DOI:10.12158/j.2096-3203.2020.04.022

基于典型间隔模板的智能变电站虚端子自动连接方法

李嘉[1,2]，饶丹[1,2]，李耕[1,2]，樊瑞[1,2]，桂强[3]，章耀耀[3]
（1. 国电南瑞科技股份有限公司，江苏 南京 211106；2. 南瑞集团有限公司智能电网保护和运行控制国家重点实验室，江苏 南京 211106；3. 国家电网有限公司华东分部，上海 200120）

摘 要：在目前的智能变电站集成配置过程中，集成人员根据设计院提供的虚端子连接关系表手动配置变电站系统配置描述（SCD）文件中的虚端子连接关系，不仅工作量大、耗时长，而且容易出现连接错误。为此通过分析 SCD 文件中 Substation 元素结构，以及典型间隔的虚端子连接关系，定义以二次设备类型表示智能电子设备（IED）的典型间隔虚端子连接模板。在自动配置过程中先将一次主接线图中的间隔映射为典型间隔，再将间隔内一次设备关联的 IED 映射为典型间隔中的二次设备类型，最后根据二次设备类型之间的虚端子连接关系为 IED 配置虚端子连接关系。应用该方法开发系统配置工具的虚端子自动连接功能，可模拟对新建站和改扩建工程的间隔进行虚端子自动连接，有助于缩短虚端子连接配置时间。

关键词：智能变电站；虚端子；自动连接；典型间隔；二次设备类型
中图分类号：TM63 **文献标志码**：A **文章编号**：2096-3203（2020）04-0157-07

0 引言

智能变电站以光缆和软件逻辑代替二次回路，以变电站系统配置描述（substation configuration description，SCD）文件描述全站二次系统配置，包括二次设备之间的虚端子连接关系即虚回路，因而虚回路的配置成为智能变电站设计和配置环节的重点[1—3]。目前通常由设计院进行一次系统设计和虚端子连接设计[4—5]，提供一次主接线图和虚端子连接关系表给系统集成商，由其工程人员据此在系统配置工具中手动配置虚回路。若采用网采或网跳，还需参照设备之间的物理连接，人工配置或工具自动生成交换机虚拟局域网（virtual local area network，VLAN）配置和报文转发路径[6—7]，之后进行模型检查和装置联调[8—10]。为克服人工配置虚回路耗时长、容易出错的问题，有必要研究虚端子自动连接方法。已有文献提出利用虚端子描述关键字构造虚回路模板库，将智能电子设备（intelligent electronic device，IED）的虚端子与模板库中的内容进行匹配[11—15]，可基于正则表达式匹配[16]，或通过计算字符串相似度进行匹配[17—18]。但这些方法在应用时仍需工程人员为 IED 指定模板，或预先配置 IED 之间的连接关系，难以在实际工程中推广。

随着源端维护[19—20]的提出，SCD 文件中 Substation 元素的配置受到了重视，因为如果要生成提供给主站的公共信息模型（common information model，CIM）文件和基于 CIM 的图形交换规范（CIM-based graphic exchange format，CIM/G）文件，就需要 Substation 元素保存包含了一二次设备关联关系的一次主接线图。以 SCD 包含的 Substation 元素内容完整为前提，文献[21—22]提出了一种利用电压等级和装置类型构建逻辑节点（logical node，LN）关联标准库进行虚端子自动连接的方法，但未考虑不同间隔类型或接线方式下如何选择 LN 关联模板；文献[23]提出一种通过固化全站的一次、二次设备和虚端子连接关系为模板进行自动配置的方法，但难以适应工程配置与模板不一致的情况。

鉴于以上情况，文中提出一种智能变电站虚端子自动连接方法，以典型间隔作为虚端子连接模板的基本单位，兼顾电压等级、接线方式、间隔类型、二次设备类型等多种因素，既能用于新建站，也可用于改扩建工程的系统集成。

1 虚端子自动连接原理

1.1 方法原理

根据 SCD 文件中 Substation 元素结构可知，一次主接线图包含间隔内的一次设备拓扑关系及一二次设备连接关系。一次设备配置的一二次设备关联关系是指间隔内的一次设备关联到 IED 的 LN[24]，由此可知一次设备与 IED 存在关联关系，其中 IED 表示的是保护装置、智能终端、合并单元等各种类型的二次设备。对于单套保护的情况，每种类型的二次设备只有 1 台，比如 110 kV 线路间隔中有 1 台线路保护、1 台智能终端和 1 台线路合并单

收稿日期：2020-01-21；修回日期：2020-03-05
基金项目：国家电网有限公司科技项目（JBB17201600239）

元。对于多套保护的情况，每套保护中每种类型的二次设备也只有 1 台。比如采用双套保护的 220 kV 线路间隔，A 套和 B 套各有 1 台线路保护、1 台智能终端和 1 台线路合并单元。因此，如果以二次设备类型（如线路保护、智能终端等）来表示单套保护或每套保护中的 IED，则可将一次设备与 IED 的关联关系视为一次设备与二次设备类型的关联关系。

在虚端子连接方面，由于在多套保护的情况下，每套保护中的智能终端、合并单元、保护装置等 IED 之间的虚端子连接是相同的，若使用二次设备类型来表示单套保护或每套保护中的 IED，那么 IED 之间的虚端子连接关系也可以视为二次设备类型之间的虚端子连接关系。

因此，文中提出一种基于典型间隔模板的智能变电站虚端子自动连接方法，可根据 SCD 的 Substation 元素中一二次设备关联关系以及模板中二次设备类型之间的虚端子连接关系，自动建立 IED 之间的虚端子连接关系，其原理如图 1 所示。

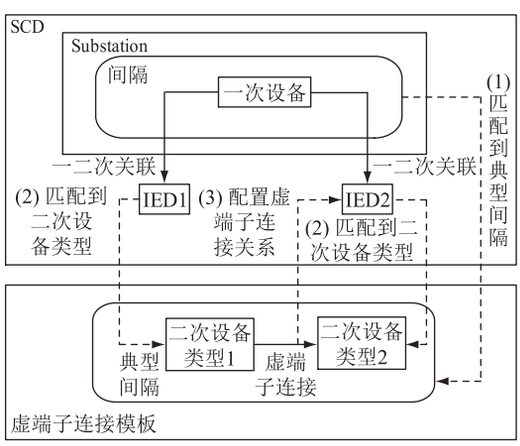


图 1　虚端子自动连接原理

Fig.1　Principle of automatic connection of virtual terminators

1.2　系统架构

在智能变电站系统配置工具（以下简称工具）中应用该方法进行虚端子自动连接，系统架构如图 2 所示。各模块的功能如下：

（1）IED 新建模块。负责导入 IED 能力描述（IED capability description，ICD）文件创建 SCD 中的 IED 段。

（2）Substation 可视化配置模块。负责绘制一次主接线图、以及建立一二次设备关联关系，配置结果保存于 SCD 中的 Substation 段。

（3）模板文件加载模块。读取并解析虚端子连接模板文件，解析结果为典型间隔列表。

（4）间隔匹配模块。从 Substation 段提取间隔，从典型间隔列表中找到与其匹配的典型间隔。

（5）IED 匹配模块。为间隔中一次设备关联的 IED 找到典型间隔中与其匹配的二次设备类型。

（6）虚端子匹配模块。根据二次设备类型之间的虚端子连接关系，在 IED 中寻找与其匹配的发送虚端子和接收虚端子，建立虚端子连接关系，更新 IED 段数据。

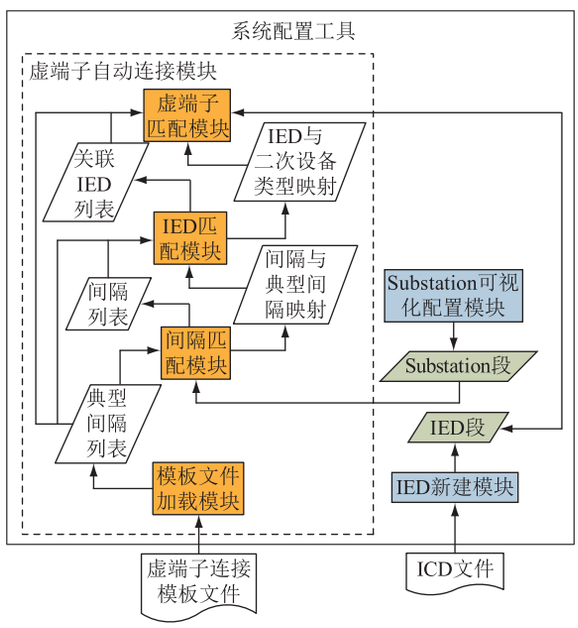


图 2　虚端子自动连接系统架构

Fig.2　System architecture of automatic connection of virtual terminators

2　虚端子连接模板

可扩展标示语言（extensive markup language，XML）格式的虚端子连接模板文件的结构如图 3 所示。

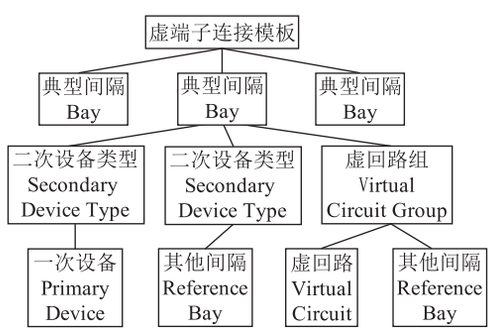


图 3　虚端子连接模板文件结构

Fig.3　Structure of virtual terminators connection template file

从图 3 可以看出，虚端子连接模板由若干个典型间隔 Bay 节点组成，Bay 节点包含若干个二次设备类型 SecondaryDeviceType 节点和虚回路组 VirtualCircuitGroup 节点。Bay 节点的属性如表 1 所示。

表 1 Bay 节点中属性的名称及内容

Table 1 Name and content of attribute of Bay node

属性名称	属性内容
mainDeviceType	间隔内一次设备中的主要设备类型
desc	典型间隔描述
voltageLevel	间隔所属的电压等级
side	高压侧/中压侧/低压侧
connectionDesc	接线方式
multiSetProtection	多套保护标志

SecondaryDeviceType 节点包含若干个一次设备 PrimaryDevice 节点,表示该二次设备类型关联的间隔内一次设备。SecondaryDeviceType 节点的属性如表 2 所示。PrimaryDevice 节点的属性如表 3 所示。

表 2 SecondaryDeviceType 节点中属性的名称及内容

Table 2 Name and content of attribute of SecondaryDeviceType node

属性名称	属性内容
typeKey	二次设备类型关键字,由 IED 类型和归属设备类型组合而成的
desc	二次设备类型描述
ownerBay	本间隔/相邻间隔/非相邻间隔

表 3 PrimaryDevice 节点中属性的名称及内容

Table 3 Name and content of attribute of PrimaryDevice node

属性名称	属性内容
lnClass	一次设备关联的 LN 的 lnClass
typeClass	一次设备类型
desc	一次设备描述

定义跨间隔虚端子连接时,为避免在 2 个典型间隔中同时定义带来数据冗余,在典型间隔中仅定义二次设备类型接收的跨间隔虚端子连接关系。因此,当作为发送方的二次设备类型关联到其他间隔时,SecondaryDeviceType 节点的 ownerBay 属性值不是本间隔,并包含表示其他间隔的 ReferenceBay 节点。ReferenceBay 节点的属性如表 4 所示。

表 4 ReferenceBay 节点中属性的名称及内容

Table 4 Name and content of attribute of ReferenceBay node

属性名称	属性内容
mainDeviceType	间隔内一次设备中的主要设备类型
desc	典型间隔描述
voltageLevel	间隔所属的电压等级
side	高压侧/中压侧/低压侧
connectionDesc	接线方式
setMatch	套别相同标志
attachInfo	附属信息

虚回路组 VirtualCircuitGroup 节点包含若干个虚回路 VirtualCircuit 节点,以表示 2 个二次设备类型之间单向的虚端子连接关系。VirtualCircuitGroup 节点的属性如表 5 所示。当虚回路为跨间隔接收时,VirtualCircuitGroup 元素的 txOwnerBay 属性值不是本间隔,并包含表示其他间隔的 ReferenceBay 节点。

表 5 VirtualCircuitGroup 节点中属性的名称及内容

Table 5 Name and content of attribute of VirtualCircuitGroup node

属性名称	属性内容
txIEDTypeKey	发送 IED 的二次设备类型关键字
ownerBay	发送 IED 所在间隔
rxIEDTypeKey	接收 IED 的二次设备类型关键字
msgType	虚回路报文类型 GOOSE 或者 SV

VirtualCircuit 节点的属性如表 6 所示。

表 6 VirtualCircuit 节点中属性的名称及内容

Table 6 Name and content of attribute of VirtualCircuit node

属性名称	属性内容
txLnClass	发送虚端子所在的 LN 的 lnClass
txVirTermKey	发送虚端子的描述关键字
rxVirTermKey	接收虚端子的描述关键字
rxVirTermDaiName	GOOSE 接收虚端子的 DAI Name

为了适应不同厂家的装置模型文件,表 6 中发送虚端子和接收虚端子描述关键字采用关键字列表来表示。在构造模板时先找到各厂家模型文件中表示相同功能的虚端子,然后其描述逐个拆分为关键字列表,再进行排序与合并,最后得到模板中的关键字列表。比如某厂家模型中虚端子描述“Ⅰ母 A 相电压 1”可拆分为列表{“Ⅰ母”,“A 相”,“电压”,“1”},另一厂家模型中虚端子描述“Ⅰ母电压 A 相 1”可拆分为列表{“Ⅰ母”,“电压”,“A 相”,“1”},两者排序合并后得到关键字列表{“1”,“A 相”,“Ⅰ母”,“电压”},可适用于这 2 个厂家的模型文件。

以高压侧采用双母线接线方式的 220 kV 智能站 220 kV 线路间隔为例,采用上述方式表示线路合并单元跨间隔接收母线合并单元电压数据的部分模板节点内容,如图 4 所示。

3 处理流程

虚端子自动连接处理流程包括以下步骤:(1)确定与间隔匹配的典型间隔;(2)确定与 IED 匹配的二次设备类型;(3)虚端子的匹配和建立连接。

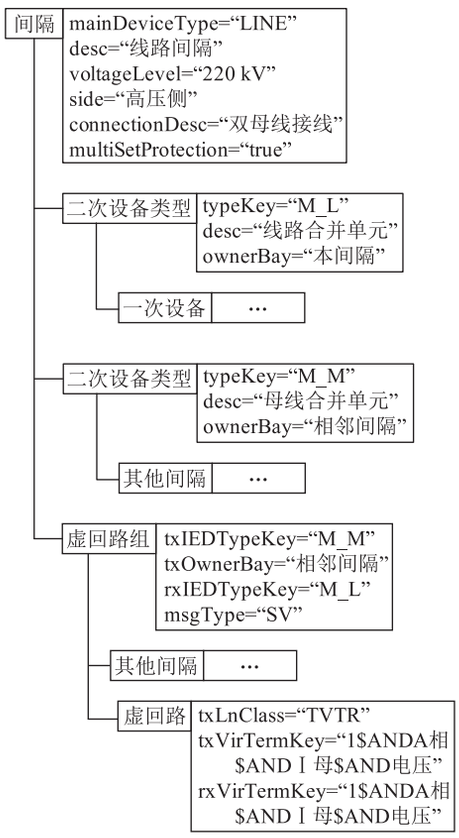


图 4　跨间隔 SV 虚回路模板示例

Fig.4　Example of cross-bay SV virtual circuit template

3.1　确定与间隔匹配的典型间隔

首先需要为 Substation 中的间隔确定与其匹配的虚端子连接模板中的典型间隔，方法是从间隔中提取接线方式、电压等级和间隔类型，将其与典型间隔元素的 connectionDesc、voltageLevel 和 mainDeviceType 属性值分别进行匹配，若完全一致则匹配成功。这是因为相关规范[25]对于一次设备建模有以下要求：

（1）对于接线方式，规定间隔对象中包含一个 Private 元素用来描述间隔类型，该元素的类型 type 为“CIME-btype”，含有 2 个属性 dType 和 desc，描述间隔是何种接线方式下的间隔，因此通过该元素可确定站内间隔的接线方式。

（2）对于间隔类型，规定通常一个间隔中仅含有一个主要设备（比如断路器、变压器、母线、线路等，但各进出线相应的断路器属于各进出线间隔），因此可以将主要设备的 type 属性作为间隔的类型，故通过遍历站内间隔中 ConductingEquipment 元素的 type 属性可确定主要设备及间隔类型。

3.2　确定与 IED 匹配的二次设备类型

由于 Substation 元素中 ConductingEquipment 元素包含的 LNode 元素描述了关联到一次设备的 IED 的 LN，因此，对于已匹配到典型间隔的站内间隔，通过遍历 ConductingEquipment 元素包含的 LNode 元素，可获得所有相关的 IED。之后再基于有关规范中的 IED 命名结构，根据每个 IED 的 name 确定典型间隔中与 IED 匹配的二次设备类型。其中 IED 命名采用 8 个字符，具体结构为：第 1 字符和第 2 字符表示 IED 类型；第 3 字符表示归属设备类型；第 4 字符和第 5 字符表示电压等级；第 6 字符和第 7 字符表示归属设备编号；第 8 字符表示 IED 编号。

在确定 IED 匹配的二次设备类型之前，需要先根据 IED name 中的 IED 编号为 IED 设置分组编号：A、B、C、D 或 X（表示单套），然后再针对每个分组中的 IED，遍历典型间隔中的每个 SecondaryDeviceType 元素进行检查。

对于间隔内的二次设备类型，检查其 typeKey 属性与 IED name 的前 3 个字符是否一致，检查其包含的 PrimaryDevice 元素的 typeClass 属性与 IED 关联的站内一次设备的 type 是否一致，并检查 PrimaryDevice 元素的 lnClass 属性与关联到一次设备的 LN 的 lnClass 是否一致。对于其他间隔内的二次设备类型，先根据 ReferenceBay 节点内容找到其他的典型间隔及与之匹配的间隔，然后根据前述方法查找到与二次设备类型信息匹配的 IED。

3.3　虚端子的匹配和建立连接

在确定了与 IED 匹配的典型间隔中的二次设备类型后，可根据模板中虚回路组 VirtualCircuitGroup 节点的 txIEDTypeKey 属性和 rxIEDTypeKey 属性确定发送 IED 和接收 IED，进而根据虚回路 VirtualCircuit 节点中的 msgType 确定虚端子类型。对于通用面向对象的变电站事件（generic object oriented substation events，GOOSE）虚端子连接关系，根据虚端子描述关键字和 DAI name 在相关 IED 中查找匹配的虚端子；对于采样值（sampled value，SV）虚端子连接关系，根据虚端子描述关键字在相关 IED 中查找匹配的虚端子。在发送虚端子和接收虚端子同时找到后，修改接收 IED 的 IED 段相关内容，建立虚端子连接。

4　实验验证

基于文中方法开发智能变电站系统配置工具虚端子自动连接功能，利用已投运的嘉兴洪明 500 kV 智能变电站进行实验验证。嘉兴洪明 500 kV 变电站 220 kV 部分采用双母双分接线，现有出线 7 回，实验对象为 220 kV 正母Ⅰ段母线间隔（归属设备编号=01）及与其相连的 220 kV 洪前 43H1 线间隔（归属设备编号=01）、洪进 43H2 线间隔（归属设

备编号=03),智能装置来自4个厂家。一次主接线中包含实验间隔的部分如图5所示。

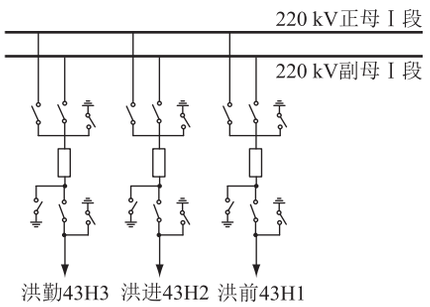


图5 包含实验间隔的部分一次主接线

Fig.5 Part of main wiring diagram containing bays in experiment

验证新建站间隔的实验操作步骤是:(1) 在系统配置工具中导入已归档的母线间隔和洪前43H1线间隔相关的ICD文件集成SCD;(2) 绘制一次主接线图并配置一二次设备关联关系;(3) 运行虚端子自动连接功能,洪前43H1线第一套保护相关的配置结果如表7所示。

表7 新建线路间隔第一套保护虚端子自动连接结果

Table 7 Result of automatic connection of virtual terminator in new line bay first set protection

发送IED	接收IED	是否跨间隔	报文类型	实验配置数	SCD配置数
I_L2201A	P_L2201A	否	GOOSE	5	5
P_L2201A	I_L2201A	否	GOOSE	5	5
I_L2201A	M_L2201A	否	GOOSE	2	2
M_L2201A	P_L2201A	否	SV	15	15
P_M2201A	P_L2201A	是	GOOSE	2	2
P_M2201A	I_L2201A	是	GOOSE	1	1
M_M2201A	M_L2201A	是	SV	22	22

验证改扩建间隔的实验,可利用IEC 61850第二版中定义的系统交换描述(system exchange description,SED)文件完成。SED文件被引入规范是为了在系统配置工具中实现跨系统的虚端子连接,并保证与系统间接口无关的虚端子连接不受影响。在SED文件中,若IED的engRight属性为dataflow则表示虚端子连接可以被修改,若engRight属性为fix则表示虚端子连接不可被修改。具体的实验操作步骤是:(1) 基于新建站间隔实验集成的SCD文件导出包含全部IED的SED文件,其中与扩建相关的IED的engRight属性为dataflow;(2) 在系统配置工具中导入SED文件,将洪进43H2线间隔作为扩建部分,导入相关ICD文件集成SCD;(3) 在一次主接线图中增加洪进43H2线间隔并配置一二次设备关联关系;(4) 运行虚端子自动连接功能,受扩建影响的220 kV Ⅰ/Ⅱ段母线第一套保护P_M2201A相关的配置结果如表8所示。

表8 受扩建影响的P_M2201A虚端子自动连接结果

Table 8 Result of automatic connection of virtual terminator in P_M2201A affected by extension

发送IED	接收IED	是否跨间隔	报文类型	实验配置数	SCD配置数
P_L2203A	P_M2201A	是	GOOSE	3	3
I_L2203A	P_M2201A	是	GOOSE	2	2
M_L2203A	P_M2201A	是	SV	7	7

实验结果表明,对于新建的线路间隔以及受扩建影响的母线间隔,虚端子自动连接的结果与SCD配置一致。

5 结论

文中提出一种智能变电站虚端子自动连接方法,首先在虚端子连接模板中定义包含二次设备类型和相关虚端子连接关系的典型间隔,之后对SCD文件Substation元素中的一次主接线图进行解析,提取间隔和一二次设备关联关系,再将一次主接线图中的间隔与模板中的典型间隔进行匹配,为间隔内一次设备关联的IED与典型间隔中的二次设备类型建立对应关系,最后根据二次设备类型之间的虚端子连接关系配置IED之间的虚端子连接关系。文中方法有利于在智能变电站的SCD配置过程中实现虚端子自动连接,提高系统集成的自动化水平和准确性。后续计划深入研究一二次设备关联关系的快速配置方法,并且根据智能变电站典型设计,在虚端子连接模板文件中补充适用于相关电压等级、接线方式,以及各厂家装置模型的典型间隔模板,以提高文中方法在实际工程应用中的便利性和实用性。

参考文献:

[1] 变电站通信网络和系统:DL/T 860—2006[S]. 2006.
Communication networks and systems in substations:DL/T 860—2006[S]. 2006.

[2] 智能变电站技术导则:Q/GDW 383—2009[S]. 北京:国家电网公司,2009.
Technical guide for smart substation:Q/GDW 383—2009[S]. Beijing:State Grid Corporation of China,2009.

[3] 张巧霞,贾华伟,叶海明,等. 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):123-128.
ZHANG Qiaoxia, JIA Huawei, YE Haiming, et al. Design and application of virtual secondary circuit monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10):123-128.

[4] 杨旭方,李艳丽,王宁宁,等. 智能变电站虚端子设计方法研究[J]. 电工技术,2015(10):26-29,41.
YANG Xufang, LI Yanli, WANG Ningning, et al. Research on design method of virtual terminators in smart substation[J]. Electric Engineering,2015(10):26-29,41.

[5] 顾建,王志亮. 智能变电站系统组态中虚端子存在的问题及改进[J]. 浙江电力,2015,34(5):19-22.
GU Jian, WANG Zhiliang. Problems and improvement of virtual terminator in intelligent substation configuration[J]. Zhejiang Electric Power,2015,34(5):19-22.

[6] 左欢欢,彭奇,王德辉,等. 基于变电站配置文件的智能变电站交换机自动配置实现[J]. 电力工程技术, 2018,37(1):91-96.
ZUO Huanhuan, PENG Qi, WANG Dehui, et al. Implementation of switch automatic configuration of smart substation based on SCD files[J]. Electric Power Engineering Technology,2018,37(1):91-96.

[7] 李鹏,范伟,王罡,等. 智能变电站 VLAN 配置表自动生成技术的研究和应用[J]. 电力工程技术, 2018,37(1):122-129,135.
LI Peng, FAN Wei, WANG Gang, et al. Research andapplication of VLAN configuration tables automatic generation technology in smart substation[J]. Electric Power Engineering Technology, 2018,37(1):122-129,135.

[8] 吴恒福,窦会光,向前,等. 基于设计规范的智能变电站 SCD 文件规范性检查[J]. 电网与清洁能源,2015,31(4):84-88.
WU Hengfu, DOU Huiguang, XIANG Qian, et al. The SCD file check method based on design specification of smart substation [J]. Power System and Clean Energy,2015,31(4):84-88.

[9] 侯亮,冯亮,杨庆伟,等. 智能变电站虚拟回路自动化校核技术的研究[J]. 电网清洁与能源,2015,31(6):44-48.
HOU Liang, FENG Liang, YANG Qingwei, et al. Research of smart substation virtual circuit automatic checking[J]. Power System and Clean Energy,2015,31(6):44-48.

[10] 周成,吴海,胡国,等. 基于 IEC61850 第二版非侵入式自动测试系统的研制[J]. 电力系统保护与控制,2017,45(14):143-147.
ZHOU Cheng, WU Hai, HU Guo, et al. Non-intruding development of automatic test system based on IEC 61850 edition2.0 [J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(14): 143-147.

[11] 杨辉,温东旭,高磊,等. 智能变电站二次虚回路连线自动生成实践[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(23): 116-121.
YANG Hui, WEN Dongxu, GAO Lei, et al. Automatic generation of secondary circuit virtual connection in smart substation [J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(23): 116-121.

[12] 黄志高,李妍,李腾,等. 智能变电站 SCD 文件虚回路自动生成技术的设计和实现[J]. 电力系统保护与控制,2017,45(17):106-111.
HUANG Zhigao, LI Yan, LI Teng, et al. Design and implementation of automatic generation technology of SCD file virtual circuit in smart substation[J]. Power System Protection and Control,2017,45(17):106-111.

[13] 罗华峰,陆承宇,宣晓华,等. 基于全景信息扫描的智能变电站远动装置遥信配置快速校核技术[J]. 浙江电力,2018,37(2):42-47.
LUO Huafeng, LU Chengyu, XUAN Xiaohua, et al. A quick verification technology for remote signal configuration of RTU in intelligent substation based on panoramic scanning[J]. Zhejiang Electric Power,2018,37(2):42-47.

[14] 袁明旭,余洋,童晓阳,等. 智能变电站 ICD/CID/SCD 模型内容差异检查方法及工具[J]. 电力系统保护与控制,2019,47(11):118-124.
YUAN Mingxu, YU Yang, TONG Xiaoyang, et al. Difference checking method and software of the ICD/CID/SCD in smart substation[J]. Power System Protection and Control,2019,47(11):118-124.

[15] 刘宏君,高旭,杜丽艳,等. 智能变电站 SCD 文件管控系统模块化设计[J]. 电力系统保护与控制,2019,47(3):154-159.
LIU Hongjun, GAO Xu, DU Liyan, et al. Modular design of intelligent substation SCD file management and control system [J]. Power System Protection and Control, 2019, 47(3): 154-159.

[16] 曾凡兴,史正阳,修黎明,等. 基于智能匹配的智能变电站虚回路自动连接技术[J]. 现代电子技术,2018,41(19):146-150.
ZENG Fanxing, SHI Zhengyang, XIU Liming, et al. Intelligent matching based automatic connection technology of smart substation virtual circuit [J]. Modern Electronics Technique, 2018,41(19):146-150.

[17] 高磊,闫培丽,阮思烨,等. 基于相似度计算的学习型模板库在虚回路设计和校验中的应用[J]. 电力自动化设备,2017,37(7):205-212.
GAO Lei, YAN Peili, RUAN Siye, et al. Application of similarity-calculation-based learning template library in design and check of virtual circuit[J]. Electric Power Automation Equipment,2017,37(7):205-212.

[18] 王文琪,胡炎,赵娜,等. 基于距离权重向量优化模型的虚端子自动连接方法[J]. 电网技术,2018,42(1):346-352.
WANG Wenqi, HU Yan, ZHAO Na, et al. Automatic connection method of virtual terminators based on optimization model of distance weight vectors [J]. Power System Technology, 2018,42(1):346-352.

[19] 黄凯,杨骥,顾全. 一体化电网运行智能系统的源端维护技术[J]. 电力系统自动化,2014,38(15):71-75.
HUANG Kai, YANG Ji, GU Quan. A source-based maintenance technology for integrated intelligent operation system of power grids[J]. Automation of Electric Power Systems,2014,38(15):71-75.

[20] 王冬霞,施广德,刘文彪. 变电站远程浏览与源端维护中的图形转换方法[J]. 电力系统保护与控制,2014,42(18):

89-93.
WANG Dongxia,SHI Guangde,LIU Wenbiao. Graphic conversion method for remote browser and source maintenance of smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2014,42(18):89-93.

[21] 陈桥平,纪陵,李一泉,等. 智能变电站二次设备自动关联技术研究与应用[J]. 广东电力,2015,28(12):74-79.
CHEN Qiaoping,JI Ling,LI Yiquan,et al. Research and application of automatic association technology for intelligent substation secondary equipments[J]. Guangdong Electric Power, 2015,28(12):74-79.

[22] 鲍伟,王可,高翔,等. 基于可视化仿真的智能变电站二次安措校核方法[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(24):150-157.
BAO Wei,WANG Ke,GAO Xiang,et al. Verification of security measures for smart substations based on visualized simulation[J]. Power System Protection and Control,2018,46(24):150-157.

[23] 颜宏文,洪峰. 智能变电站配置文件自动化设计方法研究[J]. 湖南电力,2017,37(5):60-63.
YAN Hongwen, HONG Feng. Research on automatic design method of configuration files for smart substation[J]. Hunan Electric Power,2017,37(5):60-63.

[24] 程延远,杨选怀,苏晓,等. 基于拓扑分析的二次回路仿真算法研究[J]. 陕西电力,2016,43(11):57-61.
CHENG Yanyuan,YANG Xuanhuai,SU Xiao,et al. Study of secondary circuit simulation algoritthm based on topology[J]. Shaanxi Electric Power,2016,44(11):57-61.

[25] 智能变电站系统配置描述文件技术规范:Q/GDW 11662—2017[S]. 北京:国家电网公司,2017.
Technical specification of system configuration description files for smart substation:Q/GDW 11662—2017[S]. Beijing:State Grid Corporation of China,2017.

作者简介:


李嘉

李嘉(1981),男,硕士,工程师,从事电力系统及其自动化相关工作(E-mail:lijia3@sgepri.sgcc.com.cn);

饶丹(1978),女,硕士,高级工程师,从事电力系统及其自动化相关工作;

李耕(1989),男,硕士,工程师,从事电力系统及其自动化相关工作。

Automatic connection method of virtual terminator in smart substation based on typical bay template

LI Jia[1,2], RAO Dan[1,2], LI Geng[1,2], FAN Rui[1,2], GUI Qiang[3], ZHANG Yaoyao[3]

(1. NARI Technology Co.,Ltd.,Nanjing 211106,China; 2. State Key Laboratory of Smart Grid Protection and Operation Control,NARI Group Co.,Ltd.,Nanjing 211106,China;3. East China Grid Corporation,Shanghai 200120,China)

Abstract:In the current integration configuration process of smart substation, integrators manually configure the virtual terminator connection in SCD file according to the virtual terminator connection table provided by the design institute, which is not only heavy workload, time-consuming, but also prone to connection errors. For this reason, by analyzing the structure of Substation element in SCD file and the virtual terminator connection of typical bay, a typical bay virtual terminator connection template is defined, in which the IED is represented by secondary device type. In the process of automatic configuration, the bay in the primary wiring diagram is mapped to the typical bay, and then the IED associated with the primary device in the bay is mapped to the secondary device type in the typical bay. Finally, the virtual terminator connection is configured for IED according to the virtual terminator connection between the secondary device types. This method can be used to develop the virtual terminator automatic connection function of the system configuration tool, which can simulate the virtual terminator automatic connection of the bay in the new station and the expansion project, and help to shorten the virtual terminator connection configuration time.

Keywords:smart substation;virtual terminator;automatic connection;typical bay;secondary device type

(编辑 钱悦)