



(21) 申请号 202411578521.5

(22) 申请日 2024.11.07

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 119209552 A

(43) 申请公布日 2024.12.27

(73) 专利权人 深圳供电局有限公司

地址 518001 广东省深圳市罗湖区深南东路4020号电力调度通信大楼

(72) 发明人 黄媚 孙晓佳 詹隽 陈作伟

张之涵 成坤 孙文静 李扬

庄婉铃 刘军伟

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

专利代理师 郑小娟

(51) Int.Cl.

H02J 3/06 (2006.01)

H02J 3/14 (2006.01)

H02J 3/32 (2006.01)

H02J 3/28 (2006.01)

G06Q 10/0631 (2023.01)

G06Q 50/06 (2024.01)

G06F 17/11 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109193802 A, 2019.01.11

CN 116799828 A, 2023.09.22

审查员 夏明

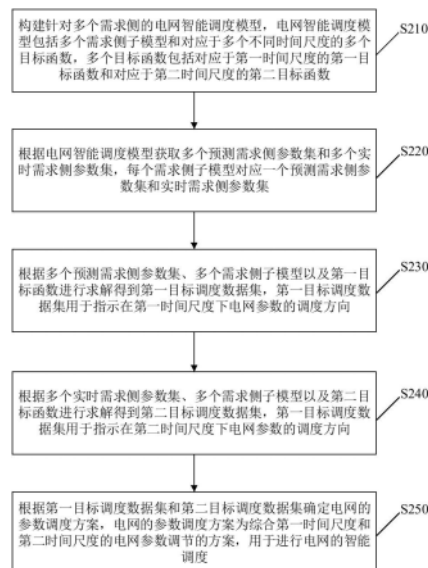
权利要求书4页 说明书17页 附图3页

## (54) 发明名称

针对多元需求侧的电网智能调度方法及相关装置

## (57) 摘要

本申请提出一种针对多元需求侧的电网智能调度方法及相关装置,通过实施本申请实施例,构建针对多个需求侧的电网智能调度模型;根据电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集;根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数和第二目标函数进行求解得到第一目标调度数据集和第二目标调度数据集;根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案。本申请考虑多种需求侧之间在多时间尺度下的协同互动,根据模型基于第一时间尺度和第二时间尺度下确定的调度方案,有利于充分结合多种资源和电网的互动,提高电网调节的可靠性、安全性与经济性,提高用户体验感。



1. 一种针对多元需求侧的电网智能调度方法, 其特征在于, 应用于电力系统的服务器, 所述方法包括:

构建针对多个需求侧的电网智能调度模型, 所述电网智能调度模型包括多个需求侧子模型和对应于多个不同时间尺度的多个目标函数, 所述多个目标函数包括对应于第一时间尺度的第一目标函数和对应于第二时间尺度的第二目标函数, 所述多个需求侧子模型包括储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型中的至少一个, 所述第一时间尺度包括日前尺度, 所述第二时间尺度包括日内尺度, 所述第一目标函数和所述第二目标函数为与所述多个需求侧子模型具有关联关系, 所述第一目标函数用于约束所述多个需求侧子模型的负荷程度和所述第一时间尺度下的成本, 所述第二目标函数用于约束所述多个需求侧子模型的用户满意程度和所述第二时间尺度下的成本; 所述构建针对多个需求侧的电网智能调度模型包括: 根据储能设备的充放电参数构建所述储能子模型, 所述储能子模型包括第一约束条件, 所述第一约束条件用于约束所述储能设备的功率; 和/或, 根据新能源汽车的充放电参数构建所述新能源汽车子模型, 所述新能源汽车子模型包括第二约束条件和第三约束条件, 所述第二约束条件用于约束充放电电量, 所述第三约束条件用于约束使用所述新能源汽车的电池电量; 和/或, 构建所述空调设备的所述空调子模型, 所述空调子模型用于仿真所述空调设备的运行以及约束所述空调设备的运行功率; 和/或, 根据配电网的电学参数构建所述配电网子模型, 所述配电网子模型包括第四约束条件, 所述第四约束条件用于约束所述配电网的功率和电压特性; 基于所述储能子模型、所述新能源汽车子模型、所述空调子模型以及所述配电网子模型构建所述第一目标函数; 以及, 基于所述储能子模型、所述新能源汽车子模型、所述空调子模型以及所述配电网子模型构建所述第二目标函数;

根据所述电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集, 每个所述需求侧子模型对应一个所述预测需求侧参数集和所述实时需求侧参数集;

根据所述多个预测需求侧参数集、所述多个需求侧子模型以及所述第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集, 所述第一目标调度数据集用于指示在第一时间尺度下电网参数的调度方向;

根据所述多个实时需求侧参数集、所述多个需求侧子模型以及所述第二目标函数进行求解得到第二目标调度数据集, 所述第一目标调度数据集用于指示在第二时间尺度下所述电网参数的调度方向;

根据所述第一目标调度数据集和所述第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案, 所述电网的参数调度方案为综合第一时间尺度和第二时间尺度的电网参数调节的方案, 用于进行电网的智能调度。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述第一时间尺度表征预测尺度, 所述第一目标函数包括负荷波动目标函数和第一成本目标函数, 所述基于所述储能子模型、所述新能源汽车子模型、所述空调子模型以及所述配电网子模型构建所述第一目标函数, 包括:

获取负荷参数, 所述负荷参数包括所述储能设备的第一负荷参数、所述新能源汽车的第二负荷参数、所述空调设备的第三负荷参数、所述配电网的第四负荷参数; 以及, 基于所述第一负荷参数、所述第二负荷参数、所述第三负荷参数以及所述第四负荷参数构建所述负荷波动目标函数;

获取所述配电网的第一成本参数和所述储能设备的第二成本参数;以及,基于所述第一成本参数和所述第二成本参数构建所述第一成本目标函数。

3.根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述第二时间尺度表征实时尺度,所述第二目标函数包括用户满意度目标函数和第二成本目标函数,所述基于所述储能子模型、所述新能源汽车子模型、所述空调子模型以及所述配电网子模型构建所述第二目标函数,包括:

获取空调设备的初始温度值,所述初始温度值为进行调度前的温度值;

基于所述空调子模型和所述初始温度值构建所述用户满意度目标函数;

基于所述新能源汽车的实时第一负荷参数和所述配电网的实时第一成本参数构建所述第二成本目标函数。

4.根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述负荷波动目标函数包括如下公式:

$$F_1 = \min \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (P_{eq,t} - P_{av,t})^2},$$

$$P_{eq,t} = P_{ev,t} + P_{agg,t} + P_{L,t} + P_{chr,t} - P_{dis,t} - P_{w,t},$$

$$P_{av,t} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T P_{eq,t},$$

其中, $F_1$ 表示负荷曲线的标准差, $P_{ev,t}$ 为t时段所述第二负荷参数, $P_{agg,t}$ 为所述第三负荷参数, $P_{L,t}$ 为所述第四负荷参数, $P_{chr,t}$ 和 $P_{dis,t}$ 为所述第一负荷参数, $P_{w,t}$ 表示t时段风电出力, $P_{eq,t}$ 为t时段 $P_{ev,t}$ 、 $P_{agg,t}$ 、 $P_{L,t}$ 、 $P_{chr,t}$ 、 $P_{dis,t}$ 和 $P_{w,t}$ 之和,T为一个调度周期, $P_{av,t}$ 为一个调度周期内多个 $P_{eq,t}$ 的平均值;

所述第一成本目标函数包括如下公式:

$$F_2 = \min \sum_{t=1}^T [\rho_t P_{grid,t} + \lambda P_{w,t} + \gamma (P_{chr,t} + P_{dis,t})],$$

其中, $P_{grid,t}$ 为所述第一成本参数, $\gamma (P_{chr,t} + P_{dis,t})$ 为所述第二成本参数, $\lambda$ 为单位弃风惩罚系数, $\rho_t$ 为t时段所述配电网的外购电价, $\gamma$ 表示储能设备的充放电成本。

5.根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述用户满意度目标函数包括如下公式:

$$F_3 = \min (T_{set}^k - T_{set}^{k0})^2,$$

其中, $T_{set}^{k0}$ 为所述初始温度值, $T_{set}^k$ 为目标温度值,所述目标温度值为待调节的温度值;

所述第二成本目标函数包括如下公式:

$$F_4 = \min \sum_{t=1}^T \{c_t \sum_{n=1}^N [(E_{n,t}^{ch} - E_{n,t}^{dis}) - \lambda P_{w,t} + \mu \Delta P_{grid,t}]\},$$

其中, $(E_{n,t}^{ch} - E_{n,t}^{dis})$ 为新能源汽车负荷, $c_t$ 为所述实时第一负荷参数,N为使用所述新能源汽车的车辆数量, $\mu$ 为所述配电网与上级电网功率交互偏差单位惩罚系数。

6.根据权利要求1所述的方法,所述根据所述第一目标调度数据集和所述第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,包括:

基于所述第一目标调度数据集和第一预设校核标准进行校核得到第一校核结果,所述第一校核结果包括满足要求;

基于所述第二目标调度数据集和第二预设校核标准进行校核得到第二校核结果,所述

第二校核结果包括满足要求；

若所述第一校核结果为所述满足要求且所述第二校核结果为所述满足要求，则根据所述第一目标调度数据集和所述第二目标调度数据集确定所述电网的参数调度方案。

7. 一种针对多元需求侧的电网智能调度装置，其特征在于，应用于电力系统的服务器，所述装置包括：

构建模块，用于构建针对多个需求侧的电网智能调度模型，所述电网智能调度模型包括多个需求侧子模型和对应于多个不同时间尺度的多个目标函数，所述多个目标函数包括对应于第一时间尺度的第一目标函数和对应于第二时间尺度的第二目标函数，所述多个需求侧子模型包括储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型中的至少一个，所述第一时间尺度包括日前尺度，所述第二时间尺度包括日内尺度，所述第一目标函数和所述第二目标函数为与所述多个需求侧子模型具有关联关系，所述第一目标函数用于约束所述多个需求侧子模型的负荷程度和所述第一时间尺度下的成本，所述第二目标函数用于约束所述多个需求侧子模型的用户满意程度和所述第二时间尺度下的成本；所述构建针对多个需求侧的电网智能调度模型包括：根据储能设备的充放电参数构建所述储能子模型，所述储能子模型包括第一约束条件，所述第一约束条件用于约束所述储能设备的功率；和/或，根据新能源汽车的充放电参数构建所述新能源汽车子模型，所述新能源汽车子模型包括第二约束条件和第三约束条件，所述第二约束条件用于约束充放电电量，所述第三约束条件用于约束使用所述新能源汽车的电池电量；和/或，构建所述空调设备的所述空调子模型，所述空调子模型用于仿真所述空调设备的运行以及约束所述空调设备的运行功率；和/或，根据配电网的电学参数构建所述配电网子模型，所述配电网子模型包括第四约束条件，所述第四约束条件用于约束所述配电网的功率和电压特性；基于所述储能子模型、所述新能源汽车子模型、所述空调子模型以及所述配电网子模型构建所述第一目标函数；以及，基于所述储能子模型、所述新能源汽车子模型、所述空调子模型以及所述配电网子模型构建所述第二目标函数；

获取模块，用于根据所述电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集，每个所述需求侧子模型对应一个所述预测需求侧参数集和所述实时需求侧参数集；

第一求解模块，用于根据所述多个预测需求侧参数集、所述多个需求侧子模型以及所述第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集，所述第一目标调度数据集用于指示在第一时间尺度下电网参数的调度方向；

第二求解模块，用于根据所述多个实时需求侧参数集、所述多个需求侧子模型以及所述第二目标函数进行求解得到第二目标调度数据集，所述第一目标调度数据集用于指示在第二时间尺度下所述电网参数的调度方向；

确定模块，用于根据所述第一目标调度数据集和所述第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案，所述电网的参数调度方案为综合第一时间尺度和第二时间尺度的电网参数调节的方案，用于进行电网的智能调度。

8. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，存储有针对多元需求侧的电网智能调度程序，包括执行指令，当电子设备的处理器执行所述执行指令时，所述处理器执行如权利要求1至6中任一项所述的方法。

9.一种电子设备,其特征在于,包括处理器以及存储有执行指令的存储器,所述存储器存储有一个或多个程序;当所述处理器执行所述存储器存储的所述执行指令时,所述处理器执行如权利要求1至6中任一项所述的方法。

## 针对多元需求侧的电网智能调度方法及相关装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电网技术领域,尤其涉及一种针对多元需求侧的电网智能调度方法及相关装置。

### 背景技术

[0002] 电力系统正向高比例新能源汽车接入以及“源—网—荷—储”协同互动的方向发展。一方面,大规模新能源汽车并网带来的随机性、波动性、间歇性和不稳定性等问题使得电力系统在发电与用电之间产生了时间错配,调峰和调频难度加大,传统负荷已不足以应对电网发展的需求;另一方面,负荷侧的用电设备愈加多样化,电动汽车、储能设施和空调等灵活可调的负荷的接入增加了系统的调节手段。然而,目前方案仅考虑了单一种类的规模化负荷资源,也没有研究多资源聚合体与电网的仿真互动,使得电网调节仍然具有不够全面的缺点。

### 发明内容

[0003] 本申请实施例提供了一种针对多元需求侧的电网智能调度方法及相关装置,能够有利于充分结合多种资源和电网的互动,提高电网调节的可靠性、安全性与经济性。

[0004] 第一方面,本申请实施例提供一种针对多元需求侧的电网智能调度方法,应用于电力系统的服务器,方法包括:

[0005] 构建针对多个需求侧的电网智能调度模型,电网智能调度模型包括多个需求侧子模型和对应于多个不同时间尺度的多个目标函数,多个目标函数包括对应于第一时间尺度的第一目标函数和对应于第二时间尺度的第二目标函数;

[0006] 根据电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集,每个需求侧子模型对应一个预测需求侧参数集和实时需求侧参数集;

[0007] 根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第一时间尺度下电网参数的调度方向;

[0008] 根据多个实时需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第二目标函数进行求解得到第二目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第二时间尺度下电网参数的调度方向;

[0009] 根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,电网的参数调度方案为综合第一时间尺度和第二时间尺度的电网参数调节的方案,用于进行电网的智能调度。

[0010] 在一种可能的实施例中,第一时间尺度包括日前尺度,第二时间尺度包括日内尺度,多个需求侧子模型包括储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型中的至少一个;构建针对多个需求侧的电网智能调度模型包括:

[0011] 根据储能设备的充放电参数构建储能子模型,储能子模型包括第一约束条件,第

一约束条件用于约束储能设备的功率；

[0012] 根据新能源汽车的充放电参数构建新能源汽车子模型,新能源汽车子模型包括第二约束条件和第三约束条件,第二约束条件用于约束充放电电量,第三约束条件用于约束使用新能源汽车的电池电量；

[0013] 构建空调设备的空调子模型,空调子模型用于仿真空调设备的运行以及约束空调设备的运行功率；

[0014] 根据配电网的电学参数构建配电网子模型,配电网子模型包括第四约束条件,第四条件用于约束配电网的功率和电压特性；

[0015] 基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第一目标函数；以及,基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第二目标函数。

[0016] 在一种可能的实施例中,第一时间尺度表征预测尺度,第一目标函数包括负荷波动目标函数和第一成本目标函数,基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第一目标函数,包括：

[0017] 获取负荷参数,负荷参数包括储能设备的第一负荷参数、新能源汽车的第二负荷参数、空调设备的第三负荷参数、配电网的第四负荷参数；以及,基于第一负荷参数、第二负荷参数、第三负荷参数以及第四负荷参数构建负荷波动目标函数；

[0018] 获取配电网的第一成本参数和储能设备的第二成本参数；以及,基于第一成本参数和第二成本参数构建第一成本目标函数。

[0019] 在一种可能的实施例中,第二时间尺度表征实时尺度,第二目标函数包括用户满意度目标函数和第二成本目标函数,基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第二目标函数,包括：

[0020] 获取空调设备的初始温度值,初始温度值为进行调度前的温度值；

[0021] 基于空调子模型和初始温度值构建用户满意度目标函数；

[0022] 基于新能源汽车的实时第一负荷参数和配电网的实时第一成本参数构建第二成本目标函数。

[0023] 在一种可能的实施例中,负荷波动目标函数包括如下公式：

$$[0024] \quad F_1 = \min \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (P_{eq,t} - P_{av,t})^2},$$

$$[0025] \quad P_{eq,t} = P_{ev,t} + P_{agg,t} + P_{L,t} + P_{chr,t} - P_{dis,t} - P_{w,t},$$

$$[0026] \quad P_{av,t} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T P_{eq,t},$$

[0027] 其中, $F_1$ 表示负荷曲线的标准差, $P_{ev,t}$ 为t时段第二负荷参数, $P_{agg,t}$ 为第三负荷参数, $P_{L,t}$ 为第四负荷参数, $P_{chr,t}$ 和 $P_{dis,t}$ 为第一负荷参数, $P_{w,t}$ 表示t时段风电出力,A 表示一个调度时长,T为一个调度周期；

[0028] 第一成本目标函数包括如下公式：

$$[0029] \quad F_2 = \min \sum_{t=1}^T [\rho_t P_{grid,t} + \lambda P_{w,t} + \gamma (P_{chr,t} + P_{dis,t})],$$

[0030] 其中, $P_{grid,t}$ 为第一成本参数, $\gamma(P_{chr,t} + P_{dis,t})$ 为第二成本参数, $\lambda$ 为单位弃风惩罚系数, $\rho_t$

为t时段配电网的外购电价, $\gamma$ 表示储能设备的充放电成本。

[0031] 在一种可能的实施例中,用户满意度目标函数包括如下公式:

$$[0032] \quad F_3 = \min(T_{\text{set}}^k - T_{\text{set}}^{k0})^2,$$

[0033] 其中, $T_{\text{set}}^{k0}$ 为初始温度值, $T_{\text{set}}^k$ 为目标温度值,目标温度值为待调节的温度值;

[0034] 第二成本目标函数包括如下公式:

$$[0035] \quad F_4 = \min \sum_{t=1}^T \{c_t \sum_{n=1}^N [(E_{n,t}^{\text{ch}} - E_{n,t}^{\text{dis}}) - \lambda P_{w,t} + \mu \Delta P_{\text{grid},t}]\},$$

[0036] 其中, $(E_{n,t}^{\text{ch}} - E_{n,t}^{\text{dis}})$ 为新能源汽车负荷, $c_t$ 为实时第一负荷参数,N为使用新能源汽车的车辆数量, $\mu$ 为配电网与上级电网功率交互偏差单位惩罚系数。

[0037] 在一种可能的实施例中,根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,包括:

[0038] 基于第一目标调度数据集和第一预设校核标准进行校核得到第一校核结果,第一校核结果包括满足要求;

[0039] 基于第二目标调度数据集和第二预设校核标准进行校核得到第二校核结果,第二校核结果包括满足要求;

[0040] 若第一校核结果为满足要求且第二校核结果为满足要求,则根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案。

[0041] 第二方面,本申请实施例提供一种针对多元需求侧的电网智能调度装置,应用于电力系统的服务器,装置包括:

[0042] 构建模块,用于构建针对多个需求侧的电网智能调度模型,电网智能调度模型包括多个需求侧子模型和对应于多个不同时间尺度的多个目标函数,多个目标函数包括对应于第一时间尺度的第一目标函数和对应于第二时间尺度的第二目标函数;

[0043] 获取模块,用于根据电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集,每个需求侧子模型对应一个预测需求侧参数集和实时需求侧参数集;

[0044] 第一求解模块,用于根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第一时间尺度下电网参数的调度方向;

[0045] 第二求解模块,用于根据多个实时需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第二目标函数进行求解得到第二目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第二时间尺度下电网参数的调度方向;

[0046] 确定模块,用于根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,电网的参数调度方案为综合第一时间尺度和第二时间尺度的电网参数调节的方案,用于进行电网的智能调度。

[0047] 第三方面,本申请实施例提供一种电子设备,包括处理器、存储器、通信接口以及一个或多个程序,其中,上述一个或多个程序被存储在上述存储器中,并且被配置由上述处理器执行,上述程序包括用于执行本申请实施例第一方面中所描述的部分或全部步骤的指令。

[0048] 第四方面,本申请实施例提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,计算机存储介质存储有计算机程序,计算机程序包括程序指令,程序指令当被处理器执行

时使处理器执行如第一方面所描述的部分或全部步骤。

[0049] 第五方面,本申请实施例提供了一种计算机程序产品,其中,上述计算机程序产品包括存储了计算机程序的非瞬时性计算机可读存储介质,上述计算机程序可操作来使计算机执行如本申请实施例第一方面中所描述的部分或全部步骤。该计算机程序产品可以作为一个软件安装包。

[0050] 通过实施本申请实施例,构建针对多个需求侧的电网智能调度模型,电网智能调度模型包括多个需求侧子模型和对应于多个不同时间尺度的多个目标函数,多个目标函数包括对应于第一时间尺度的第一目标函数和对应于第二时间尺度的第二目标函数;根据电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集,每个需求侧子模型对应一个预测需求侧参数集和实时需求侧参数集;根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第一时间尺度下电网参数的调度方向;根据多个实时需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第二目标函数进行求解得到第二目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第二时间尺度下电网参数的调度方向;根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,电网的参数调度方案为综合第一时间尺度和第二时间尺度的电网参数调节的方案,用于进行电网的智能调度。本申请考虑多种需求侧之间在多时间尺度下的协同互动,构建了电网智能调节模型,然后根据模型基于第一时间尺度和第二时间尺度下确定的调度方案,有利于充分结合多种资源和电网的互动,提高电网调节的可靠性、安全性与经济性,提高用户体验感。

## 附图说明

[0051] 为了更清楚地说明本发明实施例或背景技术中的技术方案,下面将对本发明实施例或背景技术中所需要使用的附图进行说明。

[0052] 图1是本申请实施例提供的一种智能电力系统的架构示意图;

[0053] 图2是本申请实施例提供的一种针对多元需求侧的电网智能调度方法的流程示意图;

[0054] 图3是本申请实施例提供的一种针对多元需求侧的电网智能调度装置的结构示意图;

[0055] 图4是本申请实施例提供的另一种针对多元需求侧的电网智能调度装置的结构示意图;

[0056] 图5是本申请实施例提出的一种电子设备的结构示意图。

## 具体实施方式

[0057] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请方案,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请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申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,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,都属于本申请保护的范围。

[0058] 本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别不同对象,而不是用于描述特定顺序。此外,术语“包括”和“具有”以及它们任何变形,意图

在于覆盖不排除他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或电子设备没有限定于已列出的步骤或单元,而是在一种可选的示例中还包括没有列出的步骤或单元,或在一种可选的示例中还包括对于这些过程、方法、产品或电子设备固有的其他步骤或单元。

[0059] 在本文中提及“实施例”意味着,结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例,也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是,本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

[0060] 本申请实施例提供的针对多元需求侧的电网智能调度方法及相关装置,可以应用于如图1所示的智能电力系统中,请参阅图1,图1是本申请实施例提供的一种智能电力系统的架构示意图,智能电力系统100包括需求侧设备110和服务器120。

[0061] 在本方案中,需求侧设备110可以包括但不限于储能设备、新能源汽车、空调设备以及配电网等负载设备,可以根据实际需求增加或减少需求侧设备。

[0062] 服务器120是指用于处理大量计算任务和存储数据的远程计算机。在本方案中,服务器120上部署有电网智能调度模型,用于针对多元需求侧的电网确定电网的参数调度方案。服务器120同样可以用于收集模型使用过程中的数据,方便后续对进行优化。服务器120还包括用于进行模型计算的求解器,具体地求解器在此不做限定。

[0063] 基于此,本申请提供了一种针对多元需求侧的电网智能调度方法及相关装置,下面结合附图对本申请进行详细说明。

[0064] 请参阅图2,图2是本申请实施例提供的一种针对多元需求侧的电网智能调度方法的流程示意图,如图2所示,该方法包括如下步骤:

[0065] S210,构建针对多个需求侧的电网智能调度模型,电网智能调度模型包括多个需求侧子模型和对应于多个不同时间尺度的多个目标函数,多个目标函数包括对应于第一时间尺度的第一目标函数和对应于第二时间尺度的第二目标函数。

[0066] 其中,电网智能调度模型的构建基于对多个需求侧的建模或者参数的边界调节,电网智能调度模型包括针对多个需求侧子模型,需求侧子模型可以是基于需求侧构建模型,具体地可以是边界条件和仿真模型中的一个或多个。需求侧可以包括但不限于储能设备、新能源汽车、空调设备以及配电网等负载设备中的一个或多个,可以根据实际需求增加或减少需求侧设备。上述时间尺度用于描述电力系统中不同时间跨度的调度计划,多个不同时间尺度可以包括多个时间尺度,具体地包括第一时间尺度和第二时间尺度。目标函数是用于优化电网调度的限制条件,可以是表达式形式,目标函数可以是线性的,也可以是非线性的,取决于具体问题的复杂性和需求。一个时间尺度可以对应一个或多个目标函数,具体地,第一时间尺度对应第一目标函数,第二时间尺度对应第二目标函数。

[0067] 在一种可能的实施例中,第一时间尺度包括日前尺度,第二时间尺度包括日内尺度,多个需求侧子模型包括储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型中的至少一个;构建针对多个需求侧的电网智能调度模型包括:根据储能设备的充放电参数构建储能子模型,储能子模型包括第一约束条件,第一约束条件用于约束储能设备的功率;根据新能源汽车的充放电参数构建新能源汽车子模型,新能源汽车子模型包括第二约束条件和第三约束条件,第二约束条件用于约束充放电电量,第三约束条件用于约束使用

新能源汽车的电池电量;构建空调设备的空调子模型,空调子模型用于仿真空调设备的运行以及约束空调设备的运行功率;根据配电网的电学参数构建配电网子模型,配电网子模型包括第四约束条件,第四条件用于约束配电网的功率和电压特性;基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第一目标函数;以及,基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第二目标函数。

[0068] 其中,储能设备的充放电参数可以包括储能设备的充放电功率,也可以包括储能设备的存储电量,第一约束条件可以包括如下公式:

$$[0069] \quad U_{chr,t} P_{chr,min} \leq P_{chr,t} \leq U_{chr,t} P_{chr,max}, \text{ (公式1)},$$

$$[0070] \quad U_{dis,t} P_{dis,min} \leq P_{dis,t} \leq U_{dis,t} P_{dis,max}, \text{ (公式2)},$$

$$[0071] \quad E_t = E_{t-1} + (\eta_{chr} P_{chr,t} - P_{dis,t} / \eta_{dis}) \Delta t, \text{ (公式3)},$$

$$[0072] \quad E_{min} \leq E_t \leq E_{max}, \text{ (公式4)},$$

[0073] 其中,  $E_t$  表示储能系统的存储电量,单位为 kWh;  $P_{chr,t}$  和  $P_{dis,t}$  分别为储能设备的充、放电功率,单位为 kW;  $\eta_{chr}$ ,  $\eta_{dis}$  分别表示储能的充、放电效率;  $U_{chr,t}$ ,  $U_{dis,t}$  为蓄电池的充放电状态标记位,0时为停运,1为运行,且满足互斥约束和充放电频率约束,即:

$$[0074] \quad U_{dis,t} + U_{chr,t} \leq 1, \text{ (公式5)}。$$

[0075] 其中,新能源汽车的充放电参数可以包括充放电电量,具体地可以是n辆电动汽车在t时段的充放电电量,也可以包括新能源汽车的电池荷电量。具体地,新能源汽车子模型可以包括第二约束条件和第三约束条件,第二约束条件用于约束新能源汽车的充放电电量,第三约束条件用于约束新能源汽车的电池荷电量的值的范围,第二约束条件为一种满值约束。

[0076] 具体地,第一约束条件可以包括如下公式:

$$[0077] \quad 0 \leq E_{n,t}^{ch} \leq \theta_{ch,t} E_{n,max}^{ch}, \text{ (公式6)},$$

$$[0078] \quad 0 \leq E_{n,t}^{dis} \leq \theta_{dis,t} E_{n,max}^{dis}, \text{ (公式7)},$$

$$[0079] \quad \theta_{n,t}^{dis} + \theta_{n,t}^{chr} \leq 1, \text{ (公式8)},$$

[0080] 其中,  $E_{n,t}^{ch}$  和  $E_{n,t}^{dis}$  分别表示第n量新能源汽车在t时段的充放电电量,  $E_{n,max}^{ch}$  和  $E_{n,max}^{dis}$  分别表示第n量新能源汽车在t时段的允许的最大充放电电量,  $\theta_{ch,t}$  和  $\theta_{dis,t}$  分别表示充电和放电的状态标识,为布尔变量,布尔变量用于表示车辆当前的充电或放电状态,示例的可以用1和0表示充电和放电,  $\theta_{n,t}^{dis} + \theta_{n,t}^{chr} \leq 1$  保证充放电不同时进行。

[0081] 具体地,第二约束条件可以包括如下公式:

$$[0082] \quad \Delta S_{EV,n,t} = \sum_{\tau=t_{n,arr}}^t \frac{\eta_{ch,n} E_{n,\tau}^{ch} - \frac{E_{n,\tau}^{dis}(\tau)}{\eta_{dis,n}}}{B_{cap,n}}, \text{ (公式9)},$$

$$[0083] \quad \Delta S_{EV,n,min} \leq S_{EV,n,arr} + S_{EV,n(t)} \leq \Delta S_{EV,n,max}, \text{ (公式10)},$$

$$[0084] \quad S_{EV,n,arr} + \sum_{\tau=t_{n,arr}}^{t_{n,dep}} \frac{\eta_{ch,n} E_{n,\tau}^{ch} - \frac{E_{n,\tau}^{dis}(\tau)}{\eta_{dis,n}}}{B_{cap,n}} = S_{EV,n,dep}, \text{ (公式11)},$$

[0085] 其中,  $\Delta S_{EV,n,t}$  表示第  $n$  辆新能源汽车从开始充放电经过一段时间后到  $t$  时段时 SOC 的变化值;  $S_{EV,n,arr}$  和  $S_{EV,n,dep}$  分别表示第  $n$  辆新能源汽车开始充电和结束充电时的 SOC 值;  $\eta_{ch,n}$  和  $\eta_{dis,n}$  分别表示第  $n$  辆新能源汽车的充放电效率,  $B_{cap,n}$  表示第  $n$  辆新能源汽车电池容量,  $t_{n,arr}$  和  $t_{n,dep}$  分别表示第  $n$  辆新能源汽车接入充电桩时间和离开充电桩时间。

[0086] 其中, 空调子模型可以是用于模拟空调运行时空调符合的状态表达式, 可以包括空调自身的状态以及环境的状态, 自身的状态可以包括运行时的功率, 空调环境状态可以包括运行时对周围温度的影响。具体地, 空调的温度可以受到空调被供应的电能的功率影响。

[0087] 具体地, 空调子模型可以包括如下内容:

[0088]  $\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$ , (公式12),

[0089]  $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} \dot{T}_i(t) \\ \dot{T}_m(t) \end{bmatrix}$ ,  $x(t) = \begin{bmatrix} T_i(t) \\ T_m(t) \end{bmatrix}$ , (公式13),

[0090]  $\dot{T}_i(t) = \frac{dT_i(t)}{dt}$ , (公式14),

[0091]  $\dot{T}_m(t) = \frac{dT_m(t)}{dt}$ , (公式15),

[0092]  $u(t) = s(t)$ , (公式16),

[0093]  $A = \begin{bmatrix} -\frac{1}{C_a}(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}) & \frac{1}{C_a R_1} \\ \frac{1}{C_m R_1} & -\frac{1}{C_m R_1} \end{bmatrix}$ , (公式17),

[0094]  $B = \begin{bmatrix} \frac{1}{C_a}(\frac{T_o(t)}{R_2} + Q) \\ 0 \end{bmatrix}$ , (公式18),

[0095] 其中,  $T_i(t)$ 、 $T_m(t)$ 、 $T_o(t)$  分别表示  $t$  时刻室内温度、建筑物墙体温度和室外温度;  $R_1$  和  $R_2$  分别表示室内空气和室外、室内空气和墙体的等效热阻。  $R_1$  和  $R_2$  分别表示室内空气和室外、室内空气和墙体的等效热阻,  $C_a$  和  $C_m$  分别为室内和墙体的等效热容,  $Q$  表示空调负荷与室内的热交换量,  $s(t)$  表示  $t$  时刻空调设备负荷的开停情况。则  $t+1$  时刻空调设备的负荷的开停计算方式为:

[0096]  $s(t+1) = \begin{cases} 1, T_i(t+1) > T_{set} + 0.5\delta \\ 0, T_i(t+1) < T_{set} + 0.5\delta \\ \text{其他} \end{cases}$ , (公式19),

[0097] 其中,  $T_{set}$  表示空调负荷设定温度;  $\delta$  表示温度死区,  $s(t+1) = 1$  表示空调设备负荷开启,  $s(t+1) = 0$  表示空调设备负荷关闭。当室内温度大于温度最大限值时, 负荷开启; 当室内温度小于温度最小限值时, 负荷关闭。

[0098] 其中, 当忽略墙体部分的影响时空调设备的表达式如下:

[0099] 空调负荷关闭时,

[0100]  $T_i(t+1) = T_o(t+1) - (T_o(t+1) - T_i(t))e^{-1/RC_a}$ , (公式20),

[0101] 其中, 当空调负荷关闭时, 室内温度  $T_i(t+1)$  的变化主要受环境温度  $T_o$  和系统的热

特性(热阻 $R$ 和热容 $C_a$ )的影响。在没有额外热量输入的情况下,即无负载功率情况下,室内温度如何逐渐趋近于环境温度。

[0102] 其中,空调负荷开启时,

$$[0103] \quad T_i(t+1)=T_o(t+1)-QR-(T_o(t+1)-QR-T_i(t))e^{-1/RC_a}, \text{ (公式21)},$$

[0104] 其中,当空调负荷开启时,除了环境温度和系统的热特性外,还需要考虑空调提供的热量 $QR$ 。在有额外热量输入的情况下,即有负载功率时,室内温度如何变化。负载功率会影响空调的制冷或制热效果,进而会直接影响室内温度的变化。

[0105] 其中, $P = Q/\eta$ ,即 $Q = \eta P$ , $P$ 为空调负荷的电功率, $\eta$ 为能效比,基于上述公式20和公式21,可以得到空调设备负荷的开启时间 $t_{on}$ 和关闭时间 $t_{off}$ :

$$[0106] \quad t_{on}=C_a R \ln(1+\frac{\delta}{QR+T_{set}-0.5\delta-T_o}), \text{ (公式22)},$$

$$[0107] \quad t_{off}=C_a R \ln(1+\frac{\delta}{T_o-0.5\delta-T_{set}}), \text{ (公式23)}。$$

[0108] 其中,空调子模型还包括如下关于运行时的聚合功率的内容:

$$[0109] \quad P_{agg}=\sum_{i=1}^N s(i) \cdot P_i, \text{ (公式24)},$$

[0110] 其中, $s(i)$ 用于表示空调设备的功率的开停状态, $P_i$ 表示单个空调设备负荷的功率。可以看出空调设备负荷的聚合功率只与处于开启状态的空调负荷有关。当各空调负荷的设定温度不发生改变时,可以利用空调负荷的占空比来求得单台空调负荷的平均功率,根据上述 $t_{on}$ 和 $t_{off}$ 公式,可以将占空比表示为:

$$[0111] \quad D=\frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}}=\frac{\ln(1+\frac{\delta}{QR+T_{set}-0.5\delta-T_o})}{\ln(1+\frac{\delta}{QR+T_{set}-0.5\delta-T_o})+\ln(1+\frac{\delta}{T_o-0.5\delta-T_{set}})}, \text{ (公式25)}。$$

[0112] 当每个空调设备负荷都独立运行,且包含足够多单个空调设备负荷时,空调设备负荷的聚合功率可以近似表示为:

$$[0113] \quad P_{avg,i}=D_i P_i, \text{ (公式26)},$$

$$[0114] \quad P_{agg}=\sum_{i=1}^N s(i) \cdot P_i=\sum_{i=1}^N P_{avg,i}, \text{ (公式27)}。$$

[0115] 其中,本方案中的配电网子模型是基于Distflow潮流模型进行构建,本方案中,配电网的运行满足配电网子模型,配电网子模型包括如下公式:

$$[0116] \quad \sum_{i:i \rightarrow j}^n \left( P_{ij} - R_{ij} \frac{P_{ij}^2 + Q_{ij}^2}{V_i^2} \right) - P_j = \sum_{l:j \rightarrow l}^n P_{jl}, \text{ (公式28)},$$

$$[0117] \quad \sum_{i:i \rightarrow j}^n \left( Q_{ij} - X_{ij} \frac{P_{ij}^2 + Q_{ij}^2}{V_i^2} \right) - Q_j = \sum_{l:j \rightarrow l}^n Q_{jl}, \text{ (公式29)},$$

$$[0118] \quad V_j^2 = V_i^2 - 2(R_{ij}P_{ij} + X_{ij}Q_{ij}) + I_{ij}^2(R_{ij}^2 + X_{ij}^2), \text{ (公式30)},$$

[0119] 其中, $P_{j1}$ 和 $Q_{j1}$ 分别表示群间线路 $j1$ 上传输的有功功率和无功功率, $R_{ij}$ 和 $X_{ij}$ 表示支路的电阻值和电抗值, $P_j$ 和 $Q_j$ 分别为节点 $j$ 的负荷的有功功率和无功功率, $V_i$ 和 $V_j$ 表示节点 $i$ 和 $j$ 的电压。

[0120] 其中,第一目标函数为基于上述储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型的约束进行构建的,第一目标函数用于在满足储能子模型、新能源汽车子模

型、空调子模型以及配电网子模型的约束的基础上在第一时间尺度下进行部分参数的优化,以优化电网的调度。第二目标函数与第一目标函数同理,用于在第二时间尺度下进行部分参数的优化。具体地,第一目标函数和第二目标函数用于在满足公式1至公式30的条件下进行进一步的参数优化,使得电网的调度满足公式1至公式30以及第一目标函数和第二目标函数。

[0121] 可见,在本实施例中,给出需求侧的多个模型以及第一目标函数和第二目标函数,第一目标函数和第二目标函数与多个需求侧模型相关,可以充分结合多种资源和电网的互动,提高电网调节的可靠性和安全性。

[0122] 在一种可能的实施例中,第一时间尺度表征预测尺度,第一目标函数包括负荷波动目标函数和第一成本目标函数,基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第一目标函数,包括:获取负荷参数,负荷参数包括储能设备的第一负荷参数、新能源汽车的第二负荷参数、空调设备的第三负荷参数、配电网的第四负荷参数;以及,基于第一负荷参数、第二负荷参数、第三负荷参数以及第四负荷参数构建负荷波动目标函数;获取配电网的第一成本参数和储能设备的第二成本参数;以及,基于第一成本参数和第二成本参数构建第一成本目标函数。

[0123] 其中,第一时间尺度表征预测尺度,可以是日前尺度,日前尺度指的是提前一天或更长时间制定的调度计划,基于对未来一段时间内对不同需求侧用的电功率的调用计划。第一目标函数包括两个方向,包括用于降低电网的负荷波动目标函数以及用于提高智能电力系统运行的经济性为目标的第一成本目标函数。

[0124] 其中,储能设备的第一负荷参数、新能源汽车的第二负荷参数、空调设备的第三负荷参数、配电网的第四负荷参数可以是在当前时段之前的前序流程中储能设备、新能源汽车、空调设备、配电网的负荷参数,也可以是获取到的当前的时段负荷参数。具体地,上述负荷参数可以是各个需求侧设备使用的功率,示例的可以是新能源汽车负荷功率、空调设备的聚合功率、配电网负荷功率、储能设备负荷功率。

[0125] 具体地,在构建第一成本目标函数时还需要获取有关价格的第一成本参数和第二成本参数,示例的,可以包括配电网的外购电价或外售电价、单位弃风惩罚系数、储能设备的充放电成本等。

[0126] 具体地,负荷波动目标函数包括如下公式:

$$[0127] \quad F_1 = \min \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (P_{eq,t} - P_{av,t})^2}, \text{ (公式31)},$$

$$[0128] \quad P_{eq,t} = P_{ev,t} + P_{agg,t} + P_{L,t} + P_{chr,t} - P_{dis,t} - P_{w,t}, \text{ (公式32)},$$

$$[0129] \quad P_{av,t} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T P_{eq,t}, \text{ (公式33)},$$

[0130] 其中, $F_1$ 表示负荷曲线的标准差, $P_{ev,t}$ 为t时段第二负荷参数, $P_{agg,t}$ 为第三负荷参数, $P_{L,t}$ 为第四负荷参数, $P_{chr,t}$ 和 $P_{dis,t}$ 为第一负荷参数, $P_{w,t}$ 表示t时段风电出力,A表示一个调度时长, $P_{eq,t}$ 为t时段 $P_{ev,t}$ 、 $P_{agg,t}$ 、 $P_{L,t}$ 、 $P_{chr,t}$ 、 $P_{dis,t}$ 和 $P_{w,t}$ 之和,T为一个调度周期, $P_{av,t}$ 为一个调度周期内多个 $P_{eq,t}$ 的平均值;

[0131] 第一成本目标函数包括如下公式:

[0132]  $F_2 = \min \sum_{t=1}^T [\rho_t P_{\text{grid},t} + \lambda P_{w,t} + \gamma (P_{\text{chr},t} + P_{\text{dis},t})]$ , (公式34),

[0133] 其中,  $P_{\text{grid},t}$  为第一成本参数,  $\gamma(P_{\text{chr},t} + P_{\text{dis},t})$  为第二成本参数,  $\lambda$  为单位弃风惩罚系数,  $\rho_t$  为  $t$  时段配电网的外购电价,  $\gamma$  表示储能设备的充放电成本。

[0134] 其中,  $P_{\text{ev},t} = \frac{1}{\Delta t} \sum_{n=1}^N (E_{n,t}^{\text{ch}} - E_{n,t}^{\text{dis}})$ , (公式35)。

[0135] 其中, 可参考公式1至公式30中的具体含义。

[0136] 可见, 在本实施例中, 基于多个需求侧的负荷功率和来进行第一目标函数中负荷波动目标函数的构建, 基于多个需求侧的成本参数进行第一目标函数中第一成本目标函数的构建, 有利于充分结合多种资源和电网的互动, 提高电网调节的可靠性、安全性与经济性。

[0137] 在一种可能的实施例中, 第二时间尺度表征实时尺度, 第二目标函数包括用户满意度目标函数和第二成本目标函数, 基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第二目标函数, 包括: 获取空调设备的初始温度值, 初始温度值为进行调度前的温度值; 基于空调子模型和初始温度值构建用户满意度目标函数; 基于新能源汽车的实时第一负荷参数和配电网的实时第一成本参数构建第二成本目标函数。

[0138] 其中, 第二时间尺度表征实时尺度, 可以是日内尺度, 日内尺度是在上述日前尺度优化的基础上, 针对实际运行中的实时变化进行调整和修正。第二目标函数包括两个方向, 包括用于保持日前优化得到的储能设施出力不变的情况下提高空调用户舒适度的用户满意度目标函数以及用于减少新能源汽车充电成本、弃风成本和配电网与上级电网功率交互偏差引起的惩罚成本的第二成本目标函数。

[0139] 其中, 初始温度值可以是在当前时段之前的前序流程中空调设备的室内温度, 也可以是获取到的当前的室内温度, 对应于前文中  $T_i(t)$ 。空调子模型用于约束温度与负载功率之间的关系, 基于空调子模型的约束和当前的温度即初始温度, 构建一个可以优化调控空调设备的功率的用户满意度目标函数。

[0140] 具体地, 用户满意度目标函数用于限制室内温度不超出使得用户不满意的温度限制, 用户不满意度可以由如下公式表示:

[0141]  $PPD = \alpha (T_{\text{set}}^k - T_{\text{set}}^{k0})^2$ , (公式36),

[0142] 其中,  $\alpha$  为正比例系数,  $T_{\text{set}}^k$  为进行调度后的温度,  $T_{\text{set}}^{k0}$  为初始温度值, 即用户期望保持的温度。

[0143] 示例的, 用户在温度变化超过3摄氏度时感到不适, 所以用户目标满意度目标函数用于约束对于空调设备的负载功率的调控尽量不使得用户感到不舒适, 即, 使得室内温度变化小于3摄氏度。

[0144] 具体地, 用户满意度目标函数包括如下公式:

[0145]  $F_3 = \min (T_{\text{set}}^k - T_{\text{set}}^{k0})^2$ , (公式37),

[0146] 其中,  $T_{\text{set}}^{k0}$  为初始温度值,  $T_{\text{set}}^k$  为目标温度值, 目标温度值为待调节的温度值;

[0147] 第二成本目标函数包括如下公式:

[0148]  $F_4 = \min \sum_{t=1}^T \{c_t \sum_{n=1}^N [(E_{n,t}^{\text{ch}} - E_{n,t}^{\text{dis}}) - \lambda P_{w,t} + \mu \Delta P_{\text{grid},t}]\}$ , (公式38),

[0149] 其中,  $(E_{n,t}^{\text{ch}} - E_{n,t}^{\text{dis}})$  为新能源汽车负荷,  $c_t$  为实时第一负荷参数,  $N$  为使用新能源汽车的车辆数量,  $\mu$  为配电网与上级电网功率交互偏差单位惩罚系数。

[0150] 需要说明的是, 上述风电出力为由风力发电系统接入电网, 对电网产生的电力需求和供给, 相当于接入电网的另一电能来源。

[0151] 可见, 在本实施例中, 基于空调设备的空调子模型和 初始温度来进行日内尺度的第二目标函数中用户满意度目标函数的构建, 基于多个需求侧的成本参数进行日内尺度的第二目标函数中第二成本目标函数的构建, 有利于充分结合多种资源和电网的互动, 提高电网调节的可靠性、安全性与经济性, 提高用户满意度。

[0152] S220, 根据电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集, 每个需求侧子模型对应一个预测需求侧参数集和实时需求侧参数集。

[0153] 其中, 当确定好电网智能调度模型进行使用时, 在第一时间尺度下时, 获取各需求侧的电网智能调度模型中所需的部分或所有对应的数据, 即预测需求侧参数集。

[0154] 其中, 在实时进行电网智能调度时, 即, 在第二时间尺度下时, 获取各需求侧的电网智能调度模型中所需的部分或所有对应的数据, 即实时需求侧参数集。

[0155] 其中, 预测需求侧参数集与实时需求侧参数集需要获取的数据可以是相同的也可以是不同的。在第一时间尺度下的第一目标函数与第二时间尺度下的第二目标函数不同时, 需要获取的数据根据第一目标函数和第二目标函数的不同部分进行改变。

[0156] 具体地, 当第一目标函数包括负荷波动目标函数和第一成本目标函数, 则获取的预测需求侧参数集除了储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型所需要的参数, 还需要包括负荷波动目标函数和第一成本目标函数所需要的参数。当第二目标函数包括用户满意度目标函数和第二成本目标函数, 则获取的预测需求侧参数集除了储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型所需要的参数, 还需要包括用户满意度目标函数和第二成本目标函数所需要的参数。

[0157] S230, 根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集, 第一目标调度数据集用于指示在第一时间尺度下电网参数的调度方向。

[0158] 其中, 在第一时间尺度下, 即, 在日前尺度下, 根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集, 具体地可以通过求解器进行求解, 具体地求解器可以为 CPLEX、GLPK、lpsolve、CMIP、MATLAB 求解器等等, 在此不作限定。

[0159] 其中, 在求解后可以得到指示电网进行日前调度的第一目标调度数据集, 其中, 第一目标调度数据集可以是求解后得到的功率调节目标。

[0160] S240, 根据多个实时需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第二目标函数进行求解得到第二目标调度数据集, 第一目标调度数据集用于指示在第二时间尺度下电网参数的调度方向。

[0161] 其中, 在第二时间尺度下, 即日内尺度, 根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集, 具体地可以通过求解器进行求解, 具体地求解器可以为 CPLEX、GLPK、lpsolve、CMIP、MATLAB 求解器等等, 在此不作限定。

[0162] 其中,在求解后可以得到指示电网进行日内调度的第二目标调度数据集,其中,第一目标调度数据集可以是求解后得到的功率调节目标。

[0163] 其中,日内调度和日前调度可以是不同时的分层调度,即可以先进行日前调度后在日前调度的基础上进行日内调度,也可以先进行日前尺度的电网智能调度模型求解,得到第一目标调度数据集,然后在日前尺度下进行电网智能调度模型求解,得到第二目标调度数据集,综合第一目标调度数据集和第二目标调度数据集,进行统一调度。

[0164] S250,根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,电网的参数调度方案为综合第一时间尺度和第二时间尺度的电网参数调节的方案,用于进行电网的智能调度。

[0165] 其中,在得到第一目标调度数据集和第二目标调度数据集后,根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集进行综合得到一个完整的电网的调度方案。

[0166] 具体地,在得到第一目标调度数据集和第二目标调度数据集及后为了保证电网的安全性还需要对调度数据进行验证。

[0167] 在一种可能的实施例中,根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,包括:基于第一目标调度数据集和第一预设校核标准进行校核得到第一校核结果,第一校核结果包括满足要求;基于第二目标调度数据集和第二预设校核标准进行校核得到第二校核结果,第二校核结果包括满足要求;若第一校核结果为满足要求且第二校核结果为满足要求,则根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案。

[0168] 其中,第一预设校核标准和第二预设校核标准可以是预设的用于进行校核的标准范围,可以是针对每一个输出结果的范围阈值的验证方式,也可以是其他,在此不做限定。第一校核结果和第二校核结果都还包括不满足要求。

[0169] 其中,当输出的第一目标调度数据集和第二目标调度数据集输出的第一校核结果和第二校核结果都满足要求,则根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案。当输出的第一校核结果和第二校核结果有不满足要求,则重新执行求解器求解过程,即步骤S230和步骤S240,或者,步骤S230或步骤S240。当第一目标调度数据集和第二目标调度数据集为同时得到,则当输出的第一校核结果和第二校核结果有不满足要求,则重新执行求解器求解过程,即步骤S230和步骤S240。当第一目标调度数据集和第二目标调度数据集为不同时间得到,即日前和日内,则当输出的第一校核结果或第二校核结果有不满足要求,则重新执行求解器求解过程,即步骤S230或步骤S240。

[0170] 可见,在求解后对输出的第一目标调度数据集和第二目标调度数据集进行校验,以确定输出结果是安全可执行的,有利于提高电网调节的可靠性、安全性。

[0171] 可见,通过实施本申请实施例,构建针对多个需求侧的电网智能调度模型,电网智能调度模型包括多个需求侧子模型和对应于多个不同时间尺度的多个目标函数,多个目标函数包括对应于第一时间尺度的第一目标函数和对应于第二时间尺度的第二目标函数;根据电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集,每个需求侧子模型对应一个预测需求侧参数集和实时需求侧参数集;根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第一时间尺度下电网参数的调度方向;根据多个实时需求侧参数集、多个需求

侧子模型以及第二目标函数进行求解得到第二目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第二时间尺度下电网参数的调度方向;根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,电网的参数调度方案为综合第一时间尺度和第二时间尺度的电网参数调节的方案,用于进行电网的智能调度。本申请考虑多种需求侧之间在多时间尺度下的协同互动,构建了电网智能调节模型,然后根据模型基于第一时间尺度和第二时间尺度下确定的调度方案,有利于充分结合多种资源和电网的互动,提高电网调节的可靠性、安全性与经济性,提高用户体验感。

[0172] 请参见图3,图3是本申请实施例提出的一种针对多元需求侧的电网智能调度装置的结构示意图,针对多元需求侧的电网智能调度装置300包括:构建模块310、获取模块320、第一求解模块330、第二求解模块340、确定模块350,其中,

[0173] 构建模块310,用于构建针对多个需求侧的电网智能调度模型,电网智能调度模型包括多个需求侧子模型和对应于多个不同时间尺度的多个目标函数,多个目标函数包括对应于第一时间尺度的第一目标函数和对应于第二时间尺度的第二目标函数;

[0174] 获取模块320,用于根据电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集,每个需求侧子模型对应一个预测需求侧参数集和实时需求侧参数集;

[0175] 第一求解模块330,用于根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第一时间尺度下电网参数的调度方向;

[0176] 第二求解模块340,用于根据多个实时需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第二目标函数进行求解得到第二目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第二时间尺度下电网参数的调度方向;

[0177] 确定模块350,用于根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,电网的参数调度方案为综合第一时间尺度和第二时间尺度的电网参数调节的方案,用于进行电网的智能调度。

[0178] 在一种可能的实施例中,第一时间尺度包括日前尺度,第二时间尺度包括日内尺度,多个需求侧子模型包括储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型中的至少一个;构建模块310在构建针对多个需求侧的电网智能调度模型方面,具体用于:

[0179] 根据储能设备的充放电参数构建储能子模型,储能子模型包括第一约束条件,第一约束条件用于约束储能设备的功率;

[0180] 根据新能源汽车的充放电参数构建新能源汽车子模型,新能源汽车子模型包括第二约束条件和第三约束条件,第二约束条件用于约束充放电电量,第三约束条件用于约束使用新能源汽车的电池电量;

[0181] 构建空调设备的空调子模型,空调子模型用于仿真空调设备的运行以及约束空调设备的运行功率;

[0182] 根据配电网的电学参数构建配电网子模型,配电网子模型包括第四约束条件,第四条件用于约束配电网的功率和电压特性;

[0183] 基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第一目标函数;以及,基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第二目标函数。

[0184] 在一种可能的实施例中,第一时间尺度表征预测尺度,第一目标函数包括负荷波动目标函数和第一成本目标函数,构建模块310在基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第一目标函数和第二目标函数方面,具体用于:

[0185] 获取负荷参数,负荷参数包括储能设备的第一负荷参数、新能源汽车的第二负荷参数、空调设备的第三负荷参数、配电网的第四负荷参数;以及,基于第一负荷参数、第二负荷参数、第三负荷参数以及第四负荷参数构建负荷波动目标函数;

[0186] 获取配电网的第一成本参数和储能设备的第二成本参数;以及,基于第一成本参数和第二成本参数构建第一成本目标函数。

[0187] 在一种可能的实施例中,第二时间尺度表征实时尺度,第二目标函数包括用户满意度目标函数和第二成本目标函数,构建模块310在基于储能子模型、新能源汽车子模型、空调子模型以及配电网子模型构建第二目标函数方面,具体用于:

[0188] 获取空调设备的初始温度值,初始温度值为进行调度前的温度值;

[0189] 基于空调子模型和初始温度值构建用户满意度目标函数;

[0190] 基于新能源汽车的实时第一负荷参数和配电网的实时第一成本参数构建第二成本目标函数。

[0191] 在一种可能的实施例中,负荷波动目标函数包括如下公式:

$$[0192] \quad F_1 = \min \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (P_{eq,t} - P_{av,t})^2},$$

$$[0193] \quad P_{eq,t} = P_{ev,t} + P_{agg,t} + P_{L,t} + P_{chr,t} - P_{dis,t} - P_{w,t},$$

$$[0194] \quad P_{av,t} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T P_{eq,t},$$

[0195] 其中, $F_1$ 表示负荷曲线的标准差, $P_{ev,t}$ 为t时段第二负荷参数, $P_{agg,t}$ 为第三负荷参数, $P_{L,t}$ 为第四负荷参数, $P_{chr,t}$ 和 $P_{dis,t}$ 为第一负荷参数, $P_{w,t}$ 表示t时段风电出力,A表示一个调度时长,T为一个调度周期;

[0196] 第一成本目标函数包括如下公式:

$$[0197] \quad F_2 = \min \sum_{t=1}^T [\rho_t P_{grid,t} + \lambda P_{w,t} + \gamma (P_{chr,t} + P_{dis,t})],$$

[0198] 其中, $P_{grid,t}$ 为第一成本参数, $\gamma(P_{chr,t} + P_{dis,t})$ 为第二成本参数, $\lambda$ 为单位弃风惩罚系数, $\rho_t$ 为t时段配电网的外购电价, $\gamma$ 表示储能设备的充放电成本。

[0199] 在一种可能的实施例中,用户满意度目标函数包括如下公式:

$$[0200] \quad F_3 = \min (T_{set}^k - T_{set}^{k0})^2,$$

[0201] 其中, $T_{set}^{k0}$ 为初始温度值, $T_{set}^k$ 为目标温度值,目标温度值为待调节的温度值;

[0202] 第二成本目标函数包括如下公式:

$$[0203] \quad F_4 = \min \sum_{t=1}^T \{c_t \sum_{n=1}^N [(E_{n,t}^{ch} - E_{n,t}^{dis}) - \lambda P_{w,t} + \mu \Delta P_{grid,t}]\},$$

[0204] 其中, $(E_{n,t}^{ch} - E_{n,t}^{dis})$ 为新能源汽车负荷, $c_t$ 为实时第一负荷参数,N为使用新能源汽车的车辆数量, $\mu$ 为配电网与上级电网功率交互偏差单位惩罚系数。

[0205] 在一种可能的实施例中,确定模块350在根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案方面,具体用于:

[0206] 基于第一目标调度数据集和第一预设校核标准进行校核得到第一校核结果,第一校核结果包括满足要求;

[0207] 基于第二目标调度数据集和第二预设校核标准进行校核得到第二校核结果,第二校核结果包括满足要求;

[0208] 若第一校核结果为满足要求且第二校核结果为满足要求,则根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案。

[0209] 可见,在本实施例中,构建针对多个需求侧的电网智能调度模型,电网智能调度模型包括多个需求侧子模型和对应于多个不同时间尺度的多个目标函数,多个目标函数包括对应于第一时间尺度的第一目标函数和对应于第二时间尺度的第二目标函数;根据电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集,每个需求侧子模型对应一个预测需求侧参数集和实时需求侧参数集;根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第一时间尺度下电网参数的调度方向;根据多个实时需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第二目标函数进行求解得到第二目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第二时间尺度下电网参数的调度方向;根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,电网的参数调度方案为综合第一时间尺度和第二时间尺度的电网参数调节的方案,用于进行电网的智能调度。本申请考虑多种需求侧之间在多时间尺度下的协同互动,构建了电网智能调节模型,然后根据模型基于第一时间尺度和第二时间尺度下确定的调度方案,有利于充分结合多种资源和电网的互动,提高电网调节的可靠性、安全性与经济性。

[0210] 值得指出的是,其中,针对多元需求侧的电网智能调度装置的具体功能实现方式参见上述图2所示的针对多元需求侧的电网智能调度方法的描述,比如构建模块310用于实现执行S210的相关内容。针对多元需求侧的电网智能调度装置300中的各个单元或模块能够分别或全部合并为一个或若干个另外的单元或模块来构成,或者其中的某个(些)单元或模块还能够再拆分为功能上更小的多个单元或模块来构成,这能够实现同样的操作,而不影响本发明的实施例的技术效果的实现。上述单元或模块是基于逻辑功能划分的,在实际应用中,一个单元(或模块)的功能由多个单元(或模块)来实现,或者多个单元(或模块)的功能由一个单元(或模块)实现。

[0211] 可以看出,本申请实施例中所描述的针对多元需求侧的电网智能调度装置,通过构建针对多个需求侧的电网智能调度模型,电网智能调度模型包括多个需求侧子模型和对应于多个不同时间尺度的多个目标函数,多个目标函数包括对应于第一时间尺度的第一目标函数和对应于第二时间尺度的第二目标函数;根据电网智能调度模型获取多个预测需求侧参数集和多个实时需求侧参数集,每个需求侧子模型对应一个预测需求侧参数集和实时需求侧参数集;根据多个预测需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第一目标函数进行求解得到第一目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第一时间尺度下电网参数的调度方向;根据多个实时需求侧参数集、多个需求侧子模型以及第二目标函数进行求解得到第二目标调度数据集,第一目标调度数据集用于指示在第二时间尺度下电网参数的调度方向;根据第一目标调度数据集和第二目标调度数据集确定电网的参数调度方案,电网的参数调度方案为综合第一时间尺度和第二时间尺度的电网参数调节的方案,用于进行电网

的智能调度。本申请考虑多种需求侧之间在多时间尺度下的协同互动,构建了电网智能调节模型,然后根据模型基于第一时间尺度和第二时间尺度下确定的调度方案,有利于充分结合多种资源和电网的互动,提高电网调节的可靠性、安全性与经济性,提高用户体验感。

[0212] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的装置,可通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如上述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性或其它的形式。

[0213] 上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单元来实现本实施例方案的目的。

[0214] 另外,在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0215] 在采用集成的单元的情况下,请参阅图4,图4是本申请实施例提供的另一种针对多元需求侧的电网智能调度装置的结构示意图,如图4所示,针对多元需求侧的电网智能调度装置300包括:处理模块301和通信模块302。处理模块301用于针对多元需求侧的电网智能调度装置300的动作进行控制管理,例如,执行构建模块310、获取模块320、第一求解模块330、第二求解模块340、确定模块350的步骤,和/或用于执行本文所描述的技术的其它过程。通信模块302用于针对多元需求侧的电网智能调度装置与其他负载侧之间的数据交互。如图4所示,针对多元需求侧的电网智能调度装置300还可以包括存储模块303,存储模块303用于存储针对多元需求侧的电网智能调度装置300的程序代码和数据。

[0216] 其中,处理模块301可以是处理器或控制器,例如可以是中央处理器(Central Processing Unit,CPU),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),现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、晶体管逻辑器件、硬件部件或者其任意组合。其可以实现或执行结合本申请公开内容所描述的各种示例性的逻辑方框,模块和电路。处理器也可以是实现计算功能的组合,例如包含一个或多个微处理器组合,DSP和微处理器的组合等等。通信模块302可以是收发器、RF电路或通信接口等。存储模块303可以是存储器。

[0217] 其中,上述方法实施例涉及的所有相关内容均可以援引到对应功能模块的功能描述,在此不再赘述。上述针对多元需求侧的电网智能调度装置300可执行上述图2所示的针对多元需求侧的电网智能调度方法。

[0218] 请参阅图5,图5是本申请实施例提出的一种电子设备的结构示意图,如图所示,该电子设备500包括处理器510、存储器520、通信接口530以及一个或多个程序521,上述一个或多个程序521被存储在上述存储器520中,并且被配置由上述处理器510执行。

[0219] 处理器510、存储器520、通信接口530相互连接,并且完成相互间的通信工作;

[0220] 其中,存储器520可以是易失性存储器如动态随机存储器DRAM,也可以是非易失性存储器如机械硬盘。上述存储器520用于存储一组可执行程序代码,上述处理器510用于调用存储器520中存储的一个或多个程序521,可以执行如上述图2实施例中记载的任何针对多元需求侧的电网智能调度方法的部分或全部步骤。

[0221] 其中,电子设备500可以包括智能手机(如Android手机、iOS手机、Windows Phone手机等)、平板电脑、掌上电脑、行车记录仪、车载电子设备、服务器、笔记本电脑、移动互联网电子设备(MID, Mobile Internet Devices)或穿戴式电子设备(如智能手表、蓝牙耳机)等,上述仅是举例,而非穷举,包含但不限于上述电子设备。

[0222] 本申请实施例还提供一种计算机存储介质,其中,该计算机存储介质存储用于针对多元需求侧的电网智能调度的计算机程序,该计算机程序使得计算机执行如上述方法实施例中记载的任一方法的部分或全部步骤,上述计算机包括电子设备。

[0223] 本申请实施例还提供一种计算机程序产品,上述计算机程序产品包括存储了计算机程序的非瞬时性计算机可读存储介质,上述计算机程序可操作来使计算机执行如上述方法实施例中记载的任一方法的部分或全部步骤。该计算机程序产品可以为一个软件安装包,上述计算机包括电子设备。

[0224] 需要说明的是,对于前述的各方法实施例,为了简单描述,故将其都表述为一系列的动作组合,但是本领域技术人员应该知悉,本申请并不受所描述的动作顺序的限制,因为依据本申请,某些步骤可以采用其他顺序或者同时进行。其次,本领域技术人员也应该知悉,说明书中所描述的实施例均属于优选实施例,所涉及的动作和模块并不一定是本申请所必须的。

[0225] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中未详述的部分,可以参见其他实施例的相关描述。

[0226] 上述集成的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器中。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储器中,包括若干指令用以使得一台计算机电子设备(可为个人计算机、电子设备或者网络电子设备等)执行本申请各个实施例上述方法的全部或部分步骤。而前述的存储器包括:U盘、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、移动硬盘、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0227] 本领域普通技术人员可以理解上述实施例的各种方法中的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件来完成,该程序可以存储于一计算机可读存储器中,存储器可以包括:闪存盘、只读存储器(英文:Read-Only Memory, 简称:ROM)、随机存取器(英文:Random Access Memory, 简称:RAM)、磁盘或光盘等。

[0228] 以上对本申请实施例进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

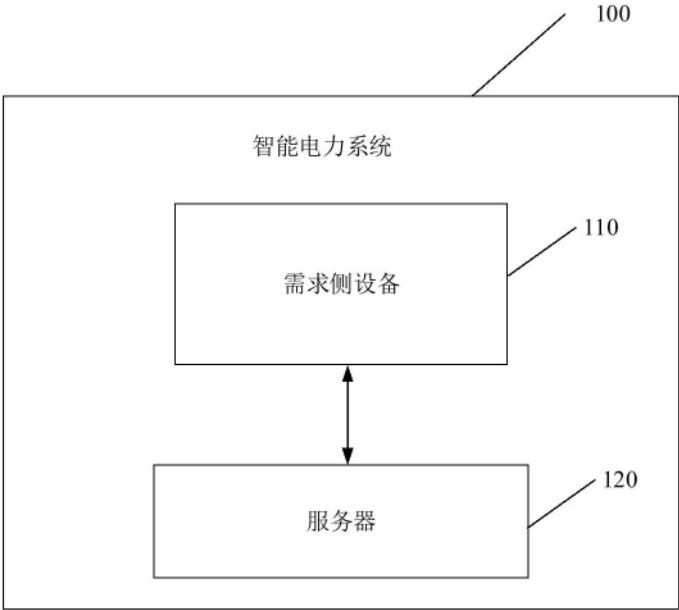


图1

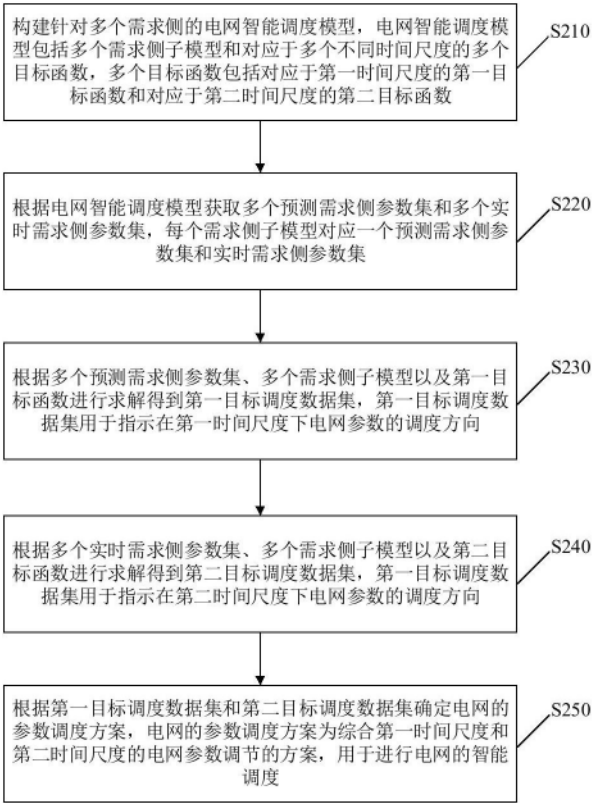


图2

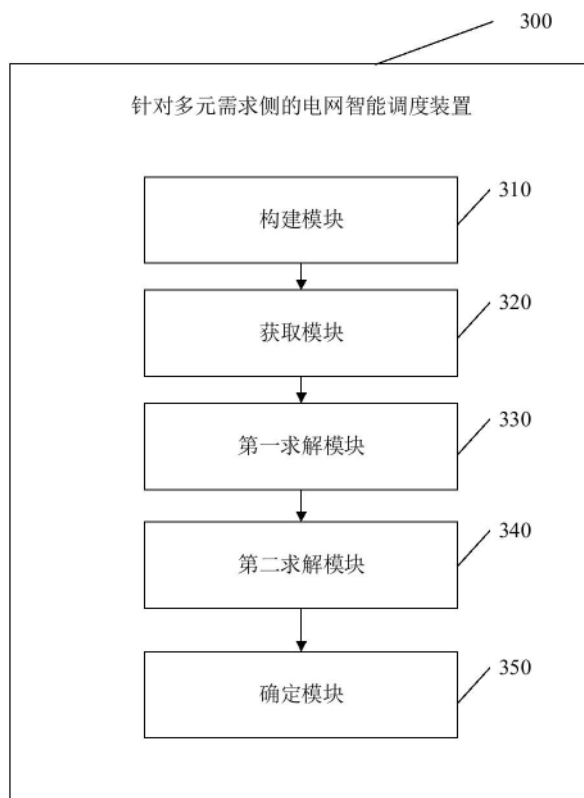


图3

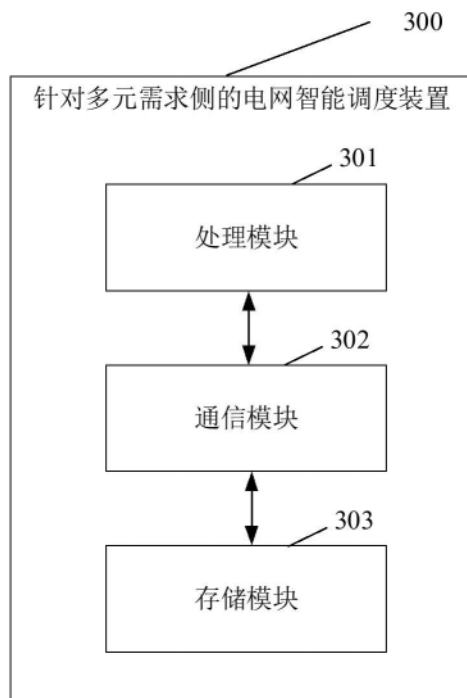


图4

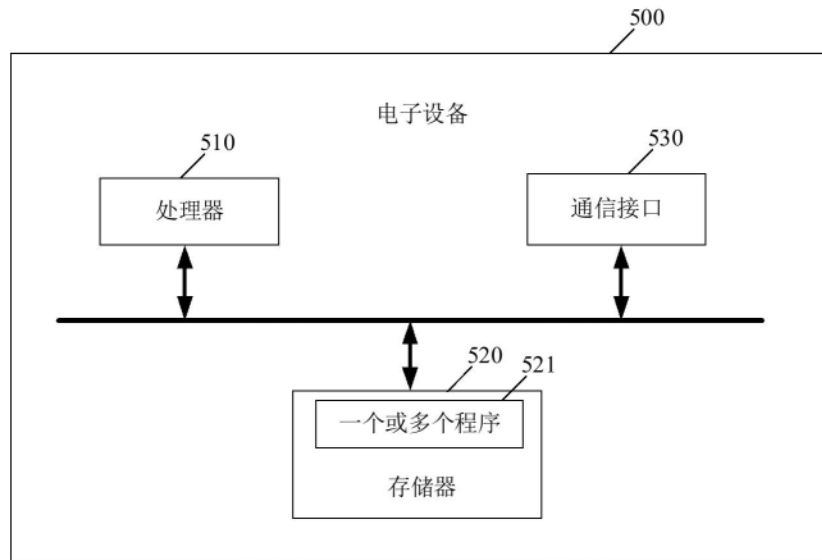


图5