



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101944777 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201010295183. 6

(22) 申请日 2010. 09. 28

(73) 专利权人 上海市电力公司  
地址 200122 上海市浦东新区源深路 1122 号

专利权人 国家电网公司

(72) 发明人 杨光亮 邵能灵

(74) 专利代理机构 上海三和万国知识产权代理  
事务所 31230

代理人 蔡海淳

(51) Int. Cl.

H02J 13/00 (2006. 01)

审查员 卢娟

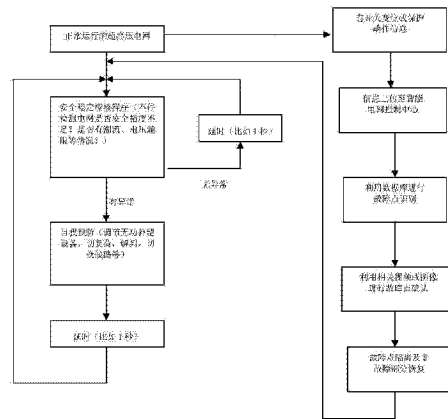
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种超高压电网的智能自愈监控方法

(57) 摘要

一种超高压电网的智能自愈监控方法,属配电领域。其采用“电网控制中心搜集故障信息、根据动作信息判断故障点、可视化技术断定故障点、启动自动恢复方案”的智能自愈监控方法,解决超高压电网的自愈问题,进行预防校正控制,利用信息迅速做出处理策略,避免因负荷转移造成的级联跳闸,从全网角度实现电网安全稳定的追加控制,弥补区域和就地紧急控制措施的不足。其针对超高压电网的在运行、调度管理方面的特殊性,能更全面收集、利用信息迅速做出处理策略,为避免负荷转移造成的级联跳闸争取了时间,避免因处理错误导致故障范围进一步扩大,较好地解决了超高压电网的自愈问题。



1. 一种超高压电网的智能自愈监控方法,包括当电网发生故障后,电网控制中心开始搜集相关变电站的故障信息,利用数据库识别故障,再通过可视化技术判定故障点,并隔离故障点,进行电网非故障部分的恢复,其特征是:

A、不论有无故障发生,电网控制中心始终与安全稳定校核程序配合,不断检测电网是否有安全稳定裕度不足,潮流、电压越限情况;

B、当电网存在异常时,电网控制中心应对潮流分布进行调整,通过调节辖区内各机组的出力大小或出力比值变化,来控制潮流限额;

在无负荷转移能力时,进行网络运行结构控制决策,通过在线监测、校核、调节无功补偿设备、切换线路、远方电源投入、切负荷、解列方式,使超高压电网转为安全状态;

C、当电网有故障发生时,电网控制中心按以下几个步骤进行自愈控制:

C1、故障信息搜集;

C2、利用动作集合数据库识别故障点;

C3、采用可视化技术确认故障点;

C4、执行自动恢复预案,对故障点设备进行系统隔离;

C5、非故障部分电网自动恢复;

C6、对自愈过程中的预防校正控制;

C7、重新进入安全稳定校核程序;

D、采用“电网控制中心搜集故障信息、根据动作信息判断故障点、可视化技术断定故障点、启动自动恢复方案”的智能自愈监控方法,解决超高压电网的自愈问题,进行预防校正控制,利用信息迅速做出处理策略,避免因负荷转移造成的级联跳闸,从全网角度实现电网安全稳定的追加控制,弥补区域和就地紧急控制措施的不足;

其所述故障信息搜集,包括开关变位信息及保护动作信息的采集;其中,所述的开关变位信息包括所有动作跳闸或合闸的 500kV、220kV、110kV、35kV 开关;所述的保护动作信息包括主变保护、线路保护、开关保护、站用变保护、低压电抗器保护、低压电容器保护的動作信息,其具体内容包包括动作保护名称、动作的保护类型、故障测距结果和故障相别;

其所述的动作集合数据库包括该故障点发生故障时的所有 35kV 及以上的开关变位信息及相关保护动作信息,动作集合全部制定后,保存在数据库中;当故障发生后,所有涉及开关变位的回路的保护动作信息及开关变位信息都上传至电网控制中心,控制中心根据搜集到的信息,形成动作集合;然后将该动作集合与事先预制定的当前运行方式下的各个故障点的动作集合进行匹配,来识别故障;

其所述的采用可视化技术确认故障点,至少包括利用现场查看返回清晰图片,或将实时视频传回控制中心;通过所返回的图片或传回的视频,直观地查看接地故障点、瓷瓶的裂痕故障现象;

其所述的对故障点设备进行系统隔离,包括确定故障点后,按照自动恢复预案完成故障点的隔离,将故障设备转为检修状态,将与故障设备相连接的设备转为冷备用状态,以便使电网健全部分恢复运行,同时也便于对故障部分进行检修;

其所述的自动恢复预案包括各种运行方式下针对每个故障点的故障点隔离程序及非故障部分自动恢复程序;

其所述的非故障部分电网自动恢复,包括按照电网控制中心所辖各变电站的事故预案

和典型操作票,制定出的各个故障点非故障部分的恢复步骤,以最大限度减少停电损失和社会影响;

在非故障部分自动恢复后,系统运行方式发生了变化,有些回路需要修改定值区,自动恢复预案将在合闸送电前自动在线切换定值区;

其所述的对自愈过程中的预防校正控制,包括电网控制中心应用电力系统静态安全分析方法中的N-1原则进行当前方式下的故障预测,在N-1状态下考察负荷转移能力,防止在此期间发生其他故障时,电网自我保护措施不足;

其所述的对自愈过程中的预防校正控制,包括电网控制中心在线智能辅助决策及预防控制,实现协调控制与防御,处理输电网的多重故障及不同厂站同时故障、相继故障的电网紧急控制;在电网现有安全自动装置控制措施不足时,从全网角度实现电网安全稳定的追加控制,弥补区域和就地紧急控制措施的不足。

## 一种超高压电网的智能自愈监控方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于变、配电领域,尤其涉及一种专门适用于超高压电网网络故障监测的故障处理系统或方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,国内、外电力系统曾多次发生大范围的停电事故,这些事故引起了人们对电网安全的高度关注。

[0003] 为了终结这种大范围、影响重大的、电网一级的大停电,美国、西欧等国家开始建设“智能”电网,我国国家电网公司也制定了建设“坚强智能”电网的宏图。

[0004] 所谓“智能电网”,就是电网的智能化,它是建立在集成的、高速双向通信网络的基础上,通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用,实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和使用安全的目标。

[0005] 换句话说,智能电网是以包括发电、输电、配电和用电各环节的电力系统为对象,不断研发新的电网控制技术、信息技术和管理技术,并将其有机结合,实现从发电到用电所有环节信息的智能交流,系统的优化电力生产、输送和使用,是未来电网发展的美好远景。

[0006] 智能电网的最大特点之一是具有“自愈”能力。自愈是智能电网的一个重要属性,是数据采集和监控系统(supervisory control and data acquisition, SCADA)、能量管理系统(energy management system, EMS)的发展和完善。

[0007] 或者说,智能电网的自愈能力是其自我预防和自我恢复、自我愈合的能力。

[0008] 根据《智能电网控制中心技术的未来发展》(作者:张伯明,孙宏斌,吴文传,郭庆来,电力系统自动化,2009,33(17):21-28.)一文中的叙述,自愈控制具有两个显著特征:(1)预防控制为主要控制手段,及时发现、诊断和消除故障隐患;(2)具有故障情况下维持系统连续运行的能力,不造成系统的运行损失,并且通过自治修复功能从故障中恢复。

[0009] 在《大电网实现自愈的理论研究方向》(作者:万秋兰,电力系统自动化,2009,33(17):29-32.)一文中,提出了电网的自愈可划分为2个层面:一是元件层,二是系统层。

[0010] 元件层即电力网络的一、二次元件,如一次元件有断路器、变压器、FACTS装置等;二次元件有各类保护和自动装置等。

[0011] 元件层的自愈主要是针对某个局部设备的修复或替换。系统层则是针对系统中的故障进行自行隔离并自动完成不中断输电和供电的功能,它基于全系统的信息,以全系统能最大限度保证正常运行目标并涉及对多个元件的处理。

[0012] 文献《电网自愈控制方案》(作者:郭志忠.电力系统自动化,2005,29(10):85-91.)中提出了电网自愈控制的“2-3-6”框架设计,并提出了电网自愈控制的相关问题和赖以发展的新技术,为超高压电网自愈提出了思路和方向。

[0013] 在专利申请号为200810243972.8的中国发明专利申请中,定义一个与配电网电压、电流、有功功率、无功功率、频率相关的函数为系统状态函数,并根据系统状态函数的大小,定义紧急状态、恢复状态、异常状态、警戒状态、安全状态,对假想故障进行N-1情况下

负荷转移能力分析,通过在线监测、校核、调节无功补偿设备、切换线路的方式,消除城市配电网的故障隐患,使系统逐步转为安全状态。

[0014] 同样,在专利申请号为 200910032589.2 的中国发明专利申请中,重点描述了城市电网自愈控制过程中的功能流路径和处理过程,同样定义了紧急状态、恢复状态、异常运行状态、隐性安全状态、显性安全状态、经济运行状态或强壮运行状态。

[0015] 上述两篇专利申请文献只适用于常规的高、中、低压配电网,对于超高压(220kV 及以上)电网,由于其系统构成、调度运行方案以及电压等级上的差别所带来的设备及其控制方法上的区别/差别,上述两篇专利申请文献的方案并不适用或直接套用。

[0016] 目前关于电网自愈的文献都是在讨论需要的技术和实现框架,超高压电网自愈具体详细实现过程还未见报道。

[0017] 根据多年实际的工作经验和理论研究,申请人认为,对于超高压电网(为简洁起见,以下简称为电网,但对本技术方案而言,所述的电网均是指 220kV 及以上电压等级的超高压电网)而言,根据其特殊性,电网自愈控制要不停检测自身的安全裕度,实现自我预防。当发生故障后,自动识别故障,隔离故障,并根据电网潮流变化和安全裕度情况,确定恢复策略。

## 发明内容

[0018] 本发明所要解决的技术问题是提供一种超高压电网的智能自愈监控方法,其针对超高压电网的在运行、调度管理方面的特殊性,不断检测自身的安全裕度,实现自我预防,当电网发生故障后,自动识别故障,隔离故障,并根据电网潮流变化和安全裕度情况,确定恢复策略。

[0019] 本发明的技术方案是:提供一种超高压电网的智能自愈监控方法,包括构成电网的开关设备、继电保护装置、调度/运行人员和电网控制中心,其特征是:

[0020] A、不论有无故障发生,电网控制中心始终与安全稳定校核程序配合,不断检测电网是否有安全稳定裕度不足,潮流、电压越限等情况;

[0021] B、当电网存在异常时,电网控制中心应对潮流分布进行调整,通过调节辖区内各机组的出力大小或出力比值变化,来控制潮流限额;

[0022] 在无负荷转移能力时,进行网络运行结构控制决策,通过在线监测、校核、调节无功补偿设备、切换线路、远方电源投入、切负荷、解列等方式,使超高压电网转为安全状态;

[0023] C、当电网有故障发生时,电网控制中心按以下几个步骤进行自愈控制:

[0024] C1、故障信息搜集;

[0025] C2、利用动作集合数据库识别故障点;

[0026] C3、采用可视化技术确认故障点;

[0027] C4、执行自动恢复预案,对故障点设备进行系统隔离;

[0028] C5、非故障部分电网自动恢复;

[0029] C6、对自愈过程中的预防校正控制;

[0030] C7、重新进入安全稳定校核程序;

[0031] D、采用“电网控制中心搜集故障信息、根据动作信息判断故障点、可视化技术断定故障点、启动自动恢复方案”的智能自愈监控方法,解决超高压电网的自愈问题,进行预防

校正控制,利用信息迅速做出处理策略,避免因负荷转移造成的级联跳闸,从全网角度实现电网安全稳定的追加控制,弥补区域和就地紧急控制措施的不足。

[0032] 具体的,所述故障信息的搜集,包括开关变位及保护动作信息的采集;其中,所述的开关变位信息包括所有动作跳闸或合闸的 500kV、220kV、110kV、35kV 开关;所述的保护动作信息包括主变保护、线路保护、开关保护、站用变保护、低压电抗器保护、低压电容器保护的的动作信息,其具体内容包动作保护名称、动作的保护类型、故障测距结果和故障相别。

[0033] 所述的动作集合数据库包括该故障点发生故障时的所有 35kV 及以上的开关变位信息及相关保护动作信息,动作集合全部制定后,保存在数据库中;当故障发生后,所有涉及开关变位的回路的保护动作信息及开关变位信息都上传至到电网控制中心,控制中心根据搜集到的信息,形成动作集合;然后将该动作集合与事先预制定的当前运行方式下的各个故障点的动作集合进行匹配,来识别故障。

[0034] 所述的采用可视化技术确认故障点,至少包括利用现场查看返回清晰图片,或将实时视频传回控制中心;通过所返回或传回的图像/视频,直观地查看接地故障点、瓷瓶的裂痕等故障现象。

[0035] 所述的对故障点设备进行系统隔离,包括确定故障点后,按照自动恢复预案完成故障点的隔离,将故障设备转为检修状态,将与故障设备相连接的设备转为冷备用状态,以便使电网健全部分恢复运行,同时也便于对故障部分进行检修。

[0036] 所述的自动恢复预案包括各种运行方式下针对每个故障点的故障点隔离程序及非故障部分自动恢复程序。

[0037] 所述的非故障部分电网自动恢复,包括按照电网控制中心所辖各变电站的事故预案和典型操作票,制定出的各个故障点非故障部分的恢复步骤,以最大限度减少停电损失和社会影响。

[0038] 在非故障部分自动恢复后,系统运行方式发生了变化,有些回路需要修改定值区,自动恢复预案将在合闸送电前自动在线切换定值区。

[0039] 所述的对自愈过程中的预防校正控制,包括电网控制中心应用电力系统静态安全分析方法中的 N-1 原则进行当前方式下的故障预测,在 N-1 状态下考察负荷转移能力,防止在此期间发生其他故障时,电网自我保护措施不足。

[0040] 所述的对自愈过程中的预防校正控制,还包括电网控制中心在线智能辅助决策及预防控制,实现协调控制与防御,处理输电网的多重故障及不同厂站同时故障、相继故障的电网紧急控制;在电网现有安全自动装置控制措施不足时,从全网角度实现电网安全稳定的追加控制,弥补区域和就地紧急控制措施的不足。

[0041] 与现有技术比较,本发明的优点是:

[0042] 1. 本自愈控制方法,相比传统人工调度和人工操作恢复的优点就是迅速、有效,能更全面收集、利用信息迅速做出处理策略,为避免负荷转移造成的级联跳闸争取了时间;

[0043] 2. 利用视频或图像对故障点的确认,可以使故障点识别准确可靠,避免因处理错误导致故障范围进一步扩大;

[0044] 3. 较好地解决了超高压电网的自愈问题,可以更快促进智能电网的建设。

## 附图说明

[0045] 图 1 是本发明超高压电网自愈控制流程框图；

[0046] 图 2 是实施例中某变电站的主接线图；

[0047] 图 3 是该站故障后开关位置示意图。

## 具体实施方式

[0048] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步说明。

[0049] 图 1 中, 现有智能电网建成后, 变电站基本都是无人值守, 这是本技术方案实施和进行的大背景之一。

[0050] 由图可知, 当电网发生故障后, 电网控制中心开始搜集相关变电站的故障信息, 利用数据库识别故障, 再通过可视化技术判定故障点, 并隔离故障点, 进行电网非故障部分的恢复。

[0051] 恢复工作完成后, 进入安全稳定校核程序, 有异常时, 采取调节无功补偿设备、切换线路、远方电源投入、切负荷、解列等方式, 使超高压电网转为安全状态。

[0052] 具体的, 不论有无故障发生, 智能电网的电网控制中心 (简称电网自愈控制) 始终与安全稳定校核程序配合不停检测电网是否有安全稳定裕度不足, 潮流、电压越限等情况? 当电网存在异常时, 自愈控制应对潮流分布进行调整, 通过减少一些机组的出力, 或增加另一些机组的出力, 来控制潮流限额。在无负荷转移能力时可进行网络运行结构控制决策, 通过在线监测、校核、调节无功补偿设备、切换线路、远方电源投入、切负荷、解列等方式, 使超高压电网转为安全状态。

[0053] 当有故障发生时, 按以下几个步骤进行自愈控制。

[0054] ①故障信息搜集：

[0055] 故障发生时, 开关变位及保护动作信息将传至电网控制中心。

[0056] 开关变位信息包括所有动作跳闸或合闸的 500kV、220kV、110kV、35kV 开关 (低于 35kV 电压等级的开关变位信息不上传)。

[0057] 保护动作信息包括主变保护、线路保护、开关保护、站用变保护、低压电抗器保护、低压电容器保护等的动作信息, 具体内容包动作保护名称 (例如, 甲站 4173 线 REL551 (II) 保护)、动作的保护类型 (例如, 是远方跳闸动作, 还是突变量距离动作?)、故障测距结果、故障相别等。

[0058] ②利用数据库识别故障点：

[0059] 事先在该智能电网控制中心内, 针对几种典型接线方式下, 一次设备的所有可能的每一故障点, 建立动作集合。

[0060] 动作集合包括该故障点故障时的所有 35kV 及以上的开关变位信息及相关保护动作信息。

[0061] 开关变位信息包括开关跳闸或合闸。

[0062] 保护动作信息包括保护所属设备、保护类型、保护动作类型。

[0063] 例如保护动作集合可为: { 乙站 4175 线 REL551 (II) 保护远方跳闸动作 }。

[0064] 动作集合全部制定后, 按一定格式保存在数据库中。

[0065] 当故障发生后, 所有涉及开关变位的回路的保护动作信息及开关变位信息都要上

传至到电网控制中心。控制中心根据搜集到的信息,形成动作集合。然后将该动作集合与事先制定的当前运行方式下的各个故障点的动作集合进行匹配来识别故障。

[0066] 需要注意的是,动作集合都是在一定运行方式下制定出的。

[0067] 当运行方式改变时,需相应修改动作集合。

[0068] 一般针对可能的母线结排方式改变,事先制定几套动作集合。若考虑开关失灵的情况,可以按当前故障下,又发生开关失灵来制定动作集合。

[0069] 本发明一般只考虑单一故障点。

[0070] 如需要考虑复杂故障或保护误动情况下的故障点判定,可针对相应运行方式下,制定出相应的动作集合。

[0071] ③可视化技术确认故障点:

[0072] 在传统的被动式 2D 图形监视模式中,越限和事故信息往往通过告警和事故画面等方式进行展现,调度员基于厂站图、地理接线图、图表、告警窗方式进行电网运行状态的监视。

[0073] 在智能可视化模式中,构建了智能可视化支撑平台,实现了智能可视化的监视、分析、预警、辅助决策,实现事故中的可视化故障定位,直观提醒事故的发生,实现事故后的可视化事故恢复方案。

[0074] 在《电力系统控制中心三维可视化技术及其实时应用》(陈佳,孙宏斌,汤磊,等. 电力系统自动化,2008,32(6):20-24.)对构建智能可视化支撑平台已有介绍;在《智能电网调度关键技术》(严胜,姚建国,杨志宏,高宗和. 电力建设,2009,30(9):1-4.)中对故障后的可视化事故恢复方案亦有阐述,故上述概念和具体技术方案在此不再叙述。

[0075] 可利用数据库迅速识别出故障点。

[0076] 为了进一步确认故障点,可以利用智能巡视机器人现场查看,返回清晰图片,或将实时视频传回。

[0077] 对于 GIS 设备(GAS-INSTULATED SWITCHGEAR,六氟化硫气体绝缘全封闭配电装置),可以调取安装在 GIS 内部摄像头的图像。

[0078] ] 通过图像或视频可以看到接地故障点、瓷瓶的裂痕等故障现象。

[0079] 断定故障点后,电网控制中心人员可以启动自动恢复预案。

[0080] 自动恢复预案包括各种运行方式下针对每个故障点的故障点隔离程序及非故障部分自动恢复程序。

[0081] ④故障点隔离:

[0082] 确定故障点后,自动恢复预案首先完成故障点的隔离,以便使电网健全部分恢复运行,同时也可以对故障部分进行检修。

[0083] 隔离过程一般为:将故障设备转为检修状态。将与故障设备相连接的设备转为冷备用状态。

[0084] ⑤非故障部分电网自动恢复:

[0085] 故障点隔离完成后,须将非故障部分恢复以最大限度减少停电损失和社会影响。非故障部分自动恢复程序按照智能电网控制中心所辖各变电站的事故预案和典型操作票,制定出各个故障点非故障部分的恢复步骤。恢复步骤应符合各级调度的运行操作及事故处理规定。非故障部分的自动恢复大大缩短了电网事故的恢复时间。



[0086] 非故障部分自动恢复后,运行方式发生了变化,可能有些回路需要修改定值区,自动恢复预案将在合闸送电前自动在线切换定值区。

[0087] ⑥自愈过程中的预防校正控制:

[0088] 应用电力系统静态安全分析方法中的 N-1 原则进行当前方式下的故障预测,在 N-1 状态下考察负荷转移能力,防止在此期间发生其他故障时,电网自我保护措施不足。

[0089] 自我预防还体现在在调度中心能够实现在线智能辅助决策及预防控制,能够实现协调控制与防御,能够处理输电网的多重故障及不同厂站同时故障、相继故障的电网紧急控制;在电网现有安全自动装置控制措施不足时,从全网角度实现电网安全稳定的追加控制,弥补区域和就地紧急控制措施的不足。

[0090] 在《智能电网控制中心技术的未来发展》(张伯明,孙宏斌,吴文传,郭庆来. 电力系统自动化,2009,33(17):21-28.)一文中,提出了上级控制中心跟踪电网变化,自动为下级生成外网等值模型,并下发到下级控制中心。这样下级控制中心可根据当前的电网等值模型进行自愈控制。

[0091] 在《智能配电网自愈控制技术的实践与展望》(顾欣欣,姜宁,季侃,等. 电力建设,2009,30(7):4-6.)中,定义一个与配电网电压、电流、有功功率、无功功率、频率相关的函数为系统状态函数,并根据系统状态函数的大小,定义紧急状态、恢复状态、异常状态、警戒状态、安全状态,对假想故障进行 N-1 情况下负荷转移能力分析,通过在线监测、校核、调节无功补偿设备、切换线路的方式,消除城市配电网的故障隐患,使系统逐步转为安全状态。

[0092] 在专利申请号为 200810243972.8 的中国发明专利申请中,将配电网状态定义为安全状态、警戒状态、异常状态、恢复状态、紧急状态等,自愈控制程序不停检测电网是否处于安全状态,即判断异常情况是否得到控制,是否有设备异常,过负荷,电压失稳等。当偏离安全状态时,要进行校正控制。

[0093] 对于超高压电网的状态判断可以借鉴上述文献中的思路和方法,但超高压电网的稳定更为复杂,还需要其他辅助判据,此方面还需进一步研究。

[0094] 故障发生后,可能发生较大的负荷转移造成部分线路过负荷,在故障线路不能立即恢复的情况下,自愈控制应对潮流分布进行调整,通过减少一些机组的出力,或增加另一些机组的出力,来控制潮流限额。

[0095] 在无负荷转移能力时可进行网络运行结构控制决策,通过在线监测、校核、调节无功补偿设备、切换线路、远方电源投入、切负荷、解列等方式,使超高压电网转为安全状态。

[0096] 实施例:

[0097] 以华东电网某 220kV 电网控制中心为例,假设该中心只控制甲站和乙站,甲站一次系统主接线图如图 2 所示,乙站通过 4175、4176 线与甲站相连。

[0098] 重点讨论故障发生后,电网控制中心如何识别故障,并隔离故障点,进行电网的故障恢复。

[0099] 假设本次故障没有发生电网稳定问题,并假设 220kV 电网连接比较紧凑,故障断开一条线路后,并不会中断负荷的供电。

[0100] ①故障发生情况:

[0101] 故障发生前,甲站的开关位置如图 2 所示,图中以黑色表示该开关处于合位状态,开关在合位表示该回路在运行状态。

[0102] 保护动作情况如表 1 所示。

[0103] 表 1 :故障后继电保护动作信号 :

[0104]

站名	设备名称	保护装置型号	保护屏盘面信号	保护动作情况
甲站	4181 线	CSL-101A	A、B、C 相跳闸告警灯亮	距离、零序一段动作，测距 0.07km，故障相 CN
甲站	4181 线	LFP-902A	TA/TB/TC 灯亮	距离一段动作及突变量距离元件动作，测距 0km，故障相 C
甲站	4181 线	公共操作屏	第二组 TA/TB/TC 灯亮	
甲站	4173 线	REL551(I)	绿、黄灯亮	REL551(I)保护远方跳闸动作
甲站	4173 线	REL551(II)	绿、黄灯亮	REL551(II)保护远方跳闸动作
甲站	4173 线	公共操作屏	第一组 TA/TB/TC 灯亮 第二组 TA/TB/TC 灯亮	
甲站	4175 线	REL551(I)	绿、黄灯亮	REL551(I)保护远方跳闸动作
甲站	4175 线	REL551(II)	绿、黄灯亮	REL551(II)保护远方跳闸动作
甲站	4175 线	公共操作屏	第一组 TA/TB/TC 灯亮 第二组 TA/TB/TC 灯亮	
甲站	正母分段	CZX-12R	TA/TB/TC 灯亮	
甲站	1 号母联	CZX-12R	TA/TB/TC 灯亮	
甲站	35 千伏自切	SEL351	35 千伏一/四分段自切 TRIP 灯亮 35 千伏二/三分段自切 TRIP 灯亮	
乙站	4175 线	REL551(I)	绿、黄灯亮	REL551(I)保护远方跳闸动作
乙站	4175 线	REL551(II)	绿、黄灯亮	REL551(II)保护远方跳闸动作
乙站	4175 线	公共操作屏	第一组 TA/TB/TC 灯亮 第二组 TA/TB/TC 灯亮	

[0105] 故障后甲站的开关位置如图 3 所示（同样以黑色表示开关合位），乙站也为双母双分段接线方式，乙站的 4175 线路开关也在故障后跳闸。

[0106] 由图 2 及表 1 的故障信息分析可知，甲站 4181 线开关与流变之间发生了故障，由于这个区域同时在母差保护和线路保护的区域内，导致了 4181 线路 2 套保护及正母一段母差保护动作。母差跳开正母一段上所有开关，并跳开 1 号主变高侧 2010 开关、低压侧 311 和 312 开关，甲站 4175 线路保护启动远方跳闸，跳开乙站 4175 线开关。35 千伏一段母线、二段母线失电后，自切保护动作，瞬时合上 35 千伏二 / 三分段 332 开关、35 千伏一 / 四分段 314 开关。

[0107] ②利用数据库识别故障点：

[0108] 该故障点的动作集合为：

[0109] { 甲站正母分段 2012 开关分闸，甲站 1 号母联 2011 开关分闸，甲站 1 号主变高压侧 2010 开关分闸，甲站 1 号主变低压侧 311 开关分闸，甲站 1 号主变低压侧 312 开关分闸，甲站 4175 线 4175 开关分闸，甲站 4181 线 4181 开关分闸，甲站 4173 线 4173 开关分闸，乙站 4175 线 4175 开关分闸，35 千伏二 / 三分段 332 开关合闸、35 千伏一 / 四分段 314 开关合闸，甲站 4181 线 CSL-101A 跳闸出口动作，甲站 4181 线 LFP-902A 跳闸出口动作，甲站 REB103 正母一段母差动作，甲站 4173 线 REL551(I) 保护远方跳闸动作，甲站 4173 线 REL551(II) 保护远方跳闸动作，甲站 4175 线 REL551(I) 保护远方跳闸动作，甲站 4175 线 REL551(II) 保

护远方跳闸动作,乙站 4175 线 REL551 (I) 保护远方跳闸动作,乙站 4175 线 REL551 (II) 保护远方跳闸动作,甲站 35 千伏 SEL351 自切动作 }。

[0110] 动作区域如图 2 所示的点划线所围区域。

[0111] 将该动作集合与数据库中当前运行方式下的动作集合进行匹配,可以得出故障点为甲站 4181 线开关与流变之间。

[0112] ③可视化技术确认故障点:

[0113] 对于第①节所示的故障,通过图像可以看到甲站 4181 线流变瓷瓶有裂痕。

[0114] 断定故障点后,电网控制中心人员可以启动自动恢复预案。

[0115] ④故障点隔离:

[0116] 隔离过程为:将乙站 4181 线转为线路冷备用,将甲站 4181 线转为开关线路检修。

[0117] ⑤非故障部分电网自动恢复:

[0118] 故障点隔离完成后,将甲站正母一段转为冷备用,利用甲站正母分段 2012 开关对正母一段进行充电。

[0119] 充电成功后,依次恢复该母线上各回路送电。

[0120] 对于各条线路,按照调度规定的充电侧、合环侧,并配合其他电网控制中心依次充电、合环。

[0121] 合上甲站 1 号主变高压侧 2010 开关,对 1 号主变充电成功后,合上 1 号主变低压侧 311、312 开关,然后拉开 35 千伏二 / 三分段 332 开关、35 千伏一 / 四分段 314 开关,恢复正常接线方式。这样,大大缩短了电网事故的恢复时间。

[0122] 由于 4181 线转为检修状态,运行方式发生了变化,可能有些回路需要修改定值区,自动恢复预案将在合闸送电前自动在线切换定值区。

[0123] ⑥自愈过程中的预防校正控制:

[0124] 非故障部分恢复后,各线无过负荷,电压也无越限现象,无需进行校正控制。

[0125] 自愈控制相比传统人工调度和人工操作恢复的优点就是迅速、有效,能更全面收集、利用信息迅速做出处理策略,为避免负荷转移造成的级联跳闸争取了时间。

[0126] 调度员利用视频或图像对故障点的确认,可以使故障点识别准确可靠,避免因处理错误导致故障范围进一步扩大。

[0127] 据笔者对所在城市电网多年的高压电网故障事件进行统计发现,单重故障且保护正确动作的概率占 90% 以上,本专利提出的自愈方案完全适用于单重故障且保护正确动作的情况。

[0128] 本发明技术方案描述了超高压电网自愈的具体实现过程,即“故障识别、可视化定位、故障点隔离、电网自我恢复”的过程,并指出了自愈控制如何与调度中心安全稳定校核程序进行配合,实施例表明了该超高压电网自愈方案的有效性。

[0129] 本发明较好地解决了超高压电网的自愈问题,可以更快促进智能电网的建设。

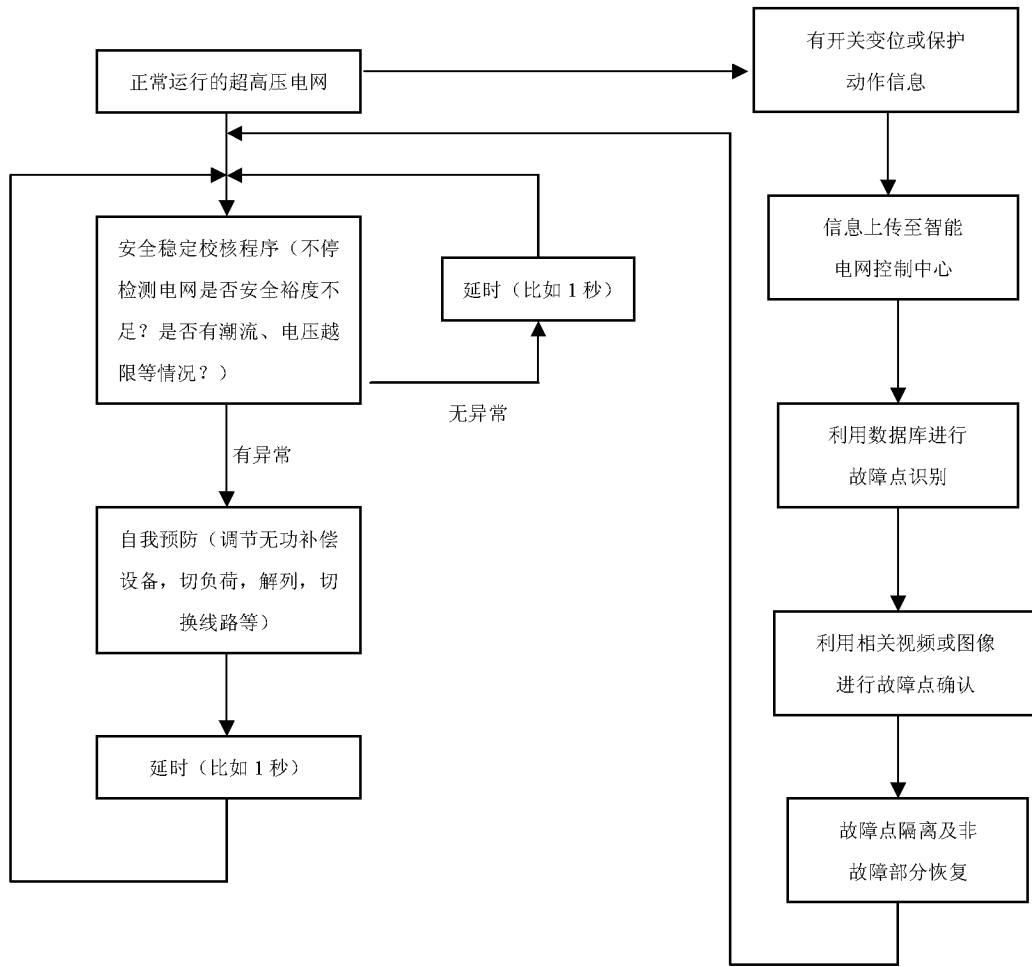


图 1

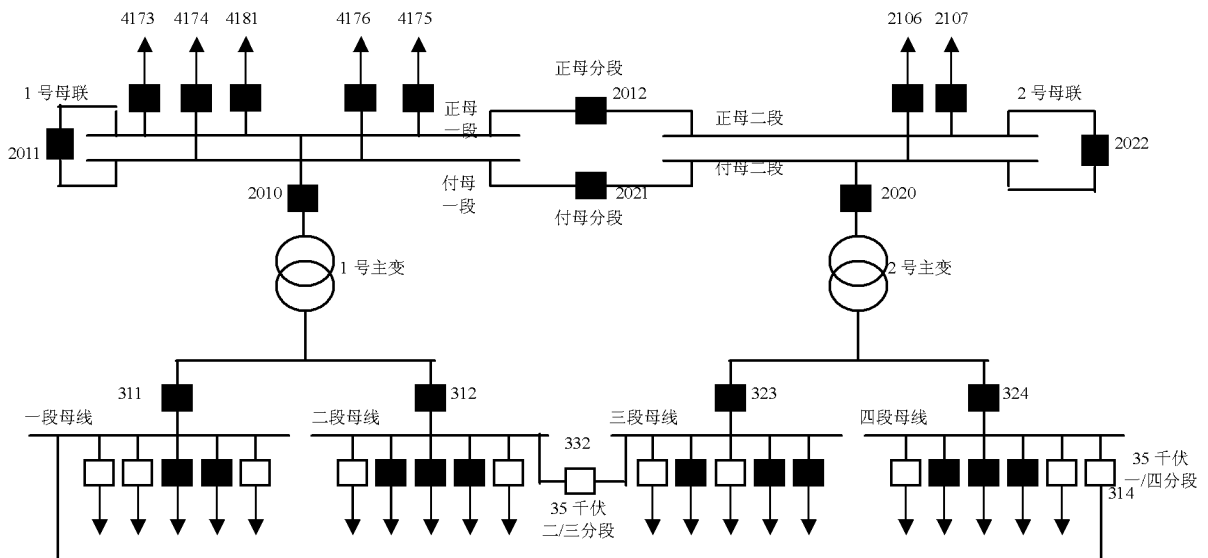


图 2

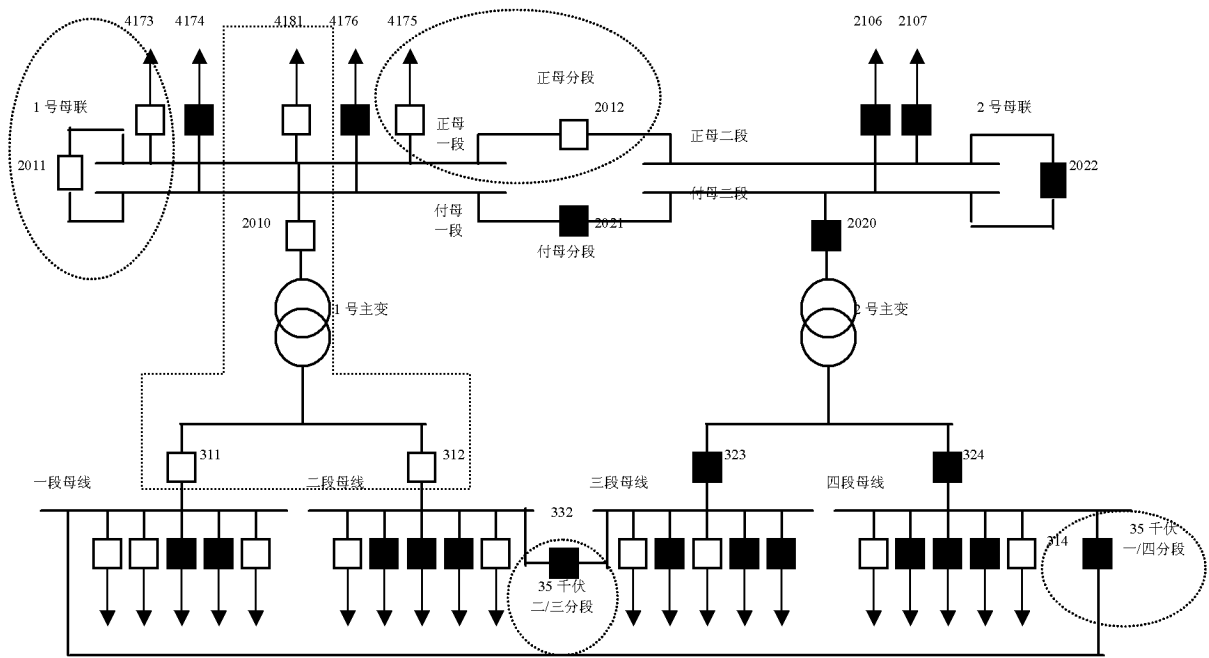


图 3