

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 6 月 18 日 (18.06.2020)



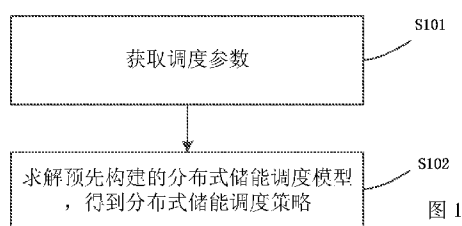
(10) 国际公布号
WO 2020/118734 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/28 (2006.01) *H02J 3/06* (2006.01)
H02J 3/46 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/121392
- (22) 国际申请日: 2018 年 12 月 17 日 (17.12.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201811529972.4 2018年12月14日 (14.12.2018) CN
- (71) 申请人: 国网新源张家口风光储示范电站有限公司 (ZHANGJIAKOU WIND AND SOLAR POWER ENERGY DEMONSTRATION STATION CO., LTD. STATE GRID XIN YUAN COMPANY) [CN/CN]; 中国河北省张家口市桥西区四方台沟 15 号, Hebei 075000 (CN)。中国电力科学研究院有限公司 (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清河小营东路 15 号, Beijing 100192 (CN)。国家电网有限公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。

- (72) 发明人: 李相俊 (LI, Xiangjun); 中国河北省张家口市桥西区四方台沟 15 号, Hebei 075000 (CN)。甘伟 (GAN, Wei); 中国河北省张家口市桥西区四方台沟 15 号, Hebei 075000 (CN)。马力 (MA, Li); 中国河北省张家口市桥西区四方台沟 15 号, Hebei 075000 (CN)。刘汉民 (LIU, Hanmin); 中国河北省张家口市桥西区四方台沟 15 号, Hebei 075000 (CN)。贾学翠 (JIA, Xuecui); 中国河北省张家口市桥西区四方台沟 15 号, Hebei 075000 (CN)。董文琦 (DONG, Wenqi); 中国河北省张家口市桥西区四方台沟 15 号, Hebei 075000 (CN)。岳巍澎 (YUE, Weipeng); 中国河北省张家口市桥西区四方台沟 15 号, Hebei 075000 (CN)。
- (74) 代理人: 北京安博达知识产权代理有限公司 (AMBOYNA INTELLECTUAL PROPERTY AGENT CO., LTD.); 中国北京市海淀区大钟寺 13 号院 1 号楼华杰大厦 B215 号, Beijing 100098 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: DISTRIBUTED ENERGY STORAGE SCHEDULING METHOD AND APPARATUS

(54) 发明名称: 一种分布式储能调度方法和装置



S101 Acquire a scheduling parameter
S102 Solve a preconstructed distributed energy storage scheduling model to obtain a distributed energy storage scheduling policy

图 1

(57) Abstract: Disclosed is a distributed energy storage scheduling method and apparatus. The method comprises: acquiring a scheduling parameter (S101); solving a preconstructed distributed energy storage scheduling model to obtain a distributed energy storage scheduling policy (S102), wherein the distributed energy storage scheduling model comprises thermal power unit operation expense and extra commuting time cost, and the scheduling parameter comprises a transportation network parameter, a transportation demand parameter, an electrical equipment parameter and a power grid parameter. By means of introducing a conversion coefficient of a transportation trend and a charging load, establishing a linear distributed energy storage scheduling model capable of easily achieving fast solution, and by invoking a solver for solving, ensuring the accuracy of solving the distributed energy storage scheduling model. A coupling effect of a transportation trend allocation manner and a distributed energy storage scheduling manner is taken into consideration, and by means of the transfer of the transportation trend spatially, the impact of the charging load on an electrical power system is alleviated, the total operating cost of the electrical power system and a transportation network is reduced, the capacity for accepting the charging load is improved, and a theoretical basis is provided for large-scale access of the charging load.

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种分布式储能调度方法和装置, 获取调度参数(S101); 求解预先构建的分布式储能调度模型, 得到分布式储能调度策略(S102); 分布式储能调度模型包括火电机组运行费用和额外通勤时间成本, 调度参数包括交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数。通过引入交通潮流与充电负荷的转换系数, 建立线性、易于快速求解的分布式储能调度模型, 并通过调用求解器求解保证了分布式储能调度模型求解的精确度; 考虑交通潮流分配方式与分布式储能调度方式的耦合影响, 通过交通潮流在空间上的转移减缓充电负荷对电力系统的冲击, 降低了电力系统与交通网的总运行成本, 提升了充电负荷的接纳能力, 为充电负荷的大规模接入提供理论基础。

一种分布式储能调度方法和装置

技术领域

本发明涉及电气工程技术领域，具体涉及一种分布式储能调度方法和装置。

背景技术

随着电动汽车销量的逐年递增，由 2013 年的 4 万台增长到 2017 年的 153 万台，电动汽车充电在电力负荷中占据越来越重要的位置。但由于交通出行的潮汐特性，电动汽车充电负荷峰谷差距大，给电力系统为大规模充电汽车供电带来了挑战。一方面，较高的峰谷差率对电力系统调峰能力、网络传输能力提出了更高的要求；另一方面，当电力系统网络传输能力受限时，电动汽车需改变其充电点以适应电力系统的要求，从而改变交通网中潮流分配方式，交通通勤时间成本可能增加。

大规模储能系统可对电网负荷“削峰填谷”，实现部分负荷的时空平移，减少电网等效负荷峰谷差，进而松弛电网向下调峰瓶颈。通过在电网中引入分布式储能系统并对其合理调度，既有电网将有能力接纳更大规模充电负荷。

现有技术中分布式储能调度一般考虑其调峰、调压、促进新能源消纳等作用，基于给定的充电负荷曲线确定分布式储能调度在减少充电负荷中的作用，对充电负荷的简化忽略了电动汽车充电需求在空间上的可转移性，其分布式储能调度策略将使得电力系统运行成本偏高，同时低估了含分布式储能电网对充电负荷的接纳能力，影响大规模充电负荷的接入，充电负荷的接纳能力较差。

发明内容

为了克服上述现有技术中电力系统运行成本偏高和充电负荷的接纳能力较差的不足，本发明提供一种分布式储能调度方法和装置，获取调度参数；求解预先构建的分布式储能调度模型，得到分布式储能调度策略；分布式储能调度模型包括火电机组运行费用和额外通勤时间成本，调度参数包括交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数。本发明考虑交通潮流分配方式与分布式储能调度方式的耦合影响，通过交通潮流在空间上的转移减缓充电负荷对电力系统的冲击，降低了电力系统与交通网的总运行成本，提升了充电负荷的接纳能力。

为了实现上述发明目的，本发明采取如下技术方案：

一方面，本发明提供一种分布式储能调度方法，包括：

获取调度参数；

求解预先构建的分布式储能调度模型，得到分布式储能调度策略；

所述分布式储能调度模型包括火电机组运行费用和额外通勤时间成本；

所述调度参数包括交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数。

所述交通网参数包括交通路段的通行容量；

所述交通需求参数包括交通负荷在各个时段的通行需求和通勤时间成本系数；

所述电力设备参数包括火电机组参数、风电机组参数、分布式储能参数以及电力负荷的有功功率；

所述电网参数包括总时段数、电力线路输送容量、电网向上调节备用容量和电网向下调节备用容量。

所述火电机组参数包括火电机组的数量、出力上限、出力下限、最大上爬坡速率、最大下爬坡速率和煤耗曲线的参数；

所述风电机组参数包括最大弃风率和预测发电功率；

所述分布式储能参数包括充电效率、放电效率、功率容量、能量容量和初始能量。

所述分布式储能调度模型的构建包括：

对预先构建的基于交通路段的通行容量的交通潮流分配模型进行求解，得到额外通勤时间成本；

对预先构建的电力系统调度模型进行求解，得到火电机组运行费用；

以所述火电机组运行费用和额外通勤时间成本之和最小为目标，以修正考虑充电负荷的电力系统功率平衡为约束，构建分布式储能调度模型。

所述交通潮流分配模型的构建，包括：

以实际通勤时间成本、最小通勤时间成本确定的通勤时间成本为目标构建所述交通潮流分配模型的第一目标函数；

设定约束条件；

其中所述约束条件包括交通潮流平衡约束、备选路径约束、交通路段潮流分配约束和交通路段通行容量约束。

所述电力系统调度模型的构建，包括：

构建所述电力系统调度模型的第二目标函数；

设定约束条件；

其中，所述约束条件包括火电机组约束、风电机组约束、分布式储能约束和电网约束。

所述火电机组约束如下式：

$$C_{it}^{ope} = U_{g_{it}} F_i^{G,\min} + \sum_j c_{g_{im}} \cdot P_{imt}^G$$

$$P_{G,it} = \sum_m P_{imt}^G + P_i^{G,\min}$$

$$0 \leq P_{imt}^G \leq U_{g_{it}} \cdot P_{im}^{G,\max}$$

$$-R_i^{dn} \leq P_{G,it} - P_{G,it-1} \leq R_i^{up}$$

式中, C_{it}^{ope} 为 t 时段第 i 台火电机组的运行费用; $U_{g_{it}}$ 表示 t 时段火电机组 i 的开关状态, 火电机组 i 开机时, $U_{g_{it}}$ 取 1, 火电机组 i 关机时, $U_{g_{it}}$ 取 0; $F_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 处于最小技术出力时的发电费用; $c_{g_{im}}$ 表示火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段时的单位功率煤耗成本; P_{imt}^G 为 t 时段火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段的发电功率; $P_{G,it}$ 为 t 时段火电机组 i 的有功功率, $P_{G,it-1}$ 为 $t-1$ 时段火电机组 i 的有功功率; $P_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 的出力下限, $P_{im}^{G,\max}$ 为火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段的出力上限; R_i^{dn} 为火电机组 i 的最大下爬坡速率, R_i^{up} 为火电机组 i 的最大上爬坡速率;

所述分布式储能约束如下式:

$$P_{kt}^{es} = P_{kt}^{Des} - P_{kt}^{Ces}$$

$$0 \leq P_{kt}^{Des} \leq U_{kt} c_k^{\max}$$

$$0 \leq P_{kt}^{Ces} \leq (1 - U_{kt}) c_k^{\max}$$

$$0 \leq E_{kt} \leq s_k^{\max}$$

$$E_{kt} = E_{k,t-1} + \eta_c P_{kt}^{Ces} - P_{kt}^{Des} / \eta_d$$

$$E_{kT} = E_{k0}$$

式中, P_{kt}^{Des} 为 t 时段分布式储能 k 的放电功率, P_{kt}^{Ces} 为 t 时段分布式储能 k 的充电功率, P_{kt}^{es} 为 t 时段分布式储能 k 的有功功率; $c_k^{\max}$ 为分布式储能 k 的功率容量; U_{kt} 为 t 时段分布式储能 k 的充放电状态, 充电状态时, U_{kt} 取 0, 放电状态时, U_{kt} 取 1; E_{kt} 为 t 时段分布式储能 k 的剩余能量, $E_{k,t-1}$ 为 $t-1$ 时段分布式储能 k 的剩余能量, E_{k0} 为分布式储能 k 的初始能量, E_{kT} 为 T 时段分布式储能 k 的剩余能量; $s_k^{\max}$ 为 t 时段分布式储能 k 的能量容量, η_c 为分布式储能

k 的充电效率, η_d 为分布式储能 k 的放电效率;

所述电网约束如下式:

$$P_{pt}^{to} - P_{pt}^{from} + P_{G,it} + P_{kt}^{es} = P_{pt}^D + \eta x_{a,t}$$

$$Ug_{it} P_i^{G,\max} - P_{G,it} + c_k^{\max} - P_{kt}^{es} \geq Rs_t^{up}$$

$$P_{G,it} - Ug_{it} P_i^{G,\min} + P_{kt}^{es} + c_k^{\max} \geq Rs_t^{dn}$$

$$P_{lt} \leq S_l$$

式中, P_{pt}^{to} 为 t 时段流入节点 p 的有功功率, P_{pt}^{from} 为 t 时段流出节点 p 的有功功率, P_{pt}^D 为 t 时段节点 p 处电力负荷的有功功率, $P_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 的出力下限, $P_i^{G,\max}$ 为火电机组 i 的出力上限; $x_{a,t}$ 为 t 时段分配至交通路段 a 的交通潮流; η 为交通潮流与充电负荷的转换系数; Rs_t^{up} 为 t 时段电网向上调节备用容量, Rs_t^{dn} 为 t 时段电网向下调节备用容量; S_l 为电力线路 l 的输送容量, P_{lt} 为 t 时段电力线路 l 的输送功率。

所述分布式储能调度模型的目标函数如下式:

$$\min F = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_g} (C_{it}^{ope}) + \left(w \sum_{a \in \Omega_a} \sum_{t=1}^T t_a^0 x_{a,t} - w \sum_{d \in \Omega_d} \sum_{t=1}^T t_{d,1} \cdot q_{d,t} \right)$$

式中, F 为火电机组运行费用和额外通勤时间成本之和; $\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_g} (C_{it}^{ope})$ 为火电机组运行费用, $w \sum_{a \in \Omega_a} \sum_{t=1}^T t_a^0 x_{a,t}$ 为实际通勤时间成本, $w \sum_{d \in \Omega_d} \sum_{t=1}^T t_{d,1} \cdot q_{d,t}$ 为最小通勤时间成本; T 为总时段数, N_g 为火电机组的数量, w 为通勤时间成本系数, Ω_a 为交通路段集合, Ω_d 为交通负荷集合, t_a^0 为交通路段 a 的通勤时间, $t_{d,1}$ 为交通负荷 d 对应的最短路径的通勤时间, $x_{a,t}$ 为 t 时段分配至交通路段 a 的交通潮流, $q_{d,t}$ 为 t 时段交通负荷 d 的通行需求。

所述求解预先构建的分布式储能调度模型, 得到分布式储能调度策略, 包括:

将所述交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数作为输入项, 基于仿真计算平台, 并调用求解工具对分布式储能调度模型进行求解, 得到分布式储能的有功功率。

另一方面, 本发明提供一种分布式储能调度装置, 包括:

获取模块, 用于获取调度参数;

求解模块，用于求解预先构建的分布式储能调度模型，得到分布式储能调度策略；

所述分布式储能调度模型包括火电机组运行费用和额外通勤时间成本；

所述调度参数包括交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数。

再一方面，本发明还提供一种计算机存储介质，所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于执行分布式储能调度方法。

再一方面，本发明还提供一种电子设备，包括：至少一个处理器、至少一个存储器以及存储在所述存储器中的计算机程序指令，当所述计算机程序指令被所述处理器执行时实现所述的方法。

所述电子设备还包括：用于获取交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数的至少一个通信接口。

所述电子设备为控制器、PC 机或控制平台所在设备。

与最接近的现有技术相比，本发明提供的技术方案具有以下有益效果：

本发明提供的分布式储能调度方法中，获取调度参数；求解预先构建的分布式储能调度模型，得到分布式储能调度策略；分布式储能调度模型包括火电机组运行费用和额外通勤时间成本，调度参数包括交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数，降低了电力系统与交通网的总运行成本，提升了充电负荷的接纳能力；

本发明提供的分布式储能调度装置包括获取模块和求解模块，获取模块，用于获取调度参数；求解模块，用于求解预先构建的分布式储能调度模型，得到分布式储能调度策略；分布式储能调度模型包括火电机组运行费用和额外通勤时间成本，调度参数包括交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数，降低了电力系统与交通网的总运行成本，提升了充电负荷的接纳能力；

本发明针对交通网、电力系统所构成的耦合系统，通过引入交通潮流与充电负荷的转换系数，建立线性、易于快速求解的分布式储能调度模型，并通过调用求解器求解保证了分布式储能调度模型求解的精确度；

本发明考虑交通潮流分配方式与分布式储能调度方式的耦合影响，通过交通潮流在空间上的转移减缓充电负荷对电力系统的冲击，为充电负荷的大规模接入提供理论基础。

附图说明

图 1 是本发明实施例中分布式储能调度方法流程图。

具体实施方式

下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

实施例 1

本发明实施例 1 提供了一种分布式储能调度方法，具体流程图如图 1 所示，具体过程如下：

S101：获取调度参数；

S102：求解预先构建的分布式储能调度模型，得到分布式储能调度策略；

上述分布式储能调度模型包括火电机组运行费用和额外通勤时间成本；

调度参数包括交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数。

交通网参数包括交通路段的通行容量；

交通需求参数包括交通负荷在各个时段的通行需求和通勤时间成本系数；

电力设备参数包括火电机组参数、风电机组参数、分布式储能参数以及电力负荷的有功功率；

电网参数包括总时段数、电力线路输送容量、电网向上调节备用容量和电网向下调节备用容量。

火电机组参数包括火电机组的数量、出力上限、出力下限、最大上爬坡速率、最大下爬坡速率和煤耗曲线的参数；

风电机组参数包括最大弃风率和预测发电功率；

分布式储能参数包括充电效率、放电效率、功率容量、能量容量和初始能量。

分布式储能调度模型的构建包括：

对预先构建的基于交通路段的通行容量的交通潮流分配模型进行求解，得到额外通勤时间成本；

对预先构建的电力系统调度模型进行求解，得到火电机组运行费用；

以所述火电机组运行费用和额外通勤时间成本之和最小为目标，以修正考虑充电负荷的电力系统功率平衡为约束，构建分布式储能调度模型。

交通潮流分配模型的构建，包括：

以实际通勤时间成本、最小通勤时间成本确定的通勤时间成本为目标构建所述交通潮流分配模型的第一目标函数；

设定约束条件；

其中所述约束条件包括交通潮流平衡约束、备选路径约束、交通路段潮流分配约束和交通路段通行容量约束。

所述第一目标函数如下式：

$$F_2 = w \sum_{a \in \Omega_a} \sum_{t=1}^T t_a^0 x_{a,t} - w \sum_{d \in \Omega_d} \sum_{t=1}^T t_{d,1} \cdot q_{d,t}$$

式中, F_2 为额外通勤时间成本, $w \sum_{a \in \Omega_a} \sum_{t=1}^T t_a^0 x_{a,t}$ 为实际通勤时间成本, $w \sum_{d \in \Omega_d} \sum_{t=1}^T t_{d,1} \cdot q_{d,t}$ 为最小通勤时间成本; w 为通勤时间成本系数, Ω_a 为交通路段集合, t_a^0 为交通路段 a 的通勤时间, Ω_d 为交通负荷集合, $t_{d,1}$ 为交通负荷 d 对应的最短路径的通勤时间。所述交通潮流平衡约束如下式:

$$\sum_c f_{d,c,t} = q_{d,t}$$

式中, $f_{d,c,t}$ 表示 t 时段交通负荷 d 下备选路径 c 上分配的交通潮流, $q_{d,t}$ 为 t 时段交通负荷 d 的通行需求;

所述备选路径约束如下式:

$$f_{d,c,t} \geq 0$$

所述交通路段潮流分配约束如下式:

$$x_{a,t} - \sum_{d,c} (A_{d,c,a} f_{d,c,t}) = 0$$

式中, $x_{a,t}$ 为 t 时段分配至交通路段 a 的交通潮流, $A_{d,c,a}$ 为交通负荷 d 下备选路径 c 与交通路段 a 的关联关系, 备选路径 c 交通路段 a 关联, $A_{d,c,a}$ 取 1, 备选路径 c 交通路段 a 不关联, $A_{d,c,a}$ 取 0。

电力系统调度模型的构建, 包括:

构建电力系统调度模型的第二目标函数;

设定约束条件;

其中, 约束条件包括火电机组约束、风电机组约束、分布式储能约束和电网约束。

所述第二目标函数如下式:

$$F_1 = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_g} (C_{it}^{ope})$$

式中, F_1 为火电机组运行费用, T 为总时段数, N_g 为火电机组的数量, C_{it}^{ope} 为 t 时段第 i 台火电机组的运行费用。

所述火电机组约束如下式:

$$C_{it}^{ope} = Ug_{it} F_i^{G,\min} + \sum_j cg_{im} \cdot P_{imt}^G$$

$$P_{G,it} = \sum_m P_{imt}^G + P_i^{G,\min}$$

$$0 \leq P_{imt}^G \leq Ug_{it} \cdot P_{im}^{G,\max}$$

$$-R_i^{dn} \leq P_{G,it} - P_{G,it-1} \leq R_i^{up}$$

式中, Ug_{it} 表示 t 时段火电机组 i 的开关状态, 火电机组 i 开机时, Ug_{it} 取 1, 火电机组 i 关机时, Ug_{it} 取 0; $F_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 处于最小技术出力时的发电费用; cg_{im} 表示火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段时的单位功率煤耗成本; P_{imt}^G 为 t 时段火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段的发电功率; $P_{G,it}$ 为 t 时段火电机组 i 的有功功率, $P_{G,it-1}$ 为 $t-1$ 时段火电机组 i 的有功功率; $P_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 的出力下限, $P_{im}^{G,\max}$ 为火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段的出力上限; R_i^{dn} 为火电机组 i 的最大下爬坡速率, R_i^{up} 为火电机组 i 的最大上爬坡速率;

所述分布式储能约束如下式:

$$P_{kt}^{es} = P_{kt}^{Des} - P_{kt}^{Ces}$$

$$0 \leq P_{kt}^{Des} \leq U_{kt} c_k^{\max}$$

$$0 \leq P_{kt}^{Ces} \leq (1 - U_{kt}) c_k^{\max}$$

$$0 \leq E_{kt} \leq s_k^{\max}$$

$$E_{kt} = E_{k,t-1} + \eta_c P_{kt}^{Ces} - P_{kt}^{Des} / \eta_d$$

$$E_{kT} = E_{k0}$$

式中, P_{kt}^{Des} 为 t 时段分布式储能 k 的放电功率, P_{kt}^{Ces} 为 t 时段分布式储能 k 的充电功率, P_{kt}^{es} 为 t 时段分布式储能 k 的有功功率; $c_k^{\max}$ 为分布式储能 k 的功率容量; U_{kt} 为 t 时段分布式储能 k 的充放电状态, 充电状态时, U_{kt} 取 0, 放电状态时, U_{kt} 取 1; E_{kt} 为 t 时段分布式储能 k 的剩余能量, $E_{k,t-1}$ 为 $t-1$ 时段分布式储能 k 的剩余能量, E_{k0} 为分布式储能 k 的初始能量, E_{kT} 为 T 时段分布式储能 k 的剩余能量; $s_k^{\max}$ 为 t 时段分布式储能 k 的能量容量, η_c 为分布式储能 k 的充电效率, η_d 为分布式储能 k 的放电效率;

电网约束主要包括功率系统功率平衡约束、旋转备用约束以及线路传输容量限值，旋转备用是将所有运行机组的最大出力之和减去当前系统的负荷和损耗。备用是为了保证系统可靠供电的一项重要措施，防止当出现一台机组或几台机组故障时，系统出现严重的负荷缺额从而导致系统频率急剧下降而发生故障。在含风电电力系统中因为风电出力波动和预测误差，需要配置额外的旋转备用来应对风电波动。因此，为了保证系统的安全运行，在安排机组启停计划时，应考虑安排足够机组运行，以满足系统备用的需要。风电出力变化、储能系统充放电可能导致网络潮流发生比较大的变化，所以在决策机组出力和广域储能系统充放电计划的时候需要考虑系统网架，另外由于新能源发展过程中因为国家政策扶持，风电场的并网速度往往快于常规电源以及配套传输网架的建设速度，使得电力系统往往因为常规电源调节支援能力有限或者输电线路输送能力不足而限制电网对风电的接纳能力，所以必须考虑到系统网架拓扑和传输热稳定上限。

具体的电网约束如下式：

$$P_{pt}^{to} - P_{pt}^{from} + P_{G,it} + P_{kt}^{es} = P_{pt}^D + \eta x_{a,t}$$

$$Ug_{it} P_i^{G,\max} - P_{G,it} + c_k^{\max} - P_{kt}^{es} \geq Rs_t^{up}$$

$$P_{G,it} - Ug_{it} P_i^{G,\min} + P_{kt}^{es} + c_k^{\max} \geq Rs_t^{dn}$$

$$P_{lt} \leq S_l$$

式中， P_{pt}^{to} 为 t 时段流入节点 p 的有功功率， P_{pt}^{from} 为 t 时段流出节点 p 的有功功率， P_{pt}^D 为 t 时段节点 p 处电力负荷的有功功率， $P_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 的出力下限， $P_i^{G,\max}$ 为火电机组 i 的出力上限； $x_{a,t}$ 为 t 时段分配至交通路段 a 的交通潮流； η 为交通潮流与充电负荷的转换系数； Rs_t^{up} 为 t 时段电网向上调节备用容量， Rs_t^{dn} 为 t 时段电网向下调节备用容量； S_l 为电力线路 l 的输送容量， P_{lt} 为 t 时段电力线路 l 的输送功率。

上述分布式储能调度模型包括：

(1) 目标函数如下式：

$$\min F = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_g} (C_{it}^{ope}) + \left(w \sum_{a \in \Omega_a} \sum_{t=1}^T t_a^0 x_{a,t} - w \sum_{d \in \Omega_d} \sum_{t=1}^T t_{d,1} \cdot q_{d,t} \right)$$

式中， F 为火电机组运行费用和额外通勤时间成本之和；

(2) 约束条件：

在城市交通调度模型的建模中，每个 O-D 对的交通需求需要被分配实际的路网中。在交通潮流分配中，需要满足 Wardrop 第一性原则或者 Wardrop 第二性原则。Wardrop 第一性原则又被称为用户均衡原则，在该原则下，考虑交通拥塞后，实际分配潮流的备选路径通勤时间将相等。即任意乘客不能通过改变自己的路径选择找到更快的路径。Wardrop 第二性原则又被称为最优原则，即假定一个调度中心，在调度中心的潮流分配下系统的通勤时间将达到最小。在本文中，为便于交通模型与电气模型的耦合后的求解，采用的是基于 Wardrop 第二性原则的交通潮流分配模型。于是，约束条件包括交通网约束和电力系统约束；

交通网约束包括交通潮流平衡约束、备选路径约束、交通路段潮流分配约束和交通路段通行容量约束；

电力系统约束包括火电机组约束、风电机组约束、分布式储能约束和电网约束。

$$\begin{aligned}
\sum_c f_{d,c,t} &= q_{d,t} \\
f_{d,c,t} &\geq 0 \\
x_{a,t} - \sum_{d,c} (A_{d,c,a} f_{d,c,t}) &= 0 \\
C_{it}^{ope} &= U g_{it} F_i^{G,\min} + \sum_j c g_{im} \cdot P_{imt}^G \\
P_{G,it} &= \sum_m P_{imt}^G + P_i^{G,\min} \\
0 &\leq P_{imt}^G \leq U g_{it} \cdot P_{im}^{G,\max} \\
-R_i^{dn} &\leq P_{G,it} - P_{G,it-1} \leq R_i^{up} \\
P_{kt}^{es} &= P_{kt}^{Des} - P_{kt}^{Ces} \\
0 &\leq P_{kt}^{Des} \leq U_{kt} c_k^{\max} \\
0 &\leq P_{kt}^{Ces} \leq (1 - U_{kt}) c_k^{\max} \\
0 &\leq E_{kt} \leq s_k^{\max} \\
E_{kt} &= E_{k,t-1} + \eta_c P_{kt}^{Ces} - P_{kt}^{Des} / \eta_d \\
E_{kT} &= E_{k0} \\
P_{pt}^{to} - P_{pt}^{from} + P_{G,it} + P_{kt}^{es} &= P_{pt}^D + \eta x_{a,t} \\
U g_{it} P_i^{G,\max} - P_{G,it} + c_k^{\max} - P_{kt}^{es} &\geq R s_t^{up}
\end{aligned}$$

$$P_{G,it} - U g_{it} P_i^{G,\min} + P_{kt}^{es} + c_k^{\max} \geq R s_t^{dn}$$

$$P_{lt} \leq S_l。$$

上述 S102 中，求解预先构建的分布式储能调度模型，得到分布式储能调度策略，具体是将交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数作为输入项，基于仿真计算平台，并调用求解工具对分布式储能调度模型进行求解，得到分布式储能的有功功率（即 P_{it}^{es} ）。

实施例 2

基于同一发明构思，本发明实施例 2 还提供一种分布式储能调度装置，包括获取模块和求解模块，下面对上述几个模块的功能进行详细说明：

获取模块，用于获取调度参数；

求解模块，用于求解预先构建的分布式储能调度模型，得到分布式储能调度策略；

上述分布式储能调度模型包括火电机组运行费用和额外通勤时间成本；

调度参数包括交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数；

交通网参数包括交通路段的通行容量；

交通需求参数包括交通负荷在各个时段的通行需求和通勤时间成本系数；

电力设备参数包括火电机组参数、风电机组参数、分布式储能参数以及电力负荷的有功功率；

电网参数包括总时段数、电力线路输送容量、电网向上调节备用容量和电网向下调节备用容量。

火电机组参数包括火电机组的数量、出力上限、出力下限、最大上爬坡速率、最大下爬坡速率和煤耗曲线的参数；

风电机组参数包括最大弃风率和预测发电功率；

分布式储能参数包括充电效率、放电效率、功率容量、能量容量和初始能量。

本发明实施例 2 提供的装置还包括建模模块，建模模块包括：

第一求解单元，用于对预先构建的基于交通路段的通行容量的交通潮流分配模型进行求解，得到额外通勤时间成本；

第二求解单元，用于对预先构建的电力系统调度模型进行求解，得到火电机组运行费用；

建模单元，用于以所述火电机组运行费用和额外通勤时间成本之和最小为目标，以修正考虑充电负荷的电力系统功率平衡为约束，构建分布式储能调度模型。

第一求解单元具体用于：

以实际通勤时间成本、最小通勤时间成本确定的通勤时间成本为目标构建所述交通潮流分配模型的第一目标函数；

设定约束条件；

其中所述约束条件包括交通潮流平衡约束、备选路径约束、交通路段潮流分配约束和交通路段通行容量约束。

第一目标函数如下式：

$$F_2 = w \sum_{a \in \Omega_a} \sum_{t=1}^T t_a^0 x_{a,t} - w \sum_{d \in \Omega_d} \sum_{t=1}^T t_{d,1} \cdot q_{d,t}$$

式中， F_2 为额外通勤时间成本， $w \sum_{a \in \Omega_a} \sum_{t=1}^T t_a^0 x_{a,t}$ 为实际通勤时间成本， $w \sum_{d \in \Omega_d} \sum_{t=1}^T t_{d,1} \cdot q_{d,t}$ 为最小通勤时间成本； w 为通勤时间成本系数， Ω_a 为交通路段集合， t_a^0 为交通路段 a 的通勤时间， Ω_d 为交通负荷集合， $t_{d,1}$ 为交通负荷 d 对应的最短路径的通勤时间。交通潮流平衡约束如下式：

$$\sum_c f_{d,c,t} = q_{d,t}$$

式中， $f_{d,c,t}$ 表示 t 时段交通负荷 d 下备选路径 c 上分配的交通潮流， $q_{d,t}$ 为 t 时段交通负荷 d 的通行需求；

所述备选路径约束如下式：

$$f_{d,c,t} \geq 0$$

所述交通路段潮流分配约束如下式：

$$x_{a,t} - \sum_{d,c} (A_{d,c,a} f_{d,c,t}) = 0$$

式中， $x_{a,t}$ 为 t 时段分配至交通路段 a 的交通潮流， $A_{d,c,a}$ 为交通负荷 d 下备选路径 c 与交通路段 a 的关联关系，备选路径 c 交通路段 a 关联， $A_{d,c,a}$ 取 1，备选路径 c 交通路段 a 不关联， $A_{d,c,a}$ 取 0。

第二求解单元具体用于：

构建所述电力系统调度模型的第二目标函数；

设定约束条件；

其中，所述约束条件包括火发电机组约束、风电机组约束、分布式储能约束和电网约束。

第二目标函数如下式：

$$F_1 = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_g} (C_{it}^{ope})$$

式中， F_1 为火电机组运行费用， T 为总时段数， N_g 为火电机组的数量， C_{it}^{ope} 为 t 时段第 i 台火电机组的运行费用。火电机组约束如下式：

$$C_{it}^{ope} = Ug_{it} F_i^{G,\min} + \sum_j cg_{im} \cdot P_{imt}^G$$

$$P_{G,it} = \sum_m P_{imt}^G + P_i^{G,\min}$$

$$0 \leq P_{imt}^G \leq Ug_{it} \cdot P_{im}^{G,\max}$$

$$-R_i^{dn} \leq P_{G,it} - P_{G,it-1} \leq R_i^{up}$$

式中， Ug_{it} 表示 t 时段火电机组 i 的开关状态，火电机组 i 开机时， Ug_{it} 取1，火电机组 i 关机时， Ug_{it} 取0； $F_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 处于最小技术出力时的发电费用； cg_{im} 表示火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段时的单位功率煤耗成本； P_{imt}^G 为 t 时段火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段的发电功率； $P_{G,it}$ 为 t 时段火电机组 i 的有功功率， $P_{G,it-1}$ 为 $t-1$ 时段火电机组 i 的有功功率； $P_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 的出力下限， $P_{im}^{G,\max}$ 为火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段的出力上限； R_i^{dn} 为火电机组 i 的最大下爬坡速率， R_i^{up} 为火电机组 i 的最大上爬坡速率；

所述分布式储能约束如下式：

$$P_{kt}^{es} = P_{kt}^{Des} - P_{kt}^{Ces}$$

$$0 \leq P_{kt}^{Des} \leq U_{kt} c_k^{\max}$$

$$0 \leq P_{kt}^{Ces} \leq (1 - U_{kt}) c_k^{\max}$$

$$0 \leq E_{kt} \leq s_k^{\max}$$

$$E_{kt} = E_{k,t-1} + \eta_c P_{kt}^{Ces} - P_{kt}^{Des} / \eta_d$$

$$E_{kT} = E_{k0}$$

式中， P_{kt}^{Des} 为 t 时段分布式储能 k 的放电功率， P_{kt}^{Ces} 为 t 时段分布式储能 k 的充电功率， P_{kt}^{es} 为 t 时段分布式储能 k 的有功功率； $c_k^{\max}$ 为分布式储能 k 的功率容量； U_{kt} 为 t 时段分布式储

能 k 的充放电状态, 充电状态时, U_{kt} 取 0, 放电状态时, U_{kt} 取 1; E_{kt} 为 t 时段分布式储能 k 的剩余能量, $E_{k,t-1}$ 为 $t-1$ 时段分布式储能 k 的剩余能量, E_{k0} 为分布式储能 k 的初始能量, E_{kT} 为 T 时段分布式储能 k 的剩余能量; $s_k^{\max}$ 为 t 时段分布式储能 k 的能量容量, η_c 为分布式储能 k 的充电效率, η_d 为分布式储能 k 的放电效率;

所述电网约束如下式:

$$P_{pt}^{to} - P_{pt}^{from} + P_{G,it} + P_{kt}^{es} = P_{pt}^D + \eta x_{a,t}$$

$$U_{it} P_i^{G,\max} - P_{G,it} + c_k^{\max} - P_{kt}^{es} \geq R_s^{up}$$

$$P_{G,it} - U_{it} P_i^{G,\min} + P_{kt}^{es} + c_k^{\max} \geq R_s^{dn}$$

$$P_{lt} \leq S_l$$

式中, P_{pt}^{to} 为 t 时段流入节点 p 的有功功率, P_{pt}^{from} 为 t 时段流出节点 p 的有功功率, P_{pt}^D 为 t 时段节点 p 处电力负荷的有功功率, $P_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 的出力下限, $P_i^{G,\max}$ 为火电机组 i 的出力上限; $x_{a,t}$ 为 t 时段分配至交通路段 a 的交通潮流; η 为交通潮流与充电负荷的转换系数; R_s^{up} 为 t 时段电网向上调节备用容量, R_s^{dn} 为 t 时段电网向下调节备用容量; S_l 为电力线路 l 的输送容量, P_{lt} 为 t 时段电力线路 l 的输送功率。

分布式储能调度模型包括:

如下式的目标函数:

$$\min F = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_g} (C_{it}^{ope}) + \left(w \sum_{a \in \Omega_a} \sum_{t=1}^T t_a^0 x_{a,t} - w \sum_{d \in \Omega_d} \sum_{t=1}^T t_{d,1} \cdot q_{d,t} \right)$$

式中, F 为火电机组运行费用和额外通勤时间成本之和;

如下式的约束条件:

$$\sum_c f_{d,c,t} = q_{d,t}$$

$$f_{d,c,t} \geq 0$$

$$x_{a,t} - \sum_{d,c} (A_{d,c,a} f_{d,c,t}) = 0$$

$$C_{it}^{ope} = U_{it} F_i^{G,\min} + \sum_j c g_{im} \cdot P_{imt}^G$$

$$P_{G,it} = \sum_m P_{imt}^G + P_i^{G,\min}$$

$$0 \leq P_{imt}^G \leq Ug_{it} \cdot P_{im}^{G,\max}$$

$$-R_i^{dn} \leq P_{G,it} - P_{G,it-1} \leq R_i^{up}$$

$$P_{kt}^{es} = P_{kt}^{Des} - P_{kt}^{Ces}$$

$$0 \leq P_{kt}^{Des} \leq U_{kt} c_k^{\max}$$

$$0 \leq P_{kt}^{Ces} \leq (1 - U_{kt}) c_k^{\max}$$

$$0 \leq E_{kt} \leq s_k^{\max}$$

$$E_{kt} = E_{k,t-1} + \eta_c P_{kt}^{Ces} - P_{kt}^{Des} / \eta_d$$

$$E_{kT} = E_{k0}$$

$$P_{pt}^{to} - P_{pt}^{from} + P_{G,it} + P_{kt}^{es} = P_{pt}^D + \eta x_{a,t}$$

$$Ug_{it} P_i^{G,\max} - P_{G,it} + c_k^{\max} - P_{kt}^{es} \geq Rs_t^{up}$$

$$P_{G,it} - Ug_{it} P_i^{G,\min} + P_{kt}^{es} + c_k^{\max} \geq Rs_t^{dn}$$

$$P_{lt} \leq S_l。$$

上述求解模块将交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数作为输入项，基于仿真计算平台，并调用求解工具对分布式储能调度模型进行求解，得到分布式储能的有功功率。

实施例 3

本发明实施例 3 提供一种计算机存储介质，计算机存储介质中存储有计算机可执行指令，计算机可执行指令用于执行上述实施例 1 的分布式储能调度方法。

实施例 4

本发明实施例 4 提供一种电子设备，该电子设备包括：至少一个处理器、至少一个存储器以及存储在上述存储器中的计算机程序指令，当上述计算机程序指令被所述处理器执行时实现实施例 1 提供的方法。

上述电子设备还包括：用于获取交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数的至少一个通信接口。

上述电子设备为控制器、PC 机或控制平台所在设备。为了描述的方便，以上所述装置的

各部分以功能分为各种模块或单元分别描述。当然，在实施本申请时可以把各模块或单元的功能在同一个或多个软件或硬件中实现。

本领域内的技术人员应明白，本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和 / 或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和 / 或方框图中的每一流程和 / 或方框、以及流程图和 / 或方框图中的流程和 / 或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

最后应当说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制，所属领域的普通技术人员参照上述实施例依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换，这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换，均在申请待批的本发明的权利要求保护范围之内。

权 利 要 求

1. 一种分布式储能调度方法，其特征在于，包括：

获取调度参数；

求解预先构建的分布式储能调度模型，得到分布式储能调度策略；

所述分布式储能调度模型包括火电机组运行费用和额外通勤时间成本；

所述调度参数包括交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数。

2. 根据权利要求1所述的分布式储能调度方法，其特征在于，所述交通网参数包括交通路段的通行容量；

所述交通需求参数包括交通负荷在各个时段的通行需求和通勤时间成本系数；

所述电力设备参数包括火电机组参数、风电机组参数、分布式储能参数以及电力负荷的有功功率；

所述电网参数包括总时段数、电力线路输送容量、电网向上调节备用容量和电网向下调节备用容量。

3. 根据权利要求2所述的分布式储能调度方法，其特征在于，所述火电机组参数包括火电机组的数量、出力上限、出力下限、最大上爬坡速率、最大下爬坡速率和煤耗曲线的参数；

所述风电机组参数包括最大弃风率和预测发电功率；

所述分布式储能参数包括充电效率、放电效率、功率容量、能量容量和初始能量。

4. 根据权利要求1所述的分布式储能调度方法，其特征在于，所述分布式储能调度模型的构建包括：

对预先构建的基于交通路段的通行容量的交通潮流分配模型进行求解，得到额外通勤时间成本；

对预先构建的电力系统调度模型进行求解，得到火电机组运行费用；

以所述火电机组运行费用和额外通勤时间成本之和最小为目标，以修正考虑充电负荷的电力系统功率平衡为约束，构建分布式储能调度模型。

5. 根据权利要求4所述的分布式储能调度方法，其特征在于，所述交通潮流分配模型的构建，包括：

以实际通勤时间成本、最小通勤时间成本确定的通勤时间成本为目标构建所述交通潮流分配模型的第一目标函数；

设定约束条件；

其中，所述约束条件包括交通潮流平衡约束、备选路径约束、交通路段潮流分配约束和交通路段通行容量约束。

6. 根据权利要求5所述的分布式储能调度方法，其特征在于，所述电力系统调度模型的构建，包括：

构建所述电力系统调度模型的第二目标函数；

设定约束条件；

其中，所述约束条件包括火电机组约束、风电机组约束、分布式储能约束和电网约束。

7. 根据权利要求6所述的分布式储能调度方法，其特征在于，所述火电机组约束如下式：

$$C_{it}^{ope} = U_{g,it} F_i^{G,\min} + \sum_j c g_{im} \cdot P_{imt}^G$$

$$P_{G,it} = \sum_m P_{imt}^G + P_i^{G,\min}$$

$$0 \leq P_{imt}^G \leq U_{g,it} \cdot P_{im}^{G,\max}$$

$$-R_i^{dn} \leq P_{G,it} - P_{G,it-1} \leq R_i^{up}$$

式中， C_{it}^{ope} 为 t 时段第 i 台火电机组的运行费用； $U_{g,it}$ 表示 t 时段火电机组 i 的开关状态，火电机组 i 开机时， $U_{g,it}$ 取 1，火电机组 i 关机时， $U_{g,it}$ 取 0； $F_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 处于最小技术出力时的发电费用； $c g_{im}$ 表示火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段时的单位功率煤耗成本； P_{imt}^G 为 t 时段火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段的发电功率； $P_{G,it}$ 为 t 时段火电机组 i 的有功功率， $P_{G,it-1}$ 为 $t-1$ 时段火电机组 i 的有功功率； $P_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 的出力下限， $P_{im}^{G,\max}$ 为火电机组 i 在煤耗曲线第 m 分段的出力上限； R_i^{dn} 为火电机组 i 的最大下爬坡速率， R_i^{up} 为火电机组 i 的最大上爬坡速率；

所述分布式储能约束如下式：

$$P_{kt}^{es} = P_{kt}^{Des} - P_{kt}^{Ces}$$

$$0 \leq P_{kt}^{Des} \leq U_{kt} c_k^{\max}$$

$$0 \leq P_{kt}^{Ces} \leq (1 - U_{kt}) c_k^{\max}$$

$$0 \leq E_{kt} \leq s_k^{\max}$$

$$E_{kt} = E_{k,t-1} + \eta_c P_{kt}^{Ces} - P_{kt}^{Des} / \eta_d$$

$$E_{kT} = E_{k0}$$

式中, P_{kt}^{Des} 为 t 时段分布式储能 k 的放电功率, P_{kt}^{Ces} 为 t 时段分布式储能 k 的充电功率, P_{kt}^{es} 为 t 时段分布式储能 k 的有功功率; $c_k^{\max}$ 为分布式储能 k 的功率容量; U_{kt} 为 t 时段分布式储能 k 的充放电状态, 充电状态时, U_{kt} 取 0, 放电状态时, U_{kt} 取 1; E_{kt} 为 t 时段分布式储能 k 的剩余能量, $E_{k,t-1}$ 为 $t-1$ 时段分布式储能 k 的剩余能量, E_{k0} 为分布式储能 k 的初始能量, E_{kT} 为 T 时段分布式储能 k 的剩余能量; $s_k^{\max}$ 为 t 时段分布式储能 k 的能量容量, η_c 为分布式储能 k 的充电效率, η_d 为分布式储能 k 的放电效率;

所述电网约束如下式:

$$P_{pt}^{to} - P_{pt}^{from} + P_{G,it} + P_{kt}^{es} = P_{pt}^D + \eta x_{a,t}$$

$$Ug_{it} P_i^{G,\max} - P_{G,it} + c_k^{\max} - P_{kt}^{es} \geq Rs_t^{up}$$

$$P_{G,it} - Ug_{it} P_i^{G,\min} + P_{kt}^{es} + c_k^{\max} \geq Rs_t^{dn}$$

$$P_{lt} \leq S_l$$

式中, P_{pt}^{to} 为 t 时段流入节点 p 的有功功率, P_{pt}^{from} 为 t 时段流出节点 p 的有功功率, P_{pt}^D 为 t 时段节点 p 处电力负荷的有功功率, $P_i^{G,\min}$ 为火电机组 i 的出力下限, $P_i^{G,\max}$ 为火电机组 i 的出力上限; $x_{a,t}$ 为 t 时段分配至交道路段 a 的交通潮流; η 为交通潮流与充电负荷的转换系数; Rs_t^{up} 为 t 时段电网向上调节备用容量, Rs_t^{dn} 为 t 时段电网向下调节备用容量; S_l 为电力线路 l 的输送容量, P_{lt} 为 t 时段电力线路 l 的输送功率。

8. 根据权利要求 7 所述的分布式储能调度方法, 其特征在于, 所述分布式储能调度模型的目标函数如下式:

$$\min F = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_g} (C_{it}^{ope}) + \left(w \sum_{a \in \Omega_a} \sum_{t=1}^T t_a^0 x_{a,t} - w \sum_{d \in \Omega_d} \sum_{t=1}^T t_{d,1} \cdot q_{d,t} \right)$$

式中, F 为火电机组运行费用和额外通勤时间成本之和; $\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{N_g} (C_{it}^{ope})$ 为火电机组运行费

用, $w \sum_{a \in \Omega_a} \sum_{t=1}^T t_a^0 x_{a,t}$ 为实际通勤时间成本, $w \sum_{d \in \Omega_d} \sum_{t=1}^T t_{d,1} \cdot q_{d,t}$ 为最小通勤时间成本; T 为总时段数, N_g 为火发电机组的数量, w 为通勤时间成本系数, Ω_a 为交通路段集合, Ω_d 为交通负荷集合, t_a^0 为交通路段 a 的通勤时间, $t_{d,1}$ 为交通负荷 d 对应的最短路径的通勤时间, $x_{a,t}$ 为 t 时段分配至交通路段 a 的交通潮流, $q_{d,t}$ 为 t 时段交通负荷 d 的通行需求。

9. 根据权利要求 1 所述的分布式储能调度方法, 其特征在于, 所述求解预先构建的分布式储能调度模型, 得到分布式储能调度策略, 包括:

将所述交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数作为输入项, 基于仿真计算平台, 并调用求解工具对分布式储能调度模型进行求解, 得到分布式储能的有功功率。

10. 一种分布式储能调度装置, 其特征在于, 包括:

获取模块, 用于获取调度参数;

求解模块, 用于求解预先构建的分布式储能调度模型, 得到分布式储能调度策略;

所述分布式储能调度模型包括火发电机组运行费用和额外通勤时间成本;

所述调度参数包括交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数。

11. 一种计算机存储介质, 其特征在于, 所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令, 所述计算机可执行指令用于执行权利要求 1 至 9 任一项所述的一种分布式储能调度方法。

12. 一种电子设备, 其特征在于, 包括: 至少一个处理器、至少一个存储器以及存储在所述存储器中的计算机程序指令, 当所述计算机程序指令被所述处理器执行时实现如权利要求 1-9 任一项所述的方法。

13. 根据权利要求 12 所述电子设备, 其特征在于, 所述电子设备还包括: 用于获取交通网参数、交通需求参数、电力设备参数和电网参数的至少一个通信接口。

14. 根据权利要求 12 或 13 所述的电子设备, 其特征在于, 所述电子设备为控制器、PC 机或控制平台所在设备。

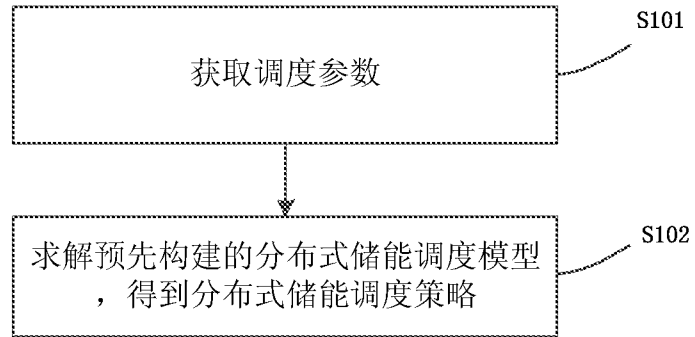


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/121392

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/28(2006.01)i; H02J 3/46(2006.01)i; H02J 3/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 分布式, 调度, 火, 电, 汽车, 充电, 时间, distribut+, dispatch+, schedul+, thermal, power, vehicle?, charg+, time

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 103840549 A (BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY) 04 June 2014 (2014-06-04) description, paragraphs [0003]-[0027], and figures 1-2	1-14
Y	CN 107067110 A (TIANJIN UNIVERSITY) 18 August 2017 (2017-08-18) description, paragraphs [0065]-[0191], and figures 1-8	1-14
A	CN 106712111 A (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 24 May 2017 (2017-05-24) entire document	1-14
A	CN 106227986 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY) 14 December 2016 (2016-12-14) entire document	1-14
A	CN 106407726 A (ELECTRIC CAR SERVICE BRANCH, STATE GRID ZHEJIANG ELECTRIC POWER COMPANY et al.) 15 February 2017 (2017-02-15) entire document	1-14
A	JP 2008067469 A (KANSAI ELECTRIC POWER CO., INC. et al.) 21 March 2008 (2008-03-21) entire document	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 August 2019

Date of mailing of the international search report

16 September 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/121392

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2016359330 A1 (JIN, Ruxiang) 08 December 2016 (2016-12-08) entire document	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/121392

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103840549	A	04 June 2014	CN	103840549	B	16 March 2016
CN	107067110	A	18 August 2017	None			
CN	106712111	A	24 May 2017	CN	106712111	B	13 July 2018
CN	106227986	A	14 December 2016	None			
CN	106407726	A	15 February 2017	CN	106407726	B	27 November 2018
JP	2008067469	A	21 March 2008	JP	4783246	B2	28 September 2011
US	2016359330	A1	08 December 2016	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/121392

A. 主题的分类

H02J 3/28(2006.01)i; H02J 3/46(2006.01)i; H02J 3/06(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H02J

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI: 分布式, 调度, 火, 电, 汽车, 充电, 时间, distribut+, dispatch+, schedul+, thermal, power, vehicle?, charg+, time

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 103840549 A (北京交通大学) 2014年 6月 4日 (2014 - 06 - 04) 说明书[0003]-[0027]段, 附图1-2	1-14
Y	CN 107067110 A (天津大学) 2017年 8月 18日 (2017 - 08 - 18) 说明书[0065]-[0191]段, 附图1-8	1-14
A	CN 106712111 A (南京邮电大学) 2017年 5月 24日 (2017 - 05 - 24) 全文	1-14
A	CN 106227986 A (华北电力大学) 2016年 12月 14日 (2016 - 12 - 14) 全文	1-14
A	CN 106407726 A (国网浙江省电力公司电动汽车服务分公司 等) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 全文	1-14
A	JP 2008067469 A (关西电力株式会社 等) 2008年 3月 21日 (2008 - 03 - 21) 全文	1-14
A	US 2016359330 A1 (JIN, RUXIANG) 2016年 12月 8日 (2016 - 12 - 08) 全文	1-14

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 8月 12日

国际检索报告邮寄日期

2019年 9月 16日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

于淼

电话号码 01053961251

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/121392

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103840549	A	2014年 6月 4日	CN 103840549 B	2016年 3月 16日
CN	107067110	A	2017年 8月 18日	无	
CN	106712111	A	2017年 5月 24日	CN 106712111 B	2018年 7月 13日
CN	106227986	A	2016年 12月 14日	无	
CN	106407726	A	2017年 2月 15日	CN 106407726 B	2018年 11月 27日
JP	2008067469	A	2008年 3月 21日	JP 4783246 B2	2011年 9月 28日
US	2016359330	A1	2016年 12月 8日	无	