

电网故障信息系统应用技术

高翔^{1,2}, 张沛超³

(1. 浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027; 2. 华东电力调度交易中心, 上海 200002; 3. 上海交通大学 电气工程系, 上海 200030)

摘要: 在概述了电网调度自动化系统后, 针对故障信息系统的信息来源、特点, 分析了系统在电网运行、事故分析中的作用、价值。同时, 针对各种系统实施过程中所引出的问题, 提出了故障信息系统的设计原则(系统结构模块化、信息处理智能化、数据通信网络化)以及故障信息系统的建设和实施中应重点解决的问题。故障信息系统建设的信息分层管理概念, 有助于缩短事故处理时间、加速系统的恢复, 为电网安全、稳定、经济运行产生良好的综合效益。

关键词: 电力系统; 调度自动化; 故障分析; 信息系统; 智能电子装置

中图分类号: TM 73; TM 764

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2005)04-0011-04

0 引言

随着现代信息技术在电力系统应用的拓展, 具有信息采集和处理能力的智能电子装置(IED)的应用场合也越来越广泛。光纤通信网络的发展为各种实时、非实时业务信息的传输提供了很好的基础。IEC 在变电站信息标准化方面工作的推进为综合利用 IED 的信息、提高变电站信息的综合应用效能和价值提供了前提。集成数字式保护和故障录波器数据的故障信息系统正是在上述背景下产生的^[1,2]。

故障信息系统由厂站端的子站、通信传输网络及各级电网调度中心主站组成。子站集成了数字式保护和故障录波器的信息, 完成不同设备的规约转换, 实现与主站的信息交互; 主站基于子站信息的有机集成, 实现对规范化信息的分析、处理, 为电网事故处理、保护动作行为分析提供有效的工具。系统的效用体现在两个方面: 一是变电站层面不同设备的信息集成, 各种保护信息管理机、信息传输接口的简化; 二是电网调度层面主站通过信息共享和处理实现各种高级应用功能。

本文针对电网事故分析的需求, 讨论了故障信息系统在电网调度自动化系统中的作用、与相关系统的关系、系统设计、建设应遵循的原则, 以及系统实施的价值与意义等问题。

1 电网调度自动化系统概述

根据信息的来源及在电网运行、控制及事故处理中的作用, 可将电网调度自动化系统分为三类。

第一类是静态安全监视和控制系统, 即传统意义上的电网调度自动化系统。其数据来源是厂站端 RTU 或监控系统的 SCADA 信息。SCADA 系统每隔

一定的时间间隔更新一次数据, 并提供给 EMS 系统实现网络拓扑分析、状态估计、在线潮流监视、静态安全分析及自动发电控制等应用功能, 即通常所谓的“四遥”。以 EMS 为应用主体的调度自动化系统已经形成相对成熟的应用体系。

但 SCADA 的信息不能系统地反映电网发生故障时一次系统的电压、电流波形信息以及继电保护装置的动作时序、重合闸过程等判断系统故障的关键信息, 并实现对上述信息的有效关联和综合分析处理。或者说 SCADA 系统只能给电网调度运行人员提供电网发生了什么事情的信息, 但不能提供为何发生这些事件的信息。

第二类是动态安全监视和控制系统, 即通常所称的广域测量系统(WAMS)。对此类系统的关注起始于 1996 年美国加州大停电事故, 系统的数据来源是厂站相角测量装置(PMU)带 GPS 时标的实时相量数据, PMU 每秒传输 20~25 帧数据。该系统的特点是相量数据带有精确的时标, 可以有效地保证数据的同步。同时, 由于其数据的采样密度较高, 可以实现对电力系统小扰动现象的监视, 如低频振荡等。

目前, 对动态安全监视和控制系统所能实现的应用还处于探索阶段, 最终的应用效果将取决于基于 PMU 数据的算法对电力系统分析、控制的有效性以及实现控制的手段等因素, 还需要得到电力系统分析理论上的支持。有可能通过该系统的应用研究实现对电网小扰动的监视、控制; 电力系统稳定(PSS)协调控制; 在线稳定控制如广域保护系统(WAP)等。由于 PMU 数据的来源独立于 EMS 系统的 SCADA 信息, 因此基于 PMU 的系统有可能构成电网安全预警系统的基础。

第三类是电网事故分析处理系统, 即通常所称的故障信息系统。该系统的特征是具备了完整地分析电网故障情况的故障录波信息、保护动作信息和通过辅助接点转发的断路器状态变化信息。在厂站

端实现 GPS 同步对时,信息自身带有时标,可以通过信息的有效过滤实现对故障地点、相别、故障时保护、断路器动作时序的完整描述,为电网调度运行人员提供事故处理的决策依据^[3]。

该系统的实施将改变电网运行人员对电网故障信息的了解主要依据现场电话汇报的状况。通过厂站端的信息集成与预处理,经电力通信网实现在故障发生的第一时间将实施电网事故处理所需的重要信息主动上送到调度,可有效地缩短事故判断与处理的时间,避免因故障信息的不完整、不及时而错过事故处理的最佳时机,有利于事故后系统的恢复与电网的稳定。

2 故障信息系统作用

故障信息系统的信息来源和构成决定了其在电网事故分析中具有不可替代的地位,其作用主要在下面叙述。

2.1 为调度运行人员事故处理提供决策支持

如前所述,故障信息系统可以有效地集成涉及电网事故处理的关键信息。同时,可以根据电网事故处理的需要确定信息的分类和优先等级,并按预先设定的原则实现信息的主动上传。可为电网调度运行人员进行事故处理提供了必要的决策支持,有利于尽快恢复系统。

2.2 为继电保护专业人员提供系统分析工具

在电网发生事故后,继电保护专业人员需要对保护装置的动作行为进行详细的分析,确定保护装置的动作结果是否符合保护的原理、特性,是否与保护装置内的设定值、辅助逻辑一致。故障信息系统在厂站端实现信息采集和规约转换,并在调度端实现信息共享,可以利用故障录波器的模拟量信息实现对保护装置动作行为的详细分析。

2.3 为设备维护人员提供设备异常情况信息

故障信息系统可以通过主动上送设备的运行状态或异常情况,及时通知设备检修人员进行设备消缺,恢复设备的正常运行。同时,通过对每次系统故障时保护动作情况历史数据的积累分析,综合对保护运行状态的监视适时调整设备检修计划,为最终实现状态检修提供必要的基础信息。

2.4 为电网分析的其他应用提供数据支持

故障信息系统完整地记录了电力系统发生故障时保护动作行为、反映电网各种特征信息的电流、电压特征信息等,可以为其他应用系统提供必要的数据支撑,如系统运行特性分析、模型参数校核、设备检修管理、稳定控制及电力调度管理信息系统(DMIS)等。

3 故障信息系统的特点

3.1 信息传输具有准实时特征

故障信息系统正常运行时仅产生少量信息,在电网发生故障时会产生大量信息,信息传递具有准

实时特征。故障信息系统将原来等待召唤的保护动作信息和故障录波信息变成了可以主动上传的信息,并可以实现这两类信息的有效关联。

3.2 信息处理遵循分层过滤原则

电网故障时会产生大量的故障信息。如果在厂站端对这些信息不做任何过滤或预处理,对保护和故障录波器的信息不做任何关联,将会有大量的冗余信息上送到电网调度。

为了确保信息处理的及时性和有效性,故障信息系统应体现信息分层处理的原则,即变电站层保留原始的信息,电网调度中心保留经预处理的有效信息,并针对不同应用对象确定对信息响应的内容和时间要求。系统的信息处理应实现信息的订购与发布(subscribe/publish)机制,见图 1,信息分类处理的原则应依据信息的使用对象而定。

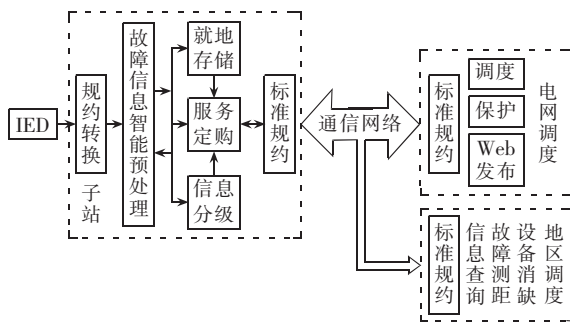


图 1 故障信息预处理及信息发布

Fig.1 Fault information pre-processing and publishing

3.3 信息交换满足接口标准要求

故障信息系统是基于不同制造厂家的设备进行信息集成并实现规约的标准化转化。从系统的构架角度,信息的交互有以下 3 个层面。

a. 厂站端系统应与所接入的保护、故障录波器设备的信息交换;与监控系统的信息交换。

b. 主站端系统应与 SCADA/EMS 系统的信息交换;与整定计算系统的信息交换;与 DMIS 系统的信息交换。

c. 厂站端系统与不同电网调度的主站端系统的信息交换。

信息交换应满足数据通信规约标准化的要求。目前,应针对故障信息系统加强对 IEC 60870-5-103 等规约的统一解释。随着 IEC 61850^[4]的正式颁布,系统的设计及工程实施应积极考虑能适应新一代标准的要求。和其他系统相比,故障信息系统应逐步实现采用 IEC 61850^[5]作为信息集成和传输标准。

3.4 信息管理支持高级应用实现

故障信息系统所记录的信息包含了电网运行特征的各种重要信息。对于此类数据的有效挖掘和管理是实现各种高级应用的重要基础。这些应用分析包括:一次系统是否有过电压现象(如工频、谐振、雷击等);电磁暂态过程或机电暂态过程中二次设备的响应;故障实际记录的特征量与离线计算模型参数

的差异等。尤其对于需要历史累积数据的分析系统,如涉及设备状态评估分析可提供重要的基础信息。

4 故障信息系统设计原则

故障信息系统的设计应遵循下述原则。

4.1 系统结构模块化

系统设计应对信息及应用功能扩展具有适应性,系统的架构设计既要兼顾现状更要适应未来技术的发展,使系统的建设可以逐步完善。

在厂站端,子站上送的信息应支持不同应用系统功能数据需求,子站系统必须适应保护等 IED 的扩充、变更以及升级;在主站端,应以 CIM^[6] 技术实现与电网调度其他应用系统的有效关联和数据交换,其软件架构必须适应新应用增加的需要。

系统的模块化重点体现在如下方面,如图 2 所示。

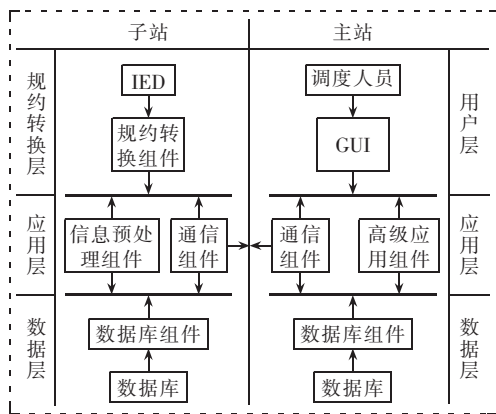


图 2 系统模块化设计

Fig.2 Modularized design of system

a. 子站和主站都采用分层架构,使得系统模块化程度高,各层、各模块功能定义清楚。模块之间具有严格的接口定义。在保持接口不变的前提下,容易实现模块的替换或者模块内部功能、效率的提升,从而使得整个系统具有灵活、开放的优点。

b. 装置规约转换组件应具有开放、可插入、可替换的特性。

c. 子站数据预处理组件应能提供多种预处理算法。

d. 通信规约组件应实现通信规约的可替换性。

e. 高级应用组件应支持多种高级应用的插入。例如,具备专家系统功能实现对电网故障情况的自动分析,实现保护定值的一致性校核,实现各种保护动作综合统计分析功能等。

f. 支持多种商用数据库系统。

4.2 信息处理智能化

故障信息系统应根据事故处理的原则,智能地对故障信息进行自动过滤和分类处理。保护和故障录波器的信息按其重要性可分成 4 类。

a. 一类信息:属于事故信息,是电网调度运行人员直接判断电网事故发生时所需的信息,如断路

器动作情况、保护装置出口信息、故障相别、持续时间及故障测距结果等。此类信息应自动上送。

b. 二类信息:属于监视信息,应用对象是现场运行人员和设备维护人员。监视信息反映设备的状况,如设备的投运状态、装置直流消失、装置异常告警、TA 断线及通道异常等。此类信息应自动上送。

c. 三类信息:属于事件信息,是反映所有保护软报文的信息;应用对象是保护专业人员。用于事故后详细分析保护、断路器等动作行为。此类信息应等待主站召唤。

d. 四类信息:属于波形信息,主要指故障录波文件。用于事故后保护动作行为的详细分析和电网运行特征的分析。此类信息应等待主站召唤。

4.3 数据通信网络化

目前,故障信息系统的数据传输方式主要有调制解调器拨号、专线及数据网等 3 种典型的方案。故障信息系统正常时信息量很少,而电网发生故障时将在短时间产生大量信息。为确保电网发生故障时能有效地获取用于事故处理的故障信息,系统正常运行时必须实现对系统的有效监视。故障信息系统的效用在于其规模,在系统达到一定规模时,前两种数据通信方式的弊端暴露无遗。因此,数据网络通信方式是一种必然的选择。

5 故障信息系统建设与实施

在系统建设与实施中应重点考虑下述问题。

5.1 建设规划性

作为调度自动化重要组成部分的故障信息系统,其效用与系统的完整性成正相关性,系统的作用与重要性将会在系统建设过程中被逐渐认同,系统信息的完整性将随着系统建设的扩展而逐步实现。因此,系统建设应按“统一规划,分步实施,逐步完善”的原则进行,应在电网的规划中比较完整地体现系统建设规模与实施步骤,逐步推进系统实用化进程。故障信息系统建设将是个长期的过程。因此,主站必须在信息并不完整的情况下,对可能实现的应用提出合理的预期目标。

5.2 数据完整性

目前,所实施的系统基本按现行调度管理体制所确定的调度管辖范畴进行,实际上造成了同一厂站的信息按调度管辖范畴分别上送不同的电网调度,这样对电网调度而言就不能保证事故判断所需信息的完整性。同时,对于静态继电器的动作情况和断路器跳闸信息等没有反映,而这部分信息对于事故分析处理是必不可少的。对此,可以通过故障录波器的事件量信息作为补充。

5.3 系统安全性

作为系统建设的最基本原则,在实现子站系统与保护设备、故障录波器信息接入时,任何情况下都不能降低原有设备运行的安全性。在系统建设初期

应考虑以信息采集为主,在系统足够安全时才能考虑对保护设备的操作。对保护设备的定值变更、保护动作信号的复位等功能,应由电网故障信息系统完成并独立于监控系统。

从计算机网络安全角度,系统建设和建设中应综合应用如表 1 所示的五类安全层次。

表 1 故障信息系统安全层次

Tab.1 Security levels of fault information system

安全层次	可采取的技术
数据安全	对控制命令和操作参数(如定值)的传输应采用数据加密技术。
应用程序安全	用户授权,用户存储权限控制。
用户安全	用户身份认证。
系统安全	子站应采用嵌入式操作系统,主站应安装网络防病毒软件。
网络安全	在不同安全域(与 DMIS)之间应安装防火墙。

需要特别说明的是:根据二次系统安全防护的定义,故障信息系统属于二区,但进行保护定值调用或保护的远程停复役等操作则属于一区的工作范畴。在设计和实施中应采取措施以实施对这两类不同安全区域的隔离。

5.4 信息流程规范化

如前所述,故障信息系统所涉及的信息交换接口较多。接口的规范性将是电网故障信息系统运行稳定性和信息有效集成应用的关键。需要确定可作为技术依据的信息交互规则,如与厂站端的变电站监控系统,与电网调度端的保护整定计算程序、EMS、各类 MIS 等。数据交换必须尽量符合国际标准,或者根据系统本身的应用特点做出规范化的约束,确定相关信息的流程。

6 结语

随着信息技术应用的拓展,智能电子装置的信息提供和处理能力大大增加,同时也意味着电网发生故障时短时间会产生大量信息。调度运行人员有可能淹没在“信息海洋”中而无所适从。因此,故障信息系统的意义首先在于确定了信息分层处理的原则,在厂站端对信息进行预处理,根据事故处理重要程度选择主动上送的信息,以避免造成不必要的信息阻塞,错过电网事故处理的最佳时机。

故障信息系统的建设以提供信息的有序管理为切入点,实际上引入了信息分层管理的概念。这种信息的分层管理是以电网调度的应用为依据,以对事故的有序处理为目的,以服务于电网的安全为导向,以适应技术发展为基础。对信息的规范、有序管理是实现各种高级应用的基础前提,也是提高信息利用价值的重要措施,并将直接有助于缩短事故处理时间、加快系统的恢复,为电网的安全运行带来明显的综合效益。

参考文献:

[1] 张 劲,章坚民,朱炳铨,等. 220 kV 继电保护故障信息处理系统的设计[J]. 电力系统自动化,2003,27(11): 61-64.
ZHANG Jin,ZHANG Jian-min,ZHU Bing-quan,et al. Design of 220 kV relay protection and fault information system[J]. **Automation of Electric Power Systems**, 2003,27(11):61-64.

[2] 章坚民,朱炳铨,蒋月良,等. 继电保护故障信息处理主站系统设计的核心问题[J]. 电力系统自动化,2003,27(14): 72-74.
ZHANG Jian-min,ZHU Bing-quan,JIANG Yue-liang,et al. Key issues in the design of master station of relay protection and fault information system [J]. **Automation of Electric Power Systems**,2003,27(14):72-74.

[3] 杜 一,张沛超,郁惟镛,等. 基于故障录波数据的分布式电网故障诊断系统[J]. 继电器,2003,31(1):26-29,38.
DU Yi,ZHANG Pei -chao,YU Wei -yong,et al. A distributed power system fault diagnosis system based on recorded fault data[J]. **Relay**,2003,31(1):26-29,38.

[4] IEC 61850,Standards and committee draft,communication networks and systems in substations[S].

[5] 章坚民,姜健宁,赵 舫,等. IEC 61850 在继电保护故障信息处理子站系统的应用[J]. 电力系统自动化,2003,27(13):61-63.
ZHANG Jian-min,JIANG Jian-ning,ZHAO Fang,et al. Application of IEC 61850 on substation relay protection and fault information subsystem[J]. **Automation of Electric Power Systems**,2003,27(13):61-63.

[6] IEC 6197022000,Standards and committee draft,energy management system application program interface (EMS-2API)[S].

[7] 何 菁.YS-3000 故障信息管理系统的应用 [J]. 电力自动化设备,2001,21(8):70-72.
HE Jing. Application of YS-3000 fault information management system [J]. **Electric Power Automation Equipment**,2001,21(8):70-72.

[8] 刘清瑞. 继电保护与故障信息管理系统的结构、功能及其实现[J]. 电力自动化设备,2004,24(4):93-96.
LIU Qing-rui. Main functions and implementation of protective relays and fault-recording information management system [J]. **Electric Power Automation Equipment**,2004,24(4):93-96.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

高 翔(1962-),男,安徽巢湖人,高级工程师,从事继电保护与自动化运行与管理工作(E-mail:gao_x@ec.sp.com.cn);
张沛超(1970-),男,江苏连云港人,副教授,主要研究方向为专家系统在电力系统中的应用、电网调度自动化技术(E-mail:pczhang@sjtu.edu.cn)。

Application technology of power fault information system

GAO Xiang^{1,2}, ZHANG Pei-chao³

(1. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. East China Electric Power
Dispatching and Communication Center, Shanghai 200002, China;
3. Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: The electric power dispatch automation system is summarized and the effect and merits of fault information system in power network operation and fault analysis are analyzed according to its information sources and characteristics. Aiming at the problems occurred in system implementation, the design principles are put forward, including modularized structure, intelligent information processing and net data communication. The key problems to be solved in system construction and implementation are also presented. The concept of layered information management reduces the fault processing time and speeds up the system recovery, which brings comprehensive benefit to the safe, stable and economic operation of power system.

Key words: power system; dispatch automation; fault analysis; information system; intelligent electronic device