

DOI: 10.7667/PSPC151590

## SCD 升级对二次回路影响范围定位的研究

徐鹏<sup>1</sup>, 张哲<sup>2</sup>, 丁晓兵<sup>1</sup>, 纪陵<sup>2</sup>, 张弛<sup>1</sup>, 檀庭方<sup>2</sup>, 刘之尧<sup>1</sup>

(1. 中国南方电网电力调度控制中心, 广东 广州 510623; 2. 南京国电南自电网自动化有限公司, 江苏 南京 211153)

**摘要:** 为进一步实现对智能变电站改扩建工程的运维管控, 提出了一种基于 SCD 比较的二次系统回路变更影响范围定位方法。通过比较改扩建前后 SCD 文件中一次系统描述部分, 实现受影响的间隔区域定位。比较受影响间隔内二次装置 CRC 码, 判别该二次装置是否受到波及。进一步比较受波及装置通信描述及关联信息描述部分, 分别实现对改扩建工程前后二次系统实际物理链路及逻辑虚拟链路受波及部分的快速定位。最终以图形化建模的实现方式为基于 SCD 比较的二次系统回路变更影响范围定位方法的具体应用提供了有效手段。

**关键词:** 智能变电站; 运维; SCD; 二次回路; 影响范围

### Research on positioning the influence scope in secondary circuit by upgrading SCD

XU Peng<sup>1</sup>, ZHANG Zhe<sup>2</sup>, DING Xiaobing<sup>1</sup>, JI Ling<sup>2</sup>, ZHANG Chi<sup>1</sup>, SHAN Tingfang<sup>2</sup>, LIU Zhiyao<sup>1</sup>

(1. Power Dispatching and Control Center of China Southern Power Grid, Guangzhou 510623, China;

2. Nanjing Guodian Nanzi Power Automation Co., Ltd., Nanjing 211153, China)

**Abstract:** In order to achieve the management and control of smart substation operations, this paper proposes an impact range positioning method based on upgrading SCD in modification or extension project. According to comparing primary system specification description part in SCD file, the scope of influenced bays can be located. Then, it is judged whether the secondary device is affected or not by comparing IED's CRC. To compare the affected IEDs' communication description part and input description part, the influence scope of secondary system of physical link circuit and logical link circuit before and after modification and extension can be located respectively fast. At last, it provides the graphically modeling tools to realize this effective means of positioning the influence scope in secondary circuit by upgrading SCD.

**Key words:** smart substation; operation; SCD; secondary circuit; influence scope

## 0 引言

智能变电站依据 IEC61850 协议采用了基于对象的建模技术, 将底层不应触及或无需触及的细节部分进行了封装, 使得整个变电站二次系统部分成为了“黑箱”<sup>[1]</sup>, 运维人员难以得知改扩建会对“黑箱”产生怎样的影响。

在这种情况下, 全站唯一的描述文件 SCD 理所当然成为了这一“黑箱”的对外接口。由于 SCD 包含了全站 IED 的实例配置和通信参数、IED 间通信配置及变电站一次系统结构, 因而借助对比升级前后的 SCD 能够一定程度的定位到变电站改扩建影响范围, 为智能变电站改扩建的运维管控提供一种有效手段<sup>[2-4]</sup>。

文献[5-6]分别通过 CRC 或自定义二维码作为

SCD 比对方案特征模式, 实现了 SCD 文件的管控策略, 然而管控尺度仅能到达装置层面, 无法更为精确定位, 文献[7]通过对 SCD 通信描述特征的分析, 提出了一种故障点的概率统计算法, 实现了故障点的定位方法, 然而仅能作为辅助定位手段。因此亟需一种能够实现改扩建工程对原回路影响范围更为精确且有效的定位方案。

## 1 总体方案设计

SCD 描述了整个智能变电站结构, 依据该模型结构, 变电站元素内包含多个电压等级元素, 各间隔被划分在各电压等级中; 间隔元素内描述了该间隔所属的一次带电设备、端子及连接点信息; IED 的功能逻辑节点需挂载至对应的一次设备表示其关联关系, IED 间逻辑关联关系通过虚端子配置

描述, 物理关联关系通过通讯配置及接收虚端子配置描述。

因此通过对比升级前后 SCD 不同层次的关键元素增删改信息, 可快速定位原回路受改扩建影响波及的范围, 总体设计方案示意图如图 1 所示。

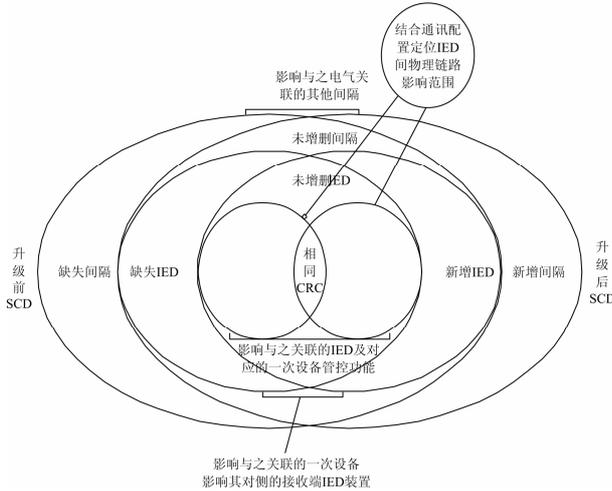


图 1 总体方案设计示意图

Fig. 1 Diagram of overall scheme design

## 2 获取站内设备间关联分析

### 2.1 智能变电站 SCL 对象模型分析

基于 SCL 描述方式将智能变电站大致划分为三个基本类: 变电站、设备以及通信, 侧重考虑三类关联关系, 则智能变电站 SCL 模型结构如图 2 所示。

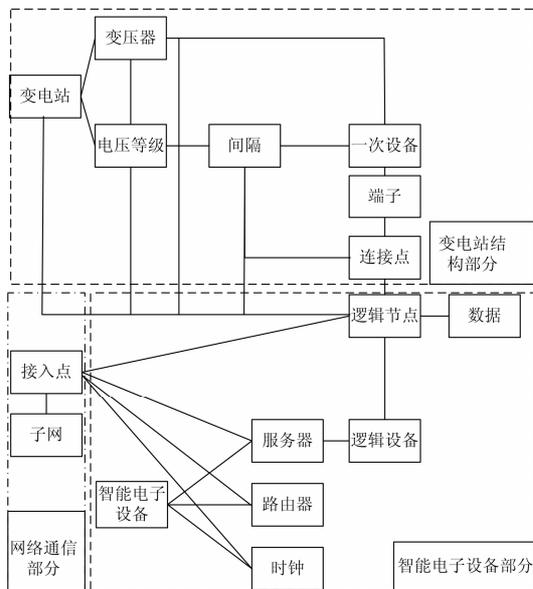


图 2 SCL 对象模型

Fig. 2 SCL object model

由图 2 可知, 逻辑节点是交换对象, 用于连接

不同的结构。这意味着: 逻辑节点实例作为产品, 具有开关场功能中的一个功能, 以及变电站自动化系统客户或服务器通信功能, 换言之, 通过逻辑节点可对站内与 IED 所关联的一次设备、邻接 IED 装置及二次回路进行桥接<sup>[8]</sup>。

### 2.2 获取一二次设备关联关系

通过对变电站描述部分, 即 SSD 部分的解析可推导以下三点结论:

1) 各间隔(包括变压器间隔、母线间隔、母联及线路间隔等)通过内部的连接点 connectivityNode 进行关联, 即可通过检索两间隔内是否存在相同连接点用以判断两间隔间是否存在直接的关联关系。

2) 通过参与变电站描述部分对象下所挂载的逻辑节点 LNode 可以获得其所属的二次智能电子装置 IED, 即获取二次设备与一次系统间关联关系。

3) 因与某一次系统对象(包括变电站功能对象、变压器对象、间隔对象、一次带电设备对象等)相关的逻辑节点 LNode 均需挂载至该对象描述段落范围。

以线路间隔为例: 一次线路与智能二次装置逻辑关联示意图如图 3 所示, 由于仅为了描述以上结论故一次系统部分仅展现了必要电气设备及连接点, 且并未展现二次智能电子设备间关联。

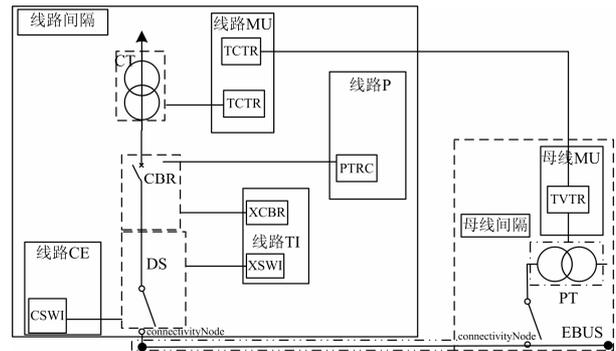


图 3 一次线路与二次 IED 逻辑关联示意图

Fig. 3 Sketch map of logical relations between primary system and IED

### 2.3 获取二次设备间关联关系

智能变电站各类装置关联关系知识库如表 1 所示。

## 3 虚拟链路映射分析

### 3.1 二次智能电子装置间虚回路

#### 3.1.1 接收侧虚链路关联

依据 IEC-61850-6 中 SCD 智能电子设备模型可知, IED 部分自描述定义了外部智能电子设备信号与本装置内部信号的绑定情况, 即虚端子关联关系,

通过对该部分内容的解析可实现 IED 接收端二次虚回路部分的还原<sup>[9]</sup>。

表 1 智能变电站 IED 关联关系

Table 1 Incidence relations between different types of IEDs

间隔类型	装置类型	接收信号类型	
		GSE	SV
线路间隔	合并单元 MU	本间隔智能终端、本间隔测控	母线合并单元
	智能终端 TI	本间隔保护、测控、母线保护	无
	保护 P	本间隔智能终端	本间隔合并单元
	测控 CE	本间隔智能终端、合并单元	本间隔合并单元
母联	合并单元 MU	母联智能终端、测控	母线合并单元
	智能终端 TI	母联保护、母线保护、主变保护、测控	无
	保护 P	无	母联合并单元
	测控 CE	母联智能终端	母联合并单元
主变	合并单元 MU	主变智能终端、测控	母线合并单元
	智能终端 TI	主变保护、母线保护、测控	无
	保护 P	主变智能终端、母线保护	主变合并单元
	测控 CE	主变智能终端	母线合并单元
母差	合并单元 MU	母线智能终端、母联智能终端、母线测控	无
	智能终端 TI	母线测控	无
	保护 P	各间隔智能终端及保护	同电压等级各间隔合并单元及母线合并单元
	测控 CE	母线智能终端	母线合并单元

3.1.2 发送侧虚链路关联

由于 GOOSE 和 SV 采用订阅/发布机制，IED 并不关心内部数据集所发送的对象，故无法直接在 IED 描述段落中获取具体的发布信息，需要进行信息反推，具体过程如下：

- 1) 通过上章节所获取的全站 IED 二次拓扑结构，获取所有本装置发送侧关联的 IED；
- 2) 遍历发送侧 IED 发送数据集内信号，挑选出与本装置外部信号引用部分 <ExtRef> 数据属性值一致的信号，即为本装置发送侧虚链路关联。

3.1.3 二次智能电子设备虚链路拓扑关系

不同类型间隔不同类型 IED 装置间虚链路拓扑关系如图 4 所示。

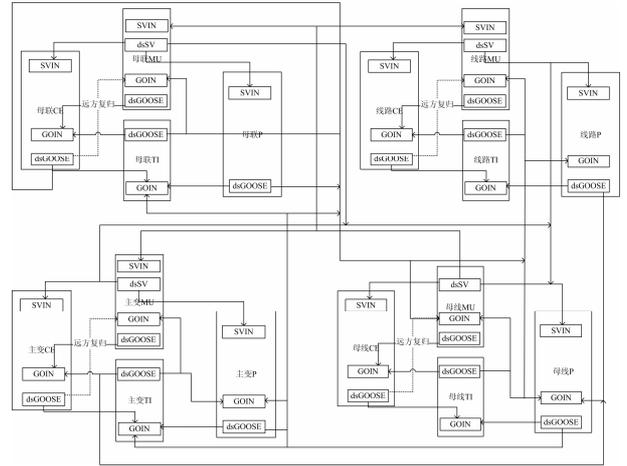


图 4 不同类型 IED 间逻辑关联图

Fig. 4 Map of logical relations between different types of IEDs

3.2 关联虚端子分类

虚端子是对智能电子设备逻辑连线起点或终点的虚拟描述，由序号、中文描述及内部数据属性组成，其中内部数据属性即为所属逻辑设备、逻辑节点及该逻辑节点下具体的数据对象及数据描述，以此保证其全站唯一性。仅考虑 SCD 升级波及分析中，结合 2.2 章节结论 3 即可将 IED 间虚端子关联关系分为 IED 内部告警关联与联合管控对象关联两类，具体过程如下：

- 1) 通过比较变电站描述部分 LNode 元素属性值与对应的智能电子设备 IED 内部逻辑节点 LN 元素属性值，挑选出 IED 支持一次设备部分功能逻辑节点。
  - 2) 由以上逻辑节点描述的虚端子关联视为联合管控对象关联，否则视为二次装置内部告警关联。
- 以典型功能的逻辑节点及其虚端子为例，分类方式如图 5 所示，实现继电保护逻辑功能的断路器或开关位置信息逻辑节点 XCBR、XSWI 通过 SSD

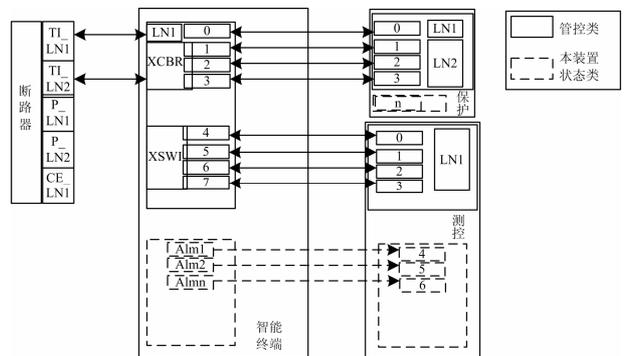


图 5 IED 关联间虚端子分类

Fig. 5 Classified virtual terminals between IEDs

描述与实际一次带电设备断路器或刀闸相关联, 视为联合管控对象, 智能终端装置本身告警信息 Alm (逻辑节点类 GGIO)与一次设备无直接关联, 视为内部告警类别。

#### 4 物理链路映射分析

在实际实现上, 智能电子设备 IED 间 GSE 或 SV 信号经由光纤作为传输载体, 换言之, 虚实链路间存在一定的映射关系<sup>[10]</sup>, 因此 SCD 升级对物理链路的影响范围同样需要进行定位。由于交换机作为数据包的转发节点<sup>[11]</sup>, 并不对数据进行内容上的修改, 因此当前仅对数据起始装置进行探讨。

##### 4.1 发送物理端口

SCD 通信部分 Communication 描述了智能电子设备 IED 内 GSE/SMV 控制块发布可选的物理端口。滤去无关信息, 文献 [12]中对通信元素属性进行了规范如表 2 所示, 其中 PhysConn 元素的“type”属性值为“Connection”时, 定义第一个物理连接, “RedConn”为其他冗余物理连接口定义, 端口元素 Port 描述为“板卡号-端口号”。

GSE/SMV 控制块描述与该 IED 下逻辑设备 LD 内部某一 GOOSE/SV 发送数据集相对应, 换言之, 可以定位可供某一信号发布的光纤通道。

表 2 PhysConn 类型定义

Table 2 PhysConn type definition

PhysConn 类型	P 类型	推荐值
Connection RedConn	Type	电气连接
		光纤连接 FOC
		无线连接
	Plug	电气插头
		Bajonet 插头(光纤类)ST
	Cable	一个访问点与另一个访问点连接的物理电缆标识
	Port	访问点处连接电缆或可能被连接的端口或端点标识

##### 4.2 接收物理端口

接收端物理端口描述于 IED 外部信号引用部分 <ExtRef>元素内“intAddr”属性中增加了接收物理端口的描述, 端口号描述与上节 Port 描述一致且与原内部地址采用“:”分离。

##### 4.3 智能电子设备物理端口连接关系

在实际工程中, 两 IED 装置间同类型信号(GOOSE 或 SV)仅采用一对光纤连线进行收发, 在模型描述中, 收发口视为同一 Port 口。不同类型装置间物理端口关联示意图如图 6 所示。

由上文分析可知, 由于发送端口可选, 接收端口可定, 因此当装置间存在同类型信号(GSE/SV)互

发情况下, 能够依据虚端子解读定位唯一的光纤链路; 若装置间信号为单向流通, 则定位接收端口,

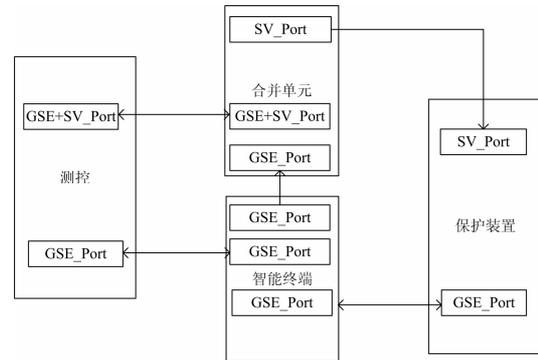


图 6 IED 间物理端口连接示意图

Fig. 6 Sketch map of physical connection port between IEDs

并在可选范围内进一步定位发送端口。理论上, GOOSE 和 SV 信号可选同一光纤链路, 考虑到信息传输效率上, 可能分为多端口传输, 此时合并单元与测控 GOOSE 互发, 且合并单元将采样 SV 单向传递至测控装置 CE。

#### 5 影响范围定位

影响范围定位过程如下所示:

1) 比较升级前后的 SCD, 提取间隔 Bay 增删信息, 其影响与之有连接点对象实例 connectivityNode 相等的间隔部分。

2) 比较未增删的间隔内 IED, 提取 IED 增删信息, 其直接影响与之有关联的一次设备(见图 3)及对侧接收方 IED 装置(见表 1)。

3) 通过比较未增删地 IED 部分 CRC 码, 快速判断 IED 部分是否发生更改。

4) 提取更改 IED 的虚端子关联 <Inputs> 部分, 联合管控类虚端子的更改影响与之关联的 IED 及对应的一次设备的管控, 自身状态告警类虚端子的更改仅影响发送侧 IED 装置(见图 4, 图 5)。

5) 比较升级前后 SCD 的通讯部分结合 4) 中虚端子关联部分比较, 定位智能电子设备间实链路受影响范围(见图 6)。

#### 6 结论

SCD 作为智能变电站全站唯一的描述文件, 可透过该文件“观测”智能变电站核心构架。本文通过对 SCD 模型的解析, 并结合智能变电站相关专业知, 提出了一种二次回路影响范围定位的方法, 该方法针对“封装化”的智能变电站为相关运维人员提供了“观测窗口”, 从而为二次虚实回路的管控

提供了有效的手段。

然而，当前 SCD 仍存在一些亟待改进的地方，不仅变电站基础框架的完整“重构化”，在工程实现上，也会出现与常规专业知识“不符”的特例，因此，仍需对 IEC61850 模型的规范化进行进一步研究与探索。

参考文献

[1] 杨毅, 高翔, 朱海兵, 等. 智能变电站 SCD 应用模型实例化研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 107-113.  
YANG Yi, GAO Xiang, ZHU Haibing, et al. Case study on SCD application based on demo smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 107-113.

[2] 高翔, 杨漪俊, 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.  
GAO Xiang, YANG Yijun, JIANG Jianning, et al. Analysis of secondary circuit monitoring methods based on SCD[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(15): 149-154.

[3] 马杰, 李磊, 黄德斌. 智能变电站二次系统全过程管控平台研究与实践[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(2): 77-90.  
MA Jie, LI Lei, HUANG Debin. Research and practice on the whole process management platform of the secondary system in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(2): 77-90.

[4] 孙一民, 刘宏君, 姜健宁, 等. 智能变电站 SCD 文件管控策略完备性分析[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(16): 105-109.  
SUN Yimin, LIU Hongjun, JIANG Jianning, et al. Analysis on completeness of substation configuration description file control strategy for smart substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(16): 105-109.

[5] 伊洋, 胡苏凯, 周宇, 等. 智能变电站 SCD 文件二维校验码校验方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(2): 113-118.  
YI Yang, HU Sukai, ZHOU Yu, et al. Research of smart substation SCD file check based on two-dimensional check code[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(2): 113-118.

[6] 葛立青, 赵光元, 杨凡, 等. 智能变电站二次回路故障诊断方法研究[J]. 智能电网, 2014, 2(6): 28-31.  
GE Liqing, ZHAO Guangyuan, YANG Fan, et al. Research on the secondary circuit fault diagnosis methods[J]. Smart Grid, 2014, 2(6): 28-31.

[7] Communication networks and systems for power utility automation part6: configuration description language for communication in electrical substation related to IEDs[S].

[8] 胡道徐, 沃建栋. 基于 IEC61850 的智能变电站虚回路体系[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(17): 78-82.  
HU Daoxu, WO Jiandong. Virtual circuit system of smart substations based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(17): 78-82.

[9] 高亚栋, 朱炳铨, 李慧. 数字化变电站的“虚端子”设计方法应用研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(5): 124-127.  
GAO Yadong, ZHU Bingquan, LI Hui. Application research on design method for "virtual terminal" of digital substation[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(5): 124-127.

[10] 秦国强, 段振坤, 任俊, 等. 一种面向智能变电站过程层光缆的智能标签技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(21): 143-147.  
QIN Guoqiang, DUAN Zhenkun, REN Jun, et al. Research on a kind of smart tag's technology with smart substation process layer fiber[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(21): 143-147.

[11] Q/CSG 1204005.34-2014 南方电网一体化电网运行智能系统技术规范 第 3-4 部分: 数据 IEC61850 实施规范[S].  
Technical specifications of operation smart system in China Southern Power Grid - part 3-4: data specification of IEC61850 implementation[S].

[12] 王松, 宣晓华, 陆承宇. 智能变电站配置文件版本管理方法[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(17): 1-4.  
WANG Song, XUAN Xiaohua, LU Chengyu. Version management method of smart substation configuration file[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(17): 1-4.

收稿日期: 2015-09-07; 修回日期: 2016-04-12

作者简介:

徐 鹏(1983-), 男, 通信作者, 博士, 高级工程师, 主要从事继电保护专业管理、智能变电站管理工作; E-mail: 63667814@qq.com

张 哲(1988-), 男, 硕士, 主要研究方向为电力系统继电保护及自动化; E-mail: zhe-zhang@ sac-china.com

丁晓兵(1979-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事继电保护专业管理工作。

(编辑 张爱琴)