



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107609690 B

(45) 授权公告日 2020.12.11

(21) 申请号 201710754645.8

(22) 申请日 2017.08.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107609690 A

(43) 申请公布日 2018.01.19

(73) 专利权人 国网江苏省电力公司淮安供电公司

地址 223001 江苏省淮安市淮海南路134号

专利权人 上海交通大学
国网江苏省电力公司金湖县供电公司
国家电网公司

(72) 发明人 王建春 贺杰 戴晖 徐晓春
刘东

(74) 专利代理机构 淮安市科文知识产权事务所
32223

代理人 李杰

(51) Int.Cl.
G16Z 99/00 (2019.01)
G06Q 10/04 (2012.01)

(56) 对比文件
CN 103729698 A, 2014.04.16
CN 105006843 A, 2015.10.28
Bo Zeng 等. A Bilevel Planning Method of Active Distribution System for Renewable Energy Harvesting in a Deregulated Environment.《IEEE》.2015, 全文.

审查员 高沛沛

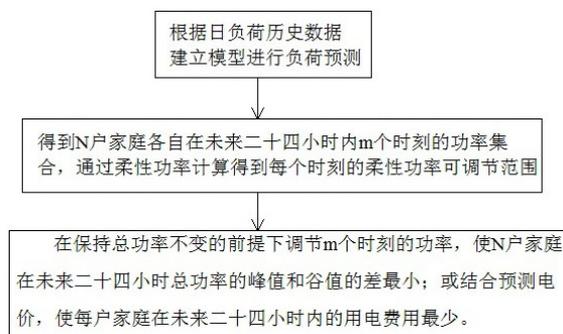
权利要求书3页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

一种负荷主动管理决策优化的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种负荷主动管理决策优化的方法,包括如下步骤:步骤1、根据日负荷历史数据建立模型进行负荷预测;步骤2、通过负荷预测,分别得到N户家庭各自在未来二十四小时内m个时刻的功率集合,通过柔性功率计算得到每个时刻的柔性功率可调节范围;步骤3、在保持每户家庭未来二十四小时内总功率不变的前提下,在可调节范围内调节N户家庭各自在未来二十四小时内m个时刻的功率,使N户家庭在未来二十四小时内m个时刻的总功率的峰值和谷值的差最小;或合未来二十四小时内m个时刻的预测电价,使每户家庭在未来二十四小时内的用电费用最少。



1. 一种负荷主动管理决策优化的方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤1、根据日负荷历史数据建立模型进行负荷预测;

步骤2、通过负荷预测,分别得到N户家庭各自在未来二十四小时内m个时刻的功率集合,通过柔性功率计算得到每个时刻的柔性功率可调节范围;

步骤3、在保持每户家庭未来二十四小时内总功率不变的前提下,在可调节范围内调节N户家庭各自在未来二十四小时内m个时刻的功率,使N户家庭在未来二十四小时内m个时刻的总功率的峰值和谷值的差最小;

或在保持每户家庭未来二十四小时内总功率不变的前提下,结合未来二十四小时内m个时刻的预测电价,在可调节范围内调节N户家庭各自在未来二十四小时内m个时刻的功率,使每户家庭在未来二十四小时内的用电费用最少;

步骤3以 P_i^* 表示第i户家庭在未来二十四小时调节后的m个时刻功率集合,以 P_{total}^* 表示N户家庭在未来二十四小时调节后的m个时刻总功率集合, $P_{total}^* = \sum P_i^*$; 以 $(P_{total}^*)_{max}$ 和 $(P_{total}^*)_{min}$ 分别表示N户家庭在未来二十四小时调节后的m个时刻总功率集合中的最大功率值和最小功率值,求解总功率峰谷差最小化目标函数: $\min((P_{total}^*)_{max} - (P_{total}^*)_{min})$;

以粒子群算法求解总功率峰谷差最小化目标函数,包括:

a. 以K表示总的粒子个数,以 X_i 表示第i个粒子的位置,分别以 X_{ij} 表示第i个粒子位置中的第j户家庭未来二十四小时的功率集合,得到:

$$X_i = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{iN}],$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, K,$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, N;$$

以 $P_{ij(t)}$ 表示第i个粒子位置中第j户家庭未来二十四小时的第t时刻的功率,得到:

$$X_{ij} = [P_{ij(1)}, P_{ij(2)}, \dots, P_{ij(t)}, \dots, P_{ij(m)}],$$

$$t = 1, 2, 3, \dots, m;$$

b. 将通过负荷预测得到的 X_{ij} 在柔性功率可调节范围内随机调整,得到调整后的功率集合 X_{ij}^* , 将 X_{ij} 和 X_{ij}^* 分别求和得到各自的总功率 $X_{i(total)} = \sum X_{ij}$ 和 $X_{i(total)}^* = \sum X_{ij}^*$, 若 $X_{i(total)}^*$ 小于 $X_{i(total)}$ 的总功率,则随机抽取 X_{ij}^* 中某一时刻的功率向上调整,若调整到柔性功率可调节范围的最大值还无法平衡 $X_{i(total)}$ 和 $X_{i(total)}^*$, 则再随机抽取除了该时刻以外的其它时刻进行调整,直到满足 $X_{i(total)}$ 和 $X_{i(total)}^*$ 相同的约束条件; 若 $X_{i(total)}^*$ 大于 $X_{i(total)}$, 则随机抽取 X_{ij}^* 中某一时刻的功率向下调整,若调整到柔性功率可调节范围的最小值还无法平衡 $X_{i(total)}$ 和 $X_{i(total)}^*$, 则再随机抽取除了该时刻以外的其它时刻进行调整,直到满足 $X_{i(total)}$ 和 $X_{i(total)}^*$ 相同的约束条件;

c. 以 V_i 表示第i个粒子对应的速度,以 V_{ij} 表示第i个粒子在第j维度上的分速度,得到:

$$V_i = [V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{ij}, \dots, V_{iN}],$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, K,$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, N;$$

以 $V_{ij(t)}$ 表示第i个粒子在第j维度上分速度的第t时刻速度,得到:

$$V_{ij} = [V_{i1(t)}, V_{i2(t)}, \dots, V_{ij(t)}, \dots, V_{iN(t)}],$$

$$t = 1, 2, 3, \dots, m;$$

初始化粒子速度,把N个维度上的分速度、分速度对应的m个时刻的速度都初始化为0;

d. 将第*i*个粒子的位置 X_i 代入目标函数,得到第*i*个粒子的适应值 $Fit(i)$,表示为:

$$Fit(i) = (X_{i(total)}^*)_{\max} - (X_{i(total)}^*)_{\min};$$

适应值 $Fit(i)$ 越小,表示第*i*个粒子的位置越优,从而计算出粒子自身搜索到的历史最优位置 X_{pi} 和整个粒子群搜索到的最优位置 X_{pg} ;

e. 第*k*+1次迭代后粒子速度和位置的更新公式表示为:

$$V_i^{k+1} = \omega \cdot V_i^k + c_1 \varepsilon \cdot (X_{pi}^k - X_i^k) + c_2 \eta \cdot (X_{pg}^k - X_i^k),$$

$$X_i^{k+1} = X_i^k + r \cdot V_i^{k+1};$$

式中 ω 是惯性权重, c_1 、 c_2 分别是粒子追踪自身搜索到的历史最优值和追踪全部粒子搜索到的最优值的系数; ε 和 η 是取值在0到1之间的随机数, r 是位置更新系数;

f. 以标准粒子群算法进行峰值和谷值的差最小的负荷优化计算,得到负荷优化的未来二十四小时*m*个时刻的功率;

步骤3以 $price$ 表示未来二十四小时*m*个时刻电价的集合,以 $p_{(t)}$ 表示未来二十四小时第*t*时刻的电价,得到:

$$price = [P_{(1)}, P_{(2)}, \dots, P_{(t)}, \dots, P_{(m)}],$$

$$t = 1, 2, 3, \dots, m;$$

求解电费最小化目标函数: $\min(P_{i(t)} \cdot price)$;

求解电费最小化目标函数包括:

a. 将第*i*户家庭未来二十四小时内第*t*时刻的功率 $P_{i(t)}$ 按照第*t*时刻电价升序排列,构成新的集合 $P_{inz} = [P_{inz1}, P_{inz2}, \dots, P_{inz}, \dots, P_{inzm}], z = 1, 2, \dots, m$;

b. 把每时刻的功率 P_{inz} 都调整到柔性功率可调节范围的最小值,调节后的功率集合 $P_{inz}^* = [P_{inz1(\min)}, P_{inz2(\min)}, \dots, P_{inz(\min)}, \dots, P_{inzm(\min)}]$,再从 P_{inz1} 开始将功率调节到柔性功率可调节范围的最大值 $P_{inz1(\max)}$,直到 P_{inz} 调整后的功率 P_{inz}^* 小于 $P_{inz(\max)}$ 时,满足条件:

$$P_{inz1} + P_{inz2} + \dots + P_{inz} + \dots + P_{inzm} = P_{inz1(\max)} + P_{inz2(\max)} + \dots + P_{inz}^* + \dots + P_{inzm(\min)};$$

c. 将 $P_{inz1(\max)}$ 、 $P_{inz2(\max)}$ 、 \dots 、 P_{inz}^* 、 \dots 、 $P_{inzm(\min)}$ 按照时间顺序重新排列,得到电费优化的未来二十四小时*m*个时刻的功率。

2. 如权利要求1所述的一种负荷主动管理决策优化的方法,其特征在于:步骤1以 D_x 表示日负荷历史数据中第*x*天的*m*个时刻的功率集合,则 $D_x = [D_{x1}, D_{x2}, \dots, D_{xt}, \dots, D_{xm}], t = 1, 2, \dots, m$,以 P 表示预测得到的未来二十四小时内*m*个时刻的功率集合,以 $a_1 \sim a_n$ 分别对应表示当天的拟合系数,得到模型:

$$P = a_1 D_1 + a_2 D_2 + \dots + a_x D_x + \dots + a_n D_n,$$

$$x = 1, 2, \dots, n,$$

$$s.t. \quad a_1 + a_2 + \dots + a_x + \dots + a_n = 1;$$

将 $a_1 \sim a_n$ 取值的集合记为 α ,求解最优 α 。

3. 如权利要求2所述的一种负荷主动管理决策优化的方法,其特征在于:采用枚举法求解最优 α , $a_1 \sim a_n$ 的取值范围为0到1,最小间隔为0.05,最优 α 的判断标准是*P*的前数个时刻的预测值与实际值的接近程度。

4. 如权利要求1所述的一种负荷主动管理决策优化的方法,其特征在于:步骤3以 P_i 表示第*i*户家庭未来二十四小时内*m*个时刻的功率集合,以 $P_{i(t)}$ 表示第*i*户家庭未来二十四小时内第*t*时刻的功率, $t = 1, 2, \dots, m$,得到:

$$P_i = [P_{i(1)}, P_{i(2)}, \dots, P_{i(t)}, \dots, P_{i(m)}],$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, N;$$

通过柔性功率计算得到每个时刻柔性功率可调节范围,以 $P_{i(t)\min}$ 表示第 i 户家庭在未来二十四小时内第 t 时刻的柔性功率可调节最小值,以 $P_{i(t)\max}$ 表示第 i 户家庭在未来二十四小时内第 t 时刻的柔性功率可调节最大值,得到:

$$P_{i(t)\min} \leq P_{i(t)} \leq P_{i(t)\max},$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, N;$$

以 $P_{i(t)*}$ 表示第 i 户家庭在未来二十四小时内第 t 时刻调节后的功率,

$$s.t. \quad \sum P_{i(t)*} = \sum P_{i(t)}.$$

5. 如权利要求1所述的一种负荷主动管理决策优化的方法,其特征在于:还包括步骤4、通过负荷预测,得到第 i 户家庭未来二十四小时的总功率 Q ,再根据总功率 Q 计算碳排放量 E 。

6. 如权利要求5所述的一种负荷主动管理决策优化的方法,其特征在于:碳排放量 E 的计算公式为:

$$E = Q \cdot (\eta_{re} \cdot e_{re} + \eta_{fossil} \cdot e_{fossil});$$

其中 η_{re} 表示用户的总功率 Q 中新能源所占比例, η_{fossil} 表示化石能源所占比例, e_{re} 是新能源的单位碳排放量, e_{fossil} 是化石能源单位碳排放量;新能源的单位碳排放量 e_{re} 由总的新能源中各种新能源所占用电量百分比决定:

$$e_{re} = \sum e_i \cdot a_i; i = 1, 2, \dots, M;$$

其中 a_i 表示 M 种新能源中第 i 种的电量占新能源总电量的百分比, e_i 表示第 i 种新能源的单位碳排放量。

一种负荷主动管理决策优化的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及主动配电网领域,具体涉及一种负荷主动管理决策优化的方法。

背景技术

[0002] 随着社会经济的发展,电力负荷需求也在持续增长,与此同时,以燃煤火电为主要的传统能源面临着日益严重的资源枯竭、环境污染问题。在这样的背景下,以风电、太阳能为代表的可再生清洁能源得到了广泛重视和快速发展,常常作为分布式能源接入电网,但分布式能源的广泛接入将对配电网产生不良的影响,如改变电压水平、提高短路容量、增大继保复杂度、影响供电可靠性等;针对这一现状,主动配电网技术应运而生。主动配电网具备组合控制各种分布式能源、可控负荷、储能、需求侧管理等能力,能加大配电网对于可再生能源的接纳能力、提升配电网资产利用率,并提高电能质量和供电可靠性,是未来智能电网的一种发展模式。

[0003] 通过主动配电网管理技术,可以灵活接入大规模分布式能源、灵活安排运行方式、灵活安排负荷用电等;互动性是主动配电网重要特征之一,负荷侧需求响应具有调度方式灵活,参与系统调峰的潜力巨大的特点,因此实现负荷与电网双向互动有非常显著的现实意义。传统配电网负荷控制受设备及量测数据限制一直难以推广;近年来,随着新型传感器技术、通信技术的高速发展,应用于主动配电网中的需求侧高级量测体系技术给直接负荷控制技术提供了更多的可能。

发明内容

[0004] 本发明公开了一种负荷主动管理决策优化的方法,对各类负荷进行主动管理和调节,可以实现负荷或电费的最优化。

[0005] 本发明通过以下技术方案实现:

[0006] 一种负荷主动管理决策优化的方法,包括如下步骤:

[0007] 步骤1、根据日负荷历史数据建立模型进行负荷预测;

[0008] 步骤2、通过负荷预测,分别得到N户家庭各自在未来二十四小时内m个时刻的功率集合,通过柔性功率计算得到每个时刻的柔性功率可调节范围;

[0009] 步骤3、在保持每户家庭未来二十四小时内总功率不变的前提下,在可调节范围内调节N户家庭各自在未来二十四小时内m个时刻的功率,使N户家庭在未来二十四小时内m个时刻的总功率的峰值和谷值的差最小;

[0010] 或在保持每户家庭未来二十四小时内总功率不变的前提下,结合未来二十四小时内m个时刻的预测电价,在可调节范围内调节N户家庭各自在未来二十四小时内m个时刻的功率,使每户家庭在未来二十四小时内的用电费用最少。

[0011] 本发明的进一步方案是,步骤1以 Dx 表示日负荷历史数据中第x天的m个时刻的功率集合,则 $Dx=[Dx_1, Dx_2, \dots, Dx_t, \dots, Dx_m]$, $t=1, 2, \dots, m$,以P表示预测得到的未来二十四小时内m个时刻的功率集合,以 $a_1 \sim a_n$ 分别

对应表示当天的拟合系数,得到模型:

$$[0012] \quad P = a_1 D_1 + a_2 D_2 + \dots + a_x D_x + \dots + a_n D_n,$$

$$[0013] \quad x = 1, 2, \dots, n,$$

$$[0014] \quad \text{s. t. } a_1 + a_2 + \dots + a_x + \dots + a_n = 1;$$

[0015] 将 $a_1 \sim a_n$ 取值的集合记为 α ,求解最优 α 。

[0016] 本发明的更进一步方案是,采用枚举法求解最优 α , $a_1 \sim a_n$ 的取值范围为0到1,最小间隔为0.05,最优 α 的判断标准是P的前数个时刻的预测值与实际值的接近程度。

[0017] 本发明的进一步方案是,步骤2以 P_i 表示第i户家庭未来二十四小时内m个时刻的功率集合,以 $P_{i(t)}$ 表示第i户家庭未来二十四小时内第t时刻的功率, $t=1, 2, \dots, m$,得到:

$$[0018] \quad P_i = [P_{i(1)}, P_{i(2)}, \dots, P_{i(t)}, \dots, P_{i(m)}],$$

$$[0019] \quad i = 1, 2, 3, \dots, N;$$

[0020] 通过柔性功率计算得到每个时刻柔性功率可调节范围,以 $P_{i(t)\min}$ 表示第i户家庭在未来二十四小时内第t时刻的柔性功率可调节最小值,以 $P_{i(t)\max}$ 表示第i户家庭在未来二十四小时内第t时刻的柔性功率可调节最大值,得到:

$$[0021] \quad P_{i(t)\min} \leq P_{i(t)} \leq P_{i(t)\max},$$

$$[0022] \quad i = 1, 2, 3, \dots, N;$$

[0023] 以 $P_{i(t)*}$ 表示第i户家庭在未来二十四小时内第t时刻调节后的功率,

$$[0024] \quad \text{s. t. } \sum P_{i(t)*} = \sum P_{i(t)}.$$

[0025] 本发明的进一步方案是,步骤3以 P_i^* 表示第i户家庭在未来二十四小时调节后的m个时刻功率集合,以 P_{total}^* 表示N户家庭在未来二十四小时调节后的m个时刻总功率集合, $P_{\text{total}}^* = \sum P_i^*$;以 $(P_{\text{total}}^*)_{\max}$ 和 $(P_{\text{total}}^*)_{\min}$ 分别表示N户家庭在未来二十四小时调节后的m个时刻总功率集合中的最大功率值和最小功率值,求解总功率峰谷差最小化目标函数: $\min ((P_{\text{total}}^*)_{\max} - (P_{\text{total}}^*)_{\min})$ 。

[0026] 本发明的更进一步方案是,以粒子群算法求解总功率峰谷差最小化目标函数,包括:

[0027] a. 以K表示总的粒子个数,以 X_i 表示第i个粒子的位置,分别以 X_{ij} 表示第i个粒子位置中的第j户家庭未来二十四小时的功率集合,得到:

$$[0028] \quad X_i = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{iN}],$$

$$[0029] \quad i = 1, 2, 3, \dots, K,$$

$$[0030] \quad j = 1, 2, 3, \dots, N;$$

[0031] 以 $P_{ij(t)}$ 表示第i个粒子位置中第j户家庭未来二十四小时的第t时刻的功率,得到:

$$[0032] \quad X_{ij} = [P_{ij(1)}, P_{ij(2)}, \dots, P_{ij(t)}, \dots, P_{ij(m)}],$$

$$[0033] \quad t = 1, 2, 3, \dots, m;$$

[0034] b. 将通过负荷预测得到的 X_{ij} 在柔性功率可调节范围内随机调整,得到调整后的功率集合 X_{ij}^* ,将 X_{ij} 和 X_{ij}^* 分别求和得到各自的总功率 $X_{i(\text{total})} = \sum X_{ij}$ 和 $X_{i(\text{total})}^* = \sum X_{ij}^*$,若 $X_{i(\text{total})}^*$ 小于 $X_{i(\text{total})}$ 的总功率,则随机抽取 X_{ij}^* 中某一时刻的功率向上调整,若调整到柔性

功率可调节范围的最大值还无法平衡 $X_{i(tot)}^{*}$ 和 $X_{i(tot)}$,则再随机抽取除了该时刻以外的其它时刻进行调整,直到满足 $X_{i(tot)}$ 和 $X_{i(tot)}^{*}$ 相同的约束条件;若 $X_{i(tot)}^{*}$ 大于 $X_{i(tot)}$,则随机抽取 X_{ij}^{*} 中某一时刻的功率向下调整,若调整到柔性功率可调节范围的最小值还无法平衡 $X_{i(tot)}$ 和 $X_{i(tot)}^{*}$,则再随机抽取除了该时刻以外的其它时刻进行调整,直到满足 $X_{i(tot)}$ 和 $X_{i(tot)}^{*}$ 相同的约束条件;

[0035] c. 以 V_i 表示第 i 个粒子对应的速度,以 V_{ij} 表示第 i 个粒子在第 j 维度上的分速度,得到:

$$[0036] \quad V_i = [V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{ij}, \dots, V_{iN}],$$

$$[0037] \quad i = 1, 2, 3, \dots, K,$$

$$[0038] \quad j = 1, 2, 3, \dots, N;$$

[0039] 以 $V_{ij(t)}$ 表示第 i 个粒子在第 j 维度上分速度的第 t 时刻速度,得到:

$$[0040] \quad V_{ij} = [V_{i1(t)}, V_{i2(t)}, \dots, V_{ij(t)}, \dots, V_{iN(t)}],$$

$$[0041] \quad t = 1, 2, 3, \dots, m;$$

[0042] 初始化粒子速度,把 N 个维度上的分速度、分速度对应的 m 个时刻的速度都初始化为0;

[0043] d. 将第 i 个粒子的位置 X_i 代入目标函数,得到第 i 个粒子的适应值 $Fit(i)$,表示为:

$$[0044] \quad Fit(i) = (X_{i(tot)}^{*})_{\max} - (X_{i(tot)}^{*})_{\min};$$

[0045] 适应值 $Fit(i)$ 越小,表示第 i 个粒子的位置越优,从而计算出粒子自身搜索到的历史最优位置 X_{pi} 和整个粒子群搜索到的最优位置 X_{pg} ;

[0046] e. 第 $k+1$ 次迭代后粒子速度和位置的更新公式表示为:

$$[0047] \quad V_i^{k+1} = \omega \cdot V_i^k + c_1 \epsilon \cdot (X_{pi}^k - X_i^k) + c_2 \eta \cdot (X_{pg}^k - X_i^k),$$

$$[0048] \quad X_i^{k+1} = X_i^k + r \cdot V_i^{k+1};$$

[0049] 式中 ω 是惯性权重, c_1 、 c_2 分别是粒子追踪自身搜索到的历史最优值和追踪全部粒子搜索到的最优值的系数; ϵ 和 η 是取值在0到1之间的随机数, r 是位置更新系数;

[0050] f. 以标准粒子群算法进行峰值和谷值的差最小的负荷优化计算,得到负荷优化的未来二十四小时 m 个时刻的功率。

[0051] 本发明的进一步方案是,步骤3以 $price$ 表示未来二十四小时 m 个时刻电价的集合,以 $p(t)$ 表示未来二十四小时第 t 时刻的电价,得到:

$$[0052] \quad price = [P_{(1)}, P_{(2)}, \dots, P_{(t)}, \dots, P_{(m)}],$$

$$[0053] \quad t = 1, 2, 3, \dots, m;$$

[0054] 求解电费最小化目标函数: $\min(P_{i(t)}^{*} \cdot price)$ 。

[0055] 本发明的更进一步方案是,求解电费最小化目标函数包括:

[0056] a. 将第 i 户家庭未来二十四小时内第 t 时刻的功率 $P_{i(t)}$ 按照第 t 时刻电价升序排列,构成新的集合 $P_{inz} = [P_{in1}, P_{in2}, \dots, P_{inz}, \dots, P_{inm}]$, $z = 1, 2, \dots, m$;

[0057] b. 把每时刻的功率 P_{inz} 都调整到柔性功率可调节范围的最小值,调节后的功率集合 $P_{in}^{*} = [P_{in1(\min)}, P_{in2(\min)}, \dots, P_{inz(\min)}, \dots, P_{inm(\min)}]$,再从 P_{in1} 开始将功率调节到柔性功率可调节范围的最大值 $P_{in1(\max)}$,直到 P_{inz} 调整后的功率 P_{inz}^{*} 小于 $P_{inz(\max)}$ 时,满足条件:

[0058] $P_{in1}+P_{in2}+\dots+P_{inm}=P_{in1(max)}+P_{in2(max)}+\dots+P_{in z*}+\dots+P_{inm(min)}$;

[0059] c. 将 $P_{in1(max)}$ 、 $P_{in2(max)}$ 、 \dots 、 $P_{in z*}$ 、 \dots 、 $P_{inm(min)}$ 按照时间顺序重新排列,得到电费优化的未来二十四小时m个时刻的功率。

[0060] 本发明的进一步方案是,还包括步骤4、通过负荷预测,得到第i户家庭未来二十四小时的总功率Q,再根据总功率Q计算碳排放量E。

[0061] 本发明的更进一步方案是,碳排放量E的计算公式为:

[0062] $E=Q \cdot (\eta_{re} \cdot e_{re} + \eta_{fossil} \cdot e_{fossil})$;

[0063] 其中 η_{re} 表示用户的总功率Q中新能源所占比例, η_{fossil} 表示化石能源所占比例, e_{re} 是新能源的单位碳排放量, e_{fossil} 是化石能源单位碳排放量;新能源的单位碳排放量 e_{re} 由总的新能源中各种新能源所占用电量百分比决定:

[0064] $e_{re} = \sum e_i \cdot a_i; i=1,2,\dots,M$;

[0065] 其中 a_i 表示M种新能源中第i种的电量占新能源总电量的百分比, e_i 表示第i种新能源的单位碳排放量。

[0066] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0067] 一、针对区域总负荷削峰填谷和每户家庭用电经济性这两方面进行负荷优化;首先对负荷预测进行了模型抽象,并利用枚举法来实现,然后对基于峰谷荷差最小的负荷优化建立了相关的数学模型,并应用粒子群算法来求解目标函数非线性的优化问题,对基于用电经济性的负荷优化也建立了相应数学模型并采用一定的优化策略进行求解,方法具有较强的适应性;

[0068] 二、对碳排放量进行了定义和定量分析,对绿色电网的发展有重大意义;

[0069] 三、应用广泛,具有显著的社会效益和经济效益。

附图说明

[0070] 图1为本发明的流程图。

[0071] 图2为本发明步骤1的流程图。

[0072] 图3为实施例中通过负荷预测得到的用户未来二十四小时功率集合拟合而成的曲线图。

[0073] 图4为总功率峰谷差最小化的流程图。

[0074] 图5为实施例中用户未来二十四小时功率集合拟合而成的曲线的柔性功率可调节范围曲线示意图。

[0075] 图6为以粒子群算法求解总功率峰谷差最小化目标函数的流程图。

[0076] 图7为实施例中负荷优化前后全部用户未来二十四小时总功率曲线对比图。

[0077] 图8为实施例中未来二十四小时m个时刻电价集合拟合而成的曲线图。

[0078] 图9为实施例中电费最小化前后对比图。

[0079] 图10为实施例中电费最小化前后的功率集合拟合而成的曲线图。

具体实施方式

[0080] 如图1所示的一种负荷主动管理决策优化的方法,包括如下步骤:

[0081] 步骤1、如图2所示,根据日负荷历史数据建立模型进行负荷预测;

[0082] 以 Dx 表示日负荷历史数据中第 x 天的24个时刻的功率集合,则 $Dx=[Dx_1, Dx_2, \dots, Dx_t, \dots, Dx_{24}]$, $t=1, 2, \dots, 24$,以 P 表示预测得到的未来二十四小时内24个时刻的功率集合,以 $a_1 \sim a_n$ 分别对应表示当天的拟合系数,得到模型:

$$[0083] \quad P=a_1D1+a_2D2+\dots+a_xDx+\dots+a_nDn,$$

$$[0084] \quad x=1, 2, \dots, n,$$

$$[0085] \quad s. t. \quad a_1+a_2+\dots+a_x+\dots+a_n=1;$$

[0086] 将 $a_1 \sim a_n$ 取值的集合记为 α ,采用枚举法求解最优 α , $a_1 \sim a_n$ 的取值范围为0到1,最小间隔为0.05,最优 α 的判断标准是 P 的前两个时刻的预测值与实际值的接近程度,得到最优 α 解后再代入模型,由此预测得到如图3所示的未来二十四小时的功率集合。

[0087] 步骤2如图4所示,通过负荷预测,分别得到10户家庭各自在未来二十四小时内24个时刻的功率集合,以 P_i 表示第 i 户家庭未来二十四小时内24个时刻的功率集合,以 $P_{i(t)}$ 表示第 i 户家庭未来二十四小时内第 t 时刻的功率, $t=1, 2, \dots, 24$,得到:

$$[0088] \quad P_i=[P_{i(1)}, P_{i(2)}, \dots, P_{i(t)}, \dots, P_{i(24)}],$$

$$[0089] \quad i=1, 2, 3, \dots, N;$$

[0090] 智能用户终端会通过柔性功率计算得到如图5所示每个时刻柔性功率可调节范围,以 $P_{i(t)\min}$ 表示第 i 户家庭在未来二十四小时内第 t 时刻的柔性功率可调节最小值,以 $P_{i(t)\max}$ 表示第 i 户家庭在未来二十四小时内第 t 时刻的柔性功率可调节最大值,得到:

$$[0091] \quad P_{i(t)\min} \leq P_{i(t)} \leq P_{i(t)\max},$$

$$[0092] \quad i=1, 2, 3, \dots, N;$$

[0093] 步骤3、每户家庭未来二十四小时的功率曲线上每个时刻的功率都可以在柔性功率可调节范围内上下调节,但出于对用户用电需求的考虑,在保持每户家庭未来二十四小时内总功率不变的前提下,在可调节范围内调节10户家庭各自在未来二十四小时内24个时刻的功率,即:以 $P_{i(t)*}$ 表示第 i 户家庭在未来二十四小时内第 t 时刻调节后的功率,

$$[0094] \quad s. t. \quad \sum P_{i(t)*} = \sum P_{i(t)}.$$

[0095] 使10户家庭在未来二十四小时内24个时刻的总功率的峰值和谷值的差最小,即:以 P_i^* 表示第 i 户家庭在未来二十四小时调节后的24个时刻功率集合,以 P_{total}^* 表示10户家庭在未来二十四小时调节后的24个时刻总功率集合, $P_{total}^* = \sum P_i^*$;以 $(P_{total}^*)_{\max}$ 和 $(P_{total}^*)_{\min}$ 分别表示10户家庭在未来二十四小时调节后的24个时刻总功率集合中的最大功率值和最小功率值,以粒子群算法求解总功率峰谷差最小化目标函数: $\min((P_{total}^*)_{\max} -$

$(P_{total}^*)_{\min})$,如图6所示,包括:

[0096] a. 以 K 表示总的粒子个数,以 X_i 表示第 i 个粒子的位置,分别以 X_{ij} 表示第 i 个粒子位置中的第 j 户家庭未来二十四小时的功率集合,得到:

$$[0097] \quad X_i=[X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{iN}],$$

$$[0098] \quad i=1, 2, 3, \dots, K,$$

[0099] $j=1,2,3,\dots,N$;

[0100] 以 $P_{ij(t)}$ 表示第 i 个粒子位置中第 j 户家庭未来二十四小时的第 t 时刻的功率,得到:

[0101] $X_{ij}=[P_{ij(1)},P_{ij(2)},\dots,P_{ij(t)},\dots,P_{ij(24)}]$,

[0102] $t=1,2,3,\dots,24$;

[0103] b. 将通过负荷预测得到的 X_{ij} 在柔性功率可调节范围内随机调整,得到调整后的功率集合 X_{ij}^* ,将 X_{ij} 和 X_{ij}^* 分别求和得到各自的总功率 $X_{i(\text{total})}=\sum X_{ij}$ 和 $X_{i(\text{total})}^*=\sum X_{ij}^*$,若 $X_{i(\text{total})}^*$ 小于 $X_{i(\text{total})}$ 的总功率,则随机抽取 X_{ij}^* 中某一时刻的功率向上调整,若调整到柔性功率可调节范围的最大值还无法平衡 $X_{i(\text{total})}$ 和 $X_{i(\text{total})}^*$,则再随机抽取除了该时刻以外的其它时刻进行调整,直到满足 $X_{i(\text{total})}$ 和 $X_{i(\text{total})}^*$ 相同的约束条件;若 $X_{i(\text{total})}^*$ 大于 $X_{i(\text{total})}$,则随机抽取 X_{ij}^* 中某一时刻的功率向下调整,若调整到柔性功率可调节范围的最小值还无法平衡 $X_{i(\text{total})}$ 和 $X_{i(\text{total})}^*$,则再随机抽取除了该时刻以外的其它时刻进行调整,直到满足 $X_{i(\text{total})}$ 和 $X_{i(\text{total})}^*$ 相同的约束条件;

[0104] c. 以 V_i 表示第 i 个粒子对应的速度,以 V_{ij} 表示第 i 个粒子在第 j 维度上的分速度,得到:

[0105] $V_i=[V_{i1},V_{i2},\dots,V_{ij},\dots,V_{iN}]$,

[0106] $i=1,2,3,\dots,K$,

[0107] $j=1,2,3,\dots,N$;

[0108] 以 $V_{ij(t)}$ 表示第 i 个粒子在第 j 维度上分速度的第 t 时刻速度,得到:

[0109] $V_{ij}=[V_{i1(t)},V_{i2(t)},\dots,V_{ij(t)},\dots,V_{iN(t)}]$,

[0110] $t=1,2,3,\dots,24$;

[0111] 初始化粒子速度,把 N 个维度上的分速度、分速度对应的24个时刻的速度都初始化为0;

[0112] d. 将第 i 个粒子的位置 X_i 代入目标函数,得到第 i 个粒子的适应值 $Fit(i)$,表示为:

[0113] $Fit(i)=(X_{i(\text{total})}^*)_{\max}-(X_{i(\text{total})}^*)_{\min}$;

[0114] 适应值 $Fit(i)$ 越小,表示第 i 个粒子的位置越优,从而计算出粒子自身搜索到的历史最优位置 X_{pi} 和整个粒子群搜索到的最优位置 X_{pg} ;

[0115] e. 第 $k+1$ 次迭代后粒子速度和位置的更新公式表示为:

[0116] $V_i^{k+1}=\omega \cdot V_i^k+c_1\varepsilon \cdot (X_{pi}^k-X_i^k)+c_2\eta \cdot (X_{pg}^k-X_i^k)$,

[0117] $X_i^{k+1}=X_i^k+r \cdot V_i^{k+1}$;

[0118] 式中 ω 是惯性权重, c_1 、 c_2 分别是粒子追踪自身搜索到的历史最优值和追踪全部粒子搜索到的最优值的系数; ε 和 η 是取值在0到1之间的随机数, r 是位置更新系数;

[0119] f. 以标准粒子群算法进行峰值和谷值的差最小的负荷优化计算,得到如图7所示的负荷优化的未来二十四小时24个时刻的功率,优化前10户家庭总负荷的峰谷差是14.26kW,优化后峰谷差是8.63kW,降低了39.5%。

[0120] 配电网主站会通过电价预测计算得到未来二十四小时内24个时刻的电价,并下发给负荷主动管理上层系统。在保持每户家庭未来二十四小时内总功率不变的前提下,结合未来二十四小时内24个时刻的预测电价,在可调节范围内调节10户家庭各自在未来二十四

小时内24个时刻的功率,使每户家庭在未来二十四小时内的用电费用最少,即:如图8所示,以price表示未来二十四小时24个时刻电价的集合,以 $p_{(t)}$ 表示未来二十四小时第t时刻的电价,得到:

[0121] $\text{price}=[P_{(1)},P_{(2)},\dots,P_{(t)},\dots,P_{(24)}]$,

[0122] $t=1,2,3,\dots,24$;

[0123] 求解电费最小化目标函数: $\min(P_{i(t)} * \text{price})$,包括:

[0124] a. 将第i户家庭未来二十四小时内第t时刻的功率 $P_{i(t)}$ 按照第t时刻电价升序排列,构成新的集合 $P_{in}=[P_{in1},P_{in2},\dots,P_{inz},\dots,P_{in24}]$, $z=1,2,\dots,24$;

[0125] b. 把每时刻的功率 P_{inz} 都调整到柔性功率可调节范围的最小值,调节后的功率集合 $P_{in}^*=[P_{in1(\min)},P_{in2(\min)},\dots,P_{inz(\min)},\dots,P_{in24(\min)}]$,再从 P_{in1} 开始将功率调节到柔性功率可调节范围的最大值 $P_{in1(\max)}$,直到 P_{inz} 调整后的功率 P_{inz}^* 小于 $P_{inz(\max)}$ 时,如图9所示,满足条件:

[0126] $P_{in1}+P_{in2}+\dots+P_{in24}=P_{in1(\max)}+P_{in2(\max)}+\dots+P_{inz}^*+\dots+P_{in24(\min)}$;

[0127] c. 将 $P_{in1(\max)}$ 、 $P_{in2(\max)}$ 、 \dots 、 P_{inz}^* 、 \dots 、 $P_{in24(\min)}$ 按照时间顺序重新排列,得到如图10所示的电费优化的未来二十四小时24个时刻的功率,优化前A用户未来二十四小时用电费用为20.38元,优化后用电费用为18.48,减少了9.3%。

[0128] 步骤4、通过负荷预测,得到第i户家庭未来二十四小时的总功率Q,再根据总功率Q计算碳排放量E,计算公式为:

[0129] $E=Q \cdot (\eta_{re} \cdot e_{re} + \eta_{fossil} \cdot e_{fossil})$;

[0130] 其中 η_{re} 表示用户的总功率Q中新能源所占比例, η_{fossil} 表示化石能源所占比例, e_{re} 是新能源的单位碳排放量, e_{fossil} 是化石能源单位碳排放量;新能源的单位碳排放量 e_{re} 由总的新能源中各种新能源所占用电量百分比决定:

[0131] $e_{re}=\sum e_i \cdot a_i$; $i=1,2,\dots,24$;

[0132] 其中 a_i 表示24种新能源中第i种的电量占新能源总电量的百分比, e_i 表示第i种新能源的单位碳排放量。

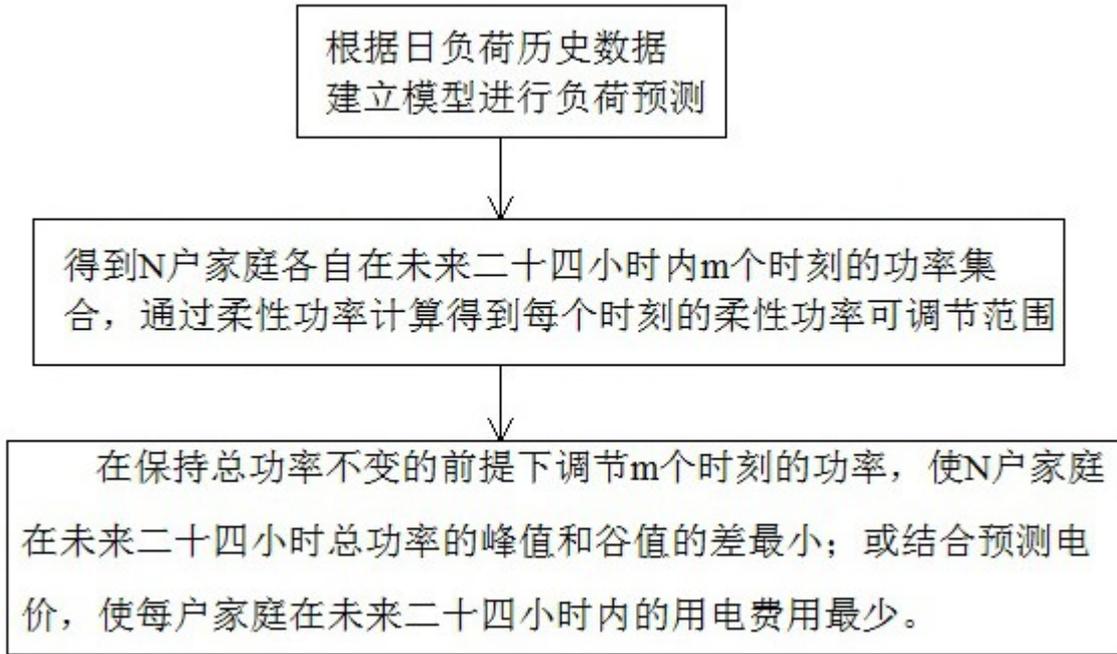


图1



图2

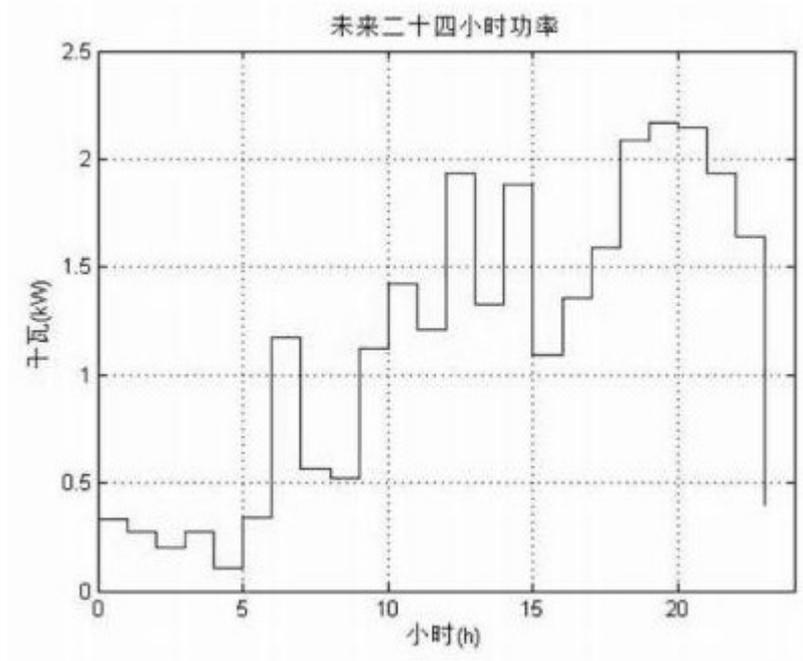


图3

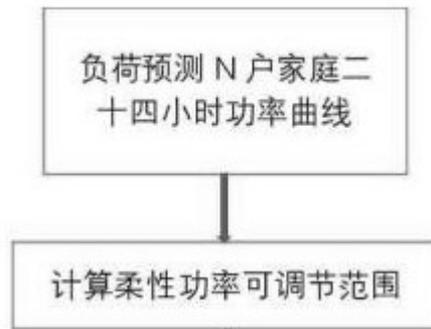


图4

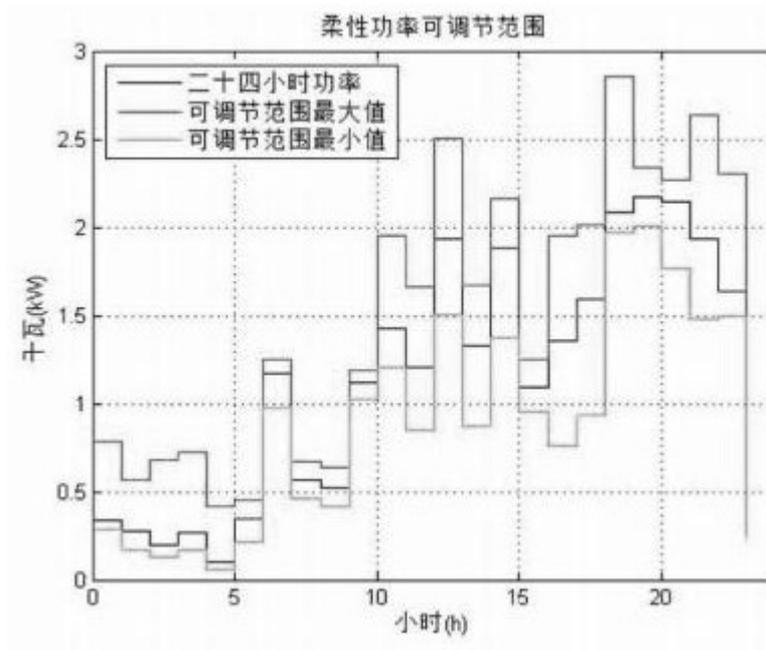


图5

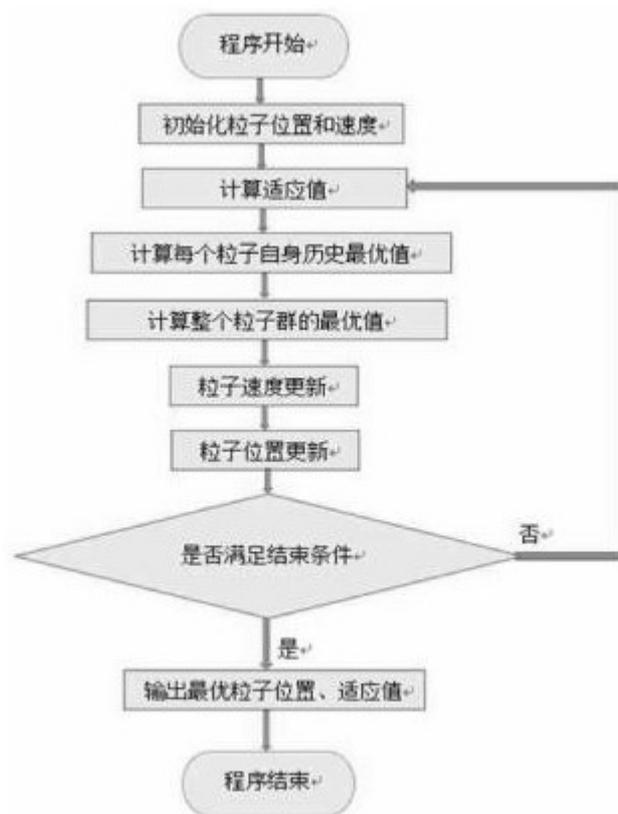


图6

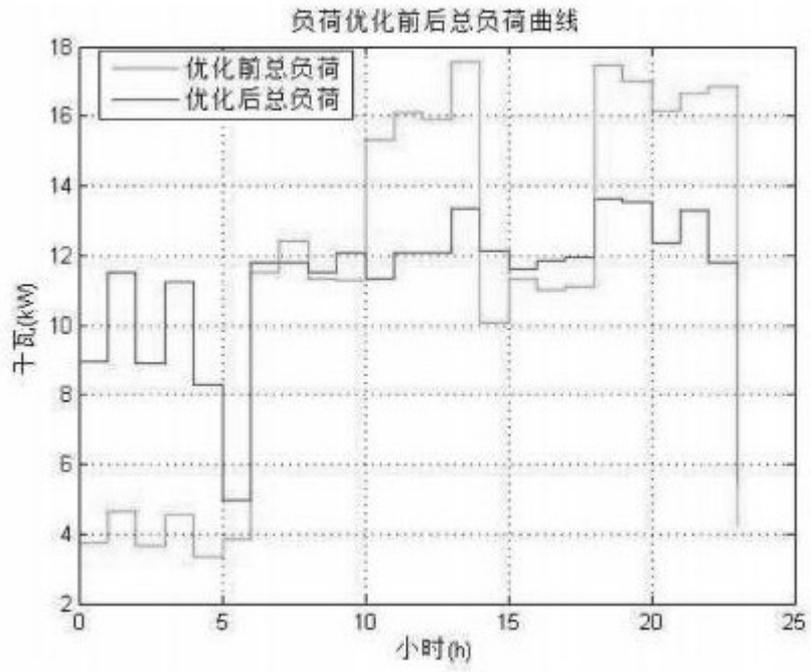


图7

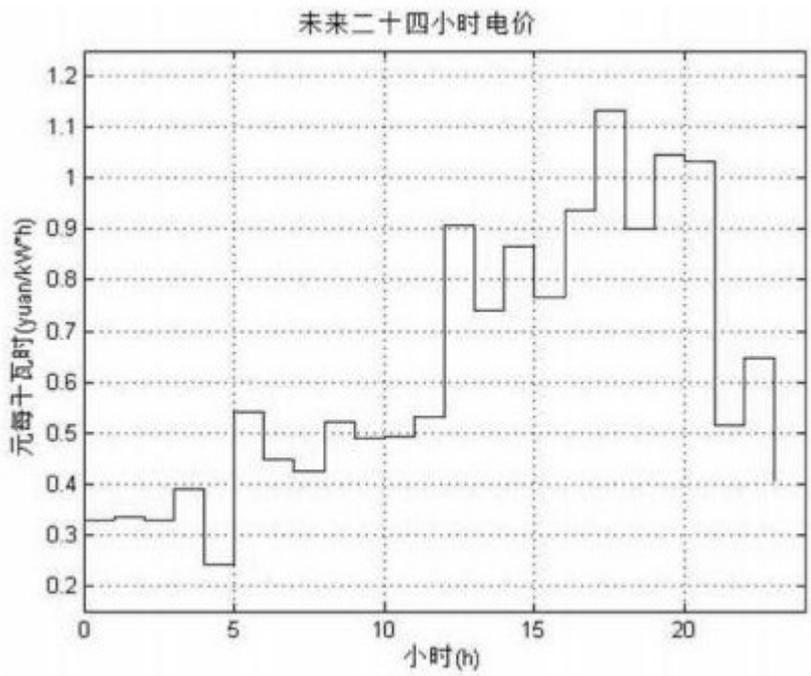


图8

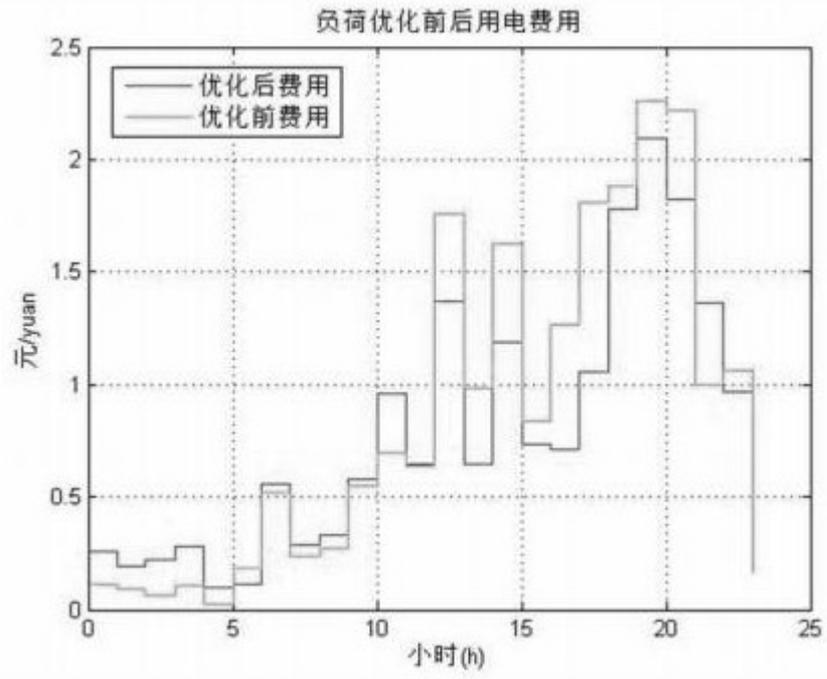


图9

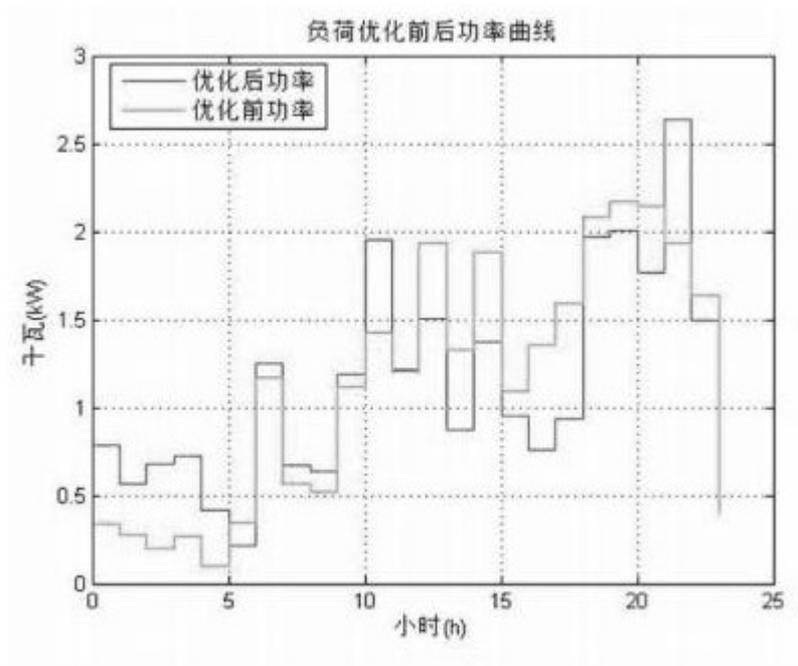


图10