



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104917208 B

(45)授权公告日 2018.02.16

(21)申请号 201510364311.0

(22)申请日 2015.06.26

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104917208 A

(43)申请公布日 2015.09.16

(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 许继集团有限公司  
国网湖北省电力公司  
许昌许继软件技术有限公司

(72)发明人 毛建容 鞠洪新 张斐斐 安永军  
马红伟

(74)专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限公司 41119  
代理人 胡泳棋

(51)Int.Cl.

H02J 3/46(2006.01)

(56)对比文件

CN 102780236 A,2012.11.14,  
卫志农等.含多类型分布式电源的主动配电网分布式三相状态估计.《电力系统自动化》.2015,第39卷(第9期),

审查员 周凤

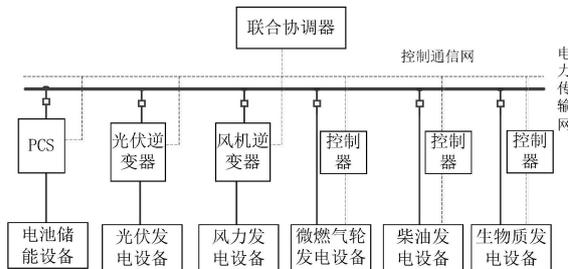
权利要求书3页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种分布式电源联合发电系统及调度协同控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种分布式电源联合发电系统及调度协同控制方法,本发明对接入配电网的各个分布式电源按照安装位置划分成多个分布式电源联合控制体,每个电源联合控制体均设置有相应的联合协调器,联合协调器并根据所在电源联合控制体内各分布式发电设备的当前发电量、发电成本以及配电网所下发的电源联合控制体的发电计划调整各分布式发电设备的发电量,当发电计划值大于电源联合控制体的当前发电量时,增大该电源联合控制体内各发电设备的发电量;当发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时,抑制各发电设备的发电量。本发明能够根据配电网下发的发电计划,在兼顾发电经济性的同时实现发电计划的合理分解,实现分布式电源联合发电量可控。



1. 一种分布式电源联合发电系统,包括接入电网的各个分布式电源,其特征在于,接入配电网的各个分布式电源按照安装位置划分成多个分布式电源联合控制体,每个电源联合控制体均设置有相应的联合协调器,联合协调器与所在电源联合控制体各分布式发电设备的本体控制器通信连接,联合协调器接收配电网下发的发电计划,并根据所在电源联合控制体内各分布式发电设备的当前发电量、发电成本以及该电源联合控制体的发电计划调整各分布式发电设备的发电量,当发电计划值大于电源联合控制体的当前发电量时,增大该电源联合控制体内各发电设备的发电量;当发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时,抑制该电源联合控制体内各发电设备的发电量;所述电源联合控制体中各分布式发电设备包括非燃料的可再生能源的发电设备和燃料发电设备;

所述发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时,优先抑制燃料发电设备的发电量,调整后燃料发电设备的有功输出为:

$$P_{FDGi}^{(1)} = P_{FDGi}^{(0)} - \Delta P \times \frac{P_{FDGi}^{(0)}}{\sum P_{FDGi}^{(0)}}$$

其中 $P_{FDGi}^{(0)}$ 为燃料发电设备当前的发电量, $P_{FDGi}^{(1)}$ 为燃料发电设备调整后发电量, $\Delta P$ 为发电计划值与当前电源联合控制体的总发电量的差值;

当发电计划值与电源联合控制体的当前总发电量的差值 $\Delta P$ 超过燃料发电设备当前发电量总和时,切除所有燃料发电设备后抑制非燃料发电设备,调整后非燃料发电设备的有功输出为:

$$P_{RDGi}^{(1)} = P_{RDGi}^{(0)} - (\Delta P - \sum P_{FDGi}^{(0)}) \times \frac{P_{RDGi}^{(0)}}{\sum P_{RDGi}^{(0)}}$$

其中 $P_{RDGi}^{(0)}$ 为非燃料发电设备当前的发电量, $P_{RDGi}^{(1)}$ 为非燃料发电设备调整后发电量。

2. 根据权利要求1所述的分布式电源联合发电系统,其特征在于,在配电网没有下发发电计划时,非燃料发电设备按照最大发电能力发电,燃料发电设备按照最大化效益为目标确定的发电量发电。

3. 根据权利要求2所述的分布式电源联合发电系统,其特征在于,所述发电计划值大于电源联合控制体的当前发电量时,联合协调器增大发电发电量的控制策略为:

$$P_{DG_i}^{(1)} = \begin{cases} \Delta P \times \frac{P_{\max\_DG_i}}{\sum P_{\max\_DG_i}} + P_{DG_i}^{(0)} & \sum (P_{\max\_DG_i} - P_{DG_i}) > \Delta P \\ P_{\max\_DG_i} & \sum (P_{\max\_DG_i} - P_{DG_i}) \leq \Delta P \end{cases}$$

其中 $P_{DG_i}^{(0)}$ 为当前各燃料发电设备的有功输出, $P_{DG_i}^{(1)}$ 为按发电计划协调后各燃料发电设备的有功输出, $P_{\max\_DG_i}$ 为各燃料发电设备的最大有功输出, $\Delta P$ 为发电计划值与当前电源联合控制体的总发电量的差值, $\sum (P_{\max\_DG_i} - P_{DG_i})$ 为当前电源联合控制体中燃料发电设备的备用容量。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的分布式电源联合发电系统,其特征在于,当配电网调度下发紧急发电控制指令至联合协调器时,该联合协调器对所在电源联合控制体内的各运行发电设备下发最大处理调节指令、备用发电设备下发启动命令,储能设备下发最大放

电命令,使电源联合控制体最大化输出功率,实现对配电网的紧急支撑。

5.一种分布式电源联合发电系统的调度协同控制方法,其特征在于,该控制方法包括以下步骤:

1)对接入配电网的各个分布式电源按照安装位置划分成多个分布式电源联合控制体;

2)采集分布式电源联合控制体内各分布式发电设备的当前发电量和发电成本,根据配电网的下发的发电计划值和各分布式发电设备的当前发电量及发电成本调整各发电设备的发电量;

3)当发电计划值大于电源联合控制体的当前发电量时,增大该电源联合控制体内各发电设备的发电量;

4)当发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时,抑制该电源联合控制体内各发电设备的发电量;

电源联合控制体中各分布式发电设备包括非燃料的可再生能源的发电设备和燃料发电设备;所述步骤4)中发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时,优先抑制燃料发电设备的发电量,调整后燃料发电设备的有功输出为:

$$P_{FDGi}^{(1)} = P_{FDGi}^{(0)} - \Delta P \times \frac{P_{FDGi}^{(0)}}{\sum P_{FDGi}^{(0)}}$$

其中 $P_{FDGi}^{(0)}$ 为燃料发电设备当前的发电量, $P_{FDGi}^{(1)}$ 为燃料发电设备调整后发电量, $\Delta P$ 为发电计划值与当前电源联合控制体的总发电量的差值;

当发电计划值与电源联合控制体的当前总发电量的差值 $\Delta P$ 超过燃料发电设备当前发电量总和时,切除所有燃料发电设备后抑制非燃料发电设备,调整后非燃料发电设备的有功输出为:

$$P_{RDGi}^{(1)} = P_{RDGi}^{(0)} - (\Delta P - \sum P_{FDGi}^{(0)}) \times \frac{P_{RDGi}^{(0)}}{\sum P_{RDGi}^{(0)}}$$

其中 $P_{RDGi}^{(0)}$ 为非燃料发电设备当前的发电量, $P_{RDGi}^{(1)}$ 为非燃料发电设备调整后发电量。

6.根据权利要求5所述的分布式电源联合发电系统的调度协同控制方法,其特征在于,在配电网没有下发发电计划时,非燃料发电设备按照最大发电能力发电,燃料发电设备按照最大化效益为目标确定的发电量发电。

7.根据权利要求6所述的分布式电源联合发电系统的调度协同控制方法,其特征在于,所述步骤3)中所采用的增大发电出力的控制策略为:

$$P_{DG_i}^{(1)} = \begin{cases} \Delta P \times \frac{P_{\max\_DG_i}}{\sum P_{\max\_DG_i}} + P_{DG_i}^{(0)} & \sum (P_{\max\_DG_i} - P_{DG_i}) > \Delta P \\ P_{\max\_DG_i} & \sum (P_{\max\_DG_i} - P_{DG_i}) \leq \Delta P \end{cases}$$

其中 $P_{DG_i}^{(0)}$ 为当前各燃料发电设备的有功输出, $P_{DG_i}^{(1)}$ 为按发电计划协调后各燃料发电设备的有功输出, $P_{\max\_DG_i}$ 为各燃料发电设备的最大有功输出, $\Delta P$ 为发电计划值与当前电源联合控制体的总发电量的差值, $\sum (P_{\max\_DG_i} - P_{DG_i})$ 为当前电源联合控制体中燃料发电设备的备用容量。

8. 根据权利要求5-7中任一项所述的分布式电源联合发电系统的调度协同控制方法, 其特征在于, 当配电网调度下发紧急发电控制指令至各联合协调器时, 各联合协调器对所在电源联合控制体内的各运行发电设备下发最大处理调节指令、备用发电设备下发启动命令, 储能设备下发最大放电命令, 使各电源联合控制体最大化输出功率, 实现对配电网的紧急支撑。

## 一种分布式电源联合发电系统及调度协同控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种分布式电源联合发电系统及调度协同控制方法,属于分布式电源控制技术领域。

### 背景技术

[0002] 随着分布式电源技术的发展,接入电网的分布式电源越来越多,而目前分布式电源都是单独并网,各分布式电源发电本身的不确定性,导致并入电网时无法给电网带来平稳的电量,且随着接入电网的分布式电源的增加,接入电网的各分布式电源给电网带来了的冲击也越来越大。同时各分布式电源按照接入电网后,其发电量完全由自身控制,没有计划性,电网无法按照调度计划对其进行控制,严重影响了电网的稳定运行。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种分布式电源联合发电系统及调度协同控制方法,以解决目前由于缺乏对接入配电网中各分布式电源的协调控制所导致的电网稳定性低的问题。

[0004] 本发明为解决上述技术问题而提供了一种分布式电源联合发电系统,包括接入电网的各个分布式电源,接入配电网的各个分布式电源按照安装位置划分成多个分布式电源联合控制体,所述每个电源联合控制体均设置有相应的联合协调器,联合协调器与所在电源联合控制体各分布式发电设备的本体控制器通信连接,联合协调器接收配电网下发的发电计划,并根据所在电源联合控制体内各分布式发电设备的当前发电量、发电成本以及该电源联合控制体的发电计划调整各分布式发电设备的发电量,当发电计划值大于电源联合控制体的当前发电量时,增大该电源联合控制体内各发电设备的发电量;当发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时,抑制该电源联合控制体内各发电设备的发电量。

[0005] 所述电源联合控制体中各分布式发电设备包括非燃料的可再生能源的发电设备和燃料发电设备,在配电网没有下发发电计划时,非燃料发电设备按照最大发电能力发电,燃料发电设备按照最大化效益为目标确定的发电量发电。

[0006] 所述发电计划值大于电源联合控制体的当前发电量时,联合协调器增大发电发电量的控制策略为:

$$[0007] \quad P_{DGi}^{(1)} = \begin{cases} \Delta P \times \frac{P_{\max\_DGi}}{\sum P_{\max\_DGi}} + P_{DGi}^{(0)} & \sum (P_{\max\_DGi} - P_{DGi}) > \Delta P \\ P_{\max\_DGi} & \sum (P_{\max\_DGi} - P_{DGi}) \leq \Delta P \end{cases}$$

[0008] 其中 $P_{DGi}^{(0)}$ 为当前各燃料发电设备的有功输出, $P_{DGi}^{(1)}$ 为按发电计划协调后各燃料发电设备的有功输出, $P_{\max\_DGi}$ 为各燃料发电设备的最大有功输出, $\Delta P$ 为发电计划值与当前电源联合控制体的总发电量的差值, $\sum (P_{\max\_DGi} - P_{DGi})$ 为当前电源联合控制体中燃料发电设备的备用容量。

[0009] 所述发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时,优先抑制燃料发电设备的

发电量,调整后燃料发电设备的有功输出为:

$$[0010] \quad P_{FDGi}^{(1)} = P_{FDGi}^{(0)} - \Delta P \times \frac{P_{FDGi}^{(0)}}{\sum P_{FDGi}^{(0)}}$$

[0011] 其中 $P_{FDGi}^{(0)}$ 为燃料发电设备当前的发电量, $P_{FDGi}^{(1)}$ 为燃料发电设备调整后发电量, $\Delta P$ 为发电计划值与电源联合控制体的当前发电量的差值;

[0012] 当发电计划值与电源联合控制体的当前发电量的差值 $\Delta P$ 超过燃料发电设备当前发电量总和时,切除所有燃料发电设备后抑制非燃料发电设备,调整后非燃料发电设备的有功输出为:

$$[0013] \quad P_{RDGi}^{(1)} = P_{RDGi}^{(0)} - (\Delta P - \sum P_{FDGi}) \times \frac{P_{RDGi}^{(0)}}{\sum P_{RDGi}^{(0)}}$$

[0014] 其中 $P_{RDGi}^{(0)}$ 为非燃料发电设备当前的发电量, $P_{RDGi}^{(1)}$ 为燃料发电设备调整后发电量。

[0015] 所述当配电网调度下发紧急发电控制指令至联合协调器时,该联合协调器对所在电源联合控制体内的各运行发电设备下发最大处理调节指令、备用发电设备下发启动命令,储能设备下发最大放电命令,使电源联合控制体最大化输出功率,实现对配电网的紧急支撑。

[0016] 本发明还提供了一种分布式电源联合发电系统的调度协同控制方法,该控制方法包括以下步骤:

[0017] 1) 对接入配电网的各个分布式电源按照安装位置划分成多个分布式电源联合控制体;

[0018] 2) 采集分布式电源联合控制体内各分布式发电设备的当前发电量和发电成本,根据配电网的下发的发电计划值和各分布式发电设备的当前发电量及发电成本调整各发电设备的发电量;

[0019] 3) 当发电计划值大于电源联合控制体的当前发电量时,增大该电源联合控制体内各发电设备的发电量;

[0020] 4) 当发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时,抑制该电源联合控制体内各发电设备的发电量。

[0021] 电源联合控制体中各分布式发电设备包括非燃料的可再生能源的发电设备和燃料发电设备,在配电网没有下发发电计划时,非燃料发电设备按照最大发电能力发电,燃料发电设备按照最大化效益为目标确定的发电量发电。

[0022] 所述步骤3)中所采用的增大发电出力的控制策略为:

$$[0023] \quad P_{DG_i}^{(1)} = \begin{cases} \Delta P \times \frac{P_{\max\_DG_i}}{\sum P_{\max\_DG_i}} + P_{DG_i}^{(0)} & \sum (P_{\max\_DG_i} - P_{DG_i}) > \Delta P \\ P_{\max\_DG_i} & \sum (P_{\max\_DG_i} - P_{DG_i}) \leq \Delta P \end{cases}$$

[0024] 其中 $P_{DG_i}^{(0)}$ 为当前各燃料发电设备的有功输出, $P_{DG_i}^{(1)}$ 为按发电计划协调后各燃料发电设备的有功输出, $P_{\max\_DG_i}$ 为各燃料发电设备的最大有功输出, $\Delta P$ 为发电计划值与当前

电源联合控制体的总出力的差值,  $\Sigma (P_{\max\_DGi} - P_{DGi})$  为当前电源联合控制体中燃料发电设备的备用容量。

[0025] 所述步骤4) 中发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时, 优先抑制燃料发电设备的发电量, 调整后燃料发电设备的有功输出为:

$$[0026] \quad P_{FDGi}^{(1)} = P_{FDGi}^{(0)} - \Delta P \times \frac{P_{FDGi}^{(0)}}{\sum P_{FDGi}^{(0)}}$$

[0027] 其中  $P_{FDGi}^{(0)}$  为燃料发电设备当前的发电量,  $P_{FDGi}^{(1)}$  为燃料发电设备调整后发电量,  $\Delta P$  为发电计划值与电源联合控制体的当前发电量的差值;

[0028] 当发电计划值与电源联合控制体的当前发电量的差值  $\Delta P$  超过燃料发电设备当前发电量总和时, 切除所有燃料发电设备后抑制非燃料发电设备, 调整后非燃料发电设备的有功输出为:

$$[0029] \quad P_{RDGi}^{(1)} = P_{RDGi}^{(0)} - (\Delta P - \sum P_{FDGi}^{(0)}) \times \frac{P_{RDGi}^{(0)}}{\sum P_{RDGi}^{(0)}}$$

[0030] 其中  $P_{RDGi}^{(0)}$  为非燃料发电设备当前的发电量,  $P_{RDGi}^{(1)}$  为燃料发电设备调整后发电量。

[0031] 所述当配电网调度下发紧急发电控制指令至各联合协调器时, 各联合协调器对所在电源联合控制体内的各运行发电设备下发最大处理调节指令、备用发电设备下发启动命令, 储能设备下发最大放电命令, 使各电源联合控制体最大化输出功率, 实现对配电网的紧急支撑。

[0032] 本发明的有益效果是: 本发明对接入配电网的各个分布式电源按照安装位置划分成多个分布式电源联合控制体, 每个电源联合控制体均设置有相应的联合协调器, 联合协调器并根据所在电源联合控制体内各分布式发电设备的当前发电量、发电成本以及配电网所下发的电源联合控制体的发电计划调整各分布式发电设备的发电量, 当发电计划值大于电源联合控制体的当前发电量时, 增大该电源联合控制体内各发电设备的发电量; 当发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时, 抑制该电源联合控制体内各发电设备的发电量。本发明能够根据配电网下发的发电计划, 在兼顾发电经济性的同时实现发电计划的合理分解, 实现分布式电源联合发电量可控。除此外, 在配网用电高峰出现系统频率过低时, 多分布式电源联合控制系统可通过最大化发电以实现配网的稳定性, 提高配电网运行的可靠性。

## 附图说明

[0033] 图1是分布式电源联合发电系统中分布式电源联合控制体的结构框图。

## 具体实施方式

[0034] 下面结合附图对本发明的具体实施方式做进一步的说明。

[0035] 本发明的一种分布式电源联合发电系统的实施例

[0036] 为了协调智能电网与分布式电源间的矛盾, 本发明将安装位置比较接近的各种类型分布式电源联合起来, 形成多分布式电源联合控制体, 每个电源联合控制体均设置有相

应的联合协调器,联合协调器与所在电源联合控制体各分布式发电设备的本体控制器通信连接,联合协调器接收配电网下发的发电计划,并根据所在电源联合控制体内各分布式发电设备的当前发电量、发电成本以及该电源联合控制体的发电计划调整各分布式发电设备的发电量,当发电计划值大于电源联合控制体的当前发电量时,增大该电源联合控制体内各发电设备的发电量;当发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时,抑制该电源联合控制体内各发电设备的发电量。

[0037] 本实施例中的电源联合控制体如图1所示,电源联合控制体中的分布式电源包括电源储能设备、光伏发电设备、风力发电设备、微燃气轮发电设备、柴油发电设备和生物质发电设备,各分布式发电设备接入到配电网,其中光伏发电设备和风力发电设备为非燃料的可再生能源的发电设备,微燃气轮发电设备、柴油发电设备和生物质发电设备为燃料发电设备,电池储能设备、光伏发电设备和风力发电设备上的本体控制器分别为PCS、光伏逆变器和风机逆变器,各分布式发电设备的本体控制器与联合协调器通过通信网络连接,各分布式发电设备的本体控制器用于采集对应发电设备的运行参数和发电成本并将其上送给联合协调器,联合协调器与配电网连接,用于接收配电网下发的发电计划,联合协调器与其所在的电源联合控制体中各发电设备的本体控制器连接,用于接收各本体控制器上送的发电设备的运行参数和发电成本。在配电网没有下发发电计划时,联合协调器控制非燃料发电设备按照最大发电能力发电,控制燃料发电设备按照最大化效益为目标确定的发电量发电;在配电网下发发电计划时联合协调器根据配电网下发的发电计划、所在电源联合控制体内各分布式发电设备的当前发电量和发电成本调整各分布式发电设备的发电量,使电源联合控制体满足配电网下发的发电计划的同时使电源联合控制体内各分布式发电设备的收益最大化,联合协调器所采用的具体控制过程如下:

[0038] 1.联合协调器首先计算电源联合控制体当前发电量与配电网下发的计划发电量偏差,其计算方式如下:

$$[0039] \quad \Delta P = P_{plan} - P_{DG}$$

[0040] 其中 $P_{plan}$ 表示由配电网下发给电源联合控制体的有功功率计划值, $P_{DG}$ 表示当前电源联合控制体的总有功功率。当 $\Delta P > 0$ 时,说明配电网期望电源联合控制体以更大的功率输出,反之则期望电源联合控制体减小发电。

[0041] 2.增大发电发电量控制

[0042] 虚拟发电设备通常以经济方式运行,此时可再生发电设备以最大化发电量,而燃料型发电设备以收益最大为目标运行(可能最大化发电量,或以某个经济值为目标运行,当上网电价过低时甚至停机),当计划发电大于虚拟发电当前发电量时,自律系统需增加燃料型发电设备发电量。

[0043] 计划值与当前总发电量差值 $\Delta P$ 小于燃料发电机备用容量

[0044] 备用容量包括运行发电设备的热备用容量与未启动发电机的冷备用容量。

$$[0045] \quad \sum (P_{max\_DG_i} - P_{DG_i}) > \Delta P$$

[0046] 此时,分布电源增加发电发电量可满足调度计划要求,可按当前运行的燃料发电机的装机容量均分功率差值,即燃料发电机的有功输出为:

$$[0047] \quad P_{DG_i}^{(1)} = \Delta P \times \frac{P_{max\_DG_i}}{\sum P_{max\_DG_i}} + P_{DG_i}^{(0)}$$

[0048]  $P_{DGi}^{(0)}$  为当前各燃料发电机的有功输出,  $P_{DGi}^{(1)}$  为该发电机分担计划差额后的有功输出。

[0049] 计划值与当前总发电量差值  $\Delta P$  大于燃料发电机备用容量

[0050]  $\sum (P_{\max\_DGi} - P_{DGi}) < \Delta P$

[0051] 分布电源增加发电发电量并不能满足调度计划要求, 此时, 分布式电源以最大化发电量, 即:

[0052]  $P_{DGi}^{(1)} = P_{\max\_DGi}$

[0053] 因此, 计划值大于实际发电量时, 增大发电发电量自律控制对燃料发电设备有功分配策略为:

$$[0054] \quad P_{DGi}^{(1)} = \begin{cases} \Delta P \times \frac{P_{\max\_DGi}}{\sum P_{\max\_DGi}} + P_{DGi}^{(0)} & \sum (P_{\max\_DGi} - P_{DGi}) > \Delta P \\ P_{\max\_DGi} & \sum (P_{\max\_DGi} - P_{DGi}) \leq \Delta P \end{cases}$$

[0055] 3. 减小发电发电量控制

[0056] 当计划发电量小于当前发电量时, 需要抑制部分分布式电源发电量。从经济型角度考虑, 优先抑制燃料发电机, 差值超过燃料发电机当前发电量总和时, 切除所有燃料发电机后抑制非燃料发电机。

[0057] 计划差值全部由燃料发电设备承担

[0058] 当计划值与实际发电量差值  $\Delta P$  小于燃料发电机当前发电量, 即:

[0059]  $\sum P_{FDGi}^{(0)} > \Delta P$

[0060]  $P_{FDGi}^{(0)}$  为燃料发电机当前发电量, 此时系统多余发电量全部由燃料发电机承担, 可按运行的燃料发电机当前发电量均分功率差值, 调整后燃料发电机的有功输出为:

$$[0061] \quad P_{FDGi}^{(1)} = P_{FDGi}^{(0)} - \Delta P \times \frac{P_{FDGi}^{(0)}}{\sum P_{FDGi}^{(0)}}$$

[0062] 式中  $P_{FDGi}^{(1)}$  调整后燃料发电机的有功输出。

[0063] 计划差值由燃料发电设备与非燃料发电设备共同承担

[0064] 当计划值与实际发电量差值  $\Delta P$  大于燃料发电机当前发电功率总和, 即,

[0065]  $\sum P_{FDGi}^{(0)} \leq \Delta P$

[0066] 先切除所有燃料发电机, 再可按运行的非燃料发电机的当前发电量均分功率差值, 调整后非燃料发电机的有功输出为:

$$[0067] \quad P_{RDGi}^{(1)} = P_{RDGi}^{(0)} - (\Delta P - \sum P_{FDGi}^{(0)}) \times \frac{P_{RDGi}^{(0)}}{\sum P_{RDGi}^{(0)}}$$

[0068]  $P_{RDGi}^{(0)}$  为非燃料型发电设备当前有功发电量,  $P_{RDGi}^{(1)}$  为其调整后有功发电量。

[0069] 4. 在特殊情况下 (如发生地震、暴风雪、洪水等意外灾害情况) 或在配电网用电紧张需大范围拉闸限电时, 日常以经济模式运行的分布式电源可作为配电网的后备电源向配电网提供有力支撑。此时, 配网调度往虚拟发电厂控制系统下发紧急发电控制指令, 控制系统对下属运行发电设备下发最大发电量调节命令、备用发电设备下发启动命令、储能下发

最大放电命令,通过各分布式电源最大化输出功率实现对配电网的紧急援助。在高渗透率下的配电网,当在用电高峰出现系统频率过低时,配电网可利用联合发电系统的紧急支撑功能实现由常规拉闸限电到新型增发减限的本质改变。

[0070] 目前,虽然大批量储能已经被运用于与分布式电源配合提高分布式电源的友好接入,但由于储能成本较高,将其用于经济型分析中并不能最大化其价值,因此储能并不参与虚拟发电系统的经济优化、发电计划控制中,但系统经济运行时,可适当考虑牺牲储能的经济性,通过最大化放电支撑配电网的稳定性,提高配网运行的可靠性。

[0071] 对分布式发电设备,紧急发电控制中总发电量为:

$$[0072] \quad P_{DG} = \sum P_{\max\_DGi}$$

[0073] 对于储能,在最大化放电时,必须考虑储能的剩余容量,储能当前剩余容量超过允许值时方可使用,即:

$$[0074] \quad P_{ESi} = \begin{cases} P_{\max\_char\_ESi} & SOC_{\min\_ESi} < SOC_{ESi} < SOC_{\max\_ESi} \\ 0 & SOC_{ESi} < SOC_{\min\_ESi} \end{cases}$$

[0075] 因此,考虑储能最大放电功率后,分布式电源最大发电功率为:

$$[0076] \quad P_{DG} = \sum P_{\max\_DGi} + \sum P_{ESi}$$

[0077] 本发明根据配电网下发的发电计划,在兼顾发电经济性的同时实现发电计划的合理分解,实现分布式电源联合发电量可控,除此外,在配网用电高峰出现系统频率过低时,多分布式电源联合控制系统可通过最大化发电以实现配网由常规拉闸限电到新型增发减限的本质改变。

[0078] 本发明的一种分布式电源联合发电系统的调度协同控制方法的实施例

[0079] 本实施例中分布式电源联合发电系统的调度协同控制方法的具体步骤如下:

[0080] 1. 对接入配电网的各个分布式电源按照安装位置划分成多个分布式电源联合控制体,每个分布式电源联合控制体包括安装位置比较接近的各种类型分布式发电设备和一个联合协调器,联合协调器与所在电源联合控制体各分布式发电设备的本体控制器通信连接。

[0081] 2) 采集分布式电源联合控制体内各分布式发电设备的当前发电量和发电成本,根据配电网的下发的发电计划值和各分布式发电设备的当前发电量及发电成本调整各发电设备的发电量。

[0082] 3. 当发电计划值大于电源联合控制体的当前发电量时,增大该电源联合控制体内各发电设备的发电量,所采用的增大发电出力的控制策略为:

$$[0083] \quad P_{DGi}^{(1)} = \begin{cases} \Delta P \times \frac{P_{\max\_DGi}}{\sum P_{\max\_DGi}} + P_{DGi}^{(0)} & \sum (P_{\max\_DGi} - P_{DGi}) > \Delta P \\ P_{\max\_DGi} & \sum (P_{\max\_DGi} - P_{DGi}) \leq \Delta P \end{cases}$$

[0084] 其中 $P_{DGi}^{(0)}$ 为当前各燃料发电设备的有功输出, $P_{DGi}^{(1)}$ 为按发电计划协调后各燃料发电设备的有功输出, $P_{\max\_DGi}$ 为各燃料发电设备的最大有功输出, $\Delta P$ 为发电计划值与当前电源联合控制体的总出力的差值, $\sum (P_{\max\_DGi} - P_{DGi})$ 为当前电源联合控制体中燃料发电设备的备用容量。

[0085] 4.当发电计划值小于电源联合控制体的当前发电量时,优先抑制燃料发电设备的发电量,调整后燃料发电设备的有功输出为:

$$[0086] \quad P_{FDGi}^{(1)} = P_{FDGi}^{(0)} - \Delta P \times \frac{P_{FDGi}^{(0)}}{\sum P_{FDGi}^{(0)}}$$

[0087] 其中 $P_{FDGi}^{(0)}$ 为燃料发电设备当前的发电量, $P_{FDGi}^{(1)}$ 为燃料发电设备调整后发电量, $\Delta P$ 为发电计划值与电源联合控制体的当前发电量的差值;

[0088] 当发电计划值与电源联合控制体的当前发电量的差值 $\Delta P$ 超过燃料发电设备当前发电量总和时,切除所有燃料发电设备后抑制非燃料发电设备,调整后非燃料发电设备的有功输出为:

$$[0089] \quad P_{RDGi}^{(1)} = P_{RDGi}^{(0)} - (\Delta P - \sum P_{FDGi}^{(0)}) \times \frac{P_{RDGi}^{(0)}}{\sum P_{RDGi}^{(0)}}$$

[0090] 其中 $P_{RDGi}^{(0)}$ 为非燃料发电设备当前的发电量, $P_{RDGi}^{(1)}$ 为燃料发电设备调整后发电量。

[0091] 5.在特殊情况下(如发生地震、暴风雪、洪水等意外灾害情况)或在配电网用电紧张需大范围拉闸限电时,日常以经济模式运行的分布式电源可作为配电网的后备电源向配电网提供有力支撑。此时,配网调度往虚拟发电厂控制系统下发紧急发电控制指令,控制系统对下属运行发电设备下发最大发电量调节命令、备用发电设备下发启动命令、储能下发最大放电命令,通过各分布式电源最大化输出功率实现对配电网的紧急援助。在高渗透率下的配电网,当在用电高峰出现系统频率过低时,配电网可利用联合发电系统的紧急支撑功能实现由常规拉闸限电到新型增发减限的本质改变。

[0092] 对分布式发电设备,紧急发电控制中总发电量为:

$$[0093] \quad P_{DG} = \sum P_{\max\_DG_i}$$

[0094] 对于储能,在最大化放电时,必须考虑储能的剩余容量,储能当前剩余容量超过允许值时方可使用,即:

$$[0095] \quad P_{ESi} = \begin{cases} P_{\max\_char\_ESi} & SOC_{\min\_ESi} < SOC_{ESi} < SOC_{\max\_ESi} \\ 0 & SOC_{ESi} < SOC_{\min\_ESi} \end{cases}$$

[0096] 因此,考虑储能最大放电功率后,分布式电源最大发电功率为:

$$[0097] \quad P_{DG} = \sum P_{\max\_DG_i} + \sum P_{ESi}$$

[0098] 本发明根据配电网下发的发电计划,在兼顾发电经济性的同时实现发电计划的合理分解,实现分布式电源联合发电量可控,除此外,在配网用电高峰出现系统频率过低时,多分布式电源联合控制系统可通过最大化发电以实现配网由常规拉闸限电到新型增发减限的本质改变。

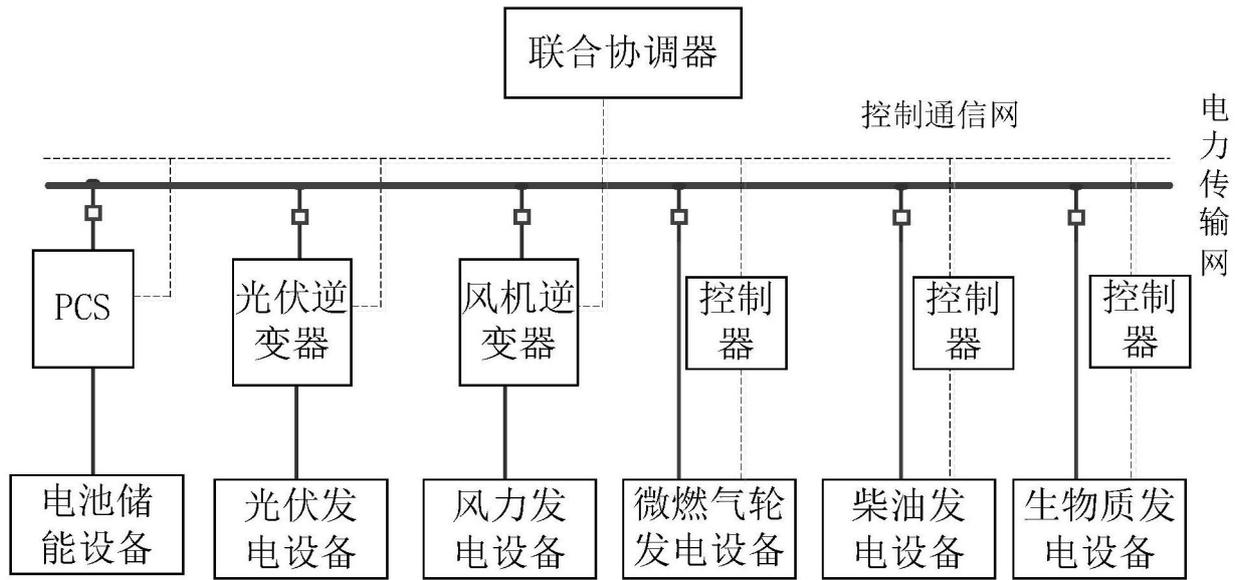


图1