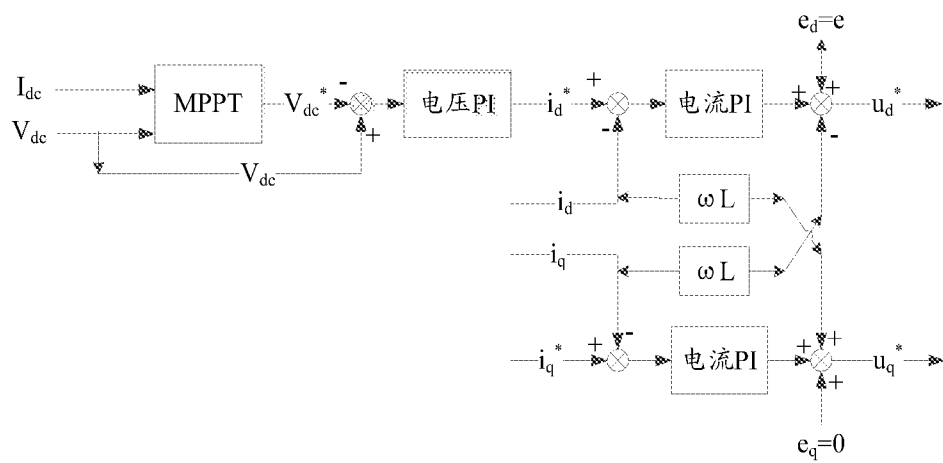


图 3

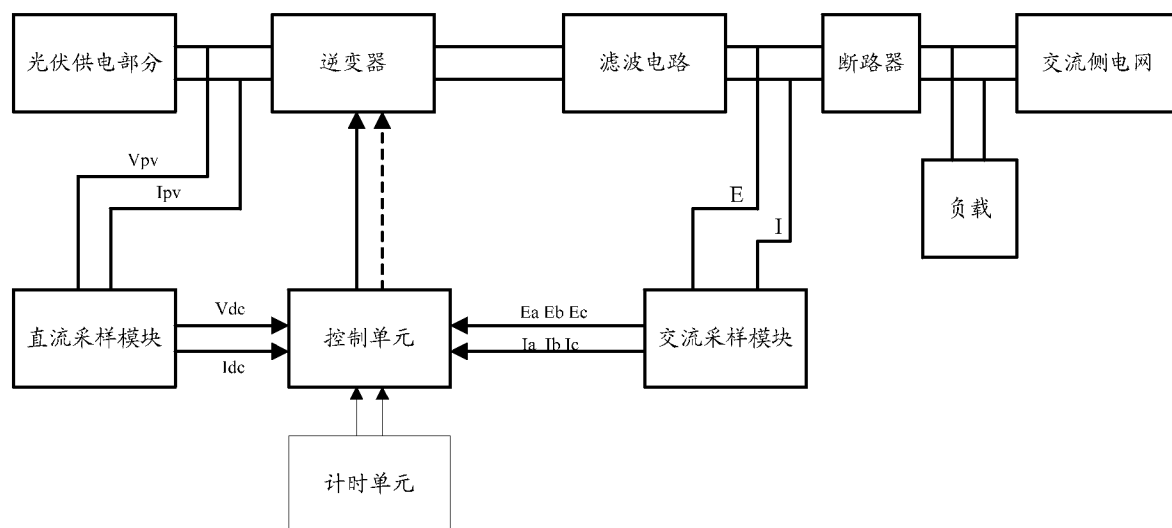


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/078208

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/38 (2006.1) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: solar energy low voltage ride through effective value pre-set low, voltage, ride, through, LVRT, current, control, reference, photovoltaic, solar

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 102170142 A (HOHAI UNIVERSITY), 31 August 2011 (31.08.2011), description, paragraphs 0013-0088, and figures 1-4	1-3, 5-7
A		4, 8
Y	CN 102801183 A (NANJING UNIVERSITY OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS), 28 November 2012 (28.11.2012), description, paragraphs 009-0010	1-3, 5-7
A	CN 101789604 A (SHENZHEN HOPEWIND ELECTRIC CO., LTD.), 28 July 2010 (28.07.2010), the whole document	1-8
A	CN 102832638 A (HOHAI UNIVERSITY), 19 December 2012 (19.12.2012), the whole document	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 17 January 2014 (17.01.2014)	Date of mailing of the international search report 20 February 2014 (20.02.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer CHAI, De'e Telephone No.: (86-10) 62411782

International application No.
PCT/CN2013/078208

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

A. 主题的分类

H02J 3/38(2006.1)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H02J

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI:光伏 太阳能 低电压穿越 低压穿越 电压 有效值 电流 预定 参考 low, voltage, ride, through, LVRT, current, control, reference, photovoltaic, solar

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 102170142 A(河海大学)31.8 月 2011 (31.08.2011) 说明书第 0013 段至 0088 段, 说明书附图 1-4	1-3,5-7
A		4,8
Y	CN 102801183 A(南京航空航天大学)28.11 月 2012 (28.11.2012) 说明书第 0009-0010 段	1-3,5-7
A	CN 101789604 A(深圳市禾望电气有限公司)28.7 月 2010 (28.07.2010) 全文	1-8
A	CN 102832638 A(河海大学)19.12 月 2012 (19.12.2012) 全文	1-8

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

17.1 月 2014 (17.01.2014)

国际检索报告邮寄日期

20.2 月 2014 (20.02.2014)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

授权官员

柴德娥

电话号码: (86-10) 62411782

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/078208

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 102170142 A	31.08.2011	无	
CN 102801183 A	28.11.2012	无	
CN 101789604 A	28.07.2010	CN 101789604 B	28.03.2012
CN 102832638 A	19.12.2012	无	