

面向通用对象的变电站事件(GOOSE)实时解析和预警系统

张帆¹, 竹之涵², 刘之尧¹, 陈志光¹, 张弛¹, 李一泉¹

(1. 广东电网公司电力调度通信中心, 广东 广州 510600; 2. 广州思唯奇计算机科技有限公司, 广东 广州 510665)

摘要: GOOSE 已经在数字化变电站中广泛应用, 但缺乏对 GOOSE 通信过程有效的分析、监测工具。针对这一空白, 提出了 GOOSE 报文实时解析的步骤和方法, 定义了 GOOSE 传输的正常和异常事件, 根据 GOOSE 实时解析的结果建立了 GOOSE 通信模型, 并在此基础上开发了 GOOSE 通信预警软件和图形化的人机界面, 阐述了预警系统在数字化变电站中的应用情况。GOOSE 实时解析和预警系统能够及时发现通信异常, 消除缺陷, 保证数字化变电站的可靠运行。

关键词: IEC61850; GOOSE; 实时解析; 在线预警

Generic object oriented substation event(GOOSE) real-time analysis and surveillance system

ZHANG Fan¹, ZHU Zhi-han², LIU Zhi-yao¹, CHEN Zhi-guang¹, ZHANG Chi¹, LI Yi-quan¹

(1. Guangdong Power Dispatch Centre, Guangzhou 510600, China; 2. Guangzhou PtSwitch Co.Ltd, Guangzhou 510665, China)

Abstract: GOOSE has been widely adopted in IEC61850 substation projects, but efficient tools to analyze and monitor the GOOSE communication in real-time haven't been fulfilled. This paper proposes the methods and procedures to analyze GOOSE packet in real-time and defines normal and abnormal behaviors in GOOSE communication. On top of the outcomes from real-time analysis, a GOOSE communication model is built, which becomes the base of GOOSE communication surveillance system, and a graphic human interface is also provided. This system has been deployed and achieved the expected results. GOOSE real-time analysis and surveillance system can detect abnormal GOOSE communication behaviors, trace down potential defects, and thus can improve the operation reliability of IEC61850 substation.

Key words: IEC61850; GOOSE; real-time analysis; surveillance system

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)23-0092-04

0 引言

数字化变电站的一个重要特征是用数字传输技术(光纤以太网)替代了常规变电站中沿用多年的二次电缆, 为实现数据共享和设备的互操作性提供了必要的技术基础, 这一重大变革将对未来变电站中二次设备的形态, 设备调试流程, 变电站检修和运行规范等各个方面都将产生深刻的影响。经过国内外多年的数字化变电站建设实践, 面向通用对象的变电站事件(GOOSE)已经成功的应用于传送实时跳闸信号、间隔逻辑闭锁、检同期等, 基于 GOOSE 的分布式母线保护、分布式备自投、分布式低周减载, 数字化变电站遥视系统等也已经开始在工程应用中出现^[1,2]; 基于网络传输的数字化保护测试设备逐步完善^[3]。过程层网络的稳定可靠运行和 IED 设备之间准确无误的通信过程已经成为数字化变电站成功的关键, 对网络运行状况和 IED 设备之间通信过程的实时分析、监测、管理已经成为数字化变电站安全运行的迫切要求。文献[4]提出了通信网络黑

匣子的设计 and 应用方案, 阐述了不同应用场合下的 GOOSE 报文记录机制, 侧重报文的记录和离线分析功能, 但没有涉及报文的实时分析和通信异常的预警策略。

本文实现了 GOOSE 报文的实时记录、解析, 称之为规约分析仪, 规约分析仪根据 GOOSE 报文实时解析的结果提取 IED 设备的通信特征和通信网络的运行状况, 并在此基础上开发了过程层网络在线预警系统。

1 报文实时解析和图形化显示

1.1 GOOSE 报文的实时分析

GOOSE 支持由数据集(DATA-SET)组成的公共数据交换, 采用对等(peer-to-peer)信息交换(多播)方式, 当 GOOSE 引用的数据集(DATA-SET)中一个或多个成员变量发生改变时, IED 设备将按照 IEC61850 中规定的机制发送 GOOSE 报文。保护、测控等设备从网络接收、过滤并分析本机订阅的

GOOSE 报文,从而实现设定的自动功能。规约分析仪也同样需要接收分析 GOOSE 报文,但和保护装置不同之处在于规约分析仪不实现二次功能。规约分析仪的设计目的是接收、实时分析过程层网络上所有 GOOSE 报文,记录报文的内容,检查报文的语法,提取报文的传输特征等,并利用这些信息分析、监视 IED 设备和通信网络的运行状态,从这个意义上讲,规约分析仪不属于自动装置。

GOOSE 的实时解析由 ASN.1 解码,GOOSE 事件分析和 GOOSE 语义分析 3 个步骤组成。GOOSE 报文采用 ASN.1 的 BER 编码规则,通过 ASN.1 的解码我们可以得到 GOOSE 报文的传输控制信息(包括 GOOSE 链路,数据集路径,状态计数等)和报文内容(数据集)。规约分析仪在内存中为每一条 GOOSE 链路建立状态信息,报文解码后的传输控制信息用于内部 GOOSE 链路的检索和状态更新。值得注意的是 GOOSE 报文的任何解码错误都会触发日志功能,记录异常报文的原始数据和发生时间作为通信异常分析的基本数据。表 1 是一个实际 GOOSE 报文 ASN.1 解码后的控制信息。

表 1 GOOSE 报文控制信息

Tab.1 GOOSE packet control information

1	GOOSE 控制块引用 (GoCRef)	REC670_BZT1LD0/LLN0\$GO\$GSE Control1
2	运行生存时间 (TTL)	5500(ms)
3	数据集引用 (DatSet)	REC670_BZT1LD0/LLN0\$GOOSE1
4	GOOSE 标识 (GoID)	REC670_BZT1_TX1
5	事件时间 (T)	4A08ECA1CED920A 北京时间: 2009-05-12 11:27.38.113000
6	状态计数 (stNum)	177
7	顺序计数 (sqNum)	363535
8	测试标准 (Test)	False
9	配置版本 (confRev)	1
10	需要重新配置 (ndsCom)	False
11	数据集条目数 (numDatSetEntries)	32

解码后的数据集输入事件分析模块进行事件分析。事件分为正常事件和异常事件,正常事件是指数据集中的某一个或多个数据项发生变化时导致的一个符合 IEC61850 GOOSE 传输机制的发送过程。例如智能单元检测到开关变位后发送 GOOSE 报文,导致 ST 计数加 1, SQ 计数复位,报文传输间隔从 2~3ms 渐变到几秒钟,这是符合 IEC61850 GOOSE 传输

机制的正常事件。异常事件定义为不符合 IEC61850 GOOSE 传输机制的报文或通信过程。与上例相反,如果智能单元发出的 GOOSE 报文,ST 计数变化,但数据集的内容与 ST 计数变化之前的内容相同,则定义为异常事件。正常事件和异常事件都会被规约分析仪记录下来,异常事件会进一步触发预警机制(详细内容见下文)。

GOOSE 语义分析是根据事件分析结果,在 SCD 或 CID 文件中匹配查找的过程。这包括,在 CID 文件中查找事件的描述,比较 CID 文件和实际 GOOSE 报文中数据集的条目数,数据项 (FDO 或 FCDA) 的类型,判别 CID 文件中 GOOSE 链路是否存在,判别 SCD 文件中的 IED 设备是否存在等等。语义分析的结果和事件以及原始报文都存入数据库做为历史记录。

1.2 GOOSE 分析结果的图形化显示

当变电站中的二次电缆被通信网络替代后,保护调试,开关传动等变电站投运前必要的工作以及投运后变电站的运行维护都和传统变电站有着巨大的不同,这些工作的顺利开展都依靠软件提供的调试功能。数字技术在变电站的推广使用导致信息的数量比已往任何时候都大,如果没有良好的信息组织、展示手段,运行人员已经根本没有可能准确、快捷、全面地了解设备的运行情况,完善的图形化人机界面可以简化变电站的运行调试任务,促进数字化变电站的健康运行,是保障数字化变电站安全稳定运行必不可少的工具。

规约分析仪提供了强大的分析功能和良好的人机界面。GOOSE 分析结果的显示功能包括信息定制和信息展示 2 个部分。信息定制允许用户选择感兴趣的间隔,GOOSE 链路选择,IED 设备等等,信息展示用直观的方式显示实时分析的结果,包括 GOOSE 事件,GOOSE 原始报文,GOOSE 数据集内容,GOOSE 虚拟接线,GOOSE 流量等等,如图 1 所示。

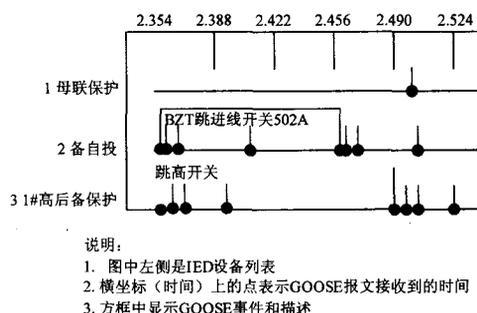


图 1 GOOSE 实时解析结果显示

Fig.1 GOOSE real-time analysis results

2 GOOSE 在线预警系统

GOOSE 机制的可靠性主要由 2 个因素决定, 即通信过程的可靠性和通信报文的规范。通信过程的可靠性可以通过报文传输延时, 传输误码率, 报文丢失概率等指标来评估。只有 GOOSE 报文严格遵守 IEC61850 标准才能实现信息的准确、无歧异的交换, 才能达到 IEC61850 信息共享和设备的互操作性的目标。

预警 (Early-Warning) 是指在危害 (二次设备故障) 发生之前, 根据以往的规律观测得到的危害前兆, 及时告警并通知运行人员检查, 从而最大程度的减低危害造成的损失的行为。网络流量突然变化, GOOSE 链路频繁断线, 通信误码率增高, 光纤链路频繁通断等都是网络设备, IED 设备异常的前兆, 由于装置的设计目的不同, 保护装置更关注本身的自动功能, 对不相关的异常 GOOSE 报文的处理比较简单, 这样就丧失了发现问题的机会。规约分析仪则能够全部记录并分析异常问题。在线预警系统就是通过对 GOOSE 报文的实时分析提取 IED 设备之间通信过程的特征, 分析 IED 设备的通信行为, 报文的传输特征和报文内容, 检测、监视通信网络的运行状态。通过有效的数据挖掘, 我们可以及时发现异常, 实时预警。在线预警的重要意义在于防范于未然, 准确定位故障、消除事故隐患, 减小甚至避免事故的发生。

在线预警系统是通过分析GOOSE的通信特征实现的。GOOSE在IEC61850标准中属于快速报文, 一般要求报文的通信在4ms内完成。GOOSE特有的重发机制保证报文的可靠性传递, 逐渐增大的发送间隔有效的平衡了传输可靠性和网络流量的要求。通过分析GOOSE报文传输的4个重要参数: 报文发送间隔(ΔT), 事件状态计数 (StNum)、报文序列计数 (SqNum) 和报文存活时间 (TTL), 可以建立GOOSE报文的通信模型作为分析GOOSE报文传输特征的依据, 从而区别正常和异常事件, 如表2所示。

在线预警软件通过对这些异常情况的识别, 分析。采用统计概率理论分析 IED 设备短期和长期的通信行为, 必要时输出告警信息帮助运行人员及时发现隐患, 快速排查故障。

3 应用实例

2009年4月25日4时43分, 某110 kV数字化变电站#2主变高压侧失压后备自投拒动。变电站安装的规约分析仪记录下了这期间内所有相关设备的GOOSE报文, 事故分析得以顺利进行。变电站的主接

线如图2所示。

表2 GOOSE报文通信行为异常和报文语法异常

Tab.2 GOOSE abnormal communication behavior and IEC61850 non conformance packet

GOOSE 报文通信行为异常			
GOOSE Abnormal Communication Behavior List			
编号	异常名称	检测依据	原因分析
1	广播风暴	接收到相同的报文 (GOOSE, 采样值等), 并且流量很大	1, 网络硬件故障 2, 网络存在环路
2	报文丢失	1, stNum 不变, SqNum 跳变 2, stNum 跳变	1, 网络硬件故障 2, 光缆老化 3, 交换机故障
3	报文重复	顺序计数 sqNum 以及报文内容和上一帧 GOOSE 报文一致。	1, 网络环路 2, 软件错误
4	报文顺序逆转	顺序计数 sqNum 小于上一帧 GOOSE 报文的 sqNum, 且 sqNum 不等于 1。	1, 软件错误 2, IED 设备复位、重启
6	报文状态跳跃	状态计数 StNum 大于该链路的 StNum+1, 且 StNum 不等于 1。	1, 软件错误
6	报文状态逆转	状态计数 StNum 小于上一帧 GOOSE 报文的 StNum, 且 StNum 不等于 1。	1, 软件错误
7	报文虚假变位	GOOSE 报文状态计数 StNum 发生变化, 但数据集的内容却没有变化, 反之亦然。	1, 软件错误
8	GOOSE 断链	在 GOOSE 报文的生存时间 (TTL) 内没有新的 GOOSE 报文达到。	1, 装置复位 2, 交换机故障
9	事件流量异常	GOOSE 事件流量和设备实际运行情况不符	软件错误 软件配置错误
GOOSE 报文语法异常			
GOOSE IEC61850 non Conformance Packet Type			
编号	异常名称	检测依据	原因分析
1	目的 MAC 地址错误	目的 MAC 为广播或组播地址, 组播地址范围为: 01-0C-CD-01-00-00 — 01-0C-CD-01-01-FF	软件错误 配置错误
2	异常 GOOSE 链路	gooseRef, dataset, gooseID 在 SCD 或 CID 文件中没有匹配	CID 文件错误 软件错误
3	数据集格式错误	GOOSE 报文中数据集的格式、数量和 CID 中的定义不一致。	CID 文件错误 软件错误

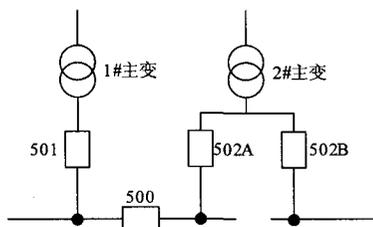


图2 变电站主接线简图

Fig.2 Electric primary system

按照设计,各自投的动作逻辑为:

1) II 母失压后#2 主变低后备发出进线无流的GOOSE 报文,

2)母联备投发出跳#2 主变低压侧开关(502A)的GOOSE 报文,

3)#2 主变低后备执行502A 开关跳闸命令,成功后发出502A 跳位的GOOSE 报文,

4)母联保护确认502A 处于跳位后,合母联开关(500),成功后发出母联开关(500)合位的GOOSE 报文,备用电源自投成功。

根据报文记录,各自投装置在2009年4月25日4点43分启动,但由于进线无流条件不满足导致各自投退出。通过离线分析记录到的GOOSE 报文及CID 文件显示#2 主变低后备发送的进线无流条件有抖动。进一步分析#2 主变低后备的历史GOOSE 报文发现,在该保护投入到事故发生的4个月时间内,该装置产生的GOOSE 报文中状态计数(stNum)已经达到了惊人的790万次。经过排查,发现由于互感器的变比设置不合理,采集器的零漂过高导致从投运开始无流事件频繁产生。

由于该变电站安装的规约分析仪没有实时分析和预警功能,没能及时发现这一缺陷,也就没有能够避免本次各自投拒动。新的GOOSE 实时分析和预警系统由于具有预警机制,完全能够在事故发生前进行告警,引导相关人员及时处理,目前,该变电站的旧系统已完成软件升级,在2009年9月投入试运行后,变电站一直稳定运行至今。

4 结论

随着数字化变电站的推广,基于GOOSE 的应用越来越多,对GOOSE 传输的可靠性和灵活性的要求也越来越高,GOOSE 报文的实时记录、解析是数字

化变电站运行管理的重要工具,能大大简化变电站的调试,帮助运行人员及时、准确、全面地了解GOOSE 的通信过程。在此基础上开发的GOOSE 通信预警软件的重要意义在于防范于未然,通过实时分析和预警机制,及时排查偶发性缺陷,消除事故隐患,确保数字化变电站的安全稳定运行,从而全面推动我国数字化变电站技术进程。

参考文献

- [1] 王攀峰,周晓龙,杨恢宏.一种面向数字化变电站的母线保护方案[J].电力系统保护与控制,2009,37(12):48-51.
WANG Pan-feng, ZHOU Xiao-long, YANG Hui-hong. A Scheme of Busbar Protection in Digital Substation[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(12): 48-51.
- [2] 姜源利,窦晓波,胡敏强,等.与GOOSE通信联动的数字化变电站巡视系统的研究[J].江苏电机工程,2008,27(6):69-75.
LOU Yuan-li, DOU Xiao-bo, HU Min-qiang, et al. The Research of Digital Substation Remote Monitoring System Linkage Communication with Goose[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2008, 27(6): 69-75.
- [3] 谌争鸣,陈辉,陈卫,等.全数字化继电保护测试系统设计[J].电力自动化设备,2009,29(5):63-67.
CHEN Zheng-ming, CHEN Hui, CHEN Wei, et al. Design of a Digital Relay Test System[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(5): 63-67.
- [4] 许伟国,蒋晔,张亮,等.数字化变电站中网络通信黑匣子的设计与应用[J].电力系统自动化,2008,32(17):92-94.
XU Wei-guo, JIANG Ye, ZHANG Liang, et al. Design and Application of the Network Communication Black Box in Digital Substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(17): 92-94.

收稿日期:2009-06-03

作者简介:

张帆(1982-),男,本科,助理工程师,从事继电保护方面的工作;E-mail:zf_sail@163.com

竹之涵(1970-),男,硕士研究生,从事数字化变电站网络的研究;

刘之尧(1971-),男,高级工程师,从事继电保护方面的工作。