



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104348131 A

(43) 申请公布日 2015. 02. 11

(21) 申请号 201410635303. 0

(22) 申请日 2014. 11. 12

(71) 申请人 天津理工大学

地址 300384 天津市西青区宾水西道 391 号

(72) 发明人 周雪松 侯兆豪 马幼捷 王德祥
刘伟

(74) 专利代理机构 天津天麓律师事务所 12212
代理人 王里歌

(51) Int. Cl.

H02H 3/06 (2006. 01)

H02J 13/00 (2006. 01)

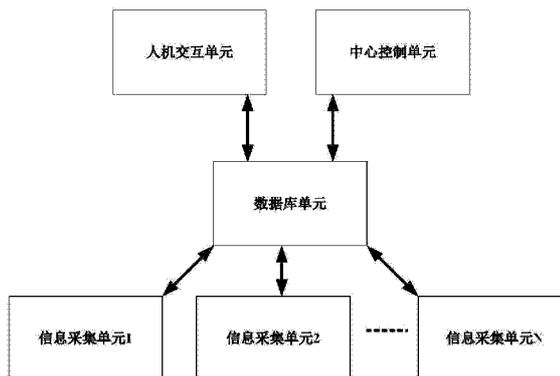
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统及方法

(57) 摘要

一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统,其特征在於它包括中心控制单元、人机交互单元、数据库单元和至少 1 个信息采集单元;其工作方法包括采集、存储、通讯、恢复;其优越性:装置简单、实用;可靠性高;快速准确;大大降低了故障恢复时间,提高了经济效益。



1. 一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统,其特征在于它包括中心控制单元、人机交互单元、数据库单元和至少 1 个信息采集单元;其中,所述中心控制单元和人机交互单元分别与数据库单元呈双向连接;所述信息采集单元均与数据库单元呈双向连接。

2. 根据权利要求 1 所述一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统,其特征在于所述中心控制单元由 CPU 模块、通信处理模块 I 和 I/O 模块构成;其中,所述 CPU 模块与通信处理模块 I、CPU 模块与 I/O 模块、I/O 模块与通信处理模块 I 均呈双向连接;所述 I/O 模块与人机交互单元的人机交互控制模块呈双向连接;所述中心控制单元的通信处理模块 I 与数据库单元的通信处理模块 II 呈双向连接。

3. 根据权利要求 2 所述一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统,其特征在于所述 CPU 模块由 CPU 核、SDRAM 数据存储单元、FLASH 程序存储器和 CPU 硬件复位配置电路构成;所述 CPU 核采集通信处理模块 I 的数据进行计算处理;并将数据输出给 FLASH 程序存储器和 SDRAM 数据存储单元;所述 FLASH 程序存储器和 SDRAM 数据存储单元存储故障恢复信号;所述 CPU 硬件复位配置电路为 CPU 模块提供复位恢复信号,使其恢复到起始状态;所述通信处理模块 I 由异步串行通信控制卡、以太网控制卡和高级数据链路控制卡构成,均为本技术领域常用专用电路设备,负责具体通信协议的处理、协议数据的接收、发送。

4. 根据权利要求 1 所述一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统,其特征在于所述人机交互单元由输入设备、输出设备和人机交互控制模块构成,负责对数据和信息传输和转送;其中,所述人机交互控制模块负责输入、输出数据的转换、收发,与中心控制单元的 I/O 模块呈双向连接;输入设备和输出设备分别与人机交互控制模块呈双向连接。

5. 根据权利要求 4 所述一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统,其特征在于所述输入设备由键盘和鼠标构成;所述输出设备由显示器和打印机构成。

6. 根据权利要求 1 所述一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统,其特征在于所述数据库单元由数据存储模块、通信处理模块 II 和数据库控制模块构成;其中,所述数据存储模块和通信处理模块 II 分别与数据库控制模块呈双向连接;所述通信处理模块 II 分别中心控制单元的通信处理模块 I 和信息采集单元呈双向连接。

7. 根据权利要求 6 所述一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统,其特征在于所述数据存储模块由 SATA 磁盘和磁盘驱动电路构成,负责存储电网数据;其中,所述 SATA 磁盘与磁盘驱动电路呈双向连接;

所述通信处理模块 II 与通信处理模块 I 构造及功能相同,均由异步串行通信控制卡、以太网控制卡和高级数据链路控制卡构成,负责具体通信协议的处理、协议数据的接收、发送。

所述数据库控制模块负责控制通信处理模块 II 的通信协议的进程。

8. 根据权利要求 1 所述一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统,其特征在于所述信息采集单元由通信处理模块 III 和信息采集卡构成;其中,信息采集卡与通信处理模块 III 呈双向连接;所述通信处理模块 III 与通信处理模块 II 呈双向连接;

所述信息采集卡安装在 35kV 变电站、配电网的 FTU 和 RTU 设备上,采集网络参数、节点电压、支路电流、故障后网络拓扑信息、配电网的始端电压、断路器开关状态、节点负荷及其优先等级及邻近 35kV 电源点负荷信息。

所述信息采集单元中的通信处理模块 III 与中心控制单元中的通信处理模块 I 结构及

功能相同,由异步串行通信控制卡、以太网控制卡和高级数据链路控制卡构成,负责具体通信协议的处理、协议数据的接收、发送。

9. 一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统的工作方法,其特征在于它包括以下步骤:

(1) 用户可通过人机交互单元的输入设备将 35kV 电源故障恢复程序指令存储在中心控制单元的 FLASH 程序存储器或修改指令;

(2) 信息采集单元通过安装在 35kV 变电站、配电网 FTU 和 RTU 设备上的信息采集卡实时采集配电网网络参数、节点电压、支路电流、故障后网络拓扑信息、配电网的始端电压、断路器开关状态、节点负荷及其优先等级及邻近 35kV 电源点负荷信息,并经信息采集单元的通信处理模块传输至数据库单元的通信处理模块 II;

(3) 数据库单元的通信处理模块 II 将收到的配电网节点的潮流信息和网络拓扑信息,经数据库控制模块处理后存储至数据存储模块;

(4) 中心控制单元的 CPU 模块通过调用通信处理模块 I 读取数据库单元的配电网信息,并经 CPU 模块处理后将结果暂存至 SDRAM 数据存储器;

(5) 当配电网发生故障时,中心控制单元将数据库单元存储的配电网信息读取至 SDRAM 数据存储器, CPU 核通过调用 FLASH 程序存储器中的 35kV 电源故障恢复程序指令并将处理后的数据存储至 SDRAM 数据存储器,经通信处理模块 II 传送至数据库单元并存入数据存储模块,供用户使用;

(6) 用户通过人机交互单元发出读取配电网信息的指令时, CPU 模块通过 I/O 模块将存储在 SDRAM 数据存储器的配电网数据经人机交互单元的输出设备反馈给用户。

10. 根据权利要求 9 所述一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统的工作方法,其特征在于所述步骤 (1) 中 35kV 电源故障恢复的方法有以下步骤构成:

① 读取故障前后配电网状态数据:35kV 电源故障发生后,首先读取网络参数、节点电压、支路电流、故障后网络拓扑信息、配电网的始端电压、断路器开关状态、节点负荷及其优先等级及邻近 35kV 电源点负荷信息;

② 若发生 35kV 进线失电故障,则优先搜索 35kV 电压等级的恢复路径:以失电进线对应的任一节点作为拓扑搜索的起点,采用广度搜索方法搜索可以用于供电恢复的电源点,记为 P_i ,其中, $0 < i < N$, N 为可用于恢复供电的电原点的个数;然后以电源点 P_i 作为搜索的起点确定供电恢复路径,并记录恢复供电路径上的断路器 B_k ,其中, $0 < k < M$, M 为恢复供电路径上断路器的个数,以及断路器的状态 S_k ,其中, S_k 的值为 0 或 1, 0 代表断路器的状态为打开, 1 代表断路器的状态为闭合;

③ 若无法通过 35kV 电压等级的路径恢复全部失电负荷,或发生非 35kV 进线失电故障,则包括 35kV 母线、变压器、10kV 母线故障,则通过以下步骤恢复:

(a) 分别将故障区域每条 10kV 馈线的负荷容量和邻近电源点可用于恢复的容量按大小排序;

(b) 以尽可能多的恢复失电负荷且重要负荷优先恢复为原则将每条 10kV 馈线的负荷容量与邻近电源点恢复容量进行匹配,若满足则依次进行 10kV 整条馈线恢复;

(c) 若遇到含较多重要负荷的分区,因无法满足容量限制实现整个分区恢复时,则通过切除部分末端重要等级较低的负荷直至满足邻近电源点容量限值,且通过拓扑分析和潮流

计算后满足约束条件时,对切除部分负荷后的分区进行恢复;

(d) 若所有邻近电源点已经全部用尽仍有部分分区无法恢复,或所有故障分区已经恢复供电则停止搜索并形成负荷转移候选方案;

④恢复方案筛选及评优:从不存在电流、电压越限以及线路过载和变压器过载恢复方案中,根据开关次数最少、恢复重要负荷的最多、线损的评价指标的权重比例,在候选方案中得出最优方案;

所述步骤③中的 35kV 进线故障是上级电源消失故障;所述 35kV 母线故障是变压器进线电源消失故障;所述变压器故障为单变压器故障和多变压器故障;所述 10kV 母线故障是引起 10kV 母线下的多条 10kV 馈线失电故障;所述 10kV 馈线故障是 10kV 馈线上出现单点或多点故障。

一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统及方法

（一）技术领域

[0001] 本发明属于电力系统自动化,智能配电网中低压电源故障恢复控制技术领域,尤其是一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统及方法。

（二）技术背景

[0002] 随着城市现代化进程的高速发展,城市配电系统的复杂程度以及用户对供电可靠性的要求越来越高,呈现出分支多、供电半径小、负荷密集、结构复杂的特点,这大大加大了配电网故障后的恢复难度。近年来,随着国家对智能电网的重视,智能配电网技术得到了长足发展,城市配电网自动化水平逐渐提高,大量的数据采集终端设备如 FTU(Feeder Terminal Unit)、RTU(Remote Terminal Unit) 的在配电系统的安装应用,以及日渐成熟配电网管理系统对于实现智能电网下的故障恢复功能具有重要支撑意义。

[0003] 另一方面,城市配电系统规模越来越大、开关组合维数越来越高、结构越来越复杂等因素,使得传统方法单纯依靠数学途径在求解故障恢复问题产生了较大局限性,近年来人工智能理论在求解复杂的非线性系统问题的优势弥补了某些传统计算方法难于求解或不能解决的问题,其中,专家系统算法需要根据电力调度人员的知识与经验来解决故障恢复问题,启发式算法需根据电网结构和网络搜索进行求解,遗传算法采用概率寻优将问题进行迭代得到最优解, Petri 网法可模拟离散事件发生情况并建立相应模型,粒子群算法编程简单易实现,蚁群算法根据觅食行为原理采用概率论实现分布式并行寻优。多代理(Multi-Agent) 算法采用模块化设计将复杂的系统模型分解为多个子代理并通过分布式计算相互协调,但所建模型均面向整个大的配电网且在求解和寻优效率方面尚有欠缺。国内外不少学者对此作了大量工作并取得一定成效,但如何将理论算法与配电网故障恢复有机结合解决实际问题还未取得实质性突破。

[0004] 目前,我国大部分城市电压等级为 4~5 级,主要电压等级序列为 (500)/220/110/10/0.4kV,其中天津、青岛、威海等城市及上海部分城市地区的电压等级序列为 5 级的 500/220/35/10/0.4kV,而 110kV 和 35kV 变电站作为区域用户的电源中心在中低压配电系统中仍发挥着重要作用。一旦因自然灾害、人为破坏或设备故障等原因造成中低压配电系统的 35kV 电源发生永久性故障,往往会引起配电区域大面积失电,造成一系列严重后果。目前,针对于城市中低压配电网电源故障,特别是 35kV 电源故障造成大面积失电时如何快速有效地恢复供电的研究较少。为此,需要在原有配电网建设现状的基础上,克服现有故障恢复方法存在问题,设计一种适用于智能配电网 35kV 电源故障的恢复方法,以实现智能配电网的自愈功能。

（三）发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统及方法,当 35kV 电源发生永久性故障造成供电区域内大面积失电且短时间内无法修复时,可以克服现有技术不足,充分利用现有智能配电网技术,结合 35kV 电源故障的特点,通过中心控制单

元、信息采集单元、数据库单元和人机交互单元间的配合,可快速有效的计算出故障区域失电负荷供电方案,是一种简单有效且可靠的故障恢复系统及方法。

[0006] 本发明的技术方案:一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统,其特征在于它包括中心控制单元、人机交互单元、数据库单元和至少 1 个信息采集单元;其中,所述中心控制单元和人机交互单元分别与数据库单元呈双向连接;所述信息采集单元均与数据库单元呈双向连接。

[0007] 所述中心控制单元由 CPU 模块、通信处理模块 I 和 I/O 模块构成;其中,所述 CPU 模块与通信处理模块 I、CPU 模块与 I/O 模块、I/O 模块与通信处理模块 I 均呈双向连接;所述 I/O 模块与人机交互单元的人机交互控制模块呈双向连接;所述中心控制单元的通信处理模块 I 与数据库单元的通信处理模块 II 呈双向连接。

[0008] 所述 CPU 模块由 CPU 核、SDRAM 数据存储器、FLASH 程序存储器和 CPU 硬件复位配置电路构成;所述 CPU 核采集通信处理模块 I 的数据进行计算处理;并将数据输出给 FLASH 程序存储器和 SDRAM 数据存储器;所述 FLASH 程序存储器和 SDRAM 数据存储器存储故障恢复信号;所述 CPU 硬件复位配置电路为 CPU 模块提供复位恢复信号,使其恢复到起始状态。

[0009] 所述通信处理模块 I 由异步串行通信控制卡、以太网控制卡和高级数据链路控制卡构成,均为本技术领域常用专用电路设备,负责具体通信协议的处理、协议数据的接收、发送。

[0010] 所述人机交互单元由输入设备、输出设备和人机交互控制模块构成,负责对数据和信息传输和转送;其中,所述人机交互控制模块负责输入、输出数据的转换、收发,与中心控制单元的 I/O 模块呈双向连接;输入设备和输出设备分别与人机交互控制模块呈双向连接。

[0011] 所述输入设备由键盘和鼠标构成。

[0012] 所述输出设备由显示器和打印机构成。

[0013] 所述数据库单元由数据存储模块、通信处理模块 II 和数据库控制模块构成;其中,所述数据存储模块和通信处理模块 II 分别与数据库控制模块呈双向连接;所述通信处理模块 II 分别中心控制单元的通信处理模块 I 和信息采集单元呈双向连接。

[0014] 所述数据存储模块由 SATA 磁盘和磁盘驱动电路构成,负责存储电网数据;其中,所述 SATA 磁盘与磁盘驱动电路呈双向连接。

[0015] 所述通信处理模块 II 与通信处理模块 I 构造及功能相同,均由异步串行通信控制卡、以太网控制卡和高级数据链路控制卡构成,负责具体通信协议的处理、协议数据的接收、发送。

[0016] 所述数据库控制模块负责控制通信处理模块 II 的通信协议的进程。

[0017] 所述信息采集单元由通信处理模块 III 和信息采集卡构成;其中,信息采集卡与通信处理模块 III 呈双向连接;所述通信处理模块 III 与通信处理模块 II 呈双向连接。

[0018] 所述信息采集卡安装在 35kV 变电站、配电网的 FTU 和 RTU 设备上,采集网络参数、节点电压、支路电流、故障后网络拓扑信息、配电网的始端电压、断路器开关状态、节点负荷及其优先等级及邻近 35kV 电源点负荷信息。

[0019] 所述信息采集单元中的通信处理模块 III 与中心控制单元中的通信处理模块 I 结构及功能相同,由异步串行通信控制卡、以太网控制卡和高级数据链路控制卡构成,负责具

体通信协议的处理、协议数据的接收、发送。

[0020] 一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统的工作方法,其特征就在于它包括以下步骤:

[0021] (1) 用户可通过人机交互单元的输入设备将 35kV 电源故障恢复程序指令存储在中心控制单元的 FLASH 程序存储器或修改指令;

[0022] (2) 信息采集单元通过安装在 35kV 变电站、配电网 FTU 和 RTU 设备上的信息采集卡实时采集配电网网络参数、节点电压、支路电流、故障后网络拓扑信息、配电网的始端电压、断路器开关状态、节点负荷及其优先等级及邻近 35kV 电源点负荷信息,并经信息采集单元的通信处理模块传输至数据库单元的通信处理模块 II;

[0023] (3) 数据库单元的通信处理模块 II 将收到的配电网节点的潮流信息和网络拓扑信息,经数据库控制模块处理后存储至数据存储模块;

[0024] (4) 中心控制单元的 CPU 模块通过调用通信处理模块 I 读取数据库单元的配电网信息,并经 CPU 模块处理后将结果暂存至 SDRAM 数据存储模块;

[0025] (5) 当配电网发生故障时,中心控制单元将数据库单元存储的配电网信息读取至 SDRAM 数据存储模块,CPU 核通过调用 FLASH 程序存储器中的 35kV 电源故障恢复程序指令并将处理后的数据存储至 SDRAM 数据存储模块,经通信处理模块 II 传送至数据库单元并存储至数据存储模块,供用户使用;

[0026] (6) 用户通过人机交互单元发出读取配电网信息的指令时,CPU 模块通过 I/O 模块将存储在 SDRAM 数据存储模块的配电网数据经人机交互单元的输出设备反馈给用户。

[0027] 所述步骤 (1) 中 35kV 电源故障恢复的方法有以下步骤构成:

[0028] ①读取故障前后配电网状态数据:35kV 电源故障发生后,首先读取网络参数、节点电压、支路电流、故障后网络拓扑信息、配电网的始端电压、断路器开关状态、节点负荷及其优先等级及邻近 35kV 电源点负荷信息;

[0029] ②若发生 35kV 进线失电故障,则优先搜索 35kV 电压等级的恢复路径:以失电进线对应的任一节点作为拓扑搜索的起点,采用广度搜索方法搜索可以用于供电恢复的电源点,记为 P_i ,其中, $0 < i < N$, N 为可用于恢复供电的电源点的个数;然后以电源点 P_i 作为搜索的起点确定供电恢复路径,并记录恢复供电路径上的断路器 B_k ,其中, $0 < k < M$, M 为恢复供电路径上断路器的个数,以及断路器的状态 S_k ,其中, S_k 的值为 0 或 1,0 代表断路器的状态为打开,1 代表断路器的状态为闭合;

[0030] ③若无法通过 35kV 电压等级的路径恢复全部失电负荷,或发生非 35kV 进线失电故障,则包括 35kV 母线、变压器、10kV 母线故障,则通过以下步骤恢复:

[0031] (a) 分别将故障区域每条 10kV 馈线的负荷容量和邻近电源点可用于恢复的容量按大小排序;

[0032] (b) 以尽可能多的恢复失电负荷且重要负荷优先恢复为原则将每条 10kV 馈线的负荷容量与邻近电源点恢复容量进行匹配,若满足则依次进行 10kV 整条馈线恢复;

[0033] (c) 若遇到含较多重要负荷的分区,因无法满足容量限制实现整个分区恢复时,则通过切除部分末端重要等级较低的负荷直至满足邻近电源点容量限值,且通过拓扑分析和潮流计算后满足约束条件时,对切除部分负荷后的分区进行恢复;

[0034] (d) 若所有邻近电源点已经全部用尽仍有部分分区无法恢复,或所有故障分区已

经恢复供电则停止搜索并形成负荷转移候选方案；

[0035] ④恢复方案筛选及评优：从不存在电流、电压越限以及线路过载和变压器过载恢复方案中，根据开关次数最少、恢复重要负荷的最多、线损的评价指标的权重比例，在候选方案中得出最优方案。

[0036] 步骤③中的 35kV 进线故障是上级电源消失故障；所述 35kV 母线故障是变压器进线电源消失故障；所述变压器故障为单变压器故障和多变压器故障；所述 10kV 母线故障是引起 10kV 母线下的多条 10kV 馈线失电故障；所述 10kV 馈线故障是 10kV 馈线上出现单点或多点故障。

[0037] 本发明的工作原理：一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统及方法，当 35kV 电源发生永久性故障造成供电区域内大面积失电且短时间内无法修复时，信息采集单元将采集到的配电网信息上传至数据库单元，中心控制单元通过用户预设的 35kV 电源故障恢复程序指令读取数据库单元的配电网信息并计算处理后数据反馈至数据库单元，用户通过人机交互单元可读取数据库单元的处理结果，该方法可快速有效的计算出故障区域负荷供电的恢复方案，是一种简单有效且可靠的故障恢复系统。

[0038] CPU 核负责数据的计算和处理，并控制通信协议的接收、发送，并不直接参与具体通信协议的处理；其中，CPU 核负责数据的计算和处理；数据存储器 (SDRAM) 用于存储 CPU 核的临时计算数据；程序存储器 (FLASH) 用于存储故障恢复程序指令；CPU 的硬件复位配置电路用于将 CPU 模块恢复到起始状态；通信处理模块 I 由异步串行通信控制卡、以太网控制卡 and 高级数据链路控制卡构成，均为本技术领域常用专用电路设备，负责具体通信协议的处理、协议数据的接收、发送；其中，异步串行通信控制卡用于处理维护终端的信息；以太网控制卡用于处理满足 IEEE802.3 协议的网管代理的信息；高级数据链路控制卡用于中心控制单元和各业务板之间的通信以及用于主备中心控制单元之间的通信；所述 I/O 模块，负责将 CPU 模块与人机交互单元间的连接及数据的接收、发送。

[0039] 信息采集单元由通信处理模块 III 和信息采集卡构成，负责配电网 35kV 电源及节点的信息采集和传输，每个信息采集单元结构和功能均相同仅安装位置不同；信息采集卡安装在 35kV 变电站、配电网的 FTU 和 RTU 设备上，主要采集网络参数、节点电压、支路电流、故障后网络拓扑信息、配电网的始端电压、断路器开关状态、节点负荷及其优先等级及邻近 35kV 电源点负荷信息。

[0040] 计算线损是指通过潮流计算可以直接求出各点电压及各段线路流过得电流，进而求出各段的功率损耗，各段线路损耗之和即为配网的线损；利用各配变高压侧功率、电流及配变参数计算变压器损耗。

[0041] 所述线路有功损耗计算公式：

$$[0042] \quad \Delta P_L = 3I^2R \times 10^3 \quad (a)$$

[0043] 所述变压器有功损耗计算公式：

$$[0044] \quad \Delta P_T = \Delta P_S \left(\frac{S}{S_N} \right)^2 + \Delta P_0 \quad (b)$$

[0045] 式中：I 为流过线路的电流 (KA)，R 为线路的电阻 (Ω)， ΔP_T 为变压器总的有功功率损耗 (MW)， ΔP_L 为线路总的有功功率损耗 (MW)， ΔP_S 为变压器负载功率损耗 (MW)， ΔP_0 为变压器空载功率损耗 (MW)，S 为变压器的运行视在功率 (MVA)， S_N 为变压器的额定容量

(MVA)。

[0046] 确定断路器的动作次数是指拓搜索确定供电恢复路径时,已经记录了供电恢复路径上的断路器以及断路器的状态,则可以确定出任一供电恢复方案断路器的动作次数。

[0047] 负荷优先等级是指以 10kV 馈线上每一配电室、开闭所或变电站为最小节点,根据该节点所涉负荷的重要性分为一级负荷、二级负荷和三级负荷,其中一级负荷为政府机关、大型酒店和医院,二级负荷为商业用户,三级负荷为民用负荷、居民小区。

[0048] 步骤(c)中的约束条件是指通过潮流计算可以求得任一节点的电压和任一支路的支路电流,可以判别是否存在电流、电压越限;由电压电流进而可以求出有功功率和无功功率,从而判别是否存在线路过载约束和变压器过载;通过计算电源点容量裕度与转移负荷的差值可以判别是否存在容量越限。

[0049] 本发明的优越性:①硬件装置简单、实用,且可利用现有的配电网自动化设备;②系统构架简明合理,可高效运行并快速处理配电网数据,执行计算相应指令,可靠性高;③故障恢复方法快速准确获得故障恢复候选方案集并根据综合评价后得到最优恢复方案;④可为配电网故障恢复和电力运行调度人员提供有益参考,大大降低了故障恢复时间,提高了经济效益。

(四)附图说明:

[0050] 图1为本发明所涉一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统的整体结构框图。

[0051] 图2是本发明所涉一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统的中心控制单元结构原理框图。

[0052] 图3是本发明所涉一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统的人机交互单元结构原理框图。

[0053] 图4是本发明所涉一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统的数据库单元结构原理框图。

[0054] 图5是本发明所涉一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统的信息采集单元结构原理框图。

[0055] 图6为本发明所涉一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统的工作方法流程图。

(五)具体实施方式:

[0056] 实施例:一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统(见图1),其特征在于它包括中心控制单元、人机交互单元、数据库单元和至少1个信息采集单元;其中,所述中心控制单元和人机交互单元分别与数据库单元呈双向连接;所述信息采集单元均与数据库单元呈双向连接。

[0057] 所述中心控制单元(见图2)由CPU模块、通信处理模块I和I/O模块构成;其中,所述CPU模块与通信处理模块I、CPU模块与I/O模块、I/O模块与通信处理模块I均呈双向连接;所述I/O模块与人机交互单元的人机交互控制模块呈双向连接;所述中心控制单元的通信处理模块I与数据库单元的通信处理模块II呈双向连接。

[0058] 所述 CPU 模块由 CPU 核、SDRAM 数据存储器、FLASH 程序存储器和 CPU 硬件复位配置电路构成；所述 CPU 核采集通讯处理模块 I 的数据进行计算处理；并将数据输出给 FLASH 程序存储器和 SDRAM 数据存储器；所述 FLASH 程序存储器和 SDRAM 数据存储器存储故障恢复信号；所述 CPU 硬件复位配置电路为 CPU 模块提供复位恢复信号，使其恢复到起始状态。

[0059] 所述通信处理模块 I 由异步串行通信控制卡、以太网控制卡和高级数据链路控制卡构成，均为本技术领域常用专用电路设备，负责具体通信协议的处理、协议数据的接收、发送。

[0060] 所述人机交互单元（见图 3）由输入设备、输出设备和人机交互控制模块构成，负责对数据和信息传输和转送；其中，所述人机交互控制模块负责输入、输出数据的转换、收发，与中心控制单元的 I/O 模块呈双向连接；输入设备和输出设备分别与人机交互控制模块呈双向连接。

[0061] 所述输入设备由键盘和鼠标构成。

[0062] 所述输出设备由显示器和打印机构成。

[0063] 所述数据库单元（见图 4）由数据存储模块、通信处理模块 II 和数据库控制模块构成；其中，所述数据存储模块和通信处理模块 II 分别与数据库控制模块呈双向连接；所述通信处理模块 II 分别与中心控制单元的通信处理模块 I 和信息采集单元呈双向连接。

[0064] 所述数据存储模块由 SATA 磁盘和磁盘驱动电路构成，负责存储电网数据；其中，所述 SATA 磁盘与磁盘驱动电路呈双向连接。

[0065] 所述通信处理模块 II 与通信处理模块 I 构造及功能相同，均由异步串行通信控制卡、以太网控制卡和高级数据链路控制卡构成，负责具体通信协议的处理、协议数据的接收、发送。

[0066] 所述数据库控制模块负责控制通信处理模块 II 的通信协议的进程。

[0067] 所述信息采集单元（见图 5）由通信处理模块 III 和信息采集卡构成；其中，信息采集卡与通信处理模块 III 呈双向连接；所述通信处理模块 III 与通信处理模块 II 呈双向连接。

[0068] 所述信息采集卡安装在 35kV 变电站、配电网的 FTU 和 RTU 设备上，采集网络参数、节点电压、支路电流、故障后网络拓扑信息、配电网的始端电压、断路器开关状态、节点负荷及其优先等级及邻近 35kV 电源点负荷信息。

[0069] 所述信息采集单元中的通信处理模块 III 与中心控制单元中的通信处理模块 I 结构及功能相同，由异步串行通信控制卡、以太网控制卡和高级数据链路控制卡构成，负责具体通信协议的处理、协议数据的接收、发送。

[0070] 一种基于智能配电网 35kV 电源故障的恢复系统的工作方法，其特征在于它包括以下步骤：

[0071] (1) 用户可通过人机交互单元的输入设备将 35kV 电源故障恢复程序指令存储在中心控制单元的程序存储器 (FLASH) 或修改指令；

[0072] (2) 信息采集单元通过安装在 35kV 变电站、配电网 FTU 和 RTU 设备上的信息采集卡实时采集配电网网络参数、节点电压、支路电流、故障后网络拓扑信息、配电网的始端电压、断路器开关状态、节点负荷及其优先等级及邻近 35kV 电源点负荷信息，并经信息采集单元的通信处理模块传输至数据库单元的通信处理模块 II；

[0073] (3) 数据库单元的通信处理模块 II 将收到的配电网节点的潮流信息和网络拓扑信息,经数据库控制模块处理后存储至数据存储模块;

[0074] (4) 中心控制单元的 CPU 模块通过调用通信处理模块 I 读取数据库单元的配电网信息,并经 CPU 模块处理后将结果暂存至 SDRAM 数据存储单元;

[0075] (5) 当配电网发生故障时,中心控制单元将数据库单元存储的配电网信息读取至 SDRAM 数据存储单元, CPU 核通过调用 FLASH 程序存储器中的 35kV 电源故障恢复程序指令并将处理后的数据存储至 SDRAM 数据存储单元,经通信处理模块 II 传送至数据库单元并存储至数据存储模块,供用户使用;

[0076] (6) 用户通过人机交互单元发出读取配电网信息的指令时, CPU 模块通过 I/O 模块将存储在 SDRAM 数据存储单元的配电网数据经人机交互单元的输出设备反馈给用户。

[0077] 所述步骤 (1) 中 35kV 电源故障恢复的方法有以下步骤构成 (见图 6):

[0078] ① 读取故障前后配电网状态数据:35kV 电源故障发生后,首先读取网络参数、节点电压、支路电流、故障后网络拓扑信息、配电网的始端电压、断路器开关状态、节点负荷及其优先等级及邻近 35kV 电源点负荷信息;

[0079] ② 若发生 35kV 进线失电故障,则优先搜索 35kV 电压等级的恢复路径:以失电进线对应的任一节点作为拓扑搜索的起点,采用广度搜索方法搜索可以用于供电恢复的电源点,记为 P_i ,其中, $0 < i < N$, N 为可用于恢复供电的电源点的个数;然后以电源点 P_i 作为搜索的起点确定供电恢复路径,并记录恢复供电路径上的断路器 B_k ,其中, $0 < k < M$, M 为恢复供电路径上断路器的个数,以及断路器的状态 S_k ,其中, S_k 的值为 0 或 1,0 代表断路器的状态为打开,1 代表断路器的状态为闭合;

[0080] ③ 若无法通过 35kV 电压等级的路径恢复全部失电负荷,或发生非 35kV 进线失电故障,则包括 35kV 母线、变压器、10kV 母线故障,则通过以下步骤恢复:

[0081] (a) 分别将故障区域每条 10kV 馈线的负荷容量和邻近电源点可用于恢复的容量按大小排序;

[0082] (b) 以尽可能多的恢复失电负荷且重要负荷优先恢复为原则将每条 10kV 馈线的负荷容量与邻近电源点恢复容量进行匹配,若满足则依次进行 10kV 整条馈线恢复;

[0083] (c) 若遇到含较多重要负荷的分区,因无法满足容量限制实现整个分区恢复时,则通过切除部分末端重要等级较低的负荷直至满足邻近电源点容量限值,且通过拓扑分析和潮流计算后满足约束条件时,对切除部分负荷后的分区进行恢复;

[0084] (d) 若所有邻近电源点已经全部用尽仍有部分分区无法恢复,或所有故障分区已经恢复供电则停止搜索并形成负荷转移候选方案;

[0085] ④ 恢复方案筛选及评优:从不存在电流、电压越限以及线路过载和变压器过载恢复方案中,根据开关次数最少、恢复重要负荷的最多、线损的评价指标的权重比例,在候选方案中得出最优方案。

[0086] 步骤③中的 35kV 进线故障是上级电源消失故障;所述 35kV 母线故障是变压器进线电源消失故障;所述变压器故障为单变压器故障和多变压器故障;所述 10kV 母线故障是引起 10kV 母线下多条 10kV 馈线失电故障;所述 10kV 馈线故障是 10kV 馈线上出现单点或多点故障。

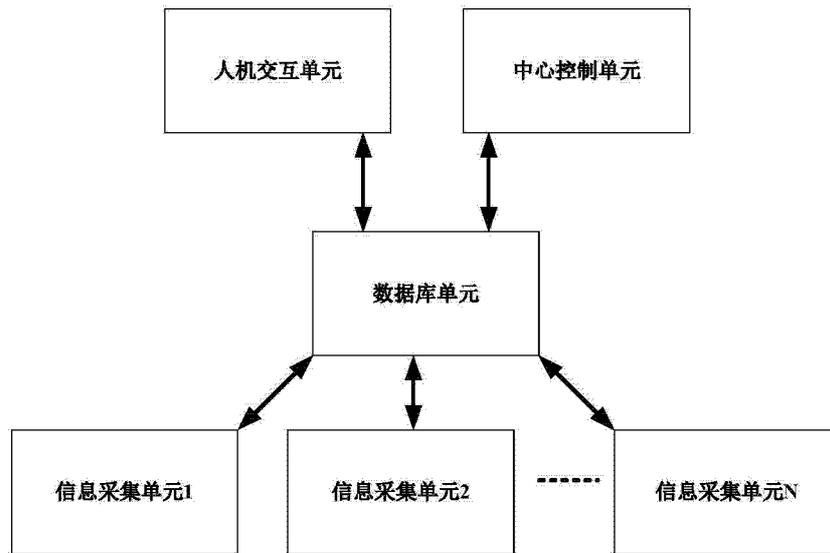


图 1

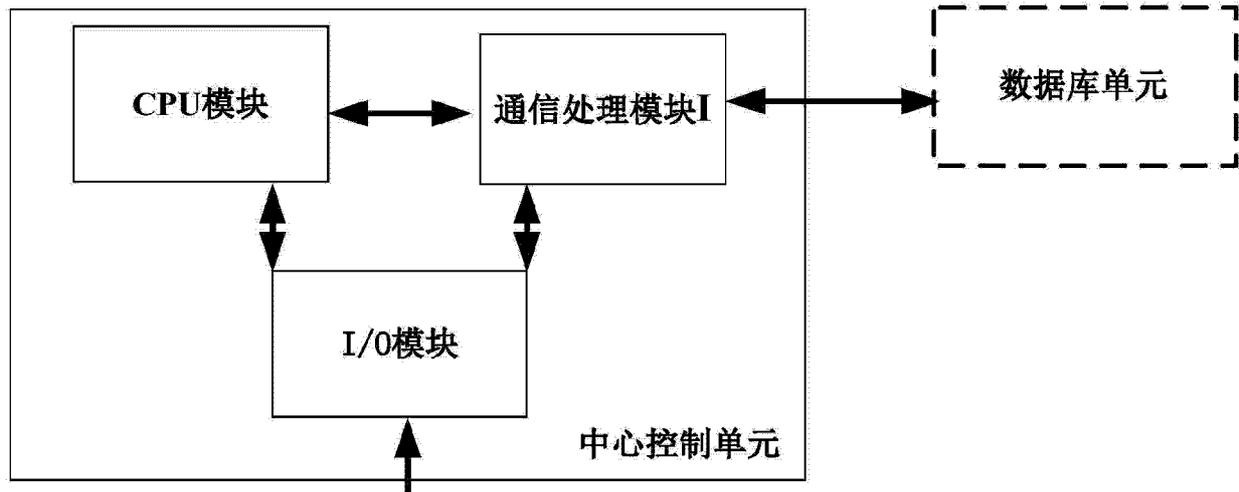


图 2

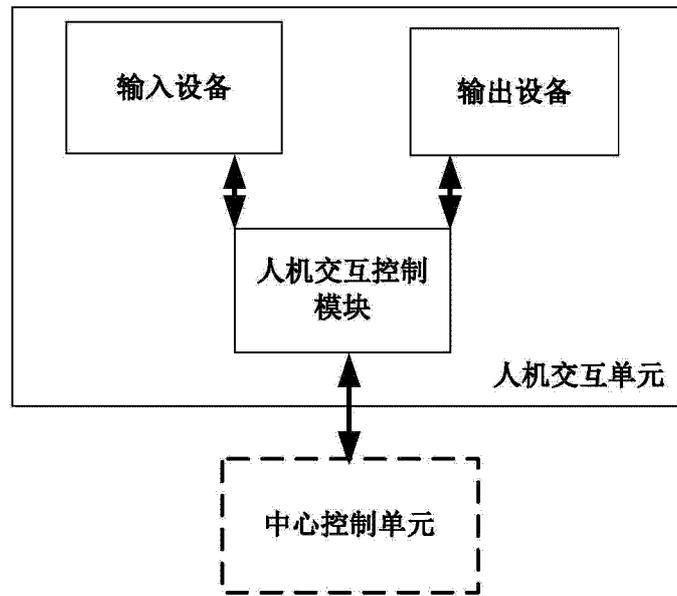


图 3

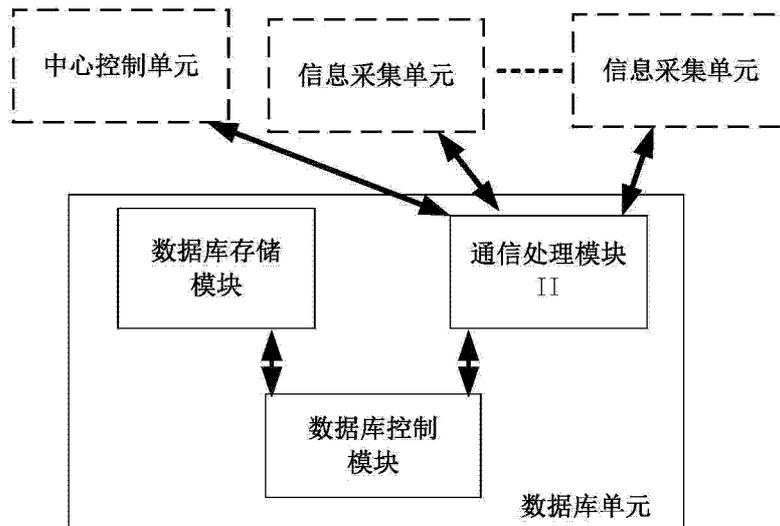


图 4

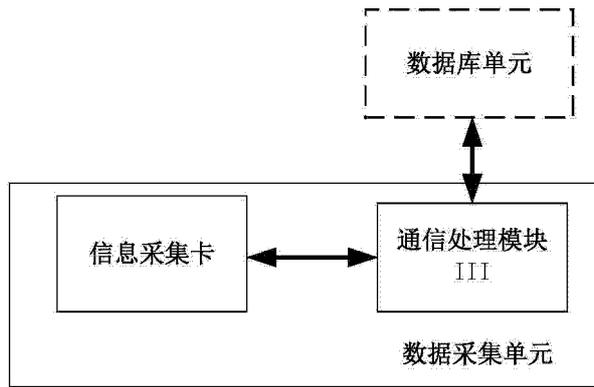


图 5

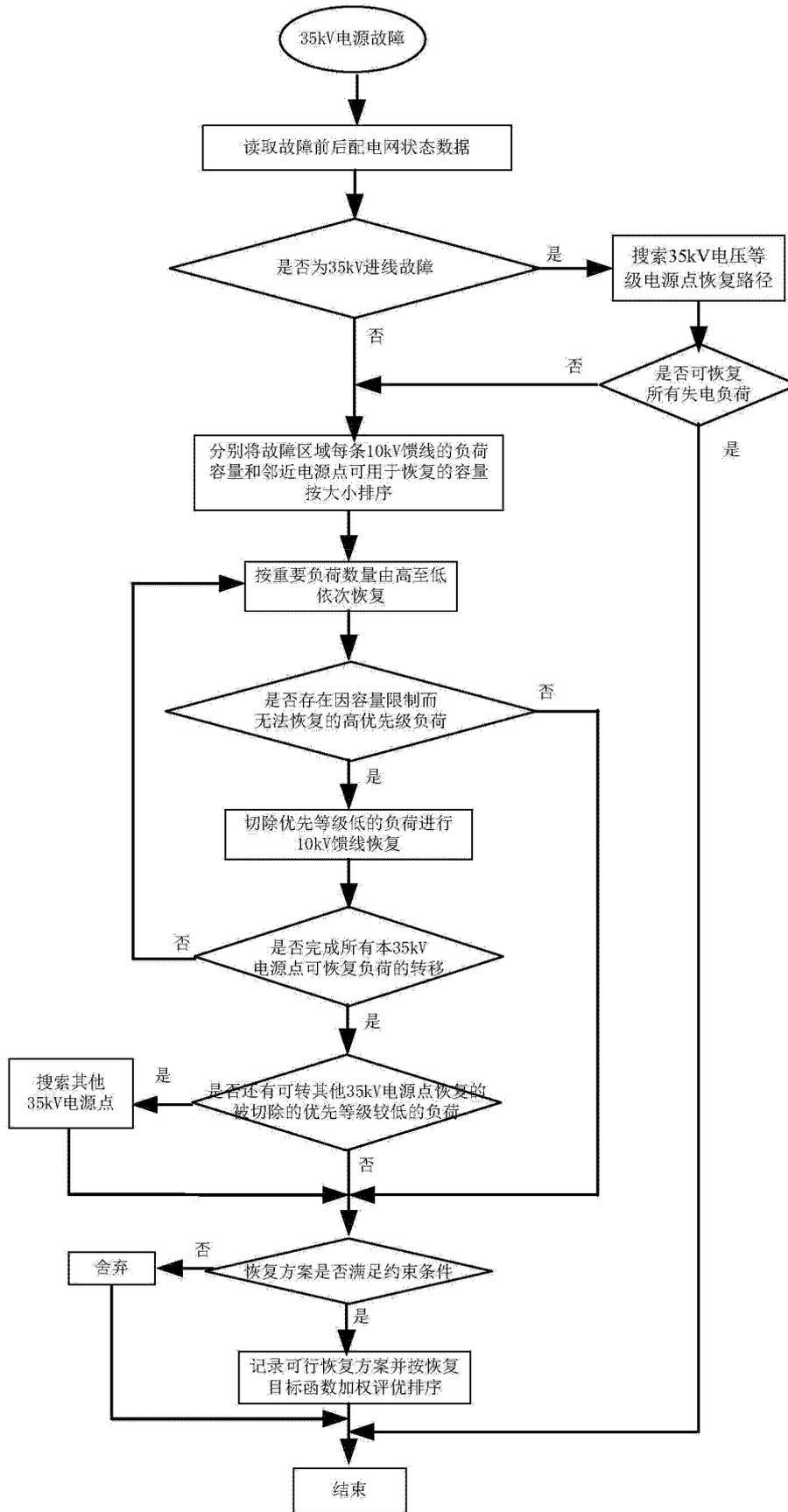


图 6