

配电网停电管理系统分析与设计

李先奇, 曾致远, 张勇传, 徐学军

(华中科技大学水电与数字化工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 配电网的停电直接影响线路的供电可靠性以及配电服务质量。该文在明确了系统的数据信息流转以及停电处理的业务流程之后, 分析了利用 GIS 技术设计配电网停电管理系统, 支持对计划停电以及故障停电的处理。在建立配电网的网络模型基础上利用 GIS 的路径追踪分析、连通性分析、网络分析功能, 在线路容量、负荷平衡等约束条件下, 进行最佳停电隔离点决策以及负荷转移分析, 制定辅助停电方案, 使停电影响最小。在设计的可视化人机界面上系统实现对配电网停电的显示、模拟、分析统计、方案分析以及工作票操作票管理。

关键词: GIS; 配电网; 停电管理; 网络模型; 负荷转移

中图分类号: TM73; TU852 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)23-0055-05

0 引言

配电网系统作为电力系统三大主要部分之一, 也是唯一直接与最终用户相连接的部分。配电网的停电直接影响线路的供电可靠性以及供电服务质量。随着社会发展和科技进步, 对配电网的供电可靠性提出越来越高的要求, 因此研究开发配电网停电管理系统来提高停电管理的效率显得十分有必要。国外的成功经验表明在安装了停电管理系统 (OMS) 之后, 减少了停电恢复时间, 通过其运行数据分析功能可更有效地管理日常的配电系统运行^[1,2]; 国内基于地理信息系统 (GIS) 技术设计停电管理系统的成功先例并不多见^[3,4], 大多只是在配电网管理系统附有部分停电管理的简单功能。本文着重对停电管理系统的功能以及计划停电和故障停电处理的业务流程进行了分析, 设计了配电网停电管理系统, 对系统实现的关键技术进行分析与探讨。

配电网的网络模型, 支持对所有配电网停电的处理。设计的停电管理系统包括的基本功能如图 1 所示。

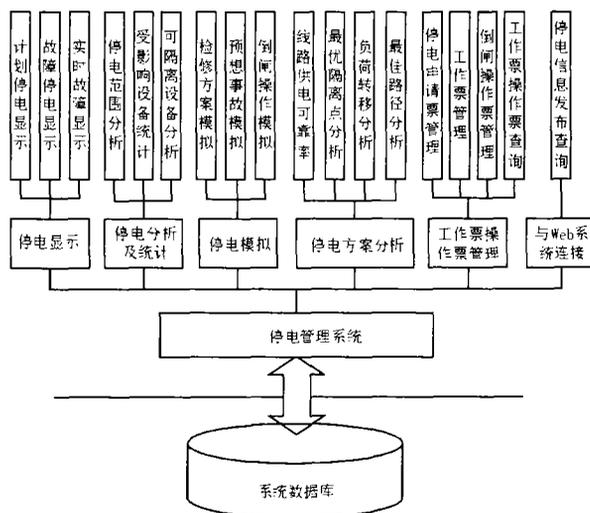


图 1 停电管理系统功能框图

Fig 1 Outage management system function

1 停电管理功能分析

1.1 基本功能分析

配电网系统数据信息包括配电网线路信息、设备信息以及用户信息, 既包含空间地理位置信息也包括属性信息; 既有历史数据也有实时信息。由于配电网线路或者设备检修导致计划停电; 变压器容量不足、线路负荷不足等导致限电; 设施故障、雷电袭击等其他非预先安排的原因导致故障停电。为尽可能减少停电损失, 缩短停电时间, 减少对用户影响, 提高停电管理的效率, 停电管理系统以配电网信息和用户信息为基础, 以地理信息系统为平台, 建立

停电显示: 系统通过着色显示线路和设备的带电状态, 用红色表示带电, 绿色表示失电。在无法获取线路运行实时信息的情况下通过读取系统数据库历史数据显示线路设备状态。改变开关状态或确定停电地点后, 利用电网拓扑分析手段, 可显示停电线路。连接上 SCADA 监控系统可以实时显示开关和变压器等的状态信息, 并可以设置一定的刷新时间和刷新频率进行动态更新显示。把变压器所带负荷按区域划分成供电台区, 建立配电网的低压供电台区, 在 GIS 系统上确定一个变压器故障时可以把变压器影响的供电范围通过着色进行显示。

停电分析及统计:在停电显示的基础上实现停电分析功能。从系统数据库中,将与停电线路相关的电力设备属性数据检索出来,对停电设备进行统计。根据线路设施之间的连通关系,分析出可隔离的设备点以及受影响的用户区域。主要包括如下三种方式的停电分析。

1)供电电源分析:在电网图上任意选取一条线路,通过网络拓扑追踪功能,自动追踪到该条线路的供电电源点,如变电站的某条出线或某个区域的供电电源点。

2)网络实时分析:分析并显示当前实时状态下的供电方式和供电范围,包括从变电站和开关站的出线分析和各个支线开关的向上或向下追踪。

3)配变供电范围分析:在电网图上选中某个配变,系统自动将该配变的供电范围进行显示,并列出让该配变所带来的全部用户信息。

停电模拟:选择使系统处于模拟状态,对线路的操作以及设施状态的改变都只存入临时数据库,在模拟状态结束之后可以撤消所有的操作,对系统实际运行状态不进行更改。主要包括以下三种状态的模拟。

1)制定停电计划进行模拟操作,系统根据拓扑关系计算出受影响的线路和用户,根据选定的电力设备、追踪上游供电的变电站或者电源点,分析假定的设备停电需要检查的电源设备。停电模拟在准备进行开关操作时显得尤为重要。通过它,可以检验计划的操作是否可导致系统的过载或产生过电压。在停电模拟过程中,越限状态可以通过动态颜色变动来显示。

2)预想事故模拟:可以假设某个配电设施或者某条线路出现故障,分析预想事故影响的供电范围,停电区域内包括的重点用电户以及可能导致的停电损失。

3)倒闸操作票模拟:无论计划检修还是故障抢修,执行之前都需要进行倒闸操作模拟,进行设备开断以及挂牌摘牌模拟,确保方案的万无一失。

停电方案分析:既支持计划停电的方案制定分析,也支持故障抢修的停电方案分析。

1)计划停电方案分析时,通过调用系统数据库中保存的停电历史记录以及线路设备运行历史记录,在线路供电可靠率以及停电影响最小等指标的约束下,制定出辅助的计划停电方案。

2)出现故障抢修情况时,把故障分为故障区域和非故障区域进行隔离^[5],在停电分析功能里已分

析统计出可隔离设备点,制定停电方案时从其中找出最佳的隔离设备点。在线路的电压电流约束条件下,保证线路负荷平衡的前提下,进行线路的负荷转移操作,最大可能恢复非故障区域供电,保证对重点用电户的供电,使故障影响降到最低,停电损失降到最小。找出最佳的抢修路径(不一定是最短路径),在最短时间内完成抢修恢复故障区域供电。

工作票操作票管理:工作票按标准分为第一种和第二种工作票进行管理。操作票是执行预先确定的配电网开关操作时,按开关操作程序要求进行操作的程序清单。操作票管理能按操作票指定的顺序自动地执行开关操作,同时也能按所指定的顺序分步地手动执行开关操作。操作票管理处理开关设备的断开闭合、挂牌与摘牌,比如设备挂牌管理,在停电停役期间、运行方式变更等实际电网运行中,可在GIS系统上进行线路挂牌操作,标挂各种提示标识及警示铭牌,同时记录挂牌时间、操作人及挂牌原因等。系统具有判断功能,比如在挂“检修”工作标识牌时,禁止进行遥控操作等,以保证工作人员的安全。每次处理完配电网的停电把停电记录以及工作票操作票按标准格式存入系统数据库,以备查询统计^[6]。

与Web系统连接:与Web系统连接主要实现的功能如下^[7]:

1)发布信息,包括停电公告、设备检修情况和近期配电网的规划设计等。

2)通过Web浏览器,可以对停电数据和分析结果进行浏览和查询,大大提高了上级管理部门对电网停电的监控能力。

1.2 与其他系统关系

基于GIS技术设计的停电管理系统作为配电网管理高级应用的一部分,不可能孤立地运行,必须与其他配电网管理系统相融合。本系统建立在配电网的网络模型基础上,以客户信息管理系统、历史信息维护系统以及设备信息管理系统为基础,通过与SCADA监控系统、客户服务系统(TCS)、自动集中抄表系统(AMR)等数据接口实现数据共享与互操作,才能完整实现其功能。停电管理系统与配电网其他系统的关系如图2所示。

2 停电管理流程分析

2.1 数据信息流程

明确系统的数据信息流转对设计与实现本系统是十分重要的,掌握系统与其他系统之间数据的交互有利于进行标准化的数据接口设计,方便进一步

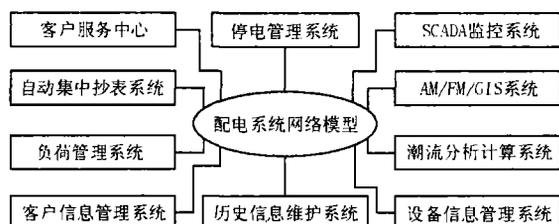


图 2 停电管理系统与配电网其他系统的关系示意图

Fig 2 Relationship between outage management system and other distribution automation systems

的系统数据管理与维护更新。本文设计的停电管理系统采用美国 ESRI公司的 ArcGIS系列软件以及 ArcGIS Engine软件开发包进行开发,在系统后台数据库与停电管理系统之间采用 ArcSDE作为数据引擎,在统一的数据接口标准上实现与其他各个系统之间的数据共享。停电管理系统内部数据信息流如图 3所示。

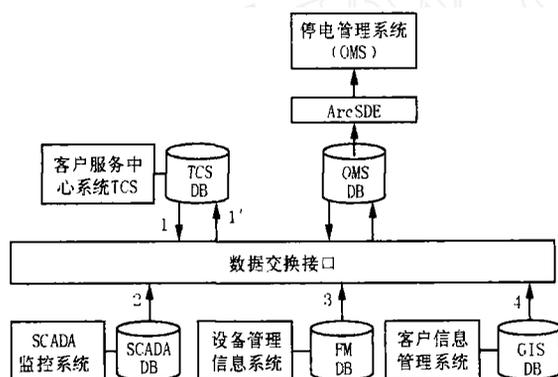


图 3 停电管理系统内部数据信息流图

Fig 3 Outage management system data and information flow chart

2.2 停电业务处理流程

设计的停电管理系统支持对计划停电和故障停电的处理,分计划停电和故障停电进行处理流程的分析,停电业务处理流程如图 4所示。

计划停电:在制定停电计划时进行供电可靠性分析,在执行计划停电时进行最佳停电隔离点分析和负荷转移分析,在进行停电检修或限电之前进行倒闸操作模拟确保线路以及配电设施的容量不会过负荷,保持线路容量平衡,配电设施开断操作合理,并对制定计划、执行计划和恢复供电的流程进行管理。

故障停电:从客户服务中心传来故障投诉信息(接到故障投诉电话)或者收到 SCADA 故障停电信息,基于地理信息系统可视化人机界面,在图上选取故障停电位置,经过停电分析,确定可隔离设备点以及受影响的设备及用户,停电所影响的用户数量,并

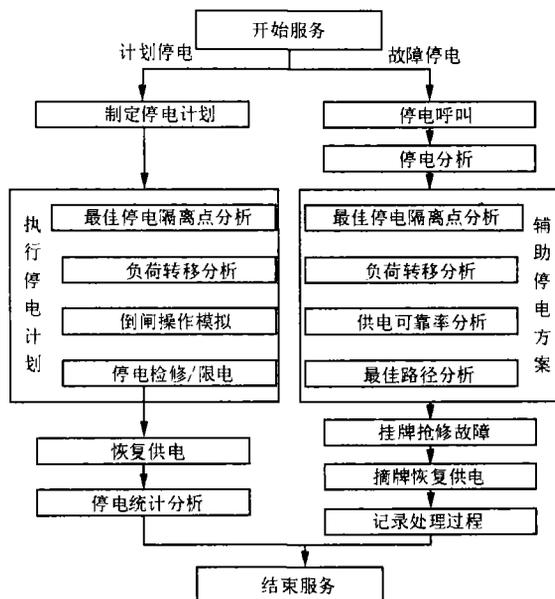


图 4 停电业务处理流程图

Fig 4 Outage management workflow diagram

可在地图上标识相关故障设备及停电区域的位置、故障状态以及被影响的用户及维护人员的相关信息,然后进行最佳停电隔离点分析以及负荷转移决策,在负荷转移决策时考虑到线路的供电可靠率,在 GIS 系统上通过路径分析确定抢修的最佳路径,综合以上各要素制定出辅助停电抢修方案,调度电力抢修人员执行抢修工作,通过工作票操作票管理进行挂牌操作抢修恢复供电,故障抢修处理完毕进行摘牌操作恢复供电,最后记录发生故障到恢复故障的整个流程信息。

系统可以根据所投诉故障的严重程度如断路器跳闸到主要设备电力故障等进行排序。当配电网发生局部停电时,根据故障的位置可以沿供电通道上循追踪到供电通道的源头,同时也可下循追踪到受停电影响的用户。当重要电力设备故障导致配电网系统停电时,可以标明受停电影响的区域以及提供全网故障状态和电力恢复过程的全貌^[8]。

3 系统实现关键技术分析

3.1 最佳停电隔离点选择

当配电网发生故障时,对故障进行分区隔离,或者要进行计划检修停电时,通过停电分析及统计功能确定出可隔离的停电设备点,把可隔离设备点作为候选集,以停电损失最小作为目标函数,在线路供电可靠率、线路负荷平衡以及保持配电网辐射状等约束条件下,寻找出最佳的停电隔离点。

3.2 负荷转移决策

配电网具有闭环结构、开环运行的特点,大多采用辐射形网络供电。在最优化停电隔离点决策之后把停电区域与非停电区域隔离,为最大限度恢复供电,减少对用户造成的影响,从邻近线路或者邻近变电站通过开关动作实现线路负荷转移。在建立的基于 GIS 的完备配电网逻辑拓扑关系之后,系统可根据当前的电网连接状况,进行负荷转移分析,具体步骤如下:

1)分析开关变位点或故障点,将停电线路由特殊颜色或方式显示出来。

2)在建立的基于 GIS 的配电网网络模型上利用网络拓扑结构分析,分析出网络中的连接点信息,得到与停电区域有联络点的其他线路。如果与 SCADA 监控系统成功连接,可以获取到配电网的实时信息,则根据当前 SCADA 系统传来的实时信息(包括开关的遥信信息、线路上的遥测信息等),分析可能提供转供电的线路。

3)以最大限度恢复供电为目标函数,在开关操作次数最少,节点电压、线路电流、负荷平衡以及保持配电网辐射状供电等条件约束下,给出最佳的负荷转移方案。

4)在 GIS 系统可视化界面上,确定拉闸地点及开关动作的步骤。

5)利用以上 4 步得到的分析结果,得到转供线路及相应开关动作地点,计算转供后的相应数据(包括线路供电可靠率、用户平均停电时间、用户平均停电次数)并显示。

4 系统设计与实现

在明确了系统与其他配电网管理系统之间的数据信息流转以及停电业务处理流程之后,根据第 1.1 节设计的停电管理系统的基本功能,设计的停电管理系统框架如图 5 所示。

设计的停电管理系统运行在配电网调度所,通过 Internet 网实现信息发布供公众查询,系统实现与其他各系统的数据交换,通过大屏幕显示配电网停电处理的过程,通过调度所与抢修班的通信连接负责停电过程的具体执行操作。

本系统能够与其他配电网管理系统实现数据交换与信息共享,改变过去主要依靠人工经验来管理配电网停电的现象,并实现了停电管理的可视化。本文设计的停电管理系统部分功能已经实现并且在实际应用中进行了测试取得较好的应用效果。

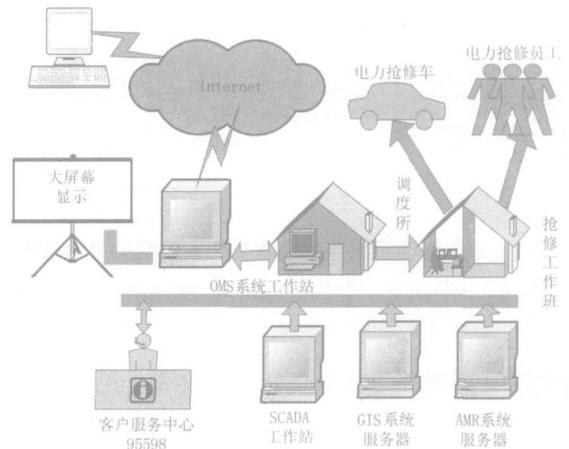


图 5 停电管理系统框架图

Fig 5 Outage management system frame

5 结论

信息技术在电力系统得到广泛而深入的应用,其中地理信息系统(GIS)因其提供的可视化界面、强大的空间信息管理功能以及良好的网络拓扑分析功能,在配电网的应用中取得明显效果。本文分析设计的基于 GIS 的配电网停电管理系统支持对所有计划停电和故障停电的处理,提高了停电管理的效率,减轻了工作人员的负担。存在的问题是如何更好地实现与配电网自动化其他系统的无缝集成,实现在线停电模拟分析等,并且目前在进行负荷转移分析时,考虑的只是基于停电时刻前的负荷水平进行计算的线路供电可靠率而无法准确预测负荷转移之后线路的供电可靠率的动态变化。

参考文献:

- [1] Hom R, Johnson P. Outage Management Applications and Methods Panel Session: Outage Management Techniques and Experience [A]. Power Engineering Society 1999 Winter Meeting, IEEE 1999. 866-869.
- [2] Hall D F. Outage Management Systems as Integrated Elements of the Distribution Enterprise [A]. Transmission and Distribution Conference and Exposition. 2001. 1175-1177.
- [3] 李千波. GE Smallworld 开发的配电网 GIS 中停电管理系统的研究与应用(硕士学位论文)[D]. 北京:北方交通大学, 2003.
LI Qian-bo. An Approach Research on PCMS of Power Distribution GIS Based on GE Smallworld, Thesis [D]. Beijing: Northern Jiaotong University, 2003.
- [4] 匡洪海, 黄少先. 配电网停电管理系统设计方案 [J]. 电力系统自动化, 2004, 28(24): 71-74.

- KUANG Hong-hai, HUANG Shao-xian Design of the Outage Management System for Distribution Network [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28 (24): 71-74.
- [5] 蔡乐,邓佑满,朱小平. 改进的配电网故障定位、隔离与恢复算法 [J]. 电力系统自动化, 2001, 25 (16): 48-50, 61.
- CAI Le, DENG You-man, ZHU Xiao-ping An Improved Algorithm of Fault Location Isolation and Restoration for Distribution Systems [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25 (16): 48-50, 61.
- [6] 蔡运清. 配电管理系统当前的国际状况 [J]. 电力系统自动化, 1996, 20 (6): 40-44.
- CAI Yun-qing Distribution Management System's state of the Art Around the World [J]. Automation of Electric Power Systems, 1996, 20 (6): 40-44.
- [7] 李晓骏, 邱家驹. 基于 Web 技术的配电网地理信息系统的设计与实现 [J]. 电网技术, 2003, 27 (4): 54-58.
- LIXiao-jun, QU Jia-ju Design of a Distribution Geographical Information System Based on Web Technique [J]. Power System Technology, 2003, 27 (4): 54-58.
- [8] 陈竟成, 徐德超, 于尔铿. 配电网故障恢复系统 [J]. 电力系统自动化, 2000, 24 (4): 46-51.
- CHEN Jing-cheng, XU De-chao, YU Er-keng Distribution Fault Detection Isolation and Restoration System in a Distribution Management System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24 (4): 46-51.

收稿日期: 2005-04-12; 修回日期: 2005-07-08

作者简介:

李先奇 (1981 -), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为停电管理系统应用开发以及优化算法在电力系统中的应用;

E-mail: lixianqi@gmail.com

曾致远 (1957 -), 男, 教授, 主要研究方向为信息技术在电力系统方面的应用;

张勇传 (1935 -), 男, 教授, 中国工程院院士, 主要研究方向为数字梯级水库群优化调度决策。

Analysis and implementation of distribution outage management system

LIXian-qi, ZENG Zhi-yuan, ZHANG Yong-chuan, XU Xue-jun

(College of Hydropower and Information Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Outage of distribution directly affects distribution reliability and service quality. After information and data exchanging in this system and working flow processing outage are ascertained, outage management system (OMS) based on GIS is designed in this paper, which supports planned outage and contingency outage. Distribution geometric network is established based on GIS. Under the constraint of line capacity and load balancing, finding out best isolation point and load transfer scheme. This paper proposes an outage scheme using the function as path tracing, connectivity analysis, and network analysis to minimize the outage influence. The functions including outage display, outage simulation, analysis and statistic, scheme analyzing, and work order and operation tickets management have been implemented on the basis of visualization man-machine interface.

Key words: GIS; distribution network; outage management; network model; load transfer

(上接第 54 页 continued from page 54)

Simulation study of unified power quality conditioner

SONG Xin-xin, WANG Guang-zhu

(School of Electrical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: This paper proposes a new measurement of voltage and current, that there is no need of the measurements of voltage fluctuation, harmonic voltage, harmonic and reactive current. Voltage equivalent measurements for series active power filters and the current equivalent measurements for shunt active power filters are discussed. Simulation results show that the UPQC controlled by the new equivalent measurement has simple control algorithm and good performance. The UPQC can not only compensate for harmonic and reactive currents produced by nonlinear loads and improve power factor, but also eliminate voltage fluctuation and harmonic voltage.

Key words: unified power quality conditioner; voltage fluctuation and harmonic voltage; harmonic and reactive current; equivalent control measurements