

智能变电站 SCD 文件管理及可视化解析方法研究

智能变电站 SCD 文件描述了变电站内所有智能电子设备的实例配置和通信参数、IED 之间的通信配置等信息。而对智能变电站进行日常运行维护或检修时，必须依据 SCD 文件的配置信息进行，对 SCD 文件的可视化解析是 SCD 文件应用的基础；针对智能变电站 SCD 文件管理的相关规范及要求，开展智能变电站 SCD 文件管理及可视化解析方法的研究。

谷君¹ 吕立平¹ 王宁¹ 闻宇¹ 余远亮²/1.国网北京电力科学研究院
2.南京科瑞电力科技有限公司

0 引言

智能变电站是智能电网的重要基础和支撑，而 SCD 文件作为能反映智能变电站系统配置信息的变电站配置文件，具有配置复杂、人工解析工作强度大和不易管理等特点。因此，本文主要介绍了在不改变现有电网运行机构、不增加运行人员工作复杂度的情况下，如何开展 SCD 文件管理及可视化解析方法的研究，从而提高 SCD 文件管理能力，避免由于 SCD 文件丢失、泄漏引起的电网安全事故；同时将 SCD 文件以简明的图形方式进行展示，大大缩短运维、检修人员对 SCD 的解析时间，提高工作效率，杜绝 SCD 的解析偏差，在减轻运维人员工作强度和压力的同时，提高运维工作的可靠性和安全稳定性，具有重大的理论和实际意义。

1 关键技术

1.1 智能变电站 SCD 配置文件

智能变电站 SCD 配置文件是智能变电站唯一能反映全站配置信息的

文件，它描述了变电站内所有智能电子设备 (IED) 的实例配置和通信参数、IED 之间的通信配置等信息。智能变电站在进行调试、日常运维及检修时，必须依据 SCD 文件的配置信息进行，对 SCD 文件的解析是 SCD 文件应用的基础。

1.2 SCD 文件管理方法的研究

根据电网实际需求，本项目研究了一种 SCD 文件可视化综合管理方法，如图 1 所示。本方法可针对一个地区内的所有智能变电站 SCD 文件进行管理，实现对 SCD 文件的可视化解析、规范性验证以及配置文件对比等应用功能。同时对 SCD 文件的加密、解密以及压缩、解压等技术开展研究，各模块流程如图 2 所示。为 SCD 文件管理提供技术基础，并通过大量的数据测试确保该技术和方法的合理性、可行性。

SCD 文件可视化管理技术不仅可应用在新建或改造的智能变电站调试过程中，还可应用在智能变电站的运维和检修中，可明显提高 SCD 文件综合管理能力，为 SCD 文件的配置信息提供可视化的技术手段，使检修人员能直观简单地获取变电站的配置信息，从而减轻运维人员的工作强度和压力，同时提高运维工作的可靠性和安全稳定性，避免因维护人员对 SCD 文件解析偏差引起的电网事故，因此具有较大的社会效益。

2 各模块介绍

2.1 SCD 文件加密、解密研究

由于 SCD 文件描述了智能变电站



谷君/工程师

关键词/Keywords

SCD文件管理 ·
SCD文件审查 ·
可视化对比 ·
“虚端子”可视 ·

各 IED 设备之间的实例配置和通信参数等信息，因此通过 SCD 文件基本上就可以掌握整个变电站二次系统的所有信息。目前，SCD 文件通常开放地保存在个人计算机中，其安全性难以得到保证。本文采用对称加密（Advanced Encryption Standard, AES）算法对 SCD 文件进行加密处理，该算法速度快，安全级别高。AES 法主要通过分组密码返回加密数据的位数与输入数据相同进

行加密，且迭代加密使用一个循环结构，在该循环中重复置换和替换输入数据。
AES 是一个迭代且对称密钥分组的密码，它可以使用 128、192 和 256 位密钥，并且用 256 位密钥（32 字节）对 SCD 文件进行分组加密和解密数据，AES 算法设计流程如图 3 所示。与公共密钥密码使用密钥对不同，对称密钥密码使用相同的密钥加密和解密数据。

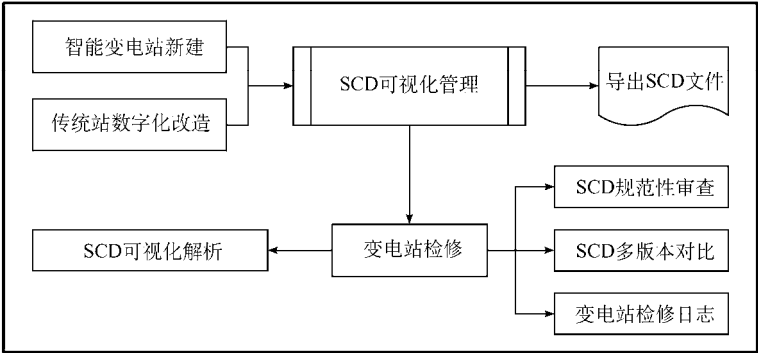


图 1 智能变电站 SCD 文件管理及可视化解析方法研究应用示意图

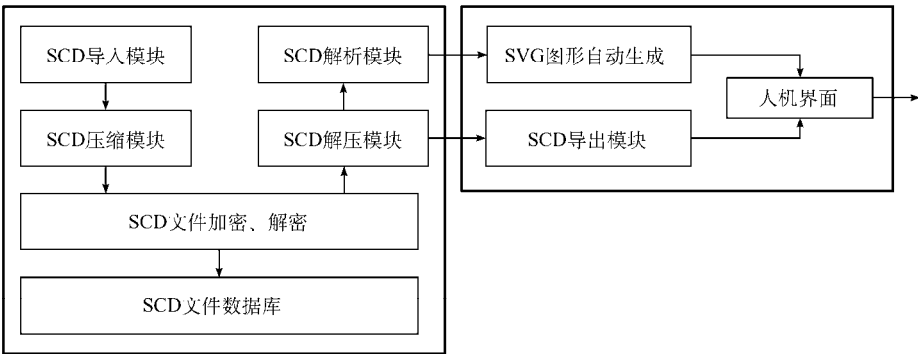


图 2 智能变电站 SCD 文件管理及可视化解析方法研究各模块流程图

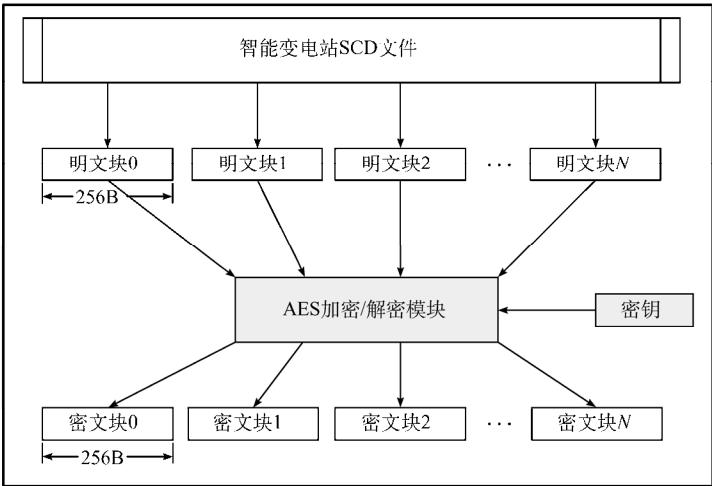


图 3 AES 算法设计流程

2.2 SCD 文件压缩、解压研究

SCD 文件由于涵盖的信息量较大，其大小一般在几十兆左右，500 kV 变电站的 SCD 文件甚至可达上百兆，一个地区内所有智能变电站的 SCD 文件总和将达到几千兆，非常不利于存储与传输。本项目采用 LZW 数据压缩方法对智能变电站 SCD 文件进行编码，产生的压缩文本保留的是码本序号。由于这些序号没有自然语言的上下文关系，离开 LZW 算法破译者不可能直接从保存的码本序号中凑出原文。LZW 方法的一个巧妙之处是并不保留码本本身，而是解压缩时码本和原文从压缩文本中递推出来。因此，一旦压缩文本中有哪怕一个字节的错误都无法还原原文。LZW 方法的加密通过密钥修改码本编码规则。没有密钥，即使通过 LZW 算法也不能恢复原文。另外，根据智能变电站 SCD 文件的特点，对 LZW 算法作了改进。如果破译者不知道修改后 LZW 算法的细节，也无法利用密文还原出原文，从而保证了 SCD 文件的安全性。

通过该模块可将上百兆的 SCD 文件压缩至几兆，压缩率小于 10%。

2.3 SCD 文件检测研究

SCD 文件作为 SCL 描述文件的一种文件类型，应严格遵循 IEC 61850 协议，其包含了 SCL 语言所定义的对象模型。SCD 文件包含 Header、Substation、Communication、IED 和 Data

Type Templates 五个主要元素。

Header 中包含了 SCL 文件的版本号及其命名空间的映射信息；Substation 主要描述变电站的功能结构，标记一次设备及其之间的电气连接关系；Communication 通过逻辑总线和 IED 访问点来描述通信网络的连接关系；IED 分别描述变电站各个 IED 的配置及其功能，包含访问点、逻辑设备、逻辑节点和数据对象等信息；Data Type Templates 定义了文件的逻辑节点类型以及该逻辑节点所包含的数据对象和数据属性^[1]。

因此，通过对 SCD 文件的解析，可基于 IEC 61850 标准对 SCD 文件进行审查；同时，对 SCD 文件中配置的二次应用信息进行检测，包括数据类型模板检测、数据集检测、报告控制块检测和实例化检测等。

2.4 智能变电站二次系统结构解析

本文采用跨平台开发工具 Qt 进行 SCD 文件的高效解析，主要包括：①二次通信结构解析；②应用层解析；③智能电子设备解析；④实例化逻辑节点类型；⑤实例化逻辑节点与智能电子设备之间的关系解析。

结合变电站自动化系统及高级应用软件的开发应用经验，基于智能变电站二次系统结构解析的基础，将解析结果通过 SVG 图形技术进行自动生成，实现 SCD 文件可视化，如图 4 所示。

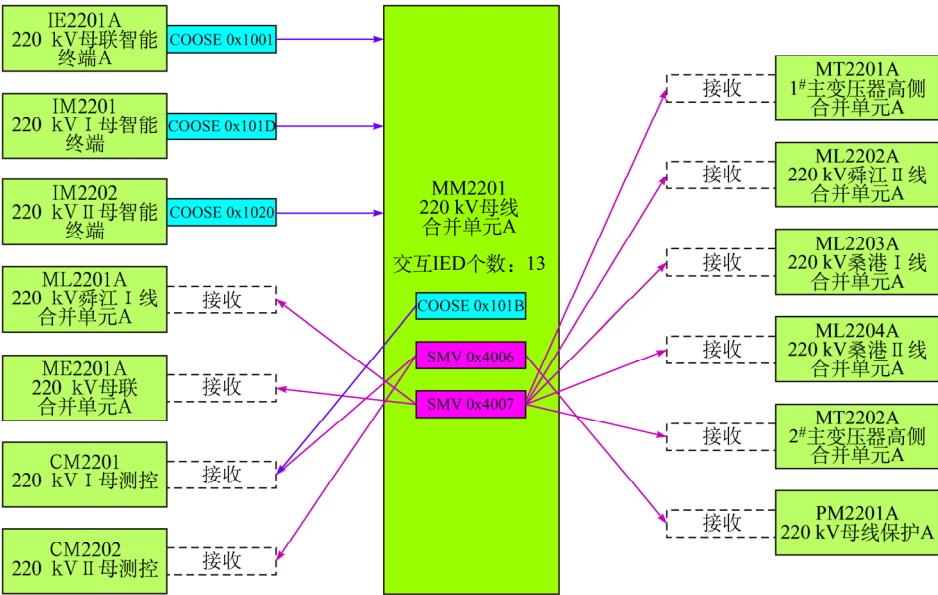


图 4 设备连接关系可视化

依托该模块可将原本几十万行的 SCD 文件解析成清晰、直观的二次设备连接图，图中清楚地表示出二次设备与其他设备的连接关系，之间的通信为 SV 或 GOOSE 信息。

2.5 “虚端子”逻辑连线图以及配置表的研究

传统的变电站功能由设备和回路共同确定。设备具备特定的功能，且定义了外部的输入输出接口，在变电站建设时通过电缆回路实现了变电站需要的各种功能，而此后变电站生命周期内的重要工作就围绕着这些设备和回路展开。纸质的设计图样成为各方对工作进行理解的重要依据，必须对其进行严格的归档管理^[2-3]。而基于

IEC61850 标准的智能变电站可实现功能的自由分布，逻辑节点依赖通信网络实现信息传递和功能协同，功能间的信息流向则由 SCD 文件来表达，非常不直观。

本文基于智能变电站二次系统结构解析的基础，参考传统变电站围绕电气回路归档展开“虚端子”逻辑连线图以及配置表的研究，同时进行 IED 设备相互之间通信关系的研究，包括应用层和链路层可视化研究。研究自动生成二次设备 GOOSE “虚端子”逻辑连线图如图 5 所示，阐述承载应用的链路信息，明确设备与子网的关系。

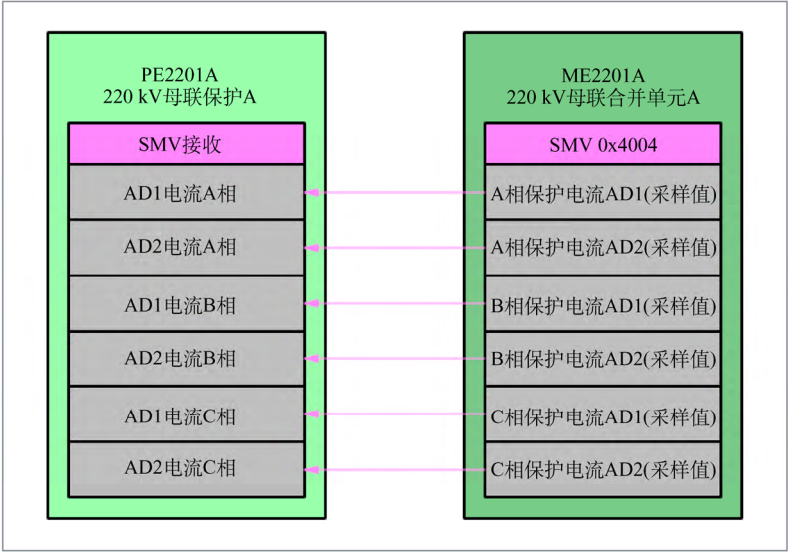


图 5 “虚端子”逻辑连线图

参考文献

3 结束语

智能变电站 SCD 文件管理及可视觉解析方法研究以 IEC 61850 为核心标准，从电网实际要求出发，结合智能变电站日常运维经验，在不增加维护人员以及设备的基础上，对 SCD 文件进行规范化审查及版本管理，同时利用 SVG 技术进行图形化展现，使数据集各成员的作用和意义变得直观并易于理解，为变电站运行检修人员提供可视化的 SCD 解析工具，缩短运维人员对 SCD 的解析时间，提高工作效率，杜绝 SCD 的解析偏差，同时提高运维工作的可靠性和安全稳定性。

[1] 郭健生, 吴文宣, 王云茂, 等. 基于 TinyXML 的智能变电站 SCD 文件的解析[J]. 电力与电工, 2011, 31 (3) : 7-10.

[2] 胡道徐, 沃建栋. 智能变电站虚回路体系[C]. 中国水力发电工程学会继电保护专业委员会 2009 年年会暨学术研讨会, 2009.

[3] 胡道徐, 沃建栋. 基于 IEC 61850 的智能变电站虚回路体系[C]. 中国水力发电工程学会继电保护专业委员会 2009 年年会暨学术研讨会, 2009.

作者简介
谷君 (1982-), 女, 博士, 工程师, 主要从事电力系统及其自动化方面的研究。
(收稿日期: 2015-12-10) EA
(编辑: 胡颖)