

基于智能变电站 SCD 文件的二次虚回路的检测方案及应用

根据智能变电站的特点，提出一种针对其二次虚拟回路检测的方案，该方案将根据 SCD 中的配置信息，通过监测设备之间的通信报文和对设备模拟通信的测试，来验证设备通信行为等运行方面的正确性。该方案充分考虑了智能变电站网络的特点和 IEC 61850 中规定的通信细节，通过对虚拟回路中需判别的信息进行严格核对，保证了变电站在检测完成后虚拟回路能够满足设计与运行要求，为工程调试以及验收提供了有力的技术支持，也为尽快查找运行中出现的问题提供了便利。

蔡玉朋¹ 于同伟¹ 金世鑫¹ 钱海^{2/1} 1.辽宁省电力科学研究院 2.国网辽宁省电力有限公司

文献[2]介绍了一种智能变电站调试或扩建改造中导入导出虚端子信息的方法；文献[3-6]分别提出了智能变电站二次虚回路监测与可视化的技术方案；文献[7-8]介绍了智能变电站二次系统的相关调试技术，以上大部分研究都侧重于如何定义、设计和配置虚回路等，但对于如何通过检测虚回路验证变电站 SCD 文件与工程设计图样是否一致以及其设备运行的正确性等现场运维调试中的实际问题没有深入地进行研究和讨论。本文即提出一种智能变电站二次虚回路的检测方案，在实际工作中，可以帮助运维调试人员快速、准确地完成智能变电站虚拟二次回路的测试工作，并大幅减少了工作量，降低了工作人员的劳动强度。

0 引言

智能变电站是在数字变电站的基础上，利用先进可靠的智能设备，向过程层的一次设备智能化和站控层一体化信息平台的高级应用发展，采用“三层两网”的架构体系，其重要特征之一是网络化信息的共享，可实现多路信息复合，使变电站过程层用少量光纤的网络通信方式替代传统变电站中由大量电缆构成的二次回路，将设备功能从硬件回路的束缚中解脱出来，传统二次硬回路不复存在。为此，提出了虚拟二次回路（二次虚回路）的概念，即将传统以电缆传输单一信号构成的纯电路结构变成以光缆传输多路信号，并对其作了大量的研究，其中，二次虚回路的检测问题亟需解决完善。

文献[1]依据智能变电站取消硬电缆回路的特点，提出了可基于网络化信息共享实现整套的虚回路体系；

1 智能变电站 SCD 文件

智能变电站配置描述文件（Substation Configuration Description, SCD）是智能变电站运行的重要数据来源，其主要记录了智能变电站一、二次设备配置以及通信配置等大量关键信息，主要由 Header、Substation、Communication、IED 以及 Data Type Template 这五部分组成。其中 Header 的作用是描述文件的历史版本、修订信息等基本信息；Substation 是用来描述电压等级、间隔、电力设备和拓扑点等变电站的相关功能信息；Communication 是通信模块，主要描述智能变电站中 MMS、GOOSE 和 SV 等通信参数；IED 主要描述 Services、Name、Type 和 Access Point 等变电站中智能电子设备的结点元素，其中



蔡玉朋/助理工程师

关键词/Keywords

智能变电站 ·
二次虚拟回路 ·
SCD文件 ·
虚端子 ·
IEC 61850 ·

Name 在 SCD 范围内唯一，里面有装置的访问点、服务器、逻辑设备和虚端子配置等相关配置信息；Data Type Template 描述的是 SCD 文件中使用的数据类型模板。智能变电站 SCD 文件的结构如图 1 所示。

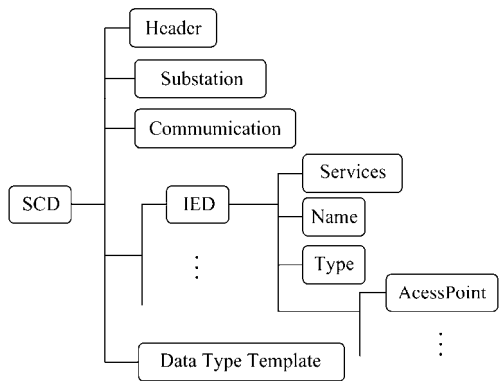


图 1 智能变电站 SCD 文件的结构

2 智能变电站虚拟二次回路

智能变电站的二次虚回路主要体现在二次设备虚端子之间的拓扑连接关系。虚端子是描述 IED（智能电子设备）的 GOOSE 和 SV 输入、输出信号逻辑连接点的总称，可以标志出网络上传递的 GOOSE 和 SV 输入、输出这些二次回路信号，与传统屏柜端子的对应关系使变电站内装置之间的连接关系更加明确，同时可以产生 GOOSE 和 SV 需要的文本信息。

智能变电站中的 GOOSE 链路相当于常规变电站中的二次直流电缆，SV 链路相当于常规变电站中的二次交流电缆，智能变电站虚拟二次回路与传统二次回路对应关系如图 2 所示。

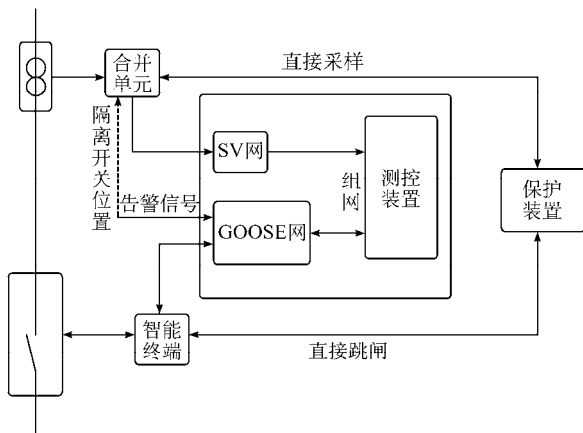


图 2 智能变电站与传统二次回路对应关系

2.1 虚端子的分类

对智能变电站虚拟二次回路进行检测之前，首先必须分析变电站中存在哪些二次回路以及这些回路信息的传输路径。在这些回路中比较重要的是间隔层 IED 的虚拟二次回路。本文以变电站的某一个间隔作为分析对象，以间隔层 IED 为中心设备，根据数据信息的传输方向，将虚端子分为以下四类。

(1) 间隔层 IED 的 SV 输入虚端子

间隔层 IED 的 SV 输入虚端子为从合并单元到间隔层 IED 的采样模拟量输入端子，对于保护装置，一般通过点对点的光纤通道传输，测控装置的 SV 输入通常为组网方式。

(2) 间隔层 IED 的 GOOSE 输入虚端子

间隔层 IED 的 GOOSE 输入虚端子为从智能终端到间隔层 IED（如断路器、隔离刀开关等开关量）的输入端子，对于保护装置，一般通过点对点的光纤通道传输，传输方式采用 GOOSE。测控装置的 GOOSE 输入通常为组网方式。

(3) 间隔层 IED 的 GOOSE 输出虚端子

间隔层 IED 的 GOOSE 输出虚端子为从间隔层 IED 到智能终端（如跳闸、重合闸等控制命令）的输出端子，对于保护装置，一般通过点对点的光纤通道传输，传输机制采用 GOOSE。测控装置的 GOOSE 输出通常为组网方式。

(4) 间隔层 IED 之间的 GOOSE 输入、输出虚端子间隔层

IED 之间的 GOOSE 输入和输出虚端子为保护装置之间的启动失灵联跳、闭锁重合闸和远跳等信号的输入和输出端子，一般通过组网光纤通道传输，采用 GOOSE 传输机制。测控装置之间的五防逻辑信息传输为组网方式。

2.2 ICD 中的虚端子描述

ICD 即 IED 功能描述文件，在 ICD 文件中，GOOSE 虚端子模型信息通常用 PIGO 逻辑设备中的 GOOUTP—TRC1、GOINGGIO1 或 RPIT 逻辑设备中的 CBXC—BR1、GOINGGIO1 等逻辑节点进行描述；SV 虚端子模型信息通常用 MUSV01 逻辑设备中的 PIATCTR1、PUATVTR1 或 PISV 逻辑设备中的 SVINGGIO1 等逻辑节点进行描述。上述逻辑设备的 LLN0 中预定义了 SV 和 GOOSE 控制块、SV 和 GOOSE 发布数据

集，数据集定义了虚端子传输的次序。通信参数的访问点下定义了物理端口描述信息，包含板卡号、端口号、连接缆线、插口类型和接口类型。

2.3 SCD 中的虚端子描述

SCD 中包含了全站的虚拟回路信息和实际通信参数。通信参数主要为 SV 和 GOOSE 发布控制块的组播地址、应用标志、虚拟局域网标志和虚拟局域网优先级等参数。虚端子连接关系由在 LLN0 的 In-puts 部分描述，每一虚端子连线包含了该逻辑设备内部输入虚端子信号和对端装置的输出虚端子信号信息。外部输入信息包含了 IED、LD、LN、DO 和 DA 的名称。内部输入信息由 intAddr（引用地址）域描述，其格式为“输入端口：输入虚端子逻辑设备/逻辑节点名.DO 名.DA 名”，如某装置从第 1 块 GOOSE 接口插件的第 1 个光纤接口接入的断路器位置虚端子，其描述为<ExtRef iedName=“ IL2430A ” ldInst=“ RPIT ” prefix=“ CB ” lnClass=“ XCBR ” lnInst=“ 1 ” doName=“ Pos ” daName=“ stVal ” intAddr=“ 1—A:PI—GO/GOINGGIO1.DPCSO1.stVal ” />。

3 智能变电站二次虚回路的检测方案

智能变电站的二次虚回路检测主要是验证设备运行的正确性，通过检测设备之间的通信报文和对设备进行模拟通信测试完成检测功能。在进行检测时需根据报文内容的区别，分别检测 GOOSE 虚回路和 SV 采样虚回路，同时需要支持网络自适应功能。

3.1 GOOSE 虚回路检测

GOOSE 虚回路以 SCD 文件为检测依据，通过模拟常规二次回路对智能变电站中的设备进行测试。对于开出回路，测试软件将作为订阅方订阅开出数据集，监视 GOOSE 报文的相关数据是否与 SCD 文件中的配置一致，并通过设备的传动试验监视数据发布的顺序与变位状态是否与预期一致。测试软件可根据 IEC61850—7—2 的规定以及 GOOSE 报文中的 STNUM 和 SQNUM 的变化来判断设备内部的运行状态。对于开入回路，测试软件作为发布方，将 SCD 中配置的需要发布的信息作为发布源，模拟 GOOSE 报文发送，通过监视订阅设备的订阅行

为来判断设备运行是否正常，GOOSE 虚回路检测流程如图 3 所示。

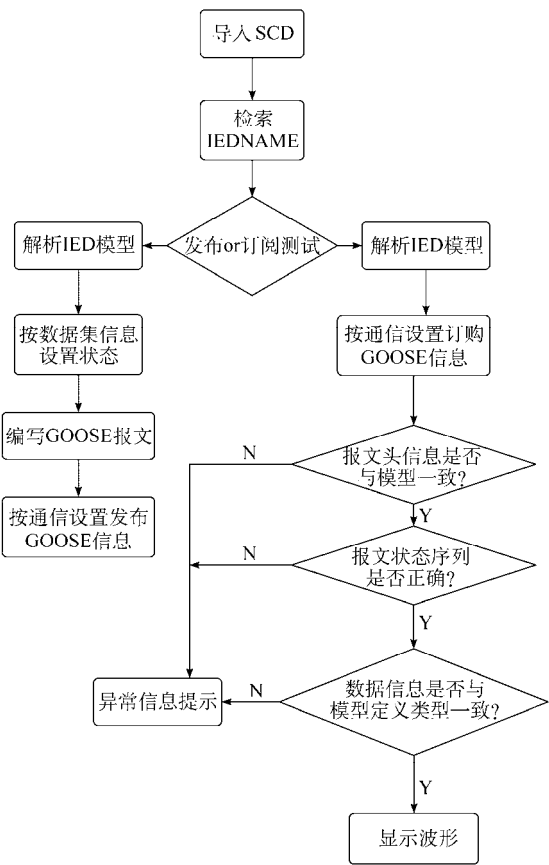


图 3 GOOSE 虚回路检测流程

3.2 SV 采样虚回路检测

SV 采样回路同样以 SCD 文件为检测依据。针对合并单元的采样输出，对比分析订阅采样报文的相关数据与 SCD 文件是否一致，并判断报文中计数器和状态标是否正常。对于订阅采样值的设备，通过测试软件模拟采样报文输出，监视设备自身的通信恢复告警信号，判断设备是否接收正常。模拟采样报文发布时可以模拟采样丢点、同步丢失以及采样率异常等多种异常状态，检测设备在异常状态下的行为是否能满足运行需求，SV 采样虚回路检测流程如图 4 所示。

4 工程应用实例

在某 220 kV 智能变电站施工中，运维调试人员使用上述方案开发的调试软件对变电站二次设备的虚回路进行了检测，在系统联调时发现母线智能终端与母线差动保护之间通信异常。通

过导入 SCD 文件，并模拟保护订阅智能终端发布的 GOOSE 报文，在调试软件中能够正确接收报文且信号变位也可以正常显示，说明智能终端发布的报文没有问题，但当模拟智能终端发布 GOOSE 报文给保护时，保护始终无法提示通信恢复。在将发布报文中的开关信号由双点数据改为单点数据后，保护可以正确接收，由此确定保护的接收虚端子只能识别单点数据，将配置修改为单点后通信恢复正常。

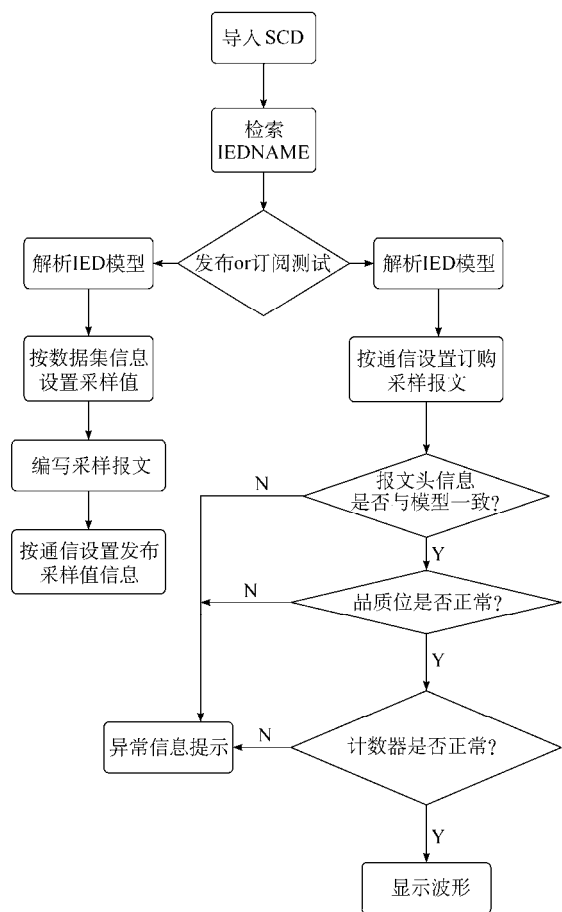


图 4 采样虚回路检测流程

5 结束语

本文提到的智能变电站二次虚回路的检测方案以 SCD 文件为检测依据，通过静态检测校

验 SCD 文件中虚端子连接的正确性，减少了智能变电站二次虚回路的检测工作量。该方案充分考虑了智能变电站网络的特点和 IEC 61850 中规定的通信细节，通过对虚拟回路中需判别的信息进行严格核对，保证了变电站在检测完成后虚拟回路能够满足设计与运行要求，为工程调试以及验收提供了有力的技术支持，也为尽快查找运行中出现的问题提供了便利。

参考文献

[1] 胡道徐, 沃建栋. 基于 IEC 61850 的智能变电站虚回路体系[J]. 电力系统自动化, 2010, 34 (17) : 78-82.

[2] 郑文彬, 王瑞彪. 智能变电站虚端子导入导出方法研究[J]. 华电技术, 2015, 37 (2) : 16-21.

[3] 高翔, 杨滴俊, 姜健宁, 等. 基于 SCD 的二次回路监测主要技术方案介绍与分析[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42 (15) : 149-154.

[4] 张巧霞, 贾华伟, 叶海明. 智能变电站虚拟二次回路监视方案设计及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43 (10) : 124-128.

[5] 熊华强, 万勇, 桂小智. 智能变电站 SCD 文件可视化管理和分析决策系统的设计与实现[J]. 电力自动化设备, 2015, 35 (5) : 166-171.

[6] 刘蔚, 杜丽艳, 杨庆伟. 智能变电站虚回路可视化方案研究与应用[J]. 电网与清洁能源, 2014, 30 (10) : 33-37.

[7] 孙鹏, 张大国, 汪发明, 等. 智能变电站调试与运行技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2014.

[8] 王天铨, 潘丽丽. 智能变电站二次系统调试技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.

作者简介

蔡玉朋 (1989-), 男, 硕士, 助理工程师, 主要从事领域: 智能变电站技术。

(收稿日期: 2015-12-10) EA
(编辑: 胡颖)