

智能变电站配置描述虚端子多视角图形化查看系统

刘明忠¹, 童晓阳², 郑永康¹, 庄先涛², 田力智², 潘 峰³

(1. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川省成都市 610072; 2. 西南交通大学电气工程学院, 四川省成都市 610031;

3. 中国电建四川电力设计咨询有限责任公司, 四川省成都市 610016)

摘要: 为方便辅助设计人员与调试人员以不同的视角快速准确查看智能变电站配置描述(SCD)中各设备的虚端子及其连接关系,研究了多视角图形化查看方法。运用图形化技术,以宏观图直观显示每个智能电子设备(IED)与其各发送、接收设备之间的虚端子宏观联系。从 2 个 IED 之间的某组虚连接、某 IED 的全部输入(或全部输出)虚连接、某发送控制块详情等多个视角,展示各设备之间虚端子的关联关系。通过图形化操作实现宏观图与子图之间、多个 IED 之间的切换。目前,该系统已成功应用于多座智能变电站的系统调试,大幅提高了查看与检查设备虚端子的准确性及工作效率。

关键词: 智能变电站; 变电站配置描述; 虚端子; 图形化查看; 多视角

0 引言

目前智能变电站以变电站配置描述(substation configuration description, SCD)为中心配置自动化系统。传统的硬线配置在智能变电站中变成了各设备之间的虚拟信号连接关系,中国提出了虚端子概念^[1-5]。SCD 规定,每个智能电子设备(IED)下逻辑设备(logical device, LD)的 Inputs 下属 ExtRef 节点保存虚连接,包括 iedName, daName, doName, ldInst, lnClass, lnInst, prefix, intAddr, desc, srcCBName 等 15 个属性,分别表示发送设备名、输出虚端子数据属性名、数据对象名、发送 LD 名、发送逻辑节点(logical node, LN)名、发送 LN 实例名、发送 LN 前缀、输入虚端子引用、设计描述、源头控制块名等。

SCD 内容庞大,通常从几十万行到几百万行不等,其语法较复杂,加之设计、调试及运维人员往往缺乏 IEC 61850 及可扩展标记语言(XML)等知识,因而较难看懂。通常采用 XMLSpy 等 XML 查看软件查看某 IED 的某条虚连接。欲了解其输入虚端子虚端子描述,必须手工到该 IED 的内部 LN 查找对应输入虚端子及其描述;欲知道其输出虚端子描述,则需手工查找到发送设备中相关 LN 对应的输出虚端子及其描述,上述操作非常麻烦。目前

国内厂家生产的 SCD 工具常用表格显示设备各虚连接,但一般不显示输出虚连接的发送源信息(如由哪个发送 IED 发送 LD 的对应发送控制块发送)、不显示接收 IED 由哪个接收 LD 来接收,也不图形化显示各 IED 之间虚连接的宏观联系与各视角细节。

目前,国内已有关于 SCD 图形化展示技术的专利,文献[6]论述了 2 个 IED 之间的数据交互关系及其虚端子连线,画出了网络拓扑结构,但并未描述 2 个 IED 之间各输出虚端子之间的同源关系(即来自同一个发送设备同一个 LD 的某发送控制块)。文献[7-8]提到了配置文件分层图形化显示模块,但未清晰描述 IED 之间虚连接的显示方式。已有的 SCD 图形化查看方法可图形化显示几个设备之间虚连接细节,但未显示输出虚端子所在的发送源;在输出虚端子较多的情况下,并未显示各输出虚端子之间的同源关系,也未显示本接收 IED 向发送 IED 反向发送虚端子的双向交互情况。

本文借鉴已有 IED 配置工具、图形化编程等成果^[9-11],深入分析 SCD 文件结构,把某 IED 作为本地 IED,解析其输入量 Inputs,并构建其发送设备集,查找虚连接中的输入虚端子描述及其发送设备;再遍历其他 IED,查找后者与本地 IED 之间的虚连接联系。采用“宏连接”表达 2 个设备之间的各组同源虚连接,运用图形化显示技术,展示连接关系细节,如本地 IED 与各发送设备或接收设备之间的某组虚连接(或全部虚连接)、本地 IED 的全部输入虚连接(或全部输出虚连接)等多个视角的子图。

1 系统需求

一个变电站往往有 100 多个或更多设备,用户希望能够先从整体上看到某设备与各发送设备、接收设备之间虚连接的宏观联系,然后再查看某 2 个设备之间的某组虚连接(或全部虚连接)、某设备接收的所有虚连接、其向其他设备发送的输出虚端子等细节,即希望遵循从宏观到细节、多视角查看的逻辑顺序。具体需求如下。

1)能够以图形化直观显示某 IED 与各发送设备、接收设备之间虚连接的宏观联系(包括各组虚连接的方向及其条数)。如果某设备与发送设备之间存在着互为发送者的双向联系,则能够图形化显示,可显示发送设备的输出虚端子出自哪个发送控制块,并可检查虚连接关联是否连错。

2)能够显示 2 个 IED 之间某组虚连接的细节。对于调试人员,只需显示该组中各虚连接的细节。对于设计人员,为了便于检查输出虚端子或输入虚端子是否连接错误,除了显示已关联的虚端子,还能分别显示发送设备的全部输出虚端子,显示接收设备的全部输入虚端子。

3)能够显示 2 个 IED 之间全部虚连接的细节。展示发送设备与接收设备 2 个设备之间双向的虚连接。

4)能够显示某 IED 全部输入虚连接的细节,按发送设备分组显示各发送设备与当前设备的输入虚连接。

5)能够显示某 IED 全部输出虚连接的细节,按接收设备分组显示当前设备发给各接收设备的输出虚连接。

6)显示某发送控制块的详情。了解其发送源头的信息,如控制块名 name、数据集名 dataSet(再得到数据集描述)、类型 type、版本号 confRev 等,一个控制块例子为 appID="PRS7741GOLD/LLN0 \$GO \$gocb0",confRev="1",dataSet="dsGOOSE0",name="gocb0",type="GOOSE"。

7)能够在宏观图与各子图之间进行切换。由宏观图通过图形化操作快速切换到各子图。

8)能够在多个 IED 的宏观图之间进行切换。由宏观图通过图形化操作快速切换到相关 IED。

2 每个视角对应的技术方案

2.1 SCD 多视角图形化显示的思路

为了实现从宏观到细节地展示 SCD 中某设备与相关设备的虚端子关联关系,本文采用图形化显示技术,以宏观图直观显示每个 IED 与其发送设备、接收设备之间的宏观联系,并设计了本地 IED

与任意一个发送或接收设备之间某组虚连接(或全部虚连接)、本地 IED 的全部输入虚连接(或全部输出虚连接)等子图,从不同视角显示某设备的虚连接的来源、细节与输出虚端子的去向。通过对宏观图的图形化界面操作,在宏观图与子图之间以及在不同设备的宏观图之间进行快速切换。

2.1.1 图形化显示本地 IED 与各关联 IED 之间的宏观联系

以某个 IED(称为本地 IED)为中心,采用宏观图展示其与各发送设备、各接收设备之间虚连接的宏观联系。将本地 IED 的外部设备分成发送与接收设备这 2 类,在本地 IED 左右两侧分别显示。

在宏观图中,各 IED 由 IED 矩形框、LD 矩形框、发送控制块矩形框、接收 LD 矩形框等图元嵌套组成。采用图元嵌套与叠加显示技术,用 QGraphicsRectItem 和 QGraphicsTextItem 等图形组件,自底向上画出一个 IED 拥有的 IED 矩形框、IED 描述、LD 矩形框、LD 名、发送控制块名及其数据集描述等图元。用一条箭头表示宏连接,由发送设备控制块矩形框指向本地 IED 的接收 LD 矩形框,或由本地 IED 的控制块矩形框指向接收设备(或发送设备)的接收 LD 矩形框。箭头上方的数字表示该宏连接所具有的虚连接个数。

对于发送设备,如果同时接收到来自本地 IED 反向发出的虚端子信号,则其具有双重身份,专门增加一个接收矩形框用于显示接收来自本地 IED 反向发出的宏连接。

2.1.2 图形化显示某宏连接对应一组虚连接细节

展示某发送设备某发送 LD 的某控制块向本地 IED 发出的一个宏连接对应的各虚连接细节信息,包括发送设备、发送 LD、发送控制块及其数据描述、输出虚端子描述及其引用、接收设备、接收 LD、输入虚端子描述及其引用、设计描述。IEC 61850 2.0 版为虚连接增加了 desc 属性,专门保存设计院给出的虚连接设计描述,本系统显示了设计描述。

首先画出 2 个 IED 矩形框,分别表示发送设备与接收设备,再嵌套画出 LD 矩形框、控制块矩形框,控制块矩形框中显示控制块名、数据集描述及关联的输出虚端子个数。画出输出虚端子矩形框,显示输出虚端子描述及其引用,输入虚端子框内显示输入虚端子描述及其引用。一条虚连接用由输出虚端子矩形框指向输入虚端子框的箭头表示,箭头上显示该条虚连接的设计描述。

为了辅助设计人员检查发送设备侧输出虚端子与接收设备侧输入虚端子是否错位,以 3 种方式分别显示虚端子。其中,方式 1 只显示已关联输入虚端子;方式 2 除了显示发送设备侧已关联输出虚端

子外,还显示发送设备侧所有未关联的输出虚端子;方式3除了显示接收设备侧已关联输入虚端子外,还显示接收设备侧所有未关联的输入虚端子。若选用后2种显示方式,用户可以看到左侧哪些发送虚端子与本地 IED 的哪些输入虚端子关联上,是否存在关联错位的情况。

2.1.3 图形化显示本地 IED 与任意一个发送设备或接收设备之间的全部虚连接

在 2 个 IED 之间全部虚连接子图中,显示了 2 个 IED 之间所有宏连接对应的各组虚连接的细节。由于某个发送设备可能从其自身多个 LD 的多个控制块向本地 IED 发出多组虚连接,本地 IED 也有可能向发送设备发出多组虚连接。本系统能够双向显示 2 个 IED 之间的所有虚连接细节。

对于多个发送设备的虚连接,采用以发送设备分组显示各输入虚连接,具体实现详见 3.3 节。

2.1.4 图形化显示本地 IED 的全部输入/输出虚端子

图形化本地 IED 的全部输入虚端子,使用户查看某设备到底接收了哪些发送设备发送的哪些输出虚端子。在某 IED 的全部输入虚端子子图中,除了显示各输入虚端子描述及输入虚端子引用外,还显示了输入虚端子的发送源信息,以便用户更清楚地了解该输入虚端子的信息。同理,图形化显示本地 IED 的全部输出虚端子,使用户获取某设备具体向哪些接收设备发送哪些输出虚端子的情况。

2.1.5 显示控制块详细信息

SCD 中发送设备下属 LD 拥有多个控制块 GSEControl,在宏观图中点击 IED 的某控制块,在一个面板中显示其详细信息,包括 IED 描述、访问点、逻辑设备、应用编号 APPID、控制块编号 goID、

数据集描述、数据集路径、IP 地址、MAC 地址等。

2.1.6 宏观图与子图之间的切换

采用图形化操作加以实现在多个 IED 之间、宏观图与子图之间快速切换。

在宏观图中,点击宏观图中某宏连接箭头,自动切换到 2 个 IED 之间的某组虚连接子图,查看该条宏连接包含的所有虚连接信息。

在宏观图中,双击某发送 IED(或接收 IED)与本地 IED 的水平区域中间任意一点,则可切换到 2 个 IED 之间全部虚连接子图,查看 2 个 IED 之间的所有虚连接。

在宏观图中,双击某 IED 矩形框内的任意一点,则清空当前 IED 的宏观图,画出对应 IED 的宏观图,并在左侧 IED 树中选中该 IED。

2.1.7 快速查找某 IED 及其某控制块

在全站 IED 树中,通过多个过滤条件,可快速找到某类或某个 IED,显示其宏观图,快速找到某 IED 及其下属某控制块,并显示其详细信息。

2.2 系统构架

针对以上需求,本文提出了一种 SCD 中设备虚端子多视角图形化显示方法,其系统的原理是遍历 SCD 中每个 IED 节点,找到其对应的发送设备集、接收设备集、虚连接信息、所有输入虚端子、所有输出虚端子、所有控制块信息等。再组装与构造每个设备的各宏连接对象的数据结构,形成每个接收设备每个 LD 的宏连接对象、宏连接包含的一组虚连接对象及其细节等链表,再以宏观图和各子图显示虚连接的信息。

SCD 虚端子多视角图形化查看系统的流程图如图 1 所示。

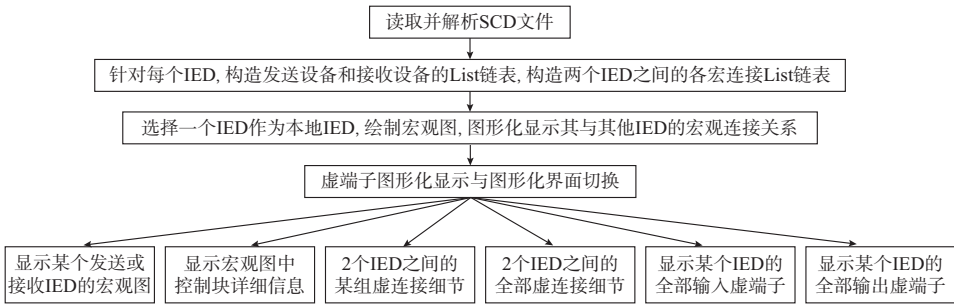


图 1 SCD 虚端子多视角图形化查看系统的流程图
Fig.1 Flow chart of graphical viewing system for virtual terminals in SCD

3 关键技术

3.1 快速读取 SCD

SCD 采用 XML 语言编写,语法较复杂。本文采用文档对象模型(document object model,DOM)

方式读取 SCD。为了能够快速读取 SCD,只需读取 SCD 文件中各 IED 节点及其下层节点、与虚端子描述相关节点,忽略其他如 DataTemple 等节点的内容,这样可加快 SCD 的读取速度。逐层解析 IED 节

点的 Inputs 节点信息。某个 IED 的 Inputs 下一个 ExtRef 节点的代码如下：

```
<IED name=" " desc=" " type=" " manufacturer=" "
configVersion=" " >
  <AccessPoint name="" desc=" " >
    <Server timeout=" " >
      <LDevice inst="" desc=" " >
        <LN0 desc=" " lnType=" " lnClass=" "
          inst=" " >
          <Inputs>
            <ExtRef prefix="Break1"
              doName="Tr" lnInst="1"
              iedName="PL2201A"
              daName="phsA" ldInst="PI1"
              lnClass="PTRC"
              intAddr="RPIT/GOINGGIO1.SPCS
                O1.stVal">
```

在显示各虚连接时需显示输入虚端子与输出虚端子描述,即读取虚连接中属性 intAddr,到本地对应 LN 中前缀为“GOIN”、lnClass 为“GGIO”的本地 LN 中查找对应的输入虚端子及其描述。比如 < intAddr = " RPIT/GOINGGIO1. SPCSO1. stVal">,对应本地 LN 的一个内部虚端子如下：

```
<LN prefix="GOIN" desc="保护操作" inst="1"
lnType="GGIO5_DBU800" lnClass="GGIO" >
<DOI desc="保护跳 A_1" name="SPCSO1" >
```

构建每个 IED 的发送设备名、接收设备名、宏连接等 List 链表,详述如下。

1) 选择某一 IED 作为本地 IED。将本地 IED 的外部设备分为 2 类,一类是发送设备(向本地 IED 发出虚端子信号的设备),另一类是接收设备,即只从本地 IED 接收虚端子信号的设备。

2) 解析该 IED 的某个 LD 下 LN0 节点的子节点 Inputs,读出每条虚连接。一条虚连接由 1 个输入虚端子(包括输入虚端子描述与引用、接收 IED 等)、1 个输出虚端子(包括输出虚端子描述与引用、发送 IED)、设计描述等组成,它表示 2 个 IED 之间一条输入/输出关联关系。构造该 LD 的虚连接 List 链表,将该 LD 的所有虚连接加入该 List 链表。

3) 构造本地 IED 的发送设备名 List 链表、接收设备名 List 链表。

3.2 宏连接

本文遵循人类从宏观到细节的思维模式,提出“宏连接”的概念,即表示接收设备下某接收 LD 接收来自某发送设备下某发送 LD 中某发送控制块的一组同源的逻辑虚回路。宏连接由发送源、接收

LD、该组虚连接的方向与个数等组成。发送源由发送设备名、发送 LD 名、发送控制块名及其数据集描述表示;接收 LD 则由接收 LD 名和接收 LD 描述表示。用由发送控制块指向接收 LD 的箭头表示该宏连接,在箭头上显示其拥有的虚连接个数。

发送源有多种情形。一是从图 2 可看到,接收设备 CL2203 的接收 LD (GOLD) 从发送设备 IL2203A (220 kV 智能终端) 的同一个发送 LD (RPIT) 的 2 个控制块 gocb1 (面向通用对象变电站事件(GOOSE)) 和 gocb0 (保护 GOOSE) 分别接收 1 组输出虚端子(个数分别为 16 和 8),即 2 个输入宏连接;二是同一个接收 LD (GOLD) 从发送设备 ML2203A (220 kV 合并单元) 的发送 LD (MU) 控制块 smvcb0 (采样测量值 (SMV) 出口) 和发送 LD (PI) 的控制块 gocb0 (GOOSE 出口) 分别接收 1 组输出虚端子(个数分别为 7 和 16)。极少数情况下,某接收设备的多个接收 LD 接收发送设备下多个发送 LD 多个控制块的输出虚端子。由于各组虚连接的作用不同,因此有必要指明发送 IED 的发送控制块名、接收 IED 的接收 LD。

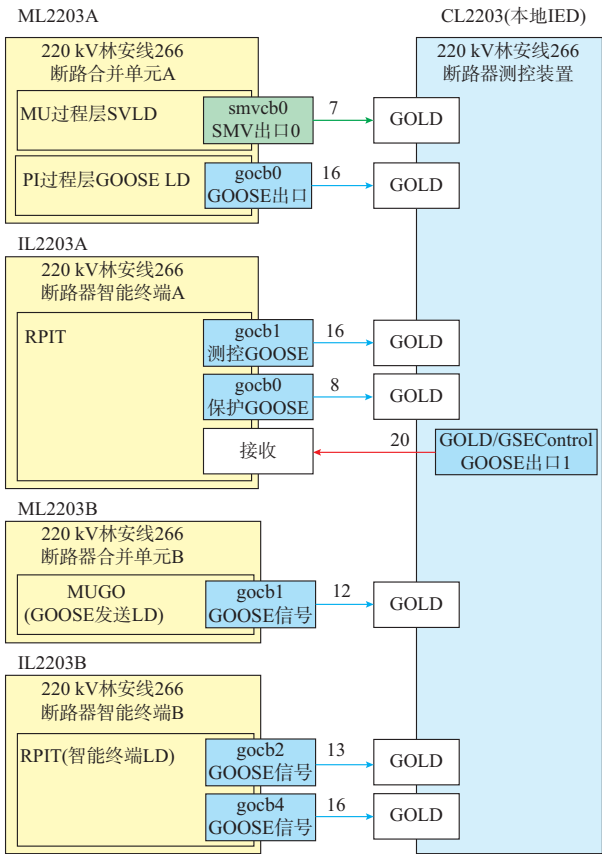


图 2 多个设备之间宏观联系的示意图
Fig.2 Schematic diagram of macroscopic relationship among multiple devices

同理,接收设备的发送控制块可向其发送设备回送输出虚端子,形成 2 个设备之间的双向联系。如图 2 中接收设备 CL2203 通过控制块 GOLD/GSEControl 向发送 IL2203A 回送虚端子。

3.3 输出虚端子的分组双重排序处理

从 SCD 中 IED 的 Inputs 节点读出每条虚连接,但由于这些虚连接在被设计时不一定是同组(即相同发送 IED 的虚连接没有放在一起),在查看虚连接时往往出现不同发送 IED 交错显示、同一发送 IED 的输出虚端子没有次序的情况,导致用户在查看各发送 IED 的输出虚端子、同一发送 IED 的输出虚端子时较为混乱、不够清晰。

为此,本系统对所有虚连接的输出虚端子采取分组双重排序方式。首先,对 IED 的所有虚连接进行遍历,找到所有发送 IED;然后,对每个发送 IED,找到其发送到本地 IED 的虚连接,将同一发送 IED 的虚连接放到一起;再次,处理同一个发送 IED 的所有虚连接,按照输出虚端子在发送 IED 的发送 LD 的输出虚端子号按从小到大的顺次集中编号;最后,在界面上自上而下显示各发送 IED 及其输出虚端子。输入虚端子分组双重排序的伪代码如下。

```
{
  For(遍历本地 IED 的所有虚连接)
    得到所有发送 IED
  End For
  For(针对每个发送 IED)
    For(读取每个虚连接)
      If(当前虚连接的发送设备是当前发送 IED)
        将当前虚连接的输出虚端子按其在发送设备中
        输出虚端子集的编号从大到小进行排列
      End if
    End For
  End For
  在界面上自上而下显示各发送 IED 及其输出虚端子、
  输入虚端子、设计描述所在箭头等
}
```

一个本地 IED 输出虚端子的同组双重排序处理实例如附录 A 图 A1 所示。该例中,原先来自多个发送设备的虚端子顺序是乱的,用户人员不能有效集中查看。经处理后,各发送 IED 得到排序,各发送 IED 发送的各输出虚端子也得以按从小到大的顺序完成排序并显示,增强了输出虚端子查看的条理性。

4 不同视角的运行实例

本文采用 Qt 设计了智能变电站 SCD 中设备虚

端子多视角图形化显示系统,实现了上述虚端子图形化查看功能。该软件在一个实际变电站的部分运行界面如附录 A 图 A2 所示。图中,界面右侧是某本地设备 IL2201A(220 kV 桃乡线路智能终端 A)的宏观图,展示了 IL2201A 接收来自发送设备 CL2201(220 kV 桃乡线路测控)、PL2201A(220 kV 桃乡线路保护 A)、PM2201A(220 kV 母线保护 A)的 3 组输出虚端子。同时,它通过 3 个控制块向 3 个发送设备分别反向发回了 3 个、1 个、1 个宏连接,向 1 个接收设备 ML2201A(220 kV 桃乡线路合并单元 A)发出了 1 个宏连接。

点击宏观图界面上的 CL2201 指向 IL2201A 的箭头,可切换到该组虚连接子图,图形化显示该宏连接包含的各虚连接细节信息,如附录 A 图 A3 所示。在附录 A 图 A3 中通过在右上角选择“显示全部发送虚端子”或“显示全部接收虚端子”,分别显示对应的子图,如附录 A 图 A4 和图 A5 所示。

双击宏观图界面上的 CL2201 与 IL2201A 之间的水平区域,切换到 2 个 IED 间全部虚连接子图,如附录 A 图 A6 所示。

选中界面上的“全部输入虚连接”页,可切换到全部输入虚连接子图,图形化显示本地设备 IL2201A 接收的全部输入虚连接,如附录 A 图 A7 所示。

选中界面上的“全部输出虚连接”页,可切换到全部输出虚连接子图,图形化显示本地设备 IL2201A 作为发送设备发出的全部输出虚连接,如附录 A 图 A8 所示。

点击宏观图界面上 IL2201A 的某控制块,如“RPIT2/GoCB_OPST”,显示其详细信息,如附录 A 图 A9 所示。

5 展望

本软件除了能够图形化展示各设备之间的虚连接等信息,还能够以“完整模式”显示 SCD 中包括通讯子网、IED 节点拥有的各级节点及其属性等。下一步将考虑把各子网拥有的设备以图形化方式进行展示,同时为了方便用户进行设备通信配置,可参考文献[12]的做法,给出装置与交换机之间通信线的端口定义与配置,以图形化方式展示通信线的布局,方便工程设计与检查。

本文研发的 SCD 虚端子多视角图形化查看系统能够把 SCD 中虚连接导出转换为 Excel 文件,使设计、调试、运维人员在脱离 SCD 的情况下能够查

看其各设备的虚连接信息,还可将该转换后的 Excel 文件与设计院给出的虚端子表文件进行比较,以检查出它们之间的差异。

目前各设计院通常采用虚端子表文件设计虚连接,再由集成商根据虚端子表配置为 SCD 中虚连接。由于目前没有规范统一的虚端子表格式,虽然有文献研发了将虚端子表文件与 SCD 进行比对、检查它们之间差异的工具^[13],但是仍需要针对各种虚端子表格式定制比对软件来检查虚端子表文件与 SCD 之间差异。本文的下一步研究方向将是完善所提软件对从 SCD 导出形成的 Excel 文件与设计院给出的虚端子表文件进行程序比较的功能。

6 结语

本文提出了 SCD 中设备虚端子多视角图形化显示方法,方便用户查看 SCD 中某 IED 与其他 IED 信息交互的联系和细节。运用图形化显示技术,以宏观图、多个子图多视角展示,使用户能够迅速直观准确地查看每个设备的虚端子信息。该 SCD 图形化多视角查看工具已成功运用于四川省阿坝、资阳、攀枝花等多座智能变电站系统调试中,避免了传统手动查找带来的繁琐、低效率、易出错与遗漏等问题,极大提高了智能变电站调试的工作效率、准确性。

附录见本刊网络版 (<http://www.aeps-info.com/aeps/ch/index.aspx>)。

参考文献

- [1] 张燕涛,黄伦,王庆平,等.IEC 61850 标准一致性测试的方案和现场应用[J].电力系统自动化,2008,32(4):98-102.
ZHANG Yantao, HUANG Lun, WANG Qingping, et al. Scheme and application of IEC 61850 standard conformance test [J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(4): 98-102.
- [2] 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.
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.
- [3] 孟正华.智能变电站虚端子设计初探[J].科技情报开发与经济,2012,22(7):138-139.
MENG Zhenghua. Probe into the design of virtual terminal in intelligent substation[J]. Sci-tech Information Development & Economy, 2012, 22(7): 138-139.
- [4] 高亚栋,朱炳铨,李慧,等.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, et al. Application research on design method for “virtual terminal” of digital substation[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(5): 124-127.
- [5] 胡广林.智能变电站系统配置器虚端子技术的研究[D].北京:华北电力大学,2013.
- [6] 张亚非.智能变电站 SCD 配置文件图形化展示方法:中国,CN201310051796.9[P].2013-05-15.
- [7] 高磊.智能变电站 SCL 配置文件管理及图形化显示系统:中国,CN201210263313.7[P].2013-01-09.
- [8] 朱峰.基于 IEC 61850 变电站的智能装置关系的图形生成方法:中国,CN201310211228.0[P].2013-08-28.
- [9] 王洪炼.基于 IEC 61850 的 IED 配置器设计与实现[D].成都:西南交通大学,2006.
- [10] 王丽华,张青山,张马龙,等.IEC 61850 建模工具的设计与实现[J].电力系统自动化,2008,32(4):73-75.
WANG Lihua, ZHANG Qingshan, ZHANG Malong, et al. Design and implementation of modeling tool based on IEC 61850 [J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(4): 73-75.
- [11] 苗斌,童晓阳,郑永康,等.基于 IEC 61850 的变电站图形化系统配置器原型设计[J].电力系统自动化,2013,37(7):82-87.
MIAO Bin, TONG Xiaoyang, ZHENG Yongkang, et al. Prototype design of graphic system configuration tool for intelligent substation based on IEC 61850 [J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(7): 82-87.
- [12] 孙一民,裘愉涛,杨庆伟,等.智能变电站设计配置一体技术及方案[J].电力系统自动化,2013,37(14):70-74.
SUN Yimin, QIU Yutao, YANG Qingwei, et al. Configuration design integration technology and scheme for smart substation [J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(14): 70-74.
- [13] 郑永康,陈吉,童晓阳,等.智能变电站 SCD 智能比对软件的设计与实现[J].四川电力技术,2014,37(5):36-41.
ZHENG Yongkang, CHEN Ji, TONG Xiaoyang, et al. The intelligent checking software for SCD's implementing design intention based on IEC 61850 [J]. Sichuan Electric Power Technology, 2014, 37(5): 36-41.

刘明忠(1964—),男,高级工程师,主要研究方向:继电保护试验、控制保护新技术。

童晓阳(1970—),男,通信作者,博士,副教授,主要研究方向:电网故障诊断、智能变电站、广域后备保护。E-mail:xytong@swjtu.cn

郑永康(1977—),男,博士,高级工程师,主要研究方向:变电站继电保护、自动化、通信。

(编辑 钱梦骄)

(下转第 144 页 continued on page 144)

Multi-view Graphical Viewing System for Virtual Terminals in Smart Substation Configuration Description

LIU Mingzhong¹, TONG Xiaoyang², ZHENG Yongkang¹, ZHUANG Xiantao², TIAN Lizhi², PAN Feng³

(1. State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610072, China;

2. School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

3. Power Corp China Sichuan Electric Power Design & Consulting Co. Ltd., Chengdu 610016, China)

Abstract: To facilitate rapid and accurate examination by design and testing people of the virtual terminals of substation configuration description (SCD) in smart substations, a kind of multi-view graphical viewing method is proposed alongside a multi-view graphical viewing system. Using the graphic displaying technology, a macro-graph is designed to show the macro-linking between each intelligent electronic device (IED) and its sending and receiving IEDs. Multiple subgraphs are given to show the details of virtual terminals, such as the virtual connections between two IEDs, all input and output virtual terminals of one IED and the detailed information on control block. The graphic switching technology between macro-graphs and subgraphs is studied. To date, the multi-view graphical viewing system of virtual terminals has been implemented and successfully applied to system testing of some substations, with greatly improved efficiency and accuracy of viewing virtual terminals in SCD.

Key words: smart substation; substation configuration description (SCD); virtual terminal; graphic viewing; multi-view