(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107181321 A
(43)申请公布日 2017.09.19

(21)申请号 201710469244.8

(22)申请日 2017.06.20

(71)申请人 国网福建省电力有限公司泉州供电公司
地址 362000 福建省泉州市刺桐路永宏花苑A612
申请人 泉州亿兴电力有限公司

(72)发明人 陈厚荣 兰翠芸 陈梅珍 刘丽莎 潘玮明 李毅鹏 许鹏

(74)专利代理机构 厦门市首创君合专利事务所有限公司 35204
代理人 傅家强

(51)Int.Cl.
H02J 13/00(2006.01)
H02H 7/26(2006.01)

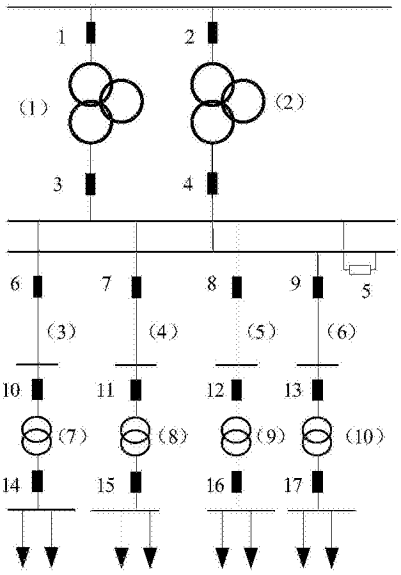
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法

(57)摘要

一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，基于电网调控一体化技术支持系统，嵌入电网拓扑分析规则及并行控制技术，通过电网拓扑分析，可快速定位末端负荷开关，并利用并行遥控技术实现一键式批量拉荷。本发明转变传统电网拉荷的一般思路，直接在电网末端负荷侧开关执行拉荷操作，在电网发生重大事故时可实现快速拉荷，不受电网运行方式、设备状态的影响，可靠性高，能为重特大电网事故争取极为宝贵的黄金时间，有效避免电网崩溃事件。在事故情况下能够最大程度缩短事故处理时间和停电范围，降低用户的不良感受。且可有效减少人工工作量，提高事故紧急拉荷管理的工作效率和工作质量，具有良好的经济及社会效益。



CN 107181321 A

1.一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，其特征在于：包括以下步骤：

①基于电网调控一体化技术支持系统，嵌入电网拓扑分析规则及并行控制技术算法；

②通过绘图建模工具创建一个电网事故拉闸限电序位表，添加限电序位轮次，为每一轮次添加操作项目，包括操作开关设备、线路负荷、次序；

③根据调控运行人员选定的电源侧拉停设备，进行电网拓扑分析，快速定位末端负荷开关，并根据对应开关的遥测、遥信自动化信息，判断是否执行遥控操作；

④通过潮流计算自动统计、分析每次操作的实际拉荷量；

⑤利用并行遥控技术批量拉停电网拓扑分析自动识别、定位的电网末端负荷开关，实现一键式限电拉荷。

2.如权利要求1所述的一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，其特征在于：所述电网拓扑分析规则基于符合IEC61970标准的电网拓扑模型进行定义。

3.如权利要求1所述的一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，其特征在于：所述电网事故拉闸限电序位表基于电网调控一体化技术支持系统内已创建的各类事故拉闸限电序位表模型自动生成。

4.如权利要求1所述的一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，其特征在于：所述电网末端负荷开关定义为最低电压等级的负载变压器的中、低压侧开关。

5.如权利要求1所述的一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，其特征在于：所述电网拓扑分析规则的分析方法为：将所有组成电网拓扑结构的元素划分为开关间隔和元件间隔，开关间隔定义为由断路器和其两侧刀闸设备构成，元件间隔为除开关间隔以外的设备，将电网中设备划分为多个元件间隔，并将开关间隔作为连接点将元件间隔相连，形成由点、线组成的新的拓扑结构图，根据电网拓扑分析模型，通过拉停元件间隔定位识别末端开关间隔。

6.如权利要求1所述的一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，其特征在于：所述电网拓扑分析采用广度优先搜索法，选择一节点作为基准，以此为起点，按层次对和起点连通的路径进行搜索。

7.如权利要求1所述的一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，其特征在于：电网发生重、特大事故时，调度员接到省调下达的拉荷调度指令后，地调调度员利用网络IP技术将省调下达的拉停负荷的调度指令下达到各运维站；与此同时，通过电网拓扑分析自动识别、定位电网末端负荷，并自动生成拉停方案；拉停方案经调度员确认后，同时下达到各运维站，分层分布实施，系统直接将电网末端负荷开关以列表形式展示，调控运行人员仅需执行一次遥控操作的过程即可对列表中的开关进行批量控制。

8.如权利要求1所述的一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，其特征在于：具有拉闸限电辅助决策支持功能，可根据人工输入的计划减负荷数以及轮次优先级设置选择操作项目。

9.如权利要求1所述的一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，其特征在于：所述并行控制技术对外提供原有遥控接口和并行遥控接口两种遥控接口方式，原有遥控接口可实现现场多人多地遥控，并行控制接口采用线程池技术，可同时向多个厂站同时发送遥控指令并执行。

一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电网故障处理方法，特别是一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法。

背景技术

[0002] 随着核电项目及特高压工程的投运，电网运行的外部环境及因素日趋复杂，对安全稳定运行的要求大大提高；国内外多起重特大停电事故的经验教训历历在目，虽然引起重特大停电事故的原因是复杂多样的，但是，电网发生重特大事故后，快速拉停负荷往往是保障电网稳定的最直接有效措施，为此我省制定有事故紧急拉荷、事故特急拉停主变等一系列应急措施，目的在于构造保障电网安全的最后一道防线，防止发生电压、频率崩溃导致的大面积停电；为落实最后一道防线的保障措施，需每年编制操作细则并随方式变化进行异动。即便如此，在执行层面，由于拉荷的操作一般在220千伏变电站的电源侧执行，在电网安全自动装置配置日益完善的情况下，执行拉荷往往会造成备自投装置动作，经常需要两个轮次的多开关操作才能执行拉荷操作，导致耗时长，且可能造成其他正常运行设备过载，既达不到快速拉荷的要求，又增加了扩大事故范围的风险；在技术层面，一般仍延续在电源侧进行拉停负荷的思路，将重点放在因安全自动装置动作开关的甄别及二次拉路上，相关算法逻辑复杂，同时不能有效解决在拉荷的同时出现另一起电网事故的甄别难题，设计思路存在一定缺陷。因此，亟需解决实现电网快速拉荷的问题。

发明内容

[0003] 本发明的主要目的是克服现有技术的缺点，提供一种可基于电网拓扑结构快速定位末端负荷开关，实现一键式批量拉荷，可靠性高，且可大大减少人工工作量，提高事故紧急拉荷管理的工作效率和工作质量基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法。

[0004] 本发明采用如下技术方案：

[0005] 一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，包括以下步骤：

[0006] ①基于电网调控一体化技术支持系统，嵌入电网拓扑分析规则及并行控制技术算法；

[0007] ②通过绘图建模工具创建一个电网事故拉闸限电序位表，添加限电序位轮次，为每一轮次添加操作项目，包括操作开关设备、线路负荷、次序；

[0008] ③根据调控运行人员选定的电源侧拉停设备，进行电网拓扑分析，快速定位末端负荷开关，并根据对应开关的遥测、遥信自动化信息，判断是否执行遥控操作；

[0009] ④通过潮流计算自动统计、分析每次操作的实际拉荷量；

[0010] ⑤利用并行遥控技术批量拉停电网拓扑分析自动识别、定位的电网末端负荷开关，实现一键式限电拉荷。

[0011] 进一步地，所述电网拓扑分析规则基于符合IEC61970标准的电网拓扑模型进行定义。

[0012] 进一步地，所述电网事故拉闸限电序位表基于电网调控一体化技术支持系统内已创建的各类事故拉闸限电序位表模型自动生成。

[0013] 进一步地，所述电网末端负荷开关定义为最低电压等级的负载变压器的中、低压侧开关。

[0014] 进一步地，所述电网拓扑分析规则的分析方法为：将所有组成电网拓扑结构的元素划分为开关间隔和元件间隔，开关间隔定义为由断路器和其两侧刀闸设备构成，元件间隔为除开关间隔以外的设备，将电网中设备划分为多个元件间隔，并将开关间隔作为连接点将元件间隔相连，形成由点、线组成的新的拓扑结构图，根据电网拓扑分析模型，通过拉停元件间隔定位识别末端开关间隔。

[0015] 进一步地，所述电网拓扑分析采用广度优先搜索法，选择一节点作为基准，以此为起点，按层次对和起点连通的路径进行搜索。

[0016] 进一步地，电网发生重、特大事故时，调度员接到省调下达的拉荷调度指令后，地调调度员利用网络IP技术将省调下达的拉停负荷的调度指令下达到各运维站；与此同时，通过电网拓扑分析自动识别、定位电网末端负荷，并自动生成拉停方案；拉停方案经调度员确认后，同时下达到各运维站，分层分布实施，系统直接将电网末端负荷开关以列表形式展示，调控运行人员仅需执行一次遥控操作的过程即可对列表中的开关进行批量控制。

[0017] 进一步地，具有拉闸限电辅助决策支持功能，可根据人工输入的计划减负荷数以及轮次优先级设置选择操作项目。

[0018] 进一步地，所述并行控制技术对外提供原有遥控接口和并行遥控接口两种遥控接口方式，原有遥控接口可实现现场多人多地遥控，并行控制接口采用线程池技术，可同时向多个厂站同时发送遥控指令并执行。

[0019] 由上述对本发明的描述可知，与现有技术相比，本发明具有如下有益效果：

[0020] 第一，转变传统电网拉荷的一般思路，直接在电网末端负荷侧开关执行拉荷操作。解决了事故紧急拉荷需要多轮次拉路的难题，并基于电网拓扑结构智能分析，自动识别定位拉荷开关。通过并行控制技术“一键式”批量拉停电网末端负荷开关。可避免电网安全自动装置动作造成的切荷时间长或切荷量不足。算法逻辑简单、明确，并且不受电网运行方式、设备状态的影响，可靠性高。

[0021] 第二，基于电网拓扑结构实现快速拉停电网末端负荷开关，在电网重大事故发生后极短的时间内能有效作为，可为重特大电网事故争取极为宝贵的黄金时间，有效避免电网崩溃事件，夯实了电网最后一道安全防线的基础。并且切荷量能够准确控制，在技术层面保证拉荷操作能够严格落实各级政府批准的限电方案，在事故情况下能够最大程度降低用户的不良感受及争取用户的理解，也能够有效缩短事故处理时间和停电范围，具有良好的社会效益。

[0022] 第三，事故紧急拉停管理工作依托电网调控一体化技术支持系统开展，通过智能分析自动适应电网实时变化，无需再进行年度拉停主变细则修订，也无需在根据设备检修、电网运行方式变化、电网设备异动等进行异动作业，大大减少了人工管理、培训及维护的工作量，事故紧急拉荷管理的工作效率和工作质量均大幅提升。可大大节省工时及人工费用，具有良好的经济效益。

[0023] 第四，在现有的电网调控一体化技术支持系统基础上，进行功能扩展，基于准确的

符合IEC61970标准的电网拓扑模型，调控的变电站均采用网络和模拟两种远动通道采集常规的四遥实时信息，遵循硬件设备无关化、电网模型标准化、数据通信标准化的统一标准和规范建设，实现源端维护，不需要再单独根据此项功能进行异动管理。

附图说明

[0024] 图1是本发明系统模型图示例；

[0025] 图2是图1系统模型的母线分析和网络分析图；

[0026] 图3是本发明的广度优先搜索法程序框图；

[0027] 图4是本发明的并行控制示意图。

具体实施方式

[0028] 以下通过具体实施方式对本发明作进一步的描述。

[0029] 参照图1至图4，本发明的一种基于电网拓扑结构实现快速拉荷的方法，包括以下步骤：

[0030] ①基于电网调控一体化技术支持系统的SCADA模块，数据采集、绘图建模、平台管理、实时数据维护以及遥控通道全面利用SCADA模块已有的功能，并进行功能扩展，充分利用全网各种遥测、遥信信息，结合各种事故、超供电能力限管理规定与电网结构的结合，嵌入电网拓扑分析规则及并行控制技术算法。

[0031] 所述并行控制技术提供控制过程的可视化和交互操作，包括计算、下令和操作三大部分，并能自动循环执行。

[0032] 所述电网拓扑分析规则基于符合IEC61970标准的电网拓扑模型进行定义，可复用任何符合IEC61970标准的电网拓扑模型，因此，只需相应维护人员维护好符合IEC61970标准的电网模型，不再重复构建，维护电网模型和接线图。

[0033] 调控的变电站均采用网络和模拟两种远动通道采集常规的四遥实时信息，网络通道采用的规约为标准IEC60870-5-104规约，模拟通道采用的规约根据实际需要选择IEC60870-5-101、DISA、CDT451-91等；采用对IEC104规约进行扩展的方法，使用TYP＝167(类型号)的ASDU(应用服务数据单元)对IEC103报文进行封装实现对微机保护软报文事件采集。由省调管辖的外网厂站数据，通过调度数据网从省调EMS系统上进行转发。

[0034] ②通过绘图建模工具创建一个电网事故拉闸限电序位表，添加限电序位轮次，为每一轮次添加操作项目，包括操作开关设备、线路负荷、次序；所述电网事故拉闸限电序位表基于电网调控一体化技术支持系统内已创建的各类事故拉闸限电序位表模型自动生成。

[0035] ③根据调控运行人员选定的电源侧拉停设备，进行电网拓扑分析，快速定位末端负荷开关，并根据对应开关的遥测、遥信自动化信息，判断是否执行遥控操作。

[0036] 对照电网各类事故限电序位表及拉荷实施细则，在电源侧定义了具备实现基于电网拓扑结构拉荷的两种设备类型：主变及线路；在负荷侧定义了电网末端负荷开关的设备类型，所述电网末端负荷开关定义为最低电压等级的负载变压器的中、低压侧开关。

[0037] 设备状态智能识别，综合利用设备间电气拓扑连接关系、遥信信息和遥测信息实现设备状态的智能识别。对于不同类型的电气设备具有不同的运行状态，例如线路具有运行状态、热备用状态、冷备用状态、检修状态。并能根据设备当前状态列出所选设备当前的

操作任务。

[0038] 所述电网拓扑分析规则的分析方法为:将所有组成电网拓扑结构的元素划分为开关间隔和元件间隔,开关间隔定义为由断路器和其两侧刀闸设备构成,元件间隔为除开关间隔以外的设备,包括发电机、线路、母线、变压器等。将电网中设备划分为多个元件间隔,并将开关间隔作为连接点将元件间隔相连,形成由点、线组成的新的拓扑结构图,根据电网拓扑分析模型,通过拉停元件间隔定位识别末端开关间隔。采用广度优先搜索法进行网络拓扑分析,选择一节点作为基准,以此为起点,按层次对和起点连通的路径进行搜索,实现快速定位末端负荷开关。

[0039] ④系统自动调用潮流计算功能,在图形上实时显示潮流计算结果,自动统计、分析每次操作的实际拉荷量。

[0040] ⑤利用并行遥控技术批量拉停电网拓扑分析自动识别、定位的电网末端负荷开关,实现一键式限电拉荷。

[0041] 所述并行控制技术对外提供原有遥控接口和并行遥控接口两种遥控接口方式,原有遥控接口保留原有的遥控方式,增加了实际控制中可以实现多工作站多人员同时进行遥控的功能;并行控制接口接收批量遥控方式,接收自动遥控软件发来的遥控命令,由实时库模块实现“遥控选择—遥控返校—遥控执行”的过程,每一个遥控对象可以独立的执行遥控操作中的每一个过程,当调度员发出拉荷命令时软件同时向多个厂站同时发送遥控指令并执行,通过选择、反较、执行等过程完成操作并生成记录表,由于需要多线同时处理命令,因此采用“线程池”技术,可自动启动已创建线程的所有任务,每个线程都是独立的、专用的,能进保证每个遥控对象的独立完成所有操作。

[0042] 电网发生重、特大事故时,调度员接到省调下达的拉荷调度指令后,要求在5分钟内操作完毕。采用多媒体技术的调度指令系统,启动应急调度指令模式,地调调度员通过IP电话将省调下达的拉停负荷的调度指令下达到各运维站,与此同时,通过电网拓扑分析自动识别、定位电网末端负荷,并自动生成拉停方案。拉停方案经调度员确认后,同时分集控下达到各运维站,系统直接将电网末端负荷开关以列表形式展示,调控运行人员仅需执行一次遥控操作的过程即可对列表中的开关进行批量控制。

[0043] 本发明还设置有拉闸限电辅助决策支持功能,可根据人工输入的计划减负荷数以及轮次优先级设置选择操作项目。

[0044] 本发明在实际的拉荷操作中,基于对电网事故发生后的判断,调度员仍需要从电网电源侧找出拉荷方案。因此,在拉停负荷的控制命令方面仍选择在电源侧的电气设备,其界面简单,符合调控运行人员的日常应用习惯。

[0045] 本发明还设置有安全配置管理工具用于责任区划分及管理功能,支持对包括区域、主机、用户、角色、权限在内的安全管理对象的安全配置管理,满足调控一体化、地县一体化模式下事故紧急拉荷操作的责任区管理要求。

[0046] 本发明还设置有防误功能,通过多层面的防误分析,主要分为本体状态、关系状态、业务流程的防误校验。当使用限电拉荷时,被操作设备本体处于某种接地、检修等非正常状态而应予以禁止,通过调度技术支持系统智能识别该拉停的开关后,进行防误校核,若设备处于某些状态,应终止拉停该开关的操作,经调度员确认后,才可继续操作。按照安全配置管理,明确规定定义各类操作人员权限,在各自的区域管理范围内履行操作(请求)、监

护两大类职责，并固化至快速拉荷的流程当中，杜绝因人为原因造成的无人监护或误操作事件。

[0047] 本发明基于地县一体化系统建设，人机界面友好，达到了项目建设的预期目标。该功能自上线以来，在2014年累计达11次的各类反事故演习中得到应用，并通过DTS进行仿真演练，其实操性、实用性均得到了充分验证。根据反事故演习的统计进行分析对比，以拉停一台220kV主变为例，按照以往常规模式执行时前后平均需要执行开关远方遥控操作18次，两组人员同时执行的情况下平均耗时长达11.7分钟；而应用本发明的方法后，一组人员在4.6分钟内就执行完毕，其应用成效显著，将可为重特大电网事故争取极为宝贵的黄金时间。

[0048] 同时，该项目实施后，事故紧急拉荷管理工作依托调控技术支持系统开展，通过智能分析自动适应电网实时变化，无需再进行年度拉停主变细则修订，也无需在根据设备检修、电网运行方式变化、电网设备异动等进行异动作业，大大减少了人工管理、培训及维护的工作量，事故紧急拉荷管理的工作效率和工作质量均大幅提升。

[0049] 上述仅为本发明的一个具体实施方式，但本发明的设计构思并不局限于此，凡利用此构思对本发明进行非实质性的改动，均应属于侵犯本发明保护范围的行为。

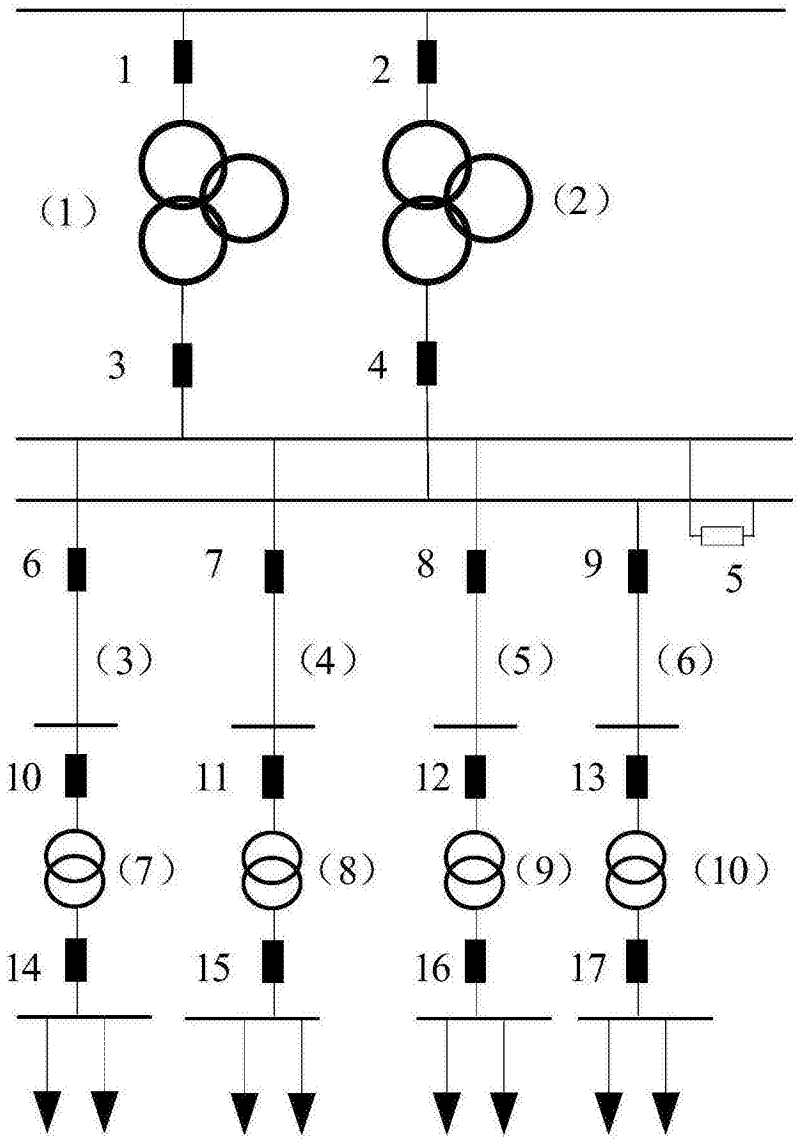


图1

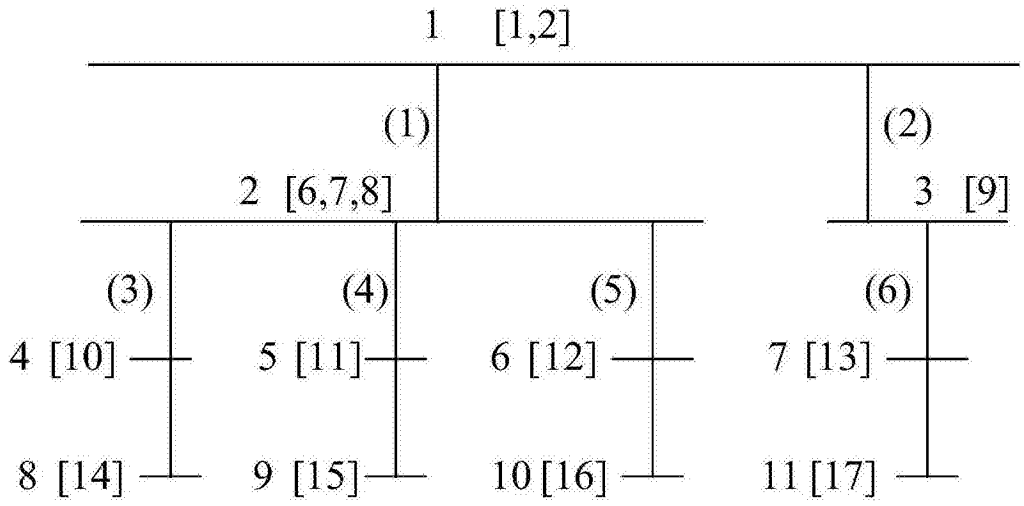


图2

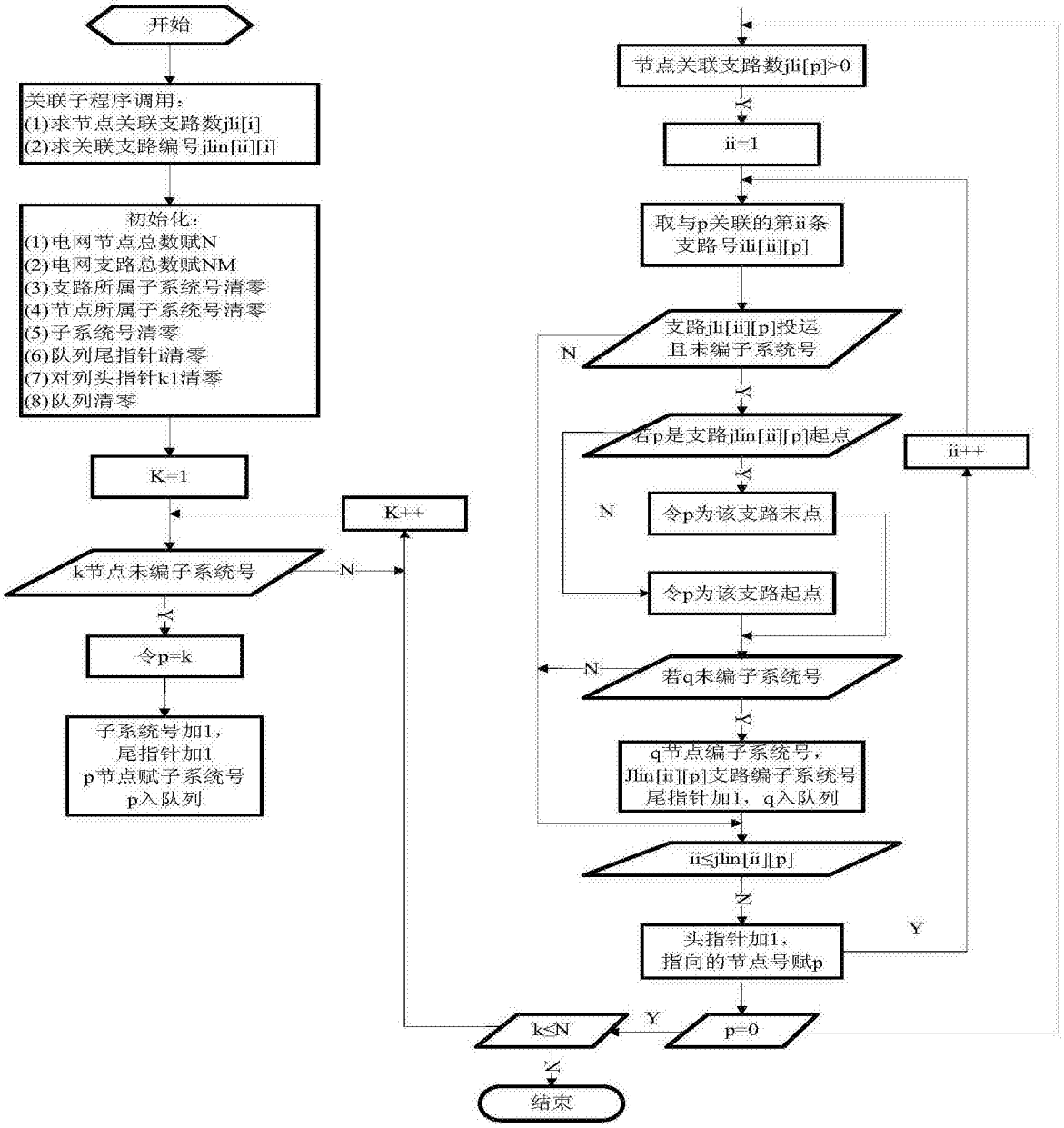

开始
关联子程序调用：
(1)求节点关联支路数jli[i]
(2)求关联支路编号jlin[ii][i]
初始化：
(1)电网节点总数赋N
(2)电网支路总数赋NM
(3)支路所属子系统号清零
(4)节点所属子系统号清零
(5)子系统号清零
(6)队列尾指针i清零
(7)对列头指针k1清零
(8)队列清零
K=1
K++
k节点未编子系统号
N
Y
令p=k
子系统号加1，
尾指针加1
p节点赋子系统号
p入队列
节点关联支路数jli[p]>0
Y
ii=1
取与p关联的第ii条
支路号ili[ii][p]
支路jli[ii][p]投运
且未编子系统号
N
Y
若p是支路jlin[ii][p]起点
ii++
Y
N
令p为该支路末点
令p为该支路起点
N
若q未编子系统号
Y
q节点编子系统号，
Jlin[ii][p]支路编子系统号
尾指针加1，q入队列
ii≤jlin[ii][p]
N
Y
头指针加1，
指向的节点号赋p
k≤N
Y
p=0
N
结束

图3

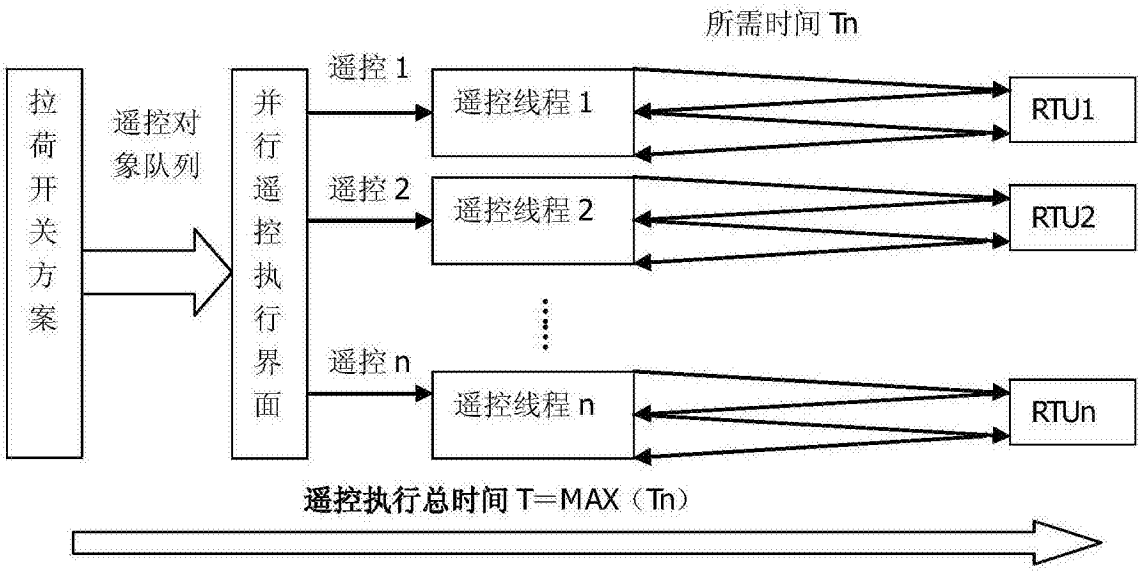

所需时间 Tn
拉荷开关方案
遥控对象队列
并行遥控执行界面
遥控 1
遥控 2
遥控 n
遥控线程 1
遥控线程 2
遥控线程 n
RTU1
RTU2
RTUn
遥控执行总时间 T=MAX（Tn）

图4