

电网故障信息快速集成和智能诊断系统的研究

汤少卿, 陈 晟

(泰州供电公司, 江苏 泰州 225300)

摘要: 针对目前电网故障诊断和处理中存在的问题, 分析了故障信息的来源和快速集成中要考虑的问题, 得出对电网故障诊断和恢复的要求。提出利用 Intranet 平台, 合理融合远程在线监测的关键数据, 组建以保护和录波信息为主的电网重要信息快速集成系统, 作为电网实时运行和快速故障分析恢复的参考。讨论了故障诊断数据的选取和信息集成中的问题, 详细阐述了系统的网络结构和通信方式, 给出了实用的主站和分站的结构图, 合理优选了整个系统的通信方式, 最后指出了电网故障信息快速集成和智能诊断管理的步骤及系统应具备的功能。

关键词: 企业内部网; 监测信息; 信息集成; 故障诊断

中图分类号: TM 734

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2005)01-0085-04

0 引言

针对电网这个“脆弱系统”, 如能在 10 s 内对故障隐患做出快速判断和响应, 在电网全面瓦解前切除某些“冲击”的影响, 快速平衡电能供求关系, 才有可能把事故限制在最小程度。增加电网自适应能力, 需要加强电网故障快速判断和恢复方法的研究, 首先要从继电保护新方法(如自适应、网络化保护)上增强电网的抗扰性, 同时更有必要加强故障信息快速集成与诊断恢复的研究。特别是发生复杂电网故障时, 需要快速集成整个电网相关各类实时监测信息, 对缩短停电时间、降低停电损失有重要意义。

本文首先分析了故障信息快速集成和诊断的依据, 然后详细介绍了联网模式, 指出 Intranet 是其最佳方式, 并提出在全网监测数据的基础上加强再分析、数据共享的方法, 进一步探讨了故障智能诊断和自适应恢复所面临的课题。

1 故障信息快速集成和诊断的依据

电力系统故障时, 要求调度员能迅速、准确地判断发生的故障, 尽快恢复系统的正常运行。提高故障判断的正确率, 实现电网故障的快速诊断和恢复, 对故障前后的原始电气量(故障信息)的快速获得提出了较高的要求^[1]。

1.1 故障信息来源

目前已有的监测系统中, SCADA 可向调度端提供开关变位信息; 微机保护装置可判断出电网局部故障的类型, 给出相应的告警和出口动作, 并可进行

事故追忆、事故重演等。当发生复杂故障时, 这些信息还不足以分析故障原因和判断故障类型, 也谈不上对故障作快速诊断恢复处理。微机录波器能反映出故障前、后电网电气量的瞬间变化及继电保护动作的行为, 是对现代电网故障进行深入研究的基础, 也是评价继电保护动作及分析设备故障性质、依据的重要依据。

微机保护和故障录波器分布在各变电站, 其中继电保护实时性最强, 自动处理某些局部电网事故, 而录波器一般用于事故后的分析。在数字电力系统和广域实时测量技术还未有效实现的情况下, 保护信息加上 SCADA 和录波信息, 可作为运行及调度人员处理、分析电网复杂事故、消除事故隐患的重要参考。收集具有远传功能的保护和故障录波装置运行信息, 并快速传送到调度端, 与 SCADA 系统、电力设备监测和能量管理系统的信息有机集成, 以提高电网事故分析和处理的技术水平, 已成为电网调度运行管理部门的迫切需求。

1.2 故障信息集成中应考虑的问题

针对实际情况, 在快速集成电网各种故障信息时, 首要考虑保护和录波装置数据的获得问题。

a. 解决微机保护和录波器规约、数据格式的统一问题。各厂家“联网”程序不兼容, 数据格式不统一, 若由调度端服务器直接连接所有录波器和重要保护, 其通信和处理任务负担将过重。

b. 故障信息传递速度要足够快, 收集和处理速度要在 10 s 以内, 否则不能为在线故障处理服务。

c. 各个原始数据应具备统一的绝对时标。基于全网的数据分析时, 时标统一后, 可以采用快速算法, 减小处理时间, 增加计算准确度。

d. 系统要具备安全性、保密性和良好的可维护性,与保护和录波器的通信应不影响其原有功能,而且维护方便。

e. 信息网络要具备开放性和可扩展性。适当考虑以后系统中网络节点增加,规模扩大、距离延伸及多媒体的应用等,还要与 SCADA 和 MIS 系统的多系统集成等问题^[2]。

1.3 故障诊断与恢复的要求

在故障快速准确诊断方面应考虑以下几个方面。

a. 考虑到数据处理和故障诊断的速度,利用全网的完整信息,集成 SCADA、保护和录波信息,采用快速优化算法,提高综合诊断的效率。

b. 系统解决的不再是局部问题,功能上着眼处理复杂故障,预测故障隐患发展的可能后果。

c. 智能诊断结果的有效利用,要具备完善数据共享能力,通过信息发布与其他子系统(如 SCADA, MIS 和上级调度)协作。

d. 故障事后再现、反演、智能分析能力。在线分析诊断时间极短,各种情况不可能面面俱到,而且电网结构模型在故障(开关动作)后发生变化,需要将专家系统、神经网络、粗糙集理论等人工智能理论应用于电网运行状态、故障诊断和恢复策略等方面^[3]。

2 故障信息快速集成系统结构

随着计算机网络和数据通信技术应用于电力系统,系统设计要实现电网故障信息的快速采集、传送和诊断^[4,5]。

2.1 故障信息联网模式

目前,有两种故障信息集成的网络模式。

2.1.1 基于简单电话拨号的轮询方式信息联网

电话拨号的故障信息联网结构如图 1 所示。

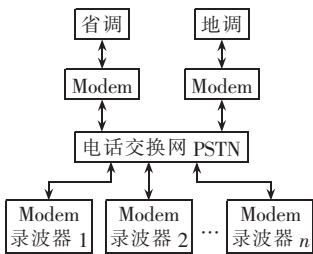


图 1 电话拨号故障信息联网结构图
Fig.1 The architecture of power system fault information based on PSTN

上级调度部门通过电话调用录波器的信息,在故障信息网络中没有连接保护装置。将具有远传功能的录波器采用 RS-232 和 Modem 连到公用(或专用)的调度电话线路,其通信速率只有几千波特,数据传递速度慢。接收信息采用轮询通信方式,每次调度端的服务器只能与一台录波器通,再加上数据传输速率较低,多个录波器的数据需要很长时间才能到达调度端,这使得收集到的暂态数据,只能用

于事后离线故障分析,而不能将故障信息用于在线故障诊断,这意味着故障录波器信息不能为调度员处理故障服务,并未达到联网的真正目的。

这种联网方式成本低,但在电网发生故障时,不仅信息传送速度慢,而且调度电话相对较忙,其通信可靠性降低。另外,故障信息的计算机辅助分析功能简单,不适合信息快速集成的需要。

2.1.2 基于企业内部网标准开放的联网方案

网络结构如图 2 所示。

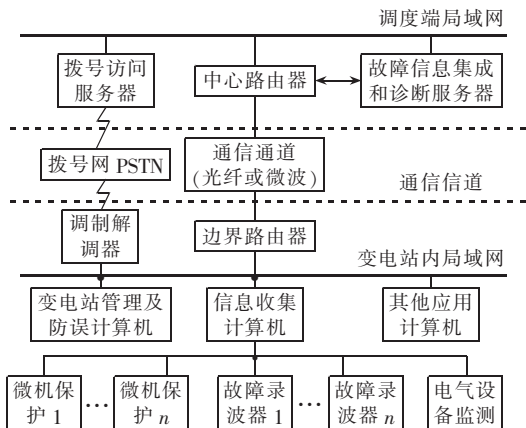


图 2 基于 Intranet 的故障信息的联网结构图
Fig.2 The architecture of power system fault information based on Intranet

在电网故障信息集成和诊断系统中,采用融入 Internet / Intranet 技术的广域网模式,调度中心和变电站都采用局域网模式构建。在变电站和调度中心之间,可以通过调制解调器和电话交换网 PSTN (Public Switch Telephone Network) 连接,又可以利用网卡、路由器和光纤通道连接。两者如兼有,可以互为热备用,利用软件实现自动切换。

调度中心设置故障信息集成和诊断服务器与变电站局域网相联,即与故障信息收集计算机相连,这是变电站计算机加入局内企业网的最佳方式,采用标准网络结构,技术成熟,信息传递速度快,而且可靠性很高。故障信息集成和诊断服务器是整个系统的核心,完成故障信息分析、诊断、管理和发布工作。

分站结构如图 3 所示。

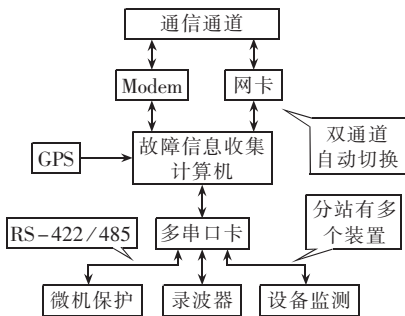


图 3 分站结构框图
Fig.3 The block diagram of the subsidiary station

在变电站设置故障信息收集计算机,完成多个保护和录波装置监测数据的接收和上传,并利用 GPS 给各保护和录波器统一时钟,实现通信规约和数据格式的转换,增加对应本装置数据的唯一网络标识,是服务器和保护、录波器连接的中间环节,过滤、分类和精练有用的信息,减轻服务器的处理负担。

2.2 故障信息集成中的通信技术

利用计算机网络和现代通信等关键技术,故障信息集成网络分为资源子网和通信子网。资源子网是指用户端系统(局内调度自动化网、MIS 网和变电站的局域网),包括用户的应用资源,如服务器、故障收集计算机、外设、系统软件和应用软件。通信子网由通信线路和通信节点组成,通信节点是指负责网络通信的设备如路由器、网关、远程桥及交换设备等,通信设备可以在故障信息网和企业内部网中共享^[6]。

2.2.1 系统通信方式

在故障信息集成系统中,以调度端局域网为中心,加上多个变电站局域网,使用标准 TCP/IP 协议形成广域网系统。各局域网可灵活地采用技术成熟的 IEEE 802.3/以太网、交换式以太网、快速以太网、光纤分布式数据接口(FDDI)或异步传输模式(ATM)等。分站的故障信息收集与调度端数据传输方式采用自动和手动两种通信方式。

2.2.1.1 自动通信

录波器和保护启动后,分站计算机接收自动传来的报文数据经转换、分类、标识处理后,通过网卡或 Modem 主动上传到主站服务器,两远程通道互为热备用,优先使用网卡,当网络不通时采用 Modem,增加了通信的可靠性。

2.2.1.2 手动通信功能

一方面指调度中心经过手工操作网络调用分站数据。如指定装置所属的站号或指定装置实时通信,也可调用分站计算机中已存的历史故障报文。另一方面分站计算机可通过操作与信息集成服务器连接,由站端选择向调度端服务器传输报文或从调度端传输文件到站端计算机中(如修改定值和与其他分站数据互相调用)。

2.2.2 分站内数据通信方式

分站运行的保护和录波器与故障收集计算机之间的联接根据实际采用三种方法。

a. 如有支持 CAN 现场总线或 TCP/IP 开放协议的录波器可直接接到变电站端局域网,其通信速度快,是今后故障信息快速集成系统中首选类型。

b. 对只有串口或 Modem 通信的装置,采用故障信息收集计算机加多串口卡组成 1 对 N 的通信方式。考虑到实际情况,经过电缆沟距离一般都超过 30 m,直接采用 RS-232 串口方式上传故障信息,驱动能力和抗干扰性能不能满足要求,可将 RS-232 转换为 RS-485/422 传输。

c. 对无上传功能的装置要进行改造,一种方法由厂家增加通信程序,如有困难,对录波器而言可在其后台机上安装网卡和驱动程序,利用文件共享方式联入站端局域网,由故障信息收集计算机主动巡查装置的信息。

在泰州供电局故障信息网中分站与服务器通过光纤网络进行连接,在服务器和站端计算机上均采用网卡相连,Modem 为备用通信方式组成 Intranet。站计算机接入 GPS 统一各装置时钟,站内通信中将 RS-232 转换为 RS-485/422 传输,减小干扰,增加驱动能力,并采用可靠性高的工业用多串口卡,较好地满足了要求。

在平时没有故障时,故障信息网可用作变电运行管理网,这一方面共用了通信通道及设备,另一方面也能经常检验通信信道的完好性。采用 Intranet 技术的网络可靠性非常高,各变电站的故障信息可同时向调度端传送,通过合理区分故障重要信息及非重要信息的传送时间,使得先期到达调度端的故障信息用于电网的实时故障诊断和恢复。

3 故障信息诊断与管理

故障信息包括保护、录波装置信息,以及调度自动化系统的开关变位信息。上传前分站将故障信息经过了前期处理,如数据格式转换为电力系统暂态数据通用格式标准(COMTRADE),数据分类标识;故障信息集成服务器结合数据库和专家系统,对数据利用分层诊断^[7]思想进行智能化处理,快速诊断出故障,以辅助故障的快速恢复,下面是其主要步骤。

a. 首先从大量涌入调度端的各类报警信息中筛选用于事故恢复的重要有效信息。将故障信息分类,分清故障信息的时间顺序,分清重要和次要信息,存入实时故障数据库。

b. 结合故障信息数据库进行在线快速分析,初步由开关报警信息判断简单故障区域,再由保护动作和录波信息确定复杂故障区域、类型、严重程度,提示要快速解决故障的恢复策略,防止故障扩大。如发生的是复杂故障可能利用到全网的多端故障信息,算法和模型相当复杂。

c. 进行详细的事后分析,在全网多装置数据的基础上,运用高级算法进行综合分析。

波形分析用于显示、分析波形及对波形进行编辑,能任意选取某次故障记录,使波形放大、缩小、移动及改变颜色设置,读出任意时刻模拟量的瞬时值和有效值,能对所录取的模拟量进行任意组合,满足一般波形动态显示和分析要求。

故障分析能任意选择有三个过零点的数据,计算出有效值、频率、有功、无功、两模拟量之间的相角差,故障前后正序、负序、零序电压电流变化的相量分析,提供较详细的定量分析手段。

谐波分析采用傅里叶变换,能对各模拟量及其由它们组合而成的模拟量计算出基波分量、直流分量及各次谐波分量。

故障测距利用全网的信息综合分析,由GPS保证绝对时标,针对不同的电力系统故障模型提供多种测距算法(单端、双端和多端),测距结果有较高的精度。

故障再现也称故障追忆,利用故障再现进行整个电网开关动作时序比较,能清晰地分解展示事故发生前、后的全过程。

故障诊断可充分利用故障录波器记录的信息,结合专家系统理论,对故障发生后的事故紧急处理过程进行分析、评价,对因继电保护及安全自动装置而导致的事故给予较为明确的说明。

d. 建立完善的继电保护、故障录波管理信息数据库,将运行的定值和故障信息处理结果存档,对于运行部门进行日常维护、事故分析将起重要作用。

e. 故障集成信息的查询、打印和发布等。首先规划数据库中存放的故障历史信息,对故障特征数据进行有效管理。如故障发生的变电站及录波器代号、时间、分析结果、故障原始文件名所在目录等。然后,通过基于数据库的信息发布系统建立数据共享,如图4所示。

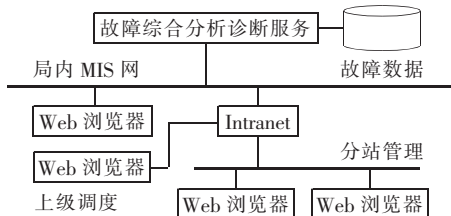


图4 故障信息发布示意图

Fig.4 The sketch map of fault information publication

系统通过故障综合分析服务器兼Web服务器(将SQL SERVER 7.0与IIS4.0结合起来^[8]),采用“推”技术发布故障信息,对于一般管理科室,利用MIS网查询故障历史信息表就可以得到故障的历史记录,对于职能科室如继电保护科室(生技科),赋予权限共享故障的原始文件及每次故障详细分析结果。

4 展望及结论

目前,许多电力企业内部网速度上足以满足信息快速传递的需求,但还不能真正做到故障的在线处理及自动恢复决策,究其原因,瓶颈在于现有的保护和录波器本身的通信速度问题、全电网复杂故障分析模型及优化决策的研究跟不上。因此,在发展数字电力系统时代,加快基于开放、网络型、高速(采样速率和通信速度)录波器和保护装置的研制势在必行,另外要同时加强故障智能诊断的研究工作。最终以全局广域相量测量和分析为支柱,实时地提供系统所需的各种关键运行信息,快速评估电网的

运行状态,快速智能化诊断故障,使电网成为自适应网络重构、自适应保护等为其特点的一个全局广域智能控制系统。

利用Intranet网络结构组建故障信息快速集成和诊断系统,可解决目前信息传递速度和可靠性的问题,并可与调度自动化网系统和局内管理信息网相连,进一步发展可以实现故障恢复专家决策系统,并利用Web发布提供数据共享能力,将对电网安全及自动化水平的提高具有深远影响。

参考文献:

- [1] 王立新,郭登峰,张小川. 微机保护和故障录波器联网系统[J]. 继电器,2000,28(4):46-49.
WANG Li-xin, GUO Deng-feng, ZHANG Xiao-chuan. A networking system of microprocessor-based protections and fault recorders[J]. **Relay**, 2000, 28(4): 46-49.
- [2] VOROPAI N I, MOROZOV F Y, SEMENOV V A. Reliability in the restructured Russian utility industry[J]. **IEEE Power Eng. Review**, 1998, (2): 8-12.
- [3] KEZUNOVIC M, RIKALO I. Automated analysis of protective relay operation [R]. Brazil: ISAP'99, Riode Janeiro, 1999.
- [4] 贺仁睦. 电网动态实时监控及管理系统的构想[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(5): 1-4.
HE Ren-mu. Power system dynamics monitoring and management system [J]. **Automation of Electric Power Systems**, 2002, 26(5): 1-4.
- [5] 何赞峰. 一种基于故障录波信息的电网故障诊断方法[J]. 电网技术, 2002, 26(5): 39-43.
HE Zan-feng. A power system diagnosis method based on recorder fault data [J]. **Power System Technology**, 2002, 26(5): 39-43.
- [6] 黎洪生, 陶运锋, 朱兆勋, 等. 远程在线监测与故障诊断系统的实现[J]. 武汉理工大学学报, 2001, 23(7): 35-37.
LI Hong-sheng, TAO Yun-feng, ZHU Zhao-xun, et al. The design and realization of remote online monitor and fault diagnosis system [J]. **Journal of Wuhan University of Technology**, 2001, 23(7): 35-37.
- [7] 常胜, 刘辉, 桂小军. 电网事故信息的收集与分析处理[J]. 继电器, 1999, 27(2): 43-48.
CHANG Sheng, LIU Hui, GUI Xiao-jun. Acquisition and analysis processing of event informations of power network [J]. **Relay**, 1999, 27(2): 43-48.
- [8] RAHIMI A, SCHAFFER G. Power system transient stability indices for on-line analysis of worst case dynamic contingencies [J]. **IEEE Trans. on Power Systems**, 1987, 2(2): 660-668.

(责任编辑:戴绪云)

作者简介:

汤少卿(1966-),男,江苏泰州人,副总经理,工程师,研究方向为电力系统自动化及安全运行 (E-mail: sewengma@sina.com);

陈晟(1966-),男,江苏泰州人,副总经理,高级工程师,研究方向为电力系统自动化及安全运行。

Study on quick fault information integration and intelligent diagnosis system for power system

TANG Shao-qing, CHEN Sheng

(Taizhou Power Supply Company, Taizhou 225300, China)

Abstract: Aiming at the problems in fault diagnosis and processing of power system, the fault information sources and factors in quick integration are discussed, and the requirements for the fault diagnosis and restoration of power network are derived. A quick information integration system based on Intranet technology is put forward for power network real-time operation, fast fault analysis and system restoration, which integrates the main protection and fault recorder information and the key data of online remote monitoring. The selection and integration of fault information are discussed and the network structure and communication mode are expounded. The net-structure of main and subsidiary stations is proposed, and the optimum communication method is selected. The management procedures of quick fault information integration and intelligent diagnosis and the system functions are given.

Key words: Intranet; monitoring information; information integration; fault diagnosis