



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105372529 B

(45)授权公告日 2019.03.19

(21)申请号 201510822988.4

(22)申请日 2015.11.24

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105372529 A

(43)申请公布日 2016.03.02

(73)专利权人 国网甘肃省电力公司  
地址 730000 甘肃省兰州市城关区北滨河  
东路8号

专利权人 国家电网公司  
甘肃省电力公司风电技术中心  
国网河北省电力公司  
华中科技大学

(72)发明人 丁坤 汪宁渤 路亮 胡家兵  
周识远 陈家乐 李晓龙 李津  
黄璐涵 陟晶 熊雪君 孙辰军  
摆念宗 罗真 黄蓉 王永

(74)专利代理机构 北京轻创知识产权代理有限公司 11212

代理人 谈杰

(51)Int.Cl.  
G01R 31/00(2006.01)  
H02J 3/38(2006.01)

(56)对比文件  
CN 102664391 A,2012.09.12,  
CN 103701122 A,2014.04.02,  
CN 104779641 A,2015.07.15,  
CN 103971299 A,2014.08.06,  
CN 101867171 A,2010.10.20,  
CN 103296643 A,2013.09.11,  
US 2013187454 A1,2013.07.25,  
张焯 等.基于节点连通岛合并法网络动态  
拓扑分析.《电力系统保护与控制》.2013,第41卷  
(第5期),第72-76页.

审查员 王丽娜

权利要求书2页 说明书11页 附图3页

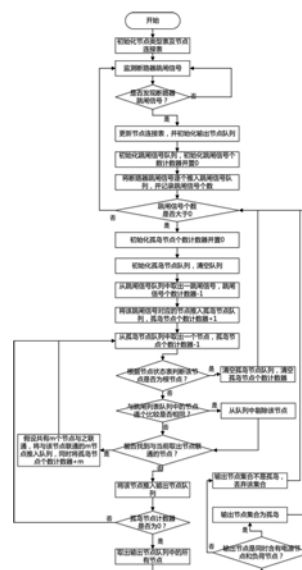
(54)发明名称

针对大规模风电的电网孤岛检测及防孤岛  
保护方法

(57)摘要

本发明公开了一种针对大规模风电的电网  
孤岛检测及防孤岛保护方法,包括:初始化节点  
类型表和节点连接表的步骤;监测电网中的断路  
器跳闸信号,并根据监测的断路器跳闸信号更新  
节点连接表,并将断路器跳闸信号对应的节点推  
入队列的步骤;以及根据更新后的节点连接表和  
队列进行逻辑判断,从而判断断路器跳闸信号对  
应的节点是否形成孤岛的步骤。针对大规模风力  
发电系统,在电源侧高压主网,进行孤岛检测及  
防孤岛保护,具有快速,准确,高效,安全且稳定  
的优点。同时本发明技术方案不考虑线路权重,可  
以更快速的进行防孤岛保护动作。

CN 105372529 B



1. 一种针对大规模风电的电网孤岛检测及防孤岛保护方法,其特征在于,包括:  
初始化节点类型表和节点连接表的步骤;

监测电网中的断路器跳闸信号,并根据监测的断路器跳闸信号更新节点连接表,并将断路器跳闸信号对应的节点推入队列的步骤;及

根据更新后的节点连接表和队列进行逻辑判断,从而判断断路器跳闸信号对应的节点是否形成孤岛;

其中,所述监测电网中的断路器跳闸信号,并根据监测的断路器跳闸信号更新节点连接表,并将断路器跳闸信号对应的节点推入队列,包括:

步骤2:监测电网中的断路器跳闸信号;

步骤3:是否发现断路器跳闸信号,若无跳闸信号,返回步骤2,若监测到跳闸信号进入步骤4;

步骤4:更新节点连接表,初始化输出节点队列,并清空输出节点队列;

步骤5:初始化跳闸信号队列,清空跳闸信号队列;初始化跳闸信号个数计数器,并将计数器置0;

步骤6:将断路器跳闸信号逐个推入跳闸信号队列,并通过跳闸信号个数计数器记录跳闸信号的个数;

其中,所述根据更新后的节点连接表和队列进行逻辑判断,从而判断断路器跳闸信号对应的节点是否形成孤岛包括:

步骤7:判断跳闸信号个数计数器中的跳闸信号是否大于0,否,转步骤2;是,转步骤8;

步骤8:初始化孤岛节点个数计数器并置0;

步骤9:初始化孤岛节点队列,清空孤岛节点队列;

步骤10:从跳闸信号队列中取出一跳闸信号,跳闸信号个数计数器-1;

步骤11:将上述取出的跳闸信号对应的节点推入孤岛节点队列,孤岛节点个数计数器+1;

步骤12:从孤岛节点队列中取出一个节点,孤岛节点个数计数器-1;

步骤13:根据更新后的节点状态表判断该节点是否为根节点,若为根节点,转步骤14;否,则转步骤15;

步骤14:清空孤岛节点队列,清空孤岛节点个数计数器,转步骤7;

步骤15:将从孤岛节点队列中取出的节点与跳闸信号队列中的节点逐个比较是否相同,若不同,并转步骤17;若有相同的,则转步骤16;

步骤16:从跳闸信号队列中剔除该相同节点后,将其余节点推入跳闸信号队列;

步骤17:在更新后的节点状态表能否找到与从孤岛节点队列中取出的节点联通的节点,能,则转步骤18,否则转步骤19;

步骤18:假设共有m个节点与从孤岛节点队列中取出的节点联通,将m个节点推入孤岛节点队列,同时将孤岛节点个数计数器+m;转步骤12;

步骤19:将从孤岛节点队列中取出的节点推入输出节点队列;

步骤20:判断孤岛节点计数器是否为0,若否,则转步骤12;若是,则转步骤21;

步骤21:取出输出节点队列中的所有节点,输出节点队列中的所有节点组成输出节点集合;

步骤22:判断输出节点集合中是否同时含有电源和负荷节点,若是转步骤23;若否转步骤24;

步骤23:输出节点集合为孤岛,转步骤7;

步骤24:输出节点集合不是孤岛,丢弃该输出节点集合,转步骤7;

步骤25:对于步骤23输出的每一个孤岛中的所有孤岛节点,结合节点类型表,进行防孤岛保护切机操作。

2.根据权利要求1所述的针对大规模风电的电网孤岛检测及防孤岛保护方法,其特征在于,所述初始化节点类型表和节点连接表的步骤,具体为:

步骤1、初始化节点类型表:设网络中共有 $n$ 个节点,将网络中的发电机组初始化为1,负荷节点初始化为2,将监测网络中的根节点设为3,其余节点设为0,其中,初始化为1或2的节点为边缘节点,初始化为0的节点为内部节点;

初始化节点连接表:对于包含 $n$ 个节点的网络,对于任意两个节点A和B,若A、B两节点间有1条电力线路连接且线路处于连接状态,则表中A行B列置1,有两条则置为2,若A、B两节点间无电力线路连接或连接线路处于断开状态,则表中A行B列置0。

3.根据权利要求2所述的针对大规模风电的电网孤岛检测及防孤岛保护方法,其特征在于,所述步骤6将断路器跳闸信号逐个推入跳闸信号队列具体为:

若连接A、B两个节点的断路器发生跳闸,若节点A比节点B距离到根节点的距离更远,则将 $d(A,B)$ 信号推入跳闸信号队列,反之则将 $d(B,A)$ 推入跳闸信号队列。

## 针对大规模风电的电网孤岛检测及防孤岛保护方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及大规模风力发电防孤岛保护领域,具体地,涉及一种针对大规模风电的电网孤岛检测及防孤岛保护方法。

### 背景技术

[0002] 大型风电场(基地)孤岛状态是指大型风电场(基地)中,部分风电机组与主网脱离后,继续向其下所带负荷供电的运行状态。在大规模风力发电系统中,有效及时的检测孤岛对风电机组及本地负荷具有重要意义。大规模风电接入孤岛引发的原理和情形与配网中的孤岛有所不同,所以,大规模风电接入发生孤岛的危害与孤岛在配网中的危害相比也有不同。首先,大规模风电接入发生孤岛后,电能质量也是不可控的。但是更为严重的威胁在于,孤岛系统中的过电压问题。

[0003] 造成大型风电场(基地)孤岛系统中过电压的原因有很多,总结概括一下,有如下几种:1)在一些故障情形下,孤岛系统失去系统接地;风机一般是通过升压变压器的中心点获得系统零点,当馈线故障时,风机及馈线失去系统接地,非故障相电压升至1.73倍的故障前相电压,原理如图1所示。2)风机的特有的故障特性,风机变流器一般是进行电流控制,风机通过逐级变压器进行升压,风机也需要通过较长的集电馈线将电能送至升压站,在此系统中存在较大的电抗,系统阻抗大,且电磁环境较为复杂,突然断电下,会产生较大的暂态过电压。3)孤岛系统是不稳定系统,且其阻尼较小,会产生较大的暂态过电压。4)如果在重合闸开始时,系统仍未断电,会出现冲击电压,更严重的情况是发生非同期重合闸,这时,将会出现很大的暂态过电压。

[0004] 目前,常用的配电网孤岛检测方法主要分为三类:(1)被动检测方法;(2)主动检测方法;(3)基于通信信号的检测方法。

[0005] 被动检测方法监测一个或多个电网电气量,根据电气量与所设阈值直接的偏差,可以判定所关注区域是否发生孤岛运行状态。一般通过寻找频率、电压或相位角的异常数值或检测系统中谐波的异常变化等多个判断因素,综合分析后可以确定孤岛的存在。

[0006] 被动检测方法的优点在于,由于并网逆变器本身的控制策略就需要检测端电压,此法不需要增加额外的硬件电路或者独立的保护继电器;对电网无干扰,对电能质量无影响;在多台逆变器下,检测效率不会降低。其问题在于非检测区域(Non-Detection Zone, NDZ)有可能相当大,门槛阈值难以设定,既要高于正常运行时的值,又要小于孤岛时的值。为了减小NDZ,常提高装置的灵敏度,但会引发设备无故障跳闸,影响系统的正常运行;在某些特定的情况下,NDZ很大;某些参数不能直接测量,需要复杂的计算才能得到,其计算误差以及计算时间对检测效果也会产生影响。

[0007] 主动检测方法是在电网中注入电压、频率或相位角,从而造成电网电压、频率或相位角的扰动,这些扰动对于并网运行状态时的配电网,由于受到主网的平衡钳制,扰动信号作用不明显;但当孤岛发生时,这些扰动作用就较明显,可以通过检查公共连接点(PCC)的系统响应,来判断是否发生孤岛。

[0008] 主动检测方法的优点在于NDZ较小,检测精度较高,能够准确地检测孤岛。此方法的缺点在于由于引入了扰动量,引起电网电能质量下降及电网不必要的暂态响应;控制算法较复杂,实际应用困难;在不同的负载性质下,检测效果存在很大差异,严重时甚至失效。

[0009] 基于通信信号的检测方法采用有线或无线的通信方式来检测断路器的开断状态,根据断路器状态的变化来确定是否发生了孤岛。

[0010] 基于通信信号的检测方法优点:无非检测区(NDZ)、检测准确可靠;对于单个或多个逆变器的孤岛检测都有效;它的性能与DG装置的类型无关,也不会对电网的正常运行造成干扰,因此是非常可靠的孤岛检测方法。此法缺点:需要添置设备,实现成本高,操作复杂,需要很多认证,经济性低。

[0011] 目前的主要方法都是在低压配电网中进行孤岛检测,针对大规模风力发电的高电压等级的孤岛检测并未见相关文献。目前,已有的配电网孤岛检测相关专利主要分为如下几类:

[0012] 被动检测法:

[0013] 专利号为201510084241.3的专利提出了一种新型的光伏电站被动式防孤岛保护方法。此方法应用于大规模光伏电站集中并入电网变电站,通过计算工频故障阻抗和功率因数变化,经阻抗判据和功率因数判据,综合判断是否出现光伏电站单独带负荷运行的小孤岛以及光伏电站和变电站一起带负荷运行的大孤岛,一旦检测出孤岛立即跳开相应并网开关,以保护运行检修人员及设备的安全。该方法属于被动检测法,且以光伏电站为研究对象。

[0014] 主动检测法:

[0015] 专利号为201410221942.2的专利提供了一种风电机组孤岛测试方法。将一个孤岛发生装置连接于风电机组出口变压器和风电场升压变压器之间,通过调节孤岛发生装置使风电机组处于孤岛状态,并检测风电机组并网点三相电流、三相电压及风电机组并网开关状态信号,考察风电机组是否具备孤岛运行能力,及在防孤岛下的脱网时间。该方法属于主动检测法。

[0016] 专利号为201410741339.7的专利提出了一种光伏防孤岛试验检测装置和检测方法。这种防孤岛试验检测装置,由上位机、一个以上智能电力监控模块、I/O 继电器控制板、电键K 和可调RLC负载模块组成,能对光伏电站等大容量电源类设备进行孤岛效应测试。通过加载负载模块,检测并网电压V来判断孤岛现象是否发生。该方法属于主动测试法,且属于光伏电站防孤岛检测。

[0017] 专利号为201510037485.6的专利提出了一种分布式电源系统防孤岛效应的并网开关保护方法及并网开关装置。此方法是针对配电网侧的分布式电源系统进行的主动保护,通过控制并网逆变器,给其输出功率、频率或相位等注入一定的扰动,同时检测逆变器的输出情况;当电网正常工作时,由于电网的平衡作用,扰动信号不足以改变并网逆变器的输出特性;当电网故障或者掉电时,由于扰动信号的反馈作用,并网逆变器的输出特性就会快速累积并且超出允许范围,产生一信号触发并网开关的保护装置,使其跳闸。该方法对低压配电网进行防孤岛检测。

[0018] 专利号为201510242085.9的专利提出了一种基于定阻抗负荷模拟的防孤岛保护测试电路及方法。用定阻抗负荷模拟单元精确模拟并联RLC 负荷的负荷特性,将并网光伏

逆变器输出的有功功率以单位功率因数馈送至配电网,确保在测试过程中触发并网光伏逆变器的防孤岛保护。该方法属于主动检测方法。

[0019] 基于通信信号的检测法:

[0020] 专利号为201180043345.X的专利提出了一种用于检测低压(LV)电力网络中孤岛状况的方法,该方法用于多开关信号的网络中,通过检测网络中断路器的位置信号,并与真值表进行对比,采用查表的方法,并通过断开电力单元的方法对系统进行保护。该方法针对配电网进行孤岛检测,同时该方法采用效率较低的查表法。

[0021] 专利号为201210124330.2的专利提供了一种站域孤岛保护方法及一种站域孤岛保护系统,通过获取变电站区域内与产生孤岛运行状态相关的断路器的位置信息,判断是否出现孤岛运行状态,并通过跳开发电系统联网处的一个断路器即可完成孤岛保护动作。该方法针对在变电站范围进行孤岛检测,并采用跳开发电系统联网处的一个断路器来实现孤岛保护,这种方法并不适用于大规模风力发电系统的防孤岛保护,由于大规模风力发电系统,各风机到风电场升压变电站的电气距离较长,采用该方法会造成风机馈线的过电压问题,从而影响风机的运行寿命。

[0022] 专利号为201310039649.X的专利提供了一种分布式发电并网系统防孤岛保护系统及其保护方法,基于载波通信和分散检测技术,通过上位载波机获取电网侧的信息进行孤岛判别和下位载波机对用户侧分布式电源的并网点开关进行控制,切除分布式电源,防止孤岛效应的发生,提高分布式发电并网系统的可靠性和安全性。该方法针对分布式发电系统进行防孤岛保护,并不涉及大规模集中式风力发电的防孤岛保护。

[0023] 专利号为201310086985.X的专利提供了一种基于广域信息的开关变位孤岛检测及直接跳闸式孤岛保护方法。分布式电源系统并网运行过程中,在各个开关上安装FTU(馈线自动化终端),FTU实时检测各个开关的状态信息,根据孤岛关联开关的开合状态判断是否发生孤岛运行。对于判断处于孤岛运行的分布式电源,该分布式电源出口处的FTU就地发出孤岛保护的命令,将此DG出口处开关断开,使其退出运行。该方法针对分布式发电系统进行防孤岛保护,并不涉及大规模集中式风力发电的防孤岛保护。

[0024] 专利号为201310404177.3的专利公开了一种具有低电压穿越和防孤岛保护功能的光伏电站系统,通过检查电网断路器的开关信号,电压信号 $v$ 和频率信号 $f$ ,通过控制器的判定,并通过控制第一断路器,实现了孤岛判定和防孤岛保护功能,而通过设置三相逆变器实现了低电压穿越的功能,从而将低电压穿越和防孤岛保护功能共存,达到了增强光伏电站系统稳定性和安全性的目的。该方法针对光伏发电系统进行防孤岛保护,并不涉及大规模集中式风力发电的防孤岛保护。

[0025] 专利号为201310560121.7的专利提供了一种多电源接入变电站防孤岛运行系统。针对110kV变电站区域内发生线路故障、主变故障以及母线故障时能快速准确的通过判断开关位置切断并网的小电源,避免发生孤岛运行,损坏用户电气设备以及系统不稳定运行。该方法针对光伏发电系统进行防孤岛保护,并不涉及大规模集中式风力发电的防孤岛保护。

[0026] 专利号为201320048498.X的专利提供了一种智能RLC负载及防孤岛检测电路,可准确检测用户侧并网电源的防孤岛功能。通过智能RLC负载模拟用户侧电能消耗,波形记录仪记录逆变器输出电流和并网电流信号,判断孤岛效应是否发生并评价DC-AC逆变器的防

孤岛保护性能。该方法在用户侧低压配电网中进行孤岛检测,并不涉及在发电侧高压主网进行孤岛检测。

[0027] 专利号为201410521937.3的专利提供了一种变电站站域防孤岛保护与备自投一体化方法。实时采集变电站高、中、低压侧的电气量信息和开关状态信息,结合备自投检修压板是否投入或退出,来识别变电站高、中、低压侧元件当前的运行状态;根据实际接线情况及现场运行需求,通过装置功能压板,选择高、中、低压侧的备自投功能及防孤岛保护是否开放;通过装置软件控制设定高、中、低压侧备投方式,并与之前识别的高、中、低压侧元件的运行状态进行匹配,如果不匹配,发告警信号,装置闭锁放电。该方法具备防孤岛保护功能,能迅速检测出变电站内存在的孤岛状态和孤岛范围,并跳开相应范围内的光伏电站并网开关。该方法只针对变电站范围进行孤岛检测,并不涉及在大型风电基地进行孤岛检测。

[0028] 论文“基于改进Prim 算法的分布式发电孤岛划分方法”针对用户侧低压配电网孤岛问题提出了一种基于prim方法的最小生成树算法进行孤岛划分,该方法并不涉及电源侧高压主网进行防孤岛检测,同时因需要考虑线路权重,因此防孤岛保护动作延迟较大。

## 发明内容

[0029] 本发明的目的在于,针对上述问题,提出一种针对大规模风电的电网孤岛检测及防孤岛保护方法,以实现快速,准确,高效,安全且稳定的优点。

[0030] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0031] 一种针对大规模风电的电网孤岛检测及防孤岛保护方法,包括:

[0032] 初始化节点类型表和节点连接表的步骤;

[0033] 监测电网中的断路器跳闸信号,并根据监测的断路器跳闸信号更新节点连接表,并将断路器跳闸信号对应的节点推入队列的步骤;

[0034] 以及

[0035] 根据更新后的节点连接表和队列进行逻辑判断,从而判断断路器跳闸信号对应的节点否形成孤岛的步骤。

[0036] 优选的,所述初始化节点类型表和节点连接表的步骤,具体为:

[0037] 步骤1、初始化节点类型表:设网络中共有 $n$ 个节点,将网络中的发电机组初始化为1,负荷节点初始化为2,将监测网络中的根节点设为3,其余节点设为0,其中,初始化为1或2的节点为边缘节点,初始化为0的节点为内部节点;

[0038] 初始化节点连接表:对于包含 $n$ 个节点的网络,对于任意两个节点A和B,若A、B两节点间有1条电力线路连接且线路处于连接状态,则表中A行B列置1,有两条则置为2,若A、B两节点间无电力线路连接或连接线路处于断开状态,则表中A行B列置0。

[0039] 优选的,所述监测电网中的断路器跳闸信号,并根据监测的断路器跳闸信号更新节点连接表,并将断路器跳闸信号对应的节点推入队列的步骤,具体包括:

[0040] 步骤2:监测电网中的断路器跳闸信号;

[0041] 步骤3:是否发现断路器跳闸信号,若无跳闸信号,返回步骤2,若监测到跳闸信号进入步骤4;

[0042] 步骤4:更新节点连接表,初始化输出节点队列,并清空输出节点队列;

- [0043] 步骤5:初始化跳闸信号队列,清空跳闸信号队列;初始化跳闸信号个数计数器,并将计数器置0;
- [0044] 步骤6:将断路器跳闸信号逐个推入跳闸信号队列,并通过跳闸信号个数计数器记录跳闸信号的个数。
- [0045] 优选的,所述步骤6将断路器跳闸信号逐个推入跳闸信号队列具体为:
- [0046] 若连接A、B两个节点的断路器发生跳闸,若节点A比节点B距离到根节点的距离更远,则将d(A,B)信号推入跳闸信号队列,反之则将d(B,A)推入跳闸信号队列。
- [0047] 优选的,所述根据更新后的节点连接表和队列进行逻辑判断,从而判断断路器跳闸信号对应的节点否形成孤岛的步骤具体包括:
- [0048] 步骤7:判断跳闸信号个数计数器中的跳闸信号是否大于0,否,转步骤2;是,转步骤8;
- [0049] 步骤8:初始化孤岛节点个数计数器并置0;
- [0050] 步骤9:初始化孤岛节点队列,清空孤岛节点队列;
- [0051] 步骤10:从跳闸信号队列中取出一跳闸信号,跳闸信号个数计数器-1;
- [0052] 步骤11:将上述取出的跳闸信号对应的节点推入孤岛节点队列,孤岛节点个数计数器+1;
- [0053] 步骤12:从孤岛节点队列中取出一个节点,孤岛节点个数计数器-1
- [0054] 步骤13:根据更新后的节点状态表判断该节点是否为根节点,若为根节点,转步骤14;否,则转步骤15;
- [0055] 步骤14:清空孤岛节点队列,清空孤岛节点个数计数器,转步骤7;
- [0056] 步骤15:将从孤岛节点队列中取出的节点与跳闸信号队列中的节点逐个比较是否相同,若不同,并转步骤17;若有相同的,则转步骤16;
- [0057] 步骤16:从跳闸信号队列中剔除该相同节点后,将其余节点推入跳闸信号队列;
- [0058] 步骤17:在更新后的节点状态表能否找到与从孤岛节点队列中取出的节点联通的节点,能,则转步骤18,否则转步骤19;
- [0059] 步骤18:假设共有m个节点与从孤岛节点队列中取出的节点联通,将与联通的m个节点推入孤岛节点队列,同时将孤岛节点个数计数器+m;转步骤12;
- [0060] 步骤19:将从孤岛节点队列中取出的节点推入输出节点队列;
- [0061] 步骤20:判断孤岛节点计数器是否为0,若否,则转步骤12;若是,则转步骤21;
- [0062] 步骤21:取出输出节点队列中的所有节点,输出节点队列中的所有节点组成输出节点集合;
- [0063] 步骤22:判断输出节点集合中是否同时含有电源和负荷节点,若是转步骤23;若否转步骤24;
- [0064] 步骤23:输出节点集合为孤岛,转步骤7;
- [0065] 步骤24:输出节点集合不是孤岛,丢弃该输出节点集合,转步骤7;
- [0066] 步骤25:对于输出的每一个孤岛中的所有孤岛节点,结合节点类型表,进行防孤岛保护切机操作。
- [0067] 本发明的技术方案具有以下有益效果:
- [0068] 本发明的技术方案,针对大规模风力发电系统,在电源侧高压主网,进行孤岛检测



及防孤岛保护,具有快速,准确,高效,安全且稳定的优点。同时本发明技术方案不考虑线路权重,可以更快速的进行防孤岛保护动作。

[0069] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

### 附图说明

[0070] 图1为现有的单相接地故障情况下非故障相电压升高示意图;

[0071] 图2为本发明实施例所述的针对大规模风电的电网孤岛检测及防孤岛保护方法流程图;

[0072] 图3为本发明实施例所述的电网连接示意图。

### 具体实施方式

[0073] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明,应当理解,此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0074] 如图2所示,一种针对大规模风电的电网孤岛检测及防孤岛保护方法,包括:

[0075] 初始化节点类型表和节点连接表的步骤;

[0076] 监测电网中的断路器跳闸信号,并根据监测的断路器跳闸信号更新节点连接表,并将断路器跳闸信号对应的节点推入队列的步骤;

[0077] 以及

[0078] 根据更新后的节点连接表和队列进行逻辑判断,从而判断断路器跳闸信号对应的节点否形成孤岛的步骤。

[0079] 优选的,初始化节点类型表和节点连接表的步骤,具体为:

[0080] 步骤1、初始化节点类型表:设网络中共有 $n$ 个节点,将网络中的发电机组初始化为1,负荷节点初始化为2,将监测网络中的根节点设为3,其余节点设为0,其中,初始化为1或2的节点为边缘节点,初始化为0的节点为内部节点;

[0081] 初始化节点连接表:对于包含 $n$ 个节点的网络,对于任意两个节点A和B,若A、B两节点间有1条电力线路连接且线路处于连接状态,则表中A行B列置1,有两条则置为2,若A、B两节点间无电力线路连接或连接线路处于断开状态,则表中A行B列置0。

[0082] 优选的,监测电网中的断路器跳闸信号,并根据监测的断路器跳闸信号更新节点连接表,并将断路器跳闸信号对应的节点推入队列的步骤,具体包括:

[0083] 步骤2:监测电网中的断路器跳闸信号;

[0084] 步骤3:是否发现断路器跳闸信号,若无跳闸信号,返回步骤2,若监测到跳闸信号进入步骤4;

[0085] 步骤4:更新节点连接表,初始化输出节点队列,并清空输出节点队列;

[0086] 步骤5:初始化跳闸信号队列,清空跳闸信号队列;初始化跳闸信号个数计数器,并将计数器置0;

[0087] 步骤6:将断路器跳闸信号逐个推入跳闸信号队列,并通过跳闸信号个数计数器记录跳闸信号的个数。

[0088] 优选的,步骤6将断路器跳闸信号逐个推入跳闸信号队列具体为:

[0089] 若连接A、B两个节点的断路器发生跳闸,若节点A比节点B距离到根节点的距离更

远,则将d(A,B)信号推入跳闸信号队列,反之则将d(B,A)推入跳闸信号队列。

[0090] 优选的,根据更新后的节点连接表和队列进行逻辑判断,从而判断断路器跳闸信号对应的节点否形成孤岛的步骤具体包括:

[0091] 步骤7:判断跳闸信号个数计数器中的跳闸信号是否大于0,否,转步骤2;是,转步骤8;

[0092] 步骤8:初始化孤岛节点个数计数器并置0;

[0093] 步骤9:初始化孤岛节点队列,清空孤岛节点队列;

[0094] 步骤10:从跳闸信号队列中取出一跳闸信号,跳闸信号个数计数器-1;

[0095] 步骤11:将上述取出的跳闸信号对应的节点推入孤岛节点队列,孤岛节点个数计数器+1;

[0096] 步骤12:从孤岛节点队列中取出一个节点,孤岛节点个数计数器-1

[0097] 步骤13:根据更新后的节点状态表判断该节点是否为根节点,若为根节点,转步骤14;否,则转步骤15;

[0098] 步骤14:清空孤岛节点队列,清空孤岛节点个数计数器,转步骤7;

[0099] 步骤15:将从孤岛节点队列中取出的节点与跳闸信号队列中的节点逐个比较是否相同,若不同,并转步骤17;若有相同的,则转步骤16;

[0100] 步骤16:从跳闸信号队列中剔除该相同节点后,将其余节点推入跳闸信号队列;

[0101] 步骤17:在更新后的节点状态表能否找到与从孤岛节点队列中取出的节点联通的节点,能,则转步骤18,否则转步骤19;

[0102] 步骤18:假设共有m个节点与从孤岛节点队列中取出的节点联通,将与联通的m个节点推入孤岛节点队列,同时将孤岛节点个数计数器+m;转步骤12;

[0103] 步骤19:将从孤岛节点队列中取出的节点推入输出节点队列;

[0104] 步骤20:判断孤岛节点计数器是否为0,若否,则转步骤12;若是,则转步骤21;

[0105] 步骤21:取出输出节点队列中的所有节点,输出节点队列中的所有节点组成输出节点集合;

[0106] 步骤22:判断输出节点集合中是否同时含有电源和负荷节点,若是转步骤23;若否转步骤24;

[0107] 步骤23:输出节点集合为孤岛,转步骤7;

[0108] 步骤24:输出节点集合不是孤岛,丢弃该输出节点集合,转步骤7;

[0109] 步骤25:对于输出的每一个孤岛中的所有孤岛节点,结合节点类型表,进行防孤岛保护切机操作。

[0110] 如图3所示,为某地区电网连接,其中节点1为750kV敦煌变,节点2为330kV玉门变,节点3为110kV玉门镇变电站,节点4为110kV玉门镇牵引变,节点5为110kV阳关变,节点6为110kV瓜州气压站,节点7为110kV安西输油站,节点8-10为大唐昌马东48MW风电场的3条馈线,节点11-14为洁源71MW风电场的4条馈线。

[0111] 结合上述电网连接,对本发明的方法具体说明如下:

[0112] 步骤1:初始化节点类型表

[0113] 该网络中总共包含14个节点,节点类型表如表1所示:

[0114]

编号	1	2	3	4	5	6	7
类型	3	0	0	2	0	2	2
编号	8	9	10	11	12	13	14
类型	1	1	1	1	1	1	1

[0115] 表1、节点类型表。

[0116] 节点连接表如表2所示：

[0117]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		-	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3			-	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
4				-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5					-	2	2	0	0	0	2	2	2	2
6						-	0	0	0	0	0	0	0	0
7							-	0	0	0	0	0	0	0
8								-	0	0	0	0	0	0
9									-	0	0	0	0	0
10										-	0	0	0	0
11											-	0	0	0
12												-	0	0
13													-	0
14														-

[0118] 表2、节点连接表。

[0119] 步骤2:监测电网中的断路器跳闸信号;系统进入循环监测阶段。

[0120] 步骤3:是否发现断路器跳闸信号;目前,监测到3号节点110kV玉门镇变电站断路器、5号节点110kV阳关变断路器和6号节点110kV瓜州压气站双线发现断路器跳闸信号。

[0121] 步骤4:更新节点连接表,并初始化输出节点队列,并清空;更新后的节点连接表如表3所示:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3			-	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
4				-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5					-	0	2	0	0	0	2	2	2	2
6						-	0	0	0	0	0	0	0	0
7							-	0	0	0	0	0	0	0
8								-	0	0	0	0	0	0
9									-	0	0	0	0	0
10										-	0	0	0	0
11											-	0	0	0
12												-	0	0
13													-	0
14														-

[0122]

[0123] 表3、更新后的节点连接表。

[0124] 步骤5:初始化跳闸信号队列,清空队列;初始化跳闸信号个数计数器,并置0;

[0125] 步骤6:将断路器跳闸信号逐个推入跳闸信号队列,并记录跳闸信号的个数;将d(3,2)、d(5,2)和d(6,5)推入队列;跳闸信号个数为3;

[0126] 步骤7:判断跳闸信号是否大于0,判断结果大于0;

[0127] 步骤8:初始化孤岛节点个数计数器并置0;

[0128] 步骤9:初始化孤岛节点队列,清空队列;

[0129] 步骤10:从跳闸信号队列中取出一跳闸信号,跳闸信号个数计数器-1;此时,取出d(6,5),跳闸信号个数计数器为2;

[0130] 步骤11:将该跳闸信号对应的节点推入孤岛节点队列,孤岛节点个数计数器+1;节点6推入孤岛节点队列,孤岛节点个数计数器为1;

[0131] 步骤12:从孤岛节点队列中取出一个节点,孤岛节点个数计数器-1;孤岛节点队列中取出节点6,孤岛节点个数计数器为0;

[0132] 步骤13:根据节点状态表判断该节点是否为根节点?该节点不是根节点,

- [0133] 步骤15:与跳闸节点队列中的节点逐个比较是否相同?跳闸节点队列中还有2个节点与当前均不相同;所有节点再推入孤岛节点队列,并转步骤17;
- [0134] 步骤17:能否找到与当前取出节点联通的节点?否,转步骤19;
- [0135] 步骤19:将该节点推入输出节点队列;
- [0136] 步骤20:孤岛节点计数器是否为0?是,则转步骤21;
- [0137] 步骤21:取出“输出节点队列”中的所有节点;
- [0138] 步骤22:判断输出节点集合中是否同时含有电源和负荷节点,否,转步骤24;
- [0139] 步骤24:输出节点集合不是孤岛,丢弃该集合,转步骤7;
- [0140] 步骤7:判断跳闸信号是否大于0,判断结果大于0;
- [0141] 步骤8:初始化孤岛节点个数计数器并置0;
- [0142] 步骤9:初始化孤岛节点队列,清空队列;
- [0143] 步骤10:从跳闸信号队列中取出一跳闸信号,跳闸信号个数计数器-1;此时,取出d(5,2),跳闸信号个数计数器为1;
- [0144] 步骤11:将该跳闸信号对应的节点推入孤岛节点队列,孤岛节点个数计数器+1;节点5推入孤岛节点队列,孤岛节点个数计数器为1;
- [0145] 步骤12:从孤岛节点队列中取出一个节点,孤岛节点个数计数器-1;孤岛节点队列中取出节点5,孤岛节点个数计数器为0;
- [0146] 步骤13:根据节点状态表判断该节点是否为根节点?该节点不是根节点;
- [0147] 步骤15:与跳闸节点队列中的节点逐个比较是否相同?跳闸节点队列中还有1个节点与当前均不相同;所有节点再推入队列,并转步骤17;
- [0148] 步骤17:能否找到与当前取出节点联通的节点?是,转步骤18;
- [0149] 步骤18:节点7及节点11-14共5个节点与之联通,将与该节点联通的5节点推入队列,同时将孤岛节点个数计数器为5,转步骤12;
- [0150] 步骤12:从孤岛节点队列中取出一个节点,取出节点7,孤岛节点个数计数器为4;
- [0151] 步骤13:根据节点状态表判断该节点是否为根节点?否,则转步骤15;
- [0152] 步骤15:与跳闸信号队列中的节点逐个比较是否相同?将节点逐个取出后与当前节点进行比较,不同,则所有节点再推入跳闸信号队列,并转步骤17;
- [0153] 步骤17:能否找到与当前取出节点联通的节点?否则转步骤19;
- [0154] 步骤19:将该节点推入输出节点队列;
- [0155] 步骤20:孤岛节点计数器是否为0?否,则转步骤12;
- [0156] 步骤12:从孤岛节点队列中取出一个节点,取出节点11,孤岛节点个数计数器3;
- [0157] 步骤13:根据节点状态表判断该节点是否为根节点?否,则转步骤15;
- [0158] 步骤15:与跳闸信号队列中的节点逐个比较是否相同?将节点逐个取出后与当前节点进行比较,不同,则所有节点再推入队列,并转步骤17;
- [0159] 步骤17:能否找到与当前取出节点联通的节点?否则转步骤19;
- [0160] 步骤19:将该节点推入输出节点队列;
- [0161] 步骤20:孤岛节点计数器是否为0?否,则转步骤12;
- [0162] 步骤12:从孤岛节点队列中取出一个节点,取出节点12,孤岛节点个数计数器2;
- [0163] 步骤13:根据节点状态表判断该节点是否为根节点?否,则转步骤15;

- [0164] 步骤15:与跳闸信号队列中的节点逐个比较是否相同?将节点逐个取出后与当前节点进行比较,不同,则所有节点再推入队列,并转步骤17;
- [0165] 步骤17:能否找到与当前取出节点联通的节点?否则转步骤19;
- [0166] 步骤19:将该节点推入输出节点队列;
- [0167] 步骤20:孤岛节点计数器是否为0?否,则转步骤12;
- [0168] 步骤12:从孤岛节点队列中取出一个节点,取出节点13,孤岛节点个数计数器1;
- [0169] 步骤13:根据节点状态表判断该节点是否为根节点?否,则转步骤15;
- [0170] 步骤15:与跳闸信号队列中的节点逐个比较是否相同?将节点逐个取出后与当前节点进行比较,不同,则所有节点再推入队列,并转步骤17;
- [0171] 步骤17:能否找到与当前取出节点联通的节点?否则转步骤19;
- [0172] 步骤19:将该节点推入输出节点队列;
- [0173] 步骤20:孤岛节点计数器是否为0?否,则转步骤12;
- [0174] 步骤12:从孤岛节点队列中取出一个节点,取出节点14,孤岛节点个数计数器0;
- [0175] 步骤13:根据节点状态表判断该节点是否为根节点?否,则转步骤15;
- [0176] 步骤15:与跳闸信号队列中的节点逐个比较是否相同?将节点逐个取出后与当前节点进行比较,不同,则所有节点再推入队列,并转步骤17;
- [0177] 步骤17:能否找到与当前取出节点联通的节点?否则转步骤19;
- [0178] 步骤19:将该节点推入输出节点队列;
- [0179] 步骤20:孤岛节点计数器是否为0?是,则转步骤21;
- [0180] 步骤21:取出“输出节点队列”中的所有节点;
- [0181] 步骤22:判断输出节点集合中是否同时含有电源和负荷节点,是,转步骤23;
- [0182] 步骤23:输出节点集合7、11、12、13、14为孤岛,转步骤7;
- [0183] 用同样的运行步骤可以得到输出节点集合3、4、8、9、10为孤岛。
- [0184] 该实施例中共检测到2个孤岛。
- [0185] 步骤25:对于检测到2个孤岛每一个孤岛中的所有孤岛节点,结合节点类型表,进行防孤岛保护切机操作。
- [0186] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,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。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。

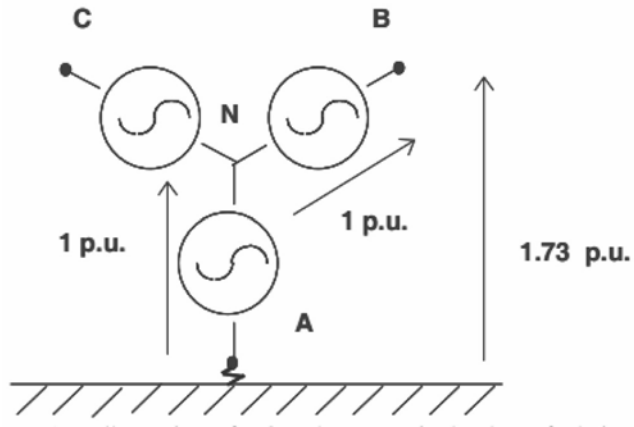


图1

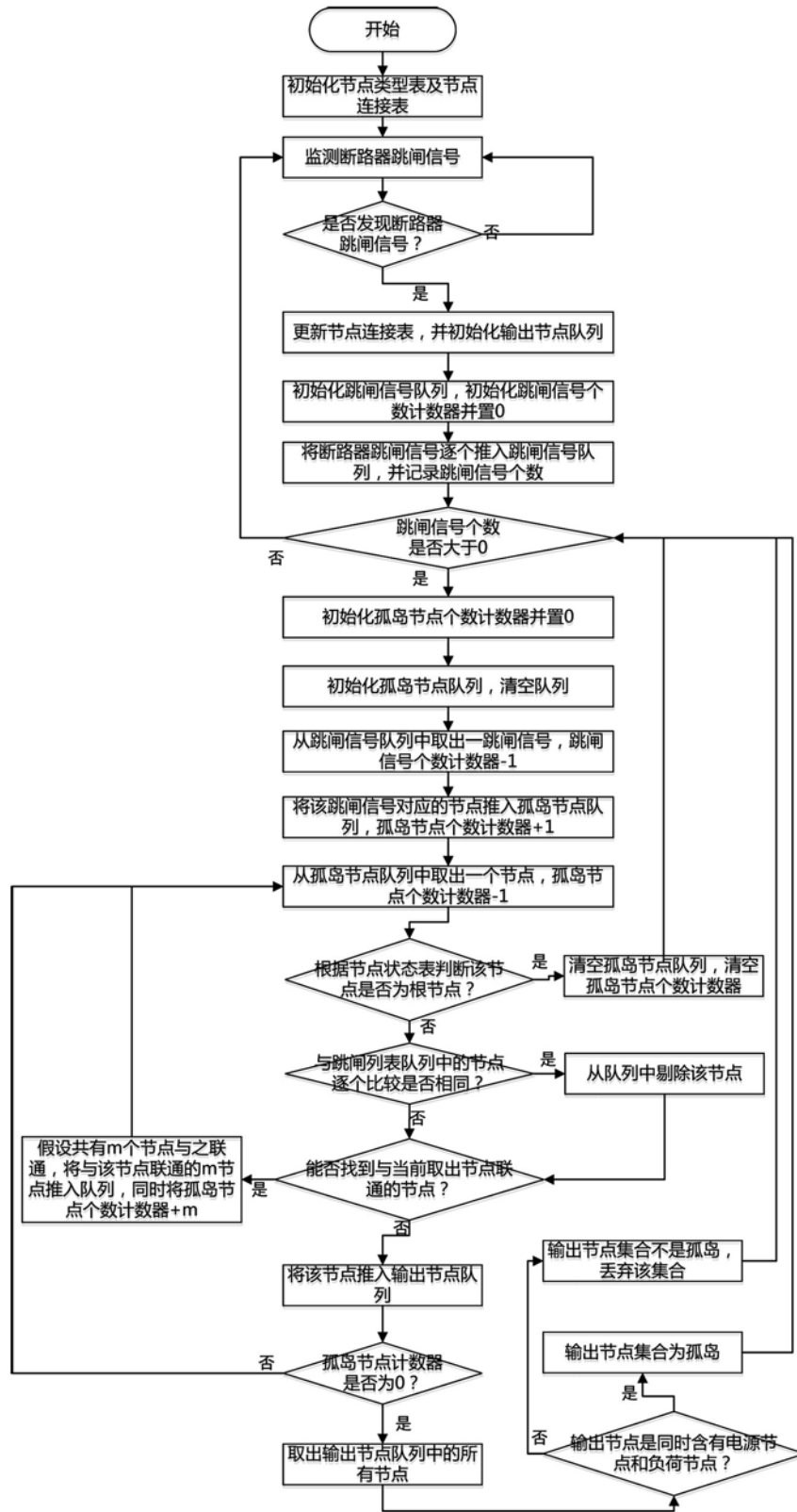


图2



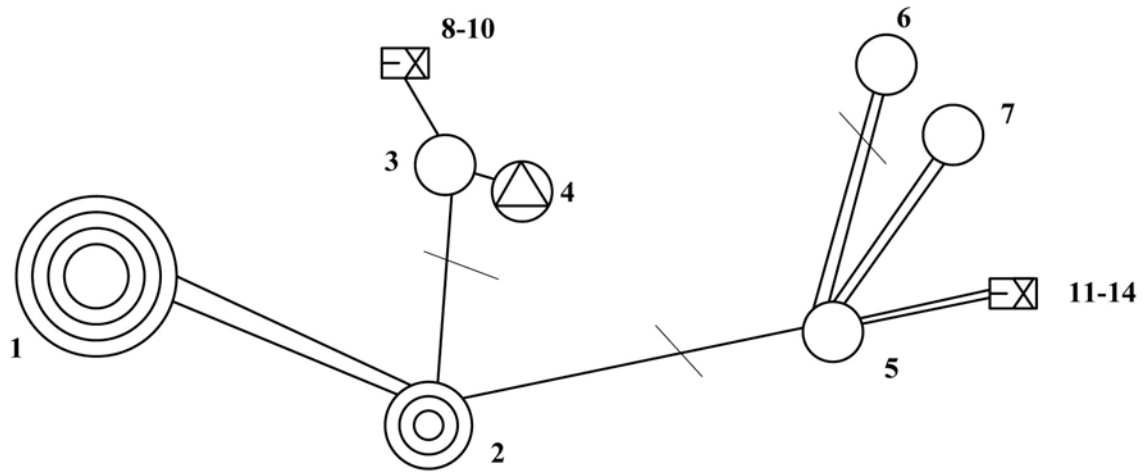


图3