火力发电厂继电保护管理信息系统的研究与开发

马晋辉[1]，赵文博[1]，杨耀文[1]，尹浙洪[2]

（1.华能北京热电有限责任公司,北京 100023; 2.上海许继电气有限公司,上海 200122）

摘要:：对火力发电厂保护和自动化装置的管理现状进行了分析:目前火力发电厂继电保护设备信息采集数量、规模不全，侧重点不一，保护及录波数据存储分散，发布方式各异，无统一的信息管理平台。提出了火力发电厂继电保护信息管理系统的设计方案，实时采集信息全厂的继电保护设备和自动化装置设备信息，实现运行监测、设备管理、智能预警、数据发布等一系列功能，并在实际运行中取得较好效果。

关键词：继电保护；信息管理；运行监测；事故辅助处理；智能预警

Research and development of relay protection management information system in coal-fired power plants

MA Jin-hui[1], ZHAO Wen-bo[1], YANG Yao-wen[1], YIN Zhe-hong[2]

(1. Huaneng Beijing Cogeneration Co. , Ltd, Beijing 100023, China; 2. Shanghai XJ Electric Co., Ltd, Shanghai 200122, China)

Abstract: This paper analyzes the present situation about the management of relay protection and automation devices in coal-fired power plants. The information collection for the current relay protection devices in coal-fired power plants is incomplete in quantity and scale, and focuses on different aspects. The protection and fault recording data are in scattered storage and various publishing methods, lacking of unified information management platform. Therefore this paper brings forward a systematic construction scheme of relay protection management information system in coal-fired power plants, which can realize the real-time data acquisition for the relay protection devices and automation equipments in the entire plant, as well as a series of other functions such as operation monitoring, device management, intelligent alarming and data publishing. It has already achieved good results in actual operation.

Key words: relay protection; information management; operation monitoring; accident assistant treatment; intelligent alarming

中图分类号： TM76 文献标识码：A 文章编号： 1674-3415(2010)08-0063-04

0 前言

近几年来继电保护管理信息系统（以下简称保护信息系统）在国内电网获得了广泛应用，但在发电厂的建设却几乎是空白，随着我国发电机组制造水平的不断提高，单机容量日益增大，目前在火力发电厂(以下称火电厂)中600 MW和1000 MW机组已经逐步成为主流机组，随着机组规模的增大，电厂运行的继电保护装置数量也越来越多，但对继电保护装置的系统化管理程度很低，迫切需要对继电保护装置进行专业化管理，这对发电厂保护信息系统的建设提出了迫切要求。

随着计算机网络与通信技术的飞速发展，火电厂内的保护和自动装置的微机化、网络化、通信智能化程度越来越高,这为保护信息系统的信息采集、传输、处理及发布提供了充分的基础条件与技术支撑。这些信息可为继电保护专业化管理提供统一的信息管理平台,实现保护设备的在线运行监测，为现场设备的状态检修积累完备的数据实现对运行中的继电保护装置进行运行状态分析，对继电保护事故处理和运行调整提供决策支持，同时也可以建立厂用电电量监测管理系统；保护信息系统进一步与发电厂 MIS、SIS 等应用系统集成，不仅可为继电保护专业提供服务, 更能为调度和生产管理所利用，从而实现全厂对继电保护装置的集成化、一体化管理。

1 火电厂继电保护信息管理现状

目前火电厂没有独立的保护信息系统，对保护装置信息的采集和管理大致有三种实现方式：

1）继电保护信息子站。按照电网的统一要求，220 kV及以上发电厂升压站的母线保护、线路保护、

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

故障录波器等装置经信息子站组网，采集其保护定值、故障录波文件，通过调度数据网上传至调度中心信息主站。

2）发电厂升压站自动化系统（NCS）。通常大型发电厂升压站配备有综合自动化系统以完成升压站电气设备的监测、控制功能，其继电保护工程师站对自动化系统所接入的保护装置进行管理。

3）机组厂用电监控管理系统（ECMS）。 机组厂用电电气设备在就地配电室（间隔层）组网，通过通信管理单元后以多种方式与 DCS 通信，包括以太网、串口等，实现各厂用电保护装置保护、遥测、遥控、遥信功能。也有将发变组、高低压厂用电源等电气设备单独组网设立 ECMS 操作站监控，不与 DCS 通信。

第 1、2 种方式连接设备主要是升压站保护及录波器，侧重于保护定值、动作报告、录波文件的采集及发布；第 2 种方式中 NCS 测控数据多通过单独的测控装置组网上传取得；第 3 种方式连接设备主要是机组厂用电保护，保护设备数据信息量大，而机组DCS系统较电网EMS、SCADA系统通信能力较弱，加之 DCS 信息点数容量的限制，其多侧重机炉系统安全，能进入 DCS 系统供运行调度人员监测、使用的电气量信息较少；发变组保护只上送了保护异常报警信息；机组故障录波器信息则基本没有上送。

总之不论采用何种方式，整个电厂继电保护设备信息采集数量、规模不全，侧重点不一，保护及录波数据存储分散，发布方式各异，无统一的信息管理平台，信息二次发掘再开发如实时预警系统、保护辅助决策系统等高级功能很少，更谈不上与装置校验、设备状态检修、继电保护技术监督等技术管理工作相结合。

2　火电厂继电保护信息管理系统特点

火电厂保护信息系统有着与火电厂生产过程相适应的特点：需实时采集并发布保护装置实时模拟量、开关量，需在线分析各种采集信息，同时保护信息系统与设备技术监督、检修管理相结合，大量应用功能在 Web 服务器上以网页形式实现等。

在火电厂中，接入保护信息系统的装置主要包括发变组保护、厂用电保护、母线线路保护、高压变压器保护、故障录波器、励磁调节器等，占装置总数 80％左右的是厂用电保护装置，其均具备保护测控一体功能，其测量部分精度符合《火力发电厂电能平衡导则》标准要求，数据能够直接用于各种生产指标的计算。

火电厂基建投产后相当长一段时间内，在无改扩建工程的情况下，升压站、机组厂用电电气一次系统接线变动很小，运行方式变化不多，受外界电网潮流影响较少。电网由于联网区域广，事故频发，潮流变化大，运行方式调整多，保护定值实时整定校核显得比较重要。

火电厂保护信息系统的使用人群包括各级运行人员，检修维护人员，技术监督管理人员，厂级生产领导，同时升压站的部分保护信息通过调度数据网供调度值班人员使用。

因存在上述特点，对火电厂保护信息系统而言，通过厂用电保护测控装置的电度量等信息构成电厂厂用电电量管理系统，以进行运行方式调整、厂用电节能管理功能需求强；保护设备实时参数与一次设备状态预警功能需求强；保护设备实时监测与日常检修校验、技术管理相结合功能需求强；应用人群广，要求大量数据与 MIS、SIS 系统共享且通过电厂 MIS 网以网页形式发布，众多应用功能需通过 MIS 各终端在网页上实现，而非在工作站上实现。

3　火电厂继电保护管理信息系统建设

3.1　系统拓扑

火电厂保护信息系统采用分层分布开放式结构，由主站、子站、采集站等三层通信网络构成(见图 1)。

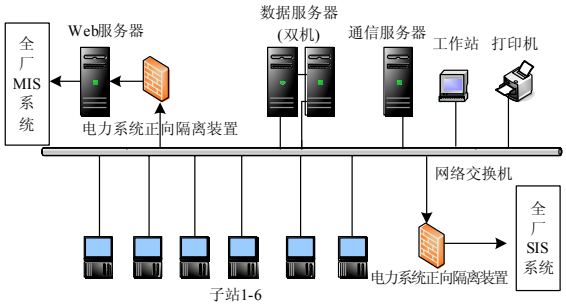

图 1　主站拓扑结构图

Fig.1 Main station topology structure

保护信息系统主站由通信服务器、数据服务器、Web 服务器、磁盘阵列、工作站、单向隔离装置、网络交换机等构成。主站对子站上传的实时/非实时数据进行数据存储及统计分析，形成历史数据库，从各种不同的角度提供观察、分析电厂电气一次系统及二次保护设备性能的方法和手段，为高层次的保护管理提供丰富的数据源，同时提供与其它非生产管理系统数据库的良好接口。所有数据经单向隔离装置通过Web服务器在MIS网以IE浏览器实现数

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

据发布及大量功能的应用，同时将部分数据经单向隔离装置向 SIS 系统发送。

保护信息系统中主站、子站服务器位于同一网段，其对时既可采取与电厂 GPS 校时系统主站时间同步服务器进行网络对时，也可以采用与各 GPS 校时系统子站进行直流 B 码对时；厂用电保护装置的数量较多，多采用保护报文对时方式(如图 2 所示)。

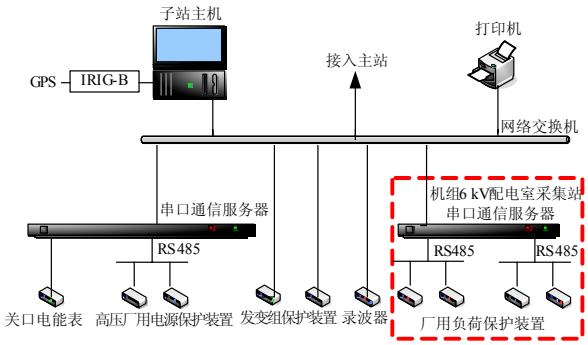

图 2 子站拓扑结构图

Fig.2 Substation topology structure

采集站分布于各机组及公用外围系统 6/10 kV 配电室，目前厂用保护测控装置主要采用 RS485 通信口，采用以太网口的较少。按照高压开关柜布置，每 2～4 套装置通信口并联后接入采集站串口服务器。采集站进行协议转换，以 TCP/IP 协议通过光纤通道接入各机组子站网络交换机。

各机组及网控分别配置保护子站，子站安装于各保护小间，机组发变组保护、发变组故障录波器、高压厂用电源进线保护通过以太网口分别接入子站网络交换机；网控室母线线路保护、高压变压器保护、故障录波器亦分别通过太网口接入网控子站。各子站进行数据存储、分类整理后，以 TCP/IP 协议通过光纤通道接入电厂信息主站网络交换机，同时网控子站还通过调度数据网以信息定制的方式向电网保护信息系统传输相关数据。

3.2 软件功能设计

系统主要处理三种类型的数据：实时数据（包括保护装置实时模拟量/开关量、录波器实时模拟量/开关量等）、非实时数据（包括保护动作报告、录波简报、录波文件、保护定值等）、技术管理图档(包括保护图纸、设备资料、校验报告等)，因此系统功能设计开发重点主要体现在以下四部分：运行监测功能、事故辅助处理功能、设备状态智能预警功能、设备管理功能。

运行监测功能通过在按照一次系统图绘制的监控画面网页显示并实时刷新保护、录波装置相关模拟量、断路器位置，实现对一次系统设备的实时运行状态监测；通过厂用保护装置模拟量中瞬时功率、累计电度及关口电能表电量数据的归类、统计、计算建立厂用电量监测分析系统，在网页上刷新发布，指导运行人员合理、经济调节运行方式；通过网页显示励磁系统调节器实时参数实现对励磁系统运行状态的监测；通过对定期召唤的保护定值数据与整定定值库中数据逐项比对实现保护定值的差异化核对；通过保护、录波装置告警报告的滚动刷新，监测信息系统的通信中断、二次设备硬件异常等情况。

事故辅助处理功能包括保护动作数据实时发布、录波数据分析、事故分析及事故恢复的继电保护辅助决策、事故远程诊断等。以发变组保护动作为例，信息系统按照事件对相关信息进行归类，自动制作成一个信息包，形成一个信息的集合，包括保护动作报告、保护装置录波、录波器录波简报、录波器录波、发变组及高压厂用电源开关模拟量变化和开关量变位报告、预警报告等，该信息包通过网页及时发布，运行值班人员能够据此迅速准确的做出判断，实现事故恢复的继电保护辅助决策；同时检修技术人员对信息包数据进行专业分析，及时做出事故分析报告上传至信息系统供运行人员查阅，其中录波数据分析除了离线分析外，还通过基于 OLE 的 Activex 文档服务器技术将录波分析软件嵌入到浏览器中运行，实现了网络下最理想的在线故障录波分析工作方式。对于难度较大的问题，可通过华能系统内部 Internat 网召集相关技术专家浏览信息包内容在线远程诊断。事故辅助处理功能将分散各处的事故信息集合并及时发布，大大加快了事故处理进度，在线和远程的事故分析为运行人员的事故处理提供了技术支持。

设备状态智能预警功能是指除了保护本身的异常告警外，还通过对多套保护、录波装置实时模拟量、开关量信息进行综合计算分析，与预先设定的预警判据及门槛值比较，建立继电保护与一次设备运行状态实时预警系统。该系统的作用在于：对保护装置及二次回路运行可靠性进行分析并提供预警，同时对一次设备异常趋势而未达到保护动作值的情况提供预警。预警判据如母线 PT 开口三角形电压大于预警值、发电机中性点 PT 电压大于预警值、差动保护差流大于预警值、同一组 CT 三相电流不平衡度大于预警值、同一设备同一相别的不同组 CT 电流不平衡度大于预警值等。通过上述判据的计算可以发现许多保护装置、二次回路、一次设备运行中的潜在隐患，提醒运行人员加以分析并采取相关措施。设备状态智能预警功能是对信息系统数据的深度二次开发，

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

部分实现了设备状态检测和诊断，为评估设备健康水平，合理编制检修计划提供决策基础。

继电保护设备管理功能将设备台账、运行校验、缺陷处理、定值单管理、电子图档管理、继电保护技术考评系统、技术监督指标、综合统计报表等多个方面的内容有机地组合起来，从而形成了全厂继电保护日常工作的平台。系统采用 B/S 模式，所有数据信息均在电厂 MIS 网上以网页形式发布，电厂内部 Internat 网各终端均可通过 IE 浏览器以不同权限进行访问和操作。以这种形式规范了电厂内部的继电保护专业日常设备运行管理的方式和手段,为各种技术决策提供了多样化的分析手段和数据支持,保证了各种数据实时共享, 相比以前大量的手工操作, 既增强了准确性, 又极大地提高了工作效率。

4 火电厂继电保护管理信息系统实施难点

在火电厂保护信息系统的研发中，吸取了电网保护信息系统研发经验，结合火电厂的生产特点，做出了大量创新性的开发工作，但技术性能上仍存在一定难点，这些难点的产生往往是由于：①信息系统本身架构的局限;②保护装置通信能力的限制;③保护厂家技术开放度的限制。

1)保护信息系统从概念提出、系统研发到方案实施均是侧重于电网发生故障后实时地进行故障处理和故障分析，电网正常运行的实时监视和控制交由 EMS 系统实现。故障信息系统主要采集和分析处理保护及录波装置的非实时数据（动作报告、录波文件），其主站数据库多采用关系型数据库，这样的架构对实时数据处理能力产生了限制。目前在 SIS 系统中应用较为广泛的 PI（plant information system）数据库，能够以数据的原型长期在线存储所有的生产数据，满足快速和高效地进行数据采集、存储及显示要求，保护信息系统对实时数据的处理可以借鉴使用 PI 数据库，同时通过该数据库与机组 DCS 系统进行通信，以确保相关数据的实时性。

2)目前发变组保护、高压变压器、线路等保护多采用三 CPU 并行智能处理技术，一个 CPU 专门负责通信，这样保护装置通信处理能力得到了较大提高；但厂用保护装置多为单 CPU，通信处理能力则相对较弱。大量保护装置还是采用 RS232 串口，通信协议采用保护厂家私有的规约 。装置通信接口及规约的限制对保护信息系统数据的实时性产生了一定影响，当串口服务器的一个串口并联多台保护装置时，该串口数据轮询周期将较长，产生的影响更加明显。可以通过减少串口并联保护装置的数量，确定数据召唤的优先级，完善通信容错处理机制，提高主站服务器硬件的配置，优化数据服务器并行处理的能力等方法间接提高保护装置通信能力。

3) 出于各种因素的考虑，保护厂家对保护装置以通信方式传输的数据进行了一定限制，通常不提供中间模拟量的传输，对二次电流、电压量的传输也有所选择。录波器厂家通常很少提供实时模拟量、开关量的数据上传，而这些极有价值的实时数据对建立全面的一次、二次智能预警系统至关重要。在火电厂保护信息系统的研发中，经过与保护厂家的多方沟通与协调，部分厂家开放了相关通信协议，实现了模拟量数据的实时上传，初步建立了相关预警系统，使得保护数据的二次发掘进一步深化。这也反映出保护信息系统的深度开发需要各保护、录波厂家减少技术开放度的限制。

5 结论

电厂与国内某知名公司共同研究开发的首套火电厂保护信息系统填补了国内保护信息系统建设的空白，系统投运一年来，设备运行稳定，在电厂安全生产中发挥了重要作用。在一次机组小修后，发变组差动保护一侧 C 相电流极性接错，该相制动电流为零，在机组并网低负荷时，最小差动动作电流因达不到动作值而未动作，保护装置未报警，但智能预警系统判断最小动作电流大于零漂门槛值而生成预警报告，及时提醒了运行人员，通过检查保护装置中各侧电流参数，确定退出差动保护，带电封 CT 倒换极性，避免了一次保护误动。

随着继电保护信息系统建设规模的不断扩大和运行经验的不断积累, 以及在系统中使用更多成熟、可靠的新技术, 将大大提高运行调度部门信息和故障综合分析处理能力, 火电厂继电保护管理信息系统将更加实时、开放，继电保护装置运行管理更加信息化、网络化和自动化, 使火电厂继电保护管理的自动化水平迈上一个新的台阶。

参考文献

[1] 徐驰. 继电保护设备管理信息系统的开发与应用[J]. 电力系统自动化，2004，28(12)：98-99.
XU Chi. Development and Approach to Management Information System of Relay Protective Equipment[J]. Automation of Electric Power Systems，2004，28(12)：98-99.

[2] 宋福海，黄巍, 等. 继电保护故障信息系统的实用化建设[J]. 福建电力与电工，2008,28（1）：32-34.
Song Fu-hai, HUANG Wei, et al. Pragmatic Construction in Protection Fault Information Systems[J]. Fujian Electric Power and Electric Engineering，2008，28（1）：32-34.

（下转第 148 页 continued on page 148）

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

试验实测馈线最大稳态电流 130 A，小于限时速断保护电流定值(一次值 3 000 A，时限 0.3 s)和定时限过流保护电流定值（$1.3I_N$＝780 A，时限 0.9 s）；馈线保护过流速断 3 000 A 和延时 $1.3I_{CT}$=780 A，且馈线载流量小于 1 852 A，CT 一次电流小于 1 000 A，均满足保护整定的合环条件。试验过程中无发生保护误动等异常情况。

4 结论

本文主要介绍了 10 kV 配网电磁合环试验，建立等值计算模型，通过试验结果的分析和 BPA 潮流计算研究配网合环操作对电网安全运行的影响，并得出以下结论：

（1）试验表明，在满足技术条件的情况下，10 kV 线路可进行合环操作。但合环条件与线路负荷、载流量、所在母线电压和相角等密切相关，应具体计算分析。

（2）在预知合环开关两侧电压、相角差及馈线初始负荷的情况下，可采用网孔等值算法计算合环潮流，其计算精度可满足工程要求。合环开关两侧电压、相角差可分别由开关现场测量或由馈线所在变电站母线电压、相角推算获取，其中变电站相角由调度员潮流提供。

（3）合环潮流受电压、相角影响大，应尽可能提高电压、相角测量和潮流计算精度，并准确反映环路阻抗参数和馈线负荷分布情况。当开关两侧不具备测量条件或电压、相角测量误差较大时，宜采取调度员潮流计算母线相角参数，但计算不同片网调度员潮流时需提高外网等值精度。

（4）合环过程中，由于环流影响，馈线有功、无功负荷重新分布，可能出现馈线电流幅值和大于初始电流的情况，且一回馈线功率因数提高在 0.9 以上，另一回馈线功率因数下降至 0.5 左右。

参考文献

[1] 曹亮，孔峰，陈昆薇. 一种配电网的实用潮流算法[J]. 电网技术，2002，26（11）：58-60.
CAO Liang，KONG Feng，CHEN Kun-wei. A Practical Algorithm of Load Flow Calculation for Distribution Power System[J]. Power System Technology，2002，26（11）：58-60.

[2] 于建辉，周浩，陆华. 杭州 10 kV 配电网合环问题的研究[J]. 机电工程，2007，24（10）：54-57.
YU Jian-hui，ZHOU Hao，LU Hua. Research on Hangzhou 10 kV Distribution Network Closing Loop Operation[J]. Mechanical and Electrical Engineering Magazine，2007，24（10）：54-57.

[3] 杨志栋，刘一，张建华，等. 北京 10 kV 配网合环试验与分析[J]. 中国电力，2006，39（3）：66-69.
YANG Zhi-dong，LIU Yi，ZHANG Jian-hua, et al. Loop Closing Examination and Analysis on Beijing 10 kV Distribution Network[J]. Electric Power，2006，39（3）：66-69.

[4] 夏翔，熊军，胡列翔. 地区电网的合环潮流分析与控制[J]. 电网技术，2004，28（22）：76-80.
XIA Xiang，XIONG Jun，HU Lie-xiang. Analysis and Control of Loop Power Flow in Regional Power Network [J]. Power System Technology，2004，28（22）：76-80.

收稿日期：2009-05-19； 修回日期：2009-09-15

作者简介：

邹俊雄（1977-），男，工程师，从事调度运行管理工作；E-mail: zgong@tom.com

周冠波（1985-），男，硕士研究生，研究方向为电力系统保护、控制与自动化；

付 轲（1985-），男，硕士研究生，研究方向为电力系统保护、控制与自动化。

（上接第 66 页 continued from page 66）

[3] 吴杰余，张哲，尹项根,等.电气二次设备状态检修研究[J]. 继电器，2002，30(2)：22-24.
WU Jie-yu，ZHANG Zhe，YIN Xiang-gen,et al. Study on Condition-based Maintenance of Electrical Secondary Equipment[J]. Relay, 2008, 28（1）：32-34.

[4] 陈绍光.电力系统二次设备状态检修探讨[J].云南水力发电，2005，21(5)：53-56
CHEN Shao-guang. Condition – based Maintenance of Electrical Secondary Equipment for Power Systems[J].Yunnan Water Power，2005，21(5)：53-56.

[5] Power Systems Engineering Research Center，Integration of Substation IED Information into EMS Functionality Final Project Report[EB/OL]/ http://www.pserc.org，2008.

收稿日期：2009-06-04； 修回日期：2009-07-08

作者简介：

马晋辉(1974-)，男，高级工程师，硕士研究生，主要从事电力系统继电保护运行管理、工程设计工作；E-mail: hn_mjh@126.com

赵文博(1953-)，男，教授级高级工程师，本科，主要从事发电厂技术管理工作；

杨耀文(1965-)，男，高级工程师，本科，主要从事发电厂检修管理工作。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net