



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102684308 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201210155502. 2

(22) 申请日 2012. 05. 18

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 刘东 黄玉辉 凌万水 于文鹏
翁嘉明

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 胡晶

(51) Int. Cl.

H02J 13/00 (2006. 01)

H02H 7/22 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101534001 A, 2009. 09. 16, 全文.

JP 2011-24338 A, 2011. 02. 03, 全文.

US 2011/0032650 A1, 2011. 02. 10, 全文.

CN 1790853 A, 2006. 06. 21, 说明书第 1 页第
3 行至第 4 页第 8 行.

审查员 金海琴

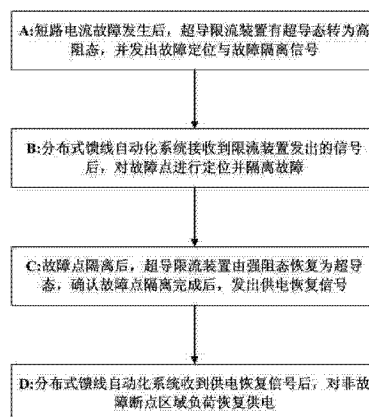
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

基于超导状态信息的配电网自愈系统及其方法

(57) 摘要

一种基于超导状态信息的配电网自愈系统及其方法,其中配电网中第一馈线通过联络开关连接第二馈线,在第一馈线和第二馈线首端为变电站出口断路器,为其安装超导短路电流限制器 SFCL 和分布式 FA 控制器;为第一馈线和第二馈线上的分段开关分别配置馈线自动化测控终端 FTU 和分布式 FA 控制器;馈线自动化测控终端 FTU 通过互感器连接在配电网的馈线上,超导短路电流限制器 SFCL 直接接在配电网的馈线上,分布式 FA 控制器相互之间通过光纤通信系统进行信息交互。本发明基于超导短路电流限制器 SFCL 在配电网故障期间的超导状态的变化信息,建立基于超导状态信息的配电网自愈系统,在配电网继电保护动作之前实现配电网的故障隔离与供电恢复,实现配电网不失电情况下的快速自愈功能。



1. 一种基于超导状态信息的配电网自愈方法,其特征在于,包括步骤:

步骤A:通过联络开关连接配电网的第一馈线及第二馈线,配置在配电网的第一馈线及第二馈线的首端的变电站出口断路器上的超导短路电流限制器 SFCL 根据各检测点的电流大小判别是否为故障点;当检测点的电流大于等于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,则检测点判为故障点,则超导短路电流限制器 SFCL 向对应馈线上的分布式馈线自动化系统 FA 发出故障定位信号与隔离信号;当检测点的电流小于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,不进行任何步骤;

所述步骤A中包括以下步骤:

步骤A1:超导短路电流限制器 SFCL 采集各检测点的量测数据,比较检测点的电流大小和超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流大小;

步骤A2:当检测点的电流大于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,则检测点判为故障点,超导短路电流限制器 SFCL 进入失超状态并向分布式馈线自动化系统 FA 发出故障定位信号与隔离信号;当检测点的电流小于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,超导短路电流限制器 SFCL 为超导状态,FA 系统处于正常运行状态,配电网运行正常,继续采集各检测点的量测数据;

步骤B:根据超导短路电流限制器 SFCL 发出故障定位信号与隔离信号,分布式馈线自动化系统 FA 对故障点进行定位并实施隔离;

所述步骤B中包括以下步骤:

步骤B1:分布式馈线自动化系统 FA 根据故障期间的短路电流的分布情况实现故障点定位;

步骤B2:分布式馈线自动化系统 FA 确认定位故障点后,分布式馈线自动化系统 FA 通过跳开故障点周围的对应馈线上的分段开关对故障点实施隔离;

步骤C:故障点隔离排除后,超导短路电流限制器 SFCL 从失超状态恢复为超导状态,同时超导短路电流限制器 SFCL 向分布式馈线自动化系统 FA 发出供电恢复信号,分布式馈线自动化系统 FA 对没有发生故障的非故障区域恢复供电;

所述步骤C中包括以下步骤:

步骤C1:分布式馈线自动化系统 FA 隔离排除故障点,消除短路电流后,超导短路电流限制器 SFCL 从失超状态恢复为超导状态;

步骤C2:超导短路电流限制器 SFCL 确认故障点隔离成功后,超导短路电流限制器 SFCL 向分布式馈线自动化系统 FA 发出非故障区域负荷供电恢复信号;

步骤C3:分布式馈线自动化系统 FA 接收到供电恢复信号以后,通过闭合联络开关对非故障区域恢复供电;

步骤D:故障点故障自动隔离以后,分布式馈线自动化系统 FA 系统将选择原故障点周围分段开关进行合闸操作,实现原故障点供电恢复。

2. 根据权利要求1所述的基于超导状态信息的配电网自愈方法,其特征在于,所述步骤A1之前还包括:在正常运行情况下,分布式馈线自动化系统 FA 系统利用对应的FTU采集实时量测数据并上传主站或数据中心。

3. 根据权利要求1所述的基于超导状态信息的配电网自愈方法,其特征在于,所述步骤A中,在故障发生后,超导短路电流限制器 SFCL 在 200 毫秒内失超,先于继电保护动作,

降低短路电流,不影响原有操作规程;超导装置失超就触发发出故障定位信息与隔离信号,和现有的故障隔离流程和 FA 系统相比,反应时间短,可靠性高。

4. 根据权利要求 1 所述的基于超导状态信息的配电网自愈方法,其特征在于,所述步骤 B 中,当超导短路电流限制器 SFCL 变为失超状态,即为高阻态时,配电网的故障点电流与电压量处于稳定值,分布式馈线自动化系统数据采集将更为准确和稳定。

5. 根据权利要求 1 所述的基于超导状态信息的配电网自愈方法,其特征在于,所述步骤 B 中,分布式馈线自动化系统 FA 故障定位时,要考虑限流器的动作时间和转化为强阻状态后,系统量测数据的波动。

6. 根据权利要求 1 所述的基于超导状态信息的配电网自愈方法,其特征在于,所述步骤 B2 中,由于超导短路电流限制器 SFCL 限流作用的影响,故障点的电流大小受到限制,分布式馈线自动化系统 FA 在故障定位后,可直接遥控分段开关处于断开状态,无需出口断路器跳闸,因此可实现无断电隔离故障。

7. 根据权利要求 1 所述的基于超导状态信息的配电网自愈方法,其特征在于,所述步骤 C 中,在分布式馈线自动化系统 FA 将故障排除后,超导短路电流限制器 SFCL 转为超导状态,母线与故障点间供电恢复正常;如果分布式馈线自动化系统 FA 无法切除故障,超导短路电流限制器 SFCL 则始终处于失超状态,直至出口断路器跳闸。

8. 根据权利要求 1 所述的基于超导状态信息的配电网自愈方法,其特征在于,所述步骤 C2 中,超导短路电流限制器 SFCL 转为超导态后,发出故障恢复信号后,分布式馈线自动化系统 FA 为非故障区域负荷恢复供电,如果此时发生第二次故障,超导短路电流限制器 SFCL 将再次失超,降低短路电流大小。

9. 根据权利要求 1 所述的基于超导状态信息的配电网自愈方法,其特征在于,所述步骤 D 之前,巡检人员通过分闸的分段开关位置来判断故障点。

10. 一种基于超导状态信息的配电网自愈系统,实现如权利要求 1 所述的基于超导状态信息的配电网自愈方法,包括第一馈线、第二馈线、联络开关,分段开关、变电站出口断路器,超导短路电流限制器 SFCL、分布式 FA 控制器和馈线自动化测控终端 FTU,其特征在于,所述第一馈线通过所述联络开关连接所述第二馈线,在所述第一馈线和所述第二馈线的首端为变电站出口断路器,相应地配置所述超导短路电流限制器 SFCL 和所述分布式 FA 控制器;所述第一馈线和所述第二馈线上的所述分段开关分别设置相应的所述馈线自动化测控终端 FTU 和所述分布式 FA 控制器;所述馈线自动化测控终端 FTU 通过互感器连接在配电网中,超导短路电流限制器 SFCL 直接接在配电网线路上;所述分布式 FA 控制器是配电网自愈系统的控制器,各所述分布式 FA 控制器通过光纤通信系统进行信息交互。

基于超导状态信息的配电网自愈系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及配电网领域,具体涉及一种基于超导状态信息的配电网自愈系统及其方法,是应用超导短路电流限制器在电网发生短路故障期间的信息为主要判据的配网自愈系统。

背景技术

[0002] 配电自动化(DA)是一项集计算机技术、数据传输、控制技术、现代化设备及管理于一体的综合信息管理系统,其目的是提高供电可靠性,改进电能质量,向用户提供优质服务,降低运行费用,减轻运行人员的劳动强度。在工业发达国家中,配电系统自动化受到了广泛的重视。

[0003] 我国随着新一轮配电自动化试点项目的实施,智能分布式馈线自动化系统(Feeder Automation, FA),因其不依赖于主站或子站的全局信息、一次性处理故障、对配电线路的变更具有更好的适应性、易于维护等特点逐渐受到用户的青睐,国家电网公司 2009 年组织制定的《配电自动化试点建设与改造技术原则》与《配电自动化技术导则》已经将智能分布式馈线自动化系统作为一种主要形式列入标准。智能分布式馈线自动化系统解决方案,总结起来主要有子站级分布式 FA、馈线级分布式 FA、开关级分布式 FA,开关级分布式 FA 又分为负荷开关模式和断路器模式。

[0004] 为保证系统运行的安全性与可靠性,目前包含故障定位、隔离和供电恢复(Fault Location, Isolation and Supply Restoration, FLISR)的 FA 系统多通过变电站出口保护提供故障隔离启动信号;而在故障隔离完成后,则需人工或系统延时产生供电恢复启动信号。

[0005] 传统的配电网自愈方法由于故障期间短路电流大,需要配电网继电保护动作,在停电后实现故障隔离与非故障区域恢复供电,用户必须经历短时停电过程。

[0006] 超导材料在临界温度、临界磁密及临界电流密度下电阻率为零,而在正常条件下却有较高的电阻率,因而作为电网中的故障电流限制器有很好的应用前景。基于高温超导材料的短路电流限制器,已经在很多国家和地区的 35/10kV 电网拥有挂网运行经验,实现商业应用。通过利用短路电流限制设备产生故障隔离与供电恢复信号,具备技术实现条件。本发明利用超导的故障限流技术以及故障信息的获取技术,可以在配电网继电保护动作之前实现配电网的故障隔离与供电恢复,实现整个配电网不失电的情况下能够快速自愈。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种基于超导状态信息的配电网自愈系统及其方法,可以在配电网继电保护动作之前实现配电网的故障隔离与供电恢复,实现整个配电网不失电的情况下能够快速自愈功能。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供一种基于超导状态信息的配电网自愈方法,利用超导短路电流限制器(Superconducting Fault Current Limiter, SFCL)为分布式馈线自动

化系统 FA 提供动作信号,方法包括以下步骤:

[0009] 步骤 A:超导短路电流限制器 SFCL 根据各检测点的电流大小判别是否为故障点;当检测点的电流大于等于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,则检测点判为故障点,则超导短路电流限制器 SFCL 向分布式馈线自动化系统 FA 发出故障定位信号与隔离信号;当检测点的电流小于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,不进行任何步骤。

[0010] 其中所述步骤 A 中,在故障发生后,超导短路电流限制器 SFCL 在 200 毫秒内失超,先于继电保护动作,降低短路电流,不影响原有操作规程;超导装置失超就触发发出故障定位信息与隔离信号,反应时间短,可靠性高。正常运行状态下,超导短路电流限制器 SFCL 处于超导状态,FA 系统处于正常运行状态,配电网运行正常,采集各检测点的量测数据,根据检测点的电流大小判别是否需要隔离故障点。

[0011] 所述步骤 A 中包括以下步骤:

[0012] 步骤 A1:超导短路电流限制器 SFCL 采集各检测点的量测数据,比较检测点的电流大小和超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流大小;

[0013] 步骤 A2:当检测点的电流大于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,则检测点判为故障点,超导短路电流限制器 SFCL 进入失超状态并向分布式馈线自动化系统 FA 发出故障定位信号与隔离信号;当检测点的电流小于等于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,超导短路电流限制器 SFCL 为超导状态,FA 系统处于正常运行状态,配电网运行正常,继续采集各检测点的量测数据。

[0014] 其中所述步骤 A1 之前还包括:在正常运行情况下,分布式馈线自动化系统 FA 系统可采集实时量测数据并上传主站或数据中心。

[0015] 步骤 B:根据超导短路电流限制器 SFCL 发出故障定位信号与隔离信号,分布式馈线自动化系统 FA 对故障点进行定位并实施隔离;

[0016] 其中,所述步骤 B 中,当超导短路电流限制器 SFCL 变为失超状态,即为高阻态时,配电网的故障点电流与电压量基本处于稳定值,分布式馈线自动化系统数据采集将更为准确和稳定。所述步骤 B 中,分布式馈线自动化系统 FA 故障定位时,要考虑限流器的动作时间和转化为强阻状态后,系统量测数据的波动。

[0017] 所述步骤 B 中包括以下步骤:

[0018] 步骤 B1:分布式馈线自动化系统 FA 根据故障期间的短路电流的分布情况实现故障点定位;

[0019] 步骤 B2:分布式馈线自动化系统 FA 确认定位故障点后,分布式馈线自动化系统 FA 通过跳开故障点周围的分段开关对故障点实施隔离;

[0020] 其中,所述步骤 B2 中,由于超导短路电流限制器 SFCL 限流作用的影响,故障点的电流大小受到限制,分布式馈线自动化系统 FA 在故障定位后,可直接遥控分段开关处于断开状态,无需出口断路器跳闸,因此可实现无断电隔离故障。

[0021] 步骤 C:故障点隔离排除后,超导短路电流限制器 SFCL 从失超状态恢复为超导状态,同时由超导短路电流限制器 SFCL 向分布式馈线自动化系统 FA 发出供电恢复信号,分布式馈线自动化系统 FA 对非故障区域(即没有发生故障的区域)恢复供电;

[0022] 其中,所述步骤 C 中,在分布式馈线自动化系统 FA 将故障排除后,超导短路电流限制器 SFCL 转为超导状态,母线与故障点间供电恢复正常;如果分布式馈线自动化系统 FA 无

法切除故障,超导短路电流限制器 SFCL 则始终处于失超状态,直至出口断路器跳闸。

[0023] 所述步骤 C 中包括以下步骤:

[0024] 步骤 C1:分布式馈线自动化系统 FA 隔离排除故障点,消除短路电流后,超导短路电流限制器 SFCL 从失超状态恢复为超导状态;

[0025] 步骤 C2:超导短路电流限制器 SFCL 确认故障点隔离成功后,超导短路电流限制器 SFCL 向分布式馈线自动化系统 FA 发出非故障区域负荷供电恢复信号;

[0026] 步骤 C3:分布式馈线自动化系统 FA 接收到供电恢复信号以后,对非故障区域恢复供电;

[0027] 其中,所述步骤 C2 中,超导短路电流限制器 SFCL 转为超导态后,发出故障恢复信号后,分布式馈线自动化系统 FA 为非故障区域恢复供电,如果此时发生第二次故障,超导短路电流限制器 SFCL 将再次失超,降低短路电流大小。

[0028] 步骤 D:故障点故障彻底排除以后(即故障点故障自动隔离以后),分布式馈线自动化系统 FA 系统将选择原故障点周围分段开关进行合闸操作,实现原故障点供电恢复。其中,所述步骤 D 之前,巡检人员通过分闸的分段开关位置来判断故障点。

[0029] 本发明原理如下:在故障电流超过 SFCL 的动作电流时,SFCL 利用超导体从超导态到正常态阻抗急剧变化的特性进入高阻状态并维持恒定,“失超”时间 t 为毫秒级。利用该特性,可将 SFCL 的“失超”作为 FA 的故障隔离启动信号。FA 系统收到 SFCL 发出的故障隔离信号以后,对故障点进行隔离。故障点成功隔离后,SFCL 从“失超”态将转为“超导”态,发出非故障区域负荷恢复信号,FA 系统通过调整运行方式,恢复非故障区域负荷供电。

[0030] 电网在发生 10kV 单相接地短路时,故障电流如果达不到 SFCL 的“失超”电流,FA 系统不进行故障隔离,依据国家现行标准,维持单相节点运行状态。

[0031] 基于 SFCL 装置与 FA 系统的配电网故障不失电自愈系统(Advanced Feeder Automation, AFA),在继承传统 FA 易于安装调试与高适应的基础上,通过 SFCL 装置增强了 FLISR(故障定位、隔离和恢复)的反应速度与可靠性。

[0032] 为实现上述目的,本发明相应地提供一种基于超导状态信息的配电网自愈系统,包括第一馈线、第二馈线、联络开关,分段开关、变电站出口断路器,超导短路电流限制器 SFCL、分布式 FA 控制器和馈线自动化测控终端(Feeder Terminal Unit, FTU);

[0033] 其中,所述第一馈线通过所述联络开关连接所述第二馈线,在所述第一馈线和所述第二馈线首端安装所述变电站出口断路器且相应地配置所述超导短路电流限制器 SFCL 和所述分布式 FA 控制器;所述第一馈线和所述第二馈线上分别设置所述分段开关且相应地配置所述馈线自动化测控终端 FTU 和所述分布式 FA 控制器;所述分布式 FA 控制器通过互感器连接在配电网中,超导短路电流限制器 SFCL 直接接在配电网线路上。

[0034] 分布式 FA 控制器是配电网的控制器,配电网各检测点安装有所述分段开关。

[0035] 综上所述,本发明基于超导短路电流限制器 SFCL 在配电网故障期间的超导状态的变化信息,建立基于超导状态信息的配电网自愈系统及其方法,超导短路电流限制器 SFCL 在配电网故障前后的超导状态信息与配电网自愈系统的协调动作机制,保证配电网自愈系统的故障识别与启动,在配电网继电保护动作之前实现配电网的故障隔离与供电恢复,实现配电网不失电情况下的快速自愈功能。

[0036] 简单来说,本发明在馈线出口处,添加 SFCL 装置,降低短路电流对系统的冲击;依

据 SFCL 的“失超”态,作为 FA 系统故障隔离启动信号;依据 SFCL 的“失超恢复”状态,作为 FA 系统非故障区域负荷恢复信号。本发明由于采用了以上技术方案,使之与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0037] 1、本发明将 SFCL 与 FA 系统结合,实现全自愈概念。接入 SFCL 与 FA 系统的配电网架,在故障发生后,通过故障定位,故障隔离与供电恢复的实现自愈。

[0038] 2、利用 SFCL 产生故障隔离与故障恢复信号,无需改变已有变电站保护设置,安装调试简单易行。

[0039] 3、SFCL 本身具备校验功能。如果 FA 系统遇到极端情况,无法正常操作,SFCL 系统可保证在正常运行电流的 3~4 倍状态下运行,增加整个系统的可靠性。

附图说明

[0040] 图 1 是本发明的结构示意图;

[0041] 图 2 是本发明的工作流程示意图。

具体实施方式

[0042] 下面结合附图和具体实施例对本发明作出详细的说明,但下述实施列并非用于限定本发明。

[0043] 图 1 是本发明的结构示意图。

[0044] 请参考图 1,一种基于超导状态信息的配电网自愈系统,包括第一馈线 1、第二馈线 2、联络开关 3、分段开关 4、变电站出口断路器 5,超导短路电流限制器 SFCL6、分布式 FA 控制器 7 和馈线自动化测控终端 FTU8;

[0045] 其中,第一馈线 1 通过联络开关 3 连接第二馈线 2,在第一馈线 1 和第二馈线 2 的首端为变电站出口断路器 5,相应地配置超导短路电流限制器 SFCL6 和分布式 FA 控制器 7;第一馈线 1 和第二馈线 2 上的分段开关 4 分别设置相应的馈线自动化测控终端 FTU8 和分布式 FA 控制器 7;馈线自动化测控终端 FTU8 通过互感器连接在配电网中,超导短路电流限制器 SFCL6 直接接在配电网线路上。分布式 FA 控制器 7 是配电网自愈系统的控制器,各分布式 FA 控制器 7 通过光纤通信系统进行信息交互。

[0046] 超导短路电流限制器 SFCL 根据各检测点的电流大小判别是否为故障点;当检测点的电流大于等于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,则检测点判为故障点,则超导短路电流限制器 SFCL 向分布式馈线自动化系统 FA 发出故障定位信号与隔离信号;当检测点的电流小于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,不进行任何步骤。

[0047] 在故障发生后,超导短路电流限制器 SFCL 在 200 毫秒内失超,先于继电保护动作,降低短路电流,不影响原有操作规程;超导装置失超就触发发出故障定位信息与隔离信号,反应时间短,可靠性高。正常运行状态下,超导短路电流限制器 SFCL 处于超导状态,FA 系统处于正常运行状态,配电网运行正常,采集各检测点的量测数据,根据检测点的电流大小判别是否需要隔离故障点。

[0048] 当检测点的电流大于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,则检测点判为故障点,超导短路电流限制器 SFCL 进入失超状态并向分布式馈线自动化系统 FA 发出故障定位信号与隔离信号;当检测点的电流小于等于超导短路电流限制器 SFCL 的临界电流,超导短

路电流限制器 SFCL 为超导状态, FA 系统处于正常运行状态, 配电网运行正常, 继续采集各检测点的量测数据。

[0049] 根据超导短路电流限制器 SFCL 发出故障定位信号与隔离信号, 分布式自愈系统 FA 对故障点进行定位并实施隔离; 分布式 FA 控制器实现了分布式自愈算法, 它收集超导限流器 SFCL 与 FTU 采集的数据, 并与相邻的 FA 控制器通信、协调与合作实现分布式自愈算法。该算法的典型特征是在系统遭遇永久性故障时, 出口断路器因保护动作跳开后, 分布式自愈算法启动定位算法, 确定故障所在区域, 然后将故障区域周边的开关跳开以隔离故障, 成功后, 再合上处于非故障区的出口断路器或联络开关以恢复非故障区域的供电。

[0050] 图 1 是本发明的结构示意图; 图 2 是本发明的工作流程示意图。

[0051] 请参考图 1 和图 2, 一种基于超导状态信息的配电网自愈方法, 利用超导短路电流限制器 SFCL 为分布式馈线自动化系统 FA 提供动作信号, 方法包括以下步骤:

[0052] 步骤 A: 超导短路电流限制器 SFCL6 根据各检测点的电流大小判别是否为故障点; 当检测点的电流大于等于超导短路电流限制器 SFCL6 的临界电流, 则检测点判为故障点, 则超导短路电流限制器 SFCL6 向分布式馈线自动化系统 FA 发出故障定位信号与隔离信号; 当检测点的电流小于超导短路电流限制器 SFCL6 的临界电流, 不进行任何步骤。

[0053] 其中所述步骤 A 中, 在故障发生后, 超导短路电流限制器 SFCL6 在 200 毫秒内失超, 先于继电保护动作, 降低短路电流, 不影响原有操作规程; 超导装置失超就触发出故障定位信息与隔离信号, 反应时间短, 可靠性高。正常运行状态下, 超导短路电流限制器 SFCL6 处于超导状态, FA 系统处于正常运行状态, 配电网运行正常, 采集各检测点的量测数据, 根据检测点的电流大小判别是否需要隔离故障点。

[0054] 所述步骤 A 中包括以下步骤:

[0055] 步骤 A1: 超导短路电流限制器 SFCL6 采集各检测点的量测数据, 比较检测点的电流大小和超导短路电流限制器 SFCL6 的临界电流大小;

[0056] 步骤 A2: 当检测点的电流大于超导短路电流限制器 SFCL6 的临界电流, 则检测点判为故障点, 超导短路电流限制器 SFCL6 进入失超状态并向分布式馈线自动化系统 FA 发出故障定位信号与隔离信号; 当检测点的电流小于等于超导短路电流限制器 SFCL6 的临界电流, 超导短路电流限制器 SFCL6 为超导状态, FA 系统处于正常运行状态, 配电网运行正常, 继续采集各检测点的量测数据。

[0057] 其中所述步骤 A1 之前还包括: 在正常运行情况下, 分布式馈线自动化系统 FA 系统可采集实时量测数据并上传主站或数据中心。

[0058] 步骤 B: 根据超导短路电流限制器 SFCL6 发出故障定位信号与隔离信号, 分布式馈线自动化系统 FA 对故障点进行定位并实施隔离;

[0059] 其中, 所述步骤 B 中, 当超导短路电流限制器 SFCL6 变为失超状态, 即为高阻态时, 配电网的故障点电流与电压量基本处于稳定值, 分布式馈线自动化系统数据采集将更为准确和稳定。所述步骤 B 中, 分布式馈线自动化系统 FA 故障定位时, 要考虑限流器的动作时间和转化为强阻状态后, 系统量测数据的波动。

[0060] 所述步骤 B 中包括以下步骤:

[0061] 步骤 B1: 分布式馈线自动化系统 FA 根据故障期间的短路电流的分布情况实现故障点定位;

[0062] 步骤B2:分布式馈线自动化系统FA确认定位故障点后,分布式馈线自动化系统FA通过跳开故障点周围的分段开关4对故障点实施隔离;

[0063] 其中,所述步骤B2中,由于超导短路电流限制器SFCL6限流作用的影响,故障点的电流大小受到限制,分布式馈线自动化系统FA在故障定位后,可直接遥控分段开关4处于断开状态,无需出口断路器跳闸,因此可实现无断电隔离故障。

[0064] 步骤C:故障点隔离排除后,超导短路电流限制器SFCL6从失超状态恢复为超导状态,同时由超导短路电流限制器SFCL6向分布式馈线自动化系统FA发出供电恢复信号,分布式馈线自动化系统FA对非故障区域(即没有发生故障的区域)恢复供电;

[0065] 其中,所述步骤C中,在分布式馈线自动化系统FA将故障排除后,超导短路电流限制器SFCL6转为超导状态,母线与故障点间供电恢复正常;如果分布式馈线自动化系统FA无法切除故障,超导短路电流限制器SFCL6则始终处于失超状态,直至出口断路器跳闸。

[0066] 所述步骤C中包括以下步骤:

[0067] 步骤C1:分布式馈线自动化系统FA隔离排除故障点,消除短路电流后,超导短路电流限制器SFCL6从失超状态恢复为超导状态;

[0068] 步骤C2:超导短路电流限制器SFCL6确认故障点隔离成功后,超导短路电流限制器SFCL6向分布式馈线自动化系统FA发出非故障区域负荷供电恢复信号;

[0069] 步骤C3:分布式馈线自动化系统FA接收到供电恢复信号以后,对非故障区域恢复供电;

[0070] 其中,所述步骤C2中,超导短路电流限制器SFCL6转为超导态后,发出故障恢复信号后,分布式馈线自动化系统FA为非故障区域负荷恢复供电,如果此时发生第二次故障,超导短路电流限制器SFCL6将再次失超,降低短路电流大小。

[0071] 步骤D:故障点故障彻底排除以后(即故障点故障自动隔离以后),分布式馈线自动化系统FA系统将选择原故障点周围分段开关4进行合闸操作,实现原故障点供电恢复。其中,所述步骤D之前,巡检人员通过分闸的分段开关4位置来判断故障点。

[0072] 本发明原理如下:在故障电流超过SFCL的动作电流时,SFCL利用超导体从超导态到正常态阻抗急剧变化的特性进入高阻状态并维持恒定,“失超”时间 t 为毫秒级。利用该特性,可将SFCL的“失超”作为FA的故障隔离启动信号。FA系统收到SFCL发出的故障隔离信号以后,对故障点进行隔离。故障点成功隔离后,SFCL从“失超”态将转为“超导”态,发出非故障区域负荷恢复信号,FA系统通过调整运行方式,恢复非故障区域负荷供电。

[0073] 电网在发生10kV单相接地短路时,故障电流如果达不到SFCL的“失超”电流,FA系统不进行故障隔离,依据国家现行标准,维持单相节点运行状态。

[0074] 基于SFCL装置与FA系统的配电网故障不失电自愈系统(Advanced Feeder Automation, AFA),在继承传统FA易于安装调试与高适应的基础上,通过SFCL装置增强了FLISR的反应速度与可靠性。

[0075] 综上所述,本发明基于高温超导短路电流限制器在配电网故障期间的超导状态的变化信息,建立基于超导状态信息的配电网自愈系统,在配电网继电保护动作之前实现配电网的故障隔离与供电恢复,实现配电网不失电情况下的快速自愈功能。

[0076] 对本领域内的技术人员来说,在不脱离本发明的实质范围内,对上述实施例进行适当的替换或修改都将落在本发明权利要求的范围内。示例性的实施仅仅是例证性的,而

不是对本发明的限定,本发明的范围由所附的权利要求所定义。

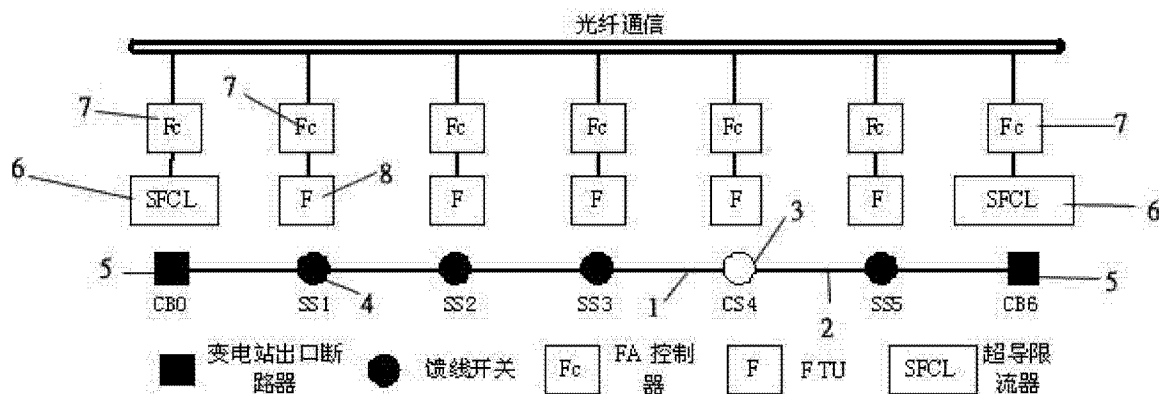


图 1

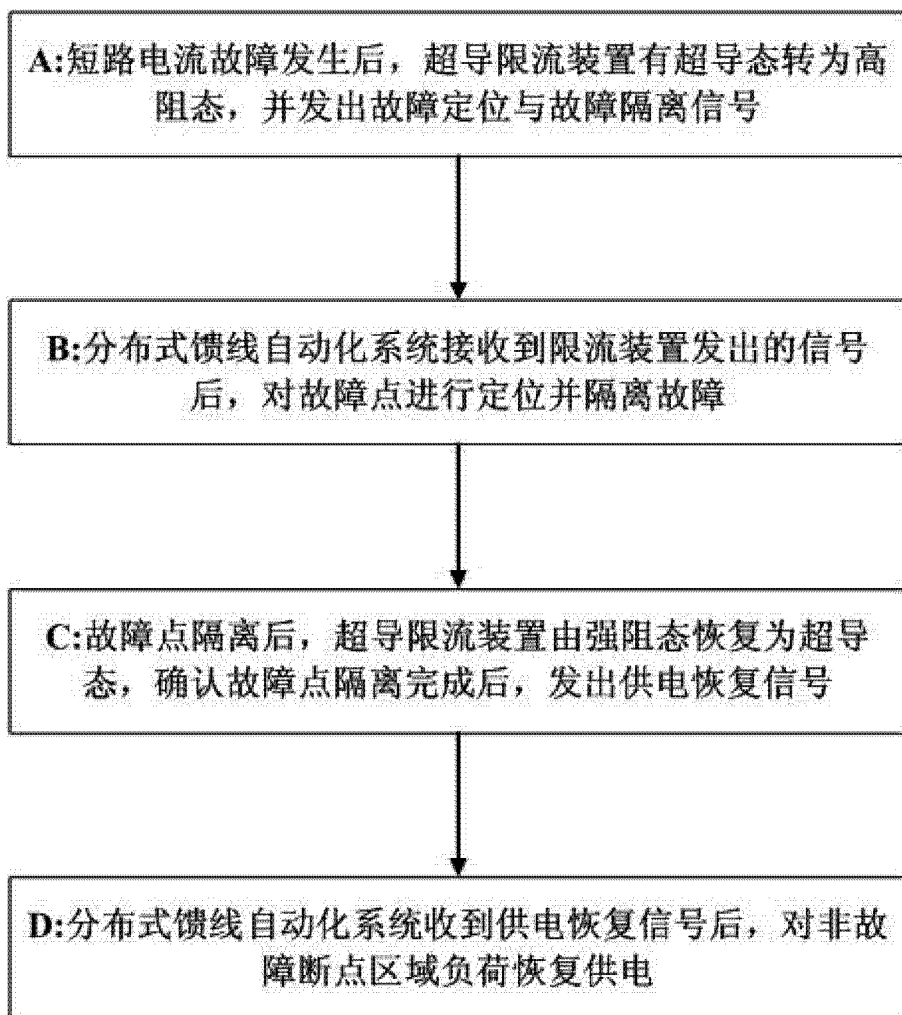


图 2