



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110533311 B

(45) 授权公告日 2022. 07. 15

(21) 申请号 201910774257.5

(22) 申请日 2019.08.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110533311 A

(43) 申请公布日 2019.12.03

(73) 专利权人 三峡大学
地址 443002 湖北省宜昌市西陵区大学路8号

(72) 发明人 程江洲 潘飞

(74) 专利代理机构 宜昌市三峡专利事务所
42103
专利代理师 吴思高

(51) Int. Cl.
G06Q 10/06 (2012.01)
G06Q 50/06 (2012.01)

(56) 对比文件

- CN 106253268 A, 2016.12.21
 - CN 105826944 A, 2016.08.03
 - CN 109390958 A, 2019.02.26
 - CN 108306288 A, 2018.07.20
 - CN 102810874 A, 2012.12.05
 - CN 110059970 A, 2019.07.26
 - JP 2007330002 A, 2007.12.20
 - JP 2014150627 A, 2014.08.21
- 林赞. “电力市场环境多微电网博弈调度研究”. 《工程科技II辑》. 2019, (第12期), C042-1042.

审查员 聂听之

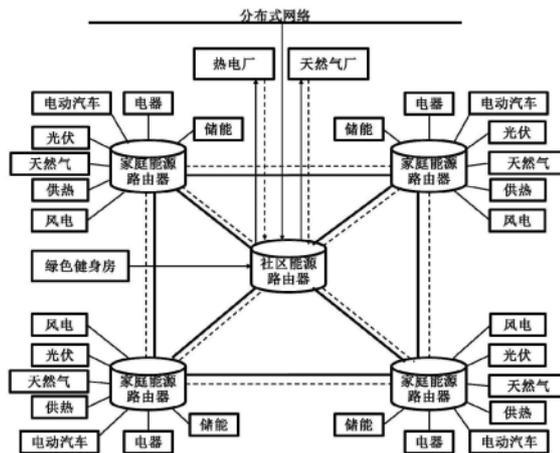
权利要求书4页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

基于能源路由器的智能社区协调调度系统及方法

(57) 摘要

基于能源路由器的智能社区协调调度系统，包括家庭能源路由器、社区能源路由器；所述家庭能源路由器包括第一电力变换模块、第一中心控制模块、第一用能监控模块、第一信息储存模块、阀门控制模块、第一通信系统；所述社区能源路由器包括第二电力变换模块、第二中心控制模块、第二用能监控模块、第二信息储存模块、第二通信系统；所述第一通信系统、第二通信系统均与云平台智能社区管理系统交互连接。本发明充分消纳了可再生能源风能、太阳能、人力做功的产生的电能，大大降低了社区及家庭的用能成本；实现了智能社区风、光、电、热、气、人力发电的协调调度。



1. 基于能源路由器的智能社区协调调度系统,其特征在于包括家庭能源路由器、社区能源路由器;

所述家庭能源路由器包括第一电力变换模块、第一中心控制模块、第一用能监控模块、第一信息储存模块、阀门控制模块、第一通信系统;

第一中心控制模块分别与第一电力变换模块、第一用能监控模块、第一信息储存模块、阀门控制模块、第一通信系统连接;

所述社区能源路由器包括第二电力变换模块、第二中心控制模块、第二用能监控模块、第二信息储存模块、第二通信系统;

第二中心控制模块分别与第二电力变换模块、第二用能监控模块、第二信息储存模块、第二通信系统连接;

所述第一通信系统、第二通信系统均与云平台智能社区管理系统交互连接;

协调调度方法包括以下步骤:

步骤1:以智能社区用能成本W最小为目标,进行协调调度,成本函数如下式:

$$\min W = W_1 - W_2 + W_3 + W_4 \quad (1)$$

其中, W_1 是社区的电费, W_2 是向供热和供气厂售卖电能的盈利, W_3 是社区的天然气费; W_4 是社区的供热费;

步骤2:对于实施光伏发电、风力发电和人力发电的社区,用电成本,如公式所示:

$$\begin{cases} \min W_1 = -P_{gf}(i,t) \times \theta & P_{gm}(i,t) \leq 0 \\ \min W_1 = \sum_{t=1}^T P_{gm}(t) J(t) - P_{gf}(i,t) \times \theta & P_{gm}(i,t) \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中, $J(t)$ 价格是指时间t的电价, $P_{gm}(t)$ 表示从电网购买电能, $P_{gf}(i,t)$ 是指光伏输出功率, θ 是光伏电能每千瓦时补助系数;

步骤3:通过能源路由器与社区附近的天然气产商,供热厂互联,直接售卖电能,实现电转气或电转热,供气厂与供热厂通过有限次竞价博弈方式购买余电,且双方出价不得低于社区售电出价 $price(t)$,最大限度的降低社区的用能成本,盈利如下式:

$$\begin{cases} \min W_2 = |P_{gm}(i,t)| \times \eta(t) & P_{gm}(i,t) \leq 0, \eta(t) \geq \mu(t) \\ \min W_2 = |P_{gm}(i,t)| \times \mu(t) & P_{gm}(i,t) \leq 0, \eta(t) \leq \mu(t) \end{cases} \text{ and } \eta(t), \mu(t) \geq price(t) \quad (3)$$

其中, $\eta(t)$ 是电转气售价, $\mu(t)$ 是电转热售价, $price(t)$ 是社区售电出价;

$$P_j(i,t) = P_{buy}(i,t) - P_{sell}(i,t) \quad (4);$$

$$P_j(i,t) = P_L(i,t) - P_{gf}(i,t) - P_{fl}(i,t) - P_{rl}(i,t) - P_{fd}(i,t) + P_{cd}(i,t), \text{ 其中: } i \in N \quad (5);$$

$$P_L(i,t) = P_a(i,t) + P_b(i,t) + P_c(i,t) \quad (6);$$

其中, N 是社区住宅数, $P_{buy}(i,t)$ 和 $P_{sell}(i,t)$ 是指购买能力和销售能力, $P_L(i,t)$ 是总负荷, $P_{cd}(i,t)$ 和 $P_{fd}(i,t)$ 储能设备的充电功率和放电功率, $P_{fl}(i,t)$ 是指风力发电输出功率, $P_{rl}(i,t)$ 是人力发电输出功率, $P_a(i,t)$, $P_b(i,t)$ 和 $P_c(i,t)$ 是不可中断负荷,核心负荷和温控负荷的功耗, $P_j(i,t)$ 是家庭的净负荷;

步骤4:智能社区内部电能的售价采用当天谷时的电价 J_{fg} ,为了保证售价的公平,结合Dijkstra算法计算得到能源互联网中电能卖方和买方之间在智能社区能源互联网络的距离 $l(i,j)$,对电价 J_{fg} 进行修正;

$$J_{fg}(i, j) = J_{fg} \times \left(1 + \frac{l(i, j)}{10 \times L}\right) \quad (7)$$

其中, L 为社区能源互联网络中任意两个家庭之间互联距离的最大值;
当净负荷为正时,家庭需要购买电能,反之,可出售电能:

$$P_{gm}(t) = \sum_{i=1}^N P_j(i, t) \quad (8)$$

$$\begin{cases} 0 \leq P_{sell}(i, t) \leq P_{sell}^{\max} \rho_{sell}(i, t) \\ 0 \leq P_{buy}(i, t) \leq P_{buy}^{\max} \rho_{buy}(i, t) \end{cases} \quad (9)$$

其中, P_{sell}^{\max} 和 P_{buy}^{\max} 是最大销售和购买有功功率,通常等于家用能源路由器的最大工作功率; ρ_{sell} 和 ρ_{buy} 是变量0/1,用于表示买卖的状态;

$$\begin{cases} 0 \leq P_{cd}(i, t) \leq P_{cd}^{\max} D_{cd}(i, t) \\ 0 \leq P_{fd}(i, t) \leq P_{fd}^{\max} D_{fd}(i, t) \end{cases} \quad (10)$$

$$E_{cn}^{\max} \times 20\% \leq E_{cn}(i, t) \leq E_{cn}^{\max} \quad (11)$$

其中, P_{cd}^{\max} 和 P_{fd}^{\max} 是储能设备充电和放电有功功率的上限, D_{cd} 和 D_{fd} 是变量0/1,用来表示充放电的状态; $D_{cd}(i, t) + D_{fd}(i, t) \leq 1$ 时,禁止同时充电和放电, E_{cn}^{\max} 是储能设备的最大储量;

步骤5:通过云平台智能社区管理系统的天然气总成本如下式:

$$\min W_3 = \sum_{i=1}^N \sum_{t=0}^T \text{TRQ}(i, t) \times \beta(t) \quad (12)$$

式中, $\beta(t)$ 是 t 时间的天然气价格;

通过云平台智能社区管理系统的供热总成本如下式:

$$\min W_4 = \sum_{i=1}^N \sum_{t=0}^T Q_{dr}(i, t) \times \varphi(t) \quad (13)$$

其中, $\varphi(t)$ 是 t 时间的热价格。

2. 根据权利要求1所述基于能源路由器的智能社区协调调度系统,其特征在于:

所述第一电力变换模块,用于实现家庭中:风电、光伏、用电设备、储能设备的电能输入/输出中的交直流变换、升降压变换、频率变换、电能质量调节;

所述第一中心控制模块,用于控制第一电力变换模块和阀门控制模块,以及处理第一用能监控模块采集的信号;

所述第一用能监控模块,用于实时监控家庭用电设备使用时的电压、电流、有功功率、无功功率、储能设备的电量、多种能源发电的出力、天然气的使用量、供热流量、室内温度和天然气热水器温度;

所述第一信息储存模块,用于第一用能监控模块采集的数据实时存储;

所述阀门控制模块,用于天然气、供热进户控制;

所述第二电力变换模块,用于实现社区健身发电设备、社区用电设备和储能设备的电能输入/输出中的交直流变换、升降压变换、电能质量调节;实现电网与用户的互联;

所述第二中心控制模块,用于控制第二电力变换模块;

所述第二用能监控模块,用于实时监控社区总用能情况、绿色健身房实时发电情况;

所述第二信息储存模块,用于第二用能监控模块采集的数据实时存储;

所述云平台智能社区管理系统,用于实现用能情况预测、多种能源发电出力预测、协调调度、线上交易、信息处理、信息推送、电-电交易、电-气交易、电-热交易、大数据分析用户用电规划、智能节能预警。

3. 根据权利要求1所述基于能源路由器的智能社区协调调度系统,其特征在于:

所述第一电力变换模块,其包括:

与AC220V连接的第一AC-DC模块、以及与储能设备、直流用电设备连接的第一DC-DC模块;

与光伏连接的第二AC-DC模块、以及与交流用电设备连接的第一DC-AC模块;

与风电连接的第三AC-DC模块、以及与非常频率用电设备连接的变频电路;

所述第一AC-DC模块、第二AC-DC模块、第三AC-DC模块、第一DC-DC模块、第一DC-AC模块、变频电路均连接第一控制模块;

所述第二电力变换模块,其包括:

与AC220V连接的第四AC-DC模块;

与绿色健身房健身发电设备连接的第五AC-DC模块;

与用户网络连接的第二DC-AC模块;

第四AC-DC模块、第五AC-DC模块、第二DC-AC模块均连接第二控制模块。

4. 根据权利要求1所述基于能源路由器的智能社区协调调度系统,其特征在于:

所述第一用能监控模块,对于家庭用电、用热、用气的监控方式采用实时计量的方式。

5. 根据权利要求1所述基于能源路由器的智能社区协调调度系统,其特征在于:

所述社区能源路由器与供气厂、供热厂、绿色健身房互联;

供热厂包括地泵供热系统,地泵能从自然界的空气、水或土壤中获取热量,经过电力做功,可以把消耗的电能转换为3倍甚至3倍以上的热能;

绿色健身房包括健身设备安装的发电装置,通过人力做功产生电能的分布式能源;

所述社区能源路由器与供热厂、天然气产商互联,实现电转换气、或电转换热,供气厂与供热厂通过有限次竞价博弈方式购买余电。

6. 根据权利要求1所述基于能源路由器的智能社区协调调度系统,其特征在于:

步骤4中,核心负荷的功率约束:

$$\begin{cases} p_b^{\min} \leq p_b^t \leq p_b^{\max} & \forall t \in [t_b^s, t_b^e] \\ p_b^t = 0 & \forall t \notin [t_b^s, t_b^e] \end{cases} \quad (14)$$

其中: p_b^t 是核心负荷的实时有功功率, p_b^{\max} 和 p_b^{\min} 是核心负荷的上下有功功率限制, t_b^s 和 t_b^e 表示核心负荷开始时间和结束时间;

温控负荷的功率约束:

$$\begin{cases} 0 \leq p_c^t \leq p_c^{\max} & \forall t \in [t_c^s, t_c^e] \text{ and } T_i^t \geq T^{\min} \\ p_c^{\min} \leq p_c^t \leq p_c^{\max} & \forall t \in [t_c^s, t_c^e] \text{ and } T_i^t \leq T^{\max} \\ p_c^t = 0 & \forall t \notin [t_c^s, t_c^e] \end{cases} \quad (15)$$

其中, p_c^{\max} 和 p_c^{\min} 是温控负荷的上下有功功率限制, t_c^s 和 t_c^e 表示温控负荷的开始时间和结束时间, T^{\max} 和 T^{\min} 是温控负荷的上下温度要求; 在温控负荷的操作期间, 当满足温度需求时, 最小功耗可以是0; 否则, 功耗是温控负荷的额定功率;

不可中断负荷以额定功率工作, 此类负荷开始使用后须经过一段时间才能断电。

基于能源路由器的智能社区协调调度系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及能源互联和微电网系统技术领域,具体涉及一种基于能源路由器的智能社区协调调度系统及方法。

背景技术

[0002] 随着能源危机的发展,光伏、风电、人力发电等分布式能源受到广泛关注,其分散化,间歇性和波动性等缺点使其无法大规模应用,传统上,电能、热能、天然气等能源管理系统都是独立开来,各种能源之间没有交互,能源利用率低,易出现弃能的情况,随之能源互联网的概念被提出,能源互联网是能量与信息紧密耦合实现安全高效协调共享的新型能源利用体系,可以灵活高效的利用多种能源,缓解能源危机,同时也符合低碳、绿色、可持续发展理念。

[0003] 同时进入21世纪以来,随着社会的高速发展,社区分布式能源发电、供热和供气普及度越来越高,如何实现社区能源互联和能源管理,直接影响到社区光伏、风电、人力发电等分布式能源的消纳、电能的高效变换以及气、热能的高效利用。因此,其能源互联框架和能源管理策略具有重要的研究价值和应用前景。

发明内容

[0004] 为解决上述技术问题,本发明提供一种基于能源路由器的智能社区协调调度系统及方法,本发明通过构建基于能源路由器的智能社区协调调度系统,根据光伏、风力、人力发电出力和用能情况进行实时监测,在满足负荷需求的条件下优化管理的用能设备、储能设备、社区能源互联网络的能源交易,充分消纳了可再生能源风能、太阳能、人力做功的产生的电能,大大降低了社区及家庭的用能成本;实现了智能社区风、光、电、热、气、人力发电的协调调度。

[0005] 本发明采取的技术方案为:

[0006] 基于能源路由器的智能社区协调调度系统,包括家庭能源路由器、社区能源路由器;

[0007] 所述家庭能源路由器包括第一电力变换模块、第一中心控制模块、第一用能监控模块、第一信息储存模块、阀门控制模块、第一通信系统;

[0008] 第一中心控制模块分别与第一电力变换模块、第一用能监控模块、第一信息储存模块、阀门控制模块、第一通信系统连接;

[0009] 所述社区能源路由器包括第二电力变换模块、第二中心控制模块、第二用能监控模块、第二信息储存模块、第二通信系统;

[0010] 第二中心控制模块分别与第二电力变换模块、第二用能监控模块、第二信息储存模块、第二通信系统连接;

[0011] 所述第一通信系统、第二通信系统均与云平台智能社区管理系统交互连接。

[0012] 所述第一电力变换模块,用于实现家庭中:风电、光伏、用电设备、储能设备、电动

汽车的电能输入/输出中的交直流变换、升降压变换、频率变换、电能质量调节；

[0013] 所述第一中心控制模块，用于控制第一电力变换模块和阀门控制模块，以及处理第一用能监控模块采集的信号；

[0014] 所述第一用能监控模块，用于实时监控家庭用电设备使用时的电压、电流、有功功率、无功功率、储能设备的电量、多种能源发电的出力、天然气的使用量、供热流量、室内温度和天然气热水器温度；

[0015] 所述第一信息储存模块，用于第一用能监控模块采集的数据实时存储；

[0016] 所述阀门控制模块，用于天然气、供热进户控制。

[0017] 所述第二电力变换模块，用于实现社区健身发电设备、社区用电设备和储能设备的电能输入/输出中的交直流变换、升降压变换、电能质量调节；实现电网与用户的互联；

[0018] 所述第二控制模块，用于控制第二电力变换模块；

[0019] 所述第二用能监控模块，用于实时监控社区总用能情况、绿色健身房实时发电情况；

[0020] 所述第二信息储存模块，用于第二用能监控模块采集的数据实时存储；

[0021] 所述云平台智能社区管理系统，用于实现用能情况预测、多种能源发电出力预测、协调调度、线上交易、信息处理、信息推送、电-电交易、电-气交易、电-热交易、大数据分析用户用电规划、智能节能预警。

[0022] 本发明一种基于能源路由器的智能社区协调调度系统及方法，技术效果如下：

[0023] 1: 本发明基于能源路由器，实现了对智能社区的风、光、电、热、气、人力等多种能源就地统筹管理和协调调度。

[0024] 2: 本发明通过构建基于能源路由器的智能社区协调调度系统，根据对光伏、风力和人力发电出力和用能情况进行实时监控，在满足用能需求的条件下优化管理社区的用能设备、储能设备、社区能源互联网络的能源交易，充分就地消纳了可再生能源风能、太阳能和绿色健身房发出的电能，避免了分布式能源并网给电力网络带来的不利影响，同时减少了电能远距离传输带来的损耗，大大降低了社区及家庭的用能成本。

附图说明

[0025] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明：

[0026] 图1是基于能源路由器的智能社区协调调度系统及方法框图。

[0027] 图2是家庭能源路由器结构框图。

[0028] 图3是社区能源路由器结构框图。

[0029] 图4是所述家庭路由器电力变换模块结构图。

[0030] 图5是所述社区路由器电力变换模块结构图。

[0031] 图6是模拟智能社区能源互联框架图。

具体实施方式

[0032] 如图1~图3所示，基于能源路由器的智能社区协调调度系统，包括家庭能源路由器、社区能源路由器；

[0033] 所述家庭能源路由器包括第一电力变换模块、第一控制模块、第一用能监控模块、

第一信息储存模块、阀门控制模块、第一通信系统；

[0034] 所述社区能源路由器包括第二电力变换模块、第二中心控制模块、第二用能监控模块、第二信息储存模块、第二通信系统；

[0035] 所述第一通信系统、第二通信系统均与云平台智能社区管理系统交互连接。

[0036] 所述第一电力变换模块,如图4所示,其包括:

[0037] 与AC220V连接的第一AC-DC模块、以及与储能设备、直流用电设备连接的第一DC-DC模块;

[0038] 与光伏连接的第二AC-DC模块、以及与交流用电设备连接的第一DC-AC模块;

[0039] 与风电连接的第三AC-DC模块、以及与非常频率用电设备连接的变频电路;

[0040] 所述第一AC-DC模块、第二AC-DC模块、第三AC-DC模块、第一DC-DC模块、第一DC-AC模块、变频电路均连接到200V DCBUS,连接节点处均设置功率测量单元;

[0041] 功率测量单元以高精度电能计量芯片RN8302对线路有功功率、无功功率、电压电流有效值、功率因数、相角和频率进行采集和计算。

[0042] 所述第一AC-DC模块、第二AC-DC模块、第三AC-DC模块、第一DC-DC模块、第一DC-AC模块、变频电路均连接第一控制模块。

[0043] 第一电力变换模块用于实现家庭中:光伏、风电、用电设备、储能设备、电动汽车的电能输入/输出中的交直流变换、升降压变换、频率变换、电能质量调节。

[0044] 所述第一控制模块,根据第一通信系统输送的信号控制其他模块工作。第一控制模块以STM32F401RB单片机为核心,用于控制第一电力变换模块和阀门控制模块,以及处理第一用能监控模块采集的信号。

[0045] 所述第一通信系统采用WiFi模块,型号为Marvell的88W8801芯片,并利用TCP/IP协议将设备接入互联网,可实现云平台智能社区管理系统的用户端云平台与家庭能源路由器的信息交互。

[0046] 所述第一用能监控模块,用于实时监控家庭用电设备使用时的电压、电流、有功功率、无功功率、储能设备的电量、多种能源发电的出力、天然气的使用量、供热流量、室内温度及天然气热水器温度。第一用能监控模块包括:

[0047] ①、对于电量的监控,采用电量采集芯片ATT7022E,通过电流采样和电压采样来收集数据;同时还集成了包括电压、电流、功率因数等多种电路,能够采集分析电路中全部的电能参数和数字信号;

[0048] ②、对于供热量的监控,采用智能热量表;

[0049] ③、对于供气量的监控,采用智能气量表;

[0050] ④、对于温度的监控,通过DS18B20数字温度传感器,进行实时监控。

[0051] 所述第一信息储存模块,用于第一用能监控模块采集的数据实时存储;第一信息储存模块采用AT24C02芯片,实时将采集到的用能信息存储,并且可通过相关网络协议随时调取已存储的用能信息。

[0052] 所述阀门控制模块,通过逻辑门电路来控制,当收到用能信号时,控制执行元件实现于天然气、供热进户阀的开合。

[0053] 所述第二电力变换模块如图5所示,其包括:

[0054] 与AC220V连接的第四AC-DC模块;

[0055] 与绿色健身房健身发电设备连接的第五AC-DC模块；

[0056] 与用户网络连接的第二DC-AC模块；

[0057] 第四AC-DC模块、第五AC-DC模块、第二DC-AC模块均连接到200V DCBUS,连接节点处均设置功率测量单元。

[0058] 功率测量单元以高精度电能计量芯片RN8302对线路有功功率、无功功率、电压电流有效值、功率因数、相角和频率进行采集和计算。

[0059] 第四AC-DC模块、第五AC-DC模块、第二DC-AC模块均连接第二控制模块。

[0060] 第二电力变换模块功能：用于①实现社区健身发电设备、社区用电设备和储能设备的电能输入/输出中的交直流变换、升降压变换、电能质量调节；②实现电网与用户的互联。

[0061] 所述第二中心控制模块，第二控制模块也以STM32F401RB单片机为核心，用于控制第二电力变换模块。

[0062] 所述第二用能监控模块，用于实时监控社区总用电情况，以及绿色健身房实时发电情况；对于电量的监控采用电量采集芯片ATT7022E,通过过电流、电压采样来收集数据。

[0063] 所述第二信息储存模块，用于第二用能监控模块采集的数据实时存储；第二信息储存模块采用AT24C02芯片，实时将采集到的用能信息存储，并且可通过相关网络协议随时调取已存储的用能信息。

[0064] 所述第二通信系统采用WiFi模块，型号为Marvell的88W8801芯片，实现社区路由器与云平台智能社区管理系统的社区云平台信息交互。

[0065] 所述云平台智能社区管理系统，用于实现用能情况预测、多种能源发电出力预测、协调调度、线上交易、信息处理、信息推送、电-电交易、电-气交易、电-热交易、大数据分析用户用电规划、智能节能预警。

[0066] 所述第一用能监控模块，对于家庭用电、用热、用气的监控方式采用实时计量的方式。

[0067] 所述社区能源路由器与供热厂、绿色健身房互联；

[0068] 供热厂包括地泵供热系统，地泵能从自然界的空气、水或土壤中获取热量，经过电力做功，可以把消耗的电能转换为3倍甚至3倍以上的热能；

[0069] 绿色健身房包括健身设备安装的发电装置，通过人力做功产生电能的分布式能源。安装的发电装置的健身设备具体参照中国专利“利用健身动能高效发电的设备”（申请号201610352457.8；CN105840439B）记载的内容。

[0070] 所述社区能源路由器与供热厂、天然气产商互联，实现电转气或电转热，供气厂与供热厂通过有限次竞价博弈方式购买余电。

[0071] 云平台智能社区管理系统由PC端和智能社区能源管理软件组成，可实现功能：

[0072] ①：基于互联网环境下搭建的能源交易平台进行能源交易；

[0073] ②：可根据光伏和风电的预测模型对每个家庭分布式能源发电日前出力进行预测；

[0074] ③：根据日前家庭发电出力的预测数据及用能情况预测，基于能源路由器的社区能源协调调度模型进行能源预调度，制定调度计划并推送给用户端，对储能设备充放电时间、家用电器用电时间和电动汽车充电时间进行优化，并根据能源路由器采集到的实际发

电出力情况对用能计划通过社区能源协调调度模型进行修正,实现社区用能成本最低。

[0075] 对于光伏和风力发电预测已有很多较为研究成熟的模型,本发明不做具体说明;对于基于能源路由器的社区能源协调调度模型社区协调调度方法在下述实施步骤中详述。

[0076] 基于能源路由器的社区协调调度方法,包括以下步骤:

[0077] 步骤一:以智能社区用能成本 W 最小为目标,进行协调调度,成本函数如下式:

$$[0078] \quad \min W = W_1 - W_2 + W_3 + W_4 \quad (1)$$

[0079] 其中, W_1 是社区的电费, W_2 是向供热和供气厂售卖电能的盈利, W_3 是社区的用气费, W_4 是社区的用热费;

[0080] 步骤二:对于实施光伏发电、风力发电和人力发电的社区,用电成本,如公式所示:

$$[0081] \quad \begin{cases} \min W_1 = -P_{gf}(i,t) \times \theta & P_{gm}(i,t) \leq 0 \\ \min W_1 = \sum_{t=1}^T P_{gm}(t) J(t) - P_{gf}(i,t) \times \theta & P_{gm}(i,t) \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

[0082] 其中, W_1 是社区的电费, $J(t)$ 价格是指时间 t 的电价, $P_{gm}(t)$ 表示从电网购买电能, $P_{gf}(i,t)$ 是指光伏输出功率, θ 是光伏电能每千瓦时补助系数。

[0083] 步骤三:当多种清洁能源发电输出很大时, $P_{gm}(t)$ 可能是负的,但分布式能源发电余能反馈给电网可能对配电网电能质量产生不利影响,为了合理利用能量。通过能源路由器与社区附近的天然气产商,供热厂互联,直接售卖电能,实现电转气或电转热,供气厂与供热厂通过有限次竞价博弈方式购买余电,且双方出价不得低于社区售电出价 $price(t)$,最大限度的降低社区的用能成本,盈利如下式:

$$[0084] \quad \begin{cases} \min W_2 = |P_{gm}(i,t)| \times \eta(t) & P_{gm}(i,t) \leq 0, \eta(t) \geq \mu(t) \\ \min W_2 = |P_{gm}(i,t)| \times \mu(t) & P_{gm}(i,t) \leq 0, \eta(t) \leq \mu(t) \end{cases} \text{ and } \eta(t), \mu(t) \geq price(t) \quad (3)$$

[0085] 其中, $\eta(t)$ 是电转气售价, $\mu(t)$ 是电转热售价, $price(t)$ 是社区售电出价。

$$[0086] \quad P_j(i,t) = P_{buy}(i,t) - P_{sell}(i,t) \quad (4)$$

$$[0087] \quad P_j(i,t) = P_L(i,t) - P_{gf}(i,t) - P_{fl}(i,t) - P_{rl}(i,t) - P_{fd}(i,t) + P_{cd}(i,t) \quad i \in N \quad (5)$$

$$[0088] \quad P_L(i,t) = P_a(i,t) + P_b(i,t) + P_c(i,t) \quad (6)$$

[0089] 其中, N 是社区住宅数, $P_{buy}(i,t)$ 和 $P_{sell}(i,t)$ 是指购买能力和销售能力, $P_L(i,t)$ 是总负荷, $P_{cd}(i,t)$ 和 $P_{fd}(i,t)$ 储能设备的充电功率和放电功率, $P_{fl}(i,t)$ 是指风力发电输出功率, $P_{rl}(i,t)$ 是人力发电输出功率, $P_a(i,t)$, $P_b(i,t)$ 和 $P_c(i,t)$ 是不可中断负荷,核心负荷和温控负荷的功耗, $P_j(i,t)$ 是家庭的净负荷。

[0090] 步骤四:智能社区内部电能的售价采用当天谷时的电价 J_{fg} ,为了保证售价的公平,结合Dijkstra算法计算得到能源互联网中电能卖方和买方之间在智能社区能源互联网络的距离 $l(i,j)$,对电价 J_{fg} 进行修正。

$$[0091] \quad J_{fg}(i,j) = J_{fg} \times \left(1 + \frac{l(i,j)}{10 \times L}\right) \quad (7)$$

[0092] 其中, L 为社区能源互联网络中任意两个家庭之间互联距离的最大值。

[0093] 当净负荷为正时,家庭需要购买电能,反之,可出售电能:

$$[0094] \quad P_{gm}(t) = \sum_{i=1}^N P_j(i,t) \quad (8)$$

$$[0095] \quad \begin{cases} 0 \leq P_{sell}(i, t) \leq P_{sell}^{\max} \rho_{sell}(i, t) \\ 0 \leq P_{buy}(i, t) \leq P_{buy}^{\max} \rho_{buy}(i, t) \end{cases} \quad (9)$$

[0096] 其中, P_{sell}^{\max} 和 P_{buy}^{\max} 是最大销售和购买有功功率, 通常等于家用能源路由器的最大工作功率。 ρ_{sell} 和 ρ_{buy} 是变量 (0/1), 用来表示买卖的状态。

$$[0097] \quad \begin{cases} 0 \leq P_{cd}(i, t) \leq P_{cd}^{\max} D_{cd}(i, t) \\ 0 \leq P_{fd}(i, t) \leq P_{fd}^{\max} D_{fd}(i, t) \end{cases} \quad (10)$$

$$[0098] \quad E_{cn}^{\max} \times 20\% \leq E_{cn}(i, t) \leq E_{cn}^{\max} \quad (11)$$

[0099] 其中, P_{cd}^{\max} 和 P_{fd}^{\max} 是储能设备充电和放电有功功率的上限, D_{cd} 和 D_{fd} 是变量 (0/1), 用来表示充放电的状态。 $D_{cd}(i, t) + D_{fd}(i, t) \leq 1$ 时, 禁止同时充电和放电, E_{cn}^{\max} 是储能设备的最大储量。考虑到储能设备的寿命, 其实际使用范围设定为 20% 至 100%。

[0100] 核心负荷的功率约束:

$$[0101] \quad \begin{cases} p_b^{\min} \leq p_b^t \leq p_b^{\max} & \forall t \in [t_b^s, t_b^e] \\ p_b^t = 0 & \forall t \notin [t_b^s, t_b^e] \end{cases} \quad (12)$$

[0102] 其中 p_b^t 是核心负荷的实时有功功率, p_b^{\max} 和 p_b^{\min} 是核心负荷的上下有功功率限制, t_b^s 和 t_b^e 表示核心负荷开始时间和结束时间。

[0103] 温控负荷的功率约束:

$$[0104] \quad \begin{cases} 0 \leq p_c^t \leq p_c^{\max} & \forall t \in [t_c^s, t_c^e] \text{ and } T_i^t \geq T^{\min} \\ p_c^{\min} \leq p_c^t \leq p_c^{\max} & \forall t \in [t_c^s, t_c^e] \text{ and } T_i^t \leq T^{\max} \\ p_c^t = 0 & \forall t \notin [t_c^s, t_c^e] \end{cases} \quad (13)$$

[0105] 其中, p_c^{\max} 和 p_c^{\min} 是温控负荷的上下有功功率限制, t_c^s 和 t_c^e 表示温控负荷的开始时间和结束时间, T^{\max} 和 T^{\min} 是温控负荷的上下温度要求。在温控负荷的操作期间, 当满足温度需求时, 最小功耗可以是 0。否则, 功耗是温控负荷的额定功率。

[0106] 不可中断负荷以额定功率工作, 此类负荷开始使用后必须经过一段时间才能断电, 比如家用电器洗衣机等。

[0107] 云平台智能社区管理系统对于天然气与供热的管理是基于大数据分析技术, 智能节能预警技术。

[0108] 本发明对于天然气的管理, 天然气多用于热水器和厨房, 根据用户用水温度历史数据, 智能管理各种热水设备的水温度, 以减少天然气的耗量; 根据厨房用气量的历史数据, 预测用户实时的用气量, 如若实时监控用气量超出预测数据的 120%, 通过通信系统给用户发出预警, 以减少用户忘关气阀带来的天然气浪费, 并通过家庭路由器实时监控家庭的天然气耗量 $TRQ(i, t)$ 。

[0109] 步骤五: 通过云平台智能社区管理系统的天然气总成本如下式:

$$[0110] \quad \min W_3 = \sum_{i=1}^N \sum_{t=0}^T TRQ(i, t) \times \beta(t) \quad (14)$$

[0111] 式中, W_3 是社区的天然气费, $\beta(t)$ 是 t 时间的天然气价格;

[0112] 本发明对供热的管理, 对于冬季供热, 根据用户自身对温度舒适度的设定, 监控室内温度, 保证温度维持在用户舒适度良好的温度范围, 避免温度过低或过高带来的不适及温度过高带来的能量浪费, 且可以根据大数据分析预测智能调节温度, 综合考虑用户感受, 并通过家庭能源路由器实时监控家庭的热耗量 $Q_{dr}(i, t)$ 。

[0113] 通过云平台智能社区管理系统的供热总成本如下式:

$$[0114] \quad \min W_4 = \sum_{i=1}^N \sum_{t=0}^T Q_{dr}(i, t) \times \varphi(t) \quad (15)$$

[0115] 其中, W_4 是社区的供热费, $\varphi(t)$ 是 t 时间的热价格。

[0116] 为了佐证本发明的可行性, 选取了一个含有10个家庭的智能社区作为模拟案例, 其能源互联框架如图6所示。模拟智能社区中每个家庭的光伏容量为2kw, 风机容量为2kw, 电动汽车拥有率是60%, 电动汽车一般07:00后使用, 19:00后充电。此外, 为了确保用户的舒适度, 供暖期间室内温度需要保持在22-26℃。每个房子用电设备有核心负荷: 一套照明灯系统和安保监控设备, 不可中断负荷: 一个洗衣机和电饭煲, 此类负荷开始使用后必须经过一段时间才能断电, 温控负荷: 一个电冰箱和空调, 此类负荷可以根据温度需求不同进行调节。每个房子的用气设备有一个天然气厨灶和天然气热水器, 用热装置有水导供热系统。

[0117] 以下模拟案例仿真分析, 对用能价格做以下假设:

[0118] 用电价格: 高峰期(11:00-13:00和17:00-21:00)的价格为0.86元/KWh, 平价期间(07:00-11:00、13:00-17:00和21:00-24:00)为0.54元/kWh, 谷期(00:00-07:00)的价格为0.315元/kWh。

[0119] 用天然气价格高峰期(11:00-12:30和17:00—20:00)的价格为4.5元/立方, 其余时间平价区为3元/立方。

[0120] 用暖价格高峰期(19:00-24:00)价格为1.4元/KWh, 其余时间平价区为0.8元/KWh。

[0121] 考虑三种情况来研究本发明对社区用能成本的影响:

[0122] Case1: 考虑本发明的基于能源路由器的智能社区协调调度策略;

[0123] Case2: 考虑产电全部并网的情况的社区能源管理策略;

[0124] Case3: 考虑自发自用的方式的社区能源管理策略;

[0125] 通过仿真Case1与Case2、Case3的情况, 根据用能成本来对比, 考虑基于能源路由器的智能社区协调调度管理策略相比于Case2和Case3的总用能成本降低21%和30.6%, 说明了本用能管理策略的可行性和经济性, 可以大大降低社区的用能成本。

[0126] 表1 Case1、Case2和Case3的日用能成本情况表

	/元	home1	home2	home3	home4	home5
	Case1	27.35	24.26	30.15	20.64	18.26
	Case2	31.53	28.68	40.35	24.52	21.28
	Case3	32.95	30.62	45.46	25.73	22.64
[0127]	/元	home6	home7	home8	home9	home10
	Case1	25.33	32.56	21.65	19.55	26.54
	Case2	29.65	43.74	25.32	22.14	30.81
	Case3	30.97	47.55	27.76	24.64	33.47
	Case1-3 总用能成本/元			246.29	298.02	321.79

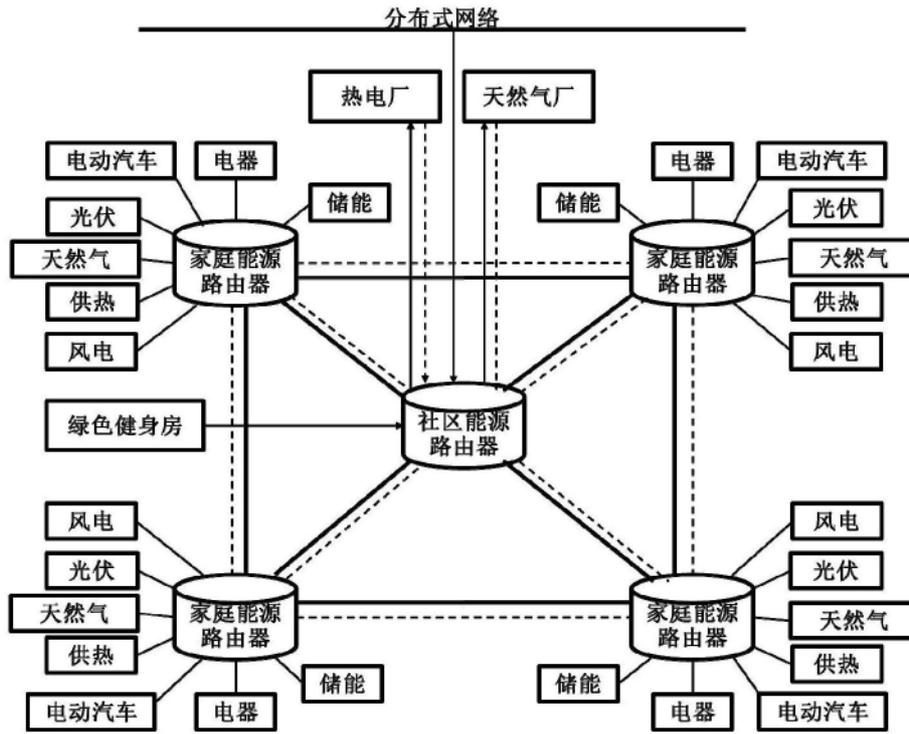


图1

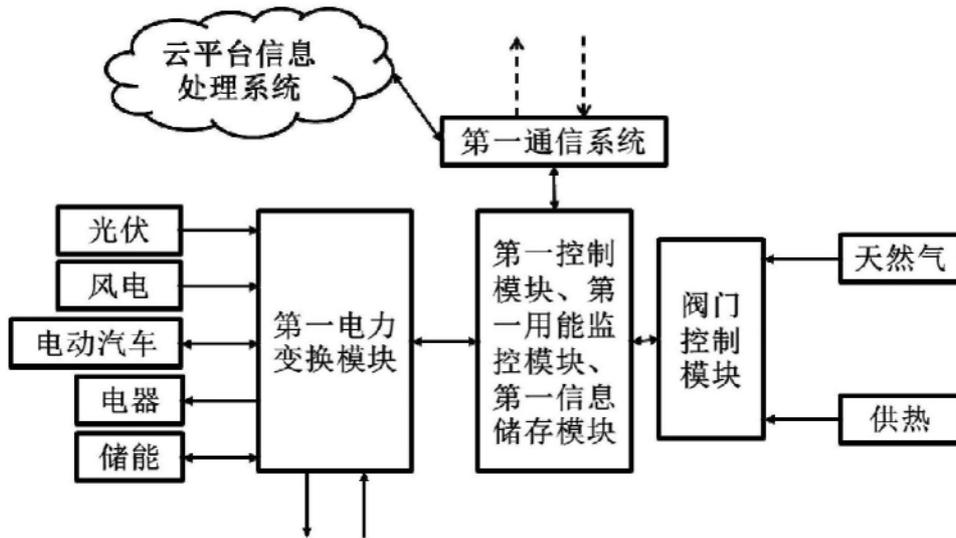


图2

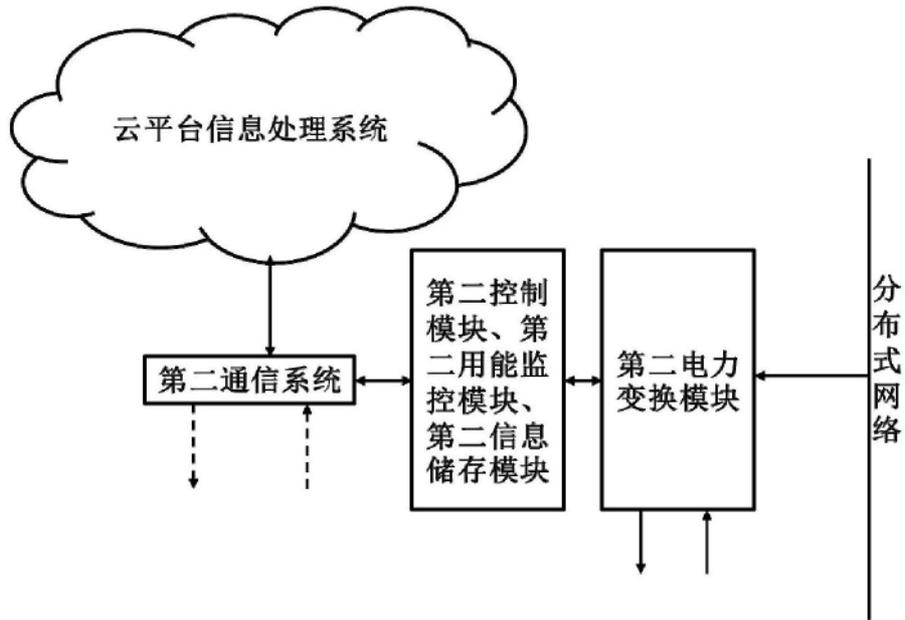


图3

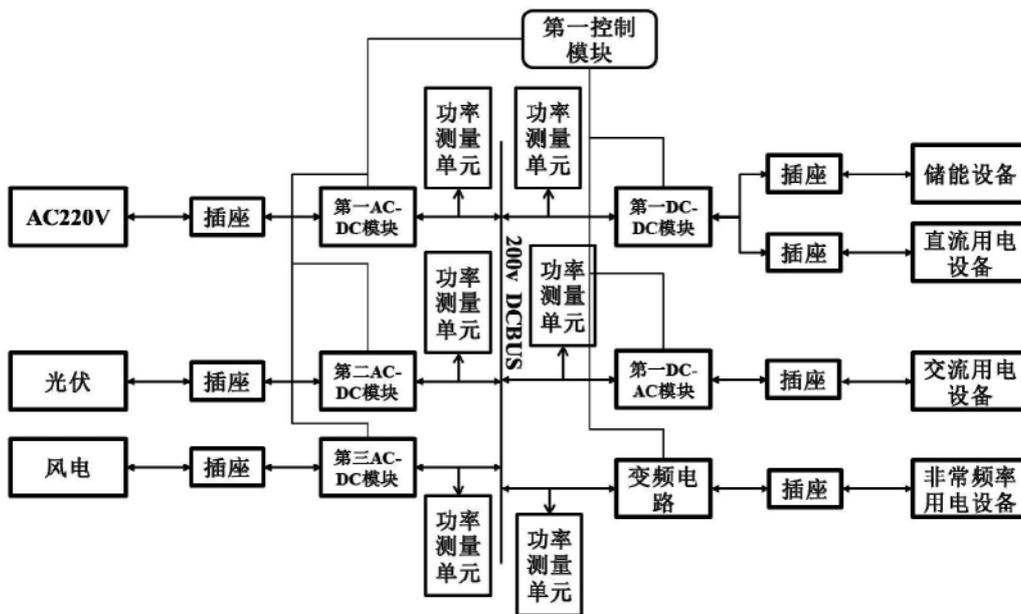


图4

