

智能变电站 SCD 文件二维校验码校验方法研究

伊 洋, 胡苏凯, 周 宇, 郑传材

(广州供电局有限公司, 广东 广州 510180)

摘要: 所介绍的智能变电站 SCD 文件二维校验码校验方法, 目的在于校验 SCD 文件的内容是否变化, 对 SCD 文件进行版本管理。该方法是基于集合、函数、映射和变量比较的数学原理, 首先将 SCD 文件的各组成部分、元素、数据属性分别抽象成集合、函数、变量, 并用行号、列号分别统计元素、数据属性的个数。然后对集合、函数、变量进行二维定位、编码赋值, 即将行号、列号唯一确定的数据属性的实际值作为校验量的赋值。最后通过校验校验量的赋值, 得出 SCD 文件的校验结果。其中, 校验量的唯一性, 由对象标识 Ref (引用) 的唯一性保证。该方法能够可靠地校验 SCD 文件内容的差异性, 校验精度精确到版本编号、数据属性的值、虚端子数目及外部/内部信号描述。该校验方法和校验流程为 SCD 文件的审核、修改、管理提供了技术手段, 能有效地防止 SCD 文件的误改动。

关键词: 二维校验码; 智能化变电站; SCD; IED

Research of smart substation SCD file check based on two-dimensional check code

YI Yang, HU Sukai, ZHOU Yu, ZHENG Chuancai

(Guangzhou Power Supply Bureau Co., Ltd., China Southern Power Grid, Guangzhou 510180, China)

Abstract: The purpose of SCD file check method introduced in this paper is to check whether the SCD file details have been changed and to manage SCD file version. SCD file check method is based on mathematical principle of set, function, mapping and variable comparison. First, each component, element and data attribute are respectively abstracted into set, function and variable in this method. Row number and column number are used respectively to count the number of elements and the number of data attributes. Then, sets, functions and variables can be assigned by two-dimension positioning, which uses the actual values of uniquely identified data attributes as the assignments of variables to be checked. Finally, the check result of SCD file is obtained by checking these assignments. The uniqueness of these variables to be checked is ensured by the one of object identifier Ref. In this way, SCD file check method can reliably check the difference of SCD file details, to the accuracy of version number, value of data attribute, virtual terminal number and external/internal signal description. The check method and procedure in this paper provides technical measures for review, revise and management of SCD file, and avoids the error changing of SCD file effectively.

Key words: two-dimensional check code; smart substation; SCD; IED

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2015)02-0113-06

0 引言

智能变电站^[1]的变电站配置描述(Substation Configuration Description, SCD)^[2]文件的正确性, 关系到变电站内智能电子设备(Intelligent Electronic Device, IED)设备、虚端子连线^[3]、监控系统配置的正确性; 关系到变电站扩建、改造等工作的安全风险控制; 关系到变电站设备故障诊断^[4]的准备性; 关系到继电保护设备动作的可靠性^[5-6]。因此, 校验 SCD 文件内容的正确性、差异性^[7]的工作十分重要。

目前 SCD 文件的校验分为两步: ①对 SCD 文

件的语法和语义^[8-9]的校验, 即校验 SCD 文件的 SCL^[10-11]语言的语法语义的正确性^[12]。此项内容, 由 SCD 文件制作工具完成, 基本满足要求。②对 SCD 文件内容的校验。此项内容, 现阶段采用人工方式, 将 SCD 文件的可视化图形和设计图纸进行比较, 人为失误不可避免。同时, SCD 文件的不同版本的差异性审核, 更为困难, 不满足运行维护需求。

本文介绍的智能变电站 SCD 文件二维校验码校验方法, 是针对 SCD 文件校验的第二步提出的。目的在于校验 SCD 文件内容是否变化, 对 SCD 文件进行版本管理。为变电站施工调试、运行维护过

程中,SCD文件的审核、修改、管理提供技术手段,防止SCD文件的误改动。智能变电站SCD文件二维校验码校验方法,对SCD文件的Header部分校验精确到版本编号及修改次数,对Communication部分校验精确到子网数目及子网描述,对IED部分校验精确到Data Set的元素及通用变电站事件(Generic Substation Event, GSE)^[13]Control/SMV Control,对虚端子校验精确到虚端子数目及外部/内部信号描述。确保了IED装置的实例配置文件、虚端子连线等内容的正确性、一致性。准确、可靠地检验了SCD文件内容的差异性,为SCD文件的版本管理^[14]提供了技术保障。

1 智能变电站SCD文件二维校验码校验原理

1.1 智能变电站SCD文件二维校验码校验原理介绍

IEC61850协议的建模方法,是综合运用了面向对象^[15-16]、面向服务的方法,将应用功能^[17]分解为最小实体,这些实体被称为逻辑节点^[18],它们被用于通信。智能变电站的SCD文件建模,基于关系模型映射,数据模型层层嵌套^[19],即将逻辑节点层层嵌套到模型中。因此,智能变电站SCD文件,可抽象为“逻辑节点”的“集合”。智能变电站SCD文件二维校验码校验方法,是结合了集合、函数、映射^[20]和变量(元素、实例)的比较方法,对“逻辑节点”的各数据属性进行比较,即通过对SCD文件中的IED^[21]、逻辑节点(Logical Node, LN)、逻辑设备(Logical Device, LD)的数据属性比较,得出SCD文件的比较结果。如果说智能变电站SCD文件是变电站各功能(逻辑节点)的抽象集合,那么智能变电站SCD文件的二维校验码校验方法,则可理解为将SCD文件抽象为集合(函数)进行比较的校验方法。

具体地讲,智能变电站SCD文件二维校验码校验方法,采用对SCD文件中各组成部分,二维定位的方法,即对SCD文件各组成部分的行、列条目进行编码、赋值,行号 m 统计元素个数,列号 n 统计元素的数据属性^[22]个数,由行号和列号唯一确定的数据属性的实际值作为校验量 z_{mn} 的赋值。行值校验该条目(变量、实例)自身的属性(可靠性、变化性、规范性),列值校验条目所在的集合(函数,或映射)的属性(可靠性、变化性、唯一性、规范性),通过校验 z_{mn} 的值,以及对行值 m 、列值 n 的校验及数学运算,即可校验该条目和集合的属性,从而得出SCD文件各组成部分的校验结果及SCD文件的总体校验结果、比较同一变电站不同版本SCD文件之间的各组成部分的差异性。

1.2 智能变电站SCD文件二维校验码校验原理

设集合 $A_i = (a_{in})$, $B_j = (b_{jn})$, $C_q = (c_{qn})$, 设 z_{mn} 为 a_{in} 、 b_{jn} 、 c_{qn} 的赋值,其中 $n=(1, 2, 3)$, $i=1, j=i+1, q=i+2, (m=i, j, q)$, A_i 、 B_j 、 C_q 是集合, a_{in} 、 b_{jn} 、 c_{qn} 是集合中的元素,设 z_{mn} 为 a_{in} 、 b_{jn} 、 c_{qn} 的赋值,其中 z_{mn} 的值,取元素 a_{in} 、 b_{jn} 、 c_{qn} 的实际值,根据 a_{in} 、 b_{jn} 、 c_{qn} 元素属性的不同,用不同数位的十六进制码表示。

$$\text{设集合 } S = \begin{pmatrix} A_i \\ B_j \\ C_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{pmatrix}, \text{集合 } S \text{ 的元}$$

素是数据集 A_i 、 B_j 、 C_q 。 S 、 A_i (或 B_j 或 C_q)、 a_{in} (或 b_{jn} 或 c_{qn})和IED模型中的IED、LD、LN分别对应。于是,SCD文件则与集合 $S_{cd} = (S_i)$ 对应,其中 S_{cd} 为集合, S_i 为集合中的元素,只是元素 S_i 的形式比较复杂,是集合的集合。

此时,要校验SCD文件的属性,只要校验集合 S_{cd} 的属性即可。即只需分层校验 S_{cd} 各元素 S_i 、 A_i 、 B_j 、 C_q 、 a_{in} 、 b_{jn} 、 c_{qn} 的属性^[23-25],也就是通过校验 z_{mn} 、 n 、 i 的值,即可得出SCD文件的校验结果。如果要比较同一变电站SCD文件不同版本的差异性,可通过比较两者之间的 z_{mn} 值、 n 值、 i 值,即可得出比较结果。

为确保SCD文件的可靠性、虚端子连线的唯一性、变化性(是否增加、减少),需要校验 z_{mn} 值的唯一性和值域, z_{mn} 的值域由其数据属性决定。

IEC 61850标准规定,Ref(引用)是对象的唯一标识,包含有一条路径。该条路径由分层结构最上层直至引用对象所在层次全部名称级联而形成^[26]。这条“路径”,就是本方法中校验量 z_{mn} 列元素 n 横向展开的路径。这样展开,即保留了SCD文件树形结构中对象和对象属性之间的复杂语义关联,又准确地统计了校验量 z_{mn} 的列元素 n 的个数。因为Ref(引用)的唯一性已在SCD文件制作过程中确定,所以校验量 z_{mn} 是唯一的,从而为校验 z_{mn} 的值提供了保证。

2 智能变电站SCD文件二维校验码校验原理建模

SCD文件二维校验码赋值建模的过程,是采用集合和映射的概念,将SCD文件的各组成部分抽象

成集合,将各元素抽象成函数,将数据属性抽象成变量,对函数和变量进行二维定位。列元素 n 值由Ref的路径决定,行元素 m 统计校验量 z_{mn} 的个数,数据属性的实际值赋给校验量 z_{mn} 。对 m 、 n 按上文所述方法进行计算验证,对 z_{mn} 进行比较。

2.1 对SCD文件的Header部分进行二维校验码赋值建模

Header部分包括version、revision,设置二维码 m 、 n 、 z_{mn} 的值,其中 z_{mn} 为二进制数,根据version、revision的数据属性及实际使用情况,设 z_{mn} 为整型数,取version、revision的实际值,分别用一个字节ff H(H代表十六进制格式)表示。于是Header部分赋值为两字节 $H_m = z_{mn} z_{mn+1}$,即为ff ff H,为两字节十六进制数。如表1所示。

表1 Header二维校验码模型

Table 1 Two-dimensional check code model of

Header part		
条目	version	revision
$m \backslash n$	1	2
1	z_{11}	z_{12}
2	z_{21}	z_{22}

模型中的 m 值取版本修改次数, n 值由Header部分的元素个数决定,由于Header包括version、revision两个元素,所以 n 值固定取2。通过比较 m 与 $z_{m2} - z_{m1}$ 的值,校验 m 值的正确性。通过校验 H_m 的值域、校验 m 的值,来校验SCD文件,通过比较同一变电站SCD文件不同版本之间的 H_m 值、 m 值来校验Header部分的差异性。 H_m 的二维校验码格式如表2。

表2 Header二维校验码结构

Table 2 Two-dimensional check code structure of

Header part								
$H_m(\text{ff ff H})$								
$z_{mn}(\text{ff H})$	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
$z_{mn+1}(\text{ff H})$	B5	B4	B13	B12	B11	B10	B9	B8

2.2 对SCD文件的Communication部分进行二维校验码赋值建模

SCD文件的Communication部分包括name、type、desc。设置二维校验码 m 、 n 、 z_{mn} 的值,其中 z_{mn} 为十六进制数。Communication部分的二维校验码赋值建模过程,如表3所示。

根据name、type、desc的数据属性, z_{mn} 取name、

type、desc实际值的十六进制码, n 值固定取3(n 值的取法同前文所述), m 值取变电站内组网的子网数目。 C_m 为 $C_m = z_{m1} z_{m2} z_{m3}$ 组成的十六进制码。 C_m 的二维校验码格式和 H_m 的二维校验码格式(表2)类似,只是位数不同,此处不再列举实际的字节数,只给出结构图,如表4。

表3 Communication二维校验码模型

Table 3 Two-dimensional check code model of

Communication part			
条目	Name	Type	Desc
$m \backslash n$	1	2	3
1	z_{11}	z_{12}	z_{13}
2	z_{21}	z_{22}	z_{23}

表4 Communication二维校验码结构

Table 4 Two-dimensional check code structure of

Communication part	
C_m	
(z_{m1} 字节数同name)	
(z_{m2} 字节数同type)	
(z_{m3} 字节数同desc)	

通过校验 C_m 的值域、校验 m 的值,来校验SCD文件,通过比较同一变电站SCD文件同版本之间的 C_m 值、 m 值来校验Communication部分的差异性。

2.3 对SCD文件的IED部分中其他内容进行二维校验码赋值建模

由于IED部分组成中内容较多,如LD、LN、DA等等,其建模方式和二维校验码结构组成方法和前面所讲的Header、Communication部分基本一致,只是在 m 、 n 的数目和 z_{mn} 的字节数上有所区别,此处不再详细列举。可参照前面所讲的方法建模,按照上述方法进行二维校验码构建,只是注意:

(1) z_{mn} 的字节数取决于其代表元素的实际值的字节数。

(2) m 的值取决于元素(变量)的个数。

(3) n 的数值取决于元素(变量)的各部分数据属性的个数。

2.4 对SCD文件的虚端子Inputs(GOOSE、SMV)部分进行二维校验码赋值建模

SCD文件中,虚端子连线的审核极为重要,所以此处列举出具体内容,虚端子联线主要体现在装置的接收侧,发送侧不体现接收的内容。在接收侧收到相关报文后,进行匹配核对校验,对于校验方法,发送侧和接收侧基本一致,所以此处列举Inputs部分的二维校验码校验方法,已备参考使用。

Inputs 部分包括: External IED Name, External Data Reference, External Data Description, Internal IED Name, Internal Data Reference, Internal Data Description, 其二维码 m 、 n 、 z_{mn} 值, 如表 5 所示。

表 5 Inputs 二维校验码模型

Table 5 Two-dimensional check code model of Inputs part

条目	External IED Name	External Data Ref	External Data Desc	Internal IED Name	Internal Data Ref	Internal Data Desc
$m \quad n$	1	2	3	4	5	6
1	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{14}	z_{15}	z_{16}
2	z_{21}	z_{22}	z_{23}	z_{24}	z_{25}	z_{26}

Inputs 部分的二维校验码结构如表 6 所示。 n 值固定取 6(n 值的取法同前文所述), m 值取虚端子连线个数, z_{mn} 取 Inputs 各组成部分的实际值(字符串类型的取字符串的二进制码), I_m 为 $I_m = z_{m1} z_{m2} z_{m3} z_{m4} z_{m5} z_{m6}$ 组成的十六进制码。

表 6 Inputs 二维校验码结构

Table 6 Two-dimensional check code structure of Inputs part

I_m
z_{m1} (字节数同 External IED Name)
z_{m2} (字节数同 External Data Reference)
z_{m3} (字节数同 External Data Description)
z_{m4} (字节数同 Internal IED Name)
z_{m5} (字节数同 Internal Data Reference)
z_{m6} (字节数同 Internal Data Description)

2.5 SCD 文件二维校验码赋值建模扩展说明

SCD 文件二维校验码赋值建模, 是将 SCD 文件的各组成部分、元素、数据属性进行抽象映射的过程, 对函数和变量进行二维定位和赋值过程, 考虑到通用性需求, 可以对 z_{m1} 、 m 、 n 值进行适当扩展, 但建模和赋值的方法不变, 此处不再详细讲述。

3 智能变电站 SCD 文件二维校验码校验流程

SCD 文件的校验工作包括两部分: 单一文件的 SCD 文件校验和多个 SCD 文件的对比校验(同一变电站 SCD 文件不同版本之间对比校验), 分别需要对 SCD 文件总的校验结果及各组成部分的校验结果进行查询, 具体流程如下文所述。

3.1 单一 SCD 文件二维校验码校验流程

单一 SCD 文件的校验流程, 如图 1 所示。其中 SCD 文件的语法校验, 在 SCD 文件制作过程中由

制作工具完成, 不在本文的研究范围。

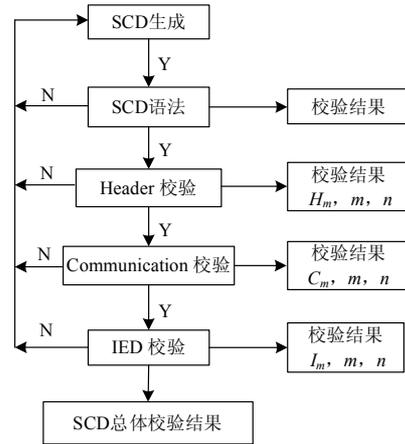


图 1 单一 SCD 文件二维校验码校验流程

Fig. 1 Two-dimensional check code procedure of single SCD file

单一 SCD 文件的校验, 适合于已投运的变电站 SCD 文件的审核工作。能够准确地审核出 SCD 各组成部分的元素数量(各部分的 m 值)、数据属性是否符合规范(H_m 、 C_m 、 I_m 的值域)、虚端子连线的个数(IED 部分的 m 值)、虚端子连线的指向(I_m 的值), 能够将 SCD 文件的审核工作简化, 减少核对图纸的人为失误因素。

3.2 多个 SCD 文件对比的二维校验码校验流程

SCD 文件的审核工作, 难点在于同一变电站 SCD 文件不同版本之间的比对, 关系到 SCD 文件需要修改的部分是否准确修改、不需要修改的部分是否准确保留。对于变电站调试、扩建、改造等工作, SCD 文件的比对尤为重要, 影响着变电站设备的安全稳定运行。多个 SCD 文件对比较验流程如图 2 所示。其中 SCD 文件语法校验, 在 SCD 制作过程中, 由制作工具完成, 不在本文的研究范围。

4 影响智能变电站 SCD 文件二维校验码校验准确性的因素

制作变电站 SCD 文件的过程, 是将变电站的各项功能分解为逻辑节点, 并将逻辑节点实例化的过程。SCD 文件二维校验码检验工作, 则是将 SCD 文件再次抽象为功能, 即“逻辑节点”的集合, 并将实例化的“逻辑节点”的各“数据属性”的实际值赋给校验量 z_{mn} , 然后进行比较的过程。

具体地说, 就是将 SCD 文件各组成部分(如 IED 部分)抽象为集合, 将各组成部分的条目(如 IED 中的 Inputs)抽象为函数(I_m), 将各条目的数据(如 Inputs

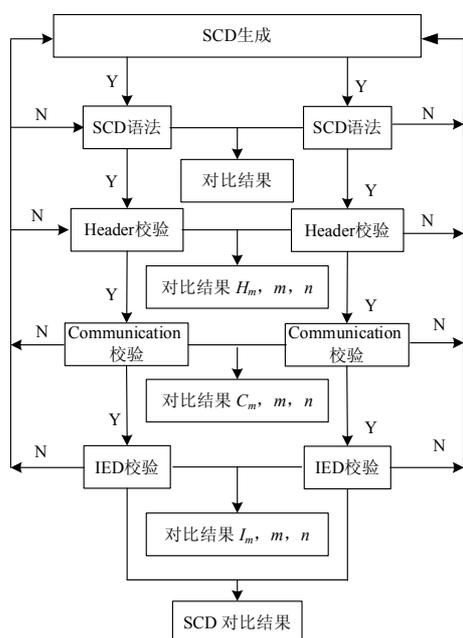


图 2 多个 SCD 文件对比的二维校验码校验流程

Fig. 2 Two-dimensional check code procedure of multiple SCD files' comparison

的 External IED Name)抽象成变量(z_{mn}), 再将数据 (External IED Name)的数据属性实际值(External IED Name 的实际值)赋给变量(z_{mn}), 然后对条目 (m)、变量个数(n)、变量(z_{mn})值域进行统计、校验、计算的过程, 于是校验的准确程度、精度很大程度上和校验模型的 m 、 n 、 z_{mn} 有关, 具体地讲, 本法的准确程度取决于下几点:

(1) SCD 文件中, 各组成部分的条目统计准确性, 其决定着 m 的值。

(2) SCD 文件中, 各组成部分中数据的统计准确性, 其决定着 n 的值。

(3) 数据属性的实际值的准确性, 决定着 z_{mn} 的值。

目前, 变电站 SCD 文件制作工具中, 对以上三点的内容统计都比较准确。同时, SCD 文件的规范性、语法的校验, 在 SCD 制作过程中已经完成, 从而为本方法的准确性提供了保证。

5 结语

本文针对智能变电站 SCD 文件的校验工作, 提出了二维校验码校验方法, 详细地介绍校验原理、建模方法、校验流程, 分析了影响本方法准确性的因素, 为变电站 SCD 文件的内容校验, 提供了技术手段。

本文的校验方法解决了 SCD 文件校验的实际问题, 简化了 SCD 文件的校验工作, 提高了 SCD 文件校验的准确性, 避免了 SCD 文件校验的人为失误因素, 降低了 SCD 文件校验的技术门槛。同时, 本方法对 SCD 文件校验的抽象过程、建模过程、校验流程、校验精度都进行了详细描述, 可以为今后的 SCD 文件校验工作提供参考。

参考文献

- [1] 国家电网公司. Q/GDW 383-2009 智能变电站技术导则[S]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [2] IEC 61850-1 communication networks and systems in substations part 1: introduction and overview[S]. 2003.
- [3] 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.
- [4] 王建华, 荣命哲, 耿英三, 等. 数字化电力设备的概念与内涵[J]. 电工技术学报, 2009, 24(6): 138-145.
WANG Jianhua, RONG Mingzhe, GENG Yingsan, et al. Concept and connotation of digital electrical equipment[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(6): 138-145.
- [5] 朱林, 陈金富, 段献忠. 数字化变电站冗余体系结构的改进及其可靠性和经济性评估[J]. 电工技术学报, 2009, 24(10): 147-151.
ZHU Lin, CHEN Jinfu, DUAN Xianzhong. Improvement of redundant architecture in digital substation and its reliability & economic assessment[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(10): 147-151.
- [6] 朱林, 段献忠, 苏盛, 等. 基于证据理论的数字化变电站继电保护容错方法[J]. 电工技术学报, 2011, 26(1): 154-161.
ZHU Lin, DUAN Xianzhong, SU Sheng, et al. Evidence theory based fault-tolerant method for protective relays in digital substations[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2011, 26(1): 154-161.
- [7] 马杰, 李磊, 黄德斌, 等. 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): 62-72.
MA Jie, LI Lei, HUANG Debin, et al. 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): 62-72.
- [8] 常弘, 茹锋, 薛钧义. IEC61850 语义信息模型的实现[J]. 电网技术, 2005, 29(12): 39-42.

- CHANG Hong, RU Feng, XUE Junyi. Implementation of semantic information model in IEC61850[J]. Power System Technology, 2005, 29(12): 39-42.
- [9] 张结. IEC61850 目标内涵分析[J]. 电网技术, 2004, 28(23): 76-80.
- ZHANG Jie. Analysis on intension of objectives in IEC61850[J]. Power System Technology, 2004, 28(23): 76-80.
- [10] 谭文恕. IEC 61850 和 IEC60870-6(TASE.2)的比较[J]. 电网技术, 2001, 25(10): 8-11.
- TAN Wenshu. Comparison of IEC61850 with IEC 60870-6(TASE 2)[J]. Power System Technology, 2001, 25(10): 8-11.
- [11] 吴在军, 胡敏强. 基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 8-11.
- WU Zaijun, HU Minqiang. Research on a substation automation system based on IEC 61850[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 8-11.
- [12] 王丽华, 马君华, 王传启, 等. 变电站配置描述语言 SCL 的应用研[J]. 电网技术, 2006, 30(增刊 1): 93-96.
- WANG Lihua, MA Junhua, WANG Chuanqi, et al. Research on application of substation configuration description language[J]. Power System Technology, 2006, 30(S1): 93-96.
- [13] IEC 61850-8-1 communication networks and systems in substations part 8-1: specific communication service mapping (scsm) – mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3[S]. 2004.
- [14] 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.
- [15] 罗四倍, 黄润长, 崔琪, 等. 基于 IEC61850 标准面向对象思想的 IED 建模[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(17): 88-92.
- LUO Sibe, HUANG Runchang, CUI Qi, et al. IED modeling based on object-oriented technology of IEC61850 standard[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(17): 88-92.
- [16] 韩法玲, 黄润长, 张华, 等. 基于 IEC61850 标准的 IED 建模分析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(19): 219-222.
- HAN Faling, HUANG Runchang, ZHANG Hua, et al. IED modeling analysis based on IEC61850 standard[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(19): 219-222.
- [17] IEC 61850-5 communication networks and systems in substations part 5: communication requirements for functions and device models[S]. 2003.
- [18] IEC 61850-7-3 communication networks and systems in substations part 7-1: basic communication structure for substations and feeder equipment principles and models [S]. 2003.
- [19] 李蓓, 沐连顺, 苏剑, 等. 基于关系模型映射的 IEC61850SCL 配置器建模[J]. 电网技术, 2006, 30(10): 94-99.
- LI Bei, MU Lianshun, SU Jian, et al. Modeling of IEC61850 SCL configurator based on relational model mapping[J]. Power System Technology, 2006, 30(10): 94-99.
- [20] 缪文贵, 何卫, 张祥文, 等. 构建基于虚拟映射对象的 IEC61850 系统[J]. 电网技术, 2006, 30(增刊 2): 412-422.
- MIU Wengui, HE Wei, ZHANG Xiangwen, et al. The application of virtual mapping objects in IEC61850 system[J]. Power System Technology, 2006, 30(S2): 412-422.
- [21] IEC 61850-2 communication networks and systems in substations part 2: glossary[S]. 2003.
- [22] IEC 61850-7-3 communication networks and systems in substations part 7-3: basic communication structure for substation and feeder equipment common data classes[S]. 2003.
- [23] 陈景良, 陈向晖. 特殊矩阵[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [24] 长江, 罗跃生. 矩阵论[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2007.
- [25] 张禾瑞. 高等代数[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [26] IEC 61850-6 communication networks and systems for power utility automation part 6: configuration description language for communication in electrical substation related to IEDs[S]. 2003.

收稿日期: 2014-04-09

作者简介:

伊洋(1980-), 男, 通信作者, 工程硕士, 工程师, 研究方向为电力系统自动化, 电力系统继电保护; E-mail: 43190870@qq.com

胡苏凯(1988-), 男, 硕士, 主要研究方向为电力系统自动化、电力系统继电保护;

周宇(1987-), 男, 本科, 继保自动化高级作业员, 主要研究方向为电力系统自动化, 电力系统继电保护。