



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107994574 B

(45) 授权公告日 2021.07.16

(21) 申请号 201711324300.5

(22) 申请日 2017.12.13

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107994574 A

(43) 申请公布日 2018.05.04

(73) 专利权人 国网辽宁省电力有限公司葫芦岛供电公司

地址 125000 辽宁省葫芦岛市龙港区龙湾南大街南延路

专利权人 东北大学

(72) 发明人 胡博 郑巍 张威 栗鹏辉
王海洋 杜恒 左越 于子恒
谷永强 周博文

(74) 专利代理机构 葫芦岛天开专利商标代理事务所(特殊普通合伙) 21230
代理人 卜海慧

(51) Int.Cl.
H02J 3/00 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)
G06Q 10/04 (2012.01)
G06Q 50/06 (2012.01)

(56) 对比文件
CN 105844365 A, 2016.08.10
CN 104505864 A, 2015.04.08
CN 104538984 A, 2015.04.22
CN 107392420 A, 2017.11.24
CN 104952001 A, 2015.09.30

审查员 李邱

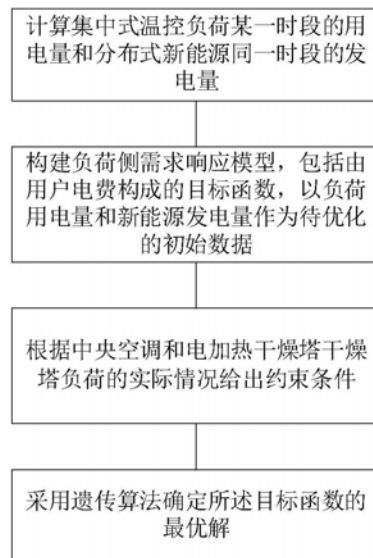
权利要求书3页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法

(57) 摘要

本发明涉及一种面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,包括以下步骤:步骤1:计算集中式温控负荷某一时段的用电量和分布式新能源同一时段的发电量;步骤2:构建负荷侧需求响应模型,模型包括由用户电费构成的目标函数和包含负荷侧的实时功率、最大额定功率和实时温度的约束条件,以负荷用电量和新能源发电量作为待优化的初始数据;步骤3:采用遗传算法确定所述目标函数的最优解。本发明利用遗传算法对中集中式温控负荷何时使用系统内电以及经济性进行优化计算,保证了集中式温控负荷经济性,将电费降到最低,同时消纳新能源发电有利于提高电网的稳定性和经济运行水平。



1. 一种面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:计算集中式温控负荷某一时段的用电量和分布式新能源同一时段的发电量;

步骤2:构建负荷侧需求响应模型,模型包括由用户电费构成的目标函数和包含负荷侧的实时功率、最大额定功率和实时温度的约束条件,以负荷用电量和新能源发电量作为待优化的初始数据;

步骤3:采用遗传算法确定所述目标函数的最优解;

所述目标函数设定为:

$$\min S_1 = \begin{cases} k_1(G_z - G_g) + G_g(k_2 - k_3) & P_L > P_N(t) \\ (k_2 - k_3)G_z & P_L < P_N(t) \end{cases}$$

其中, k_1 为系统电价, k_2 为新能源电价, k_3 为电网补偿负荷侧电价, G_z 为负荷某时段用电量, G_g 为分布式新能源同一时段发电量, P_L 为集中式温控负荷实时功率, $P_N(t)$ 分布式新能源的实时功率;

所述集中式温控负荷为中央空调或电加热干燥塔;

(1) 当集中式温控负荷为中央空调时,目标函数的约束条件为:

$$\begin{cases} P_L \leq P_{air} \\ 24^\circ\text{C} \leq T_{air} \leq 26^\circ\text{C} \\ D_{tu} < y_1 \\ u_1 < R_k < u_2 \end{cases}$$

其中, P_{air} 为24°C室温下空调的最大额定功率, T_{air} 为实时室温, D_{tu} 为主动负荷与分布式新能源配合程度指标, y_1 为 D_{tu} 的上限, R_k 为负荷率, u_1 为 R_k 的下限, u_2 为 R_k 的上限;

根据下式计算主动负荷与分布式新能源配合程度指标 D_{tu} :

$$D_{tu} = \frac{e^{\sqrt{x}}}{\sqrt[3]{\sum_{t=0}^{24} (P_{NR}(t) - P_{NRE}(t))^2}}$$

其中, $P_{NR}(t)$ 为负荷逐时用电功率, $P_{NRE}(t)$ 为分布式发电逐时出力功率;

根据下式计算负荷率 R_k :

$$R_k = \frac{M_o}{M_t}$$

其中, M_o 为中央空调所处房屋面积总和, M_t 为供冷面积总和;

(2) 当集中式温控负荷为电加热干燥塔时,目标函数的约束条件为:

$$\begin{cases} P_L < P_g \\ 300^\circ\text{C} < T_{lg} < 400^\circ\text{C} \\ \eta > x_1 \end{cases}$$

其中, P_g 为干燥塔最大工作功率, T_{lg} 为干燥塔环境温度, η 为干燥塔内的热效率, x_1 为效率的下限值;

干燥塔内的热效率 η 满足下式:

$$\eta = \frac{mc(T_1 - T_2)}{mc(T_1 - T_{lg})}$$

其中, m 为进入干燥塔热风质量, c 为比热容, T_1 为进风温度, T_2 为出风绝对温度。

2.如权利要求1所述的面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,其特征在于,所述集中式温控负荷某一时段的用电量为:

$$G_z = \int_0^{\Delta t} P_L dt$$

所述分布式新能源同一时段的发电量为:

$$G_g = \int_0^{\Delta t} P_N(t) dt$$

其中, Δt 为某一时段时长, P_L 为集中式温控负荷实时功率, $P_N(t)$ 分布式新能源的实时功率。

3.如权利要求1或2所述的面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,其特征在于,所述分布式新能源的实时功率为:

$$P_N(t) = P_{NS}(t) + P_{NW}(t)$$

其中, $P_{NS}(t)$ 为光伏发电的实时功率, $P_{NW}(t)$ 为风力发电的实时功率。

4.如权利要求3所述的面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,其特征在于,所述光伏发电的实时功率为:

$$P_{NS}(t) = I_q S (1 + m_1 T_q + m_2 h_q) \left(1 + m_1 \frac{T}{T_q} + m_2 \frac{h}{h_q} \right) \sin \theta$$

其中, I_q 为光伏发电区域平均光照强度, S 为光伏电池板面积, T_q 为光伏发电区域平均温度, h_q 为光伏发电区域平均湿度, θ 为入射光线与光伏电池板夹角, m_1 为温度影响因子, m_2 为湿度影响因子, T 为实时温度, h 为实时湿度。

5.如权利要求3所述的面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,其特征在于,所述风力发电的实时功率为:

$$P_{NW}(t) = \begin{cases} 0 & v_r < v_0 \\ g_p \left(1 + n \frac{p_q}{p_b} \right) \frac{v_r - v_0}{v_1 - v_r} & v_0 < v_r < v_1 \\ g_p & v_r > v_1 \end{cases}$$

其中, n 为大气压强影响因子, p_q 为风力发电区域实时大气压强, p_b 为标准大气压强, g_p 为风机额定功率, v_0 为风机启动风速, v_1 为风机额定风速, v_r 为实时风速。

6.如权利要求1所述的面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,所述步骤3包括:

步骤3.1:初始化遗传算法的各个参数,并随机挑选有效个体组成初始种群,个体为负荷用电量和新能源发电量组成的向量;

步骤3.2:将所述目标函数的倒数作为适应度函数,计算种群中每个个体的适应度值;

步骤3.3:利用遗传选择算子获取K组适应度值高的个体构成父代种群;

步骤3.4:按交叉概率对所述父代种群中的个体进行交叉操作,生成子代种群;

步骤3.5:按变异概率对所述生成子代种群进行变异操作;

步骤3.6:返回所述步骤3.2,若种群中最优个体的适应度值连续若干次迭代没有增加或连续若干次迭代后种群中最优个体的适应度值的平均值没有增加,则停止迭代,输出最优个体,即所述目标函数的最优解。

面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法

技术领域

[0001] 本发明属于电气工程有功调度领域,涉及面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法。

背景技术

[0002] 随着新能源接入电网规模日益增加,弃风、弃光现象也日益明显,造成了对新能源资源的浪费及电力系统资源的损失,并极大地限制了新能源的进一步发展。

[0003] 同时,随着电力竞争市场的发展与完善,电力系统的利益主体逐步走向多元化,需求侧资源在竞争市场中的作用被重新认识——从垂直一体化的电力公司的负荷管理工具转变为与供应侧相对应的重要系统侧资源。

[0004] 需求侧响应是指在不同市场化程度下,通过技术、经济、行政、法律等手段鼓励和引导用户主动改变常规用电方式、进行科学合理用电,以促进电力资源优化配置,保证电力系统安全、可靠、经济运行的管理工作。

[0005] 需求侧响应的特点适应当前电力系统的发展要求,不仅促进电力市场的稳定运行,对整个电力工业和经济发展以及环保等方面都有着重要的战略作用,由此可见,需求侧响应的研究与实施有着重要的现实意义。

发明内容

[0006] 本发明实施例提供一种面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,采用遗传算法将分布式发电出力、可控负荷用电量、电价等因素相结合向负荷给出建议,减少弃风弃光现象的出现,提高能源的利用率,还有有效的改善生态环境。

[0007] 本发明提供一种面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1:计算集中式温控负荷某一时段的用电量和分布式新能源同一时段的发电量;

[0009] 步骤2:构建负荷侧需求响应模型,模型包括由用户电费构成的目标函数和包含负荷侧的实时功率、最大额定功率和实时温度的约束条件,以负荷用电量和新能源发电量作为待优化的初始数据;

[0010] 步骤3:采用遗传算法确定所述目标函数的最优解。

[0011] 本发明提供的一种面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,采用数学建模对面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应进行优化处理,并采集获取实时分布式发电功率数据、中央空调和电加热干燥塔的相关数据。同时利用遗传算法对中央空调和电加热干燥塔何时使用系统内电以及经济性进行优化计算,保证了中央空调和电加热干燥塔负荷的经济性,将电费降到最低,同时消纳新能源发电有利于提高电网的稳定性和经济运行水平。通过给出这种面向新能源消纳的中央空调和电加热干燥塔负荷侧需求响应的决策支持,在保证用户用电和经济性的基础上,可以最大程度消纳新能源发电,具有很

高的社会经济效益。

附图说明

[0012] 图1是本发明的面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法的流程图；

[0013] 图2是本发明的决策方法中采用的遗传算法的优化流程图。

具体实施方式

[0014] 如图1所示,本发明的一种面向新能源消纳的集中式温控负荷侧需求响应的决策方法,包括以下步骤:

[0015] 步骤1:计算集中式温控负荷某一时段的用电量和分布式新能源同一时段的发电量;

[0016] 步骤2:构建负荷侧需求响应模型,模型包括由用户电费构成的目标函数和包含负荷侧的实时功率、最大额定功率和实时温度的约束条件,以负荷用电量和新能源发电量作为待优化的初始数据;

[0017] 步骤3:采用遗传算法确定所述目标函数的最优解。

[0018] 所述步骤2中的构建的目标函数设为:

$$[0019] \quad \min S_1 = \begin{cases} k_1(G_z - G_g) + G_g(k_2 - k_3) & P_L > P_N(t) \\ (k_2 - k_3)G_z & P_L < P_N(t) \end{cases} \quad (1)$$

[0020] 其中, $\min S_1$ 为最低电费, G_z 为负荷某一时段用电量, G_g 为分布式新能源同一时段发电量, P_L 为集中式温控负荷实时功率, $P_N(t)$ 分布式新能源的实时功率, k_1 为系统电价, k_2 为新能源电价, k_3 为电网补偿负荷侧电价,满足 $k_1 > k_2 > k_3$ 。

[0021] 根据式(2)计算集中式温控负荷某一时段的用电量 G_z :

$$[0022] \quad G_z = \int_0^{\Delta t} P_L dt \quad (2)$$

[0023] 根据式(3)计算分布式新能源同一时段的发电量 G_g :

$$[0024] \quad G_g = \int_0^{\Delta t} P_N(t) dt \quad (3)$$

[0025] 其中, Δt 为某一时段时长, P_L 为集中式温控负荷实时功率, $P_N(t)$ 分布式新能源的实时功率。

[0026] 根据式(4)计算分布式新能源的实时功率:

$$[0027] \quad P_N(t) = P_{NS}(t) + P_{NW}(t) \quad (4)$$

[0028] 其中, $P_{NS}(t)$ 为光伏发电的实时功率, $P_{NW}(t)$ 为风力发电的实时功率。

[0029] 采集获取光伏发电区域平均光照强度 l_q ,光伏电池板面积 S ,光伏发电区域平均温度 T_q ,光伏发电区域平均湿度 h_q ,入射光线与光伏电池板夹角 θ ,根据MPPT算法,可推算出光伏发电的实时功率为:

$$[0030] \quad P_{NS}(t) = l_q S \left(1 + m_1 T_q + m_2 h_q\right) \left(1 + m_1 \frac{T}{T_q} + m_2 \frac{h}{h_q}\right) \sin \theta \quad (5)$$

[0031] 其中, m_1 为温度影响因子, m_2 为湿度影响因子, T 为实时温度, h 为实时湿度。

[0032] 采集获取风力发电区域实时大气压强 p_q , 标准大气压强 p_b , 风机额定功率 g_p , 风机启动风速 v_0 , 风机额定风速 v_1 , 实时风速 v_r , 可推算出风力发电的实时功率为:

$$[0033] \quad P_{NW}(t) = \begin{cases} 0 & v_r < v_0 \\ g_p \left(1 + n \frac{p_q}{p_b} \right) \frac{v_r - v_0}{v_1 - v_0} & v_0 < v_r < v_1 \\ g_p & v_r > v_1 \end{cases} \quad (6)$$

[0034] 其中, n 为大气压强影响因子。

[0035] 具体实施时, 集中式温控负荷可以为中央空调或电加热干燥塔;

[0036] 实时例1: 根据现场实证实据, 中央空调系统适宜使用全局温度控制, 全局温度控制是指改变空调作用区域的整体温度设定值。当室内环境温度在 $24 \sim 26^\circ\text{C}$ 时, 人体将处于最舒适状态, 以室温设定 24°C 最低为基础, 空调设定温度每提升 1°C , 空调能耗降低大约 8%。其中, 降负荷功率计算公式 (7) 所示:

$$[0037] \quad \Delta P_t = 8\% \times P_{air} \times \Delta T \quad (7)$$

[0038] 其中, ΔP_t 为降负荷功率, P_{air} 为 24°C 室温下空调的最大额定功率, ΔT 为下降温度值。

[0039] 考虑到经济性的问题, 构造主动负荷与分布式新能源配合程度指标 D_{tu} , 如下式所示:

$$[0040] \quad D_{tu} = \frac{e^{\sqrt{\pi}}}{\sqrt[3]{\sum_{t=0}^{24} (P_{NR}(t) - P_{NRE}(t))^2}} \quad (8)$$

[0041] 其中, $P_{NR}(t)$ 为负荷逐时用电功率, $P_{NRE}(t)$ 为分布式发电逐时出力功率。

[0042] 此外, 中央空调能耗还受负荷率 R_k 影响, R_k 定义如下:

$$[0043] \quad R_k = \frac{M_o}{M_t} \quad (9)$$

[0044] 其中, M_o 为中央空调所处房屋面积总和, M_t 为供冷面积总和。

[0045] 当中央空调系统作为集中式温控负荷时, 构造目标函数的约束条件为:

$$[0046] \quad \begin{cases} P_L \leq P_{air} \\ 24^\circ\text{C} \leq T_{air} \leq 26^\circ\text{C} \\ D_{tu} < y_1 \\ u_1 < R_k < u_2 \end{cases} \quad (10)$$

[0047] 其中, P_{air} 为 24°C 室温下空调的最大额定功率, T_{air} 为实时室温, y_1 为 D_{tu} 的上限, D_{tu} 理论上越小越好, u_1 为 R_k 的下限, u_2 为 R_k 的上限。

[0048] 实时例2: 化工生产过程中, 干燥塔是个能耗较大的设备, 当电加热干燥塔作为集中式温控负荷时, 构造目标函数的约束条件为:

$$[0049] \quad \begin{cases} P_L < P_g \\ 300^\circ\text{C} < T_{lg} < 400^\circ\text{C} \\ \eta > x_1 \end{cases} \quad (11)$$

[0050] 其中, P_g 为干燥塔最大工作功率, T_{lg} 为干燥塔环境温度, η 为干燥塔内的热效率, x_1 为效率的下限值。

[0051] 干燥塔内的热效率 η 满足下式:

$$[0052] \quad \eta = \frac{mc(T_1 - T_2)}{mc(T_1 - T_{lg})} \quad (12)$$

[0053] 其中, m 为进入干燥塔热风质量, c 为比热容, T_1 为进风温度, T_2 为出风绝对温度。

[0054] 步骤3采用遗传算法确定所述目标函数的最优解, 具体包括:

[0055] 步骤3.1: 初始化遗传算法的各个参数, 并随机挑选有效个体组成初始种群 P , 个体为负荷用电量和新能源发电量组成的向量;

[0056] 具体为, 采用随机选择初始种群的方法, 确定中央空调和电加热干燥塔负荷侧需求响应的目标函数即电费 S_1 解的个数 X , 采用实数编码, 每个个体为一个实数向量, 每代中目标函数解的交叉概率为 δ_j , 交叉概率在0和1之间选择, 变异概率为 δ_b , 变异概率在0和1之间选择, 根据目标函数解的个数随机挑选有效个体组成初始化种群 P , 遗传代数计算器初始化 $t \rightarrow 0$ 。

[0057] 步骤3.2: 将所述目标函数的倒数作为适应度函数, 计算种群中每个个体的适应度值;

[0058] 将经过初始化的目标函数的解, 即负荷用电量和新能源发电量组成的向量代入所述适应度函数, 适应度值越大, 个体越优, 从而确定各个体的适应度值。

[0059] 步骤3.3: 利用遗传选择算子获取 K 组适应度值高的个体构成父代种群;

[0060] 从旧群体中以一定概率选择优良个体组成新的种群, 以繁殖下一代个体, 个体被选中的概率跟适应度值有关, 适应度值越大, 被选中的概率越高, 本发明实施中采用轮盘赌法, 个体被选中的概率为:

$$[0061] \quad P_x = \frac{\frac{1}{f_j}}{\sum_{j=1}^X \frac{1}{f_j}} \quad (13)$$

[0062] 其中, $\frac{1}{f_j}$ 表示个体的适应度函数, 随机选取 w 个适应度值进行大小比较, 将其中适应度值最大的那个遗传到下一代, 将上述过程重复 K 次, 就可得到下一代种群的 K 个个体。

[0063] 步骤3.4: 按交叉概率对所述父代种群中的个体进行交叉操作, 生成子代种群;

[0064] 交叉操作是指从种群中随机选择两个个体, 通过基因的交换组合, 把上一代的优秀特征遗传给下一代, 从而产生新的优秀个体。比如我们随机选择了第 K 组和第一组进行交叉操作, 生成了新的组合子代个体, 那么我再将新的子代个体与上一代个体进行适应度值的大小比较, 若新的子代个体的适应度值大于上一代个体, 则说明新的组合小于上一代组合, 则接受新子代个体为当前解。

[0065] 步骤3.5:按变异概率对所述生成子代种群进行变异操作;

[0066] 变异操作主要目的是为了维持种群多样性,变异操作从种群中随机选取一个个体,选择个体中的一点进行变异以产生更优秀的个体。

[0067] 步骤3.6:返回所述步骤3.2,若种群中最优个体的适应度值连续若干次迭代没有增加或连续若干次迭代后种群中最优个体的适应度值的平均值没有增加,则停止迭代,输出最优个体,即所述目标函数的最优解。

[0068] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明的思想,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

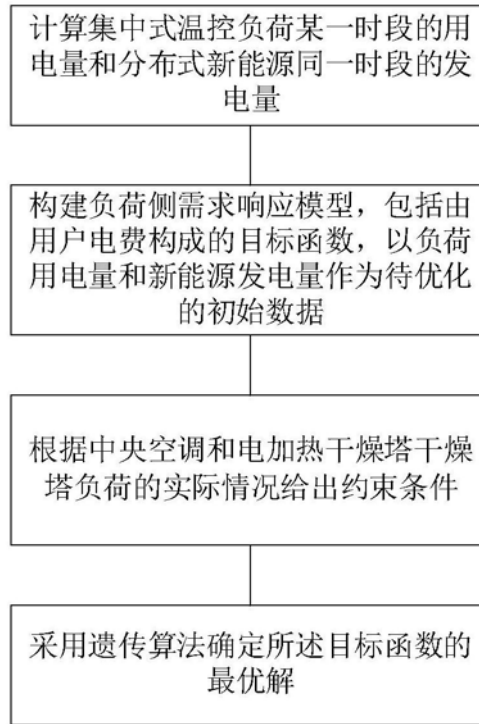


图1

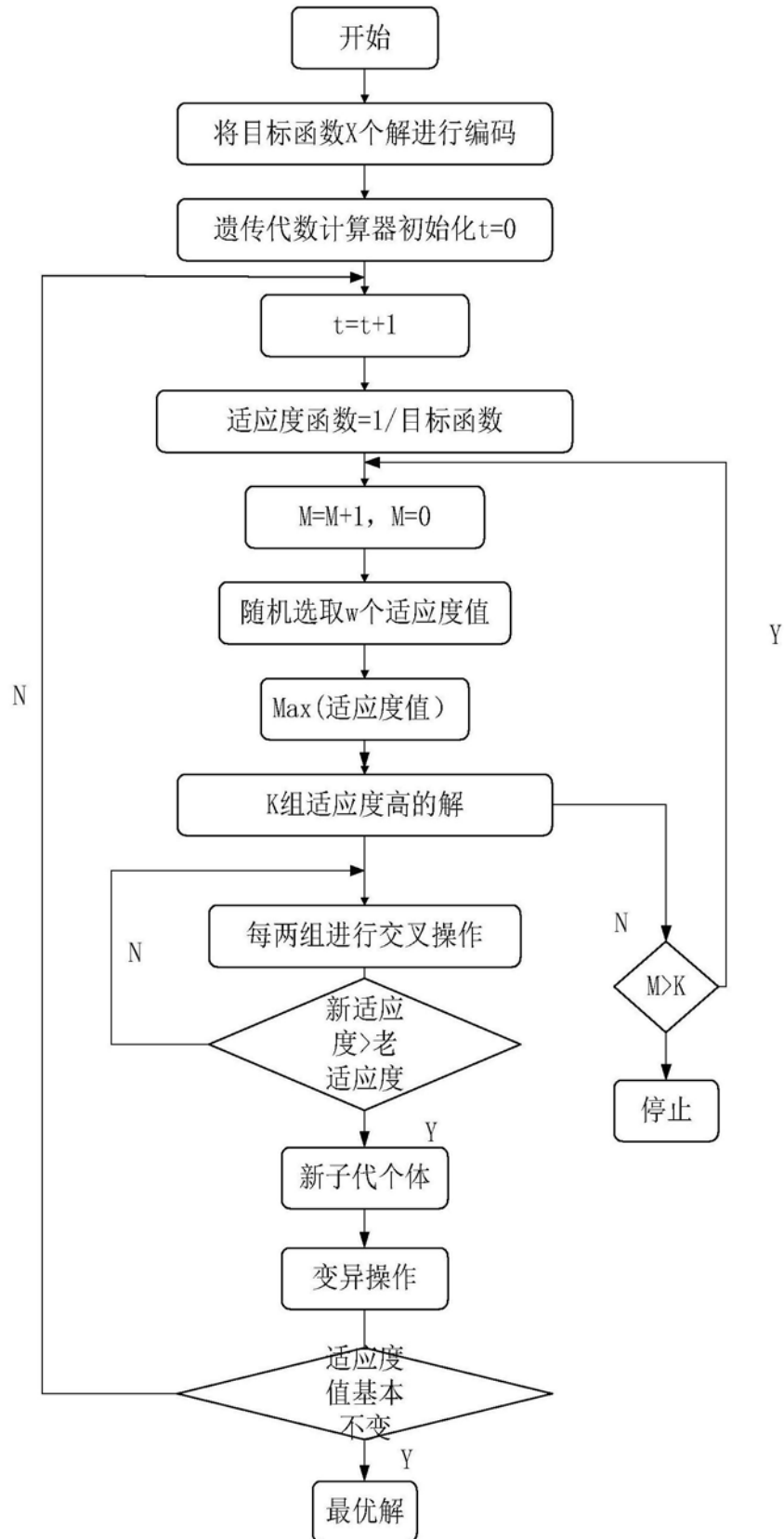


图2