



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108377005 B

(45) 授权公告日 2021.02.23

(21) 申请号 201810294133.2

(22) 申请日 2018.04.04

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108377005 A

(43) 申请公布日 2018.08.07

(73) 专利权人 国电南瑞科技股份有限公司  
地址 211106 江苏省南京市江宁区诚信大道19号

专利权人 国网山西省电力公司  
南瑞集团有限公司

(72) 发明人 王昊昊 徐泰山 燕争上 段慧  
朱燕芳 汪马翔 张秀丽 陈堂龙  
扈卫卫 张昊天

(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 董建林

(51) Int.Cl.  
H02J 3/48 (2006.01)  
H02J 3/38 (2006.01)

审查员 黄子毅

权利要求书4页 说明书7页

(54) 发明名称

基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法,该方法将多类型电源分为优先消纳电源和非优先消纳电源,根据ACE指标、总调节功率及其所处区间,结合参与实时调节的非优先电源的负备用和实时调节能力,采用“负紧急区优先压降非优先电源指令,其它控制区优先增加优先电源指令”的策略统一计算优先电源和非优先电源的实时控制指令,在实现多能源联合实时调频、调峰的同时,使得风电、光伏等优先消纳电源的实时总指令最大化,促进风、光等新能源的最大化消纳,同时,多源统一、自动的协同控制也能够简化实时控制系统,并极大地减轻调度运行人员的工作压力。

1. 基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法,其特征在于:包括以下步骤,  
步骤1,定义参与电网实时调节的可再生类电源为优先电源,非可再生类电源为非优先电源;

计算ACE和总调节功率 $P_{all}$ ,确定ACE所处的控制区;

步骤2,若ACE处于负紧急区,令 $P_{es}^{down} = P_{e\_se}^{down} - P_{e\_nonpre}^{down}$ ,转至步骤3;其中, $P_{e\_se}^{down}$ 为将ACE调节至负次紧急区所需的调节功率; $P_{e\_nonpre}^{down}$ 为处于负紧急区时,非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向下调节的总功率;

若ACE处于负次紧急区、负正常区、死区,令 $P_{nes}^{down} = \alpha_1 |P_{all}| - P_{ne\_nonpre}^{down}$ ,转至步骤4;其中, $\alpha_1$ 是给定系数; $P_{ne\_nonpre}^{down}$ 为处于负次紧急区、负正常区、死区时,非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向下调节的总功率;

若ACE处于正紧急区,令 $P_{es}^{up} = P_{e\_se}^{up} - P_{pre}^I$ ,转至步骤5;其中, $P_{e\_se}^{up}$ 为将ACE调节至正次紧急区所需的调节功率, $P_{pre}^I$ 为优先电源功率可增量;

若ACE处于正次紧急区、正正常区,则估算优先电源功率可增量 $P_{pre}^I$ ,转至步骤6;

步骤3,若 $P_{es}^{down} \leq 0$ ,则非优先电源总实时指令较上轮降低 $P_{e\_se}^{down}$ ,计算优先电源总指令,结束本方法;

若 $P_{es}^{down} > 0$ ,则非优先电源总实时指令较上轮降低 $P_{e\_nonpre}^{down}$ ,计算优先电源总指令,结束本方法;

步骤4,若 $P_{nes}^{down} < 0$ ,则非优先电源总实时指令较上轮降低 $\alpha_1 |P_{all}|$ ,并允许优先电源增出力,计算优先电源总指令,结束本方法;

若 $P_{nes}^{down} \geq 0$ 且 $P_{ne\_nonpre}^{down} > 0$ ,则非优先电源总实时指令较上轮降低 $P_{ne\_nonpre}^{down}$ ,优先电源保持当前指令,计算优先电源总指令,结束本方法;

若 $P_{nes}^{down} \geq 0$ 且 $P_{ne\_nonpre}^{down} = 0$ ,则非优先电源保持上轮指令,优先电源降出力,计算优先电源总指令,结束本方法;

步骤5,若 $P_{pre}^I > 0$ ,计算优先电源出力的增出力值和总指令,非优先电源总指令较上轮增加 $P_{e\_se}^{up} - P_{pre}^I$ ,结束本方法;其中, $P_{pre}^I$ 为当前时刻优先电源的增出力值;

若 $P_{pre}^I \leq 0$ ,则优先电源保持当前指令,计算优先电源总指令,非优先电源总指令较上轮增加 $\min\{P_{e\_nonpre}^{up}, P_{e\_se}^{up}\}$ ,结束本方法;其中, $P_{e\_nonpre}^{up}$ 为处于正紧急区时,非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向上调节的总功率;

步骤6,若  $P_{pre}^I > \alpha_1 P_{all}$ ,则计算优先电源总指令,非优先电源保持上轮总指令,结束本方法;

若  $0 < P_{pre}^I < \alpha_1 P_{all}$ ,则计算优先电源总指令,非优先电源总指令较上轮增加  $\alpha_1 P_{all} - P_{tot}^I$ ,结束本方法;

若  $P_{pre}^I \leq 0$ ,则优先电源保持上轮指令,非优先电源总指令较上轮增加  $\min\{P_{ne\_nonpre}^{up}, \alpha_1 P_{all}\}$ ,结束本方法;其中  $P_{ne\_nonpre}^{up}$  为处于正次紧急区、正正常区时,非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向上调节的总功率。

2.根据权利要求1所述的基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法,其特征在于:步骤3中  $P_{es}^{down} \leq 0$ 时、步骤4中  $P_{nes}^{down} \geq 0$ 且  $P_{ne\_nonpre}^{down} > 0$ 时以及步骤5中  $P_{pre}^I \leq 0$ 时,计算优先电源总指令的公式均为式(1)、(2),步骤6中  $P_{pre}^I \leq 0$ 时,优先电源按式(1)、(2)保持上轮指令;

$$P_{tot} = P_{n,pre}^P \quad (1)$$

$$P_{tot} = P_{n,pre}^g + S_1 \quad (2)$$

若为初次计算,则按式(2)计算优先电源总指令,否则按式(1)计算,其中,  $P_{tot}$ 为优先电源本轮总实时指令值,  $P_{n,pre}^P$ 为优先电源上轮实时指令值,  $P_{n,pre}^g$ 为优先电源的当前总出力,  $S_1$ 为设定步长。

3.根据权利要求1所述的基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法,其特征在于:步骤3中,  $P_{es}^{down} > 0$ 时,计算优先电源总指令的公式为,

$$P_{tot}^d = \min\{k_1 P_{es}^{down}, S_{1-}\} \quad (3)$$

$$P_{tot} = P_{n,pre}^g - P_{tot}^d \quad (4)$$

其中,  $P_{tot}^d$ 为优先电源的降功率总量,  $k_1$ 为比例系数,  $S_{1-}$ 为单次降出力允许的最大步长,  $P_{tot}$ 为优先电源本轮总实时指令值,  $P_{n,pre}^g$ 为优先电源的当前总出力。

4.根据权利要求1所述的基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法,其特征在于:步骤4中,  $P_{nes}^{down} < 0$ 时,计算优先电源总指令公式,

$$P_{t,n} = \alpha_1 P_{all} + (B_{n\_nonpre}^R - \varepsilon_{n\_nonpre}^R) \quad (5)$$

$$P_{tot}^I = \min\{k_2 P_{t,n}, S_{1+}\} \quad (6)$$

$$P_{tot} = P_{tot}^I + P_{n,pre}^g \quad (7)$$

其中,  $P_{t,n}$  为优先电源出力可增空间,  $B_{n\_nonpre}^R$  为非优先电源的负备用,  $\varepsilon_{n\_nonpre}^R$  为非优先电源的负备用门槛值,  $k_2$  为比例系数,  $S_{1+}$  为单次增出力允许的最大步长,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力,  $P_{tot}$  为优先电源本轮总实时指令值。

5. 根据权利要求1所述的基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法, 其特征在于: 步骤4中,  $P_{nes}^{down} \geq 0$  且  $P_{ne\_nonpre}^{down} = 0$  时, 计算优先电源总指令公式,

$$P_{tot}^d = \min \{ k_3 P_{nes}^{down}, S_{1-} \} \quad (8)$$

$$P_{tot} = P_{n,pre}^g - P_{tot}^d \quad (4)$$

其中,  $P_{tot}^d$  为优先电源的降功率总量,  $k_3$  为比例系数,  $S_{1-}$  为单次降出力允许的最大步长,  $P_{tot}$  为优先电源本轮总实时指令值,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力。

6. 根据权利要求1所述的基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法, 其特征在于: 步骤5中,  $P_{pre}^I > 0$  时, 计算优先电源出力的增出力值和总指令的公式,

$$P_{tot}^I = \min \{ k_4 P_{pre}^I, k_4 P_{e\_se}^{up}, S_{1+} \} \quad (9)$$

$$P_{tot} = P_{tot}^I + P_{n,pre}^g \quad (7)$$

其中,  $k_4$  为比例系数,  $S_{1+}$  为单次增出力允许的最大步长,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力,  $P_{tot}$  为优先电源本轮总实时指令值。

7. 根据权利要求1所述的基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法, 其特征在于: 步骤6中,  $P_{pre}^I > \alpha_1 P_{all}$  时, 计算优先电源总指令公式,

$$P_{tot}^I = \min \{ (\alpha_1 P_{all} + k_5 (B_{n\_nonpre}^R - \varepsilon_{n\_nonpre}^R)), P_{pre}^I, S_{1+} \} \quad (10)$$

$$P_{tot} = P_{tot}^I + P_{n,pre}^g \quad (7)$$

其中,  $B_{n\_nonpre}^R$  为非优先电源的负备用,  $\varepsilon_{n\_nonpre}^R$  为非优先电源的负备用门槛值,  $k_5$  为比例系数,  $S_{1+}$  为单次增出力允许的最大步长,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力,  $P_{tot}$  为优先电源本轮总实时指令值。

8. 根据权利要求1所述的基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法, 其特征在于: 步骤6中,  $0 < P_{pre}^I < \alpha_1 P_{all}$  时, 计算优先电源总指令公式,

$$P_{tot}^I = \min \{ P_{pre}^I, S_{1+} \} \quad (11)$$

$$P_{tot} = P_{tot}^I + P_{n,pre}^g \quad (7)$$

其中,  $S_{1+}$  为单次增出力允许的最大步长,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力,  $P_{tot}$  为优先电

源本轮总实时指令值。

## 基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法,属于电力系统自动化技术领域。

### 背景技术

[0002] 专利“风火统一建模参与ACE控制方法”(专利号:ZL 201110440155.3),风电场控制对象按照常规火电机组特性类似建模,并按照发电类型的不同将风电场和火电机组分为不同的控制组,组间和组内均可设计不同的排序策略,实现风电场与常规机组共同参与调节。专利“风光储联合发电系统有功协调控制方法”(专利号:ZL201210167984.3)以联合发电系统调控范围内的风电场、光伏电站、储能电站为控制对象,并建立控制模型,结合各场站的运行状态,实时计算出风、光发电系统的调节需求和储能系统调节需求将调节需求分配至各场站,计算各风电场、光伏电站、储能电站的调节功率和控制目标。上述文献未针对电网ACE指标的调节量所处的控制区间、常规电源旋转备用情况以及新能源调节能力给出分类控制策略。

### 发明内容

[0003] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法。

[0004] 为了达到上述目的,本发明所采用的技术方案是:

[0005] 基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法,包括以下步骤,

[0006] 步骤1,定义参与电网实时调节的可再生类电源为优先电源,非可再生类电源为非优先电源;

[0007] 计算ACE和总调节功率 $P_{all}$ ,确定ACE所处的控制区;

[0008] 步骤2,若ACE处于负紧急区,令 $P_{es}^{down} = P_{e\_se}^{down} - P_{e\_nonpre}^{down}$ ,转至步骤3;其中,

$P_{e\_se}^{down}$ 为将ACE调节至负次紧急区所需的调节功率; $P_{e\_nonpre}^{down}$ 为处于负紧急区时,非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向下调节的总功率;

[0009] 若ACE处于负次紧急区、负正常区、死区,令 $P_{nes}^{down} = \alpha_1 |P_{all}| - P_{ne\_nonpre}^{down}$ ,转至步

骤4;其中, $\alpha_1$ 是给定系数; $P_{ne\_nonpre}^{down}$ 为处于负次紧急区、负正常区、死区时,非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向下调节的总功率;

[0010] 若ACE处于正紧急区,令 $P_{es}^{up} = P_{e\_se}^{up} - P_{pre}^I$ ,转至步骤5;其中, $P_{e\_se}^{up}$ 为将ACE调节至正次紧急区所需的调节功率, $P_{pre}^I$ 为优先电源功率可增量;

[0011] 若ACE处于正次紧急区、正正常区,则估算优先电源功率可增量 $P_{pre}^I$ ,转至步骤6;

[0012] 步骤3,若 $P_{es}^{down} \leq 0$ ,则非优先电源总实时指令较上轮降低 $P_{e\_se}^{down}$ ,计算优先电源总指令,结束本方法;

[0013] 若 $P_{es}^{down} > 0$ ,则非优先电源总实时指令较上轮降低 $P_{e\_nonpre}^{down}$ ,计算优先电源总指令,结束本方法;

[0014] 步骤4,若 $P_{nes}^{down} < 0$ ,则非优先电源总实时指令较上轮降低 $\alpha_1 |P_{all}|$ ,并允许优先电源增出力,计算优先电源总指令,结束本方法;

[0015] 若 $P_{nes}^{down} \geq 0$ 且 $P_{ne\_nonpre}^{down} > 0$ ,则非优先电源总实时指令较上轮降低 $P_{ne\_nonpre}^{down}$ ,优先电源保持当前指令,计算优先电源总指令,结束本方法;

[0016] 若 $P_{nes}^{down} \geq 0$ 且 $P_{ne\_nonpre}^{down} = 0$ ,则非优先电源保持上轮指令,优先电源降出力,计算优先电源总指令,结束本方法;

[0017] 步骤5,若 $P_{pre}^I > 0$ ,计算优先电源出力的增出力值和总指令,非优先电源总指令较上轮增加 $P_{e\_se}^{up} - P_{tot}^I$ ,结束本方法;其中, $P_{tot}^I$ 为当前时刻优先电源的增出力值;

[0018] 若 $P_{pre}^I \leq 0$ ,则优先电源保持当前指令,计算优先电源总指令,非优先电源总指令较上轮增加 $\min\{P_{e\_nonpre}^{up}, P_{e\_se}^{up}\}$ ,结束本方法;其中, $P_{e\_nonpre}^{up}$ 为处于正紧急区时,非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向上调节的总功率;

[0019] 步骤6,若 $P_{pre}^I > \alpha_1 P_{all}$ ,则计算优先电源总指令,非优先电源保持上轮总指令,结束本方法;

[0020] 若 $0 < P_{pre}^I < \alpha_1 P_{all}$ ,则计算优先电源总指令,非优先电源总指令较上轮增加 $\alpha_1 P_{all} - P_{tot}^I$ ,结束本方法;

[0021] 若 $P_{pre}^I \leq 0$ ,则优先电源保持上轮指令,非优先电源总指令较上轮增加 $\min\{P_{ne\_nonpre}^{up}, \alpha_1 P_{all}\}$ ,结束本方法;其中 $P_{ne\_nonpre}^{up}$ 为处于正次紧急区、正正常区时,非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向上调节的总功率。

[0022] 步骤3中 $P_{es}^{down} \leq 0$ 时、步骤4中 $P_{nes}^{down} \geq 0$ 且 $P_{ne\_nonpre}^{down} > 0$ 时以及步骤5中 $P_{pre}^I \leq 0$ 时,计算优先电源总指令的公式均为式(1)、(2),步骤6中 $P_{pre}^I \leq 0$ 时,优先电源按式(1)、(2)保持上轮指令;

$$[0023] \quad P_{tot} = P_{n,pre}^p \quad (1)$$

$$[0024] \quad P_{tot} = P_{n,pre}^s + S_1 \quad (2)$$

[0025] 若为初次计算,则按式(2)计算优先电源总指令,否则按式(1)计算,其中, $P_{tot}$ 为优

先电源本轮总实时指令值,  $P_{n,pre}^p$  为优先电源上轮实时指令值,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力,  $S_1$  为设定步长。

[0026] 步骤3中,  $P_{es}^{down} > 0$  时, 计算优先电源总指令的公式为,

$$[0027] \quad P_{tot}^d = \min \{k_1 P_{es}^{down}, S_{1-}\} \quad (3)$$

$$[0028] \quad P_{tot} = P_{n,pre}^g - P_{tot}^d \quad (4)$$

[0029] 其中,  $P_{tot}^d$  为优先电源的降功率总量,  $k_1$  为比例系数,  $S_{1-}$  为单次降出力允许的最大步长,  $P_{tot}$  为优先电源本轮总实时指令值,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力。

[0030] 步骤4中,  $P_{nes}^{down} < 0$  时, 计算优先电源总指令公式,

$$[0031] \quad P_{t,n} = \alpha_1 P_{all} + (B_{n\_nonpre}^R - \varepsilon_{n\_nonpre}^R) \quad (5)$$

$$[0032] \quad P_{tot}^I = \min \{k_2 P_{t,n}, S_{1+}\} \quad (6)$$

$$[0033] \quad P_{tot} = P_{tot}^I + P_{n,pre}^g \quad (7)$$

[0034] 其中,  $P_{t,n}$  为优先电源出力可增空间,  $B_{n\_nonpre}^R$  为非优先电源的负备用,  $\varepsilon_{n\_nonpre}^R$  为非优先电源的负备用门槛值,  $k_2$  为比例系数,  $S_{1+}$  为单次增出力允许的最大步长,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力,  $P_{tot}$  为优先电源本轮总实时指令值。

[0035] 步骤4中,  $P_{nes}^{down} \geq 0$  且  $P_{ne\_nonpre}^{down} = 0$  时, 计算优先电源总指令公式,

$$[0036] \quad P_{tot}^d = \min \{k_3 P_{nes}^{down}, S_{1-}\} \quad (8)$$

$$[0037] \quad P_{tot} = P_{n,pre}^g - P_{tot}^d \quad (4)$$

[0038] 其中,  $P_{tot}^d$  为优先电源的降功率总量,  $k_3$  为比例系数,  $S_{1-}$  为单次降出力允许的最大步长,  $P_{tot}$  为优先电源本轮总实时指令值,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力。

[0039] 步骤5中,  $P_{pre}^I > 0$  时, 计算优先电源出力的增出力值和总指令的公式,

$$[0040] \quad P_{tot}^I = \min \{k_4 P_{pre}^I, k_4 P_{e\_se}^{up}, S_{1+}\} \quad (9)$$

$$[0041] \quad P_{tot} = P_{tot}^I + P_{n,pre}^g \quad (7)$$

[0042] 其中,  $k_4$  为比例系数,  $S_{1+}$  为单次增出力允许的最大步长,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力,  $P_{tot}$  为优先电源本轮总实时指令值。

[0043] 步骤6中,  $P_{pre}^I > \alpha_1 P_{all}$  时, 计算优先电源总指令公式,

$$[0044] \quad P_{tot}^I = \min((\alpha_1 P_{all} + k_5 (B_{n\_nonpre}^R - \varepsilon_{n\_nonpre}^R)), P_{pre}^I, S_{1+}) \quad (10)$$

$$[0045] \quad P_{tot} = P_{tot}^I + P_{n,pre}^g \quad (7)$$

[0046] 其中,  $B_{n\_nonpre}^R$  为非优先电源的负备用,  $\varepsilon_{n\_nonpre}^R$  为非优先电源的负备用门槛值,  $k_5$  为比例系数,  $S_{1+}$  为单次增出力允许的最大步长,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力,  $P_{tot}$  为优先电源本轮总实时指令值。

[0047] 步骤6中,  $0 < P_{pre}^I < \alpha_1 P_{all}$  时, 计算优先电源总指令公式,

$$[0048] \quad P_{tot}^I = \min\{P_{pre}^I, S_{1+}\} \quad (11)$$

$$[0049] \quad P_{tot} = P_{tot}^I + P_{n,pre}^g \quad (7)$$

[0050] 其中,  $S_{1+}$  为单次增出力允许的最大步长,  $P_{n,pre}^g$  为优先电源的当前总出力,  $P_{tot}$  为优先电源本轮总实时指令值。

[0051] 本发明所达到的有益效果: 本发明将多类型电源分为优先消纳电源和非优先消纳电源, 根据ACE指标、总调节功率及其所处区间, 结合参与实时调节的非优先电源的负备用和实时调节能力, 采用“负紧急区优先压降非优先电源指令, 其它控制区优先增加优先电源指令”的策略统一计算优先电源和非优先电源的实时控制指令, 在实现多能源联合实时调频、调峰的同时, 使得风电、光伏等优先消纳电源的实时总指令最大化, 促进风、光等新能源的最大化消纳, 同时, 多源统一、自动的协同控制也能够简化实时控制系统, 并极大地减轻调度运行人员的工作压力。

## 具体实施方式

[0052] 以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案, 而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0053] 基于ACE区间的多类型电源有功实时协同控制方法, 包括以下步骤:

[0054] 步骤1, 定义参与电网实时调节的可再生类电源为优先电源, 非可再生类电源为非优先电源;

[0055] 按周期计算ACE和总调节功率  $P_{all}$ , 确定ACE所处的控制区, 控制区包括负紧急区、负次紧急区、负正常区、死区、正紧急区、正次紧急区和正正常区 (控制区分类在“互联网网CPS标准下的自动发电控制策略”中已公开), 计算非优先电源的负备用  $B_{n\_nonpre}^R$ 。

[0056] 步骤2, 若ACE处于负紧急区, 计算非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向下调节的总功率  $P_{e\_nonpre}^{down}$ , 以及将ACE调节至负次紧急区所需的调节功率  $P_{e\_se}^{down}$ , 令  $P_{es}^{down} = P_{e\_se}^{down} - P_{e\_nonpre}^{down}$ , 转至步骤3;

[0057] 若ACE处于负次紧急区、负正常区、死区, 计算非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向下调节的总功率  $P_{ne\_nonpre}^{down}$ , 令

$P_{nes}^{down} = \alpha_1 |P_{all}| - P_{ne\_nonpre}^{down}$ ,  $\alpha_1$ 是给定系数,  $0 < \alpha_1 \leq 1$ , 转至步骤4;

[0058] 若ACE处于正紧急区, 估算优先电源功率可增量  $P_{pre}^I$ , 计算非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向上调节的总功率  $P_{e\_nonpre}^{up}$ , 以及将ACE调节至正次紧急区所需的调节功率  $P_{e\_se}^{up}$ , 令  $P_{es}^{up} = P_{e\_se}^{up} - P_{pre}^I$ , 转至步骤5;

[0059] 若ACE处于正次紧急区、正正常区, 则估算优先电源功率可增量  $P_{pre}^I$ , 转至步骤6。

[0060] 步骤3, 若  $P_{es}^{down} \leq 0$ , 则非优先电源总实时指令较上轮降低  $P_{e\_se}^{down}$ , 并按式(1)、(2)计算优先电源总指令, 结束本方法;

$$[0061] \quad P_{tot} = P_{n,pre}^p \quad (1)$$

$$[0062] \quad P_{tot} = P_{n,pre}^g + S_1 \quad (2)$$

[0063] 若为初次计算, 则按式(2)计算优先电源总指令, 否则按式(1)计算, 其中,  $P_{tot}$ 为优先电源本轮总实时指令值,  $P_{n,pre}^p$ 为优先电源上轮实时指令值,  $P_{n,pre}^g$ 为优先电源的当前总出力,  $S_1$ 为设定步长, 一般取[200MW, 500MW];

[0064] 若  $P_{es}^{down} > 0$ , 则非优先电源总实时指令较上轮降低  $P_{e\_nonpre}^{down}$ , 并按式(3)、(4)计算优先电源总指令, 结束本方法;

$$[0065] \quad P_{tot}^d = \min\{k_1 P_{es}^{down}, S_{1-}\} \quad (3)$$

$$[0066] \quad P_{tot} = P_{n,pre}^g - P_{tot}^d \quad (4)$$

[0067] 其中,  $P_{tot}^d$ 为优先电源的降功率总量,  $k_1$ 为比例系数, 一般取[0.8, 0.9],  $S_{1-}$ 为单次降出力允许的最大步长, 一般取[300MW, 500MW]。

[0068] 步骤4, 若  $P_{nes}^{down} < 0$ , 则非优先电源总实时指令较上轮降低  $\alpha_1 |P_{all}|$ , 并允许优先电源增出力, 按式(5)~(7)计算优先电源总指令, 结束本方法;

$$[0069] \quad P_{t,n} = \alpha_1 P_{all} + (B_{n\_nonpre}^R - \varepsilon_{n\_nonpre}^R) \quad (5)$$

$$[0070] \quad P_{tot}^I = \min\{k_2 P_{t,n}, S_{1+}\} \quad (6)$$

$$[0071] \quad P_{tot} = P_{tot}^I + P_{n,pre}^g \quad (7)$$

[0072] 其中,  $P_{t,n}$ 为优先电源出力可增空间,  $\varepsilon_{n\_nonpre}^R$ 为非优先电源的负备用门槛值,  $k_2$ 为比例系数, 一般取[0.85, 1],  $S_{1+}$ 为单次增出力允许的最大步长, 一般取[300MW, 500MW];

[0073] 若  $P_{nes}^{down} \geq 0$  且  $P_{ne\_nonpre}^{down} > 0$ , 则非优先电源总实时指令较上轮降低  $P_{ne\_nonpre}^{down}$ , 优先电源保持当前指令, 按式(1)、(2)计算优先电源总指令, 结束本方法;

[0074] 若  $P_{nes}^{down} \geq 0$  且  $P_{ne\_nonpre}^{down} = 0$ , 则非优先电源保持上轮指令, 优先电源降出力, 按式 (8)、(4) 计算优先电源总指令, 结束本方法;

$$[0075] \quad P_{tot}^d = \min \{ k_3 P_{nes}^{down}, S_{1-} \} \quad (8)$$

[0076] 其中,  $k_3$  为比例系数, 一般取  $[0.75, 0.9]$ 。

[0077] 步骤5, 若  $P_{pre}^I > 0$ , 按式 (9)、(7) 计算优先电源出力的增出力值和总指令, 非优先电源总指令较上轮增加  $P_{e\_se}^{up} - P_{tot}^I$ , 结束本方法; 其中,  $P_{tot}^I$  为当前时刻优先电源的增出力值;

$$[0078] \quad P_{tot}^I = \min \{ k_4 P_{pre}^I, k_4 P_{e\_se}^{up}, S_{1+} \} \quad (9)$$

[0079] 其中,  $k_4$  为比例系数, 一般取  $[0.85, 1]$ ;

[0080] 若  $P_{pre}^I \leq 0$ , 则优先电源保持当前指令, 按式 (1)、(2) 计算优先电源总指令, 非优先电源总指令较上轮增加  $\min \{ P_{e\_nonpre}^{up}, P_{e\_se}^{up} \}$ , 结束本方法。

[0081] 步骤6, 若  $P_{pre}^I > \alpha_1 P_{all}$ , 则按式 (10)、(7) 计算优先电源总指令, 非优先电源保持上轮总指令, 结束本方法;

$$[0082] \quad P_{tot}^I = \min \{ (\alpha_1 P_{all} + k_5 (B_{n\_nonpre}^R - \varepsilon_{n\_nonpre}^R)), P_{pre}^I, S_{1+} \} \quad (10)$$

[0083] 其中,  $k_5$  为比例系数, 一般取  $[0.8, 0.98]$ ;

[0084] 若  $0 < P_{pre}^I < \alpha_1 P_{all}$ , 则按式 (11)、(7) 计算优先电源总指令, 非优先电源总指令较上轮增加  $\alpha_1 P_{all} - P_{tot}^I$ , 结束本方法;

$$[0085] \quad P_{tot}^I = \min \{ P_{pre}^I, S_{1+} \} \quad (11)$$

[0086] 若  $P_{pre}^I \leq 0$ , 则优先电源按式 (1)、(2) 保持上轮指令, 非优先电源总指令较上轮增加  $\min \{ P_{ne\_nonpre}^{up}, \alpha_1 P_{all} \}$ , 结束本方法; 其中  $P_{ne\_nonpre}^{up}$  为处于正次紧急区、正正常区时, 非优先电源在指定时间内考虑实时爬坡率、出力上下限约束下能够向上调节的总功率。

[0087] 上述方法将多类型电源分为优先消纳电源和非优先消纳电源, 根据ACE指标、总调节功率及其所处区间, 结合参与实时调节的非优先电源的负备用和实时调节能力, 采用“负紧急区优先压降非优先电源指令, 其它控制区优先增加优先电源指令”的策略统一计算优先电源和非优先电源的实时控制指令, 在实现多能源联合实时调频、调峰的同时, 使得风电、光伏等优先消纳电源的实时总指令最大化, 促进风、光等新能源的最大化消纳, 同时, 多源统一、自动的协同控制也能够简化实时控制系统, 并极大地减轻调度运行人员的工作压力。

[0088] 以上所述仅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, 在不脱离本发明技术原理的前提下, 还可以做出若干改进和变形, 这些改进和变形

也应视为本发明的保护范围。