



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104578153 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201410840185.7

WO 2014/001055 A, 2014.01.03, 全文.

(22)申请日 2014.12.24

郭伟伟等.visio图形化电力计算软件中电网拓扑结构的识别.《河南科学》.2006,第24卷(第6期),第889-891页.

(73)专利权人 中国船舶重工集团公司第七〇四研究所

审查员 韩静静

地址 200031 上海市徐汇区衡山路10号

(72)发明人 曹虎跃 杨政清 詹韬 迟婧 金岫 王洪波

(74)专利代理机构 北京律谱知识产权代理事务所(普通合伙) 11457

代理人 黄云铎

(51)Int.Cl.

H02J 3/38(2006.01)

(56)对比文件

CN 102904230 A, 2013.01.30, 全文.

CN 102945535 A, 2013.02.27, 全文.

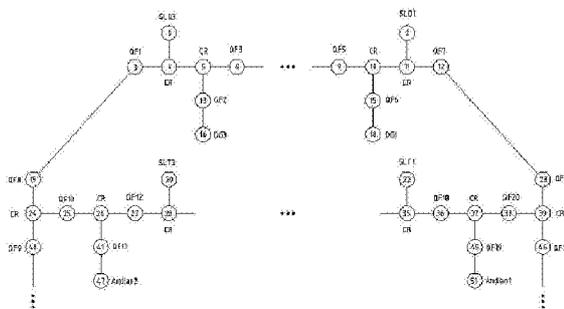
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种电网拓扑结构识别方法

(57)摘要

本发明提供了一种用于船舶电站监控系统的拓扑识别方法,所述方法包括如下步骤:a.获取当前电网中的各种电气设备的基本参数和状态参数信息;b.将第一类电气设备作为拓扑图形中的节点,将第二类电气设备作为拓扑图形中的支路形成拓扑结构;从拓扑结构中选择发生变化且未被访问过的节点作为初始出发点,并将其标记为已访问过的节点,沿着该节点相连接的支路搜索下一个与该支路连接的节点,当搜索到达该连通区域的末端节点,或查询不到与该节点相连且未被访问的支路时,逐级返回该末端节点的父节点,并以该父节点为起始节点重复上述搜索过程,直到所有节点都搜索一次;基于每一次搜索的结果更新拓扑结构。



1. 一种用于船舶电站监控系统的拓扑识别方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:
 - a. 获取当前电网中的各种电气设备的基本参数和状态参数信息;
 - b. 将第一类电气设备作为拓扑结构中的节点,将第二类电气设备作为拓扑结构中的支路;
 - c. 根据作为节点的电气设备的类型,对所述节点进行分类和编号,建立相应的节点模型,其中,将所述节点分为两类,第一类是在网状态保持的电气设备,称为不变节点,第二类是在网状态可以改变的电气设备,称为可变节点,所述不变节点至少包括发电机组、负载、电缆的交叉点;所述可变节点至少包括断路器;
 - d. 将所有接入电网中的节点和支路组成电网拓扑结构,其中连接各“节点”之间的电缆和变压器作为拓扑结构中的“支路”;
 - e. 从拓扑结构中选择发生变化且未被访问过的节点作为初始出发点,并将其标记为已访问过的节点,沿着该节点相连接的支路搜索下一个与该支路连接的节点,当搜索到达连通区域的末端节点,或查询不到与该节点相连且未被访问的支路时,逐级返回该末端节点的父节点,并以该父节点为起始节点重复上述搜索过程,直到所有节点都搜索一次;
 - f. 基于每一次搜索的结果更新拓扑结构。
2. 根据权利要求1所述的拓扑识别方法,其特征在于,在进行电网结构拓扑识别时,还包括对所述拓扑结构进行网络分区。
3. 根据权利要求2所述的拓扑识别方法,其特征在于,所述船舶电站包括多个电站,每个电站包含一个或多个供电机组,每个电站具有一个控制管理器,所述方法还包括在识别出船舶电站的拓扑之后进行自动增减机的步骤,其包括:
 - 步骤1:确定任意两个电站之间所流经的电流;
 - 步骤2:确定任意两个机组之间所流经的电流;
 - 步骤3:确定当前负载的总功率;
 - 步骤4:判断当前负载的总功率是否超过 $p_e \times (n \times 0.9 - 1)$,其中, n 为当前系统中所接入的机组总数, p_e 为单个机组的额定功率;
 - 步骤5:如果当前负载的总功率超过 $p_e \times (n \times 0.9 - 1)$,则启动功率增机;
 - 步骤6:基于步骤5的判断,启动功率增机,所述功率增机步骤包括:
 - 步骤6-1:判断当前电站是否为独立运行;
 - 步骤6-2:如果当前电站独立运行,则进行电站内增机;
 - 步骤6-3:如果当前电站非独立运行,判断当前电站是否在所述电站监控系统中具有最高权限;
 - 步骤6-4:判断当前电站在与其并联的各电站中是否具有最高权限,如果当前电站不具有最高权限则向具有最高权限的电站发出增机请求,如果当前电站具有最高权限则确定需增机电站;
 - 步骤6-5:根据需增机电站进行电站内增机决策,并且根据决策结果发出相应增机标志,并且根据增机结果判断应增机组是位于当前电站还是位于其他电站;
 - 步骤6-6:如果应增机组位于当前电站,则当前电站直接向应增机组发出启动命令,如果应增机组位于其他电站,则当前电站通过网络向需增机的电站的控制器发出增机命令;
 - 步骤7:判断当前负载的总功率是否低于 $p_e \times (n \times 0.9 - 1.3)$,如果当前负载的总功率低

于 $p_e \times (n \times 0.9 - 1.3)$, 则启动功率减机;

步骤8: 基于步骤7的判断, 启动功率减机, 所述功率减机步骤包括:

步骤8-1: 判断当前电站是否为独立运行;

步骤8-2: 如果当前电站独立运行, 则进行电站内减机;

步骤8-3: 如果当前电站非独立运行, 判断当前电站是否在所述电站监控系统中具有最高权限;

步骤8-4: 判断当前电站在与其并联的各电站中是否具有最高权限, 如果当前电站不具有最高权限则向具有最高权限的电站的控制器发出减机请求, 如果当前电站具有最高权限则进行并联电站减机决策, 并基于减机决策确定需减机电站;

步骤8-5: 根据需减机电站进行电站内减机决策, 并且根据决策结果发出相应减机标志, 并且根据减机结果判断应减机组是位于当前电站还是位于其他电站;

步骤8-6: 如果应减机组位于当前电站, 则当前电站直接向应减机组发出启动命令, 如果应减机组位于其他电站, 则当前电站通过网络向需减机的电站的控制器发出减机命令。

一种电网拓扑结构识别方法

技术领域

[0001] 本发明涉及船舶的供电系统,具体涉及一种用于船舶电力系统的电网拓扑结构识别方法。

背景技术

[0002] 目前我国常规船舶电力系统的配置较为简单,因此,一般船舶电站监控系统的控制策略是先将不同电网结构和工况下的控制策略进行枚举列表,然后根据当前的电网结构进行查表的方式进行相应控制策略的选择,对于电网结构简单的电力系统来说,一般情况下能够根据以往的实际经验来规避整个电网的安全隐患。

[0003] 但是对于网络结构、工况、负载状况复杂的供电系统来说,若仍是通过“列表与查表”的机制进行控制管理,在制定预先的控制策略时,要考虑的电网结构和运行工况实在是太复杂,人脑很难胜任,所以在某些特定运行状态下是无法通过查表输出正确决策的。

[0004] 由于网络结构复杂的电力系统,控制功能的决策过程和电网结构、电网电流分布紧密相关,因此,必须提出一种新技术,实现电网结构的智能识别,有利于提高电站监控系统的能量管理效率和系统的实时性。

发明内容

[0005] 针对上述问题,本发明提出一种电网拓扑识别方法。该方法主要应用于大型船电站的监控设备,该电站具有多个电站以及发电机组。电站之间可以通过联接断路器任意组合形成供电区域,每个电站内又有3台发电机组可以自由选择使用,全船的供电方式极其繁多和灵活。因此,对于超大型供电系统来说,利用现有的列表、查表的方式已经不能满足该供电系统管理的需求。而本发明的拓扑识别方法则能够使供电系统满足这种大型船舶的需求。

[0006] 具体而言,本发明提供一种用于超大型船舶电网监控系统的拓扑识别方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:

[0007] a. 获取当前电网中的各种电气设备的基本参数和状态参数信息;

[0008] b. 将第一类电气设备(用电设备或发电设备)作为拓扑结构中的节点,将第二类电气设备(传输设备)作为拓扑结构中的支路;

[0009] c. 根据作为节点的电气设备的类型,对所述节点进行分类和编号,建立相应的节点模型,其中,将所述节点分为两类,第一类是在网状态保持的电气设备,称为不变节点,第二类是在网状态可以改变的电气设备,称为可变节点,所述不变节点至少包括发电机组、负载、电缆的交叉点;所述可变节点至少包括断路器;

[0010] d. 将所有接入电网中的节点和支路组成电网拓扑结构,其中连接各“节点”之间的电缆和变压器作为拓扑结构中的“支路”;

[0011] e. 从拓扑结构中选择发生变化且未被访问过的节点作为初始出发点,并将其标记为已访问过的节点,沿着该节点相连接的支路搜索下一个与该支路连接的节点,当搜索到

达该连通区域的末端节点,或查询不到与该节点相连且未被访问的支路时,逐级返回该末端节点的父节点,并以该父节点为起始节点重复上述搜索过程,直到所有节点都搜索一次;

[0012] f.基于每一次搜索的结果更新拓扑结构。

[0013] 进一步地,在进行电网结构拓扑识别时,还包括对所述拓扑结构进行网络分区。

[0014] 本发明所应用的船舶电站中具有多个电站,每个电站具有一个或多个机组,所述拓扑识别方法还可以包括:

[0015] 为每个机组配置一台机组控制器,为每个电站配置一台区域控制器,每个电站的区域控制器用于控制该电站的一个或多个机组及相应机组控制器;

[0016] 为每台区域管理器预设设置特定的优先级,并且各台区域管理器中的优先级彼此不同;

[0017] 电站工作时,对于两个或两个以上的电站并联的结构,使所并联的电站及相应机组组成一个供电梯队,使该供电梯队中具有最高优先级的区域管理器成为区域主控制器,其余的区域控制器成为区域从控制器,对于未与任何其他电站并联的电站,则该电站及相应机组自己组成一个供电梯队,该电站的区域管理器作为该梯队的区域主控制器;

[0018] 对于所有工作中的梯队,使各梯队中具有最高优先级的区域主控制器作为最高主管理器,用于控制所有供电梯队。然后,本发明可以基于供电梯队来进行拓扑识别(例如,以供电梯队为单位进行拓扑识别)。

[0019] 进一步地,所述船舶电站包括多个电站,每个电站包含一个或多个供电机组,每个电站具有一个控制管理器,所述方法还包括在识别出船舶电站的拓扑之后进行自动增减机的步骤,其包括:

[0020] 步骤1:确定任意两个电站之间所流经的电流;

[0021] 步骤2:确定任意两个机组之间所流经的电流;

[0022] 步骤3:确定当前负载的总功率;

[0023] 步骤4:判断当前负载的总功率是否超过 $p_e \times (n \times 0.9 - 1)$,其中, n 为当前系统中所接入的机组总数, p_e 为单个机组的额定功率;

[0024] 步骤5:如果当前负载的总功率超过 $p_e \times (n \times 0.9 - 1)$,则启动功率增机;

[0025] 步骤6:基于步骤5的判断,启动功率增机,所述功率增机步骤包括:

[0026] 步骤6-1:判断当前电站是否为独立运行,;

[0027] 步骤6-2:如果当前电站独立运行,则进行电站内增机;

[0028] 步骤6-3:如果当前电站非独立运行,判断当前电站是否在所述供电监控系统中具有最高权限;

[0029] 步骤6-4:判断当前电站在与其并联的各电站中是否具有最高权限,如果当前电站不具有最高权限则向具有最高权限的电站发出增机请求,如果当前电站具有最高权限则确定需增机电站;

[0030] 步骤6-5:根据需增机电站进行电站内增机决策,并且根据决策结果发出相应增机标志,并且根据增机结果判断应增机组是位于当前电站还是位于其他电站;

[0031] 步骤6-6:如果应增机组位于当前电站,则当前电站直接向应增机组发出启动命令,如果应增机组位于其他电站,则当前电站通过网络向需增机的电站的控制器发出增机命令;

[0032] 步骤7:判断当前负载的总功率是否低于 $p_e \times (n \times 0.9 - 1.3)$,如果当前负载的总功率低于 $p_e \times (n \times 0.9 - 1.3)$,则启动功率减机;

[0033] 步骤8:基于步骤7的判断,启动功率减机,所述功率减机步骤包括:

[0034] 步骤8-1:判断当前电站是否为独立运行,;

[0035] 步骤8-2:如果当前电站独立运行,则进行电站内减机;

[0036] 步骤8-3:如果当前电站非独立运行,判断当前电站是否在所述供电监控系统中具有最高权限;

[0037] 步骤8-4:判断当前电站在与其并联的各电站中是否具有最高权限,如果当前电站不具有最高权限则向具有最高权限的电站的控制器发出减机请求,如果当前电站具有最高权限则进行并联电站减机决策,并基于减机决策确定需增机电站;

[0038] 步骤8-5:根据需减机电站进行电站内增机决策,并且根据决策结果发出相应减机标志,并且根据减机结果判断应减机组是位于当前电站还是位于其他电站;

[0039] 步骤8-6:如果应减机组位于当前电站,则当前电站直接向应减机组发出启动命令,如果应减机组位于其他电站,则当前电站通过网络向需减机的电站的控制器发出减机命令。

[0040] 本电站监控系统运用网络拓扑结构智能化识别技术来替代常规的“列表与查表”的方式,对全电网结构进行实时的分析,其结果作为电网重构和能量调度和管理的依据,最后输出相应的最优控制策略,实现供电路径的最优选择,减少电能的损耗,提高系统运行的经济性,提高能量的使用率,保证系统连续、安全的供电。

[0041] 本发明很好的运用了全局拓扑和局部拓扑相结合的方式,对整个网络结构进行分析,动静结合,大大的提高了系统拓扑的效率,在长期的试验和试验过程中,证明该项技术完全能够满足系统的实际需求,运行稳定可靠,具有完全自主知识产权,同时填补了网络拓扑结果智能识别技术在我国超大型船舶供电系统中应用的空白。

附图说明

[0042] 图1为初始拓扑结构图

[0043] 图2为动态拓扑识别实现流程图。

具体实施方式

[0044] 本发明的网络拓扑结构智能化识别方法的实现思路是首先将电网上的电气设备进行抽象建模,并建立各个电气设备之间的连接关系,将其转化成为计算机能够识别的拓扑图形,由计算机对各个电气设备进行实时的拓扑连通性分析,确定各个电气设备之间的连接关系。通过对整个网络结构的描述和跟踪结果,可作为潮流计算和网络重构的输入,实现最优供电路径的选择。

[0045] 本发明的方法主要用在船舶电站。所述船舶电站中包含多个独立的电站,每个电站配置一台区域管理器和若干机组控制器,每个机组控制器控制一台发电机组,电站的监控系统中的多个区域管理器中的每一个具有预设的优先级,首先利用拓扑识别装置识别电网中的电气设备的拓扑结构,并且当两个或两个以上的电站并联时,所并联的电站组成一个供电梯队,该供电梯队中具有最高优先级的区域管理器成为区域主控制器,其余的区域

控制器成为从控制器,而未与任何其他电站并联的电站组成一个梯队,该电站的区域控制器作为该梯队的区域主控制器。

[0046] 具体的实施方案如下:

[0047] (1)电气设备建模

[0048] 将电网上的各种电气设备(包括:发电机组、负载等)抽象成为拓扑图形中的“节点”,并记录各个“节点”和“支路”的基本参数、状态参数等重要信息。通常将电力传输路径(电缆)称为支路,其他设备称为节点。

[0049] 根据不同类型电气设备的具体特点,对“节点”进行分类和编号,建立相应的节点模型。根据该型电网中各电气设备的具体特性,可将节点分为两类,一类是包括发电机组、负载、电缆的交叉点等在网状态保持的电气设备,称为不变节点;第二类是断路器等在网状态可以改变的电气设备,称为可变节点。

[0050] 将连接各“节点”之间的电缆和变压器等抽象成为拓扑图形中的“支路”。

[0051] 将“节点”和“支路”结合起来的描述方式就形成了具体的图形结构,看起来相当直观。

[0052] (2)初始网络结构描述

[0053] 对初始网络结构的描述主要是为了存储电力网络的连接信息。

[0054] 利用节点一支路邻接表存储网络的连接信息。节点一支路邻接表以顺序的方式存放节点,任一节点的支路链表中存放与它相连的所有支路。这样,一条支路在邻接表中主要是存储相邻的节点。

[0055] 根据以上思路,该型网络结构的初始拓扑结构如下图1所示。

[0056] (3)动态识别方法

[0057] 若拓扑结构图中某一个可变节点的状态发生变化时,计算机实时的对该拓扑结构进行动态的识别,输出最新的网络拓扑结构描述。

[0058] 动态识别主要是采用深度优先搜索,并结合广度搜索的遍历算法,对整个拓扑结构进行遍历。

[0059] 具体实现过程是:选择发生变化且未被访问过的节点作为初始出发点,并将其标记为已访问过的节点,沿着该节点相连接的支路进行搜索下一个与该支路连接的节点,当搜索到达该连通区域的末端节点,或查询不到与该节点相连且未被访问的支路时,逐级返回该末端节点的父节点,并以该父节点为起始节点重复上述搜索过程,直到所有节点都搜索一次,即可以确定整个电网结构各个区域的连通性。程序中通过对图中节点和支路的搜寻,遍历系统所有物理点,将复杂的网络拓扑转化为程序语言可以识别的数学模型,具体实现过程如下图2所示。

[0060] 在动态电网结构拓扑识别时,为了减少不必要的搜索,提高拓扑分析的效率,还采用了网络分区的方式。分区后,每个区域具有相对独立的工作特性,但彼此又可以在特殊情况下实现连通。因此,根据网络拓扑分析的范围,网络拓扑可分成全局拓扑和局部拓扑两种方式。所谓全局拓扑,就是对整个网络进行全面、完整地拓扑分析,它既包括初始静态拓扑,又包括网络结构变化后的动态拓扑。局部拓扑就是当变化发生在某一个区域时,只对该区域进行拓扑分析,而不考虑其他区域,这样可以加快拓扑速度,提高效率。

[0061] 在对拓扑结构进行识别之后,还可以根据电网状态进行增减机。

- [0062] 增减机的步骤,包括:
- [0063] 步骤1:确定任意两个电站之间所流经的电流;
- [0064] 步骤2:确定任意两个机组之间所流经的电流;
- [0065] 步骤3:确定当前负载的总功率;
- [0066] 步骤4:判断当前负载的总功率是否超过 $p_e \times (n \times 0.9 - 1)$,其中, n 为当前系统中所接入的机组总数, p_e 为单个机组的额定功率;
- [0067] 步骤5:如果当前负载的总功率超过 $p_e \times (n \times 0.9 - 1)$,则启动功率增机;
- [0068] 步骤6:基于步骤5的判断,启动功率增机,所述功率增机步骤包括:
- [0069] 步骤6-1:判断当前电站是否为独立运行,;
- [0070] 步骤6-2:如果当前电站独立运行,则进行电站内增机;
- [0071] 步骤6-3:如果当前电站非独立运行,判断当前电站是否在所述供电监控系统中具有最高权限;
- [0072] 步骤6-4:判断当前电站在与其并联的各电站中是否具有最高权限,如果当前电站不具有最高权限则向具有最高权限的电站发出增机请求,如果当前电站具有最高权限则确定需增机电站;
- [0073] 步骤6-5:根据需增机电站进行电站内增机决策,并且根据决策结果发出相应增机标志,并且根据增机结果判断应增机组是位于当前电站还是位于其他电站;
- [0074] 步骤6-6:如果应增机组位于当前电站,则当前电站直接向应增机组发出启动命令,如果应增机组位于其他电站,则当前电站通过网络向需增机的电站的控制器发出增机命令;
- [0075] 步骤7:判断当前负载的总功率是否低于 $p_e \times (n \times 0.9 - 1.3)$,如果当前负载的总功率低于 $p_e \times (n \times 0.9 - 1.3)$,则启动功率减机;
- [0076] 步骤8:基于步骤7的判断,启动功率减机,所述功率减机步骤包括:
- [0077] 步骤8-1:判断当前电站是否为独立运行,;
- [0078] 步骤8-2:如果当前电站独立运行,则进行电站内减机;
- [0079] 步骤8-3:如果当前电站非独立运行,判断当前电站是否在所述供电监控系统中具有最高权限;
- [0080] 步骤8-4:判断当前电站在与其并联的各电站中是否具有最高权限,如果当前电站不具有最高权限则向具有最高权限的电站的控制器发出减机请求,如果当前电站具有最高权限则进行并联电站减机决策,并基于减机决策确定需增机电站;
- [0081] 步骤8-5:根据需减机电站进行电站内增机决策,并且根据决策结果发出相应减机标志,并且根据减机结果判断应减机组是位于当前电站还是位于其他电站;
- [0082] 步骤8-6:如果应减机组位于当前电站,则当前电站直接向应减机组发出启动命令,如果应减机组位于其他电站,则当前电站通过网络向需减机的电站的控制器发出减机命令。

[0083] 2.3本发明技术方案带来的有益效果

[0084] 本项技术摒弃了传统的人工“枚举列表”事先预定好的控制策略,并根据具体的电网结构“查表”输出相应控制策略的方式,采用了适用于电网结构复杂的拓扑智能识别技术,运用全局和局部拓扑识别相结合的方式,对整个网络进行全面、完整的结构分析,其结

果可作为后续潮流计算和网络重构的依据,最终输出最优的控制策略,为系统选择最优的供电路径,该项技术不仅能够减轻大量的人工枚举工作,避免一些因人脑考虑不全而导致输出错误控制策略的特殊情况,还能够大大提高系统的经济性和可靠性。

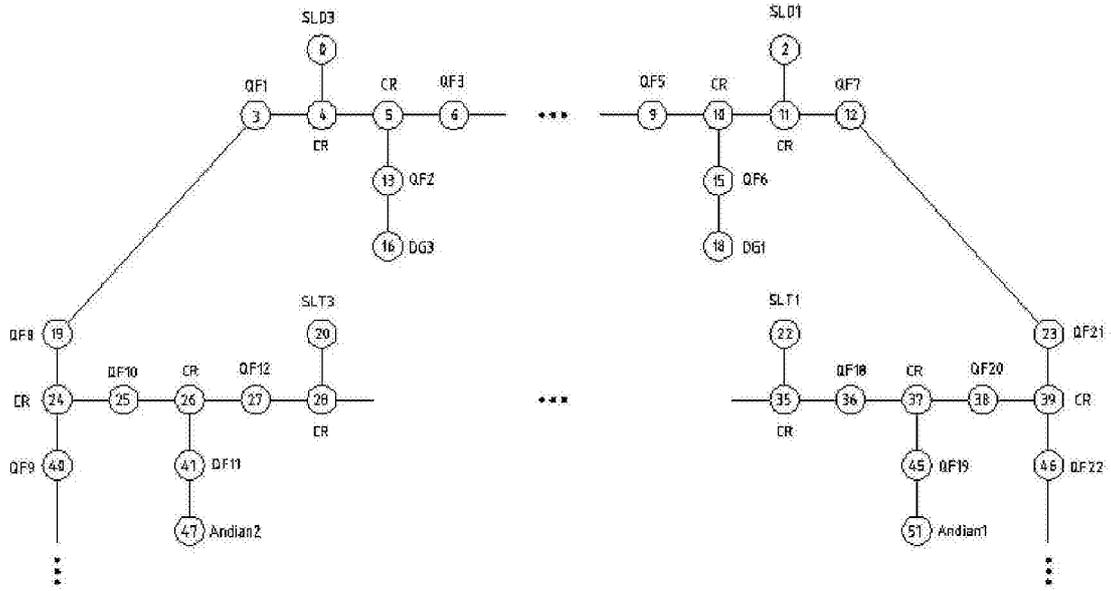


图1

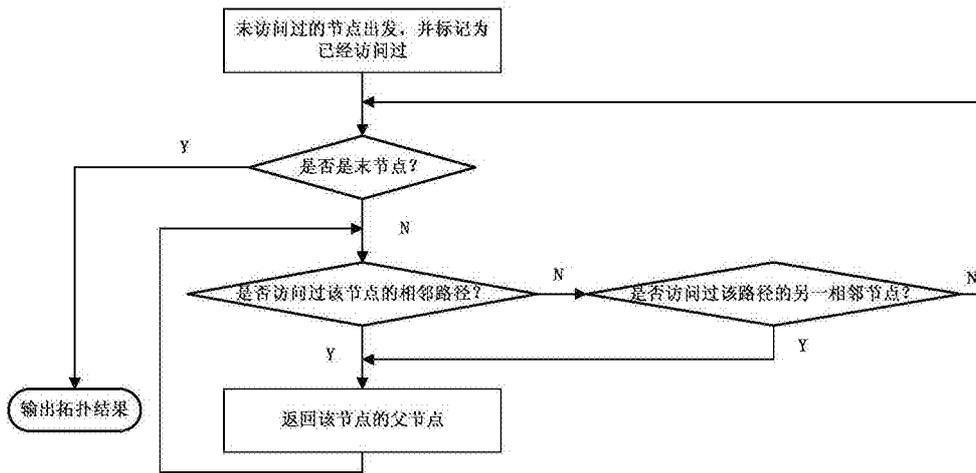


图2