

智能变电站远动信息快速校核方法

陆承宇¹, 阮黎翔¹, 杜奇伟², 丁峰¹, 吴栋其¹, 郑翔³

(1. 国网浙江省电力公司电力科学研究院, 浙江 杭州 310014; 2. 国网浙江省电力公司, 浙江 杭州 310000; 3. 国网衢州供电公司, 浙江 衢州 324000)

摘要: 为应对远方集中监控模式所带来的大量远传信号校核工作, 提出一种快速校核方式。以最主要的遥信类信息为例, 利用遥信报文信息片中 SOE 时间标志位来携带其所对应调控信息对象地址, 由仿真软件模拟智能变电站间隔层装置自动批量发出 MMS 报文格式的站内遥信变位信号。该信号将携带所属地址信息, 并经远动装置接收后转换成 104 规约报文发给主站。主站依照信息对象地址与 SOE 时间数值的一致性对所接受到的远动信号进行判断, 独立完成远动装置信息转换的正确性确认。该方式较常规的人工校核方式有很大的效率优势。

关键词: SOE; 时间戳; 远动信息; 校核; 仿真

A new method for quickly verifying the remote information of smart substation

LU Chengyu¹, RUAN Lixiang¹, DU Qiwei², DING Feng¹, WU Dongqi¹, ZHENG Xiang³

(1. State Grid Zhejiang Electric Power Corporation Research Institute, Hangzhou 310014, China; 2. State Grid Zhejiang Electric Power Corporation, Hangzhou 310000, China; 3. State Grid Quzhou Power Supply Company, Quzhou 324000, China)

Abstract: To deal with the plenty of verifying work in SCADA data caused by the centralized telemonitor mode in power grid, a quickly verifying method is given. For the status information of SCADA data, this paper proposes to use its SOE time tag bits to carry the information object address. With the help of the simulation software, the smart substation bay-level device's MMS message, which carries address in form of time tag, is automatically sent out. The telecontrol device receives and sends these information to telecentre in the 104 format. A comparison is made between the information's address and the value of time tag. And the result would independently indicate the correctness of information conversion in telecontrol equipment. Because it could be performed automatically by the computer, the new method is more effective than manual operation.

Key words: SOE; time tag; remote information; verifying; simulation

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2015)11-0128-06

0 引言

IEC61850 标准在智能变电站^[1-4]二次技术中基础地位已确立, 变电站运行方式逐渐被“无人值班、远方集中监控”模式所主导。一体化监控系统实现了站内全景数据的自由流通和交互, 但传统 SCADA 系统对运行电网的信息采集、监视和操作手段仍然是自动化系统的重要组成部分, I 区数据通信网关机(以下简称远动装置)通过直采直送的方式与调控中心实时数据传输^[5]。远动装置作为主要的信息中转枢纽, 其运行正确性、可靠性的要求被提到前所未有的高度。相关的校核试验工作量和工作压力也相应成倍增加, 如何提高工作效率成为工

程调试中急需解决的问题。

1 技术背景

智能站通过 SCD 文件描述了站内所有 IED 的模型、实例配置、通信参数及 IED 之间的信号联系信息(比如 GOOSE 连线)。各 IED 以映射到制造报文规范(Manufacture Message Specification, MMS)的方式, 完成与各站控层设备(含远动装置)的监控信息即时交换。

调度自动化信息采集是电网监视、运行的基础。主要需经过信息采集单元、远动装置、调度主站三级设备。采集单元负责采集站内遥信、遥测等信息, 并发送给后台、远动装置等站控层设备。远动装置

集中收集各采集单元上送的信息并转发到调度主站。其关系如图 1 所示。在智能变电站技术体系下,远动装置以 MMS 报文采集间隔测控装置、保护装置等的信息报文,主站以 104 规约报文格式接收远动装置上传数据^[6-7],实现遥信、遥控、遥测和遥调四类通用功能。104 规约报文以数字编号方式来表达信息对象,工程中须检查远动装置所传递信息的编号与实际设备的对应关系是否与设计约定一致,即开展远动信息校核工作。虽然已有 IEC 61850 和 IEC 61970 模型间的对应研究,借以实现模型信息的源端维护问题^[8-9],或将 IEC 61850 直接应用于远动通信的研究^[10],但都未达到广泛应用的程度。现阶段基于 104 规约报文方式的研究和应用仍具有现实意义。

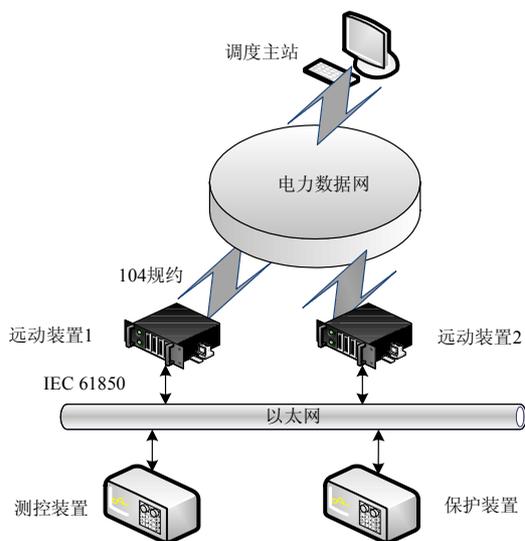


图 1 电网调度数据流向图
Fig. 1 Data flow of SCADA

实际工程中,遥信信息(电力设备发生的状态变化,如开关由分到合)的数量占远动信息总量的 80% 以上,故以下将主要针对遥信信息进行介绍。

站内的遥信信息以 SOE(事件顺序记录)的方式记录。变位发生时,IED 装置自动记录下变位时间、变位行为等,形成 SOE 记录。因此遥信信息片中一般包含下述信息:信息对象(对应站内某个物理或逻辑对象)、信息行为(发生或消失)、信息发生时间(年-月-日-时-分-秒-毫秒)。104 规约中遥信的 ASDU 如图 2。

通常智能站内信息量达数万个之多,而主站业务并不需要其全部。设计人员将选取站内的一个或几个信息,作一对一或多对一的归并后,形成一个调控信息点,并用唯一主站信息对象地址(一般为自

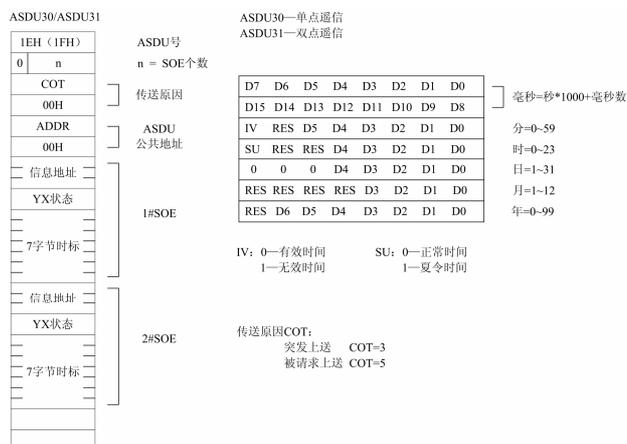


图 2 104 规约遥信的 ASDU
Fig. 2 ASDU30/31 of IEC60870-5-104

然数)进行标识,所有的调控信息点汇总形成全站的调控信息表。简单来讲,由调控信息表规定需由远动装置传给主站的信息及其对应的编号。表 1 展示了调控信息表的主要内容,为后续讨论方便,给每个 SCD 信息分配了站内信息代号。

表 1 调控信息表的典型内容及对应站内信息

Table 1 Typical information of SCADA and its matching event in substation

序号	主站信息对象地址	信息描述	对应的站内 SCD 索引名	站内信息代号
		
36		5011 开关控制回路断线	CB5011CTRL/CBALMGGIO1.Alm1	W
37		双兰线 5011 开关 A 相合位	CB5011CTRL/CBCSW11.PosA	X
38		SF6 压力低	CB5011CTRL/CBALMGGIO1.Alm5	Y
39		开关打压超时	CB5011CTRL/CBALMGGIO1.Alm7	Z
		

技术人员需完成远动装置的配置,形成站内信息索引名与主站信息对象地址的对应关系。运行中,远动装置接收并分析站内的动作信息,一旦信息与所配置的索引名对应,就产生对调度主站的动作信息,并用 104 规约报文告知主站对应的调控信息点动作,同时附带 SOE 时间。

2 传统校核方法面临的问题

远动信息校核是变电站投运前必须开展的工作,用以检查站内发生的信息是否能正确地发送给调度主站,其主要验证对象是远动装置的信息点号

转换环节。常规的远动信息校核方式为：变电站和主站工作人员到位后，变电站工作人员按照调度下发的调控信息表就地“发生”一个信号，调度主站接收并显示远动装置传来的以数字编号为标识的动作信息，主站端工作人员与变电站内工作人员保持通话，利用信号在特定时间内的“0、1”变化，判断动作信号点，并确认该信号点的描述与变电站端“发生”的信息是对应的。如此一个接一个，完成所有信息点的核对。

常规远动信息校核方法需要变电站端与调度主站协同配合逐个校核每个调控信息，双方(变电站同时与多个主站核对时，涉及多方)需紧密联系，协同工作。因调控信息量巨大(数千点)，且调度主站数量多(地调、省调、网调等)，该方式使得现场调试工作量繁重，工作效率低下，通常需要数天时间去完成该项工作，期间与其他工作相冲突或并行开展的现象经常出现。由于遥信信息的状态位只有“0”、“1”两种，在进行远动信息核对时，如有其他工作在相近时间内产生出一些遥信信息的“动作”、“复归”行为，会干扰主站侧核对人员，可能造成动作点的错判。

3 新的校核方法

快速、准确判断远动装置内信息点号转换关系的正确性是远动信息校核的主要工作目标。新方法的思路是利用主厂站信息交互过程实现信息对象地址自我描述，打破主站厂站两端工作的实时相关性，并依靠自动化手段实现快速批量处理。

从自动化信息流向可知，动作信号的时间戳是在信号采集环节由过程层或间隔层装置依据采集时间形成，用以反映信号发生时间。时间信息在远动装置中被识别和记录，并以 104 规约(SOE 方式)随所属的信号点一起传递给主站。新方法借鉴容错处理中以多属性进行证据理论的思路^[11-12]，改变工作中判断量的单一性，人为建立各属性间的相关性并用于后续判断。即利用 SOE 时间信息位将其所属的调控信息点地址同步传递给主站，以帮助主站人员判断远动装置是否执行了正确的转发。具体方案如下。

采用仿真设备(如 MMS 通信仿真软件等)发出某个站内信息动作的 MMS 通信报文，报文中 SOE 时标中的部分时间数据强制与该信息所对应的调控信息点的信息地址相一致。具体为，秒数据位信息描述信息地址的万位和千位，毫秒数据位描述信息地址的个十百位，这样用秒和毫秒可对应 0~59999 的信息地址。SOE 时间的年、月、日、时、分位数

据可依照实际填写或另作它用。远动装置对 SOE 时间数值的传递是个易于验证的固定行为，在整个过程中不会出错。因此，经远动装置的正确转发后，调度主站接收到的信息，其 SOE 时间的秒及毫秒位对应的数据应与其主站信息地址相一致。如不一致，则可判断为远动装置转换错误。

如图 3 所示，左侧框的调控信息表内，站内 x 信息对应于主站 37 号信息地址。通过仿真设备发出 x 事件动作信号，其动作时间为 00' 037"。如工程配置正确，远动装置接收到该报文后将判断该信息对应于远动主站地址为 37 的调控信息点，并用 104 规约报文向主站发出“37 事件于 00' 037"发生”的信息。如工程配置错误，将 x 事件对应到了 36 号信息地址，远动装置则将会发出“36 事件于 00' 037"发生”的信息。图 4 显示了调控信息配置错误后的转换过程及结果。

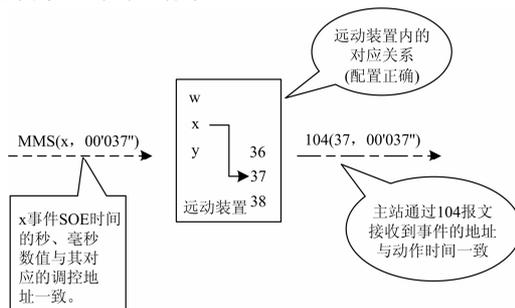


图 3 远动正确配置后的转换结果

Fig. 3 Telecontrol equipment's output message by the correct configuration

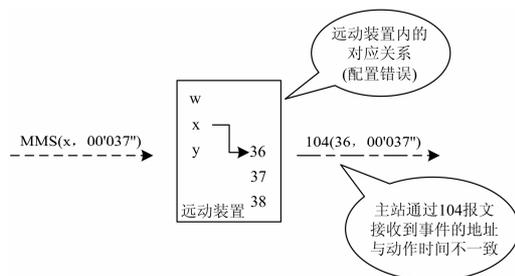


图 4 远动错误配置后的转换结果

Fig. 4 Telecontrol equipment's output message by the wrong configuration

实际工作中，可由仿真设备按 104 地址号大小的顺序相继发出所有需核对的站内动作信息，主站侧将记录到远动装置发送的所有动作信息。以每半秒一个信息点计，该过程只需几十分钟时间。下一步，主站人员只需观察所接收到的动作信息的 SOE 时间数据与信息对象地址一致并且动作信息的数量、信息对象地址分布与预期相符合即可判断远动

装置的转换是否正确。如采用软件自动判断, 更可瞬间完成。

以下为调度主站收到的系列信息数据的一部分, 第一列为主站信息地址, 第二列为 SOE 时间(秒和毫秒)

```
...
25, 00' 025 "
332, 00' 332 "
1050, 01' 050 "
279, 00' 180 "
9139, 09' 139 "
...
```

根据上述信息, 可发现主站信息地址 180 所对应的站内信息在远动装置中被错误地对应为 279。

该方法将远动信息的核对过程分解为数据集中发送和结果判断两个独立阶段。站内快速发送所有动作信息, 主站自动记录和整理经远动装置转发的信息。主站侧对远动装置行为正确与否的判断方式简单明了, 并可在站内所有数据发送完成后随时调取数据进行自主判断, 不必与站内的信息发送工作交互开展, 从而帮助调试人员快速、方便、准确地完成变电站调控信息核对工作。

该方法的突出优点为:

1) 去除了站内工作和主站工作之间的互动需求, 两侧独立开展工作, 极大地解放了工作人员, 提高工作自由度。

2) 无需对现有的变电站内以及变电站与主站间的通信技术及设备作任何改变。

3) 站内信号的仿真行为可以以文件的形式记录保存, 并随时复现, 从而提供了事后检查的可能。

4 出错分析

上述讨论中假定仿真设备的工作是正确的。实际工作中, 仿真设备的发送行为是需要配置的, 也会出现错误, 需对其可能的错误模式和带来的影响加以分析。仍以上述信息点为例, 定义有下述远动信号:

X: 37 Y: 38 Z: 39 K: n(n 代表该信息没有定义调控信息点号)

从前述内容可看出, 仿真或远动如只有一方出错, 能够在主站端发现错误。

下面分析双方同时出错的情况, 分几类:

1) 指向不同的错误点号

MMS(X, 00' 038 ")→远动{X→39}→104[39, 00' 038 "], 该错误会被主站端发现。

2) 指向同一错误点号

I. 单个信息

MMS(X, 00' 038 ")→远动{X→38}→104[38, 00' 038 "]

会增加 38 号事件的出现次数, 通过对照仿真软件侧的事先统计, 主站端可发现该错误。

II. 两个以上的信息交错

只有在双方均作相同的错位配置的情况下, 错误才能不被试验过程发现。以四个信息点为例, 其中一个信息点 K 为信息表内未作定义的信息 (n 代表实际工作中未配置或不出现, 以下灰底部分):

MMS(X, 00' 038 "; Y, 00' 039 "; K, 00' 037 "; Z, 00' n ")→远动{X→38; Y→39; K→37; Z→n}→104[37, 00' 037 "; 38, 00' 038 "; 39, 00' 039 "; n, 00' n "]

从上面的分析可以看出, 工作人员在配置过程中发生的大部分错误可以通过试验中远动装置和仿真设备的相互校核来发现。只有当双方工作中发生同样的信息交错的情况下, 错误才会被掩盖。这也强调了工作中仿真软件配置和远动装置配置两项工作应该由不同的人员自主完成。要避免此类差错, 需仔细核对仿真软件中对信息地址的配置。

5 实用化中的处理

5.1 仿真软件

对信息采集装置 MMS 规约报文发送行为的仿真是新方法所依赖的关键技术手段。本方法实现的基础是一套能提取 SCD 文件信息并仿真相应间隔层装置, 实现与远动装置进行特定内容通信的软件。为工作的方便, 软件应支持一块网卡模拟不同地址, 以对应多台间隔层装置。因 SCD 所含信息庞大, 软件在进行通信仿真时需采取一定的优化措施。

5.2 对远动装置的适应性

常规工作状态下, SOE 时间始终是在不断往后延续的。而人工对 SOE 时间进行干预后, 可能出现后续事件的时间早于远动装置中已记录事件时间的情况。远动装置如何处理此类情况, 不同的厂商有不同的方式。一种可能是将新接收到的 SOE 时间早于远动信息库内该事件最近变化时间的事件判断为异常信息, 对该次信号变化不进行后续处理。没有了 104 发送行为, 也就无法进行核对。为避免这种情况, 仿真软件所发生信号的 SOE 时间应该向后延续。核对工作中, 为保证仿真软件初始状态和远动装置记录状态两者一致, 在正式记录前可对所有信息点进行一轮分合状态的翻转操作。

5.3 对合并信号的处理

在制定信息表时，存在装置发出的多个信号对应一个远动信号的情况。一旦发生信号点对应错误，在主站侧根据信息点号与 SOE 时间的对应关系能发现但无法确定具体是哪个信号出错。对此，需将子序号信息加入到 SOE 时间当中。一种简单的方法是进一步占用 SOE 时间中“分钟”的表示位。用 00 分 XX 秒 XXX 毫秒代表第一个子信号，01 分 XX 秒 XXX 毫秒代表第二个子信号。如此，可实现 60 个子序号的表达，能满足一般的应用。

5.4 试验准备

找到 SCD 文件中与调控信息表中各信息点号对应的信息，并在仿真软件中准确标注远动信息点号成为保证核对工作正确性的关键。这项工作需要在试验前离线完成。工作人员通过了解设计内容，并根据 SCD 文件中各信号的“descript”或“dU”属性描述来确认信息点。做好信号量的统计，将有助于提高正确率。

这项工作虽然会耗一定的时间，但比起传统的人工置位，工作量无疑要小许多，并且工作自由度很大，可以随时随地独立完成。如能结合调控信息表的编制等工作一起开展，将更能提高效率 and 准确性。

6 总结

本文所提出的方法能快速、方便、准确地对远动装置信息转换的正确性进行校核，具有突出的优点。主要流程如下。

1) 由仿真设备发出站内信息动作的 MMS 通信报文，其 SOE 时标中(分-秒-毫秒)的时间数值与该信息所对应的远动信息地址相一致。该方式将变电站内信息与其所属的远动信息地址捆绑在一起，进入后期的信息流转。

2) 带有主站信息地址描述的批量的站内信息自动发出，经远动装置转发后由调度主站接收。通过检查主站已接收遥信信息的 SOE 时间数值与其地址是否一致来判断远动装置的信息转换是否正确。

作者已应用该方法在 500 kV 调试工程中对远动装置的配置进行验证，效果显著。在实际工作中，除了遥信信息外，对于遥测数据的核对也可以借鉴该方法，即以遥测数据与遥测号相一致的方式进行主站端侧的自主判断。至于遥控试验，它是由主站端发起的闭环过程，考虑到工作规范和对主站端遥

控安全性的极高要求，一般仍建议进行实际传动。

参考文献

- [1] IEC 61850 communication networks and sustems in substation[S]. 2003.
- [2] 李瑞生, 李燕斌, 周逢权. 智能变电站功能架构及设计原则[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(17): 24-27. LI Ruisheng, LI Yanbin, ZHOU Fengquan. The functional frame and design principles of smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(17): 24-27.
- [3] Q/GDW 394-2009 330 kV~730 kV 智能变电站设计规范[S]. Specifications of design for 330 kV~750 kV smart substation[S].
- [4] 莫峻, 谭建成. 基于并行冗余的高可靠性过程总线通讯研究[J]. 电工技术学报, 2012, 27(4): 263-268. MO Jun, TAN Jianchen. Highly reliable process bus communication parallel based on redundancy protocol[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(4): 263-268.
- [5] 樊陈, 倪益民, 窦仁晖, 等. 智能变电站一体化监控系统有关规范解读[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(19): 1-5. FAN Chen, NI Yimin, DOU Renhui, et al. Interpretation of relevant specifications of integrated supervision and control systems in smart substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(19): 1-5.
- [6] 远动设备及系统 第 5-104 部分 传输规约 采用标准的传输层文件集的 IEC60870-5-101 的网络访问[EB/OL]. Telecontrol equipment and systems part 5-104: transmission protocol network access for IEC60870-5-101 using standard transport profiles[S].
- [7] 汤震宇, 秦会昌, 胡绍谦, 等. 施静辉 变电站程序化操作的远动接口实现[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(13): 83-87. TANG Zhenyu, QIN Huichang, HU Shaoqian, et al. Realization of the substation sequence operation telecontrol interface[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(13): 83-87.
- [8] 黄嵩, 张沛超, 李灿. 基于本体映射与规则推理的智能电网信息集成技术[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(24): 150-155. HUANG Song, ZHANG Peichao, LI Can. Smart grid information integration technology based on ontology

- mapping and rule reasoning[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(24): 150-155.
- [9] 谢善益. 基于 UCIM 的数字化变电站及控制中心模型协同设计[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(15): 64-67.
XIE Shanyi. Model coordination design between digital substation and control center based on UCIM[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(15): 64-67.
- [10] 笃竣, 祁忠. 基于 IEC61850 的变电站新型远动网关机[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(2): 113-115.
DU Jun, QI Zhong. Telecontrol gateway of substation based on IEC61850[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(2): 113-115.
- [11] 朱林, 段献忠, 苏盛, 等. 基于证据理论的数字化变电站继电保护容错方法[J]. 电工技术学报, 2011, 26(1): 154-159.
ZHU Lin, DUAN Xianzhong, SU Sheng, et al. Evidence theory based fault-tolerant method for protective relays in digital substations[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2011, 26(1): 154-159.
- [12] 李志刚, 李玲玲. 串联系统的可靠性评估方法[J]. 电工技术学报, 2011, 26(1): 146-153.
LI Zhigang, LI Lingling. A method of evaluating the reliability of series systems[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2011, 26(1): 146-153.

收稿日期: 2014-08-15; 修回日期: 2014-12-06

作者简介:

陆承宇(1973-), 男, 通信作者, 高级工程师, 主要从事电力系统厂站自动化方面的研究和应用工作; E-mail: 451706637@qq.com

阮黎翔(1978-), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统厂站自动化方面的研究和应用工作;

杜奇伟(1965-), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统厂站自动化方面的管理工作。

(编辑 葛艳娜)