



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105337300 B

(45)授权公告日 2018.11.09

(21)申请号 201410395071.6

(22)申请日 2014.08.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105337300 A

(43)申请公布日 2016.02.17

(73)专利权人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街86号

专利权人 国网北京市电力公司

(72)发明人 赵贺 竺懋渝 张艳妍 陈光华

李洪涛 饶强 张淼 郝良

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 吴贵明 张永明

(51)Int.Cl.

H02J 3/38(2006.01)

(56)对比文件

CN 103414181 A, 2013.11.27,

CN 103414181 A, 2013.11.27,

CN 102361328 A, 2012.02.22,

CN 102710013 A, 2012.10.03,

CN 103762587 A, 2014.04.30,

赵贺等.微电网自发自用运行的经济性分析.《电力建设》.2014,第35卷(第5期),第113-117页.

审查员 刘勇

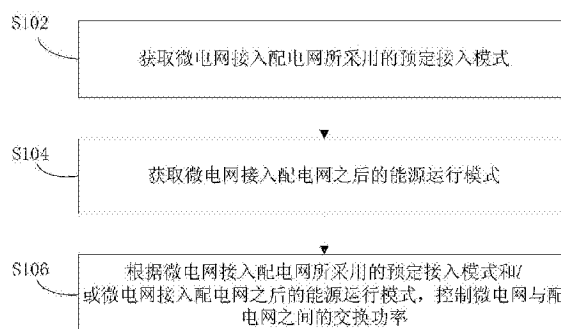
权利要求书4页 说明书18页 附图4页

(54)发明名称

微电网接入配电网时的交换功率控制方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种微电网接入配电网时的交换功率控制方法及装置。其中,该方法包括:获取微电网接入配电网所采用的预定接入模式,预定接入模式包括:低压T接入模式、低压专线接入模式和高压专线接入模式;获取微电网接入配电网之后的能源运行模式,能源运行模式包括:微电网的本地微电源供电模式和微电网与配电网的能源交互模式;根据微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或微电网接入配电网之后的能源运行模式,控制微电网与配电网之间的交换功率。通过本发明,解决了微电网接入配电网后因为交换功率不平衡导致需求负荷预测难度大、系统可靠性低,网架优化难度大的问题。



1. 一种微电网接入配电网时的交换功率控制方法,其特征在于,包括:

获取微电网接入配电网所采用的预定接入模式,所述预定接入模式包括:低压T接入模式、低压专线接入模式和高压专线接入模式;

获取所述微电网接入所述配电网之后的能源运行模式,所述能源运行模式包括:所述微电网的本地微电源供电模式和所述微电网与所述配电网的能源交互模式;

根据所述微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或所述微电网接入所述配电网之后的能源运行模式,控制所述微电网与所述配电网之间的交换功率;

其中,在根据所述微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或所述微电网接入所述配电网之后的能源运行模式,控制所述微电网与所述配电网之间的交换功率之后,所述方法还包括:

在所述微电网接入所述配电网之后,配电系统从放射状结构变为多电源结构,检测所述微电网接入对电力系统的电压分布;并确定所述电压分布与所述微电网和所述配电网之间的功率交换量的控制关系。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述低压T接入模式为将所述微电网以负荷的形式接入所述配电网,在所述微电网采用所述低压T接入模式接入所述配电网的情况下,其中,控制所述微电网与所述配电网之间的交换功率的步骤包括:

通过在所述微电网上送电能至所述配电网的端口安装防逆流装置,控制用户侧负荷在相对所述微电网的容量较大且用电负荷为持续状态时,禁止通过变压器将所述电能倒送到上一级电网。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述低压专线接入模式为从所述配电网的变压器下端引出专线接入所述微电网,在所述微电网采用所述低压专线接入模式接入所述配电网的情况下,其中,控制所述微电网与所述配电网之间的交换功率的步骤包括:

控制所述微电网的交换功率小于等于所述配电网的供电功率的25%。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述高压专线接入模式为从所述配电网的高压母线单独引出一个变压器接入所述微电网,在所述微电网采用所述高压专线接入模式接入所述配电网的情况下,其中,控制所述微电网与所述配电网之间的交换功率的步骤包括:

控制所述微电网与所述配电网的交换功率大于等于1MW。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述微电网的本地微电源供电模式为通过所述微电网的发电设备提供电能,在所述微电网接入所述配电网之后处于所述本地微电源供电模式的情况下,其中,控制所述微电网与所述配电网之间的交换功率的步骤包括:

在所述微电网的电源输出功率小于负荷功率的情况下,所述微电网从所述配电网或本地蓄电池获取电能给负荷;

在所述微电网的所述电源输出功率大于所述负荷功率的情况下,所述微电网将剩余电能存储至蓄电池,或所述微电网将所述剩余电能输送给配电网;

在电价谷时段,所述微电网的蓄电池从所述配电网提取电能,在电价峰时段,所述微电网的蓄电池向所述配电网售电。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述微电网与所述配电网的能源交互模式为所述微电网的发电设备与所述配电网的输电网进行电能双向流动,在所述微电网接入所

述配电网之后处于所述微电网与所述配电网的能源交互模式的情况下,其中,控制所述微电网与所述配电网之间的交换功率的步骤包括:

所述配电网根据电网峰谷时段和所述微电网自身容量预设所述微电网与所述配电网之间的实时功率交换量,其中,所述微电网通过微型燃气轮机、风力发电机、太阳能发电机中的任意一个或多个设备输出电能;

在所述微电网为后备电能供应系统的模式下,所述微电网根据所述配电网预设的发电曲线运行,接受所述配电网的调度,使得所述微电网从负荷变更为控制电源。

7.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,确定所述电压分布与所述微电网和所述配电网之间的功率交换量的控制关系的步骤包括:

在中小容量的微电网接入所述配电网之后,所述微电网为动态负荷,所述微电网根据负荷以及分时电价来调节与所述配电网的功率交换量。

8.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,确定所述电压分布与所述微电网和所述配电网之间的功率交换量的控制关系的步骤包括:

在配电网的网络拓扑结构为放射状链式结构的情况下,所述配电网的馈线中的各节点分布多个负荷,当所述负荷为三相对称时,电压等级低,所述配电网的线路长度短,通过所述配电网的每一段线路的阻抗和各节点负荷大小来确定所述微电网功率交换量对所述电压分布的不同影响。

9.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,确定所述电压分布与所述微电网和所述配电网之间的功率交换量的控制关系的步骤包括:

在所述配电网中,沿馈线将每一集中负荷视为一个节点并加以编号,从变电所的低压母线开始编号为0,后面依次为1,2,3,……N;

在负荷总容量大于所述微电网的总容量的情况下,获取所述配电网的第K个节点上的分布式发电;

在所述微电网接入所述配电网之后,通过如下公式计算得到电压变化指标 ε :

$$\frac{U_n' - U_n}{U_n},$$

其中, U_n' 为所述微电网并入所述配电网后的节点电压, U_n 为所述微电网并入所述配电网前的电压。

10.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在控制所述微电网与所述配电网之间的交换功率之后,所述方法还包括:

根据所述微电网与所述配电网之间的交换功率,建立所述微电网的评价体系;

所述微电网的运行评价体系包括如下三个评价指标,用以判断所述微电网并网交换功率的波动特性:

指标1:微电网交换功率的峰谷差 $DP_{\max} = P_{\max} - P_{\min}$;

指标2:微网购电电量与馈电电量;

指标3:微电网交换功率方差 $\sigma = \sum (P_{usri} - 1/n \sum P_{usri})^2$,其中, n 为采样时间点数, P_{usri} 为第*i*时刻的购电功率;

其中,在所述微电网为单相模式的情况下,采用所述指标1和所述指标2来评价,在所述微电网为三相模式的情况下,采用所述指标1和所述指标3来评价。

11. 一种微电网接入配电网时的交换功率控制的装置, 其特征在于, 包括:

第一获取模块, 用于获取微电网接入配电网所采用的预定接入模式, 所述预定接入模式包括: 低压T接入模式、低压专线接入模式和高压专线接入模式;

第二获取模块, 用于获取所述微电网接入所述配电网之后的能源运行模式, 所述能源运行模式包括: 所述微电网的本地微电源供电模式和所述微电网与所述配电网的能源交互模式;

处理模块: 用于根据所述微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或所述微电网接入所述配电网之后的能源运行模式, 控制所述微电网与所述配电网之间的交换功率;

其中, 该装置还包括: 检测模块, 用于在所述微电网接入所述配电网之后, 配电系统从放射状结构变为多电源结构, 检测所述微电网接入对电力系统的电压分布; 确定模块, 用于确定所述电压分布与所述微电网和所述配电网之间的功率交换量的控制关系。

12. 根据权利要求11所述的装置, 其特征在于, 所述处理模块包括:

第一子处理模块, 通过在所述微电网上送电能至所述配电网的端口安装防逆流装置, 控制用户侧负荷在相对所述微电网的容量较大且用电负荷为持续状态时, 禁止通过变压器将所述电能倒送到上一级电网。

13. 根据权利要求11所述的装置, 其特征在于, 所述处理模块还包括:

第二子处理模块, 控制所述微电网的交换功率小于等于所述配电网的供电功率的25%。

14. 根据权利要求11所述的装置, 其特征在于, 所述处理模块还包括:

第三子处理模块, 控制所述微电网与所述配电网的交换功率大于等于1MW。

15. 根据权利要求11所述的装置, 其特征在于, 所述处理模块还包括:

第四子处理模块, 用于在所述微电网的电源输出功率小于负荷功率的情况下, 从所述配电网或本地蓄电池获取电能给负荷;

第五子处理模块, 在所述微电网的所述电源输出功率大于所述负荷功率的情况下, 将剩余电能存储至蓄电池, 或将所述剩余电能输送给配电网;

第六子处理模块, 在电价谷时段, 所述微电网的蓄电池从所述配电网提取电能, 在电价峰时段, 所述微电网的蓄电池向所述配电网售电。

16. 根据权利要求11所述的装置, 其特征在于, 所述处理模块还包括:

第七子处理模块: 根据电网峰谷时段和所述微电网自身容量预设所述微电网与所述配电网之间的实时功率交换量, 其中, 所述微电网通过微型燃气轮机、风力发电机、太阳能发电机中的任意一个或多个设备输出电能;

第八子处理模块: 在所述微电网为后备电能供应系统的模式下, 根据所述配电网预设的发电曲线运行, 接受所述配电网的调度, 使得所述微电网从负荷变更为控制电源。

17. 根据权利要求11所述的装置, 其特征在于, 所述确定模块包括:

第一子确定模块, 在中小容量的微电网接入所述配电网之后, 作为动态负荷, 根据负荷以及分时电价来调节与所述配电网的功率交换量。

18. 根据权利要求11所述的装置, 其特征在于, 所述确定模块还包括:

第二子确定模块, 在配电网的网络拓扑结构为放射状链式结构的情况下, 所述配电网的馈线中的各节点分布多个负荷, 当所述负荷为三相对称时, 电压等级低, 所述配电网的线

路长度短,通过所述配电网的每一段线路的阻抗和各节点负荷大小来确定所述微电网功率交换量对所述电压分布的不同影响。

19.根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述确定模块还包括:

第三子确定模块,在所述配电网中,沿馈线将每一集中负荷视为一个节点并加以编号,从变电所的低压母线开始编号为0,后面依次为1,2,3,……N;

第四子确定模块,在负荷总容量大于所述微电网的总容量的情况下,获取所述配电网的第K个节点上的分布式发电;

第五子确定模块,在所述微电网接入所述配电网之后,通过如下公式计算得到电压变化指标 ε :

$$\frac{U_n' - U_n}{U_n};$$

其中, U_n' 为所述微电网并入所述配电网后的节点电压, U_n 为所述微电网并入所述配电网前的电压。

20.根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

第二处理模块,根据所述微电网与所述配电网之间的交换功率,建立所述微电网的评价体系;

所述微电网的运行评价体系包括如下三个评价指标,用以判断所述微电网并网交换功率的波动特性:

指标1:微电网交换功率的峰谷差 $DP_{\max} = P_{\max} - P_{\min}$;

指标2:微电网购电电量与馈电电量;

指标3:微电网交换功率方差 $\sigma = \sum (P_{usri} - 1/n \sum P_{usri})^2$,其中,n为采样时间点数, P_{usri} 为第i时刻的购电功率;

其中,在所述微电网为单相模式的情况下,采用所述指标1和所述指标2来评价,在所述微电网为三相模式的情况下,采用所述指标1和所述指标3来评价。

微电网接入配电网时的交换功率控制方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电网领域,具体而言,涉及一种微电网接入配电网时的交换功率控制方法及装置。

背景技术

[0002] 微电网的接入配电网对于大规模集中发电、输电的不足能够进行有效的弥补,它的优点有:节能效果好、可靠性高、环境污染少、改善供电质量、风险也较小,并且建设周期短,在短时间内能够有效的解决电力短缺的问题。但是也会带来一定的负面影响:加大需求负荷的预测难度、降低系统的可靠性、加大网架优化难度。

[0003] 针对现有技术中微电网接入配电网后因为交换功率不平衡导致需求负荷预测难度大、系统可靠性低,网架优化难度大的问题,目前尚未提出有效的解决方案。

发明内容

[0004] 本发明的主要目的在于提供一种微电网接入配电网时的交换功率控制方法及装置,以解决微电网接入配电网后导致需求负荷预测难度大、系统可靠性低,网架优化难度大的问题。

[0005] 为了实现上述目的,根据本发明实施例的一个方面,提供了一种微电网接入配电网时的交换功率控制方法。该方法包括,通过获取微电网接入配电网所采用的预定接入模式,预定接入模式包括:低压T接入模式、低压专线接入模式和高压专线接入模式;获取微电网接入配电网之后的能源运行模式,能源运行模式包括:微电网的本地微电源供电模式和微电网与配电网的能源交互模式;根据微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或微电网接入配电网之后的能源运行模式,控制微电网与配电网之间的交换功率。

[0006] 为了实现上述目的,根据本发明实施例的另一个方面,提供了一种微电网接入配电网时的交换功率控制装置。该装置包括:第一获取模块,用于获取微电网接入配电网所采用的预定接入模式,预定接入模式包括:低压T接入模式、低压专线接入模式和高压专线接入模式;第二获取模块,用于获取微电网接入配电网之后的能源运行模式,能源运行模式包括:微电网的本地微电源供电模式和微电网与配电网的能源交互模式;处理模块:用于根据微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或微电网接入配电网之后的能源运行模式,控制微电网与配电网之间的交换功率。

[0007] 解决了微电网接入配电网后因为交换功率不平衡导致需求负荷预测难度大、系统可靠性低,网架优化难度大的问题。

附图说明

[0008] 构成本申请的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0009] 图1是根据本发明实施例的微电网接入配电网时的交换功率控制方法的流程图;

- [0010] 图2是根据本发明实施例的低压T接入方式的示意图。
- [0011] 图3是根据本发明实施例的低压专线接入方式示意图；
- [0012] 图4是根据本发明实施例的高压专线接入方式示意图；
- [0013] 图5是根据本发明实施例的分时电价与储能运行方式以及电网交换功率的对应关系的示意图；
- [0014] 图6是根据本发明实施例的微网预设发电曲线的示意图；
- [0015] 图7是根据本发明实施例的微网储能调控完成电网调度任务的示意图；
- [0016] 图8是根据本发明实施例的计及惩罚成本后微网与配网功率交换情况的示意图；
- [0017] 图9是根据本发明实施例的并入DGS前后馈线的电压分布的示意图；
- [0018] 图10是根据本发明实施例的微网功率交换量变动引起电压分布变化曲线的示意图；以及
- [0019] 图11是根据本发明实施例的微电网接入配电网时的交换功率控制的装置的结构示意图。

具体实施方式

[0020] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0021] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

[0022] 需要说明的是，本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的本发明的实施例。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0023] 下面对本发明实施例中的名词进行解释：

[0024] 配电网：配电网是指在电力网起分配电作用的网络，配电网按电压来分类，可分为高压配电网(35-110kv)，中压配电网(6-10kv)，低压配电网(220-380v)。

[0025] 输电网：用于传输电能，主要将发电厂发的电通过变压器转变为高压电传输到各个变电站、所。

[0026] 网损：指的是电能输送过程中以热能形式散发的功率损失。

[0027] 微电网：微电网(microgrid)概念首先由美国CERTS(The Consortium for Electric Reliability Technology Solutions)提出，由分布式电源、储能装置、能量变换装置、相关负荷和监控、保护装置汇集而成的小型发配电系统，可同时供电能和热能，既可以与配电网并网运行，也可独立运行，是一个能够实现自我控制、保护和管理的自治系统。

[0028] 实施例一：

[0029] 本发明实施例提供了一种微电网接入配电网时的交换功率控制方法。

[0030] 图1是根据本发明实施例的微电网接入配电网时的交换功率控制方法的流程图。如图1所示,该方法包括步骤如下:

[0031] 步骤S102,获取微电网接入配电网所采用的预定接入模式,预定接入模式包括:低压T接入模式、低压专线接入模式和高压专线接入模式。

[0032] 具体的,上述微电网可以是城市微电网,也可以简称微网。本以城市微电网为例,该城市微电网根据不同的需求,可以以不同的方式接入配电网,而不同的接入方式下,其交换功率的要求也不同。理论上,微电网可以以多种方式接入配电网,但是在实际工程应用中,可行的接入方式并不多,以左安门微电网为例,其可实现以下三种接入方式:低压专线接入、低压T接入及高压专线接入。

[0033] 步骤S104,获取微电网接入配电网之后的能源运行模式,能源运行模式包括:微电网的本地微电源供电模式和微电网与配电网的能源交互模式。

[0034] 步骤S106,根据微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或微电网接入配电网之后的能源运行模式,控制微电网与配电网之间的交换功率。

[0035] 通过上述三个步骤,采用微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或微电网接入配电网之后的能源运行模式,控制微电网与配电网之间的交换功率,解决了微电网接入配电网后因为交换功率不平衡导致需求负荷预测难度大、系统可靠性低,网架优化难度大的问题。

[0036] 可选的,上述步骤S102中的低压T接入模式为将配电网以负荷的形式接入微电网,在微电网采用低压T接入模式接入配电网的情况下,其中,控制微电网与配电网之间的交换功率的步骤包括:

[0037] 步骤S1021,通过在微电网上送电能至配电网的端口安装防逆流装置,控制用户侧负荷在相对微电网的容量较大且用电负荷为持续状态时,禁止通过变压器将电能倒送到上一级电网。

[0038] 具体的,如图2所示,上述低压T接入是指可以直接从380V低压配电网II段直接以负荷的形式接微电网。

[0039] 上述模式可以用在用户侧负荷相对微电网容量较大且用电负荷持续的项目。如果一旦用户用电无法消纳的时候,会通过变压器倒送到上一级电网,对于上一级电网以及用户配电变压器设备产生安全隐患和损害,因此需要在上送的端口安装防逆流的装饰,避免倒送电。

[0040] 本实施例提供的上述并网方式的优点在于,并网简单,节省了升压变,通道和通信投资的费用成本低了许多,并且由于所有电量不送入公共电网,对配电网的影响小。因此,这种方式可以适用300KW以下的微电网接入。

[0041] 可选的,步骤S102中的,低压专线接入模式为从配电网的变压器下端引出专线接入微电网,在微电网采用低压专线接入模式接入配电网的情况下,其中,控制微电网与配电网之间的交换功率的步骤包括:

[0042] 步骤S1023,控制微电网的交换功率小于等于配电网的供电功率的25%。

[0043] 具体的,本实施例提供的上述低压专线接入可以是直接从380V低压配电网II段的变压器下端引出专线接微电网,其接入方式示意图如图3所示。

[0044] 上述低压专线接入的微网系统直接通过电缆,接入变压器或开关站380V低压出线。其需要牵涉到放电缆线,开挖线路通道等费用。由于公用变压器设计时,是按照单向潮流设计。变压器不具备返送电的功能。因此为了能让电能更好的在母线上消纳微电网的交换功率以不超过配变25%为宜。如果有集中项目,则需要更换变压器或增加储能装置。

[0045] 可选的,步骤S102中的高压专线接入模式为从配电网的高压母线单独引出一个变压器接入微电网,在微电网采用高压专线接入模式接入配电网的情况下,其中,控制微电网与配电网之间的交换功率的步骤包括:

[0046] 步骤S1025,控制微电网与配电网的交换功率大于等于1MW。

[0047] 具体的,如图4所示,高压专线接入指10kV高压母线单独引出一个变压器接微电网。

[0048] 高压专线接入方法最大的问题在于,变电站和开关站的间隔资源的有限性。特别是在主城区和用电量较为集中的工业园区内,由于用电项目非常多,区域内的间隔几乎是用完的,通过改造增加间隔的成本和时间非常长,并且由于专线接入的投资比较大,主要投资包括升压变压器、电缆、电缆路径通道施工、通信光缆的改造及施工、保护配置相对较多。因此,此类接入方式应该使用于容量较大的项目(1MW以上),该种项目对接入成本增加的敏感度较低,并且与配电网交换功率较大的微电网的接入。

[0049] 可选的,步骤S104中的本地微电源供电模式为通过微电网的发电设备提供电能,在微电网接入配电网之后处于本地微电源供电模式的情况下,其中,控制微电网与配电网之间的交换功率的步骤包括:

[0050] 步骤S1041,在微电网的电源输出功率小于负荷功率的情况下,微电网从配电网或本地蓄电池获取电能给负荷;

[0051] 步骤S1043,在微电网的电源输出功率大于负荷功率的情况下,微电网将剩余电能存储至蓄电池,或微电网将剩余电能输送给配电网;

[0052] 步骤S1045,在电价谷时段,微电网的蓄电池从配电网提取电能,在电价峰时段,微电网的蓄电池向配电网售电。

[0053] 具体的,根据上述三个步骤,本地微电源供电模式可以是一种自发自用的模式,自发自用模式下的微网在并网时,不仅要考虑各微源的出力调度策略,而且需考虑微网与外网的电能交易对微网系统效益的影响。综合考虑环境问题带来的影响和国家政策导向,一般情况下,微电网中的风力发电单元和光伏单元保持最大功率输出;而冷热电三联供的微型燃气轮机以供热/制冷为主,所以其只能运行在“以热定电”模式下,故微网中微电源出力较少接受系统调度。而系统中储能是可调度的资源,在考虑经济运行时,可通过对储能进行调度,实现微电网运行成本的降低。

[0054] 综上所述,在考虑自发自用模式下微电网并网时运行问题时,其基本控制策略如下:

[0055] 当微电网发电不足(微源输出功率小于负荷功率)时:若储能的发电成本高于购电电价时,微电网从配电网取电;若储能的发电成本低于购电电价而且储能充足时,储能发电供给负荷。

[0056] 当微电网发电有余(微源输出功率大于负荷功率)时:若电价较低时,微电网内余电向储能充电;若电价较高时,微电网内余电输送给电网,获得利润以降低微电网运行成

本。

[0057] 当电价谷时段,储能从电网取电,电价峰时段,储能向电网售电。在获得利益的同时实现了微电网“削峰填谷”的功效。

[0058] 本实施例中,在分时电价影响下,微网储能根据实时电价和微网负荷/发电情况,确定自身运行状态,这也决定了自发自用模式微网与配网之间的功率交换量。以左安门微电网为例,如图5所示,在典型运行数据情况下,储能的投入加大了微电网与配电网之间的功率交换量,但是其实现了微电网“峰时售电,谷时购电”的经济运行方式,即在电价峰时,尽量向电网售电,在电价谷时,从电网取电。

[0059] 可选的,步骤S104中的微电网与配电网的能源交互模式为微电网的发电设备与配电网的输电网进行电能双向流动,在微电网接入配电网之后处于微电网与配电网的能源交互模式的情况下,其中,控制微电网与配电网之间的交换功率的步骤包括:

[0060] 步骤S501,配电网根据电网峰谷时段和微电网自身容量预设微电网与配电网之间的实时功率交换量,其中,微电网通过微型燃气轮机、风力发电机、太阳能发电机中的任意一个或多个设备输出电能。

[0061] 步骤S503,在微电网为后备电能供应系统的模式下,微电网根据配电网预设的发电曲线运行,接受配电网的调度,使得微电网从负荷变更为控制电源。

[0062] 结合上述两个步骤,本实施例的上述能源交互模式可以是一种统购统销模式,在上述统购统销模式下,微电网作为一种特殊用户,可以实现微网与配网之间的能量双向流动,在统购的同时也能实现统销。一般情况下,微网作为后备电厂,根据大电网预设的功率曲线,与大电网进行功率交换。其运行控制策略为:由大电网根据电网峰谷时段和微电网自身容量预设其与大电网之间的实时功率交换量。微网内光伏发电单元MPPT输出;微型燃气轮机运行在“以热定电”模式,其输出功率根据预设供热量曲线确定;储能运行在优化的经济模式状态,根据电网需求,优化微燃机和储能的充放电量。微网作为后备电厂模式下,根据大电网预设的发电曲线运行,接受大电网的调度,此时微电网由一个随机负荷变成一个可控的电源,能够更好的满足电网需求,增强大电网的稳定性。

[0063] 根据本实施例中的一种可选的左安门微电网中的的典型日发电和负荷功率,可以假定分时电价下,微网接受调度的预设发电曲线如图6所示。其发电曲线是指微网与配网之间的功率交换曲线,向电网送电时为正值,反之为负。根据预设发电曲线,储能参与调控,可以得出在分时电价下,微网作为后备电厂时,内部运行功率分布曲线如图7所示,图中储能单元参与调控,实现了既定的发电要求。

[0064] 可选的,步骤S106中的根据微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或微电网接入配电网之后的能源运行模式,控制微电网与配电网之间的交换功率之后,本实施例提供的方法还可以包括:

[0065] 步骤S801,在配电网接入微电网之后,配电系统从放射状结构变为多电源结构,检测微电网接入对电力系统的电压分布;

[0066] 步骤S803,确定电压分布与微电网和配电网之间的功率交换量的控制关系。

[0067] 具体的,结合上述两个步骤,本实施例可以说明一种分析微电网交换功率对电压分布的影响的模型。配电网是以用户端没有电源为基础设计的,其潮流是从系统侧流向负荷侧。通过一些调压手段保证用户电压维持在规定电压范围内,保证电能质量。在接入微电

网之后,配电系统从放射状结构变为多电源结构,潮流的大小和方向有可能发生巨大改变,使配电网的稳态电压也发生变化,原有的调压方案不一定能满足微电网接入后的配电网电压要求。因此必须评估微电网接入对电力系统电压的影响,以保证在微电网接入越来越多的情况下它们不会给用户带来不良后果。本实施例可以对微电网接入对配电网稳态电压分布的影响进行研究。首先基于链式配电网和恒功率静态负荷模型,结合仿真算例,说明微电网与配电网间交换功率对电压分布的影响。

[0068] 可选的,步骤S803中确定电压分布与微电网和配电网之间的功率交换量的控制关系的步骤可以包括:

[0069] 步骤S8000,在中小容量的微电网接入配电网之后,微电网为动态负荷,微电网根据负荷以及分时电价来调节与配电网的功率交换量。

[0070] 具体的,本实施例可以提供一种微电网模型,上述中小容量的微电网接入配电网之后,极少正面参与电压调节。从系统角度,微电网可以视为可控的动态负荷。微网根据负荷以及分时电价等因素调节自身与配网功率交换量,因此在本文的研究中,认为微电网的出力不随节点电压的变化而改变。

[0071] 可选的,步骤S803中确定电压分布与微电网和配电网之间的功率交换量的控制关系的步骤还可以包括:

[0072] 步骤S9000,在配电网的网络拓扑结构为放射状链式结构的情况下,配电网的馈线中的各节点分布多个负荷,当负荷为三相对称时,电压等级低,配电网的线路长度短,通过配电网的每一段线路的阻抗、各节点负荷大小来确定微电网功率交换量对电压分布的不同影响。

[0073] 具体的,本实施例可以提供一种配电网和负荷模型,上述配电网的拓扑结构类型较多,我国城乡大多数配电系统仍以放射状链式结构为主。这种结构的网络有许多优点,比如接线可靠、保护整定容易、扩容简单等。本文将变电所以上的网络全部等值为电压源。分析中系统电压始终保持不变。馈线中不同位置分布有若干负荷。配电网中的负荷种类繁多,随机性大,较难准确地对负荷加以表示。为便于研究,采用恒功率静态模型来表示馈线上各节点的负荷;同时,假设负荷三相对称;因电压等级较低,配电线路长度较短,三相线路间的互感也不予考虑;所有线路阻抗均折合到系统电压等级。本实施例应用实际算例来反映微电网交换功率对电压分布的不同影响。算例中每一段线路的阻抗、各节点负荷大小以及微网功率交换量分别见下表a和表b。系统母线电压取为1.02。所有的负荷与光伏分布式电源出力均是相对于10MVA基值的标么值,电压基值为10kV。

[0074] 表a线路阻抗和节点负荷

	节点	电阻	电抗	有功	无功
	1	0.0002	0.0005	0.0497	0.0261
	2	0.0082	0.0246	0.0034	0.0065
	3	0.0006	0.0017	0.0487	0.0002
	4	0.0009	0.0027	0.0461	0.0163
	5	0.007	0.0209	0.0479	0.018
	6	0.0015	0.0044	0.0282	0.0497
	7	0.0006	0.0017	0.0475	0.047
	8	0.0006	0.0019	0.0159	0.0217
	9	0.0072	0.0217	0.0133	0.0468
[0075]	10	0.0003	0.001	0.0031	0.0248
	11	0.007	0.0209	0.0166	0.0486
	12	0.0022	0.0066	0.0146	0.0479
	13	0.0063	0.0188	0.0201	0.036
	14	0.0051	0.0154	0.0017	0.0324
	15	0.0058	0.0173	0.0144	0.0431
	16	0.0029	0.0086	0.011	0.0015
	17	0.0089	0.0268	0.0283	0.0183
	18	0.0009	0.0028	0.0435	0.0047
	19	0.0029	0.0088	0.0127	0.0167
	20	0.0082	0.0247	0.0296	0.0004

[0076] 表b光伏分布式电源的出力和位置信息

	DG 编号	有功出力	无功出力	位置
[0077]	1	0.0025	0.0018	5
	2	0.0034	0.0025	8
	3	0.0424	0.0309	11
[0078]	4	0.0677	0.0505	13
	5	0.0816	0.0598	14

[0079] 可选的,步骤S803中确定电压分布与微电网和配电网之间的功率交换量的控制关系的步骤还可以包括:

[0080] 步骤S1010,在配电网中,沿馈线将每一集中负荷视为一个节点并加以编号,从变电所的低压母线开始编号为0,后面依次为1,2,3,……N;

[0081] 步骤S1030,在负荷总容量大于微电网的总容量的情况下,获取配电网的第K个节点上的分布式发电;

[0082] 步骤S1050,在配电网接入微电网之后,通过如下公式计算得到电压变化指标 ε :

[0083] $\varepsilon = \frac{U_n' - U_n}{U_n}$ 其中, U_n' 为并入微电网后的配电网的节点电压, U_n 为微电网并入前的电压。

[0084] 具体的,配电网的潮流计算一般不以全网为单位而是以馈线为单位,这样进行分析计算可以大大简化计算步骤,提高计算速度,因此配电系统的拓扑结构一般以馈线为单位,其过程如下:沿馈线将每一集中负荷视为一个节点并加以编号,从变电所的低压母线开始编号为0,后面依次为1,2,3,……N。每一小段线路的阻抗和电抗分别为 R_i, X_i ,以变电所高压母线为参考节点,变电所高压母线电压假设不变。设系统母线为参考节点,线电压 $U_0 = U_0 e^{j0}$ 。

[0085] 在本实施例一种可选的实际运行中,即使网络中接有多个微电网,但负荷总容量一般仍大于微电网的总容量,这是为保证整个配电线路是严格吸收型的受端网络首先考虑在第K个节点上有一个分布式发电,不失一般性,这里的K不限定为末节点。若K节点上的微电网投入运行,各节点的电压损耗会发生一定变化,分微电网的接入也使得K位置向前向后看到的负荷发生了变化。接入微电网后,负荷节点的电压有所上升因减少了馈线中传输的功率,同时还有微电网无功出力的支持,对负荷节点的电压支撑是有利的。

[0086] 为量化同一节点在微电网投入运行前后电压的变化程度,本实施例提出采用并入微电网后节点电压 U_n' ,与微电网并入前的电压 U_n 之差与微电网并入前的电压之商构成电压变化指标 ε ,即

[0087] $\varepsilon = \frac{U_n' - U_n}{U_n}$ 变化率指标越大,说明该点电压受微电网接入的影响越大。同时也说明微电网对这些节点的电压支撑越大。在微电网的支撑下,往往线路电压调节器不得不适当调整分接头以适应微电网对某些节点的电压抬高;若微电网突然退出运行,变化率指标较大的节点因缺少电压支撑,会遭受低电压的严重电能质量问题。因为电压调节器动作需要一定时间,等待调压器做出调整,对用户而言是不能接受的。为避免出现这种现象,相应指标变化剧烈的节点还应考虑安装必要的能够快速动作的电压支撑设备。

[0088] 可选的,步骤S106中根据微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或微电网接入配电网之后的能源运行模式,控制微电网与配电网之间的交换功率之后,本实施例提供的方法还可以包括:

[0089] 指标1:微电网交换功率的峰谷差 $DP_{\max} = P_{\max} - P_{\min}$;

[0090] 指标2:微电网购电电量与馈电电量;

[0091] 指标3:微电网交换功率方差 $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (P_{usri} - \bar{P}_{usri})^2}$,其中, n 为采样时间点数, P_{usri} 为第*i*时刻的购电功率;

[0092] 其中,在微电网为单相模式的情况下,采用指标1和指标2来评价,在微电网为三相模式的情况下,采用指标1和指标3来评价。

[0093] 具体的,针对上述微电网与配电网之间功率交换情况,针对不同类型微电网建立了不同的评价体系,从不同方面考虑微网交换功率对配网的影响,实现对不同微网的不同交换量参数进行量化。在单相模式或三相模式下,微电网交换功率的峰谷差越大说明微电

网运行越不经济,微电网应增加功率型储能设备,容量应接近 $0.5DP_{\max}$ 或使用软起动器以降低功率波动,避免电网因瞬时大功率负荷而增加系统旋转备用而造成的经济损失。在单相模式下,微电网购电电量与馈电电量之差越大说明微电网运行越不经济,微电网应增加能量型储能设备,使微电网能实现能量自平衡,配置容量可参考购电电量与馈电电量之差。在三相模式下,微电网交换功率方差 σ 越大说明发电与负荷波动越频繁,应改进能量管理系统策略,利用增加微电网储能容量,容量值可参考 σ 的平方根值。

[0094] 由于上述原因,微电网运行评价采用如下3个指标,用以判断微电网并网交换功率的波动特性。

[0095] 指标1:微电网交换功率的峰谷差 $DP_{\max}=P_{\max}-P_{\min}$

[0096] 指标2:微电网购电电量与馈电电量

[0097] 指标3:微电网交换功率方差 $\sigma=\sqrt{\frac{1}{n}\sum(P_{usri}-\bar{P})^2}$

[0098] 式中 n 为采样时间点数, P_{usri} 为第 i 时刻的购电功率。

[0099] 针对低压单相接入与三相接入2种情况,分别采用有针对性的目标,在单相并网微电网中针对负荷的随机性与波动性均较强,采用指标1与指标2评价;在三相并网微电网中针对负荷分时段相对稳定,采用指标1与指标3评价。

[0100] 以左安门为例,根据左安门系统的特点,选取微电网交换功率的峰谷差指标与微电网交换功率方差指标评价对左安门微电网经济运行进行优化求解。

[0101] 本文惩罚因子分别为 $\varepsilon_1=0, \varepsilon_2=0, \varepsilon_3=0; \varepsilon_1=0, \varepsilon_2=0.02, \varepsilon_3=0.5; \varepsilon_1=0, \varepsilon_2=0.2, \varepsilon_3=5$ 三种情况分析惩罚力度变化对微网与配网功率交换的影响,惩罚因子越大,惩罚力度越大,优化结果如图8所示。从图8可以看出,随着惩罚力度的增大,微网与配网间的交换功率越来越小。在微电网保存最大功率发电的情况下,要满足负荷的需求,必须加大储能的充放电频率及充放电深度,间接地加大了储能的投资。因此,在未来电网对微电网管理完善之后,储能成本的降低对于微电网的经济运行更加重要。

[0102] 本发明实施例还提供了对于针对上述模型的仿真结果的分析方法,其中包括:

[0103] (1)一般结果比较:

[0104] 馈线上的负荷累计达0.8,属于馈线正常工况水平。所有微电网接入配电网,总出力占有所有负荷的有功需求的40%。分2次试验:①没有微电网接入配电网,用潮流程序计算电压;②所有微电网从图9可以看出,在没有微电网支撑的情况下,馈线末端多个节点的电压已接近安全运行的下限。负荷高峰期,末端电压极有可能越限。相反,当5个节点上的分布式发电投入运行,线路上的电压有了明显改善,比低电压下限高出3%。于是,分布于配电网中的分布式电源对馈线的电压分布的改善作用非常明显。如图9所示中,越接近末节点,电压变化率越大。受微电网注入功率的影响越大。图中的变化率曲线持续上升,这一特点对大多数的受端型网络是正确的,但大量的仿真显示也有例外出现。这种例外通常是因为在这一点微电网很强,使得某一点电压抬高很多。因此,变化率曲线将存在峰谷变化。在包含微电网的配电网中,变化率较大的地方是无功补偿和电压支撑应优先考虑的地点。

[0105] (2) 光伏分布式容量对电压曲线的影响

[0106] 同样的网络数据和负荷,对每个微电网的功率交换量进行随机变动,每个微网功率交换量可以为微网容量的0,33%,67%或100%,每次变动的 n 组数据见表c。

[0107] 表c DGS出力改变以及总出力的比值

编 号	MG1	MG2	MG3	MG4	MG5	MG
	位置	位置	位置	位置	位置	集结
0	0	0	0	0	0	0
[0108] 1	100	100	100	100	100	40
3	33	0	67	100	100	36.1
4	100	100	100	33	0	14.3
5	0	100	67	0	33	11.9

[0109] 从若干次试验中选出几次试验的结果绘制在图10中。仿真结果表明电压支撑由微电网的总功率交换量决定。总功率交换量越多,与负荷的比值越高,电压支撑就越大,整体电压水平就越高。整个仿真中采用静态恒功率负荷,实际配电系统中有一定的动态负荷和无功电压调节设备。这些负荷或设备的无功需求随电压的变化而动态变化。微电网的接入和退出并不简单地就是微电网出力的数字变化,实际情况会更复杂。微电网并入系统,使得电压被抬高,电压升高的同时动态负荷的无功需求量会有所减少,电容补偿的无功也增多,这样系统中因微电网接入的净无功变化会多于微电网的无功出力。同样,一个部分依靠接入微电网支撑电压的配电线路,微电网的退出,使得电压下跌,动态负荷无功需求增加,电容发出的无功减少,这样,配电线路中缺额的无功会远远大于退出的微电网所发出的无功。

[0110] 实施例二:

[0111] 本发明还提供了一种微电网接入配电网时的交换功率控制的装置,如图11所示,

[0112] 上述装置包括:

[0113] 第一获取模块1101,用于获取微电网接入配电网所采用的预定接入模式,预定接入模式包括:低压T接入模式、低压专线接入模式和高压专线接入模式。

[0114] 第二获取模块1103,用于获取微电网接入配电网之后的能源运行模式,能源运行模式包括:微电网的本地微电源供电模式和微电网与配电网的能源交互模式;

[0115] 处理模块1105:用于根据微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或微电网接入配电网之后的能源运行模式,控制微电网与配电网之间的交换功率。

[0116] 通过上述三个模块,采用微电网接入配电网所采用的预定接入模式和/或微电网接入配电网之后的能源运行模式,控制微电网与配电网之间的交换功率,解决了微电网接入配电网后因为交换功率不平衡导致需求负荷预测难度大、系统可靠性低,网架优化难度大的问题。

[0117] 可选的,上述处理模块1105可以包括:

[0118] 第一子处理模块1201,通过在微电网上送电能至配电网的端口安装防逆流装置,控制用户侧负荷在相对微电网的容量较大且用电负荷为持续状态时,禁止通过变压器将电能倒送到上一级电网。

[0119] 具体的,如图2所示,上述低压T接入是指可以直接从380V低压配电网II段直接以负荷的形式接微电网。

[0120] 上述模式可以用在用户侧负荷相对微电网容量较大且用电负荷持续的项目。如果一旦用户用电无法消纳的时候,会通过变压器倒送到上一级电网,对于上一级电网以及用

户配电变压器设备产生安全隐患和损害,因此需要在上送的端口安装防逆流的装饰,避免倒送电。

[0121] 本实施例提供的上述并网方式的优点在于,并网简单,节省了升压变,通道和通信投资的费用成本低了许多,并且由于所有电量不送入公共电网,对配电网的影响小。因此,这种方式可以适用300KW以下的微电网接入。

[0122] 可选的,上述处理模块还可以包括:

[0123] 第二子处理模块1202,控制微电网的交换功率小于等于配电网的供电功率的25%。

[0124] 具体的,本实施例提供的上述低压专线接入可以是直接从380V低压配电网II段的变压器下端引出专线接微电网,其接入方式示意图如图3所示。

[0125] 上述低压专线接入的微网系统直接通过电缆,接入变压器或开关站380V低压出线。其需要牵涉到放电缆线,开挖线路通道等费用。由于公用变压器设计时,是按照单向潮流设计。变压器不具备返送电的功能。因此为了能让电能更好的在母线上消纳微电网的交换功率以不超过配变25%为宜。如果有集中项目,则需要更换变压器或增加储能装置。

[0126] 处理模块还可以包括1105:

[0127] 第三子处理模块1203,控制微电网与配电网的交换功率大于等于1MW。

[0128] 具体的,如图4所示,高压专线接入指10kV高压母线单独引出一个变压器接微电网。

[0129] 高压专线接入方法最大的问题在于,变电站和开关站的间隔资源的有限性。特别是在主城区和用电量较为集中的工业园区内,由于用电项目非常多,区域内的间隔几乎是用完的,通过改造增加间隔的成本和时间非常长,并且由于专线接入的投资比较大,主要投资包括升压变压器、电缆、电缆路径通道施工、通信光缆的改造及施工、保护配置相对较多。因此,此类接入方式应该使用于容量较大的项目(1MW以上),该种项目对接入成本增加的敏感度较低,并且与配电网交换功率较大的微电网的接入。

[0130] 优选的,上述处理模块1105还可以包括:

[0131] 第四子处理模块1204,用于在微电网的电源输出功率小于负荷功率的情况下,从配电网或本地蓄电池获取电能给负荷;

[0132] 第五子处理模块1205,在微电网的电源输出功率大于负荷功率的情况下,将剩余电能存储至蓄电池,或将剩余电能输送给配电网;

[0133] 第六子处理模块1206,在电价谷时段,微电网的蓄电池从配电网提取电能,在电价峰时段,微电网的蓄电池向配电网售电。

[0134] 具体的,根据上述三个模块,本地微电源供电模式可以是一种自发自用的模式,自发自用模式下的微网在并网时,不仅要考虑各微源的出力调度策略,而且需考虑微网与外网的电能交易对微网系统效益的影响。综合考虑环境问题带来的影响和国家政策导向,一般情况下,微电网中的风力发电单元和光伏单元保持最大功率输出;而冷热电三联供的微型燃气轮机以供热/制冷为主,所以其只能运行在“以热定电”模式下,故微网中微电源出力较少接受系统调度。而系统中储能是可调度的资源,在考虑经济运行时,可通过对储能进行调度,实现微电网运行成本的降低。

[0135] 综上所述,在考虑自发自用模式下微电网并网时运行问题时,其基本控制策略如

下:

[0136] 当微电网发电不足(微源输出功率小于负荷功率)时:若储能的发电成本高于购电电价时,微电网从配电网取电;若储能的发电成本低于购电电价而且储能充足时,储能发电供给负荷。

[0137] 当微电网发电有余(微源输出功率大于负荷功率)时:若电价较低时,微电网内余电向储能充电;若电价较高时,微电网内余电输送给电网,获得利润以降低微电网运行成本。

[0138] 当电价谷时段,储能从电网取电,电价峰时段,储能向电网售电。在获得利益的同时实现了微电网“削峰填谷”的功效。

[0139] 本实施例中,在分时电价影响下,微网储能根据实时电价和微网负荷/发电情况,确定自身运行状态,这也决定了自发自用模式微网与配网之间的功率交换量。以左安门微电网为例,如图5所示,在典型运行数据情况下,储能的投入加大了微电网与配电网之间的功率交换量,但是其实现了微电网“峰时售电,谷时购电”的经济运行方式,即在电价峰时,尽量向电网售电,在电价谷时,从电网取电。

[0140] 优选的,上述处理模块1105还可以包括:

[0141] 第七子处理模块1207:根据电网峰谷时段和微电网自身容量预设微电网与配电网之间的实时功率交换量,其中,微电网通过微型燃气轮机、风力发电机、太阳能发电机中的任意一个或多个设备输出电能;

[0142] 第八子处理模块1208:在微电网为后备电能供应系统的模式下,根据配电网预设的发电曲线运行,接受配电网的调度,使得微电网从负荷变更为控制电源。

[0143] 结合上述两个模块,本实施例的上述能源交互模式可以是一种统购统销模式,在上述统购统销模式下,微电网作为一种特殊用户,可以实现微网与配网之间的能量双向流动,在统购的同时也能实现统销。一般情况下,微网作为后备电厂,根据大电网预设的功率曲线,与大电网进行功率交换。其运行控制策略为:由大电网根据电网峰谷时段和微电网自身容量预设其与大电网之间的实时功率交换量。微网内光伏发电单元MPPT输出;微型燃气轮机运行在“以热定电”模式,其输出功率根据预设供热量曲线确定;储能运行在优化的经济模式状态,根据电网需求,优化微燃机和储能的充放电量。微网作为后备电厂模式下,根据大电网预设的发电曲线运行,接受大电网的调度,此时微电网由一个随机负荷变成一个可控的电源,能够更好的满足电网需求,增强大电网的稳定性。

[0144] 根据本实施例中的一种可选的左安门微电网中的的典型日发电和负荷功率,可以假定分时电价下,微网接受调度的预设发电曲线如图6所示。其发电曲线是指微网与配网之间的功率交换曲线,向电网送电时为正值,反之为负。根据预设发电曲线,储能参与调控,可以得出在分时电价下,微网作为后备电厂时,内部运行功率分布曲线如图7所示,图中储能单元参与调控,实现了既定的发电要求。

[0145] 优选的,上述装置还可以包括:

[0146] 检测模块1107,用于在配电网接入微电网之后,配电系统从放射状结构变为多电源结构,检测微电网接入对电力系统的电压分布;

[0147] 确定模块1109,用于确定电压分布与微电网和配电网之间的功率交换量的控制关系。

[0148] 具体的,结合上述两个模块,本实施例可以说明一种分析微电网交换功率对电压分布的影响的模型。配电网是以用户端没有电源为基础设计的,其潮流是从系统侧流向负荷侧。通过一些调压手段保证用户电压维持在规定电压范围内,保证电能质量。在接入微电网之后,配电系统从放射状结构变为多电源结构,潮流的大小和方向有可能发生巨大改变,使配电网的稳态电压也发生变化,原有的调压方案不一定能满足微电网接入后的配电网电压要求。因此必须评估微电网接入对电力系统电压的影响,以保证在微电网接入越来越多的情况下它们不会给用户带来不良后果。本实施例可以对微电网接入对配电网稳态电压分布的影响进行研究。首先基于链式配电网络和恒功率静态负荷模型,结合仿真算例,说明微电网与配电网间交换功率对电压分布的影响。

[0149] 优选的,上述确定模块1109包括:

[0150] 第一子确定模块1301,在中小容量的微电网接入配电网之后,作为动态负荷,根据负荷以及分时电价来调节与配电网的功率交换量。

[0151] 具体的,本实施例可以提供一种微电网模型,上述中小容量的微电网接入配电网之后,极少正面参与电压调节。从系统角度,微电网可以视为可控的动态负荷。微网根据负荷以及分时电价等因素调节自身与配网功率交换量,因此在本文的研究中,认为微电网的出力不随节点电压的变化而改变。

[0152] 优选的,上述确定模块1109还包括:

[0153] 第二子确定模块1302,在配电网的网络拓扑结构为放射状链式结构的情况下,配电网的馈线中的各节点分布多个负荷,当负荷为三相对称时,电压等级低,配电网的线路长度短,通过配电网的每一段线路的阻抗、各节点负荷大小来确定微电网功率交换量对电压分布的不同影响。

[0154] 具体的,本实施例可以提供一种配电网络和负荷模型,上述配电网络的拓扑结构类型较多,我国城乡大多数配电系统仍以放射状链式结构为主。这种结构的网络有许多优点,比如接线可靠、保护整定容易、扩容简单等。本文将变电所以上的网络全部等值为电压源。分析中系统电压始终保持不变。馈线中不同位置分布有若干负荷。配电网中的负荷种类繁多,随机性大,较难准确地对负荷加以表示。为便于研究,采用恒功率静态模型来表示馈线上各节点的负荷;同时,假设负荷三相对称;因电压等级较低,配电线路长度较短,三相线路间的互感也不予考虑;所有线路阻抗均折合到系统电压等级。本实施例应用实际算例来反映微电网交换功率对电压分布的不同影响。算例中每一段线路的阻抗、各节点负荷大小以及微网功率交换量分别见下表a和表b。系统母线电压取为1.02。所有的负荷与光伏分布式电源出力均是相对于10MVA基值的标么值,电压基值为10kV。

[0155] 表a线路阻抗和节点负荷

	节点	电阻	电抗	有功	无功
[0156]	1	0.0002	0.0005	0.0497	0.0261
	2	0.0082	0.0246	0.0034	0.0065
	3	0.0006	0.0017	0.0487	0.0002
	4	0.0009	0.0027	0.0461	0.0163
	5	0.007	0.0209	0.0479	0.018
	6	0.0015	0.0044	0.0282	0.0497
	7	0.0006	0.0017	0.0475	0.047
	8	0.0006	0.0019	0.0159	0.0217
[0157]	9	0.0072	0.0217	0.0133	0.0468
	10	0.0003	0.001	0.0031	0.0248
	11	0.007	0.0209	0.0166	0.0486
	12	0.0022	0.0066	0.0146	0.0479
	13	0.0063	0.0188	0.0201	0.036
	14	0.0051	0.0154	0.0017	0.0324
	15	0.0058	0.0173	0.0144	0.0431
	16	0.0029	0.0086	0.011	0.0015
	17	0.0089	0.0268	0.0283	0.0183
	18	0.0009	0.0028	0.0435	0.0047
	19	0.0029	0.0088	0.0127	0.0167
	20	0.0082	0.0247	0.0296	0.0004

[0158] 表b光伏分布式电源的出力和位置信息

	DG 编号	有功出力	无功出力	位置
[0159]	1	0.0025	0.0018	5
	2	0.0034	0.0025	8
	3	0.0424	0.0309	11
	4	0.0677	0.0505	13
	5	0.0816	0.0598	14

[0160] 优选的,确定模块1109还包括:

[0161] 第三子确定模块1303,在配电网中,沿馈线将每一集中负荷视为一个节点并加以编号,从变电所的低压母线开始编号为0,后面依次为1,2,3,……N;

[0162] 第四子确定模块1304,在负荷总容量大于微电网的总容量的情况下,获取配电网的第K个节点上的分布式发电;

[0163] 第五子确定模块1305,在配电网接入微电网之后,通过如下公式计算得到电压变

化指标 ε ：

$$[0164] \quad \frac{U_n' - U_n}{U_n},$$

[0165] 其中, U_n' 为并入微电网后的配电网的节点电压, U_n 为微电网并入前的电压。

[0166] 具体的, 配电网的潮流计算一般不以全网为单位而是以馈线为单位, 这样进行分析计算可以大大简化计算步骤, 提高计算速度, 因此配电系统的拓扑结构一般以馈线为单位, 其过程如下: 沿馈线将每一集中负荷视为一个节点并加以编号, 从变电所的低压母线开始编号为0, 后面依次为1, 2, 3, ……N。每一小段线路的阻抗和电抗分别为 R_i , X_i , 以变电所高压母线为参考节点, 变电所高压母线电压假设不变。设系统母线为参考节点, 线电压 $U_0 = U_0 e^{j0}$ 。

[0167] 在本实施例一种可选的实际运行中, 即使网络中接有多个微电网, 但负荷总容量一般仍大于微电网的总容量, 这是为保证整个配电线路是严格吸收型的受端网络首先考虑在第K个节点上有一个分布式发电, 不失一般性, 这里的K不限定为末节点。若K节点上的微电网投入运行, 各节点的电压损耗会发生一定变化, 分微电网的接入也使得K位置向前向后看到的负荷发生了变化。接入微电网后, 负荷节点的电压有所上升因减少了馈线中传输的功率, 同时还有微电网无功出力的支持, 对负荷节点的电压支撑是有利的。

[0168] 为量化同一节点在微电网投入运行前后电压的变化程度, 本实施例提出采用并入微电网后节点电压 U_n' , 与微电网并入前的电压 U_n 之差与微电网并入前的电压之商构成电压变化指标 ε , 即

$$[0169] \quad \varepsilon = \frac{U_n' - U_n}{U_n} \text{ 变化率指标越大, 说明该点电压受微电网接入的影响越大。同时也说}$$

明微电网对这些节点的电压支撑越大。在微电网的支撑下, 往往线路电压调节器不得不适当调整分接头以适应微电网对某些节点的电压抬高; 若微电网突然退出运行, 变化率指标较大的节点因缺少电压支撑, 会遭受低电压的严重电能质量问题。因为电压调节器动作需要一定时间, 等待调压器做出调整, 对用户而言是不能接受的。为避免出现这种现象, 相应指标变化剧烈的节点还应考虑安装必要的能够快速动作的电压支撑设备。

[0170] 优选的, 该装置还包括:

[0171] 第二处理模块1400, 根据微电网与配电网之间的交换功率, 建立微电网的评价体系;

[0172] 微电网的运行评价体系包括如下三个评价指标, 用以判断微电网并网交换功率的波动特性:

[0173] 指标1: 微电网交换功率的峰谷差 $DP_{\max} = P_{\max} - P_{\min}$;

[0174] 指标2: 微电网购电电量与馈电电量;

[0175] 指标3: 微电网交换功率方差 $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (P_{usri} - \bar{P})^2}$, 其中, n 为采样时间点, P_{usri} 为第 i 时刻的购电功率;

[0176] 其中, 在微电网为单相模式的情况下, 采用指标1和指标2来评价, 在微电网为三相模式的情况下, 采用指标1和指标3来评价。

[0177] 具体的, 针对上述微电网与配电网之间功率交换情况, 针对不同类型微电网建立

了不同的评价体系,从不同方面考虑微网交换功率对配网的影响,实现对不同微网的不同交换量参数进行量化。在单相模式或三相模式下,微电网交换功率的峰谷差越大说明微电网运行越不经济,微电网应增加功率型储能设备,容量应接近 $0.5DP_{\max}$ 或使用软起动器以降低功率波动,避免电网因瞬时大功率负荷而增加系统旋转备用而造成的经济损失。在单相模式下,微电网购电电量与馈电电量之差越大说明微电网运行越不经济,微电网应增加能量型储能设备,使微电网能实现能量自平衡,配置容量可参考购电电量与馈电电量之差。在三相模式下,微电网交换功率方差 σ 越大说明发电与负荷波动越频繁,应改进能量管理系统策略,利用增加微电网储能容量,容量值可参考 σ 的平方根值。

[0178] 由于上述原因,微电网运行评价采用如下3个指标,用以判断微电网并网交换功率的波动特性。

[0179] 指标1:微电网交换功率的峰谷差 $DP_{\max}=P_{\max}-P_{\min}$

[0180] 指标2:微电网购电电量与馈电电量

[0181] 指标3:微电网交换功率方差 $\sigma=\sqrt{\sum (P_{usri}-1/n\sum P_{usri})^2}$

[0182] 式中 n 为采样时间点数, P_{usri} 为第 i 时刻的购电功率。

[0183] 针对低压单相接入与三相接入2种情况,分别采用有针对性的目标,在单相并网微电网中针对负荷的随机性与波动性均较强,采用指标1与指标2评价;在三相并网微电网中针对负荷分时段相对稳定,采用指标1与指标3评价。

[0184] 以左安门为例,根据左安门系统的特点,选取微电网交换功率的峰谷差指标与微电网交换功率方差指标评价对左安门微电网经济运行进行优化求解。

[0185] 本文惩罚因子分别为 $\varepsilon_1=0, \varepsilon_2=0, \varepsilon_3=0; \varepsilon_1=0, \varepsilon_2=0.02, \varepsilon_3=0.5; \varepsilon_1=0, \varepsilon_2=0.2, \varepsilon_3=5$ 三种情况分析惩罚力度变化对微网与配网功率交换的影响,惩罚因子越大,惩罚力度越大,优化结果如图8所示。从图8可以看出,随着惩罚力度的增大,微网与配网间的交换功率越来越小。在微电网保存最大功率发电的情况下,要满足负荷的需求,必须加大储能的充放电频率及充放电深度,间接地加大了储能的投资。因此,在未来电网对微电网管理完善之后,储能成本的降低对于微电网的经济运行更加重要。

[0186] 本发明实施例还提供了对于针对上述模型的仿真结果的分析方法,其中包括:

[0187] (1) 一般结果比较:

[0188] 馈线上的负荷累计达0.8,属于馈线正常工况水平。所有微电网接入配电网,总出力占有所有负荷的有功需求的40%。分2次试验:①没有微电网接入配电网,用潮流程序计算电压;②所有微电网从图9可以看出,在没有微电网支撑的情况下,馈线末端多个节点的电压已接近安全运行的下限。负荷高峰期,末端电压极有可能越限。相反,当5个节点上的分布式发电投入运行,线路上的电压有了明显改善,比低电压下限高出3%。于是,分布于配电网中的分布式电源对馈线的电压分布的改善作用非常明显。如图9所示中,越接近末节点,电压变化率越大。受微电网注入功率的影响越大。图中的变化率曲线持续上升,这一特点对大多数的受端型网络是正确的,但大量的仿真显示也有例外出现。这种例外通常是因为在某一点微电网很强,使得某一点电压抬高很多。因此,变化率曲线将存在峰谷变化。在包含微电网的配电网中,变化率较大的地方是无功补偿和电压支撑应优先考虑的地点。

[0189] (2) 光伏分布式容量对电压曲线的影响

[0190] 同样的网络数据和负荷,对每个微电网的功率交换量进行随机变动,每个微网功

率交换量可以为微网容量的0,33%,67%或100%,每次变动的n组数据见表c。

[0191] 表c DGS出力改变以及总出力的比值

编 号	MG1	MG2	MG3	MG4	MG5	MG
	位置	位置	位置	位置	位置	集结
0	0	0	0	0	0	0
[0192] 1	100	100	100	100	100	40
3	33	0	67	100	100	36.1
4	100	100	100	33	0	14.3
5	0	100	67	0	33	11.9

[0193] 从若干次试验中选出几次试验的结果绘制在图10中。仿真结果表明电压支撑由微电网的总功率交换量决定。总功率交换量越多,与负荷的比值越高,电压支撑就越大,整体电压水平就越高。整个仿真中采用静态恒功率负荷,实际配电系统中有一定的动态负荷和无功电压调节设备。这些负荷或设备的无功需求随电压的变化而动态变化。微电网的接入和退出并不简单地就是微电网出力的数字变化,实际情况会更复杂。微电网并入系统,使得电压被抬高,电压升高的同时动态负荷的无功需求量会有所减少,电容补偿的无功也增多,这样系统中因微电网接入的净无功变化会多于微电网的无功出力。同样,一个部分依靠接入微电网支撑电压的配电线路,微电网的退出,使得电压下跌,动态负荷无功需求增加,电容发出的无功减少,这样,配电线路中缺额的无功会远远大于退出的微电网所发出的无功。

[0194] 需要说明的是,对于前述的各方法实施例,为了简单描述,故将其都表述为一系列的动作组合,但是本领域技术人员应该知悉,本发明并不受所描述的动作顺序的限制,因为依据本发明,某些步骤可以采用其他顺序或者同时进行。其次,本领域技术人员也应该知悉,说明书中所描述的实施例均属于优选实施例,所涉及的动作和模块并不一定是本发明所必须的。

[0195] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中未详述的部分,可以参见其他实施例的相关描述。

[0196] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的装置,可通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性或其它的形式。

[0197] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0198] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单

元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0199] 所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可为个人计算机、移动终端、服务器或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、移动硬盘、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0200] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

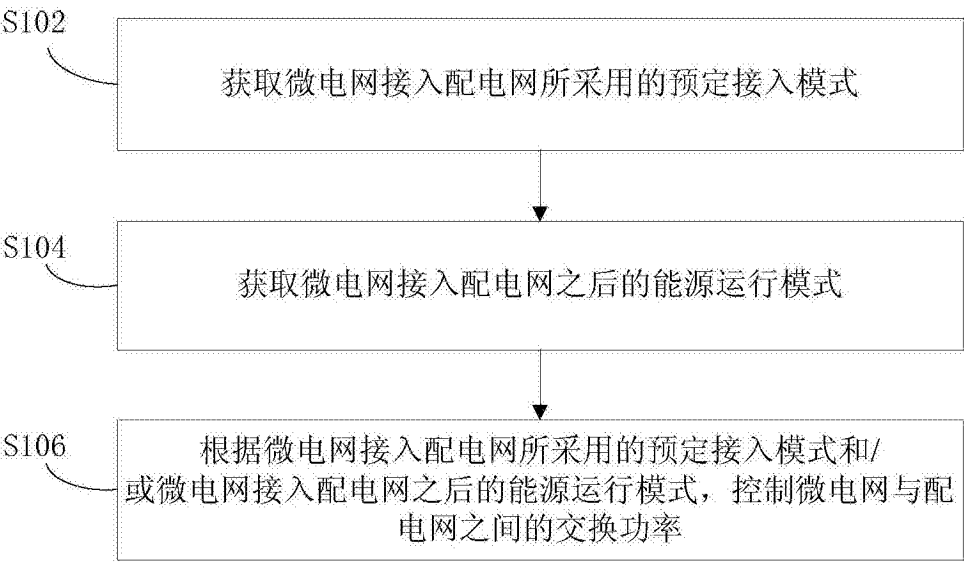


图1

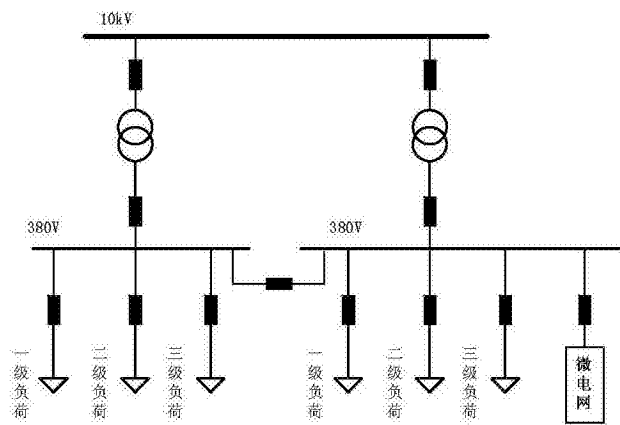


图2

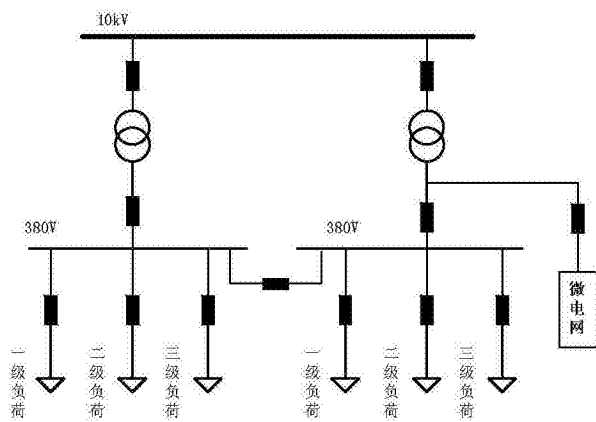


图3

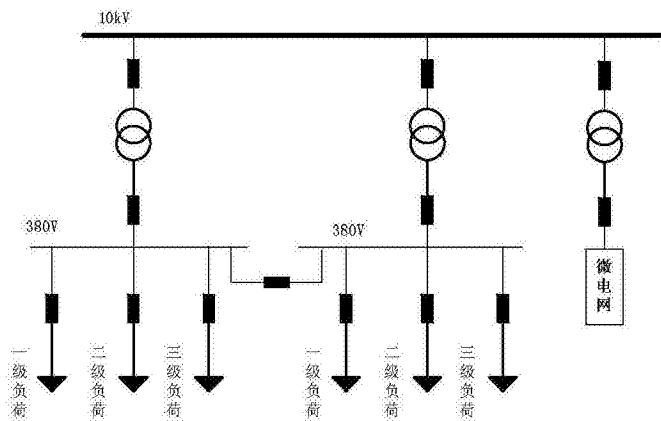


图4

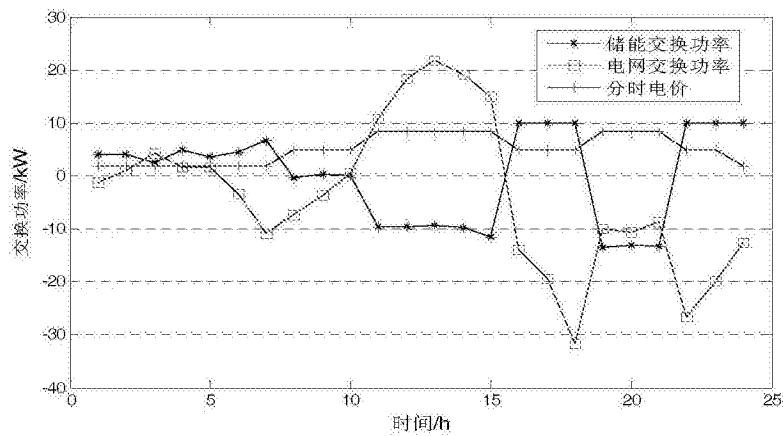


图5

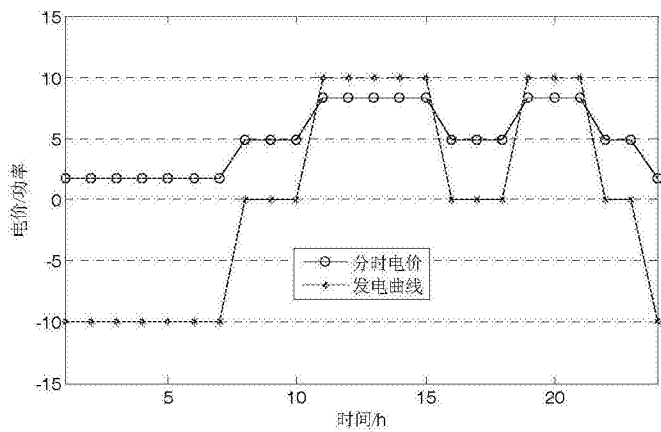


图6

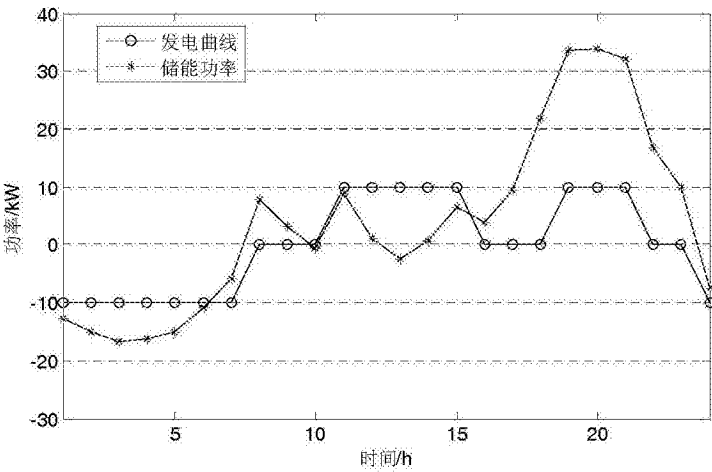


图7

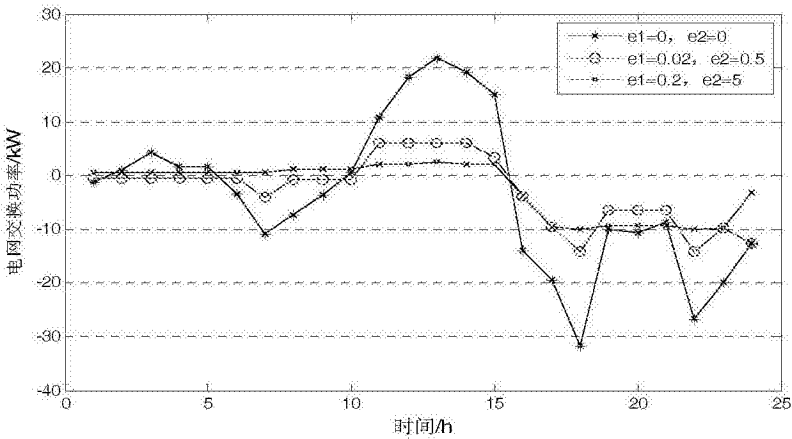


图8

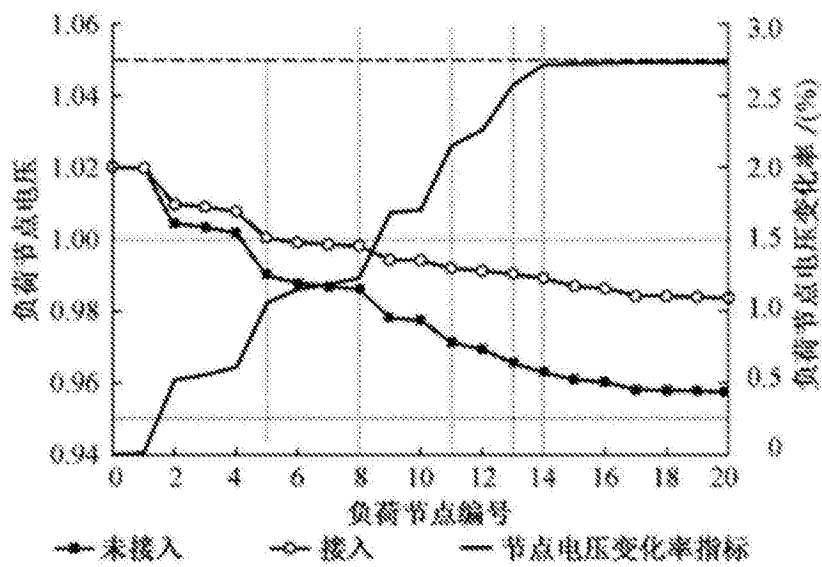


图9

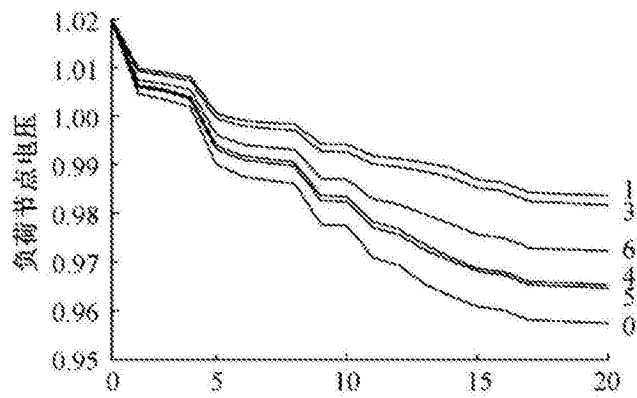


图10



图11