



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107994587 A

(43)申请公布日 2018.05.04

(21)申请号 201711272165.4

H02J 3/16(2006.01)

(22)申请日 2017.12.06

H02J 3/38(2006.01)

(71)申请人 国网江苏省电力有限公司淮安供电公司

地址 223001 江苏省淮安市淮海南路134号

申请人 河海大学

中国电力科学研究院有限公司

国家电网公司

(72)发明人 徐晓春 黄晓剑 刘皓明 王建春 赫卫国 张博 梅飞 韩伟

(74)专利代理机构 淮安市科文知识产权事务所 32223

代理人 李锋

(51)Int.Cl.

H02J 3/12(2006.01)

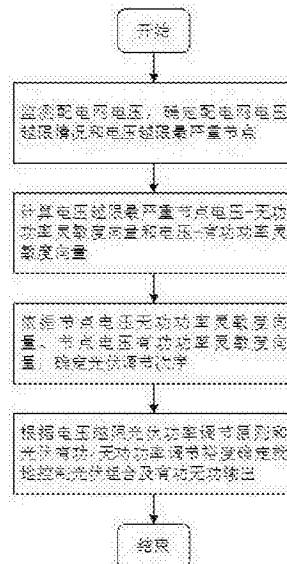
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法,所述方法包括:监测配电网电压,确定配电网电压越限情况和电压越限最严重节点I;计算I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\Delta U^P$ 和I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\Delta U^Q$ ;依据I节点电压-有功功率灵敏度向量、I节点电压-无功功率灵敏度向量,确定光伏调节次序;根据电压越限光伏功率调节原则和光伏有功/无功功率调节裕度确定就地控制光伏组合及有功无功输出。本发明通过挖掘分布式光伏逆变器的双象限无功调节能力,利用电压-功率灵敏度向量确定光伏功率调节次序,实现高渗透率光伏配电网的快速电压控制,减少了无功补偿装置的投入和频繁投切,降低了成本。



1. 一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法,其特征在于:所述控制方法包括如下步骤,

步骤1:监测配电网电压,确定配电网电压越限情况和电压越限最严重节点I;

步骤2:计算I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P$ 和I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q$ ;

步骤3:依据I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P$ 、I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q$ ,确定光伏调节次序;

步骤4:根据电压越限光伏功率调节原则和光伏有功/无功功率调节裕度确定就地控制光伏组合及有功无功输出。

2. 根据权利要求1所述的一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法,其特征在于:步骤1中所述电压越限情况和电压越限最严重节点I确定过程为:最高节点电压越上界则电压越限最严重节点I即为电压最高节点,配电网电压越限情况为越上限,电压越限量 $\Delta V_I = V_I - V_H$ ;最低节点电压越下界则电压越限最严重节点I即为电压最低节点,配电网电压越限情况为越下限,电压越限量 $\Delta V_I = V_L - V_I$ ,其中 $V_H$ 和 $V_L$ 分别为配电网电压合格的上下限。

3. 根据权利要求1或2所述的一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法,其特征在于:步骤2中所述I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P = [\lambda_{I1}^P, \dots, \lambda_{Ij}^P, \dots, \lambda_{IN}^P]^T$ , I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q = [\lambda_{I1}^Q, \dots, \lambda_{Ij}^Q, \dots, \lambda_{IN}^Q]^T$ ,其中 $\lambda_{Ij}^P$ 和 $\lambda_{Ij}^Q$ 可分别由公式 $\lambda_{Ij}^P = \frac{\partial V_I}{\partial P_j}$ 和

$\lambda_{Ij}^Q = \frac{\partial V_I}{\partial Q_j}$ 计算得到,式中: $\lambda_{Ij}^P$ 为调整光伏节点j的有功功率注入 $P_j$ 引起I节点电压 $V_I$ 改变的电压-有功功率灵敏度, $\lambda_{Ij}^Q$ 为调整光伏节点j的无功功率注入 $Q_j$ 引起I节点电压 $V_I$ 改变的电压-无功功率灵敏度。

4. 根据权利要求1或2所述的一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法,其特征在于:步骤3中所述确定光伏调节次序过程为:对I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q$ 中各元素 $\lambda_{Ij}^Q$ 从大到小排序,并依据 $\lambda_{Ij}^Q$ 的次序排列对应光伏节点的次序,该次序即为光伏无功调节的次序;对I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P$ 中各元素 $\lambda_{Ij}^P$ 从大到小排序,并依据 $\lambda_{Ij}^P$ 的次序排列对应光伏节点的次序,该次序即为光伏有功调节的次序。

5. 根据权利要求1或2所述的一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法,其特征在于:步骤4中所述的电压越限光伏功率调节原则为:当电压越上限时,优先调节各光伏的无功输出,当所有光伏无功输出无法调节时,调节各光伏的有功输出;当电压越下限时,调节各光伏的无功输出。

6. 根据权利要求1或2所述的一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法,其特征在于:

步骤4中所述的分布式光伏j可调节有功功率 $\Delta P_j$ 和无功功率 $\Delta Q_j$ 的裕度按公式 $-P_{0,j} \leq \Delta P_j \leq P_{MPP,j} - P_{0,j}$ 和 $-\sqrt{S_j^2 - (P_{0,j} + \Delta P_j)^2} - Q_{0,j} \leq \Delta Q_j \leq \sqrt{S_j^2 - (P_{0,j} + \Delta P_j)^2} - Q_{0,j}$ 计算:式中: $P_{0,j}$ 和 $P_{MPP,j}$ 分别表示第j个光伏发电调节前的有功功率输出值和最大有功功率输出值; $Q_{0,j}$ 表示第j个光伏发电调节前的无功功率输出值, $S_j$ 表示光伏发电j的逆变器额定容量。

7. 根据权利要求1或2所述的一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法,其特征在于,步骤4中所述就地控制光伏组合及有功无功输出的确定过程为:当电压越上限时,计算无功调节次序为1的光伏无功增量,进行潮流计算,判断电压是否越上限,越界则继续计算无功调节次序为2的光伏无功增量,判断电压是否越上限,以此类推;若所有光伏的均进行无功调节仍然电压越上限,则计算有功调节次序为1的光伏有功增量,进行潮流计算,判断是否越上限,若越上限,则计算有功调节次序为2的光伏有功调节增量,以此类推。当电压越下限时,计算无功调节次序为1的光伏无功增量,进行潮流计算,判断电压是否越上限,越界则继续计算无功调节次序为2的光伏无功增量,判断电压是否越上限,以此类推。

8. 根据权利要求7所述的一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法,其特征在于:所述光伏j无功增量  $\Delta Q_j$  计算过程为:根据  $\Delta Q_j' = \frac{\Delta V_1}{\lambda_{ij}^Q}$  计算光伏j理想增量  $\Delta Q_j'$ , 并利用公式  $-\sqrt{S_j^2 - (P_{0,j} + \Delta P_j)^2} - Q_{0,j} \leq \Delta Q_j \leq \sqrt{S_j^2 - (P_{0,j} + \Delta P_j)^2} - Q_{0,j}$  进行修正得到光伏j无功增量  $\Delta Q_j$ ; 光伏有功增量  $\Delta P_j$  计算过程为:根据  $\Delta P_j' = \frac{\Delta V_1}{\lambda_{ij}^P}$  计算光伏j理想增量  $\Delta P_j'$ , 并利用公式  $P_{0,j} \leq \Delta P_j \leq P_{MPP,j} - P_{0,j}$  进行修正得到光伏j有功增量  $\Delta P_j$ 。

## 一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及高渗透率分布式光伏接入配电网电压控制技术领域,尤其涉及配电网分布式光伏就地电压控制的一种控制方法。

### 背景技术

[0002] 随着大规模分布式光伏的接入配电网,配电网中分布式光伏渗透率越来越高。高比例的分布式光伏发电接入配电网大大地改变了配电网的运行特性,引起节点电压过高问题。当负荷需求大而光伏发电少时,可能出现电压过低问题。分布式光伏发电逆变器在最大功率跟踪(MPPT)模式下输出有功功率的同时,往往仍有剩余的容量,具备一定的无功功率输出能力。由于中低压配电网阻抗和感抗在一个数量级上,节点电压与注入的有功功率和无功功率的关联性很高,因此,对各个节点注入的有功功率或者无功功率进行调节都能够对配电网的电压水平产生影响。因此可以利用分布式光伏的无功和有功的调节能力实现含高渗透光伏的配电网电压控制。

[0003] 目前含光伏发电的配电网电压越界主要是通过变压器分接头或者电容器等其他辅助无功补偿设备进行调整。该类方法需要额外投资变压器、电容器等电压控制设备,成本较高。此外由于分布式光伏出力的波动性、间歇性,高渗透率光伏接入的配电网电压频繁波动尤为明显,因此现有的包括电容器和变压器等电压控制调节手段也要随着电压波动频繁调节以防止电压越限,对于各类电压设备的寿命和调节效果都具有负面影响。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服上述现有技术难点,针对高渗透率分布式光伏接入配电网后造成配电网电压越限问题,目前运行于中低压配电网的部分分布式光伏发电并未配置光纤或无线公网通信方式,尚不具备全局优化调节的条件,提供一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法,用以解决高渗透率分布式光伏接入配电网电压频繁波动和越限问题。

[0005] 技术方案:为实现上述发明目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 步骤1:监测配电网电压,确定配电网电压越限情况和电压越限最严重节点I;

[0007] 步骤2:计算I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P$ 和I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q$ ;

[0008] 步骤3:依据I节点电压-有功功率灵敏度向量、I节点电压-无功功率灵敏度向量,确定光伏调节次序;

[0009] 步骤4:根据电压越限光伏功率调节原则和光伏有功/无功功率调节裕度确定就地控制光伏组合及有功无功输出。

[0010] 进一步地,步骤1中所述电压越限情况和电压越限最严重节点I确定过程为:最高节点电压越上界则电压越限最严重节点I即为电压最高节点,配电网电压越限情况为越上限,电压越限量 $\Delta V_I = V_I - V_H$ ;最低节点电压越下界则电压越限最严重节点I即为电压最低节点,配电网电压越限情况为越下限,电压越限量 $\Delta V_I = V_L - V_I$ ,其中 $V_H$ 和 $V_L$ 分别为配电网电压

合格的上下限。

[0011] 进一步地,步骤2所述中I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P = [\lambda_{I1}^P, \dots, \lambda_{Ij}^P, \dots, \lambda_{IN}^P]^T$ , I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q = [\lambda_{I1}^Q, \dots, \lambda_{Ij}^Q, \dots, \lambda_{IN}^Q]^T$ , 其中 $\lambda_{Ij}^P$ 和 $\lambda_{Ij}^Q$ 可分别由公式(1)和(2)计算得到:

$$[0012] \quad \lambda_{Ij}^P = \frac{\partial V_I}{\partial P_j} \quad (1)$$

$$[0013] \quad \lambda_{Ij}^Q = \frac{\partial V_I}{\partial Q_j} \quad (2)$$

[0014] 式中: $\lambda_{Ij}^P$ 为调整光伏节点j的有功功率注入 $P_j$ 引起I节点电压 $V_I$ 改变的电压-有功功率灵敏度, $\lambda_{Ij}^Q$ 为调整光伏节点j的无功功率注入 $Q_j$ 引起I节点电压 $V_I$ 改变的电压-无功功率灵敏度。

[0015] 进一步地,步骤3中所述确定光伏调节次序过程为:对I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q$ 中各元素 $\lambda_{Ij}^Q$ 从大到小排序,并依据 $\lambda_{Ij}^Q$ 的次序排列对应光伏节点的次序,该次序即为光伏无功调节的次序。对I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P$ 中各元素 $\lambda_{Ij}^P$ 从大到小排序,并依据 $\lambda_{Ij}^P$ 的次序排列对应光伏节点的次序,该次序即为光伏有功调节的次序。

[0016] 进一步地,步骤4中所述电压越限光伏功率调节原则为:当电压越上限时,优先调节各光伏的无功输出,当所有光伏无功输出无法调节时,调节各光伏的有功输出;当电压越下限时,调节各光伏的无功输出。

[0017] 进一步地,步骤4中所述的分布式光伏j可调节有功功率 $\Delta P_j$ 和无功功率 $\Delta Q_j$ 的裕度按公式(3)和(4)计算:

$$[0018] \quad -P_{0,j} \leq \Delta P_j \leq P_{MPP,j} - P_{0,j} \quad (3)$$

$$[0019] \quad -\sqrt{S_j^2 - (P_{0,j} + \Delta P_j)^2} - Q_{0,j} \leq \Delta Q_j \leq \sqrt{S_j^2 - (P_{0,j} + \Delta P_j)^2} - Q_{0,j} \quad (4)$$

[0020] 式中: $P_{0,j}$ 和 $P_{MPP,j}$ 分别表示第j个光伏发电调节前的有功功率输出值和最大有功功率输出值; $Q_{0,j}$ 表示第j个光伏发电调节前的无功功率输出值。 $S_j$ 表示光伏发电j的逆变器额定容量。

[0021] 进一步地,步骤4中所述就地控制光伏组合及有功无功输出的确定过程为:当电压越上限时,计算无功调节次序为1的光伏无功增量,进行潮流计算,判断电压是否越上限,越界则继续计算无功调节次序为2的光伏无功增量,判断电压是否越上限,以此类推;若所有光伏的均进行无功调节仍然电压越上限,则计算有功调节次序为1的光伏有功增量,进行潮流计算,判断是否越上限,若越上限,则计算有功调节次序为2的光伏有功调节增量,以此类推。当电压越下限时,计算无功调节次序为1的光伏无功增量,进行潮流计算,判断电压是否越上限,越界则继续计算无功调节次序为2的光伏无功增量,判断电压是否越上限,以此类推。

[0022] 进一步地,光伏j无功增量 $\Delta Q_j$ 计算过程为:根据 $\Delta Q_j' = \frac{\Delta V_I}{\lambda_{Ij}^Q}$ 计算光伏j理想增量 $\Delta$

$Q_j'$ , 并利用公式(4)进行修正得到光伏j无功增量 $\Delta Q_j$ ; 光伏有功增量 $\Delta P_j$ 计算过程为: 根据

$\Delta P_j' = \frac{\Delta V_I}{\lambda_{ij}^P}$  计算光伏j理想增量 $\Delta P_j'$ , 并利用公式(3)进行修正得到光伏j有功增量 $\Delta P_j$ 。

[0023] 本发明与现有技术相比, 具有以下明显优点:

[0024] 一、本发明能够很好地解决由于分布式光伏出力波动造成的配电网电压频繁波动和电压越限的问题, 通过配电网中分布式光伏的无功功率和有功功率的快速调节来避免含分布式光伏配电网中电容器频繁投切和有载调压器分接头的频繁切换;

[0025] 二、本发明通过节点电压-有功功率灵敏度向量、节点电压-无功功率灵敏度向量确定光伏无功调节和有功调节次序, 能够更加快速高效地实现高渗透率光伏接入配电网的电压控制, 充分挖掘分布式光伏逆变器的双象限无功调节能力, 减少专用无功补偿装置的配置、光纤或无线公网通信设备的配备, 降低运维工作量。

### 附图说明

[0026] 图1为本发明提供的高渗透率光伏接入33节点配电网网络结构图;

[0027] 图2为本发明提供的一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法流程图;

[0028] 图3为本发明提供的越上限情况下调节前后配电网电压分布对比图;

[0029] 图4为本发明提供的越下限情况下调节前后配电网电压分布对比图。

### 具体实施方式

[0030] 下面结合附图和具体的实施例对本发明技术方案作进一步的详细描述, 以使本领域的技术人员可以更好地理解本发明并能予以实施, 但所举实施例不作为对本发明的限定。

[0031] 如图1所示, 一种高渗透率光伏配电网就地电压控制方法流程图, 包括如下步骤:

[0032] 步骤1: 监测配电网电压, 确定配电网电压越限情况和电压越限最严重节点I;

[0033] 电压越限情况和电压越限最严重节点I确定过程为: 最高节点电压越上界则电压越限最严重节点I即为电压最高节点, 配电网电压越限情况为越上限, 电压越限量 $\Delta V_I = V_I - V_H$ ; 最低节点电压越下界则电压越限最严重节点I即为电压最低节点, 配电网电压越限情况为越下限, 电压越限量 $\Delta V_I = V_L - V_I$ 。

[0034] 步骤2: 计算I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P$ 和I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q$ ;

[0035] I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P = [\lambda_{I1}^P, \dots, \lambda_{ij}^P, \dots, \lambda_{IN}^P]^T$ , I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q = [\lambda_{I1}^Q, \dots, \lambda_{ij}^Q, \dots, \lambda_{IN}^Q]^T$ , 其中 $\lambda_{ij}^P$ 和 $\lambda_{ij}^Q$ 可分别由公式(1)和(2)计算得到:

$$[0036] \quad \lambda_{ij}^P = \frac{\partial V_I}{\partial P_j} \quad (1)$$

$$[0037] \quad \lambda_{ij}^Q = \frac{\partial V_I}{\partial Q_j} \quad (2)$$

[0038] 式中： $\lambda_{ij}^P$ 为调整光伏节点j的有功功率注入 $P_j$ 引起I节点电压 $V_i$ 改变的电压-有功功率灵敏度， $\lambda_{ij}^Q$ 为调整光伏节点j的无功功率注入 $Q_j$ 引起I节点电压 $V_i$ 改变的电压-无功功率灵敏度。

[0039] 步骤3：依据I节点电压-有功功率灵敏度向量、I节点电压-无功功率灵敏度向量，确定光伏调节次序；

[0040] 确定光伏调节次序过程为：对I节点电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_i^Q$ 中各元素 $\lambda_{ij}^Q$ 从大到小排序，并依据 $\lambda_{ij}^Q$ 的次序排列对应光伏节点的次序，该次序即为光伏无功调节的次序。对I节点电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_i^P$ 中各元素 $\lambda_{ij}^P$ 从大到小排序，并依据 $\lambda_{ij}^P$ 的次序排列对应光伏节点的次序，该次序即为光伏有功调节的次序。

[0041] 步骤4：根据电压越限光伏功率调节原则和光伏有功/无功功率调节裕度确定就地控制光伏组合及有功无功输出。

[0042] 电压越限光伏功率调节原则为：当电压越上限时，优先调节各光伏的无功输出，当所有光伏无功输出无法调节时，调节各光伏的有功输出；当电压越下限时，调节各光伏的无功输出。

[0043] 分布式光伏j可调节有功功率 $\Delta P_j$ 和无功功率 $\Delta Q_j$ 的裕度按公式(3)和(4)计算：

$$[0044] \quad -P_{0,j} \leq \Delta P_j \leq P_{MPP,j} - P_{0,j} \quad (3)$$

$$[0045] \quad -\sqrt{S_j^2 - (P_{0,j} + \Delta P_j)^2} - Q_{0,j} \leq \Delta Q_j \leq \sqrt{S_j^2 - (P_{0,j} + \Delta P_j)^2} - Q_{0,j} \quad (4)$$

[0046] 式中： $P_{0,j}$ 和 $P_{MPP,j}$ 分别表示第j个光伏发电调节前的有功功率输出值和最大有功功率输出值； $Q_{0,j}$ 表示第j个光伏发电调节前的无功功率输出值。 $S_j$ 表示光伏发电j的逆变器额定容量。

[0047] 就地控制光伏组合及有功无功输出的确定过程为：当电压越上限时，计算无功调节次序为1的光伏无功增量，进行潮流计算，判断电压是否越上限，越界则继续计算无功调节次序为2的光伏无功增量，判断电压是否越上限，以此类推；若所有光伏的均进行无功调节仍然电压越上限，则计算有功调节次序为1的光伏有功增量，进行潮流计算，判断是否越上限，若越上限，则计算有功调节次序为2的光伏有功调节增量，以此类推。当电压越下限时，计算无功调节次序为1的光伏无功增量，进行潮流计算，判断电压是否越上限，越界则继续计算无功调节次序为2的光伏无功增量，判断电压是否越上限，以此类推。

[0048] 光伏j无功增量 $\Delta Q_j$ 计算过程为：根据 $\Delta Q_j' = \frac{\Delta V_i}{\lambda_{ij}^Q}$ 计算光伏j理想增量 $\Delta Q_j'$ ，并利用公式(4)进行修正得到光伏j无功增量 $\Delta Q_j$ ；

[0049] 光伏有功增量 $\Delta P_j$ 计算过程为：根据 $\Delta P_j' = \frac{\Delta V_i}{\lambda_{ij}^P}$ 计算光伏j理想增量 $\Delta P_j'$ ，并利用公式(3)进行修正得到光伏j有功增量 $\Delta P_j$ 。

[0050] 实施例

[0051] 首先对某高渗透率光伏接入33节点配电网实施例中的相关参数进行定义：

[0052] 仿真算例采用IEEE33节点配电系统仿真算例，系统基准电压10kV，基准容量10MVA。中压配电网电压越限相关参数：设定电压越限的上下限值为 $V_H=0.95$ p.u.和 $V_L=$

1.05p.u. (实际调节时会设置一个0.002p.u.的裕值,即在0.952p.u.-1.048p.u.范围内调节,防止监测配电网电压时出现频繁调节的情况);高渗透率光伏接入33节点配电网网络结构见图2,光伏1、2、3、4分别接入节点10、16、24、31,各光伏容量分别为0.1p.u.、0.1p.u.、0.1p.u.、0.12p.u.,该配电网光伏渗透率为112.9%。

[0053] 1、当光伏出力较大而负荷需求较小时,模拟电压越上限的问题,各光伏有功出力分别设为0.09p.u.、0.09p.u.、0.09p.u.、0.108p.u.,系统各节点负荷数据乘上系数0.3。

[0054] (1) 监测配电网电压,最高节点电压为1.068p.u.,电压越上限, $\Delta V_I = V_I - V_H = 1.068 - 1.05 = 0.018p.u.$ ,电压越限最严重节点为节点16;

[0055] (2) 计算节点16电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P$ 和节点16电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q$ ;

[0056] (3) 依据节点16电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P$ 、节点16电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q$ ,确定光伏调节次序,按照优先级从高到低依次为光伏2、1、4、3;

[0057] (4) 根据电压越限光伏功率调节原则和光伏有功/无功功率调节裕度确定就地控制光伏组合及有功无功输出:

[0058] 优先调节光伏2的无功增量,为-0.03p.u.,达到最大值,进行潮流计算,电压仍然越上限;下一步调节光伏1的无功增量,为-0.03p.u.,达到最大值,进行潮流计算,电压仍然越上限;下一步调节光伏4的无功增量,为-0.0087p.u.,进行潮流计算,各节点电压不越限,满足要求,无需调节光伏有功大小;

[0059] (5) 调节前后配电网电压分布对比图如图3所示,各节点电压不再越限,光伏1、2、3、4的无功出力分别为-0.03p.u.、-0.03p.u.、0、-0.0087p.u.,有功出力保持不变。

[0060] 2、当光伏出力较小而负荷需求较大时,模拟电压越下限的问题,各光伏有功出力分别设为0.01p.u.、0.01p.u.、0.01p.u.、0.012p.u.,系统各节点负荷数据乘上系数0.8。

[0061] (1) 监测配电网电压,最低节点电压为0.9428p.u.,电压越下限, $\Delta V_I = V_L - V_I = 0.95 - 0.9428 = 0.0072p.u.$ ,电压越限最严重节点为节点33;

[0062] (2) 计算节点33电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P$ 和节点33电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q$ ;

[0063] (3) 依据节点33电压-有功功率灵敏度向量 $\lambda_I^P$ 、节点33电压-无功功率灵敏度向量 $\lambda_I^Q$ ,确定光伏调节次序,按照优先级从高到低依次为光伏4、2、1、3;

[0064] (4) 根据电压越限光伏功率调节原则和光伏有功/无功功率调节裕度确定就地控制光伏组合及有功无功输出:

[0065] 优先调节光伏4的无功增量,为0.0319p.u.,达到最大值,进行潮流计算,电压仍然越下限;下一步调节光伏2的无功增量,为0.0112p.u.,进行潮流计算,各节点电压不越限,满足要求;

[0066] (5) 调节前后配电网电压分布对比图如图4所示,各节点电压不再越限,光伏1、2、3、4的无功出力分别为0、0.0112p.u.、0、0.0319p.u.,有功出力保持不变。

[0067] 最后应当说明的是:以上实施例仅用于说明发明的技术方案而非对其限制,尽管



参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

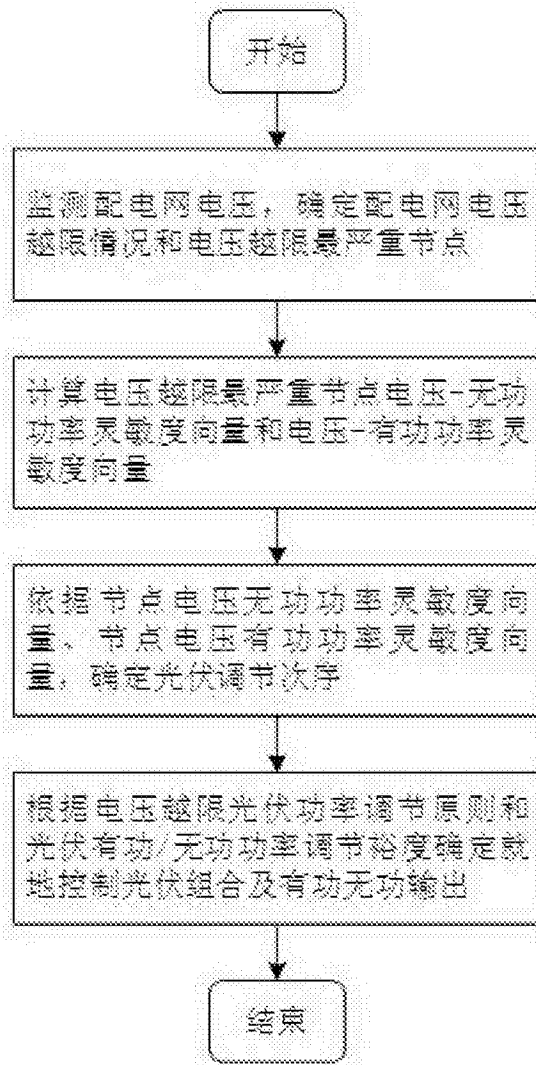


图1

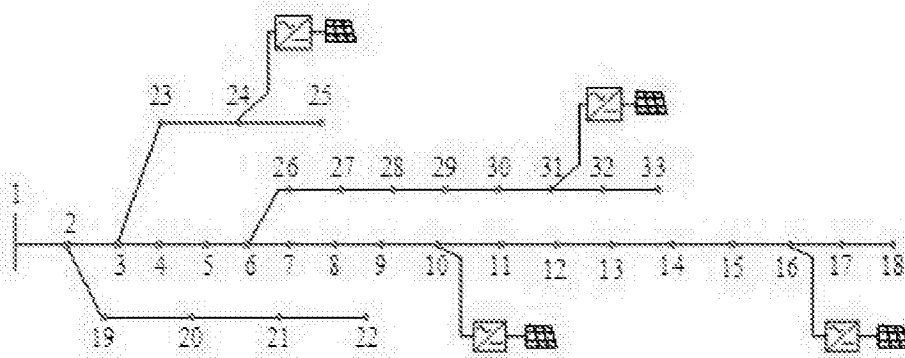


图2

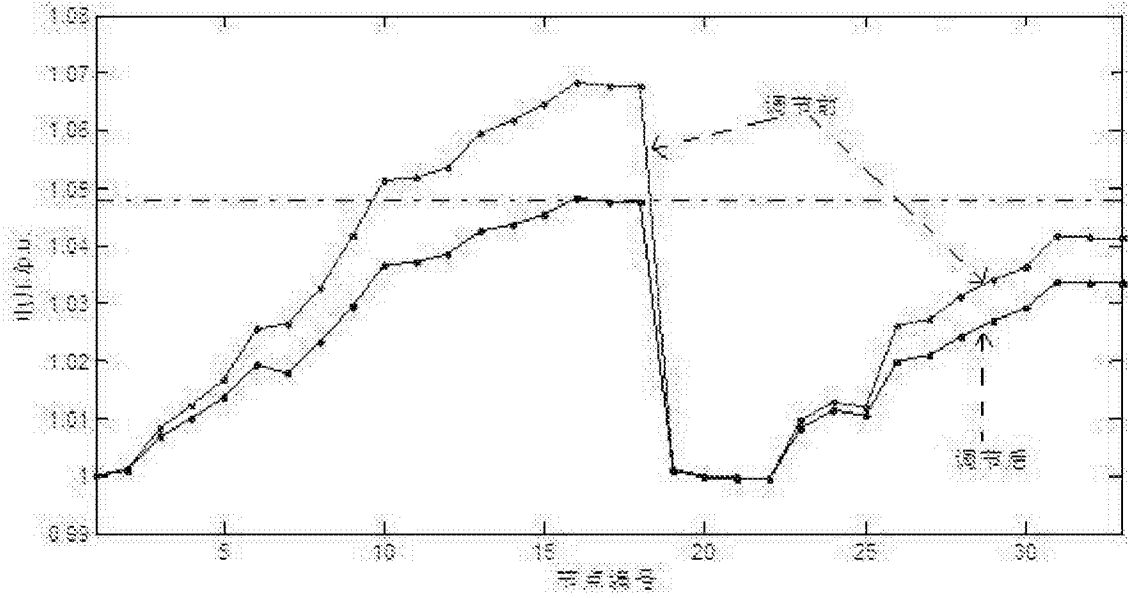


图3

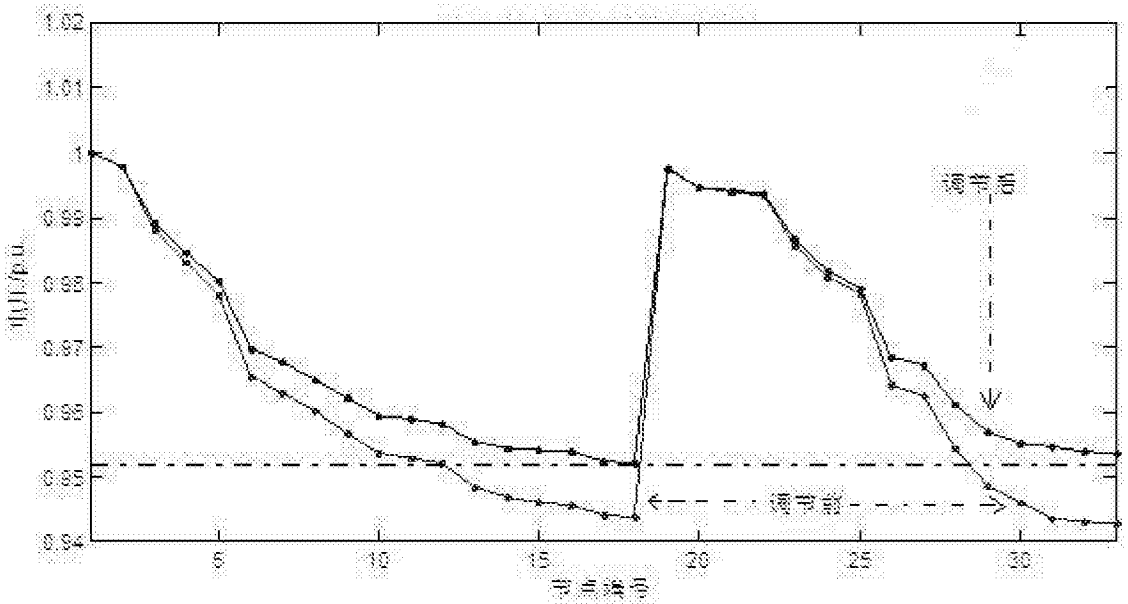


图4