

[换流站]

特高压换流站智能诊断系统的设计与实现

文/赵冠华 张自朋 赵东杰 吴春昇
中电装备许继集团

针对调度主站对特高压换流站智能诊断、故障快速处理的需求，提出了换流站智能诊断系统的设计方案，增加事件直传装置，将站内事件信息和交直流运行方式信息通过DL 476通信规约和DL 104通信规约上送调度保护信息系统主站，增加内置故障录波网关，将直流控制保护系统内部故障录波信息通过IEC 61850通信规约上送调度保护信息系统主站。

目前国网各省调特高压直流站控保护系统监视单元可实时接收换流站的直流保护信息，包括直流保护动作、告警及缺陷等信息，仅可用于初步的直流系统故障分析，无法满足特高压直流换流站智能诊断、故障快速处理的要求，需要对其进行功能提升，实现对特高压直流换流站二次设备的在线监视、故障分析和智能推送，为保护专业人员提供直流二次设备运行状态分析、故障快速定位、辅助决策和智能推送，为调度运行工作提供有效的技术支撑。为此，换流站需要将站内事件信息、交直流运行方式信息及直流控制保护内部故障录波信息上送调度保护信息系统主站，用于主站端进行直流故障智能分析业务。

提出了一种满足上述要求的换流站智能诊断系统设计方案，并应用于泰州换流站。

总体设计

换流站增加一台内置故障录波网关装置和一台事件直传装置。

内置故障录波网关装置从内置录波工作站获取录波文件，并通过IEC 61850通信规约将内置故障录波文件上传到调度主站。事件直传装置双网接入

换流站监控系统网络，并将全站信息和交直流状态信息通过DL 476通信规约和DL 104通信规约上传到调度主站。

两台装置均为许继GWS-1型高压直流输电专用装置。该装置采用整机无风扇、无硬盘结构的嵌入式工控硬件平台，紧凑型金属机箱，整机符合电力四级认证。具备运行稳定和免维护的特点，能够很好地适应高压直流输电工程现场强烈的电磁干扰以及其他恶劣环境。该装置可以在-25~55℃环境下正常作业，当出现装置掉电现象时，在恢复电源的情况下，系统可实现自动重启，同时相关服务程序自动启动，极大地提高了系统的稳定性、可靠性和健壮性。

为提高换流站SCADA网以及调度数据网的安全性，部署智能诊断系统时，在智能诊断系统交换机与调度数据网LAN2之间增加防火墙，利用路由NAT技术实现智能诊断系统与主站的互通，同时可以隐藏站内IP。另外，在防火墙中增加控制访问策略，防止站外其他无关主机访问智能诊断系统以及站内异常报文发往调度数据网。

智能诊断系统的总体结构及其在换流站中的位置如图1所示。

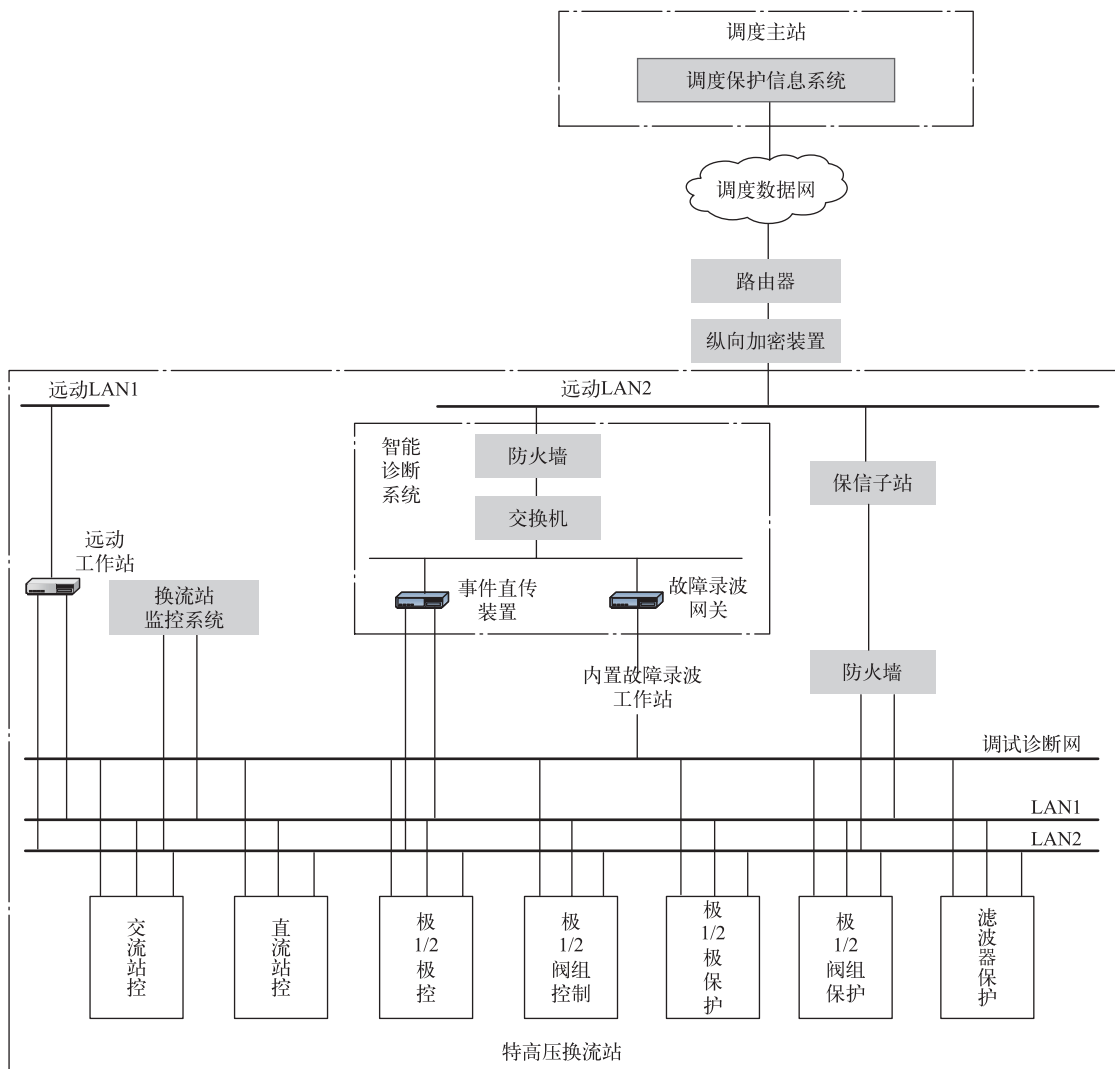


图1 智能诊断系统总体结构及其在换流站中的位置

内置故障录波文件上传

在运特高压换流站内直流控制保护装置产生的录波文件一般都通过IEC 103通信规约上送。受该通信规约的限制，在录波文件较多、单个录波文件较大时，信息传输的实时性和可靠性都受到了严重的影响，这使调度主站端无法对换流站内的故障进行分析。

IEC 61850是关于变电站通信网络和系统的标准，目的是实现不同厂商产品之间的互操作性。IEC 61850标准是未来全球变电站通信的统一标准，近几年来已经得到普遍的认可和关注，被越来越多的新建和改造站点作为变电站站内规约。使用IEC 61850通信规约替代IEC 103通信规约进行录波文件的传输已成为新的解决方案。

目前在运的采用许继技术路线的特高压换流站的控制保护系统中，直流控制保护装置并不支持IEC 61850通信服务，将IEC 61850通信技术直接当前运行的换流站直流控制保护装置上进行融合升级，由于换流站对直流控制保护装置的稳定性要求非常高，这种方案无法实施。因此，采用一种基于直流控制保护录波网关装置的IEC 61850通信技术上送故障录波文件到调度端主站是十分必要的。本文设计了一种采用IEC 61850通信规约的录波网关，将控制保护录波文件上送至调度主站。

1. IEC 61850建模

IEC 61850的重点就是规范了智能电子装置（IED）的模型和数据对象，以保证IED在模型层次上做到互联互通。

为了将换流站故障录波系统接入智能主站系统,分析各个换流站直流控制保护装置特征,找出故障录波文件存取信息的差异性,通过技术手段消除差异,必须将换流站内传统的控制保护装置封装为符合IEC 61850相关规范的IED和逻辑设备(LD),实现自动化或半自动化建模。

产品的设计思路为:换流站直流控制保护装置包括直流场和交流场各主要控制保护装置。根据换流站的设备特点,结合IEC 61850-5中对变电站自动化系统的功能和逻辑节点的分类,提出关于设备的通信要求,然后从IEC 61850-7-4中选择标准数据类(标准中没有的数据类依据扩充规则进行新的定义,产生新的逻辑节点类),从IEC 61850-7-3中选出标准对象类,以这些类作为模板,派生出所需实例。这些实例包括逻辑设备和逻辑节点,IEC 61850-7-2中定义的ACSI模型和服务规范了逻辑节点通信模型和服务,根据实际使用的网络和协议栈,利用IEC 61850-8/-9-1/-9-2定义的SCSM,将ACSI映射到SCSM中。

在实现建模过程中,为了保证对不同实现方式的调度主站的兼容性,设计两种建模方式,在配置文件中描述为:一种建模方式是将录波网关建模为一台IED,将各控制保护装置建模为录波网关内各自独立的虚拟故障录波逻辑装置,以便统一管理;另一种建模方式是将录波网关建模为一台IED,将各控制保护装置建模为各自独立的虚拟故障录波IED,录波网关服务程序代为管理。

为满足接口要求,录波网关需要支持以下服务模式:应用关联、服务器模型、数据集、报告和文件服务。

根据工程需要,设定合适的虚拟故障录波LD模型,创建包含故障序号以及故障录波产生标识的数据集,定义缓冲报告控制块,在标准的IEC 61850定义的文件列表服务和文件传输服务的基础上扩展服务,完成建模工作。

在构建好虚拟故障录波LD的模型后,录波网关实时监视实际控制保护装置的录波过程,驱动虚拟故障录波LD,实时反映实际录波装置的处理过程。录波网关监测到有新故障录波数据生成时,设置相应虚拟故障录波LD的录波状态,增加其故障序号计数。虚拟故障录波LD通过事件和报告服务上送以上

状态信号。虚拟故障录波LD在接收到主站下发的装置复归命令时,将相关状态信号复位。

录波网关与调度主站系统间采用IEC 61850标准进行通信,录波网关对主站系统主要传送故障简报文件与录波波形数据文件。录波网关能够对主站系统提供包括事件报告、总召和周期报告在内的多种数据通知模式,告知调度主站端换流站内故障录波文件信息的变化。调度主站端获取录波文件变化信息后,可以通过录波网关提供的IEC 61850文件相关服务功能,获取录波文件的信息,实现录波文件的传输。

2. 录波文件访问

采用许继技术路线的换流站控制保护装置,将产生的录波文件通过调试诊断网存放在内置故障录波工作站上,因此录波网关为了能访问到录波文件,需要与内置录波工作站建立网络。内置故障录波工作站大多选用Windows系统,故障录波网关装置采用安全Linux系统。

Linux系统访问Windows系统上的数据,不像Windows系统间的共享访问那么方便,因此,录波网关装置安装了跨操作系统的网络数据共享访问协议。

录波网关装置将具备内置故障录波功能的控制与保护装置的录波数据区通过网络文件映射方式,映射到录波网关装置的各虚拟录波监测目录下。由录波网关装置集中监测管理换流站所有控制保护装置构成的故障录波系统,每个虚拟故障录波独立监测互不影响。

3. 实时侦测

由于录波网关并非真正的智能录波装置,不能直接获得相关控制保护装置传送的录波状态信号,为实现其功能,必须保证虚拟故障录波LD的实时性,只有通过对录波数据区录波文件的生成过程进行实时侦测,才能及时发现录波状态的变化。

录波文件的侦测技术采用文件动态扫描方式,即按照设定的秒级时间间隔和逐次滑动的扫描文件起始时间,定期对映射文件目录进行扫描比对,及时发现新生成的录波数据文件。在侦测到新的故障录波文件生成后,录波网关实时驱动相应的虚拟故障录波LD的处理逻辑,并自动触发相关IEC 61850数据传输。

4. 录波文件重定向

换流站录波系统由数十台直流控制保护装置构成，且换流站直流控制保护装置的启动比较频繁，单次录波数据量较大，每次录波启动生成的录波文件占用相当大的存储空间。

由于录波网关嵌入式装置存储空间有限，不可能在侦测到新的录波数据文件时都复制一份到智能网关的存储设备中。为模拟出真实的录波数据文件的查询、读取等操作，消除不同控制保护装置非标准化的文件命名差别，可以通过文件重定向方式予以实现。

录波网关为每个接入的控制保护装置在内部的录波文件根目录下以虚拟故障录波LD的名字创建了一个重定向文件目录。实时侦测模块在发现某虚拟故障录波LD新的录波文件时，在相应LD的重定向目录下按照规定的命名方式创建对应的重定向文件。重定向文件中记录的是原始录波文件的实际地址。

在IEC 61850录波主站利用文件服务接口查询和读取录波文件时，首先访问的实际是这些重定向文件，录波网关在截获底层通信协议的文件访问调用时，再根据重定向文件记录的实际文件地址进行真正的录波数据文件的传输。

文件重定向还可以消除不同换流站直流控制保护装置非标准化配置名字等的差异，为调度主站端

提供统一的命名模型。

因此，可以用统一的标准命名规则消除因实际故障录波装置的不同文件命名规则所导致的复杂性，在保证录波数据的真实一致性的同时，无须改动原始文件的存储，无须在录波网关中额外增加存储，可以最大限度降低对实际控制保护装置的影响。

5. 工作流程

录波网关与内置故障录波工作站采用跨平台的符合网络安全要求的磁盘映像软件完成网络文件映射，使故障录波网关装置能够安全实时访问内置故障录波工作站上的故障录波文件。

文件映射成功后，故障录波网关的实时侦测模块对映射目录进行实时动态扫描，及时发现录波状态的变化。当该模块检测到新的故障录波文件时，产生变位信号量通知录波文件服务模块，录波文件服务模块再使用IEC 61850通信模块主动将变化信息上送到主站端。

主站进行录波文件访问，录波文件服务模块接收到IEC 61850服务的请求，根据重定向文件（即文件地址）获取录波文件，并将录波文件读取到缓存，通过网络发送给调度主站端完成换流站内置故障录波文件向调度主站的上送。

录波网关的工作机制如图2所示。

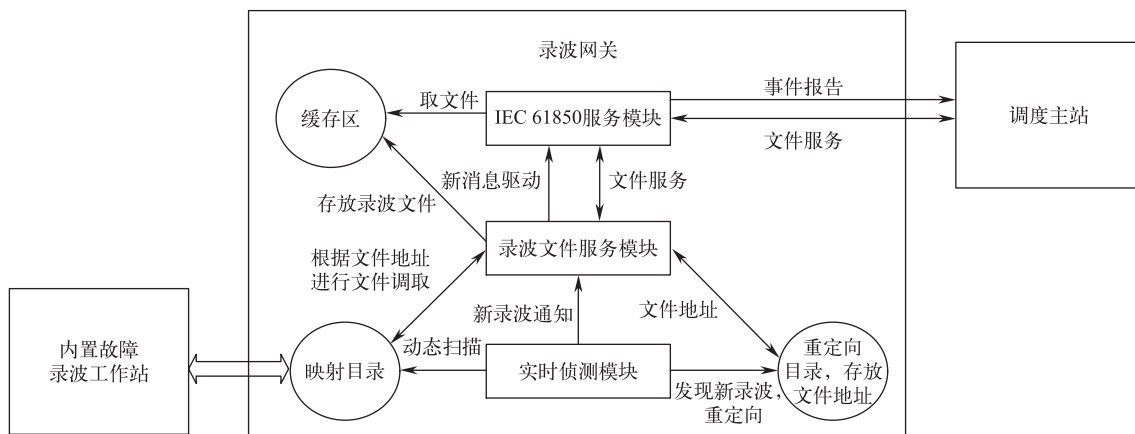


图2 录波网关工作机制

站内事件信息上传

换流站增加一台事件直传装置，部署事件集成服务，通过站内SCADA网访问换流站监控系统，从

换流站监控系统读取换流站的事件报警信息。读取到换流站事件信息后，事件集成服务将换流站所有事件报警信息稍作加工，通过DL 476通信规约直接

以文本格式上传到省调保护信息系统，分类显示在相应的告警窗并存入告警记录文件。

事件报警信息的内容包括事件的标识、时间及日期、告警等级、事件来源、事件内容及事件点状态等。

事件集成与告警直传都通过监控系统获取换流站事件，且都通过DL 476通信规约将事件以文本格式传送到调度主站。

目前，告警直传在各级调度系统中实现了基础应用，即变电站通过DL476规约将告警直传信息上送到调度主站端，调度主站端对告警服务处理后由告警窗进行显示。告警直传能够有效利用规约“信息确认”及“出错重传”机制，防止信息丢失，保证信息的完整性和可靠性。

事件集成与告警直传的实现机制相同，且事件远传的事件信息更为全面。本文的设计可满足调度保护信息主站实时和准确地获取换流站事件信息的需要。

交直流信息上传

在事件直传装置中部署远动通信服务，直接从换流站监控系统采集交直流运行方式信息，通过DL 104通信规约将换流站交直流运行方式信息上传至省调保护信息系统。

上传的信息包括：交流场开关状态、直流场开关及刀开关状态、直流系统运行方式及解闭锁状态等遥信量；直流功率、电压、电流和接地极电流等遥测量。

随着电力调度数据专网实现对大部分变电站的覆盖，基于TCP/IP网络通信的DL/T 634.5104规约由于运维简便、链路可靠得到了用户的青睐，目前已取代DL/T 634.5101规约成为调控中心的主数据源。

DL 104通信规约既能满足继电保护故障信息和SCADA监控信息的传输要求，又有好的兼容性。虽然它在功能、特点上不如IEC 61850，但是在如今仍然可以适应于调度主站实际情况。这种通信规约较传统的通信方式而言，更加可靠且标准化，更能贴合基于以太网的站内局域网的发展趋势，方便传输与管理，并且容易实现向IEC 61850规约的转换。

将交直流运行方式信息通过DL 104通信规约上送调度的方式，与换流站远动系统将遥信、遥测信号上送调度的方式相同，满足调度保护信息主站可以及时和可靠地获取换流站交直流运行方式信息。

结束语

随着计算机软硬件技术的提高，调度主站端信息处理得到了加强，因此调度主站端实时快速、准确、可靠地获取换流站内各种信息变得更为紧迫。本文提出了一种换流站智能诊断系统的设计方案，对于内置故障录波，通过采用IEC 61850通信规约的录波网关上传，保证换流站控制保护录波文件能及时可靠地接入调度主站系统；对于全站信息和交直流运行方式信息，通过部署事件集成和远动服务的事件直传装置上送，保证主站可以快速准确地接收到换流站实时数据和设备告警信息。

该智能诊断网设计方案已经应用于泰州换流站。依据此方案，后期可对控制保护系统采用许继技术路线的特高压换流站进行智能诊断系统的建设，从而实现调度主站依据换流站信息进行直流故障智能分析业务，为调度运行工作提供有效的技术支持。EA

(收稿日期：2023-02-26)

参考文献

- [1] 李凤龙, 李杰, 李金旗, 等. IEC 61850在特高压直流工程远动系统中的应用[J]. 电气时代, 2022(7): 110-114.
- [2] 高压直流系统控制与保护设备第6部分: 换流站暂态故障录波装置: GB/T 222390.6—2008[S].
- [3] 钟继凤. 基于61850规约的继保装置的通信测试论述[J]. 电气时代, 2013(4): 28-31.
- [4] 沈琴, 霍雪松. IEC 61850在对时状态在线监测系统中的应用[J]. 电气时代, 2013(11): 74-76.
- [5] 郭振宇, 谭爱国, 钟建伟. 基于IEC 61850规约转换的研究与实现[J]. 电子质量, 2022(1): 119-121.
- [6] 任雁铭, 秦立军, 杨奇逊. IEC 61850通信协议体系介绍和分析[J]. 电力系统自动化, 2000(8): 62-64.