

通信在线监视分析系统在智能变电站中的应用

黄华勇¹, 游步新¹, 全智¹, 杨庭军²

(1. 重庆市电力公司 江津供电局, 重庆 402260;

2. 北京科玛瑞讯科技有限公司, 北京 100000)

摘要: 结合某智能变电站,探讨了基于 IEC61850 智能变电站通信在线监视分析系统所能实现的功能,该系统实现了对智能变电站通信网络中的通信报文进行实时侦听和记录,实现面向智能变电站制造报文规范(MMS)、服务和通用面向对象变电站事件(GOOSE)以及通信网络和采样值(SMV)通信过程及其通信性能的在线和离线分析,并实现对记录报文的统计与查找,从而对智能变电站中设备交互行为进行快速的原始通信报文定位。通过对研制系统在现场调试应用过程中的实例分析,说明了 IEC61850 实时通信监视系统在智能变电站系统应用中的必要性。

关键词: 智能变电站; IEC61850; 分析; 通信; 在线监视

中图分类号: TM 61

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2011)04-0124-04

0 引言

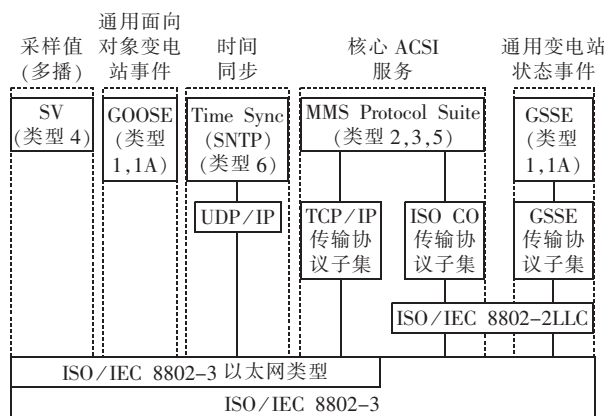
智能变电站中自动化通信网络的性能对整个变电站的稳定运行起着至关重要的作用。众所周知,变电站自动化系统运行过程中出现的异常或故障问题,大多均有瞬时特性,难以实现事故重现,只有辅以特定的技术手段才能较为准确地推断故障原因;与此同时,在某些情况下,在变电站自动化系统维护过程中也存在着对特定时间或者特定时段的变电站通信行为进行详细分析和情景重现的要求,传统的故障录波分析系统已不能满足智能变电站的多种多样的应用需求,而具有将智能变电站网络通信报文进行无损记录,并提供离线分析和事件重现的新型全数字通信在线监视和故障录波分析系统将占据主流。

1 IEC61850 的协议体系

网络报文是所有通信行为的根本,在基于 IEC 61850 的智能变电站自动化系统中,对应着不同的 IEC61850 应用,相应地存在着多种符合 IEC61850 标准的报文。

IEC61850 适应通信技术的未来发展,并且基于现有通信技术和通信协议的协议体系^[1],随着网络通信技术的发展而更新和变化,从如图 1 所示的 IEC 61850 通信协议体系中可以看到不同的面向不同变电站应用的 IEC61850 数据模型以及通信服务^[2-5],其中,面向电流互感器(TA)和电压互感器(TV)应用的采样值 SV(Sampled Value)服务和通用面向对象变电站事件(GOOSE)服务将应用层信息进行 ASN.1 编码后,直接映射到链路层;IEC61850 核心抽象通

信服务接口 ACSI(Abstract Communication Service Interface)服务,包括目录、数据读写、事件日志、文件传输等,则通过 TCP/IP 协议体系或者标准 ISO 传输层、网络层协议映射到特定的应用层协议——制造报文规范 MMS(Manufacturing Message Specification)^[6-9]后进行通信。IEC61850 采用完全面向对象的建模思想^[10]。



(类型 x)是定义在 IEC61850-5 中的报文类型和特性分类

图 1 IEC61850 协议体系

Fig.1 IEC61850 communication protocol system

从层次上看,IEC61850 主要定义了服务器(server)、逻辑设备(logical-device)、逻辑节点(logical-node)、数据(data)、数据属性(data attribute)等层次^[11],IEC61850 数据描述对象囊括整个变电站体系的所有对象。但就某个智能电子设备(IED)的实现而言,其描述层次不是固定的,如 data 层次下可能嵌套若干 data 层,而 logical-node 下也允许 data attribute 存在,具体层次情况取决于对该 IED 的配置^[12-13],IEC 61850 体系多层次面向对象的建模体系也对运行维护人员在实施智能变电站的应用过程中带来了一定的理解上的难度。

2 通信在线监视分析系统主要功能

2.1 报文原始数据记录功能

变电站自动化系统中的变电站网络通信报文反映了当前变电站的运行状态^[14-15],记录仪能够在变电站现场环境下连续循环存储通信网络的原始数据,而不影响变电站网络的正常运行,并且在达到最大存储容量时进行循环存储,连续存储的最长时间根据网络流量的不同而不同,系统硬盘大小可根据需要进行更改。系统能对基于 IEC61850 变电站自动化系统通信网络的全过程进行报文记录(带绝对时标的完整网络通信报文),包括 MMS 通信网络、GOOSE 通信网络和采样值 SMV(Sampled Measured Values)通信网络的报文记录。

记录仪对通信网络进行通信报文记录时,对原有通信网络不产生任何影响,不产生任何附加报文。同时,即使在记录仪出现故障、死机或断电的情况下,对原有通信网络也不产生任何影响。

2.2 系统配置功能

在线监视分析系统配置工具能够支持变电站配置文件(SCD)文件的导入,从而查看整个变电站的工程配置情况,包括智能设备组配置、变电站工程数据信息、GOOSE 配置信息、变电站数据集(dataset)配置信息、SMV 配置、记录仪配置、GOOSE 虚端子配置以及 IEC60044-8 配置等。下面说明典型功能。

2.2.1 详尽的变电站工程数据信息

通过遍历 SCD 文件获得变电站工程数据配置表,当系统对通信报文进行解析时,可以直观地以变电站工程数据名称显示通信报文中对应的 IEC61850 数据引用(datareference)信息。例如,对于 IEC61850 数据引用“LINE1PROT/PDIS3.Op”,根据工程数据表,其对应工程数据名称为“110 kV 高压线路保护距离 III 段动作”。通过直观显示工程数据可以帮助运行维护人员更好地理解当前系统的分析结果。

2.2.2 dataset 配置信息

在 IEC61850 体系中,数据集是有序的数据(data)或数据属性(dataattributes)的集合,可用于当其成员的值发生变化时传输,典型应用模型包括 IEC61850 报告、日志、GOOSE 以及 SMV-9-2 采样值传输等,当系统在解析这些包括数据集的 IEC 61850 应用模型相关报文时,系统通过检索变电站 dataset 工程配置信息表,可以实时查看当前数据集成员的变化情况,了解数据集配置信息、数据集成员组成及其工程描述等,方便运行维护人员理解这些特定的 IEC61850 应用。

2.3 报文在线分析功能

系统支持分析网络报文 IEC61850 一致性分析;实时 GOOSE 在线以及 MMS 在线分析功能,实时显示 MMS 通信过程、GOOSE 通信过程、GOOSE 事件

以及 GOOSE 实时检测结果,对网络节点通信故障、风暴等异常进行报警。具有以下典型功能。

2.3.1 实时 GOOSE 报文异常过程统计

参考 IEC61850 对 GOOSE 模型的一致性测试要求,系统提供内容包括 GOOSE 控制块引用(GoCBRef)为空、序列号(SqNum)重复、序列号变化错误、状态号(StNum)变化错误、标识(goID)为空、goID 与配置不一致、数据集(dataset)为空、dataset 与配置不一致、配置版本号(ConfRev)与配置不一致、应用标识(APPID)与配置不一致、允许生存时间(timeAllowed-toLive)为 0、发生变化后序列号不为零、GOOSE 中断以及 GOOSE 延时等异常情况的详细的 GOOSE 实时过程分析。

2.3.2 实时报文间隔统计

实施报文间隔统计是报文实时性能统计的重要组成部分,统计内容主要包括当前在线分析时段内最大报文间隔、最小报文间隔、平均报文间隔、报文间隔标准偏差以及报文间隔 1 ms 以上报文数目、250 μ s 以上报文数目、250 μ s 以下报文数目等,这些指标对分析特定类型的报文,如采样值传输时可以帮助用户直观了解当前报文的性能,采样传输有无异常,另外,也为报文的整体过程分析提供辅助依据。在如图 2 所示(图中, t 为报文间隔, n 为帧序号)的实时报文间隔统计柱状图中,最大报文间隔为 724.237 ms,报文间隔标准偏差为 28.735 ms,1 ms 以上报文数目为 1691 帧,图中的粗线为报文平均间隔线。

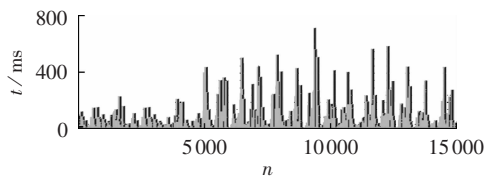


图2 实时报文间隔统计柱状图

Fig.2 Bar chart of real-time message interval statistics

2.4 报文离线分析功能

系统可以手动从记录仪下载记录文件,并通过规约分析模块对记录报文进行报文详细分析,对报文各层面进行分析;能够提取事件顺序记录、跳合闸命令、保护动作等历史信息,直观地显示变电站报告事件、GOOSE 事件、GOOSE 通信过程检测结果以及 SMV 采样计数器和采样频率检测结果等,便于维护人员理解;能够直观显示 SMV 曲线图、IEC60044-8 曲线图;具有报文定位和查找功能;能够根据逻辑通道、时间等关键字对报文内容等单个或组合条件进行查询。具有以下典型功能。

2.4.1 报告事件显示

通过时段内报告时间显示功能,运行维护人员可以查看当前时段内所发生的指定类型的变电站事件,包括遥信变位信息、遥控操作信息(包括遥控选择、遥控执行及遥控成功或失败报告等)、遥测变化

信息以及保护动作事件等。利用该功能,维护人员可以便捷地定位该事件到记录仪的原始报文,提供详细的报文分析。

2.4.2 SMV 统计波形图显示

通过对 SMV 报文内容进行统计分析,可以绘制出 SMV 波形图,从中可以看到 SMV 通道数据之间的相位、幅值关系,可以查看本时段内是否存在相位、幅值畸变以及 SMV 采样计数器不连续的情形等,SMV 统计正常波形图以及采样计数器跳变情况下的 SMV 统计波形图比较如图 3 所示(i_a 、 i_b 分别为 a、b 相电流, A 为采样码值, n 为帧序号)。

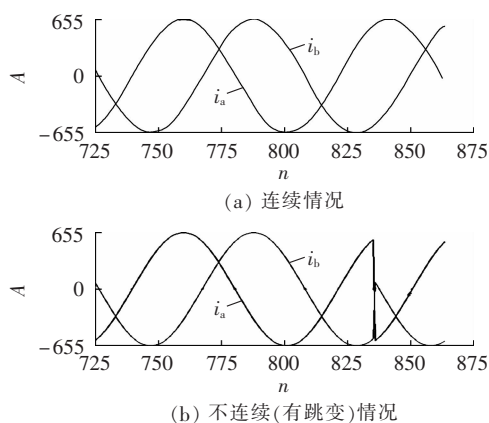


图 3 SMV 统计波形图

Fig.3 Waveform of SMV statistics

2.4.3 报文过程分析统计功能

通过对显示的网络报文的交互过程进行统计,可以全面分析系统的历史情况,实现对站内信息传输全过程的追忆。包括 MMS 过程分析(包括智能设备互联、遥控操作、报告事件、定值组操作过程等)、GOOSE 过程分析及异常检测(分析内容同实时 GOOSE 过程分析内容)、SMV 发送过程分析(包括采样计数器连续性、采样频率波动分析以及采样报文发送时间间隔抖动性分析等)。系统在分析过程中所可能遇到的异常情况包括 SMV 采样计数器不连续、GOOSE 异常、设备地址不匹配、ACSI 服务信息不对应等。异常情况突出显示有助于运行维护人员,查看故障对应报文,快速定位故障点。

2.4.4 报文统计功能

具备对网络各个层次进行分析的能力,能够根据网络报文类型进行报文过滤,过滤规则包括链路层(类型、源 MAC 地址、目的 MAC 地址)、IP 层(类型、源 IP 地址、目的 IP 地址)、TCP 层端口号和 UDP 层端口号,报文规约类型、报文时间段进行统计;网络报文流量统计、报文速率统计以及报文间隔统计等,可以直观显示全站网络通信数据阶段性流量、各种类型报文所占比重,借此可以分析系统的通信构成,对优化系统网络结构提供参考。

3 通信在线监视分析系统的应用

通过在重庆杉树智能变电站的应用实施,发现通信在线监视分析系统主要在以下几个方面体现出其应用价值。

3.1 协助工程技术人员进行系统故障排查

通信在线监视分析系统通过加载系统配置文件(SCD)的方式加载变电站工程数据,当分析系统加载了工程数据后,系统将严格按照变电站的配置情况解析显示原始报文,因此通信在线监视分析系统在解析的过程中出现“与配置不符”之类的信息时,工程人员将按照系统提示查找全站配置过程中发生疏漏的地方,例如报文内智能设备地址与配置地址不符合以及 GOOSE 配置有误等。此外,变电站运行过程中,通常会遇到一些不规则事件,如遥信误报、遥测越限或者遥测跳变等,而事件出现的瞬时特性以及不规则性又使得工程人员常常无法有效跟踪定位事件发生的根源,借助通信在线监视分析系统则可以详细分析事件发生时段的报文,通过对报文的详细分析,可以查找事件发生的原因,从而定位故障源,在必要的情况下还可以重现事件发生的情形。如对 GOOSE 过程分析异常描述为“系统未配置该组播地址”的错误,通过利用系统的变电站 GOOSE 配置信息查看功能,可以查看包括 GOOSE 对应设备、GOOSE 控制块的 GoCBRef、dataset 以及所属 GOOSE 网段等信息内容在内的 GOOSE 配置情况,发现该地址被错误配置,从而排除该异常,并告知设备提供方。

3.2 协助工程技术人员进行变电站信息验证

通信在线监视分析系统能够预告特定时段内变电站报告事件和 GOOSE 事件、MMS 过程、GOOSE 过程、遥控操作过程、遥信变位、遥测变化等,在必要的情况下,协助工程技术人员验证事件或者过程的正确性与完整性。

3.3 提高工程技术人员的智能变电站维护水平

与常规监控后台所不同的是,通信在线监视分析系统按照网络层次类别解析显示网络报文,直观显示报文各层次的报文结构组成,同时,对网络报文的 IEC61850 应用层,在特定的情况下,可以直观显示 IEC61850 的服务名称、操作对象 datareference 及其 IEC61850 数据模型层次等,有助于提升工程技术人员对 IEC61850 面向对象的建模思想的理解。

4 结论

通信在线监视分析系统为智能变电站提供大量原始网络报文的记录,并对记录的网络报文进行可视化回放,帮助运行维护人员准确定位系统故障原因,特别是分析保护装置、测控装置、智能终端在开关跳合发生前后的网络报文交互情况,为分析保护动作行为提供了一种有力的工具。本文中只就一些

典型的应用进行了探讨,通过该系统在重庆杉树智能变电站中的应用说明通信在线监视分析系统在智能变电站系统联调及运行维护中具有重要作用。

参考文献:

- [1] IEC. IEC61860 Communication networks and system in substations-part 5:communication requirements for functions and device models[S]. [S.I.]:IEC,2003.
- [2] IEC. IEC61850 Communication networks and system in substations-part 7-2:basic communication structure for substation and feeder equipment-Abstract Communication Service Interface(AC-SI)[S]. [S.I.]:IEC,2003.
- [3] IEC. IEC61850 Communication networks and system in substations-part 7-3:basic communication structure for substation and feeder equipment-common data classes[S]. [S.I.]:IEC,2003.
- [4] IEC. IEC61850 communication networks and system in substations-part 7-4:basic communication structure for substation and feeder equipment-compatible logical node classes and data classes [S]. [S.I.]:IEC,2003.
- [5] IEC. IEC61850 Communication networks and systems in substations-part 8-1:Specific Communication Service Mapping(SCSM)-mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3[S]. [S.I.]:IEC,2004.
- [6] IEC. IEC61850 Communication networks and systems in substations-part 9-2:Specific Communication Service Mapping(SCSM)-sampled values over ISO/IEC 8802-3[S]. [S.I.]:IEC,2004.
- [7] 任雁铭,操丰梅,秦立军,等. MMS 技术及其在电力系统通信协议中的应用研究[J]. 电力系统自动化,2000,24(19):66-69.
REN Yanming,CAO Fengmei,QIN Lijun,et al. Research on MMS and its application in the communication protocol of electric power system[J]. Automation of Electric Power Systems,2000,24(19):66-69.
- [8] ISO. ISO9506-2 Industrial automation systems manufacturing message specification-part 2:protocol specification[S]. [S.I.]:ISO,2002.
- [9] ISO. ISO9506-2 Industrial automation systems manufacturing message specification-part 1:service definition[S]. [S.I.]:ISO,2002.
- [10] 张结. IEC61850 的结构化模型分析[J]. 电力系统自动化,2004,28(18):90-93.
ZHANG Jie. Analysis on structure model in IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems,2004,28(18):90-93.
- [11] 谭文恕. 变电站通信网络和系统协议 IEC61850 介绍[J]. 电网技术,2001,25(9):8-9.
TAN Wenshu. An introduction to substation communication network and system-IEC61850[J]. Power System Technology,2001,25(9):8-9.
- [12] 任雁铭,秦立军,杨奇逊. IEC61850 通信协议体系介绍和分析[J]. 电力系统自动化,2000,24(8):62-64.
REN Yanming,QIN Lijun,YANG Qixun. Study on IEC61850 communications protocol architecture[J]. Automation of Electric Power Systems,2000,24(8):62-64.
- [13] SKEIE T. Ethernet in substation automation[J]. IEEE Control System Magazine,2002,22(6):43-51.
- [14] 吴在军,胡敏强. 基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术,2003,27(10):61-65.
WU Zaijun,HU Minqiang. Research on a substation automation system based on IEC61850[J]. Power System Technology,2003,27(10):61-65.
- [15] 黄益庄. 变电站综合自动化技术[M]. 北京:中国电力出版社,2000:45-50.

(编辑:汪仪珍)

作者简介:

黄华勇(1973-),男,重庆人,高级工程师,硕士研究生,从事电力系统自动化工程应用工作(E-mail:rgg-8900a@163.com);

游步新(1967-),男,重庆人,高级工程师,硕士研究生,从事电力系统自动化工程应用工作;

全智(1981-),女,重庆人,工程师,从事电力系统自动化工程应用工作;

杨庭军(1971-),男,四川南充人,副总经理,硕士研究生,从事电力系统网络交换机研究开发工作(E-mail:mcfefans@gmail.com)。

Application of real-time monitoring and analyzing system in smart substation

HUANG Huayong¹,YOU Buxin¹,QUAN Zhi¹,YANG Tingjun²

(1. Jiangjin Power Supply Bureau,Chongqing Electric Power Company,Chongqing 402260,China;2. KEMACOM InC,Beijing 100000,China)

Abstract: With a smart substation as an example,the main functions of substation real-time monitoring and analyzing system based on IEC61850 are discussed,which realizes the real-time sniffing and recording of communication messages,the online and offline analysis of MMS,GOOSE and SMV,and the real-time statistics and search of recorded messages for fast locating of the original communication packets in the communication interactions among devices. The case study shows its necessity in smart substation system application.

Key words: smart substation; IEC61850; analysis; communication; real-time monitoring