



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103401273 A

(43) 申请公布日 2013. 11. 20

(21) 申请号 201310330484. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 08. 01

H02J 3/46 (2006. 01)

G06F 19/00 (2011. 01)

(71) 申请人 宁夏回族自治区电力设计院

地址 750001 宁夏回族自治区银川市长城东  
路 277 号

(72) 发明人 陈曦 付江 肖成刚 李敬

冯迎春 何轶斌 宋辉 孔斌  
郭海滨

(74) 专利代理机构 银川长征知识产权代理事务  
所 64102

代理人 马长增

权利要求书1页 说明书3页

(54) 发明名称

风电场变桨距型风机功率优化分配方法

(57) 摘要

一种风电场变桨距型风机功率优化分配方

法,包括以下步骤 :① 统计各台风机实发功率历  
史数据、桨距角变化历史数据、风机功率变化率历  
史数据、桨距角变化率历史数据 ;② 接收调度功

率指令,获得风电场功率上限值  $P_{MAX}(t)$  ;③ 根  
据各台风机实发功率历史数据,预测各台风机可  
转化风能的总量 p,计算各台风机风功率变化率  
历史累加值 n、当前桨距角变化率数值 b ;④ 计算  
各台风机的功率分配系数 S ;⑤ 优先将功率分配  
给功率分配系数 S 大的风机。本发明最大限度的  
考了地理环境、气候变化对风电场功率输出的影  
响,并将这种影响通过桨距角反应到后续的功率  
分配中。

1. 一种风电场变桨距型风机功率优化分配方法,其特征在于,包括以下步骤:

①统计各台风机实发功率历史数据、桨距角变化历史数据、风机功率变化率历史数据、桨距角变化率历史数据;其中,风机实发功率历史数据  $P_i$ 、桨距角变化历史数据  $a_i$  的统计方法为:从当前时刻向前推 H 小时,每 M 分钟取一个值,共 n 个取样点,  $1 \leq i \leq n$ ;

②接收调度功率指令,获得风电场功率上限值  $P_{WTG}^{MAX}(t)$ ;

③根据各台风机实发功率历史数据,进行功率预测,并根据桨距角历史数据,预测各台风机可转化风能的总量 p;

根据各台风机功率变化率历史数据,计算各台风机风功率变化率历史累加值  $\eta$ ,

$$\eta = \sum_{i=1}^n \frac{P_i - P_{i-1}}{M};$$

计算各台风机当前桨距角变化率数值 b,  $\beta = \frac{a_n - a_{n-1}}{M}$ ;

④计算各台风机的功率分配系数 S,

$$S = p \times 0.4 + a_n \times 0.3 + h \times 0.2 + b \times 0.1;$$

⑤优先将功率分配给功率分配系数 S 大的风机,直到风电场功率上限值  $P_{WTG}^{MAX}(t)$  被分配完。

2. 如权利要求 1 所述的风电场变桨距型风机功率优化分配方法,其特征在于,步骤 ⑤ 中,功率的分配在 S 的基础上,按照各风机预测发电量的比例分配,当某风机的分配值  $P_{WTi}^{DIS}(t)$  小于其调节下限  $P_{WTi}^{MIN}(t)$  时,分配值为其调节下限  $P_{WTi}^{MIN}(t)$ ,当大于其装机容量  $P_{WTi}^{MAX}(t)$  时,则为其装机容量  $P_{WTi}^{MAX}(t)$ ;数学模型如下所示:

$$P_{WTi}^{DIS}(t) = P_{WTG}^{MAX}(t) \frac{P_{WTi}^{POT}}{\sum_{i=1}^N P_{WTi}^{POT}}$$

$$\text{s. t. } \sum_i P_{WTi}^{DIS}(t) \leq P_{WTG}^{MAX}(t)$$

$$P_{WTi}^{DIS}(t) < P_{WTi}^{MIN}(t) \text{ 时, } P_{WTi}^{DIS}(t) = P_{WTi}^{MIN}(t)$$

$$P_{WTi}^{DIS}(t) > P_{WTi}^{MAX}(t) \text{ 时, } P_{WTi}^{DIS}(t) = P_{WTi}^{MAX}(t)$$

其中,  $P_{WTi}^{POT}$  为风机 i 在本调控时段内的风功率预测数据, N 为风机总量。

## 风电场变桨距型风机功率优化分配方法

**[0001] 技术领域：**

本发明涉及风力发电技术领域，特别涉及一种风电场变桨距型风机功率优化分配方法。

**[0002] 背景技术：**

电力系统是复杂的动态系统，其安全稳定运行本质上要求发电与负荷需求之间必须时刻保持平衡。电力系统如果不能进行有效控制而出现供需失衡，将影响负荷的可靠用电甚至可能引起系统大范围的事故。

**[0003]** 风能波动性强，大规模风电场进行功率分配时，若不能进行合理分配，则容易造成功率输送波动，容易降低电网稳定性。近几年来我国对新能源电力系统电能质量要求的提高更加证实了通过对风电场功率优化分配来提高风电场功率输出稳定性的重要性。由于风电场功率输出不稳定增加了调度的指挥难度、增加了电网不稳定的风脸、降低了电能质量，这样就对风电场功率输出的稳定性提出了更高的要求。

**[0004]** 为了提高风电场功率输出稳定性的能力，目前广泛采用在风电场加装储能装置。但是，储能装置价格昂贵、容量较小，增加了新能源的发电成本。

**[0005] 发明内容：**

鉴于此，有必要设计一种风电场变桨距型风机功率优化分配方法。

**[0006]** 对风机功率输出影响的因素很多，主要是地理环境、气候变化等不可控因素，因此综合考虑这些因素，提出以下方法步骤：

一种风电场变桨距型风机功率优化分配方法，包括以下步骤：

①统计各台风机实发功率历史数据、桨距角变化历史数据、风机功率变化率历史数据、桨距角变化率历史数据，桨距角大，风能较高，风速变化时有释放的余地；其中，风机实发功率历史数据  $P_i$ 、桨距角变化历史数据  $a_i$  的统计方法为：从当前时刻向前推 H 小时，每 M 分钟取一个值，共 n 个取样点， $1 \leq i \leq n$ ；

风机实发功率历史数据  $P_i$  的算法为现有技术，不再累述。

**[0007]** ②接收调度功率指令，获得风电场功率上限值  $P_{MAX}(t)$ 。

**[0008]** ③根据各台风机实发功率历史数据，进行功率预测，并根据桨距角历史数据，预测各台风机可转化风能的总量 p。

**[0009]** 根据各台风机功率变化率历史数据，计算各台风机风功率变化率历史累加值  $\eta$ ，

$$\eta = \sum_{i=1}^n \frac{P_i - P_{i-1}}{M} ;$$

计算各台风机当前桨距角变化率数值 b， $\beta = \frac{a_n - a_{n-1}}{M}$ ；

④计算各台风机的功率分配系数 S，利用桨距角较大的机组，这样当风能小范围变化时，可以降低功率的波动

$$S = p \times 0.4 + a_n \times 0.3 + h \times 0.2 + b \times 0.1 .$$

[0010] ⑤优先将功率分配给功率分配系数 S 大的风机, 直到风电场功率上限值  $P_{WTG}^{MAX}(t)$  被分配完。

[0011] 优选的, 步骤⑤中, 功率的分配在 S 的基础上, 按照各风机预测发电量的比例分配, 当某风机的分配值  $P_{WTi}^{DIS}(t)$  小于其调节下限  $P_{WTi}^{MIN}(t)$  时, 分配值为其调节下限  $P_{WTi}^{MIN}(t)$ , 当大于其装机容量  $P_{WTi}^{MAX}(t)$  时, 则为其装机容量  $P_{WTi}^{MAX}(t)$ ; 数学模型如下所示:

$$P_{WTi}^{DIS}(t) = P_{WTG}^{MAX}(t) \frac{P_{WTi}^{POT}}{\sum_i P_{WTi}^{POT}}$$

$$\text{s. t. } \sum_i P_{WTi}^{DIS}(t) \leq P_{WTG}^{MAX}(t)$$

$$P_{WTi}^{DIS}(t) < P_{WTi}^{MIN}(t) \text{ 时, } P_{WTi}^{DIS}(t) = P_{WTi}^{MIN}(t)$$

$$P_{WTi}^{DIS}(t) > P_{WTi}^{MAX}(t) \text{ 时, } P_{WTi}^{DIS}(t) = P_{WTi}^{MAX}(t)$$

其中,  $P_{WTi}^{POT}$  为风机 i 在本调控时段内的风功率预测数据,  $P_{WTG}^{MAX}$  可用现有的算法计算, N 为风机总量。

[0012] 风电场变桨距型风机功率优化分配的性能综合考虑了各台风机实发功率历史数据、桨距角变化历史数据、风机功率变化率历史数据、桨距角变化率历史数据, 从统计的结果来判断风机的功率稳定性。这种统计方法最大限度的考了地理环境、气候变化对风电场功率输出的影响, 并将这种影响通过桨距角反应到后续的功率分配中。

[0013] 具体实施方式:

一种风电场变桨距型风机功率优化分配方法, 包括以下步骤:

①统计各台风机实发功率历史数据、桨距角变化历史数据、风机功率变化率历史数据、桨距角变化率历史数据; 其中, 风机实发功率历史数据  $P_i$ 、桨距角变化历史数据  $a_i$  的统计方法为: 从当前时刻向前推 H 小时, 每 M 分钟取一个值, 共 n 个取样点,  $1 \leq i \leq n$ ;

风机实发功率历史数据  $P_i$  的算法为现有技术, 不再累述。

[0014] ②接收调度功率指令, 获得风电场功率上限值  $P_{WTG}^{MAX}(t)$ 。

[0015] ③根据各台风机实发功率历史数据, 进行功率预测, 并根据桨距角历史数据, 预测各台风机可转化风能的总量 p;

根据各台风机功率变化率历史数据, 计算各台风机风功率变化率历史累加值  $\eta$ ,

$$\eta = \sum_1^n \frac{P_i - P_{i-1}}{M};$$

计算各台风机当前桨距角变化率数值 b,  $\beta = \frac{a_i - a_{i-1}}{M}$ 。

[0016] ④计算各台风机的功率分配系数 S,

$$S = p \times 0.4 + a_n \times 0.3 + h \times 0.2 + b \times 0.1.$$

[0017] ⑤优先将功率分配给功率分配系数 S 大的风机, 直到风电场功率上限值  $P_{WTG}^{MAX}(t)$

被分配完。

[0018] 优选的，步骤⑤中，功率的分配在 S 的基础上，按照各风机预测发电量的比例分配，当某风机的分配值  $P_{WT_i}^{DIS}(t)$  小于其调节下限  $P_{WT_i}^{LOW}(t)$  时，分配值为其调节下限  $P_{WT_i}^{LOW}(t)$ ，当大于其装机容量  $P_{WT_i}^{MAX}(t)$  时，则为其装机容量  $P_{WT_i}^{MAX}(t)$ ；数学模型如下所示：

$$P_{WT_i}^{DIS}(t) = P_{WT_i}^{MAX}(t) \frac{P_{WT_i}^{POT}}{\sum_{i=1}^N P_{WT_i}^{POT}}$$

$$\text{s. t. } \sum_i P_{WT_i}^{DIS}(t) \leq P_{WT_i}^{MAX}(t)$$

$$P_{WT_i}^{DIS}(t) < P_{WT_i}^{LOW}(t) \text{ 时, } P_{WT_i}^{DIS}(t) = P_{WT_i}^{LOW}(t)$$

$$P_{WT_i}^{DIS}(t) > P_{WT_i}^{MAX}(t) \text{ 时, } P_{WT_i}^{DIS}(t) = P_{WT_i}^{MAX}(t)$$

其中， $P_{WT_i}^{POT}$  为风机 i 在本调控时段内的风功率预测数据， $P_{WT_i}^{POT}$  可用现有的算法计算，N 为风机总量。