



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103971299 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201410224887. 2

(22) 申请日 2014. 05. 26

(71) 申请人 湖南大学

地址 410082 湖南省长沙市岳麓山湖南大学

申请人 广东电网公司佛山供电局

南方电网科学研究院有限责任公司

(72) 发明人 汪沨 曾业运 陈春 曹一家

黄纯 董旭柱 黄小耘 许爱东

于力 彭飞进 雷金勇

(74) 专利代理机构 北京立成智业专利代理事务

所（普通合伙） 11310

代理人 张江涵

(51) Int. Cl.

G06Q 50/06 (2012. 01)

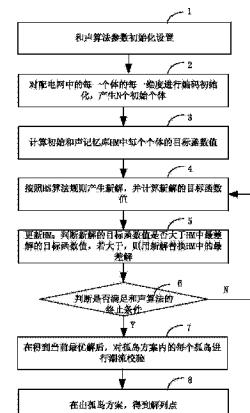
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于和声算法的配电网孤岛划分方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于和声算法的配电网孤岛划分方法，本发明基于和声算法的配电网孤岛划分方法，以恢复的负荷开关量最多和动作开关最少为目标，考虑孤岛内有功功率平衡、线路电流不过载等约束条件，对配电网中的每个节点进行0-1编码，结合广度优先搜索算法得到具体的孤岛划分方案，并计算每个孤岛的目标函数值，利用和声算法对孤岛方案进行调整、评价、更新，然后对目前最优解进行潮流检验，最终给出较优的孤岛划分方案。本发明基于和声算法来实现配电网孤岛划分问题解空间的全面搜索的方法，能利用个体局部信息和群体全局信息指导算法进一步搜索，且其原理简单，可调参数少，求解孤岛划分问题时能在较短的时间内得到最优的孤岛划分方案。



1. 一种基于和声算法的配电网孤岛划分方法,其特征在于,其过程为:

步骤 1,配电网系统对和声算法参数初始化设置;

步骤 2,配电网系统对配电网中的每一个体的每一维度进行编码初始化,产生 N 个初始个体;

步骤 3,配电网系统计算初始和声记忆库 HM 中每个个体的目标函数值;

步骤 4,配电网系统按照 HS 算法规则产生新解,并计算新解的目标函数值;

步骤 5,配电网系统更新和声记忆库 HM;判断上述步骤 4 计算的新解的目标函数值是否大于所述和声记忆库 HM 中最差解的目标函数值,若大于,则用新解替换所述和声记忆库 HM 中的最差解;

步骤 6,配电网系统判断是否满足和声算法的终止条件:实际迭代次数小于上述步骤 1 中设置的迭代次数;若满足,则进行下述步骤 7;若不满足,则返回步骤 4,并依次进行;

步骤 7,配电网系统在得到当前最优解后,对孤岛方案内的每个孤岛进行潮流校验;

步骤 8,配电网系统输出孤岛方案,得到解列点。

2. 根据权利要求 1 所述的基于和声算法的配电网孤岛划分方法,其特征在于,在上述步骤 2 中,对于每个个体,其每一维的编码过程为:对于连接有 DG 的节点,编码初始化为 1;对于连接有一级或二级负荷的节点,编码初始化为 1;对于连接有三级负荷的节点,编码随机初始化为 0 或 1。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于和声算法的配电网孤岛划分方法,其特征在于,在上述步骤 3 中,首先用广度优先搜索算法对个体进行搜索,确定划分方案中每个孤岛包含的负荷和分布式电源 DG,判断每个孤岛是否满足约束条件 A 和条件 B 的要求,其中,按照下式判断每个孤岛是否满足约束条件 A 和 B,

$$Sump_i = \begin{cases} 0 & \text{孤岛不满足约束条件A或B} \\ \sum_{j=1}^m w_j P_j & \text{孤岛满足约束条件A和B} \end{cases}$$

其中, $Sump_i$ 为单个孤岛的负荷恢复量, m 为该孤岛包含的负荷数, w_j 为负荷权重, P_j 为负荷的有功功率;上述约束条件进行判定的基本思路为:每个孤岛方案中可能包含 n 个彼此分离的孤岛,对单个孤岛,判断该孤岛是否满足约束条件 A 和 B;如果两者同时满足,计算其负荷恢复量,负荷恢复量为负荷有功功率和负荷等级权值的乘积;若至少有一个不满足,则将其负荷恢复量置 0。

4. 根据权利要求 3 所述的基于和声算法的配电网孤岛划分方法,其特征在于,在上述步骤 3 中,按下式计算每个个体的目标函数值,孤岛划分的目标函数值就是孤岛划分方案中各孤岛的负荷恢复量之和再减去动作的开关数,

$$\max \left(\lambda_1 \sum_{i=1}^n Sump_i - \lambda_2 N_{breaker} \right)$$

式中, λ_1 和 λ_2 为系数; $Sump_i$ 为单个孤岛的负荷恢复量; $N_{breaker}$ 为划分孤岛需要动作的开关数目。

5. 根据权利要求 3 所述的基于和声算法的配电网孤岛划分方法,其特征在于,在上述步骤 3 中约束条件 A 为:孤岛内有功功率平衡;

孤岛内发电机发出的有功功率必须大于孤岛内负荷需求的有功功率：如下述共式所示，

$$\sum_{G_i \in V} P_{G_i} > \sum_{L_j \in V} P_{L_j}$$

式中： P_{G_i} 为分布式电源发电量； P_{L_j} 为孤岛内的负荷量；

上述约束条件 B 为：孤岛内至少含有一个稳定功率输出的分布式电源 DG。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于和声算法的配电网孤岛划分方法，其特征在于，在上述步骤 4 中，新解产生只需确定该解中每一位的编码取值；其中，新解中某一位 x 的编码具体确定方式为：

步骤 41，如果 x 对应节点为分布式电源 DG，x 直接赋值为 1；

步骤 42，如果 x 对应节点为重要负荷，x 赋值为 1；然后产生一个 [0, 1] 之间的随机数 rand₂，若 rand₂ < PAR，x 接受扰动变为 0；否则，维持 1 不变，PAR 为预设参数，其值在 0-1 之间；

步骤 43，如果 x 对应节点为一般负荷，则产生一个 [0, 1] 之间的随机数 rand₁，若 rand₁ < HMCR，则 x 的值等于和声记忆库 HM 中任意一个个体的第 x 位的编码，HMCR 为预设参数，其值在 0-1 之间；否则，x 随机编码为 0 或 1；然后，再产生一个 [0, 1] 之间的随机数 rand₂，若 rand₂ < PAR，x 接受扰动更改编码，由原来为 1 变为 0 或原来为 0 变为 1，PAR 为预设参数，其值在 0-1 之间；否则，x 的取值维持不变。

7. 根据权利要求 1 所述的基于和声算法的配电网孤岛划分方法，其特征在于，在上述步骤 7 中，对每个孤岛进行潮流校验的具体过程为：

步骤 71，选择孤岛内具有稳定功率输出且具有一定调频调压能力的分布式电源作为孤岛的平衡节点，其它分布式电源和负荷作为 PQ 节点，用牛顿-拉夫逊方法进行潮流计算，得到整个孤岛的潮流分布；

步骤 72，根据潮流计算结果，判断各支路是否满足约束条件 C 与 D；如果不满足，则切除孤岛内当前负荷等级最低，有功需求最大的负荷，按上述步骤 71 重新进行潮流计算，直到孤岛满足所有约束条件为止。

8. 根据权利要求 7 所述的基于和声算法的配电网孤岛划分方法，其特征在于，在上述步骤 7 中，根据约束条件 C 和 D 进行潮流验证，上述约束条件 C 为：线路电流不过载；根据下述式，

$$I_{ij} < I_{ij}^{\max}$$

式中： I_{ij} 为流过线路的实际电流； I_{ij}^{\max} 为流过线路的最大允许电流。

9. 根据权利要求 8 所述的基于和声算法的配电网孤岛划分方法，其特征在于，上述约束条件 D 为：母线电压不越限；根据下述式，

$$U_{\min} < U_i < U_{\max}$$

式中： U_i 为母线的实际电压； U_{\min} 和 U_{\max} 为母线电压允许的上限、下限。

10. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于和声算法的配电网孤岛划分方法，其特征在于，在该步骤 1 孤岛划分之前，应确定故障隔离后从大电网分离的配电网区域，并以此作为孤岛

划分的范围,将配电网实际拓扑图简化为点和边带有权值的无向图;把母线节点赋以一个其连接负荷或分布式电源 DG 的功率的权值,然后将负荷和分布式电源 DG 节点删掉,将配电网进一步简化成节点带有权值的节点 - 支路无向图。

一种基于和声算法的配电网孤岛划分方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种配电网孤岛分析方法,尤其涉及一种基于和声算法的配电网孤岛划分方法。

背景技术

[0002] 配电网孤岛运行是配电网在接入分布式电源 (DG) 后的一种非常态运行方式。配电网孤岛划分就是当配电网外部的上级电网发生故障、频率电压越限和振荡失步等情况下,根据电网结构、DG 的位置、发电容量等,将配电网解列成一个或几个孤立的子网,以保障负荷特别是关键负荷的供电,直至故障排除,系统恢复供电。在这种运行方式下,配电系统的部分用户仅由 DG 进行供电,包含这部分用户及 DG 的系统被称为配电系统中的孤岛。

[0003] 根据 IEEE std. 999-2000 的相关规定,在配电系统因故障停运之后,为了检修人员的人身安全,同时为了使得配电网尽快消除故障,配电网中的所有 DG 必须短时退出运行,禁止非计划孤岛运行的发生。

[0004] 但因 DG 具有独立供电的能力,故障隔离之后,可利用 DG 恢复部分重要负荷及相关负荷的供电,从而显著提高系统的供电可靠性。对此,新标准 IEEE std. 1547-2003 鼓励有意识的孤岛运行。在系统失电的情况下,若能以各类 DG 为电源形成独立供电孤岛可以保障重要负荷供电的不间断,同时让尽可能多的负荷得到供电恢复,可以显著提升配电系统的供电可靠性。

[0005] 如何充分有效地利用有限的分布式电能,确定以 DG 为电源中心的最佳电力孤岛,并适时地进行孤岛运行及与大电网的同步运行,从而最大限度地发挥分布式发电的优势,保障重要负荷以及尽可能多负荷的持续供电是实现配电网孤岛高效运行的关键问题。

[0006] 中国专利《一种用于考虑联络开关的含分布式发电配网孤岛划分方法》,专利公开号 :CN102983570A,公开了一种考虑联络开关的含分布式发电配网孤岛划分方法,基于配电系统图模型,得到含 DG 配电系统孤岛划分新模型;构建故障之后失电区域配电系统的图模型 G。为构建满足工程需求的考虑联络开关的含分布式发电配电网孤岛划分方法提供理论依据,以此算法为基础提出含环网结构的配电网孤岛划分问题的求解策略,扩展了含分布式发电孤岛划分技术的工程化应用范围。

[0007] 但上述方法对于离散的优化问题处理不佳,计算速度慢,容易陷入局部最优,在求解孤岛划分问题时时间较长。

[0008] 鉴于上述缺陷,本发明创作者经过长时间的研究和实践终于获得了本创作。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种基于和声算法 (HS 算法, Harmony search) 的配电网孤岛划分方法,用以克服上述技术缺陷。

[0010] 为实现上述目的,本发明提供一种基于和声算法的配电网孤岛划分方法,其特征在于,其过程为:

- [0011] 步骤 1, 配电网系统对和声算法参数初始化设置 ;
- [0012] 步骤 2, 配电网系统对配电网中的每一个体的每一维度进行编码初始化, 产生 N 个初始个体 ;
- [0013] 步骤 3, 配电网系统计算初始和声记忆库 HM 中每个个体的目标函数值 ;
- [0014] 步骤 4, 配电网系统按照 HS 算法规则产生新解, 并计算新解的目标函数值 ;
- [0015] 步骤 5, 配电网系统更新和声记忆库 HM ; 判断上述步骤 4 计算的新解的目标函数值是否大于所述和声记忆库 HM 中最差解的目标函数值, 若大于, 则用新解替换所述和声记忆库 HM 中的最差解 ;
- [0016] 步骤 6, 配电网系统判断是否满足和声算法的终止条件 : 实际迭代次数小于上述步骤 1 中设置的迭代次数 ; 若满足, 则进行下述步骤 7 ; 若不满足, 则返回步骤 4, 并依次进行 ;
- [0017] 步骤 7, 配电网系统在得到当前最优解后, 对孤岛方案内的每个孤岛进行潮流校验 ;
- [0018] 步骤 8, 配电网系统输出孤岛方案, 得到解列点。
- [0019] 较佳的, 在上述步骤 2 中, 对于每个个体, 其每一维的编码过程为 : 对于连接有 DG 的节点, 编码初始化为 1 ; 对于连接有一级或二级负荷的节点, 编码初始化为 1 ; 对于连接有三级负荷的节点, 编码随机初始化为 0 或 1。
- [0020] 较佳的, 在上述步骤 3 中, 首先用广度优先搜索算法对个体进行搜索, 确定划分方案中每个孤岛包含的负荷和分布式电源 DG, 判断每个孤岛是否满足约束条件 A 和条件 B 的要求, 其中, 按照下式判断每个孤岛是否满足约束条件 A 和 B,
- [0021]

$$Sump_i = \begin{cases} 0 & \text{孤岛不满足约束条件A或B} \\ \sum_{j=1}^m w_j P_j & \text{孤岛满足约束条件A和B} \end{cases}$$

[0022] 其中, $Sump_i$ 为单个孤岛的负荷恢复量, m 为该孤岛包含的负荷数, w_j 为负荷权重, P_j 为负荷的有功功率 ; 上述约束条件进行判定的基本思路为 : 每个孤岛方案中可能包含 n 个彼此分离的孤岛, 对单个孤岛, 判断该孤岛是否满足约束条件 A 和 B ; 如果两者同时满足, 计算其负荷恢复量, 负荷恢复量为负荷有功功率和负荷等级权值的乘积 ; 若至少有一个不满足, 则将其负荷恢复量置 0。

[0023] 较佳的, 在上述步骤 3 中, 按下式计算每个个体的目标函数值, 孤岛划分的目标函数值就是孤岛划分方案中各孤岛的负荷恢复量之和再减去动作的开关数,

[0024] $\max \left(\lambda_1 \sum_{i=1}^n Sump_i - \lambda_2 N_{breaker} \right)$

[0025] 式中, λ_1 和 λ_2 为系数 ; $Sump_i$ 为单个孤岛的负荷恢复量 ; $N_{breaker}$ 为划分孤岛需要动作的开关数目。

[0026] 较佳的, 在上述步骤 3 中约束条件 A 为 : 孤岛内有功功率平衡 ;

[0027] 孤岛内发电机发出的有功功率必须大于孤岛内负荷需求的有功功率 : 如下述共式所示,

$$[0028] \quad \sum_{G_i \in V} P_{G_i} > \sum_{L_j \in V} P_{L_j}$$

[0029] 式中： P_{G_i} 为分布式电源发电量； P_{L_j} 为孤岛内的负荷量。

[0030] 较佳的，在上述步骤4中，新解产生只需确定该解中每一位的编码取值；其中，新解中某一位x的编码具体确定方式为：

[0031] 步骤41，如果x对应节点为分布式电源DG，x直接赋值为1；

[0032] 步骤42，如果x对应节点为重要负荷，x赋值为1；然后产生一个[0,1]之间的随机数rand₂，若rand₂ < PAR，x接受扰动变为0；否则，维持1不变，PAR为预设参数，其值在0-1之间；

[0033] 步骤43，如果x对应节点为一般负荷，则产生一个[0,1]之间的随机数rand₁，若rand₁ < HMCR，则x的值等于和声记忆库HM中任意一个个体的第x位的编码，HMCR为预设参数，其值在0-1之间；否则，x随机编码为0或1；然后，再产生一个[0,1]之间的随机数rand₂，若rand₂ < PAR，x接受扰动更改编码，由原来为1变为0或原来为0变为1，PAR为预设参数，其值在0-1之间；否则，x的取值维持不变。

[0034] 较佳的，在上述步骤7中，对每个孤岛进行潮流校验的具体过程为：

[0035] 步骤71，选择孤岛内具有稳定功率输出且具有一定调频调压能力的分布式电源作为孤岛的平衡节点，其它分布式电源和负荷作为PQ节点，用牛顿-拉夫逊方法进行潮流计算，得到整个孤岛的潮流分布；

[0036] 步骤72，根据潮流计算结果，判断各支路是否满足约束条件C与D；如果不满足，则切除孤岛内当前负荷等级最低，有功需求最大的负荷，按上述步骤71重新进行潮流计算，直到孤岛满足所有约束条件为止。

[0037] 较佳的，在上述步骤7中，根据约束条件C和D进行潮流验证，上述约束条件C为：线路电流不过载；根据下述式，

$$[0038] \quad I_{ij} < I_{ij}^{\max}$$

[0039] 式中：I_{ij}为流过线路的实际电流；I_{ij}^{max}为流过线路的最大允许电流。较佳的，上述约束条件D为：母线电压不越限；根据下述式，

$$[0040] \quad U_{\min} < U_i < U_{\max}$$

[0041] 式中：U_i为母线的实际电压；U_{min}和U_{max}为母线电压允许的上限、下限。

[0042] 较佳的，在该步骤1孤岛划分之前，应确定故障隔离后从大电网分离的配电网区域，并以此作为孤岛划分的范围，将配电网实际拓扑图简化为点和边带有权值的无向图；把母线节点赋以一个其连接负荷或分布式电源DG的功率的权值，然后将负荷和分布式电源DG节点删掉，将配电网进一步简化成节点带有权值的节点-支路无向图。

[0043] 与现有技术相比较本发明的有益效果在于：本发明基于和声算法来实现配电网孤岛划分问题解空间的全面搜索的方法，能利用个体局部信息和群体全局信息指导算法进一步搜索，且其原理简单，可调参数少，容易实现。和声算法在求解孤岛划分问题时能在较短的时间内得到最优的孤岛划分方案。

[0044] 本发明目标函数中，将开关数也作为孤岛划分的目标之一。孤岛运行是一种非常

态的运行方式,时间较短,因此,孤岛划分应充分考虑在主网故障修复后,划分后的孤岛和停电负荷能够快速并网,获得稳定的供电;动作开关数越少,越有利于故障修复后的供电恢复。

[0045] 因为重要负荷是孤岛划分应优先恢复的对象,根据重要负荷优先供电原则,将其编码初始化为 1 有利于在算法初期就找到一个较优的初始解,减少算法早期因个体随机初始化的盲目搜索次数,从而大大节省计算时间。在算法搜索过程中,DG 节点编码不接受扰动,始终为 1,重要负荷节点编码以较小概率接受扰动变为 0,可以避免很多劣解的产生。

附图说明

[0046] 图 1 为本发明基于和声算法的配电网孤岛划分方法;

[0047] 图 2 为本发明实施例中孤岛划分结果图。

具体实施方式

[0048] 以下结合附图,对本发明上述的和另外的技术特征和优点作更详细的说明。

[0049] 本发明基于和声算法的配电网孤岛划分方法,以恢复的负荷开关量最多和动作开关最少为目标,考虑孤岛内有功功率平衡、线路电流不过载等约束条件,对配电网中的每个节点进行 0-1 编码,结合广度优先搜索算法得到具体的孤岛划分方案,并计算每个孤岛的目标函数值,利用和声算法对孤岛方案进行调整、评价、更新,然后对目前最优解进行潮流检验,最终给出较优的孤岛划分方案。

[0050] 请参阅图 1 所示,其为本发明基于和声算法的配电网孤岛划分方法的流程图,该具体过程为:

[0051] 步骤 1,配电网系统对和声算法参数初始化设置;

[0052] 本发明中的和声算法包括和声记忆库大小 (HMS)、解的维数 M、和声记忆库考虑概率 (HMCR)、微调概率 (PAR) 和迭代次数 (Tmax)。

[0053] 在和声算法中,优化问题的参数包括目标函数 $f(x)$ 、变量 x_i 及其集合 x 、变量的个数 N 及每个变量取值范围;HS 算法的参数包括和声记忆库大小 (HMS)、解的维数 M、和声记忆库考虑概率 (HMCR)、微调概率 (PAR)、迭代次数 (Tmax) 和终止条件。

[0054] 在该步骤 1 孤岛划分之前,应确定故障隔离后从大电网分离的配电网区域,并以此作为孤岛划分的范围,将配电网实际拓扑图简化为点和边带有权值的无向图。配电网为闭环设计、开环运行,通常采用辐射状结构。因此,配电网可看成是以系统侧电源为根节点,以连接负荷的母线为内点,以负荷为叶节点,以连接母线与母线、连接母线与负荷的支路为树枝的树;DG 作为分散的电源接入系统,可看成是增加了具有电源性质的叶节点。如果,把母线节点赋以一个其连接负荷或 DG 的功率的权值,然后将负荷和 DG 节点删掉,可以将配电网进一步简化成节点带有权值的节点 - 支路无向图。

[0055] 步骤 2,配电网系统对配电网中的每一个体的每一维度进行编码初始化,产生 N 个初始个体;

[0056] 个体的维数就是网络中的节点个数,配电网中的每个节点均为 0-1 编码 (1 表示该节点在孤岛内,0 表示该节点不在孤岛内)。

[0057] 对于每个个体,其每一维的编码初始化过程为:对于连接有 DG 的节点,编码初始

化为 1 ;对于连接有一级或二级负荷的节点,编码初始化为 1 ;对于连接有三级负荷的节点,编码随机初始化为 0 或 1 。

[0058] 因为重要负荷是孤岛划分应优先恢复的对象,根据重要负荷优先供电原则,将其编码初始化为 1 有利于在算法初期就找到一个较优的初始解,减少算法早期因个体随机初始化的盲目搜索次数,从而大大节省计算时间。在算法搜索过程中,DG 节点编码不接受扰动,始终为 1 ,重要负荷节点编码以较小概率接受扰动变为 0 ,可以避免很多劣解的产生。

[0059] 步骤 3 ,配电网系统计算初始和声记忆库 HM 中每个个体的目标函数值;

[0060] 用广度优先搜索算法对个体进行搜索,确定划分方案中每个孤岛包含的负荷和 DG ,判断每个孤岛是否满足 4 个约束条件中条件 A 和条件 B 的要求;

[0061] 按下式 (1) 判断每个孤岛是否满足约束条件 A 和 B ,

[0062]

$$Sump_i = \begin{cases} 0 & \text{孤岛不满足约束条件A或B} \\ \sum_{j=1}^m w_j P_j & \text{孤岛满足约束条件A和B} \end{cases} \quad (1)$$

[0063] 其中,m 为该孤岛包含的负荷数,w j 为负荷权重(负荷等级越高,相应权重越大),P j 为负荷的有功功率。

[0064] 本发明对上述约束条件进行判定的基本思路为:每个孤岛方案中可能包含 n 个彼此分离的孤岛,对单个孤岛,判断该孤岛是否满足约束条件 A 和 B ;如果两者同时满足,计算其负荷恢复量,负荷恢复量为负荷有功功率和负荷等级权值的乘积;若至少有一个不满足,则将其负荷恢复量置 0 。

[0065] 计算每个孤岛的负荷恢复量,然后按式 (2) 计算该个体的目标函数值。孤岛划分的目标函数值就是孤岛划分方案中各孤岛的负荷恢复量之和再减去动作的开关数。

$$[0066] \max \left(\lambda_1 \sum_{i=1}^n Sump_i - \lambda_2 N_{breaker} \right) \quad (2)$$

[0067] 式中, λ 1 和 λ 2 为系数;Sump i 为单个孤岛的负荷恢复量;N breaker 为划分孤岛需要动作的开关数目。

[0068] 本发明目标函数中,将开关数也作为孤岛划分的目标之一。孤岛运行是一种非常态的运行方式,时间较短,因此,孤岛划分应充分考虑在主网故障修复后,划分后的孤岛和停电负荷能够快速并网,获得稳定的供电;动作开关数越少,越有利于故障修复后的供电恢复。

[0069] 在本发明中上述约束条件 A 和 B 分别为:

[0070] A、孤岛内有功功率平衡

[0071] 系统中无功功率一般都是在本地进行补偿,因此,孤岛划分时,只考虑有功功率平衡。孤岛内发电机发出的有功功率必须大于孤岛内负荷需求的有功功率:如下述式 (3) 所示,

$$[0072] \sum_{G_i \in V} P_{G_i} > \sum_{L_j \in V} P_{L_j} \quad (3)$$

[0073] 式中： P_{G_i} 为分布式电源发电量； P_{L_j} 为孤岛内的负荷量， $G_i \in V$ 表示本约束条件只考虑孤岛内发电机， $L_j \in V$ 表示本约束条件只考虑孤岛内负荷。

[0074] B、孤岛内至少含有一个稳定功率输出的分布式电源。

[0075] 步骤 4，配电网系统按照 HS 算法规则产生新解；按上述式（1）和式（2）计算新解的目标函数值；

[0076] 在产生新解的过程中，约定 DG 节点编码不接受扰动，始终为 1，重要负荷节点编码以较小概率接受扰动变为 0，抑制劣解的产生。

[0077] 新解的产生：对于本孤岛划分方法，要产生一个新解，只需确定该解中每一位（总共 M 位）的编码（取值 0 或 1）。其中，新解中某一位 x 的编码具体确定方式为：

[0078] 步骤 41，如果 x 对应节点为 DG，x 直接赋值为 1；

[0079] 步骤 42，如果 x 对应节点为重要负荷，x 赋值为 1；然后产生一个 [0, 1] 之间的随机数 $rand_2$ ，若 $rand_2 < PAR$ ，x 接受扰动变为 0；否则，维持 1 不变；PAR 为预设参数，其值在 0-1 之间；步骤 43，如果 x 对应节点为一般负荷，则产生一个 [0, 1] 之间的随机数 $rand_1$ ，若 $rand_1 < HMCR$ ，则 x 的值等于和声记忆库 HM 中任意一个个体的第 x 位的编码 HMCR 为预设参数，其值在 0-1 之间；否则，x 随机编码为 0 或 1；然后，再产生一个 [0, 1] 之间的随机数 $rand_2$ ，若 $rand_2 < PAR$ ，x 接受扰动更改编码，由原来为 1 变为 0 或原来为 0 变为 1；否则，x 的取值维持不变。

[0080] 步骤 5，配电网系统更新和声记忆库 HM；判断上述步骤 4 计算的新解的目标函数值是否大于所述和声记忆库 HM 中最差解的目标函数值，若大于，则用新解替换所述和声记忆库 HM 中的最差解。

[0081] 步骤 6，配电网系统判断是否满足和声算法的终止条件：实际迭代次数小于上述步骤 1 中设置的迭代次数；若满足，则进行下述步骤 7；若不满足，则返回步骤 4，并依次进行。

[0082] 步骤 7，配电网系统在得到当前最优解后，对孤岛方案内的每个孤岛进行潮流校验。根据约束条件 C 和 D 进行验证，如果不符合约束条件 C 和 D，则依次切除孤岛内负荷等级最低，负荷有功需求最大的负荷，直到满足所有约束条件为止。

[0083] 上述约束条件 C 为：线路电流不过载；根据下述式（4），

$$[0084] I_{ij} < I_{ij}^{\max} \quad (4)$$

[0085] 式中： I_{ij} 为流过线路的实际电流； I_{ij}^{\max} 为流过线路的最大允许电流。上述约束条件 D 为：母线电压不越限，根据下述式（5），

$$[0086] U_{\min} < U_i < U_{\max} \quad (5)$$

[0087] 式中： U_i 为母线的实际电压； U_{\min} 和 U_{\max} 为母线电压允许的上限、下限。

[0088] 在该步骤中，对每个孤岛进行潮流校验的具体过程为：

[0089] 步骤 71，选择孤岛内具有稳定功率输出且具有一定调频调压能力的分布式电源作为孤岛的平衡节点，其它分布式电源和负荷作为 PQ 节点（有功功率和无功功率固定的节点），用牛顿-拉夫逊方法进行潮流计算，得到整个孤岛的潮流分布。

[0090] 上述过程中，如果符合条件的有多个，则选取出调频能力最大的 DG。

- [0091] 所述孤岛的潮流分布,包括流过各支路的的电流和功率,各母线的电压。
- [0092] 步骤 72,根据潮流计算结果,判断各支路是否满足电流不过载、各母线是否满足电压不越限的要求。如果不满足,则切除孤岛内当前负荷等级最低,有功需求最大的负荷,按上述步骤 71 重新进行潮流计算,直到孤岛满足所有约束条件为止。
- [0093] 步骤 8,配电网系统输出孤岛方案,得到解列点。解列点就是执行孤岛划分时需要断开的开关。
- [0094] 本发明基于和声算法来实现配电网孤岛划分问题解空间的全面搜索的方法,能利用个体局部信息和群体全局信息指导算法进一步搜索,且其原理简单,可调参数少,容易实现。和声算法在求解孤岛划分问题时能在较短的时间内得到最优的孤岛划分方案。
- [0095] 下述以模拟实例进行说明:
- [0096] 设置算法参数 $HMS = 5$, $HMCR = 0.9$, $PAR = 0.1$, $T_{max} = 500000$;在 IEEE69 节点配电系统中接入 DG 如图 2 所示。在母线 15、25、32、41、47、56、61、65 处加上 DG,依次为 DG1、DG2、DG3、DG4、DG5、DG6、DG7、DG8,参数见表 1。配电系统中的负荷按重要程度分类:1 级负荷节点为 6 ~ 9、13 ~ 15、20、22、33 ~ 35、40 ~ 42、48、52、54、55、58、62 ~ 64、68;2 级负荷节点为 10 ~ 12、16 ~ 19、31、43 ~ 46、49、51、56、59;其余为 3 级负荷。在外部电网发生故障后,断开与主网的连接,用上述方法孤岛进行划分得到孤岛方案。

[0097] 表 1DG 参数

机组	类型	容量/kW	
DG1	燃料电池	800	
DG2	微型燃气轮机	50	
DG3	燃料电池	40	
[0098]	DG4	光伏	250
	DG5	风机	800
	DG6	风机	400
	DG7	微型燃气轮机	100
	DG8	光伏	50

[0099] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,对发明而言仅仅是说明性的,而非限制性的。本专业技术人员理解,在发明权利要求所限定的精神和范围内可对其进行许多改变,修改,甚至等效,但都将落入本发明的保护范围内。

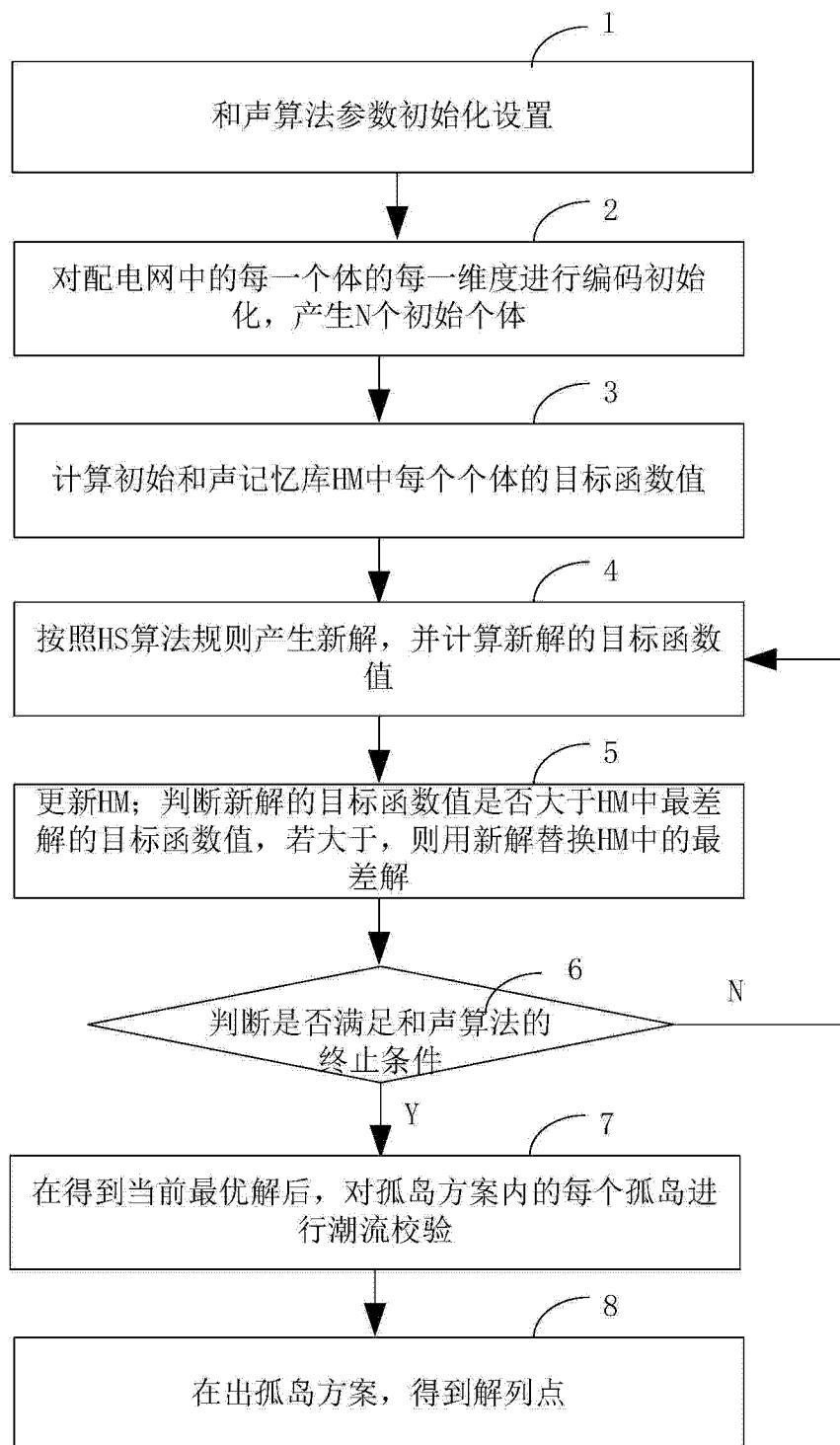


图 1

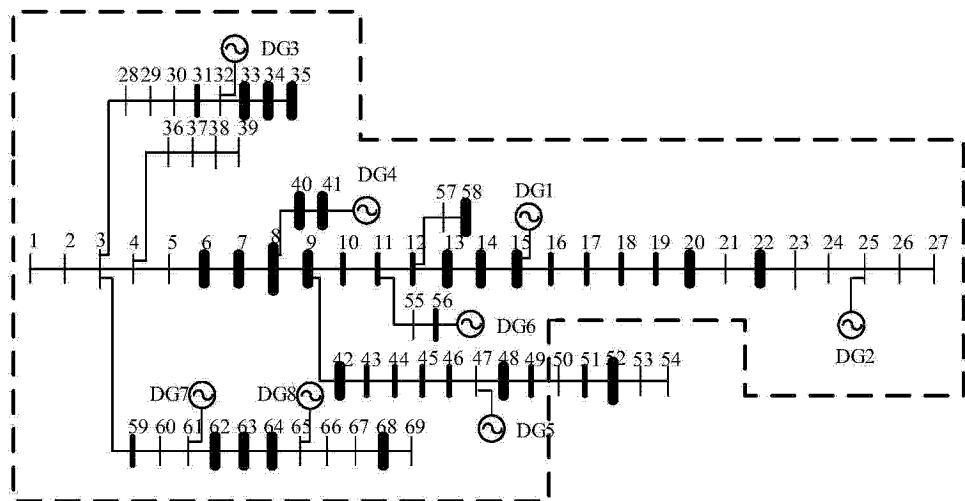


图 2