



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113381417 A

(43) 申请公布日 2021.09.10

(21) 申请号 202110505344.8
 (22) 申请日 2021.05.10
 (71) 申请人 国网河北省电力有限公司营销服务中心
 地址 050035 河北省石家庄市高新区湘江道与兴安大街交口南行100米路西电力科技园院内C座
 申请人 国家电网有限公司
 国网河北省电力有限公司电力科学研究院
 (72) 发明人 李梦宇 杨鹏 刘林青 陶鹏
 李翀 李兵 陈超
 (74) 专利代理机构 石家庄国为知识产权事务所
 13120
 代理人 付晓娣

(51) Int.Cl.
 H02J 3/14 (2006.01)
 H02J 3/26 (2006.01)
 H02J 3/24 (2006.01)
 G06Q 10/04 (2012.01)
 G06Q 50/06 (2012.01)
 G06N 3/12 (2006.01)

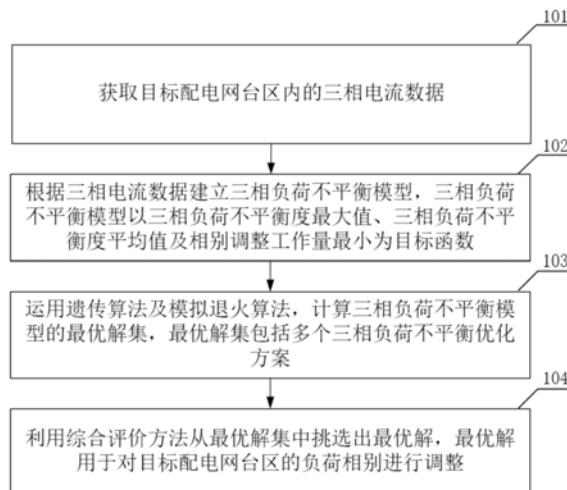
权利要求书3页 说明书12页 附图3页

(54) 发明名称

一种配电网台区三相负荷不平衡优化方法、装置及终端

(57) 摘要

本发明适用于电力系统规划技术领域,提供了一种配电网台区三相负荷不平衡优化方法、装置及终端,该方法包括:获取目标配电网台区的三相电流数据;根据三相电流数据建立三相负荷不平衡模型,三相负荷不平衡模型以三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值及相别调整工作量最小为目标函数;运用遗传算法及模拟退火算法,计算三相负荷不平衡模型的最优解集,最优解集包括多个三相负荷不平衡优化方案;利用综合评价方法从最优解集中挑选出最优解,最优解用于对目标配电网台区的负荷相别进行调整。本发明运用遗传算法及模拟退火算法对三相负荷不平衡模型求解,并从最优解集中挑选最优解,可以得到对目标配电网台区三相负荷不平衡优化的最优方案,减小三相负荷不平衡度。



1. 一种配电网台区三相负荷不平衡优化方法,其特征在于,包括:

获取目标配电网台区内的三相电流数据;

根据所述三相电流数据建立三相负荷不平衡模型,所述三相负荷不平衡模型以三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值及相别调整工作量最小为目标函数;

运用遗传算法及模拟退火算法,计算所述三相负荷不平衡模型的最优解集,所述最优解集包括多个三相负荷不平衡优化方案;

利用综合评价方法从所述最优解集中挑选出最优解,所述最优解用于对所述目标配电网台区的负荷相别进行调整。

2. 根据权利要求1所述的配电网台区三相负荷不平衡优化方法,其特征在于,所述目标函数为:

$$\begin{cases} \min f_1, & f_1 = \max\left(\frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}\right) \\ \min f_2, & f_2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})} \\ \min f_3, & f_3 = \sum_{j=1}^n w_j \end{cases}$$

其中, f_1 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的最大值, f_2 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的平均值, M 表示三相电流值统计周期内采集点数量, f_3 表示相别调整工作量, n 表示目标配电网台区内相别调整单元的数量, w_j 表示第 j 个相别调整单元的调整标识,

$w_j = \begin{cases} 1 & (\text{已进行相别调整}) \\ 0 & (\text{未进行相别调整}) \end{cases}$, I_{Ai} 表示目标配电网台区在 i 时刻在A相的电流值, I_{Bi}

表示目标配电网台区在 i 时刻在B相的电流值, I_{Ci} 表示目标配电网台区在 i 时刻在C相的电流值;

所述约束条件为:

进行相别调整后,同一用户的不同相别调整单元不能挂接在供电支路的同一相上;

且,进行相别调整后,每个供电支路的最大电流均小于各自对应的载流量。

3. 根据权利要求1所述的配电网台区三相负荷不平衡优化方法,其特征在于,所述运用遗传算法及模拟退火算法,计算所述三相负荷不平衡模型的最优解集包括:

步骤1:生成父代种群,所述父代种群包括预设数量的染色体,其中,每个染色体表示一种目标配电网台区的三相负荷不平衡优化方案,每个染色体均包括多个基因,且每个基因对应一个相别调整单元;

步骤2:对当前父代种群进行进化,得到当前子代种群,所述当前子代种群与当前父代种群具有相同数量的染色体;

步骤3:通过模拟退火算法对当前子代种群进行随机寻优,得到优化后的子代种群;

步骤4:将当前父代种群与所述优化后的子代种群合并,从合并后的种群中筛选出预设数量的染色体,并将筛选出的预设数量的染色体作为更新后的父代种群;

步骤5:用更新后的父代种群替换步骤2中的当前父代种群,并重复步骤2至步骤5,直至

达到第一迭代次数,则输出最新的父代种群作为所述最优解集。

4. 根据权利要求3所述的配电网台区三相负荷不平衡优化方法,其特征在于,所述通过模拟退火算法对所述子代种群进行随机寻优包括:

步骤301:对当前子代种群中每个染色体进行扰动,得到变异种群;

步骤302:计算当前子代种群与当前变异种群中每个染色体的目标函数值;

步骤303:判断当前变异种群中每个染色体是否可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体;

步骤304:将当前变异种群中可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体的染色体作为第一染色体,并用所述第一染色体替换当前子代种群中与所述第一染色体对应的染色体,得到更新后的子代种群;

步骤305:用更新后的子代种群替换步骤301中的当前子代种群,并重复步骤301至步骤305,直至达到第二迭代次数,则根据预设的降温公式进行降温操作,所述降温公式为:

$$T_{t+1} = \alpha T_t$$

其中, T_t 为当前温度, T_{t+1} 为下一次随机寻优的温度, α 为预设的降温系数。

5. 根据权利要求4所述的配电网台区三相负荷不平衡优化方法,其特征在于,在步骤304之后,所述方法还包括:

将当前变异种群中不可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体的染色体作为第二染色体,并令所述第二染色体按照替换概率替换当前子代种群中与该染色体对应的染色体;

所述替换概率由预设的替换概率计算公式和当前温度计算得到,所述替换概率计算公式为:

$$P_e = \prod_{d=1}^D \exp\left(\frac{f_d^{x_i} - f_d^{y_i}}{T_t}\right)$$

其中, P_e 表示替换概率, D 为目标函数数量; T_t 为当前温度; $f_d^{x_i}$ 为染色体 x_i 的第 d 个目标函数值; $f_d^{y_i}$ 为染色体 y_i 的第 d 个目标函数值。

6. 根据权利要求2至5任一项所述的配电网台区三相负荷不平衡优化方法,其特征在于,所述利用综合评价方法从所述最优解集中挑选出最优解包括:

确定目标函数中 f_1 、 f_2 和 f_3 的权值;

根据所述权值,计算所述最优解集中每个染色体的得分,得分最高的染色体为最优解。

7. 一种配电网台区三相负荷不平衡优化装置,其特征在于,包括:

获取模块,用于获取目标配电网台区的三相电流数据;

模型建立模块,用于根据所述三相电流数据建立三相负荷不平衡模型,所述三相负荷不平衡模型以三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值及相别调整工作量最小为目标函数;

计算模块,用于运用遗传算法及模拟退火算法,计算所述三相负荷不平衡模型的最优解集,所述最优解集包括多个三相负荷不平衡优化方案;

评价模块,用于利用综合评价方法从所述最优解集中挑选出最优解,所述最优解用于对所述目标配电网台区的负荷相别进行调整。

8. 根据权利要求7所述的配电网台区三相负荷不平衡优化装置, 其特征在于, 所述目标函数为:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min f_1, f_1 = \max\left(\frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}\right) \\ \min f_2, f_2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})} \\ \min f_3, f_3 = \sum_{j=1}^n w_j \end{array} \right.$$

其中, f_1 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的最大值, f_2 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的平均值, M 表示三相电流值统计周期内采集点数量, f_3 表示相别调整工作量, n 表示目标配电网台区内相别调整单元的数量, w_j 表示第 j 个相别调整单元的调整标

识, $w_j = \begin{cases} 1 & (\text{已进行相别调整}) \\ 0 & (\text{未进行相别调整}) \end{cases}$, I_{Ai} 表示目标配电网台区在 i 时刻在 A 相的电流值, I_{Bi}

表示目标配电网台区在 i 时刻在 B 相的电流值, I_{Ci} 表示目标配电网台区在 i 时刻在 C 相的电流值;

所述约束条件为:

进行相别调整后, 同一用户的不同相别调整单元不能挂接在供电支路的同一相上;

且, 进行相别调整后, 每个供电支路的最大电流均小于各自对应的载流量。

9. 一种终端, 包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序, 其特征在于, 所述处理器执行所述计算机程序时实现如上的权利要求1至6中任一项所述配电网台区三相负荷不平衡优化方法的步骤。

10. 一种计算机可读存储介质, 所述计算机可读存储介质存储有计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被处理器执行时实现如上的权利要求1至6中任一项所述配电网台区三相负荷不平衡优化方法的步骤。

一种配电网台区三相负荷不平衡优化方法、装置及终端

技术领域

[0001] 本发明属于电力系统规划技术领域,尤其涉及一种配电网台区三相负荷不平衡优化方法、装置及终端。

背景技术

[0002] 配电网台区下挂载的电力用户大部分为单相电力用户,由于电力用户用电行为的随机性和波动性,极易导致配电网台区出现三相负荷不平衡的问题。配电网台区三相负荷不平衡会导致供电电压质量降低、台区线损升高以及配电变压器可用容量变小等一系列问题。因此,有必要对配电网台区三相负荷不平衡进行治理,以保证配电网优质经济运行。

[0003] 目前,对于配电网台区三相负荷不平衡的问题,国内外学者提出的解决方法有:在配电网台区低压线路上配置低压负荷自动换相装置,在配电网台区安装SVG对三相不对称负荷进行补偿,但是这两种方法均需要投入新装置,成本较高。还有学者建立了基于遗传算法的配电网台区三相负荷不平衡治理模型,根据配电网台区下电力用户的电流量序列,求解出电力用户的最优相序组合,以达到统计周期内三相负荷不平衡度平均值最小的目的,但其只适用于所有电表箱均已实现三相供电的台区。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种配电网台区三相负荷不平衡优化方法、装置及终端,以解决配电网台区三相负荷不平衡的问题。

[0005] 本发明实施例的第一方面提供了一种配电网台区三相负荷不平衡优化方法,其特征在于,包括:

[0006] 获取目标配电网台区内的三相电流数据;

[0007] 根据三相电流数据建立三相负荷不平衡模型,三相负荷不平衡模型以三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值及相别调整工作量最小为目标函数;

[0008] 运用遗传算法及模拟退火算法,计算三相负荷不平衡模型的最优解集,最优解集包括多个三相负荷不平衡优化方案;

[0009] 利用综合评价方法从最优解集中挑选出最优解,最优解用于对目标配电网台区的负荷相别进行调整。

[0010] 可选的,目标函数为:

$$[0011] \left\{ \begin{array}{l} \min f_1, f_1 = \max\left(\frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}\right) \\ \min f_2, f_2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})} \\ \min f_3, f_3 = \sum_{j=1}^n w_j \end{array} \right.$$

[0012] 其中, f_1 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的最大值, f_2 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的平均值, M 表示三相电流值统计周期内采集点数量, f_3 表示相别调整工作量, n 表示目标配电网台区内相别调整单元的数量, w_j 表示第 j 个相别调整单元的调

整标识, $w_j = \begin{cases} 1 & \text{(已进行相别调整)} \\ 0 & \text{(未进行相别调整)} \end{cases}$, I_{A_i} 表示目标配电网台区在 i 时刻在A相的电流

值, I_{B_i} 表示目标配电网台区在 i 时刻在B相的电流值, I_{C_i} 表示目标配电网台区在 i 时刻在C相的电流值;

[0013] 约束条件为:

[0014] 进行相别调整后, 同一用户的不同相别调整单元不能挂接在供电支路的同一相上;

[0015] 且, 进行相别调整后, 每个供电支路的最大电流均小于各自对应的载流量。

[0016] 可选的, 运用遗传算法及模拟退火算法, 计算三相负荷不平衡模型的最优解集包括:

[0017] 步骤1: 生成父代种群, 父代种群包括预设数量的染色体, 其中, 每个染色体表示一种目标配电网台区的三相负荷不平衡优化方案, 每个染色体均包括多个基因, 且每个基因对应一个相别调整单元;

[0018] 步骤2: 对当前父代种群进行进化, 得到当前子代种群, 当前子代种群与当前父代种群具有相同数量的染色体;

[0019] 步骤3: 通过模拟退火算法对当前子代种群进行随机寻优, 得到优化后的子代种群;

[0020] 步骤4: 将当前父代种群与优化后的子代种群合并, 从合并后的种群中筛选出预设数量的染色体, 并将筛选出的预设数量的染色体作为更新后的父代种群;

[0021] 步骤5: 用更新后的父代种群替换步骤2中的当前父代种群, 并重复步骤2至步骤5, 直至达到第一迭代次数, 则输出最新的父代种群作为最优解集。

[0022] 可选的, 通过模拟退火算法对子代种群进行随机寻优包括:

[0023] 步骤301: 对当前子代种群中每个染色体进行扰动, 得到变异种群;

[0024] 步骤302: 计算当前子代种群与当前变异种群中每个染色体的目标函数值;

[0025] 步骤303: 判断当前变异种群中每个染色体是否可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体;

[0026] 步骤304: 将当前变异种群中可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体的染色体作为第一染色体, 并用第一染色体替换当前子代种群中与第一染色体对应的染色体, 得到更新后的子代种群;

[0027] 步骤305: 用更新后的子代种群替换步骤301中的当前子代种群, 并重复步骤301至步骤305, 直至达到第二迭代次数, 则根据预设的降温公式进行降温操作, 降温公式为:

$$[0028] \quad T_{t+1} = \alpha T_t$$

[0029] 其中, T_t 为当前温度, T_{t+1} 为下一次随机寻优的温度, α 为预设的降温系数。

[0030] 可选的, 在步骤304之后, 方法还包括:

[0031] 将当前变异种群中不可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体的染色体

作为第二染色体,并令第二染色体按照替换概率替换当前子代种群中与该染色体对应的染色体;

[0032] 替换概率由预设的替换概率计算公式和当前温度计算得到,替换概率计算公式为:

$$[0033] \quad P_e = \prod_{d=1}^D \exp\left(\frac{f_d^{x_i} - f_d^{y_i}}{T_t}\right)$$

[0034] 其中, P_e 表示替换概率, D 为目标函数数量; T_t 为当前温度; $f_d^{x_i}$ 为染色体 x_i 的第 d 个目标函数值; $f_d^{y_i}$ 为染色体 y_i 的第 d 个目标函数值。

[0035] 可选的,利用综合评价方法从最优解集中挑选出最优解包括:

[0036] 确定目标函数中 f_1 、 f_2 和 f_3 的权值;

[0037] 根据权值,计算最优解集中每个染色体的得分,得分最高的染色体为最优解。

[0038] 本发明实施例的第二方面提供了一种配电网台区三相负荷不平衡优化装置,其特征在于,包括:

[0039] 获取模块,用于获取目标配电网台区的三相电流数据;

[0040] 模型建立模块,用于根据三相电流数据建立三相负荷不平衡模型,三相负荷不平衡模型以三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值及相别调整工作量最小为目标函数;

[0041] 计算模块,用于运用遗传算法及模拟退火算法,计算三相负荷不平衡模型的最优解集,最优解集包括多个三相负荷不平衡优化方案;

[0042] 评价模块,用于利用综合评价方法从最优解集中挑选出最优解,最优解用于对目标配电网台区的负荷相别进行调整。

[0043] 可选的,目标函数为:

$$[0044] \quad \begin{cases} \min f_1, f_1 = \max\left(\frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}\right) \\ \min f_2, f_2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})} \\ \min f_3, f_3 = \sum_{j=1}^n w_j \end{cases}$$

[0045] 其中, f_1 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的最大值, f_2 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的平均值, M 表示三相电流值统计周期内采集点数量, f_3 表示相别调整工作量, n 表示目标配电网台区内相别调整单元的数量, w_j 表示第 j 个相别调整单元的调

整标识, $w_j = \begin{cases} 1 & (\text{已进行相别调整}) \\ 0 & (\text{未进行相别调整}) \end{cases}$, I_{Ai} 表示目标配电网台区在 i 时刻在A相的电流

值, I_{Bi} 表示目标配电网台区在 i 时刻在B相的电流值, I_{Ci} 表示目标配电网台区在 i 时刻在C相的电流值;

[0046] 约束条件为:

[0047] 进行相别调整后,同一用户的不同相别调整单元不能挂接在供电支路的同一相上;

[0048] 且,进行相别调整后,每个供电支路的最大电流均小于各自对应的载流量。

[0049] 可选的,计算模块还用于:

[0050] 步骤1:生成父代种群,父代种群包括预设数量的染色体,其中,每个染色体表示一种目标配电网台区的三相负荷不平衡优化方案,每个染色体均包括多个基因,且每个基因对应一个相别调整单元;

[0051] 步骤2:对当前父代种群进行进化,得到当前子代种群,当前子代种群与当前父代种群具有相同数量的染色体;

[0052] 步骤3:通过模拟退火算法对当前子代种群进行随机寻优,得到优化后的子代种群;

[0053] 步骤4:将当前父代种群与优化后的子代种群合并,从合并后的种群中筛选出预设数量的染色体,并将筛选出的预设数量的染色体作为更新后的父代种群;

[0054] 步骤5:用更新后的父代种群替换步骤2中的当前父代种群,并重复步骤2至步骤5,直至达到第一迭代次数,则输出最新的父代种群作为最优解集。

[0055] 可选的,计算模块还用于:

[0056] 步骤301:对当前子代种群中每个染色体进行扰动,得到变异种群;

[0057] 步骤302:计算当前子代种群与当前变异种群中每个染色体的目标函数值;

[0058] 步骤303:判断当前变异种群中每个染色体是否可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体;

[0059] 步骤304:将当前变异种群中可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体的染色体作为第一染色体,并用第一染色体替换当前子代种群中与第一染色体对应的染色体,得到更新后的子代种群;

[0060] 步骤305:用更新后的子代种群替换步骤301中的当前子代种群,并重复步骤301至步骤305,直至达到第二迭代次数,则根据预设的降温公式进行降温操作,降温公式为:

$$[0061] \quad T_{t+1} = \alpha T_t$$

[0062] 其中, T_t 为当前温度, T_{t+1} 为下一次随机寻优的温度, α 为预设的降温系数。

[0063] 可选的,计算模块还用于:

[0064] 在步骤304之后,将当前变异种群中不可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体的染色体作为第二染色体,并令第二染色体按照替换概率替换当前子代种群中与该染色体对应的染色体;

[0065] 替换概率由预设的替换概率计算公式和当前温度计算得到,替换概率计算公式为:

$$[0066] \quad P_e = \prod_{d=1}^D \exp\left(\frac{f_d^{x_i} - f_d^{y_i}}{T_t}\right)$$

[0067] 其中, P_e 表示替换概率, D 为目标函数数量; T_t 为当前温度; $f_d^{x_i}$ 为染色体 x_i 的第 d 个目标函数值; $f_d^{y_i}$ 为染色体 y_i 的第 d 个目标函数值。

[0068] 可选的,评价模块还用于:

[0069] 确定目标函数中 f_1 、 f_2 和 f_3 的权值；

[0070] 根据权值，计算最优解集中每个染色体的得分，得分最高的染色体为最优解。

[0071] 本发明实施例的第三方面提供了一种终端，包括存储器、处理器以及存储在存储器中并可在处理器上运行的计算机程序，处理器执行计算机程序时实现如任一项配电网台区三相负荷不平衡优化方法的步骤。

[0072] 本发明实施例的第四方面提供了一种计算机可读存储介质，计算机可读存储介质存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现如任一项配电网台区三相负荷不平衡优化方法的步骤。

[0073] 本发明与现有技术相比存在的有益效果是：

[0074] 本发明提供了一种配电网台区三相负荷不平衡优化方法，包括：获取目标配电网台区的三相电流数据；根据三相电流数据建立三相负荷不平衡模型，三相负荷不平衡模型以三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值及相别调整工作量最小为目标函数；运用遗传算法及模拟退火算法，计算三相负荷不平衡模型的最优解集，最优解集包括多个三相负荷不平衡优化方案；利用综合评价方法从最优解集中挑选出最优解，最优解用于对目标配电网台区的负荷相别进行调整。本发明运用遗传算法及模拟退火算法对三相负荷不平衡模型求解，并从最优解集中挑选最优解，可以得到对目标配电网台区三相负荷不平衡优化的最优方案。

附图说明

[0075] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0076] 图1是本发明实施例提供的配电网台区三相负荷不平衡优化方法的实现流程图；

[0077] 图2是本发明实施例提供的配电网台区三相负荷不平衡优化装置的结构示意图；

[0078] 图3是本发明实施例提供的终端的示意图。

具体实施方式

[0079] 以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节，以便透彻理解本发明实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本发明。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本发明的描述。

[0080] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图通过具体实施例来进行说明。

[0081] 参见图1，其示出了本发明实施例提供的配电网台区三相负荷不平衡优化方法的实现流程图，详述如下：

[0082] 步骤101，获取目标配电网台区内的三相电流数据；

[0083] 在本实施例中，终端设备在获取三相电流数据时还可以获取目标配电网台区的基础信息，基础信息包括：网台区名称、用户ID、用户相别以及用电日期，目标配电网台区内的

三相电流数据可以为不同时刻的电流数据。

[0084] 步骤102,根据三相电流数据建立三相负荷不平衡模型,三相负荷不平衡模型以三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值及相别调整工作量最小为目标函数;

[0085] 可选的,目标函数为:

$$[0086] \quad \begin{cases} \min f_1, f_1 = \max\left(\frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}\right) \\ \min f_2, f_2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})} \\ \min f_3, f_3 = \sum_{j=1}^n w_j \end{cases}$$

[0087] 其中, f_1 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的最大值, f_2 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的平均值, M 表示三相电流值统计周期内采集点数量, f_3 表示相别调整工作量, n 表示目标配电网台区内相别调整单元的数量, w_j 表示第 j 个相别调整单元的调

整标识, $w_j = \begin{cases} 1 & (\text{已进行相别调整}) \\ 0 & (\text{未进行相别调整}) \end{cases}$, I_{Ai} 表示目标配电网台区在 i 时刻在A相的电流

值, I_{Bi} 表示目标配电网台区在 i 时刻在B相的电流值, I_{Ci} 表示目标配电网台区在 i 时刻在C相的电流值;

[0088] 约束条件为:

[0089] 进行相别调整后,同一用户的不同相别调整单元不能挂接在供电支路的同一相上;

[0090] 且,进行相别调整后,每个供电支路的最大电流均小于各自对应的载流量。

[0091] 步骤103,运用遗传算法及模拟退火算法,计算三相负荷不平衡模型的最优解集,最优解集包括多个三相负荷不平衡优化方案;

[0092] 可选的,运用遗传算法及模拟退火算法,计算三相负荷不平衡模型的最优解集包括:

[0093] 步骤1:生成父代种群,父代种群包括预设数量的染色体,其中,每个染色体表示一种目标配电网台区的三相负荷不平衡优化方案,每个染色体均包括多个基因,且每个基因对应一个相别调整单元;

[0094] 在本实施例中,预设数量可以为100,表示遗传算法的种群规模,种群中的每个染色体采用字符编码方式编码,用A、B、C表示每个相别调整单元所挂接的相别。

[0095] 步骤2:对当前父代种群进行进化,得到当前子代种群,当前子代种群与当前父代种群具有相同数量的染色体;

[0096] 在本实施例中,对当前父代种群进行进化包括对父代种群中染色体进行非支配排序和拥挤度计算,根据父代种群中染色体的非支配排序及拥挤度对父代种群中各染色体进行变异、交叉和选择操作,具体可以为下述步骤:

[0097] (1) 变异操作

[0098] 对当前种群中每个染色体进行变异操作,随机使染色体某个位置上的基因进行变

异,本实施例中预设的变异概率为0.8;

[0099] (2) 交叉操作

[0100] 采用两点交叉操作,本实施例中预设的交叉概率为0.1;

[0101] (3) 选择操作

[0102] 采用规模为2的锦标赛选择。

[0103] 步骤3:通过模拟退火算法对当前子代种群进行随机寻优,得到优化后的子代种群;

[0104] 可选的,通过模拟退火算法对子代种群进行随机寻优包括:

[0105] 步骤301:对当前子代种群中每个染色体进行扰动,得到变异种群;

[0106] 在本实施例中,对当前子代种群中所有个体进行扰动,经扰动,当前子代种群中任一个染色体 x_i 均产生一个新的染色体 y_i 。对染色体的扰动操作,即随机使该染色体某个位置上的基因进行跳变,与对染色体的变异操作相同。

[0107] 步骤302:计算当前子代种群与当前变异种群中每个染色体的目标函数值;

[0108] 步骤303:判断当前变异种群中每个染色体是否可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体;

[0109] 步骤304:将当前变异种群中可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体的染色体作为第一染色体,并用第一染色体替换当前子代种群中与第一染色体对应的染色体,得到更新后的子代种群;

[0110] 可选的,在步骤304之后,还包括:

[0111] 将当前变异种群中不可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体的染色体作为第二染色体,并令第二染色体按照替换概率替换当前子代种群中与该染色体对应的染色体;

[0112] 在本实施例中,分别计算当前子代种群中与第二染色体对应的染色体 x_i 和第二染色体 y_i 的各目标函数值。若染色体 y_i 能够支配染色体 x_i ,则用染色体 y_i 替换掉染色体 x_i ;若染色体 y_i 不能够支配染色体 x_i ,则以概率 P_e 用染色体 y_i 替换掉染色体 x_i ,以概率 $(1-P_e)$ 丢弃染色体 y_i 。

[0113] 替换概率由预设的替换概率计算公式和当前温度计算得到,替换概率计算公式为:

$$[0114] \quad P_e = \prod_{d=1}^D \exp\left(\frac{f_d^{x_i} - f_d^{y_i}}{T_t}\right)$$

[0115] 其中, P_e 表示替换概率, D 为目标函数数量; T_t 为当前温度; $f_d^{x_i}$ 为染色体 x_i 的第 d 个目标函数值; $f_d^{y_i}$ 为染色体 y_i 的第 d 个目标函数值。

[0116] 在本实施例中,目标函数数量为3,初始温度为100。

[0117] 步骤305:用更新后的子代种群替换步骤301中的当前子代种群,并重复步骤301至步骤305,直至达到第二迭代次数,则根据预设的降温公式进行降温操作,降温公式为:

$$[0118] \quad T_{t+1} = \alpha T_t$$

[0119] 其中, T_t 为当前温度, T_{t+1} 为下一次随机寻优的温度, α 为预设的降温系数。

[0120] 在本实施例中,完成每次迭代后,判断该温度下的迭代次数是否达到预设的第二

迭代次数,如未达到,则继续进行迭代;如达到,则进行降温操作,然后进入下一步骤,本实施例中预设的降温系数为0.5,预设的第二迭代次数为5。

[0121] 步骤4:将当前父代种群与优化后的子代种群合并,从合并后的种群中筛选出预设数量的染色体,并将筛选出的预设数量的染色体作为更新后的父代种群;

[0122] 在本实施例中,对合并的种群中每个染色体进行非支配排序和拥挤度计算,并依据非支配排序和拥挤度进行排序,选取前预设数量个染色体作为更新后的父代种群。

[0123] 步骤5:用更新后的父代种群替换步骤2中的当前父代种群,并重复步骤2至步骤5,直至达到第一迭代次数,则输出最新的父代种群作为最优解集。

[0124] 在本实施例中,完成每次迭代后,判断迭代次数是否达到预设的第一迭代次数,如未达到,则继续进行迭代;如达到,则得到最优解集,本实施例中预设的第一迭代次数为100。

[0125] 步骤104,利用综合评价方法从最优解集中挑选出最优解,最优解用于对目标配电网台区的负荷相别进行调整。

[0126] 可选的,利用综合评价方法从最优解集中挑选出最优解包括:

[0127] 确定目标函数中 f_1 、 f_2 和 f_3 的权值;

[0128] 根据权值,计算最优解集中每个染色体的得分,得分最高的染色体为最优解。

[0129] 在本实施例中,可以利用APH-TOPSIS(层次分析-优劣解距离法)综合评价方法从帕累托(pareto)最优解集中挑选出最优解,具体包括下述步骤:

[0130] (1)用层次分析法求解3目标函数的权重系数,作为TOPSIS算法的权重;

[0131] (2)将极小型指标正向化为极大型指标;

[0132] (3)将已经正向化的矩阵进行标准化处理;

[0133] (4)基于(1)中求得的目标函数的权重系数,计算最优解集中各染色体的得分并进行归一化,根据得分进行排序,将排序最靠前的染色体所对应的相别调整方案作为最优方案。

[0134] 由上可知,本发明首先获取目标配电网台区的三相电流数据;然后根据三相电流数据建立三相负荷不平衡模型,三相负荷不平衡模型以三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值及相别调整工作量最小为目标函数;接着运用遗传算法及模拟退火算法,计算三相负荷不平衡模型的最优解集,最优解集包括多个三相负荷不平衡优化方案;最后利用综合评价方法从最优解集中挑选出最优解,最优解用于对目标配电网台区的负荷相别进行调整。本发明运用遗传算法及模拟退火算法对三相负荷不平衡模型求解,并从最优解集中挑选最优解,可以得到对目标配电网台区三相负荷不平衡优化的最优方案。

[0135] 本发明实施例具有如下优点与特点:

[0136] (1)在三相不平衡模型中,同时考虑了三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值以及相别调整工作量的影响,有利于避免现有方法存在的缺陷。

[0137] (2)在NSGA-II(非支配排序遗传算法)算法中加入了模拟退火操作,与单纯的NSGA-II算法相比,其精度明显提高,有利于指导工作人员进行相别调整,减小三相负荷不平衡度。

[0138] (3)实时性好,不用投入新装置,成本低。

[0139] 应理解,上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程

的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

[0140] 以下为本发明的装置实施例,对于其中未详尽描述的细节,可以参考上述对应的方法实施例。

[0141] 图2示出了本发明实施例提供的配电网台区三相负荷不平衡优化装置的结构示意图,为了便于说明,仅示出了与本发明实施例相关的部分,详述如下:

[0142] 如图2所示,配电网台区三相负荷不平衡优化装置2包括:

[0143] 获取模块21,用于获取目标配电网台区的三相电流数据;

[0144] 模型建立模块22,用于根据三相电流数据建立三相负荷不平衡模型,三相负荷不平衡模型以三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值及相别调整工作量最小为目标函数;

[0145] 计算模块23,用于运用遗传算法及模拟退火算法,计算三相负荷不平衡模型的最优解集,最优解集包括多个三相负荷不平衡优化方案;

[0146] 评价模块24,用于利用综合评价方法从最优解集中挑选出最优解,最优解用于对目标配电网台区的负荷相别进行调整。

[0147] 可选的,目标函数为:

$$[0148] \begin{cases} \min f_1, f_1 = \max\left(\frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}\right) \\ \min f_2, f_2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci}) - \min(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})}{\max(I_{Ai}, I_{Bi}, I_{Ci})} \\ \min f_3, f_3 = \sum_{j=1}^n w_j \end{cases}$$

[0149] 其中, f_1 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的最大值, f_2 表示目标配电网台区的三相负荷不平衡度的平均值, M 表示三相电流值统计周期内采集点数量, f_3 表示相别调整工作量, n 表示目标配电网台区内相别调整单元的数量, w_j 表示第 j 个相别调整单元的调

整标识, $w_j = \begin{cases} 1 & (\text{已进行相别调整}) \\ 0 & (\text{未进行相别调整}) \end{cases}$, I_{Ai} 表示目标配电网台区在 i 时刻在A相的电流

值, I_{Bi} 表示目标配电网台区在 i 时刻在B相的电流值, I_{Ci} 表示目标配电网台区在 i 时刻在C相的电流值;

[0150] 约束条件为:

[0151] 进行相别调整后,同一用户的不同相别调整单元不能挂接在供电支路的同一相上;

[0152] 且,进行相别调整后,每个供电支路的最大电流均小于各自对应的载流量。

[0153] 可选的,计算模块还用于:

[0154] 步骤1:生成父代种群,父代种群包括预设数量的染色体,其中,每个染色体表示一种目标配电网台区的三相负荷不平衡优化方案,每个染色体均包括多个基因,且每个基因对应一个相别调整单元;

[0155] 步骤2:对当前父代种群进行进化,得到当前子代种群,当前子代种群与当前父代种群具有相同数量的染色体;

[0156] 步骤3:通过模拟退火算法对当前子代种群进行随机寻优,得到优化后的子代种群;

[0157] 步骤4:将当前父代种群与优化后的子代种群合并,从合并后的种群中筛选出预设数量的染色体,并将筛选出的预设数量的染色体作为更新后的父代种群;

[0158] 步骤5:用更新后的父代种群替换步骤2中的当前父代种群,并重复步骤2至步骤5,直至达到第一迭代次数,则输出最新的父代种群作为最优解集。

[0159] 可选的,计算模块还用于:

[0160] 步骤301:对当前子代种群中每个染色体进行扰动,得到变异种群;

[0161] 步骤302:计算当前子代种群与当前变异种群中每个染色体的目标函数值;

[0162] 步骤303:判断当前变异种群中每个染色体是否可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体;

[0163] 步骤304:将当前变异种群中可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体的染色体作为第一染色体,并用第一染色体替换当前子代种群中与第一染色体对应的染色体,得到更新后的子代种群;

[0164] 步骤305:用更新后的子代种群替换步骤301中的当前子代种群,并重复步骤301至步骤305,直至达到第二迭代次数,则根据预设的降温公式进行降温操作,降温公式为:

$$[0165] \quad T_{t+1} = \alpha T_t$$

[0166] 其中, T_t 为当前温度, T_{t+1} 为下一次随机寻优的温度, α 为预设的降温系数。

[0167] 可选的,计算模块还用于:

[0168] 在步骤304之后,将当前变异种群中不可支配当前子代种群中与该染色体对应的染色体的染色体作为第二染色体,并令第二染色体按照替换概率替换当前子代种群中与该染色体对应的染色体;

[0169] 替换概率由预设的替换概率计算公式和当前温度计算得到,替换概率计算公式为:

$$[0170] \quad P_e = \prod_{d=1}^D \exp\left(\frac{f_d^{x_i} - f_d^{y_i}}{T_t}\right)$$

[0171] 其中, P_e 表示替换概率, D 为目标函数数量; T_t 为当前温度; $f_d^{x_i}$ 为染色体 x_i 的第 d 个目标函数值; $f_d^{y_i}$ 为染色体 y_i 的第 d 个目标函数值。

[0172] 可选的,评价模块还用于:

[0173] 确定目标函数中 f_1 、 f_2 和 f_3 的权值;

[0174] 根据权值,计算最优解集中每个染色体的得分,得分最高的染色体为最优解。

[0175] 由上可知,本发明首先获取目标配电网台区的三相电流数据;然后根据三相电流数据建立三相负荷不平衡模型,三相负荷不平衡模型以三相负荷不平衡度最大值、三相负荷不平衡度平均值及相别调整工作量最小为目标函数;接着运用遗传算法及模拟退火算法,计算三相负荷不平衡模型的最优解集,最优解集包括多个三相负荷不平衡优化方案;最后利用综合评价方法从最优解集中挑选出最优解,最优解用于对目标配电网台区的负荷相

别进行调整。本发明运用遗传算法及模拟退火算法对三相负荷不平衡模型求解,并从最优解集中挑选最优解,可以得到对目标配电网台区三相负荷不平衡优化的最优方案。

[0176] 图3是本发明一实施例提供的终端的示意图。如图3所示,该实施例的终端3包括:处理器30、存储器31以及存储在所述存储器31中并可在所述处理器30上运行的计算机程序32。所述处理器30执行所述计算机程序32时实现上述各个配电网台区三相负荷不平衡优化方法实施例中的步骤,例如图1所示的步骤101至步骤103。或者,所述处理器30执行所述计算机程序32时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能,例如图2所示单元21至23的功能。

[0177] 示例性的,所述计算机程序32可以被分割成一个或多个模块/单元,所述一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器31中,并由所述处理器30执行,以完成本发明。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段,该指令段用于描述所述计算机程序32在所述终端3中的执行过程。

[0178] 所述终端3可以是桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备。所述终端可包括,但不仅限于,处理器30、存储器31。本领域技术人员可以理解,图3仅仅是终端3的示例,并不构成对终端3的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述终端还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0179] 所称处理器30可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、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、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0180] 所述存储器31可以是所述终端3的内部存储单元,例如终端3的硬盘或内存。所述存储器31也可以是所述终端3的外部存储设备,例如所述终端3上配备的插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)等。进一步地,所述存储器31还可以既包括所述终端3的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器31用于存储所述计算机程序以及所述终端3所需的其他程序和数据。所述存储器31还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

[0181] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成,即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块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。另外,各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本申请的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0182] 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或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0183] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单

元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0184] 在本发明所提供的实施例中,应该理解到,所揭露的装置/终端和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置/终端实施例仅仅是示意性的,例如,所述模块或单元的划分,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讯连接可以通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通讯连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0185] 所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。

[0186] 另外,在本发明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。

[0187] 所述集成的模块/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取存储介质中。基于这样的理解,本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括:能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是,所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减,例如在某些司法管辖区,根据立法和专利实践,计算机可读介质不包括是电载波信号和电信信号。

[0188] 以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围,均应包含在本发明的保护范围之内。

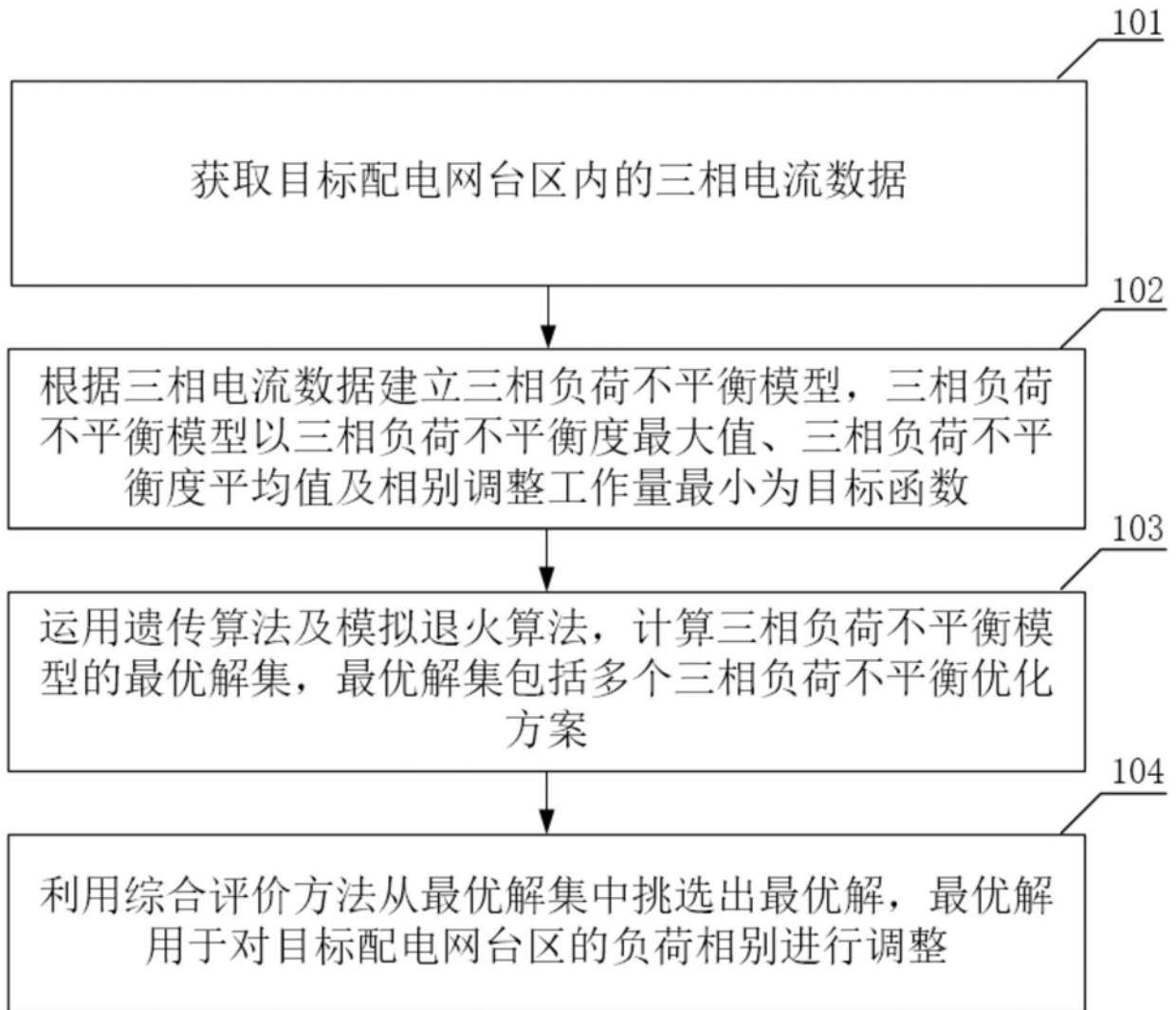


图1

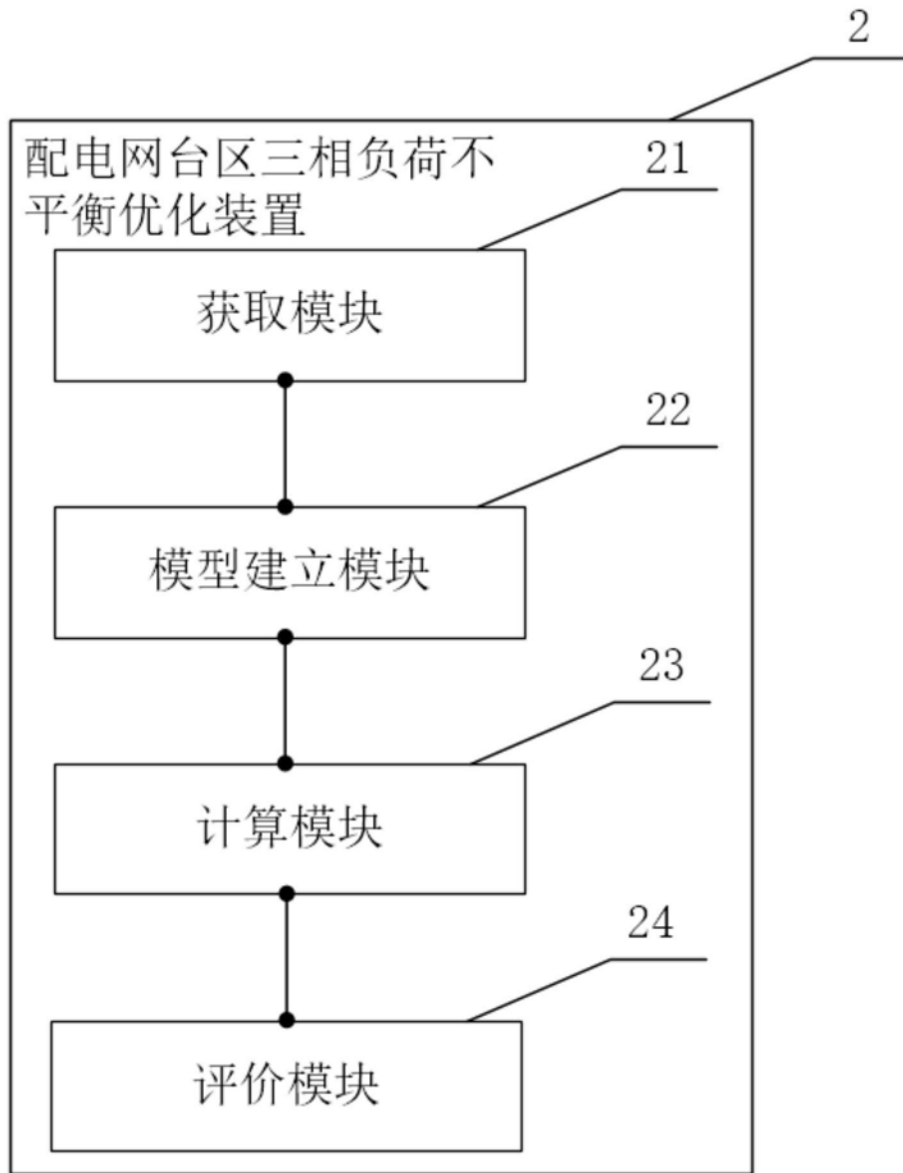


图2

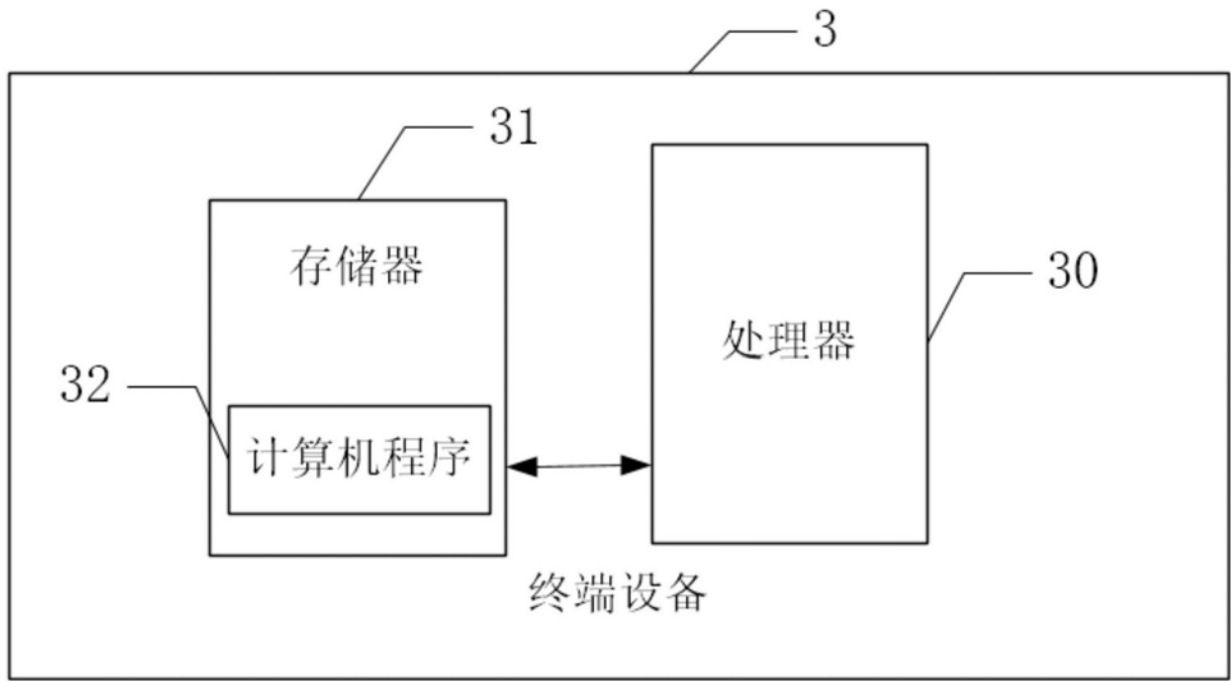


图3