

基于 IEC 61850 第二版变电站配置描述的集成配置解耦

梅德冬^{1,2}, 周 斌^{1,2}, 黄树帮³, 周 化^{1,2}, 李 嘉^{1,2}

(1. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏省南京市 211106; 2. 智能电网保护和运行控制国家重点实验室, 江苏省南京市 211106; 3. 中国电力科学研究院(南京), 江苏省南京市 210003)

摘要: 变电站配置描述(SCD)集成配置是智能变电站建设的重要环节,目前,SCD 集成配置中存在较强的耦合性,严重影响到集成工作的效率和质量。从 SCD 集成配置中各环节入手,分析了耦合产生的原因,提出对现有 SCD 集成配置流程进行改进,理清装置能力描述(ICD)提交与智能电子设备(IED)更新中 IED 配置工具与系统配置工具的分工协作关系,支持 SCD 并行配置以及对 SCD 集成配置更新影响范围进行评估等措施,从而实现对 SCD 集成配置的解耦,最后分析了解耦对配置工具的要求。应用 SCD 集成配置解耦方法可以减少配置中更新迭代的次数,提高集成效率,在智能变电站建设中具有较重要的实用价值。

关键词: 变电站配置描述; 配置解耦; 系统配置工具; 配置权限; 智能电子设备; 智能变电站

0 引言

智能变电站以 IEC 61850 标准为核心,采用信息建模的方法描述各种设备和功能,在此基础上实现多种高级应用。信息模型是变电站各种应用的核心,智能变电站建设中的一个重要工作就是要对全站二次设备进行信息模型的集成配置,通过配置来实现变电站自动化系统功能的分配与组合,形成二次设备的工程化参数配置。

目前,智能变电站信息模型的配置工作主要由集成商来承担,集成商负责将二次设备厂商提供的装置能力描述(ICD)模型文件集中起来,配置成变电站配置描述(SCD)文件。在工程实施中,发现 SCD 集成配置环节的问题较多,如配置工作很难管控^[1-3],配置文件修改频繁,配置质量得不到保证。在 IEC 61850-6 第二版中^[4],对变电站配置语言(SCL)文件的配置过程做了更为详细的规定,新定义了实例化 IED 描述(IID)和系统交换描述(SED)两种 SCL 配置文件,用于优化配置、解决配置过程中冲突的问题。本文从 SCD 信息模型出发,分析目前 SCD 集成配置中存在的问题,并结合 IEC 61850 标准第二版的配置方法,提出 SCD 集成配置解耦的

解决思路。

1 SCD 集成配置分析

SCD 文件主要由 5 个部分组成^[4]: Header 段、Substation 段、Communication 段、IED 段以及 DataTypeTemplate 段。其中,Header 段主要描述了配置工程相关的信息,Substation 段主要描述了变电站一次设备,拓扑连接及一、二次关联信息,Communication 段描述了全站二次设备通信协议栈相关配置信息,IED 段描述了全站装置的功能、服务,DataTypeTemplate 段描述了 LN 类型和数据类型的定义,目前工程实施中 SCD 的配置流程^[5]如图 1 所示。图中,SSD 表示系统规范描述。

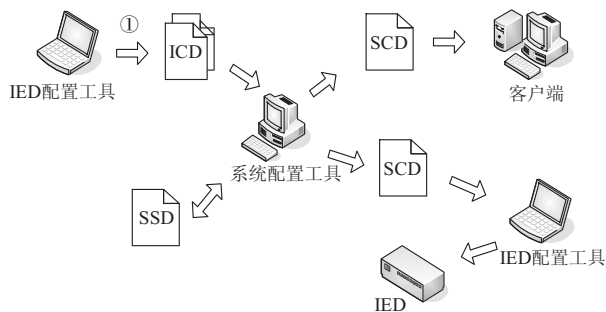


图 1 目前 SCD 配置流程

Fig.1 Present configuration procedure of SCD

收稿日期: 2015-09-06; 修回日期: 2015-12-17。

上网日期: 2016-02-15。

国家电网公司科技项目“智能变电站信息模型解耦技术研究与应用”。

图 1 中,SCD 文件作为配置的唯一最终结果,当任何一个设备的信息或配置发生变化时,必然会反映到 SCD 的变更上,同时,系统配置工具在 SCD 配置中处于中心地位,可能成为配置工作中的瓶颈。

具体到工程实践中,主要存在如下问题。

1)IED 模型更新影响 SCD。图 1 中步骤①为 ICD 文件的提交和更新步骤,由于标准化程度不够,设备制造商经常变更 ICD 模型文件,当将变更后的 ICD 模型提交给集成商时,集成商无法评估更改的内容,为安全起见,往往是将 SCD 中原该 IED 的信息全部删除,然后再重新配置;由于最终 SCD 文件通常较大,且缺乏可靠的分析工具,SCD 变更的影响范围很难估计,造成后续调试检验工作必须从头开始,整个工作的效率很低。分析其原因,在 IED 配置工具进行 IED 更新时,可以更改的内容是有限制的,造成了系统配置工具已配置信息的丢失或变化,因此需要理清两者之间的配置范围,避免交叉耦合。

2)SCD 配置只能串行作业,没法多个任务同时开展。在 SCD 的配置中,因考虑配置工作的一致性和可靠性,目前的配置工作往往由一个配置人员承担,进行统一配置,但因为涉及变电站的各个专业,如保护和自动化等专业,对配置人员的要求较高,并且串行配置的效率低下,在配置更改频繁时,严重影响整个变电站集成的工期。由于对配置范围无法限定和分配,目前系统配置工具多不支持 SCD 的并行配置,为此,需要对 SCD 的配置内容进行解耦,为配置工具支持 SCD 的并行配置创造条件。

3)SCD 更改的影响无法准确评估。在智能变电站的集成中,SCD 更改较多,且多种变更耦合在一起,无法确定 SCD 更改影响的范围,给后续的调试、检验环节带来了极大的困扰^[1]。

综上,目前 SCD 集成配置中存在较多的耦合性问题,有配置权限分配上的问题,有配置流程上面的问题,有配置角色上的缺失,因此,有必要对 SCD 配置工作进行解耦。

2 SCD 集成配置解耦方法研究

SCD 集成配置需要经过 ICD 提交、SCD 配置、IED 更新等环节,下面围绕这些环节展开研究。

2.1 配置流程的解耦

图 1 的配置流程没有考虑到配置过程中的修改与迭代的情况,没有考虑到 SCD 并行配置的需求,需要对其进行细化与补充;根据 IEC 61850-6 第二版的配置流程^[4],改进后的配置流程如图 2 所示。

图中,IID 文件是实例化的 IED 描述文件,主要

用于 IED 更新,其格式类同 ICD 文件,SED 是系统交换描述文件,主要用于不同项目的配置交换,其格式类同 SCD 文件。新的流程将 ICD 提交与模型更新区分开来,模型更新采用 IID(对于不支持 IEC 61850-6 第二版的配置工具,仍采用 ICD)文件,作为配置过程中的一个独立流程,配置工具的处理方式有别于 ICD 提交;同时,通过 SED(对于不支持 IEC 61850-6 第二版的配置工具,仍采用 SCD)文件,增加配置工具间交换配置信息的流程,为 SCD 并行配置提供支持。

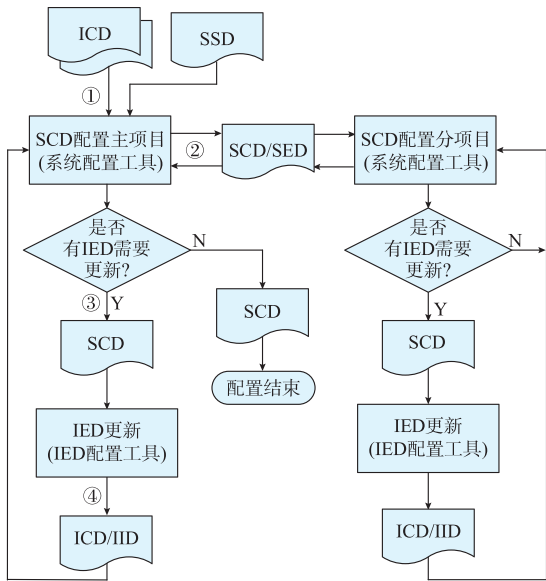


图 2 新的 SCD 配置流程
Fig.2 New configuration procedure of SCD

2.2 IED 配置与 SCD 配置解耦

明确 IED 配置与 SCD 配置之间的界限,做到 IED 配置工具与 SCD 配置工具各司其职。IED 配置工具负责本装置能力和功能的配置,也可以预先配置数据交互相关的数据集、通信控制块、通信链路参数等;SCD 配置工具负责全站智能设备间的数据流(包括数据集、控制块以及虚端子)配置、通信参数配置以及一次设备配置等。

1)导入 ICD 时的解耦。如图 2 所示,步骤①在为 SCD 导入新的 ICD,进行数据集和控制块配置时,需要注意 ICD 中的预定义数据集和控制块,判断预定义数据集和控制块是否支持系统配置工具的修改,这是因为某些装置的数据集、控制块等是固化的,不支持被系统配置工具所配置。通过 ICD 文件中 Services 描述部分^[4](包含 ConfDataset, ConfReportControl, ReportSettings 等数据集控制块配置能力的描述),可以判断出装置是否支持系统配置工具对预配置数据集、控制块的修改操作。当

ICD 中不存在预定义的数据集和控制块时,系统配置工具可以自由配置这些信息。

2)更新 ICD/IID 时的解耦。在图 2 所示的步骤④中,IED 配置工具在 SCD 基础上修改装置模型配置,导出 ICD/IID 文件传递给系统配置工具;在修改 IED 模型时,只能修改与数据流配置以及与通信配置无关的信息,可以增加逻辑设备、逻辑节点以及数据对象,可以删除无用的逻辑设备、逻辑节点和数据对象,也可以增加预配置的数据集和控制块,但不能删除和修改^[4]。这里有一个误区,过去很多配置工具都认为装置模型更新就是在图 2 所示步骤①的 ICD 基础上修改,然后再提交给 SCD 配置工具进行更新,这样会造成 SCD 工具无法确定该 IED 中哪些信息需要更新,哪些信息需要保留的状况。

同时,考虑到 SCD 配置与 IED 模型更新的并行开展,必须保证在 IED 更新时,系统配置工具不对该 IED 进行配置,如在更新 IED 模型时,删除了一个没有被引用的逻辑节点,系统配置工具仍在对该装置进行数据流配置,如增加了一个数据集,引用了这个逻辑节点的数据,这样就会造成冲突。目前,IEC 61850 标准中未对此配置场景做具体规定,因此,需要为装置模型的更新增加签出、签入的机制。在为 IED 模型更新导出 SCD 时,将该 IED 设置为签出状态,禁止系统配置工具对该 IED 进行配置,待装置模型更新完成,通过 ICD/IID 文件导入系统配置工具时,系统配置工具判别该 IED 的来源项目与本项目是否一致(通过比较 IED 的 owner 属性与项目 Header 元素的 id 标识),检查 ICD/IID 中系统配置信息与项目的一致性,执行对该 IED 的签入操作,解除对该 IED 配置的锁定。

签出状态可通过对 SCL 元素 IED 扩展属性 updModel 实现,因为此属性只用于工具间的信息传递,将其定义在扩展命名空间 eTool 中,示例如下:
`<IED name = "PL110A" configVersion = "1.0" eTool:updModel="true">`

在为 IED 模型更新导出的 SCD 中(注:因为此 SCD 中包含有 updModel 信息,为与最终的 SCD 区分,所以称之为用于 IED 更新的 SCD),需要更新 IED 的 updModel 属性为 true,装置配置工具导入此 SCD,只能对 updModel 属性为 true 的 IED 进行修改;当将更新后的 ICD/IID 文件导入系统配置工具完成签入操作时,在项目中同时取消该属性;该扩展属性定义在扩展命名空间 eTool 中,对于不支持此属性的配置工具,可安全地忽略,不会造成工具间的互操作问题,且此属性在最终的 SCD 中并不出

现,不会造成与设备的互操作问题。

2.3 SCD 并行配置的解耦

针对 SCD 文件信息耦合度高,只能进行串行配置问题,需要理清各种配置内容以及它们之间的关系,将与其他部分没有耦合关系的内容从 SCD 中剥离出来分别配置。从变电站设备的内部关联来看,间隔内设备间的联系较密切,间隔之间的联系较弱;从变电站各业务间的关联来看,保护业务与自动化业务之间的联系较少,双套保护的 A 套与 B 套之间的联系较少,因此可以按这些划分对 SCD 配置进行解耦。

IEC 61850 第二版中引入了不同项目间进行配置信息交换的机制,按照图 2 所示配置流程,给系统配置工具导入全部的 ICD 文件,建立配置项目,需要进行并行配置时,从该项目中选择相应的 IED,设置这些 IED 需要迁移的配置权限(通过 IED 元素的 engRight 属性^[4]),导出 SED 文件,这样在原项目中这些 IED 会处于锁定状态,然后通过其他系统配置工具对 SED 进行相关配置,最后将完成配置的 SED 文件返回给原项目进行更新,同时将对相关 IED 的配置权限交还给原项目。

按间隔进行 SCD 配置时,将变电站按照电压等级分成多个间隔,如线路间隔、变压器各侧间隔、变压器本体间隔、母线间隔、3/2 接线边中断路器间隔等,先将全站 SCD 文件分割成多个以间隔为单位的 SED 文件,进行间隔内数据流和通信的配置,待间隔内设备配置完成后,更新到全站 SCD 文件中,在此基础上进行跨间隔数据流的配置。跨间隔的数据流配置主要是保护之间的联动信号以及测控的五防联锁信号配置。

在 IEC 61850 标准中通过 SED 进行项目间配置信息交换的最小单位是 IED^[4],按业务进行配置时,有的 IED 本身包含了不同的业务,如保护测控一体装置、合并单元智能终端一体装置等,因此,以 IED 为单位的权限设置并不能满足要求,必须能够按业务设置权限,为此需要给数据流配置相关的 SCL 元素扩展属性 business,数据类型为字符串,用于表示业务的类型。在为业务配置导出 SED 文件时,配置工具应对项目标识(Header 中的 id 属性值)和相关配置项的 business 属性赋予相同的标识,用以限定 SED 的配置范围;配置 SED 时,配置工具只针对 business 属性与项目标识一致的配置项进行配置。

以智能变电站保护测控一体装置为例,其模型中包含三个访问点,属于保护应用的逻辑设备为

PROT,RCD,PIGO01,PISV01^[5],属于测控应用的逻辑设备为 MEAS,CTRL,PIGO02,PISV02,LD0 则为保护和测控应用公共的逻辑设备,PROT 逻辑设备的业务属性表示为:〈LDevice inst="PROT" eTool;bussiness="bh"〉。业务属性可被下级 SCL 元素继承,在 PROT 逻辑设备中,其数据集、控制块、输入虚端子逻辑节点(带有前缀 GOIN 和 SVIN)没有显式指定业务属性时,都默认继承 PROT 的业务属性。business 属性只用于配置工具间的任务分配,在 SED 配置完成返回原项目后,business 属性应当被去除;与 2.3 节中扩展 updModel 属性一样,bussiness 的扩展不会造成 IEC 61850 标准基础上的互操作问题。

2.4 SCD 变更影响范围解耦

SCD 配置解耦的目的是通过规范配置流程,降低配置更改中的影响面,减少 SCD 配置迭代的次数,从而保证配置的正确性,但它并不能杜绝 SCD 的变更。在 SCD 配置中,虚回路配置是最重要的一类配置,影响到保护动作或者防误操作的正确性,需要准确评估 SCD 变更对虚回路的影响。采用 Q/GDW 1396 虚端子循环冗余校验(CRC)的方法,对 SCD 文件中每个 IED 计算其虚端子 CRC 码,比较不同版本 SCD 的虚端子 CRC 码,就可以确定这些 IED 的虚回路配置是否有改动,是否需要重新调试。

3 SCD 配置解耦对配置工具的要求

SCD 配置解耦方法对配置工具^[6-8]有如下要求。

1)配置工具支持对配置流程的管控。图 2 所示的配置流程需要通过配置工具的支撑而得到执行,配置工具应提供流程化的配置步骤,配置中的每一个动作都应对应到这些步骤中,尽可能避免超出步骤之外的自由配置,步骤如图 3 所示。

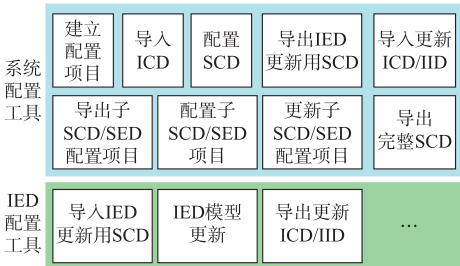


图 3 配置步骤
Fig.3 Configuration steps

因为为 IED 更新导出的 SCD 与全站配置完成后最终的 SCD 是不一样的,前者是配置过程中的中

间文件,包含有 udpModel 属性,为表示区分,单独将其列出,作为一个步骤。

2)配置工具支持配置权限管理。配置权限是解耦的关键,遵守配置权限的规则,配置工具的配置工作才可以避免交叉、冲突,配置工具需要支持图 3 所示不同配置阶段的配置权限,支持 engRight, updModel,business 等 SCL 属性或扩展属性。

3)配置工具支持任务的分配。SCD 并行配置的关键是配置子任务的分配,系统配置工具需要能够方便地按间隔或按业务进行配置任务的分配,根据装置建模的规则,配置工具应能对配置项进行典型业务的划分。

4)支持虚端子 CRC 码计算和虚回路可视化对比^[9-11]。虚端子 CRC 码是 Q/GDW 1396 的要求,CRC 码只能定性地判别整个装置的虚回路是否有变化,当需要知道虚回路的详细变更时,必须由系统配置工具将虚回路差异直观地展示出来。

4 结语

随着智能变电站的快速推广,对集成配置工作的要求也越来越高,发展效率高、可靠性好、对调试检验工作影响小的配置方法成为紧迫的需求。SCD 配置中的耦合性问题成为影响集成调试工作的关键因素,目前 SCD 集成的工程化应用中,并未有很好的应对方案。采用本文基于 IEC 61850 第二版的配置方法,对 SCD 配置中各环节进行解耦,减少 SCD 更新迭代次数,可以有效地提高集成效率,提升配置质量,对智能变电站的建设具有重要意义。目前国内对 SCD 集成配置工具的开发与应用仍拘泥于 IEC 61850 标准第一版的概念,建议加大对标准第二版的研究,引入与新标准兼容的方法,解决工程实践中遇到的问题。

参考文献

[1] 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):95-98.
WANG Song, XUAN Xiaohua, LU Chengyu. Version management method of smart substation configuration file[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(17): 95-98.
[2] 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. DOI: 10.7500/AEPS20130813003.
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. DOI: 10.7500/

AEPS20130813003.

[3] Communication networks and systems for power utility automation; Part 6 configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs; IEC 61850[S]. 2009.

[4] 国家电网公司.IEC 61850 工程继电保护应用模型: Q/GDW 1396—2013[S].2013.

[5] 张沛超,姜健宁,杨漪俊,等.智能变电站配置信息的全生命周期管理[J].电力系统自动化, 2014, 38(10): 85-89. DOI: 10.7500/AEPS20131012001.

ZHANG Peichao, JIANG Jianning, YANG Yijun, et al. Life-cycle management of smart substation configuration information [J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(10): 85-89. DOI: 10.7500/AEPS20131012001.

[6] 王凤祥,方春恩,李伟.基于 IEC 61850 的 SCL 配置研究与工具开发[J].电力系统保护与控制, 2010, 38(10): 106-109.

WANG Fengxiang, FANG Chunen, LI Wei. Design of substation configuration tool based on IEC 61850 standards[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(10): 106-109.

[7] 祁忠,笃竣,张志学,等.IEC 61850 SCL 配置工具的研究与实现[J].电力系统保护与控制, 2009, 37(7): 76-81.

QI Zhong, DU Jun, ZHANG Zhixue, et al. Research and implementation of IEC 61850 SCL configuration tool[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(7): 76-81.

[8] 熊华强,万勇,桂小智,等.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.

XIONG Huaqiang, WAN Yong, GUI Xiaozhi, et al. Design and implementation of visual management and analytical decision system for smart substation SCD files [J]. Electric Power Automation Equipment, 2015, 35(5): 166-171.

[9] 苗斌,童晓阳,郑永康,等.基于 IEC 61850 的智能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.

[10] 高磊.IEC 61850 SCL 配置文件比对工具的研究与实现[J].电力系统自动化, 2013, 37(20): 88-91.

GAO Lei. Research and implementation of comparison tool for IEC 61850 SCL configuration file[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(20): 88-91.

[11] 高磊,卜强生,袁宇波,等.基于二次回路比对的智能变电站调试及安全措施[J].电力系统自动化, 2015, 39(20): 130-134. DOI: 10.7500/AEPS20150101001.

GAO Lei, BU Qiangsheng, YUAN Yubo, et al. Smart substation commissioning and safety measures based on secondary circuit comparison[J]. Automation of Electric Power Systems, 2015, 39(20): 130-134. DOI: 10.7500/AEPS20150101001.

梅德冬(1975—),男,通信作者,高级工程师,主要研究方向:电力系统自动化。E-mail: meidedong@sgepri.sgcc.com.cn

周斌(1970—),男,研究员级高级工程师,主要研究方向:电力系统自动化。E-mail: zhoubin2@sgepri.sgcc.com.cn

黄树帮(1979—),男,高级工程师,主要研究方向:电力系统自动化。E-mail: huangshubang@epri.sgcc.com.cn

(编辑 万志超)

Decoupling Integrated Configuration of Substation Configuration Description
Based on IEC 61850 Edition 2.0

MEI Dedong^{1,2}, ZHOU Bin^{1,2}, HUANG Shubang³, ZHOU Hua^{1,2}, LI Jia^{1,2}

(1. NARI Technology Co. Ltd., Nanjing 211106, China; 2. State Key Laboratory of Smart Grid Protection and Control, Nanjing 211106, China; 3. China Electric Power Research Institute (Nanjing), Nanjing 210003, China)

Abstract: Substation configuration description (SCD) integrated configuration as an important part of smart substation development, is exerting serious influences on the integration's efficiency and quality for its strong coupling character. Proceeding from the links of SCD integrating configuration, an analysis is made of the cause of coupling, and measures to improve SCD integrating configuration procedure are taken. By making clear the relationship between intelligent electronic device (IED) configurator and system configurator in IED capability description (ICD), submitting and IED updating procedure, support of SCD paralleling configuration and evaluating the influence of configuration change, the decoupling of SCD integrating configuration is achieved. The practical significance of the decoupling method for smart substation development is seen in its reduction of iterations of configuration modification and increase in the efficiency of integration.

This work is supported by State Grid Corporation of China.

Key words: substation configuration description (SCD); configuration decoupling; system configurator; configuration permissions; intelligent electronic device (IED); smart substation