



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111509700 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 19

(21) 申请号 202010257402.5  
 (22) 申请日 2020.04.03  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 111509700 A  
 (43) 申请公布日 2020.08.07  
 (73) 专利权人 南方电网科学研究院有限责任公司  
 地址 510670 广东省广州市黄埔区科学城科翔路11号  
 专利权人 中国南方电网有限责任公司  
 (72) 发明人 禩培正  
 (74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202  
 代理人 麦小婵 郝传鑫

(51) Int. Cl.  
 H02J 3/00 (2006.01)  
 H02J 3/06 (2006.01)  
 H02J 3/46 (2006.01)  
 G06Q 30/02 (2012.01)  
 G06F 30/20 (2020.01)  
 G06F 113/04 (2020.01)  
 审查员 郭桢

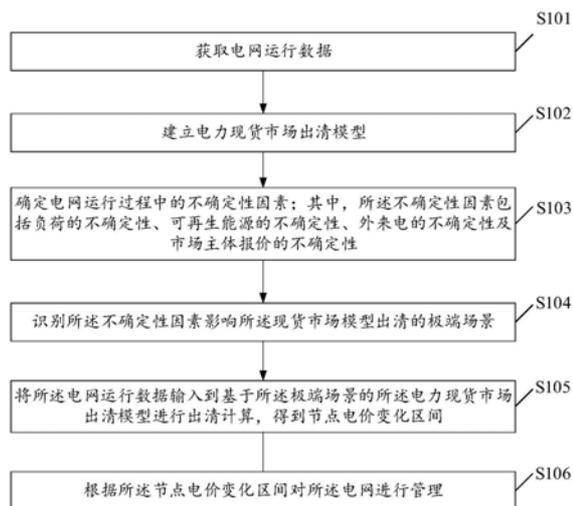
权利要求书5页 说明书17页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于电价预测的电网运行管理方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种基于电价预测的电网运行管理方法,包括:获取电网运行数据;建立电力现货市场出清模型;确定电网运行过程中的不确定性因素;其中,不确定性因素包括负荷的不确定性、可再生能源的不确定性、外来电的不确定性、市场主体报价的不确定性;识别不确定性因素影响现货市场模型出清的极端场景;将电网运行数据输入到基于极端场景的电力现货市场出清模型进行出清计算,得到节点电价变化区间;根据节点电价变化区间对电网进行管理。本发明能实现准确分析电力市场的电价预测,大大降低了计算复杂度,通过计算节点电价变化区间合理地管理电力市场及电网,保障电网安全稳定地运行。本发明还公开了一种基于电价预测的电网运行管理装置。



1. 一种基于电价预测的电网运行管理方法,其特征在于,包括:

获取电网运行数据;

建立电力现货市场出清模型;

确定电网运行过程中的不确定性因素;其中,所述不确定性因素包括负荷的不确定性、可再生能源的不确定性、外来电的不确定性及市场主体报价的不确定性;

识别所述不确定性因素影响所述电力现货市场出清模型的极端场景;

将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算,得到节点电价变化区间;

根据所述节点电价变化区间对所述电网进行管理;

其中,在所述确定电网运行过程中的不确定性因素之后,还包括:

对所述不确定性因素进行建模,得到所述不确定性因素的波动范围;其中,

所述负荷的不确定性的波动范围由以下公式确定,具体公式如下:

$$\mu_i - 2\sigma_i \leq D_i \leq \mu_i + 2\sigma_i$$

$D_i$ 为母线*i*的负荷实际值, $\mu_i$ 为母线*i*的负荷预测值, $\sigma_i$ 为母线*i*的负荷满足的正态分布的标准差;

所述可再生能源的不确定性的波动范围由以下公式确定,具体公式如下:

$$\mu_j - 2\sigma_j \leq P_j \leq \mu_j + 2\sigma_j$$

$P_j$ 为第*j*台可再生能源机组的实际出力, $\mu_j$ 为第*j*台可再生能源机组的出力预测值, $\sigma_j$ 为第*j*台可再生能源机组的出力服从的正态分布的标准差;

所述外来电的不确定性的波动范围由以下公式确定,具体公式如下:

$$\mu_k - 2\sigma_k \leq P_k \leq \mu_k + 2\sigma_k$$

$P_k$ 为省间联络线*k*的输电功率的实际值, $\mu_k$ 为省间联络线*k*的输电功率计划值, $\sigma_k$ 为省间联络线*k*的输电功率满足的正态分布的标准差;

所述市场主体报价的不确定性的波动范围由以下公式确定,具体公式如下:

$$\begin{cases} P_{offer,n}^{cal} = K_d \times P_{offer,n}^{base} \\ K_d = \alpha_n \times \frac{C_{base}}{C_{cal}} + \beta_n \times \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \\ \alpha_n + \beta_n = 1 \quad \alpha_n, \beta_n \in [0, 1] \end{cases}$$

$P_{offer,n}^{cal}$ 、 $P_{offer,n}^{base}$ 为第*n*台机组分别在预测日和基准日下的报价, $K_d$ 为报价调整系数, $C_{base}$ 、 $C_{cal}$ 分别为基准日和预测日下的供需比, $Q_{cal}$ 、 $Q_{base}$ 分别为预测日和基准日下的一次能源价格, $\alpha_n$ 为第*n*台机组的供需比敏感系数, $\beta_n$ 为第*n*台机组的一次能源价格敏感系数;

所述识别所述不确定性因素影响所述电力现货市场出清模型的极端场景,包括:

当所述不确定性因素同时满足预设的极大场景充分必要条件时,所述电力现货市场出清模型电价指标达到极大场景;其中,所述极大场景为使得系统平均节点电价最大的运行场景,所述极大场景充分必要条件包括所述电力现货市场出清模型的功率平衡约束下的第一极大场景条件、所述电力现货市场出清模型的断面安全约束下的第二极大场景条件及所述电力现货市场出清模型的目标函数下的第三极大场景条件;

其中,所述第一极大场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$\begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

所述第二极大场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$\text{当 } G_{1-m} > 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j, \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases}$$

$$\text{当 } G_{1-m} < 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

$G_{1-m}$ 为负荷、间歇性机组或联络线的并网节点m对断面1的灵敏度;

所述第三极大场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$\text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} > \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 1,$$

$$\text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} < \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 0.$$

2.如权利要求1所述的基于电价预测的电网运行管理方法,其特征在于,所述电力现货市场出清模型包括目标函数、系统运行约束及机组运行特性约束,通过如下步骤建立所述电力现货市场出清模型:

所述目标函数由以下公式确定,具体公式如下:

$$\text{Min } F = \sum_{t=1}^T \sum_{c=1}^C [F_{\text{coal}}(c,t) + C_{\text{coal}}(c,t)] + \sum_{t=1}^T \sum_{g=1}^G [F_{\text{gas}}(g,t) + C_{\text{gas}}(g,t)]$$

其中, $F_{\text{coal}}(c,t)$ 、 $F_{\text{gas}}(g,t)$ 分别为煤电机组c、气电机组g在时段t下的运行费用, $C_{\text{coal}}(c,t)$ 、 $C_{\text{gas}}(g,t)$ 分别为煤电机组c、气电机组g在时段t下的启动费用,F为节点电价预测值;

所述系统运行约束包括系统负荷平衡约束、系统备用容量约束及线路传输能力约束;其中,所述系统负荷平衡约束由以下公式确定,具体公式如下:

$$\sum_{c=1}^C p_c(c,t) + \sum_{g=1}^G p_g(g,t) + \sum_{a=1}^A p_a(a,t) + \sum_{j=1}^J T(j,t) = D(t)$$

$p_c(c,t)$ 为煤电机组c在时段t下的出力, $p_g(g,t)$ 为气电机组g在时段t下的出力, $p_a(a,t)$ 为非市场化机组a在时段t下的出力, $T(j,t)$ 为省间联络线j在时段t下的功率, $D(t)$ 为时段t的总负荷;

所述系统备用容量约束由以下公式确定,具体公式如下:

$$\begin{aligned} \sum_{c=1}^C U_c(c,t) P_c^{\text{max}}(c) + \sum_{g=1}^G U_g(g,t) P_g^{\text{max}}(g) + \sum_{a=1}^A U_a(a,t) P_a^{\text{max}}(a) + \sum_{j=1}^J T_j(j,t) \\ \geq R^U(t) + D(t) \end{aligned}$$

$U_c(c, t)$  为煤电机组  $c$  在时段  $t$  下的启停状态,  $U_g(g, t)$  为气电机组  $g$  在时段  $t$  下的启停状态,  $U_a(a, t)$  为非市场化机组  $a$  在时段  $t$  下的启停状态, 其中“1”表示开机状态, “0”表示停机状态;  $p_c^{\max}(c)$ 、 $p_g^{\max}(g)$ 、 $p_a^{\max}(a)$  分别为煤电机组  $c$ 、气电机组  $g$ 、非市场化机组  $a$  的出力上限,  $R^U(t)$  为时段  $t$  的正备用需求;

所述线路传输能力约束由以下公式确定, 具体公式如下:

$$-P_l^{\max}(l) \leq \sum_{c=1}^C G_{l-c} P_c(c, t) + \sum_{g=1}^G G_{l-g} P_g(g, t) + \sum_{a=1}^A G_{l-a} P_a(a, t) - \sum_{k=1}^K G_{l-k} D(k, t) \leq p_l^{\max}(l)$$

$p_l^{\max}(l)$  为线路  $l$  的潮流传输极限,  $G_{l-c}$ 、 $G_{l-g}$ 、 $G_{l-a}$  分别为煤电机组  $c$ 、气电机组  $g$ 、非市场化机组  $a$  所在节点对线路  $l$  的功率转移因子,  $G_{l-k}$  为节点  $k$  对线路  $l$  的功率转移因子,  $D(k, t)$  为节点  $k$  在时段  $t$  的负荷;

所述机组运行特性约束包括上下限约束、爬坡率约束及最小开停机时间约束; 其中, 火电机组的所述上下限约束由以下公式确定, 具体公式如下:

$$U_c(c, t) p_c^{\min}(c) \leq p_c(c, t) \leq U_c(c, t) p_c^{\max}(c)$$

$p_c^{\min}(c)$  为煤电机组  $c$  的出力下限;

所述火电机组的所述爬坡率约束由以下公式确定, 具体公式如下:

$$p_c(c, t) - p_c(c, t-1) \leq R_c^U(c) U_c(c, t) + p_c^{\min}(U_c(c, t) - U_c(c, t-1)) + p_c^{\max}(1 - U_c(c, t))$$

$$p_c(c, t-1) - p_c(c, t) \leq R_c^D(c) U_c(c, t) - p_c^{\min}(U_c(c, t) - U_c(c, t-1)) + p_c^{\max}(1 - U_c(c, t-1))$$

$R_c^U(c)$ 、 $R_c^D(c)$  分别为煤电机组  $c$  的向上、向下爬坡速率;

所述火电机组的所述最小开停机时间约束由以下公式确定, 具体公式如下:

$$\sum_{k=t-T_U(c)}^{t-1} U_c(c, k) \geq (U_c(c, t-1) - U_c(c, t)) T_U(c)$$

$$\sum_{k=t-T_D(c)}^{t-1} (1 - U_c(c, k)) \geq (U_c(c, t) - U_c(c, t-1)) T_D(c)$$

$T_U(c)$ 、 $T_D(c)$  分别为煤电机组  $c$  的最小连续开机时间和最小连续停机时间;  $U_c(c, t-1)$  为煤电机组  $c$  在时段  $t-1$  下的启停状态,  $U_c(c, k)$  为煤电机组  $c$  在时段  $k$  下的启停状态。

3. 如权利要求 2 所述的基于电价预测的电网运行管理方法, 其特征在于, 所述将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算, 得到节点电价变化区间, 具体包括:

获取所述电力现货市场出清模型的期望场景下所述不确定性因素的赋值;

根据所述期望场景、极大场景及极小场景下所述不确定性因素的赋值, 分别对所述电力现货市场出清模型进行优化, 得到优化后的电力现货市场出清模型;

将所述电网运行数据输入到所述优化后的电力现货市场出清模型进行出清计算, 得到

所述期望场景、极大场景及极小场景下的节点电价；

根据所述期望场景、极大场景及极小场景下的节点电价，得到节点电价的预测值及节点电价变化区间。

4. 一种基于电价预测的电网运行管理装置，其特征在于，包括：

数据获取模块，用于获取电网运行数据；

模型构建模块，用于建立电力现货市场出清模型；

不确定性因素分析模块，用于确定电网运行过程中的不确定性因素；其中，所述不确定性因素包括负荷的不确定性、可再生能源的不确定性、外来电的不确定性、市场主体报价的不确定性；

极端场景识别模块，用于识别所述不确定性因素影响所述现货市场模型出清的极端场景；

出清计算模块，用于将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算，得到节点电价变化区间；

电网管理模块，用于根据所述节点电价变化区间对所述电网进行管理；

其中，在所述确定电网运行过程中的不确定性因素之后，还包括：

对所述不确定性因素进行建模，得到所述不确定性因素的波动范围；其中，

所述负荷的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

$$\mu_i - 2\sigma_i \leq D_i \leq \mu_i + 2\sigma_i$$

$D_i$ 为母线i的负荷实际值， $\mu_i$ 为母线i的负荷预测值， $\sigma_i$ 为母线i的负荷满足的正态分布的标准差；

所述可再生能源的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

$$\mu_j - 2\sigma_j \leq P_j \leq \mu_j + 2\sigma_j$$

$P_j$ 为第j台可再生能源机组的实际出力， $\mu_j$ 为第j台可再生能源机组的出力预测值， $\sigma_j$ 为第j台可再生能源机组的出力服从的正态分布的标准差；

所述外来电的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

$$\mu_k - 2\sigma_k \leq P_k \leq \mu_k + 2\sigma_k$$

$P_k$ 为省间联络线k的输电功率的实际值， $\mu_k$ 为省间联络线k的输电功率计划值， $\sigma_k$ 为省间联络线k的输电功率满足的正态分布的标准差；

所述市场主体报价的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

$$\begin{cases} P_{offer,n}^{cal} = K_d \times P_{offer,n}^{base} \\ K_d = \alpha_n \times \frac{C_{base}}{C_{cal}} + \beta_n \times \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \\ \alpha_n + \beta_n = 1 \quad \alpha_n, \beta_n \in [0, 1] \end{cases}$$

$P_{offer,n}^{cal}$ 、 $P_{offer,n}^{base}$ 为第n台机组分别在预测日和基准日下的报价， $K_d$ 为报价调整系数， $C_{base}$ 、 $C_{cal}$ 分别为基准日和预测日下的供需比， $Q_{cal}$ 、 $Q_{base}$ 分别为预测日和基准日下的一次能源价格， $\alpha_n$ 为第n台机组的供需比敏感系数， $\beta_n$ 为第n台机组的一次能源价格敏感系数；

所述识别所述不确定性因素影响所述电力现货市场出清模型的极端场景，包括：

当所述不确定性因素同时满足预设的极大场景充分必要条件时，所述电力现货市场出

清模型电价指标达到极大场景;其中,所述极大场景为使得系统平均节点电价最大的运行场景,所述极大场景充分必要条件包括所述电力现货市场出清模型的功率平衡约束下的第一极大场景条件、所述电力现货市场出清模型的断面安全约束下的第二极大场景条件及所述电力现货市场出清模型的目标函数下的第三极大场景条件;

其中,所述第一极大场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$\begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

所述第二极大场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$\text{当 } G_{1-m} > 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases},$$

$$\text{当 } G_{1-m} < 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

$G_{1-m}$  为负荷、间歇性机组或联络线的并网节点m对断面1的灵敏度;

所述第三极大场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$\text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} > \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 1,$$

$$\text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} < \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 0.$$

5. 一种基于电价预测的电网运行管理终端设备,包括处理器、存储器以及存储在所述存储器中且被配置为由所述处理器执行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至3中任意一项所述的基于电价预测的电网运行管理方法。

6. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质包括存储的计算机程序,其中,在所述计算机程序运行时控制所述计算机可读存储介质所在设备执行如权利要求1至3中任意一项所述的基于电价预测的电网运行管理方法。

## 一种基于电价预测的电网运行管理方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力系统技术领域,尤其涉及一种基于电价预测的电网运行管理方法及装置。

### 背景技术

[0002] 在电网实际运行过程中,存在着一些不确定性因素,这些不确定性因素将对电力市场的电价带来波动,进而该波动使得电网存在潜在的运行风险。因此,电力市场定价可利于合理调配电网运行结构,从而实现电网安全稳定地运行。

[0003] 在传统的电价预测分析中,通常只会分析期望场景下的电价情况,而忽略了其他电网运行可能发生的误差场景,这种不全面的分析方法将使得市场运行面临这不可预知的风险。目前,降低市场运行风险的分析方法是基于随机概率分布的电价预测方法,通过对不确定性因素进行概率抽样形成随机场景,然后计算所有随机场景下的市场运行指标,这种做法虽然能获得电价指标的期望值,但需要计算海量场景方可保证准确性,计算量很大,实用性不强。因此,现有的电网运行管理方法效率低,实际应用受限。

### 发明内容

[0004] 本发明实施例提供一种基于电价预测的电网运行管理方法及装置,能实现准确分析电力市场的电价预测,大大降低了计算复杂度,通过计算节点电价变化区间合理地管理电网,保障电网安全稳定地运行。

[0005] 本发明一实施例提供一种基于电价预测的电网运行管理方法,包括:

[0006] 获取电网运行数据;

[0007] 建立电力现货市场出清模型;

[0008] 确定电网运行过程中的不确定性因素;其中,所述不确定性因素包括负荷的不确定性、可再生能源的不确定性、外来电的不确定性、市场主体报价的不确定性;

[0009] 识别所述不确定性因素影响所述现货市场模型出清的极端场景;

[0010] 将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算,得到节点电价变化区间;

[0011] 根据所述节点电价变化区间对所述电网进行管理。

[0012] 作为上述方案的改进,所述电力现货市场出清模型包括目标函数、系统运行约束及机组运行特性约束,通过如下步骤建立所述电力现货市场出清模型:

[0013] 所述目标函数由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0014] \quad \text{Min } F = \sum_{t=1}^T \sum_{c=1}^C [F_{\text{coal}}(c,t) + C_{\text{coal}}(c,t)] + \sum_{t=1}^T \sum_{g=1}^G [F_{\text{gas}}(g,t) + C_{\text{gas}}(g,t)]$$

[0015] 其中, $F_{\text{coal}}(c,t)$ 、 $F_{\text{gas}}(g,t)$ 分别为煤电机组 $c$ 、气电机组 $g$ 在时段 $t$ 下的运行费用, $C_{\text{coal}}(c,t)$ 、 $C_{\text{gas}}(g,t)$ 分别为煤电机组 $c$ 、气电机组 $g$ 在时段 $t$ 下的启动费用, $F$ 为节点电价预测值;

[0016] 所述系统运行约束包括系统负荷平衡约束、系统备用容量约束及线路传输能力约束；其中，所述系统负荷平衡约束由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0017] \quad \sum_{c=1}^C p_c(c,t) + \sum_{g=1}^G p_g(g,t) + \sum_{a=1}^A p_a(a,t) + \sum_{j=1}^J T(j,t) = D(t)$$

[0018]  $P_c(c,t)$  为煤电机组  $c$  在时段  $t$  下的出力,  $p_g(g,t)$  为气电机组  $g$  在时段  $t$  下的出力,  $p_a(a,t)$  为非市场化机组  $a$  在时段  $t$  下的出力,  $T(j,t)$  为省间联络线  $j$  在时段  $t$  下的功率,  $D(t)$  为时段  $t$  的总负荷；

[0019] 所述系统备用容量约束由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0020] \quad \sum_{c=1}^C U_c(c,t) P_c^{\max}(c) + \sum_{g=1}^G U_g(g,t) P_g^{\max}(g) + \sum_{a=1}^A U_a(a,t) P_a^{\max}(a) + \sum_{j=1}^J T_j(j,t) \geq R^U(t) + D(t)$$

[0021]  $U_c(c,t)$  为煤电机组  $c$  在时段  $t$  下的启停状态,  $U_g(g,t)$  为气电机组  $g$  在时段  $t$  下的启停状态,  $U_a(a,t)$  为非市场化机组  $a$  在时段  $t$  下的启停状态, 其中“1”表示开机状态, “0”表示停机状态;  $P_c^{\max}(c)$ 、 $P_g^{\max}(g)$ 、 $P_a^{\max}(a)$  分别为煤电机组  $c$ 、气电机组  $g$ 、非市场化机组  $a$  的出力上限,  $R^U(t)$  为时段  $t$  的正备用需求；

[0022] 所述线路传输能力约束由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0023] \quad -P_l^{\max}(l) \leq \sum_{c=1}^C G_{l-c} P_c(c,t) + \sum_{g=1}^G G_{l-g} P_g(g,t) + \sum_{a=1}^A G_{l-a} P_a(a,t) - \sum_{k=1}^K G_{l-k} D(k,t) \leq P_l^{\max}(l)$$

[0024]  $P_l^{\max}(l)$  为线路  $l$  的潮流传输极限,  $G_{l-c}$ 、 $G_{l-g}$ 、 $G_{l-a}$  分别为煤电机组  $c$ 、气电机组  $g$ 、非市场化机组  $a$  所在节点对线路  $l$  的功率转移因子,  $G_{l-k}$  为节点  $k$  对线路  $l$  的功率转移因子,  $D(k,t)$  为节点  $k$  在时段  $t$  的负荷；

[0025] 所述机组运行特性约束包括上下限约束、爬坡率约束及最小开停机时间约束；其中，火电机组的所述上下限约束由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0026] \quad U_c(c,t) p_c^{\min}(c) \leq p_c(c,t) \leq U_c(c,t) p_c^{\max}(c)$$

[0027]  $P_c^{\min}(c)$  为煤电机组  $c$  的出力下限；

[0028] 所述火电机组的所述爬坡率约束由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0029] \quad p_c(c,t) - p_c(c,t-1) \leq R_c^U(c) U_c(c,t) + p_c^{\min}(c) (U_c(c,t) - U_c(c,t-1)) + p_c^{\max}(c) (1 - U_c(c,t))$$

$$[0030] \quad p_c(c,t-1) - p_c(c,t) \leq R_c^D(c) U_c(c,t) - p_c^{\min}(c) (U_c(c,t) - U_c(c,t-1)) + p_c^{\max}(c) (1 - U_c(c,t-1))$$

[0031]  $R_c^U(c)$ 、 $R_c^D(c)$  分别为煤电机组  $c$  的向上、向下爬坡速率；

[0032] 所述火电机组的所述最小开停机时间约束由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0033] \quad \sum_{k=t-T_U(c)}^{t-1} U_c(c,k) \geq (U_c(c,t-1) - U_c(c,t))T_U(c)$$

$$[0034] \quad \sum_{k=t-T_D(c)}^{t-1} (1 - U_c(c,k)) \geq (U_c(c,t) - U_c(c,t-1))T_D(c)$$

[0035]  $T_U(c)$ 、 $T_D(c)$  分别为煤电机组  $c$  的最小连续开机时间和最小连续停机时间； $U_c(c, t-1)$  为煤电机组  $c$  在时段  $t-1$  下的启停状态， $U_c(c, k)$  为煤电机组  $c$  在时段  $k$  下的启停状态。

[0036] 作为上述方案的改进，在所述确定电网运行过程中的不确定性因素之后，还包括：

[0037] 对所述不确定性因素进行建模，得到所述不确定性因素的波动范围；其中，

[0038] 所述负荷的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0039] \quad \mu_i - 2\sigma_i \leq D_i \leq \mu_i + 2\sigma_i$$

[0040]  $D_i$  为母线  $i$  的负荷实际值， $\mu_i$  为母线  $i$  的负荷预测值， $\sigma_i$  为母线  $i$  的负荷满足的正态分布的标准差；

[0041] 所述可再生能源的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0042] \quad \mu_j - 2\sigma_j \leq P_j \leq \mu_j + 2\sigma_j$$

[0043]  $P_j$  为第  $j$  台可再生能源机组的实际出力， $\mu_j$  为第  $j$  台可再生能源机组的出力预测值， $\sigma_j$  为第  $j$  台可再生能源机组的出力服从的正态分布的标准差；

[0044] 所述外来电的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0045] \quad \mu_k - 2\sigma_k \leq P_k \leq \mu_k + 2\sigma_k$$

[0046]  $P_k$  为省间联络线  $k$  的输电功率的实际值， $\mu_k$  为省间联络线  $k$  的输电功率计划值， $\sigma_k$  为省间联络线  $k$  的输电功率满足的正态分布的标准差；

[0047] 所述市场主体报价的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0048] \quad \begin{cases} P_{offer,n}^{cal} = K_d \times P_{offer,n}^{base} \\ K_d = \alpha_n \times \frac{C_{base}}{C_{cal}} + \beta_n \times \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \\ \alpha_n + \beta_n = 1 \quad \alpha_n, \beta_n \in [0, 1] \end{cases}$$

[0049]  $P_{offer,n}^{cal}$ 、 $P_{offer,n}^{base}$  为第  $n$  台机组分别在预测日和基准日下的报价， $K_d$  为报价调整系数，

$C_{base}$ 、 $C_{cal}$  分别为基准日和预测日下的供需比， $Q_{cal}$ 、 $Q_{base}$  分别为预测日和基准日下的一次能源价格， $\alpha_n$  为第  $n$  台机组的供需比敏感系数， $\beta_n$  为第  $n$  台机组的一次能源价格敏感系数。

[0050] 作为上述方案的改进，所述识别所述不确定性因素影响所述现货市场模型出清的极端场景，包括：

[0051] 当所述不确定性因素同时满足预设的极大场景充分必要条件时，所述现货市场模型出清电价指标达到极大场景；其中，所述极大场景为使得系统平均节点电价最大的运行场景，所述极大场景充分必要条件包括所述现货市场模型的功率平衡约束下的第一极大场景条件、所述现货市场模型的断面安全约束下的第二极大场景条件及所述现货市场模型的目标函数下的第三极大场景条件；

[0052] 其中，所述第一极大场景条件由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0053] \quad \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

[0054] 所述第二极大场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0055] \quad \text{当 } G_{1-m} > 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j, \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases}$$

$$[0056] \quad \text{当 } G_{1-m} < 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

[0057]  $G_{1-m}$  为负荷、间歇性机组或联络线的并网节点m对断面1的灵敏度;

[0058] 所述第三极大场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0059] \quad \text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} > \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 1,$$

$$[0060] \quad \text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} < \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 0。$$

[0061] 作为上述方案的改进,所述识别所述不确定性因素影响所述现货市场模型出清的极端场景,包括:

[0062] 当所述不确定性因素同时满足预设的极小场景充分必要条件时,所述现货市场模型出清电价指标达到极小场景;其中,所述极小场景为使得系统平均节点电价最小的运行场景,所述极大场景充分必要条件包括所述现货市场模型的功率平衡约束下的第一极小场景条件、所述现货市场模型的断面安全约束下的第二极小场景条件及所述现货市场模型的目标函数下的第三极小场景条件;

[0063] 其中,所述第一极小场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0064] \quad \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases}$$

[0065] 所述第二极小场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0066] \quad \text{当 } G_{1-m} > 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j, \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

$$[0067] \quad \text{当 } G_{1-m} < 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j; \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases}$$

[0068] 所述第三极小场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

[0069] 当  $\frac{C_{base}}{C_{cal}} > \frac{Q_{cal}}{Q_{base}}$  时, 则  $\alpha_n = 0$ ,

[0070] 当  $\frac{C_{base}}{C_{cal}} < \frac{Q_{cal}}{Q_{base}}$  时, 则  $\alpha_n = 1$ 。

[0071] 作为上述方案的改进, 所述将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算, 得到节点电价变化区间, 具体包括:

[0072] 获取所述现货市场模型出清的期望场景下所述不确定性因素的赋值;

[0073] 根据所述期望场景、所述极大场景及所述极小场景下所述不确定性因素的赋值, 分别对所述电力现货市场出清模型进行优化, 得到优化后的电力现货市场出清模型;

[0074] 将所述电网运行数据输入到所述优化后的电力现货市场出清模型进行出清计算, 得到所述期望场景、所述极大场景及所述极小场景下的节点电价;

[0075] 根据所述期望场景、所述极大场景及所述极小场景下的节点电价, 得到节点电价的预测值及节点电价变化区间。

[0076] 本发明另一实施例对应提供了一种基于电价预测的电网运行管理装置, 包括:

[0077] 数据获取模块, 用于获取电网运行数据;

[0078] 模型构建模块, 用于建立电力现货市场出清模型;

[0079] 不确定性因素分析模块, 用于确定电网运行过程中的不确定性因素; 其中, 所述不确定性因素包括负荷的不确定性、可再生能源的不确定性、外来电的不确定性 & 市场主体报价的不确定性;

[0080] 极端场景识别模块, 用于识别所述不确定性因素影响所述现货市场模型出清的极端场景;

[0081] 出清计算模块, 用于将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算, 得到节点电价变化区间;

[0082] 电网管理模块, 用于根据所述节点电价变化区间对所述电网进行管理。

[0083] 本发明另一实施例提供了一种基于电价预测的电网运行管理终端设备, 包括处理器、存储器以及存储在该存储器中且被配置为由所述处理器执行的计算机程序, 所述处理器执行所述计算机程序时实现上述发明实施例所述的基于电价预测的电网运行管理方法。

[0084] 本发明另一实施例提供了一种存储介质, 所述计算机可读存储介质包括存储的计算机程序, 其中, 在所述计算机程序运行时控制所述计算机可读存储介质所在设备执行上述发明实施例所述的基于电价预测的电网运行管理方法。

[0085] 与现有技术相比, 本发明实施例公开的一种基于电价预测的电网运行管理方法、装置、终端设备及存储介质, 具有如下有益效果:

[0086] 通过获取电网运行数据, 建立电力现货市场出清模型, 确定电网运行过程中的不确定性因素, 其中, 所述不确定性因素包括负荷的不确定性、可再生能源的不确定性、外来电的不确定性 & 市场主体报价的不确定性, 识别所述不确定性因素影响所述现货市场模型出清的极端场景, 将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算, 得到节点电价变化区间, 根据所述节点电价变化区间对所述电网进行管理, 这样通过分析不确定性因素, 以及极大场景、极小场景下的电价情况, 能够实现准确、全

面地分析电力市场定价,且大大降低了计算量和计算复杂度,能有效降低对计算机硬件的要求,进而通过计算节点电价变化区间合理地管理电力现货市场,进而管理电网运行,实现有效合理地调配电网运行结构,能降低电网的故障率及运行成本,从而保障电力现货市场及电网安全稳定地运行,实用性强,能有效提高电网管理的效率。

### 附图说明

[0087] 图1是本发明实施例一提供的一种基于电价预测的电网运行管理方法的流程示意图;

[0088] 图2是本发明实施例二提供的一种基于电价预测的电网运行管理装置的结构示意图。

### 具体实施方式

[0089] 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作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0090] 实施例一

[0091] 参见图1,是本发明实施例一提供的一种基于电价预测的电网运行管理方法的流程示意图,所述方法包括步骤S101至S106。

[0092] S101、获取电网运行数据。

[0093] 其中,所述电网运行数据包括机组运行费用、机组出力、机组负荷、联络线功率、机组启停状态、线路潮流传输数据、线路功率转移因子、机组爬坡速率及机组停开机时间,但不限于此。本实施例中,机组包括火电机组(具体为煤电机组)、气电机组及非市场化机组(也为A类机组)。

[0094] S102、建立电力现货市场出清模型。

[0095] 本实施例中,电力现货市场出清模型包括目标函数、系统运行约束及机组运行特性约束。优选的,电力现货市场出清模型还包括功率平衡约束和断面安全约束。

[0096] 具体的,所述目标函数由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0097] \quad \text{Min } F = \sum_{t=1}^T \sum_{c=1}^C [F_{\text{coal}}(c,t) + C_{\text{coal}}(c,t)] + \sum_{t=1}^T \sum_{g=1}^G [F_{\text{gas}}(g,t) + C_{\text{gas}}(g,t)]$$

[0098] 其中, $F_{\text{coal}}(c,t)$ 、 $F_{\text{gas}}(g,t)$ 分别为煤电机组c、气电机组g在时段t下的运行费用, $C_{\text{coal}}(c,t)$ 、 $C_{\text{gas}}(g,t)$ 分别为煤电机组c、气电机组g在时段t下的启动费用,F为节点电价预测值。

[0099] 示例性的,以煤电机组为例,运行费用函数(即报价曲线) $F_{\text{coal}}(c,t)$ 与启动费用函数约束如下公式所示:

$$[0100] \quad F_{\text{coal}}(c,t) = a_2 p_c(c,t)^2 + a_1 p_c(c,t) + a_0$$

$$[0101] \quad \begin{cases} C_{\text{coal}}(c,t) \geq C_U(c) \times [U_c(c,t) - U_c(c,t-1)] \\ C_{\text{coal}}(c,t) \geq 0 \end{cases}$$

[0102] 其中,  $a_2$ 、 $a_1$ 、 $a_0$ 分别为煤电报价曲线的二次项系数、一次项系数和常数项,  $p_c(c, t)$ 为煤电机组c在时段t的出力,  $C_U(c)$ 为煤电机组c的单次启动成本,  $U_c(c, t-1)$ 为煤电机组c在时段t-1的启停状态。

[0103] 进一步, 具体的, 所述系统运行约束包括系统负荷平衡约束、系统备用容量约束及线路传输能力约束; 其中, 所述系统负荷平衡约束由以下公式确定, 具体公式如下:

$$[0104] \quad \sum_{c=1}^C p_c(c, t) + \sum_{g=1}^G p_g(g, t) + \sum_{a=1}^A p_a(a, t) + \sum_{j=1}^J T(j, t) = D(t)$$

[0105]  $P_c(c, t)$ 为煤电机组c在时段t下的出力,  $p_g(g, t)$ 为气电机组g在时段t下的出力,  $p_a(a, t)$ 为非市场化机组a在时段t下的出力,  $T(j, t)$ 为省间联络线j在时段t下的功率,  $D(t)$ 为时段t的总负荷;

[0106] 所述系统备用容量约束由以下公式确定, 具体公式如下:

$$[0107] \quad \sum_{c=1}^C U_c(c, t) P_c^{\max}(c) + \sum_{g=1}^G U_g(g, t) P_g^{\max}(g) + \sum_{a=1}^A U_a(a, t) P_a^{\max}(a) + \sum_{j=1}^J T_j(j, t) \geq R^U(t) + D(t)$$

[0108]  $U_c(c, t)$ 为煤电机组c在时段t下的启停状态,  $U_g(g, t)$ 为气电机组g在时段t下的启停状态,  $U_a(a, t)$ 为非市场化机组a在时段t下的启停状态, 其中“1”表示开机状态, “0”表示停机状态;  $p_c^{\max}(c)$ 、 $p_g^{\max}(g)$ 、 $p_a^{\max}(a)$ 分别为煤电机组c、气电机组g、非市场化机组a的出力上限,  $R^U(t)$ 为时段t的正备用需求;

[0109] 所述线路传输能力约束由以下公式确定, 具体公式如下:

$$[0110] \quad -P_l^{\max}(l) \leq \sum_{c=1}^C G_{l-c} P_c(c, t) + \sum_{g=1}^G G_{l-g} P_g(g, t) + \sum_{a=1}^A G_{l-a} P_a(a, t) - \sum_{k=1}^K G_{l-k} D(k, t) \leq P_l^{\max}(l)$$

[0111]  $P_l^{\max}(l)$ 为线路l的潮流传输极限,  $G_{l-c}$ 、 $G_{l-g}$ 、 $G_{l-a}$ 分别为煤电机组c、气电机组g、非市场化机组a所在节点对线路l的功率转移因子,  $G_{l-k}$ 为节点k对线路l的功率转移因子,  $D(k, t)$ 为节点k在时段t的负荷。

[0112] 进一步, 具体的, 火电机组、气电机组需要考虑上下限约束、爬坡率约束及最小开停机时间约束。因此, 机组运行特性约束包括上下限约束、爬坡率约束及最小开停机时间约束。

[0113] 其中, 火电机组的所述上下限约束由以下公式确定, 具体公式如下:

$$[0114] \quad U_c(c, t) p_c^{\min}(c) \leq p_c(c, t) \leq U_c(c, t) p_c^{\max}(c)$$

[0115]  $P_c^{\min}(c)$ 为煤电机组c的出力下限;

[0116] 所述火电机组的所述爬坡率约束由以下公式确定, 具体公式如下:

[0117]  $p_c(c,t) - p_c(c,t-1) \leq R_c^U(c)U_c(c,t) + p_c^{\min}(U_c(c,t) - U_c(c,t-1)) + p_c^{\max}(1 - U_c(c,t))$

[0118]  $p_c(c,t-1) - p_c(c,t) \leq R_c^D(c)U_c(c,t) - p_c^{\min}(U_c(c,t) - U_c(c,t-1)) + p_c^{\max}(1 - U_c(c,t-1))$

[0119]  $R_c^U(c)$ 、 $R_c^D(c)$ 分别为煤电机组c的向上、向下爬坡速率；

[0120] 所述火电机组的所述最小开停机时间约束由以下公式确定，具体公式如下：

[0121] 
$$\sum_{k=t-T_U(c)}^{t-1} U_c(c,k) \geq (U_c(c,t-1) - U_c(c,t))T_U(c)$$

[0122] 
$$\sum_{k=t-T_D(c)}^{t-1} (1 - U_c(c,k)) \geq (U_c(c,t) - U_c(c,t-1))T_D(c)$$

[0123]  $T_U(c)$ 、 $T_D(c)$ 分别为煤电机组c的最小连续开机时间和最小连续停机时间； $U_c(c,t-1)$ 为煤电机组c在时段t-1下的启停状态， $U_c(c,k)$ 为煤电机组c在时段k下的启停状态。

[0124] 同理的，气电机组的机组运行特性约束与火电机组一致，在此不再赘述。

[0125] S103、确定电网运行过程中的不确定性因素；其中，所述不确定性因素包括负荷的不确定性、可再生能源的不确定性、外来电的不确定性及市场主体报价的不确定性。

[0126] 优选的，在步骤S103之后，还包括：对所述不确定性因素进行建模，得到所述不确定性因素的波动范围。

[0127] 在一种优选的实施例中，对负荷的不确定性进行建模，假设母线i的负荷满足 $N(\mu_i, \sigma_i^2)$ 正态分布，在95.45%置信水平下负荷的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

[0128]  $\mu_i - 2\sigma_i \leq D_i \leq \mu_i + 2\sigma_i$

[0129]  $D_i$ 为母线i的负荷实际值， $\mu_i$ 为母线i的负荷预测值， $\sigma_i$ 为母线i的负荷满足的正态分布的标准差。

[0130] 在一种优选的实施例中，对可再生能源的不确定性进行建模，其中，可再生能源可以为间歇性可再生能源，如风电能源、太阳能。具体的，假设中调调管的第j台间歇性可再生能源机组出力服从 $N(\mu_j, \sigma_j^2)$ 正态分布，在95.45%置信水平下可再生能源的不确定性（即可再生能源出力）的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

[0131]  $\mu_j - 2\sigma_j \leq P_j \leq \mu_j + 2\sigma_j$

[0132]  $P_j$ 为第j台可再生能源机组的实际出力， $\mu_j$ 为第j台可再生能源机组的出力预测值， $\sigma_j$ 为第j台可再生能源机组的出力服从的正态分布的标准差。

[0133] 在一种优选的实施例中，对外来电的不确定性进行建模，假设省间联络线k的输送功率满足 $N(\mu_k, \sigma_k^2)$ 正态分布，在95.45%置信水平下外来电的不确定性（即省间联络线k的输送功率）的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

[0134]  $\mu_k - 2\sigma_k \leq P_k \leq \mu_k + 2\sigma_k$

[0135]  $P_k$ 为省间联络线k的输电功率的实际值， $\mu_k$ 为省间联络线k的输电功率计划值， $\sigma_k$ 为省间联络线k的输送功率满足的正态分布的标准差。

[0136] 在一种优选的实施例中，对市场主体报价的不确定性进行建模，假设发电机组的报价与一次能源价格成正比，与市场供需比成反比。通过与基准日下的报价数据进行对比，可模拟出预测日下的市场主体报价数据。因此，市场主体报价的不确定性（即第n台机组的

报价)的波动范围由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0137] \quad \begin{cases} P_{offer,n}^{cal} = K_d \times P_{offer,n}^{base} \\ K_d = \alpha_n \times \frac{C_{base}}{C_{cal}} + \beta_n \times \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \\ \alpha_n + \beta_n = 1 \quad \alpha_n, \beta_n \in [0, 1] \end{cases}$$

[0138]  $P_{offer,n}^{cal}$ 、 $P_{offer,n}^{base}$ 为第n台机组分别在预测日和基准日下的报价, $K_d$ 为报价调整系数, $C_{base}$ 、 $C_{cal}$ 分别为基准日和预测日下的供需比, $Q_{cal}$ 、 $Q_{base}$ 分别为预测日和基准日下的一次能源价格, $\alpha_n$ 为第n台机组的供需比敏感系数, $\beta_n$ 为第n台机组的一次能源价格敏感系数(若为煤电机组,则为动力煤价格;若为气电机组,则为天然气价格)。

[0139] S104、识别所述不确定性因素影响所述现货市场模型出清的极端场景。

[0140] 需要说明的是,定义使得系统平均节点电价最小的运行场景为极小场景,定义使得系统平均节点电价最大的运行场景为极大场景。本实施例中,不确定性因素主要影响出清模型的功率平衡约束、断面安全约束、目标函数这三个方面。

[0141] 在一种优选的实施例中,当所述不确定性因素同时满足预设的极大场景充分必要条件时,所述现货市场模型出清电价指标达到极大场景;其中,所述极大场景为使得系统平均节点电价最大的运行场景,所述极大场景充分必要条件包括所述现货市场模型的功率平衡约束下的第一极大场景条件、所述现货市场模型的断面安全约束下的第二极大场景条件及所述现货市场模型的目标函数下的第三极大场景条件。

[0142] 其中,从节点电价的定价原理可知,系统负荷需求越大,出清电价越大。因此,电价指标达到极大场景的必要条件为系统负荷需求最大的时候,即母线负荷为上限出力、间歇性可再生能源为下限出力、云南送粤通道为下限出力。第一极大场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0143] \quad \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

[0144] 从节点电价的定价原理可知,断面安全约束越严格,阻塞价格越大。因此,电价指标达到极大场景的必要条件为断面安全约束最严格的时候。假设 $G_{1-m}$ 为负荷、间歇性机组或联络线的并网节点m对断面1的灵敏度,第二极大场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

[0145] 当 $G_{1-m} > 0$ 时,节点m下的负荷取值为下限出力,节点m下的间歇性机组和联络线取值

$$\text{为上限出力,则} \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases}$$

[0146] 当 $G_{1-m} < 0$ 时,节点m下的负荷取值为上限出力,节点m下的间歇性机组和联络线取值

$$\text{为下限出力,则} \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

[0147] 发电机组的报价直接影响出清模型的目标函数, 报价越大, 出清电价越大。因此, 电价指标达到极大场景的必要条件为发电机组报价最大的时候。首先, 市场主体报价的不确定性的波动范围的公式可变换为如下公式:

$$[0148] \quad \begin{cases} P_{offer,n}^{cal} = K_d \times P_{offer,n}^{base} \\ K_d = \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} + \alpha_n \left( \frac{C_{base}}{C_{cal}} - \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \right) \end{cases} \quad \alpha_n \in [0, 1]^\circ$$

[0149] 所述第三极大场景条件由以下公式确定, 具体公式如下:

$$[0150] \quad \text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} > \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 1,$$

$$[0151] \quad \text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} < \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 0。$$

[0152] 同理的, 在另一种优选的实施例中, 当所述不确定性因素同时满足预设的极小场景充分必要条件时, 所述现货市场模型出清电价指标达到极小场景; 其中, 所述极小场景为使得系统平均节点电价最小的运行场景, 所述极大场景充分必要条件包括所述现货市场模型的功率平衡约束下的第一极小场景条件、所述现货市场模型的断面安全约束下的第二极小场景条件及所述现货市场模型的目标函数下的第三极小场景条件;

[0153] 其中, 所述第一极小场景条件由以下公式确定, 具体公式如下:

$$[0154] \quad \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases}$$

[0155] 所述第二极小场景条件由以下公式确定, 具体公式如下:

$$[0156] \quad \text{当 } G_{1-m} > 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j, \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

$$[0157] \quad \text{当 } G_{1-m} < 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j; \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases}$$

[0158] 所述第三极小场景条件由以下公式确定, 具体公式如下:

$$[0159] \quad \text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} > \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 0,$$

$$[0160] \quad \text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} < \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 1。$$

[0161] S105、将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算, 得到节点电价变化区间。

[0162] 优选的, 步骤S106包括:

[0163] 获取所述现货市场模型出清的期望场景下所述不确定性因素的赋值;

[0164] 根据所述期望场景、所述极大场景及所述极小场景下所述不确定性因素的赋值,

分别对所述电力现货市场出清模型进行优化,得到优化后的电力现货市场出清模型;

[0165] 将所述电网运行数据输入到所述优化后的电力现货市场出清模型进行出清计算,得到所述期望场景、所述极大场景及所述极小场景下的节点电价;

[0166] 根据所述期望场景、所述极大场景及所述极小场景下的节点电价,得到节点电价的预测值及节点电价变化区间。

[0167] 示例性的,以极小场景为例,根据上述步骤的极小场景的充分必要条件对不确定性因素赋值,然后在通用优化建模软件中写入基于极小场景的市场出清模型,并调用CPLEX求解器进行求解,将约束条件的对偶因子和发电机的出力计划输出到数据文件。并根据如下式子计算节点电价:

$$[0168] \quad LMP_{tk} = \lambda_t + \sum_{l=1}^L (\xi_{tl} + \sigma_{tl}) G_{l-k}$$

[0169] 其中, $LMP_{tk}$ 为节点k在时段t下的节点电价, $\lambda_t$ 为负荷平衡约束的对偶乘子, $\xi_{t1}$ 、 $\sigma_{t1}$ 为线路安全约束的对偶乘子。

[0170] 进而,全系统的平均节点电价为 $M_t$ ,计算式如下所示,式中k为系统节点个数:

$$[0171] \quad M_t = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K LMP_{tk}$$

[0172] 因此,分别计算出期望场景、极大场景、极小场景下的节点电价,从而得到了节点电价的预测值以及变化区间。其中,期望场景的电价计算结果为电价的预测值,极大场景的电价计算结果为电价的变化区间上限,极小场景的电价计算结果为电价的变化区间下限。

[0173] S106、根据所述节点电价变化区间对所述电网进行管理。

[0174] 可以理解,通过结合电力市场电力定价合理地管理电网,如输电网阻塞管理。结合电力市场电价等因素,合理调配输电网络中输电线路、变压器等运行结构,实现资源合理调配,大大降低了输电网发生阻塞的可能性,同时能有效降低电网运行成本,从而保障电网安全稳定地运行。

[0175] 本发明实施例一提供一种基于电价预测的电网运行管理方法,通过获取电网运行数据,建立电力现货市场出清模型,确定电网运行过程中的不确定性因素,其中,所述不确定性因素包括负荷的不确定性、可再生能源的不确定性、外来电的不确定性及市场主体报价的不确定性,识别所述不确定性因素影响所述现货市场模型出清的极端场景,将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算,得到节点电价变化区间,根据所述节点电价变化区间对所述电网进行管理,这样通过分析不确定性因素,以及极大场景、极小场景下的电价情况,能实现准确、全面地分析电力市场定价,且大大降低了计算量和计算复杂度,能有效降低对计算机硬件的要求,进而通过计算节点电价变化区间合理地管理电力现货市场,进而管理电网运行,实现有效合理地调配电网运行结构,能降低电网的故障率及运行成本,从而保障电力现货市场及电网安全稳定地运行,实用性强,能有效提高电网管理的效率。

[0176] 实施例二

[0177] 参见图2,是本发明实施例二提供一种基于电价预测的电网运行管理装置的结构示意图,可以理解的是,本发明装置项实施例是与本发明方法项实施例对应的,其能够实

现本发明上述任意一项方法项实施例所述的基于电价预测的电网运行管理方法。所述装置包括：

[0178] 数据获取模块201,用于获取电网运行数据；

[0179] 模型构建模块202,用于建立电力现货市场出清模型；

[0180] 不确定性因素分析模块203,用于确定电网运行过程中的不确定性因素；其中,所述不确定性因素包括负荷的不确定性、可再生能源的不确定性、外来电的不确定性及市场主体报价的不确定性；

[0181] 极端场景识别模块204,用于识别所述不确定性因素影响所述现货市场模型出清的极端场景；

[0182] 出清计算模块205,用于将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算,得到节点电价变化区间；

[0183] 电网管理模块206,用于根据所述节点电价变化区间对所述电网进行管理。

[0184] 优选的,该模型构建模块202包括：

[0185] 目标函数构建单元,用于所述目标函数由以下公式确定,具体公式如下：

$$[0186] \quad \text{Min } F = \sum_{t=1}^T \sum_{c=1}^C [F_{\text{coal}}(c,t) + C_{\text{coal}}(c,t)] + \sum_{t=1}^T \sum_{g=1}^G [F_{\text{gas}}(g,t) + C_{\text{gas}}(g,t)]$$

[0187] 其中, $F_{\text{coal}}(c,t)$ 、 $F_{\text{gas}}(g,t)$ 分别为煤电机组c、气电机组g在时段t下的运行费用, $C_{\text{coal}}(c,t)$ 、 $C_{\text{gas}}(g,t)$ 分别为煤电机组c、气电机组g在时段t下的启动费用,F为节点电价预测值；

[0188] 系统运行约束构建单元,用于所述系统运行约束包括系统负荷平衡约束、系统备用容量约束及线路传输能力约束；其中,所述系统负荷平衡约束由以下公式确定,具体公式如下：

$$[0189] \quad \sum_{c=1}^C p_c(c,t) + \sum_{g=1}^G p_g(g,t) + \sum_{a=1}^A p_a(a,t) + \sum_{j=1}^J T(j,t) = D(t)$$

[0190]  $P_c(c,t)$ 为煤电机组c在时段t下的出力, $p_g(g,t)$ 为气电机组g在时段t下的出力, $p_a(a,t)$ 为非市场化机组a在时段t下的出力, $T(j,t)$ 为省间联络线j在时段t下的功率, $D(t)$ 为时段t的总负荷；

[0191] 所述系统备用容量约束由以下公式确定,具体公式如下：

$$[0192] \quad \sum_{c=1}^C U_c(c,t) P_c^{\text{max}}(c) + \sum_{g=1}^G U_g(g,t) P_g^{\text{max}}(g) + \sum_{a=1}^A U_a(a,t) P_a^{\text{max}}(a) + \sum_{j=1}^J T_j(j,t) \geq R^U(t) + D(t)$$

[0193]  $U_c(c,t)$ 为煤电机组c在时段t下的启停状态, $U_g(g,t)$ 为气电机组g在时段t下的启停状态, $U_a(a,t)$ 为非市场化机组a在时段t下的启停状态,其中“1”表示开机状态,“0”表示停机状态； $P_c^{\text{max}}(c)$ 、 $P_g^{\text{max}}(g)$ 、 $P_a^{\text{max}}(a)$ 分别为煤电机组c、气电机组g、非市场化机组a的出力上限, $R^U(t)$ 为时段t的正备用需求；

[0194] 所述线路传输能力约束由以下公式确定,具体公式如下：

$$\begin{aligned}
 [0195] \quad -P_l^{\max}(l) &\leq \sum_{c=1}^C G_{l-c} P_c(c, t) + \sum_{g=1}^G G_{l-g} P_g(g, t) + \sum_{a=1}^A G_{l-a} P_a(a, t) \\
 &\quad - \sum_{k=1}^K G_{l-k} D(k, t) \leq p_l^{\max}(l)
 \end{aligned}$$

[0196]  $P_l^{\max}(l)$ 为线路1的潮流传输极限,  $G_{1-c}$ 、 $G_{1-g}$ 、 $G_{1-a}$ 分别为煤电机组c、气电机组g、非市场化机组a所在节点对线路1的功率转移因子,  $G_{1-k}$ 为节点k对线路1的功率转移因子,  $D(k, t)$ 为节点k在时段t的负荷;

[0197] 机组运行特性约束构建单元,用于所述机组运行特性约束包括上下限约束、爬坡率约束及最小开停机时间约束;其中,火电机组的所述上下限约束由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0198] \quad U_c(c, t) p_c^{\min}(c) \leq p_c(c, t) \leq U_c(c, t) p_c^{\max}(c)$$

[0199]  $p_c^{\min}(c)$ 为煤电机组c的出力下限;

[0200] 所述火电机组的所述爬坡率约束由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0201] \quad p_c(c, t) - p_c(c, t-1) \leq R_c^U(c) U_c(c, t) + p_c^{\min}(U_c(c, t) - U_c(c, t-1)) + p_c^{\max}(1 - U_c(c, t))$$

$$[0202] \quad p_c(c, t-1) - p_c(c, t) \leq R_c^D(c) U_c(c, t) - p_c^{\min}(U_c(c, t) - U_c(c, t-1)) + p_c^{\max}(1 - U_c(c, t-1))$$

[0203]  $R_c^U(c)$ 、 $R_c^D(c)$ 分别为煤电机组c的向上、向下爬坡速率;

[0204] 所述火电机组的所述最小开停机时间约束由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0205] \quad \sum_{k=t-T_U(c)}^{t-1} U_c(c, k) \geq (U_c(c, t-1) - U_c(c, t)) T_U(c)$$

$$[0206] \quad \sum_{k=t-T_D(c)}^{t-1} (1 - U_c(c, k)) \geq (U_c(c, t) - U_c(c, t-1)) T_D(c)$$

[0207]  $T_U(c)$ 、 $T_D(c)$ 分别为煤电机组c的最小连续开机时间和最小连续停机时间;  $U_c(c, t-1)$ 为煤电机组c在时段t-1下的启停状态,  $U_c(c, k)$ 为煤电机组c在时段k下的启停状态。

[0208] 优选的,不确定性因素分析模块203包括:

[0209] 不确定性因素建模单元,用于对所述不确定性因素进行建模,得到所述不确定性因素的波动范围;其中,

[0210] 所述负荷的不确定性的波动范围由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0211] \quad \mu_i - 2\sigma_i \leq D_i \leq \mu_i + 2\sigma_i$$

[0212]  $D_i$ 为母线i的负荷实际值,  $\mu_i$ 为母线i的负荷预测值,  $\sigma_i$ 为母线i的负荷满足的正态分布的标准差;

[0213] 所述可再生能源的不确定性的波动范围由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0214] \quad \mu_j - 2\sigma_j \leq P_j \leq \mu_j + 2\sigma_j$$

[0215]  $P_j$ 为第j台可再生能源机组的实际出力,  $\mu_j$ 为第j台可再生能源机组的出力预测值,

$\sigma_j$ 为第j台可再生能源机组的出力服从的正态分布的标准差；

[0216] 所述外来电的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0217] \quad \mu_k - 2\sigma_k \leq P_k \leq \mu_k + 2\sigma_k$$

[0218]  $P_k$ 为省间联络线k的输电功率的实际值， $\mu_k$ 为省间联络线k的输电功率计划值， $\sigma_k$ 为省间联络线k的输送功率满足的正态分布的标准差；

[0219] 所述市场主体报价的不确定性的波动范围由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0220] \quad \begin{cases} P_{offer,n}^{cal} = K_d \times P_{offer,n}^{base} \\ K_d = \alpha_n \times \frac{C_{base}}{C_{cal}} + \beta_n \times \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \\ \alpha_n + \beta_n = 1 \quad \alpha_n, \beta_n \in [0, 1] \end{cases}$$

[0221]  $P_{offer,n}^{cal}$ 、 $P_{offer,n}^{base}$ 为第n台机组分别在预测日和基准日下的报价， $K_d$ 为报价调整系数， $C_{base}$ 、 $C_{cal}$ 分别为基准日和预测日下的供需比， $Q_{cal}$ 、 $Q_{base}$ 分别为预测日和基准日下的一次能源价格， $\alpha_n$ 为第n台机组的供需比敏感系数， $\beta_n$ 为第n台机组的一次能源价格敏感系数。

[0222] 优选的，极端场景识别模块204包括：

[0223] 极大场景识别单元，用于当所述不确定性因素同时满足预设的极大场景充分必要条件时，所述现货市场模型出清电价指标达到极大场景；其中，所述极大场景为使得系统平均节点电价最大的运行场景，所述极大场景充分必要条件包括所述现货市场模型的功率平衡约束下的第一极大场景条件、所述现货市场模型的断面安全约束下的第二极大场景条件及所述现货市场模型的目标函数下的第三极大场景条件；

[0224] 其中，所述第一极大场景条件由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0225] \quad \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

[0226] 所述第二极大场景条件由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0227] \quad \text{当 } G_{1-m} > 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases},$$

$$[0228] \quad \text{当 } G_{1-m} < 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

[0229]  $G_{1-m}$ 为负荷、间歇性机组或联络线的并网节点m对断面1的灵敏度；

[0230] 所述第三极大场景条件由以下公式确定，具体公式如下：

$$[0231] \quad \text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} > \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 1,$$

$$[0232] \quad \text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} < \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 0.$$

[0233] 优选的，极端场景识别模块204包括：

[0234] 极小场景识别单元,用于当所述不确定性因素同时满足预设的极小场景充分必要条件时,所述现货市场模型出清电价指标达到极小场景;其中,所述极小场景为使得系统平均节点电价最小的运行场景,所述极大场景充分必要条件包括所述现货市场模型的功率平衡约束下的第一极小场景条件、所述现货市场模型的断面安全约束下的第二极小场景条件及所述现货市场模型的目标函数下的第三极小场景条件;

[0235] 其中,所述第一极小场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0236] \quad \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases}$$

[0237] 所述第二极小场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0238] \quad \text{当 } G_{1-m} > 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i + 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j - 2\sigma_j, \\ P_k = \mu_k - 2\sigma_k \end{cases}$$

$$[0239] \quad \text{当 } G_{1-m} < 0 \text{ 时, 则 } \begin{cases} D_i = \mu_i - 2\sigma_i \\ P_j = \mu_j + 2\sigma_j; \\ P_k = \mu_k + 2\sigma_k \end{cases}$$

[0240] 所述第三极小场景条件由以下公式确定,具体公式如下:

$$[0241] \quad \text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} > \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 0,$$

$$[0242] \quad \text{当 } \frac{C_{base}}{C_{cal}} < \frac{Q_{cal}}{Q_{base}} \text{ 时, 则 } \alpha_n = 1。$$

[0243] 优选的,出清计算模块205包括:

[0244] 期望场景识别单元,用于获取所述现货市场模型出清的期望场景下所述不确定性因素的赋值;

[0245] 模型优化单元,用于根据所述期望场景、所述极大场景及所述极小场景下所述不确定性因素的赋值,分别对所述电力现货市场出清模型进行优化,得到优化后的电力现货市场出清模型;

[0246] 节点电价计算单元,用于将所述电网运行数据输入到所述优化后的电力现货市场出清模型进行出清计算,得到所述期望场景、所述极大场景及所述极小场景下的节点电价;

[0247] 节点电价变化区间计算单元,用于根据所述期望场景、所述极大场景及所述极小场景下的节点电价,得到节点电价的预测值及节点电价变化区间。

[0248] 本发明实施例二提供一种基于电价预测的电网运行管理装置,通过获取电网运行数据,建立电力现货市场出清模型,确定电网运行过程中的不确定性因素,其中,所述不确定性因素包括负荷的不确定性、可再生能源的不确定性、外来电的不确定性、市场主体报价的不确定性,识别所述不确定性因素影响所述现货市场模型出清的极端场景,将所述电网运行数据输入到基于所述极端场景的所述电力现货市场出清模型进行出清计算,得到节点电价变化区间,根据所述节点电价变化区间对所述电网进行管理,这样通过分析不确定性因素,以及极大场景、极小场景下的电价情况,能实现准确、全面地分析电力市场定价,

且大大降低了计算量和计算复杂度,能有效降低对计算机硬件的要求,进而通过计算节点电价变化区间合理地管理电力现货市场,进而管理电网运行,实现有效合理地调配电网运行结构,能降低电网的故障率及运行成本,从而保障电力现货市场及电网安全稳定地运行,实用性强,能有效提高电网管理的效率。

[0249] 实施例三

[0250] 该实施例三的基于电价预测的电网运行管理终端设备包括:处理器、存储器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,例如电网运行管理程序。所述处理器执行所述计算机程序时实现上述各个基于电价预测的电网运行管理方法实施例中的步骤。或者,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能。

[0251] 示例性的,所述计算机程序可以被分割成一个或多个模块/单元,所述一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器中,并由所述处理器执行,以完成本发明。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段,该指令段用于描述所述计算机程序在所述基于电价预测的电网运行管理终端设备中的执行过程。

[0252] 所述基于电价预测的电网运行管理终端设备可以是桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备。所述基于电价预测的电网运行管理终端设备可包括,但不限于,处理器、存储器。本领域技术人员可以理解,所述示意图仅仅是基于电价预测的电网运行管理终端设备的示例,并不构成对基于电价预测的电网运行管理终端设备的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述基于电价预测的电网运行管理终端设备还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0253] 所称处理器可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等,所述处理器是所述基于电价预测的电网运行管理终端设备的控制中心,利用各种接口和线路连接整个基于电价预测的电网运行管理终端设备的各个部分。

[0254] 所述存储器可用于存储所述计算机程序和/或模块,所述处理器通过运行或执行存储在所述存储器内的计算机程序和/或模块,以及调用存储在存储器内的数据,实现所述基于电价预测的电网运行管理终端设备的各种功能。所述存储器可主要包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序(比如声音播放功能、图像播放功能等等);存储数据区可存储根据手机的使用所创建的数据(比如音频数据、电话本等等)等。此外,存储器可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如硬盘、内存、插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)、至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

[0255] 其中,所述基于电价预测的电网运行管理终端设备集成的模块/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存储介质中。基于这样的理解,本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过计

算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括:能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是,所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减,例如在某些司法管辖区,根据立法和专利实践,计算机可读介质不包括电载波信号和电信信号。

[0256] 需说明的是,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中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模块来实现本实施例方案的目的。另外,本发明提供的装置实施例附图中,模块之间的连接关系表示它们之间具有通信连接,具体可以实现为一条或多条通信总线或信号线。本领域普通技术人员在不付出创造性劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0257] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

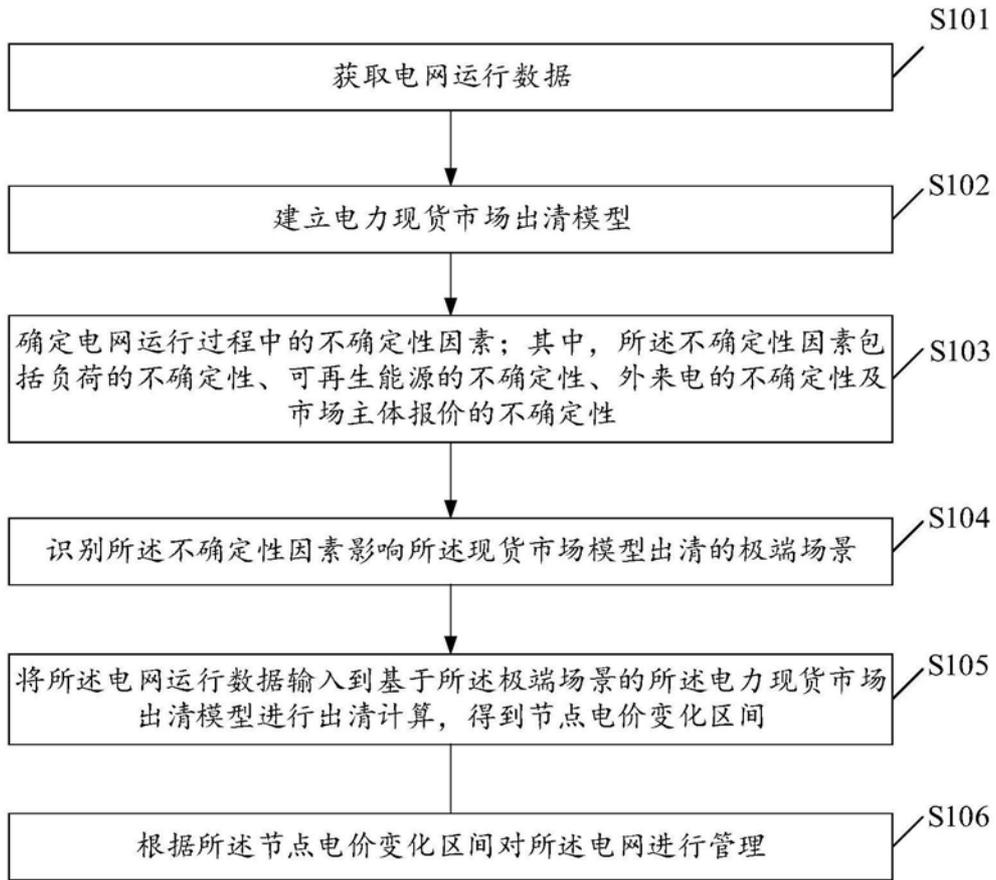


图1

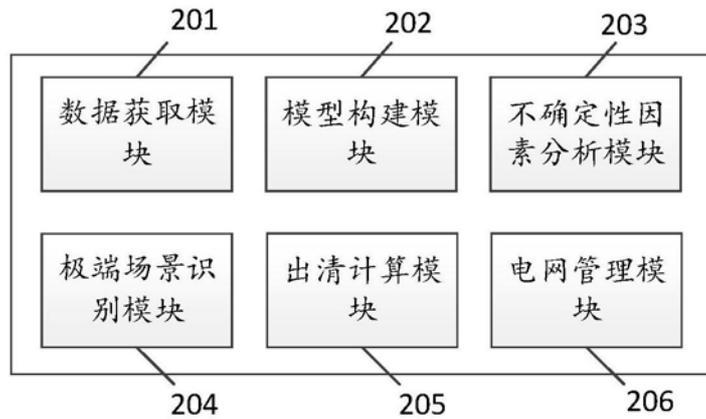


图2