

УДК 621.311+004.43

DOI 10.46960/2658-6754\_2020\_2\_43

**О.В. Туркина, В.С. Чайкин, А.В. Иванов**

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЯЗЫКА РАЗМЕТКИ SCL ПРИ РАЗРАБОТКЕ ФАЙЛОВ ТИПА SSD В ХОДЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГООБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

АО «Федеральный испытательный центр»

Представлены основы информационного и коммуникационного взаимодействия интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ), совокупность которых образует инфокоммуникационную сеть на энергообъекте и выполняет функции вторичных цепей: функции управления, автоматике и релейной защиты. Описана роль языка разметки System Configuration description Language (SCL) в обеспечении взаимодействия ИЭУ. Рассмотрены элементы электрической части электросетевых объектов, описание которых на языке разметки SCL не регламентировано в явном виде в МЭК 61850, а именно: заземляющее устройство, нейтраль силового трансформатора, устройство регулирования под нагрузкой (РПН) и автотрансформатор. Представлены возможные варианты описания перечисленных элементов электрической части в SCL файлах типа System Specification Description (SSD). Описания основаны на анализе последних на текущий момент обновлений SCL схемы (версия 2007В4), регламентированной структуры SCL документа, синтаксиса и семантики языка разметки SCL и направлены на повышение читабельности SCL файлов. Для обоснования корректности описаний приведены соответствующие фрагменты SCL схемы.

**Ключевые слова:** МЭК 61850, цифровизация, SCL, SCL схема, SSD.

### **1. Введение**

Основной целью серии стандартов МЭК 61850 является обеспечение взаимодействия (interoperability) между установленными на энергообъекте интеллектуальными электронными устройствами (ИЭУ). Под взаимодействием в данном случае понимается возможность двух и более ИЭУ одного или разных производителей обмениваться информацией и использовать ее для корректного выполнения конкретных специализированных функций [1, 2].

Очевидно, что информационный обмен между ИЭУ разных производителей может существовать только в случае, если все заинтересованные стороны используют единый (общий, разделяемый всеми), регламентирующий все требуемые аспекты коммуникации, источник. Примени-

тельно к электроэнергетике заинтересованными сторонами являются производители оборудования, проектировщики, эксплуатирующие организации и т.д., а единым источником – МЭК 61850.

Для достижения цели МЭК 61850 регламентирует информационную модель и средство для ее описания – язык разметки System Configuration Language (SCL) [3, 4], основанный на расширяемом языке разметки eXtensible Markup Language (XML) [5].

SCL используется при разработке электронной проектной документации и структурирует информацию согласно правилам лексики и синтаксиса XML с целью обеспечения возможности ее автоматизированного анализа различными программными средствами разработки и конфигурирования электронной документации [6]. SCL файлы типа System Specification Description (SSD) являются примером такой документации. SSD файл содержит структурированную информацию об однолинейной электрической схеме энергообъекта и функциональных возможностях используемого оборудования [7, 8]. В ходе разработки SCL файлов типа SSD для отечественных энергообъектов авторами статьи было выявлено, что правила описания отдельных элементов электрической части электросетевых объектов на языке SCL не представлены явно в текстовом описании или вообще отсутствуют.

Статья содержит пояснения для элементов электрической части электросетевых объектов, представление которых в SCL файле типа SSD может вызвать у специалистов затруднения, а также возможные подходы для описания элементов электрической части, не затронутых МЭК 61850.

## **II. Описание заземляющего устройства энергообъекта в SCL файле типа SSD**

Для представления потенциала «земли» (нулевой потенциал) SCL содержит зарезервированное (predefined – англ. предопределенный, заранее установленный) значение «grounded» атрибута name SCL элемента <ConnectivityNode></ConnectivityNode> [3, 4]. В то же время МЭК 61850-6 однозначно не регламентирует описание заземляющего устройства, но устанавливает следующие общие ограничения:

- наименования SCL элементов (значения атрибутов name) одного уровня иерархии внутри секции Substation должны быть уникальными, обеспечивая тем самым уникальность ссылок на каждый объект SCL файла (так называемые path names) [9];
- SCL элемент <ConnectivityNode></ConnectivityNode> в соответствии с SCL схемой может быть дочерним элементом исключительно SCL элементов <Bay></Bay> и <Line></Line> [3, 4].

Соответствующие фрагменты SCL схемы представлены на рис. 1, 2.

```

<xs:complexType name="tBay">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="tEquipmentContainer">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="ConductingEquipment" type="tConductingEquipment" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
        <xs:element name="ConnectivityNode" type="tConnectivityNode" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
        <xs:element name="Function" type="tFunction" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
          <xs:unique name="uniqueSubFunctionInFunction">
            <xs:selector xpath="/scl:SubFunction"/>
            <xs:field xpath="@name"/>
          </xs:unique>
          <xs:unique name="uniqueGeneralEquipmentInFunction">
            <xs:selector xpath="/scl:GeneralEquipment"/>
            <xs:field xpath="@name"/>
          </xs:unique>
        </xs:element>
      </xs:sequence>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>

```

Рис. 1. Фрагмент SCL схемы, регламентирующий правило вложенности элемента <ConnectivityNode></ConnectivityNode> в элемент <Bay></Bay>

```

<xs:complexType name="tLine">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="tGeneralEquipmentContainer">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="Voltage" type="tVoltage" minOccurs="0"/>
        <xs:element name="ConductingEquipment" type="scl:tConductingEquipment" maxOccurs="unbounded"/>
        <xs:element name="ConnectivityNode" type="scl:tConnectivityNode" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
      </xs:sequence>
      <xs:attribute name="type" type="tLineType" use="optional"/>
      <xs:attribute name="nomFreq" use="optional">
        <xs:simpleType>
          <xs:restriction base="xs:decimal">
            <xs:minInclusive value="0"/>
          </xs:restriction>
        </xs:simpleType>
      </xs:attribute>
      <xs:attribute name="numPhases" use="optional">
        <xs:simpleType>
          <xs:restriction base="xs:unsignedByte">
            <xs:minExclusive value="0"/>
          </xs:restriction>
        </xs:simpleType>
      </xs:attribute>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>

```

Рис. 2. Фрагмент SCL схемы, регламентирующий правило вложенности элемента <ConnectivityNode></ConnectivityNode> в элемент <Line></Line>

В большинстве случаев разработчики SCL файлов типа SSD, руководствуясь SCL схемой (рис. 1, 2), описывают подключение оборудования к заземляющему устройству с помощью объявленных «локально» SCL

элементов <ConnectivityNode></ConnectivityNode>. Под «локальным» объявлением подразумевается вложение <ConnectivityNode></ConnectivityNode> в элемент <Bay></Bay>, описывающий состав присоединения распределительного устройства. Пример «локального» объявления представлен на рис. 3. При данном подходе каждый <Bay></Bay> должен содержать свой <ConnectivityNode></ConnectivityNode> с именем «grounded». Учитывая, что с точки зрения электрического подключения заземляющее устройство может абстрактно рассматриваться как точка, данный подход не совсем логичен.

```

<Substation name="ObjName" desc="ObjName">
  <VoltageLevel name="KV10" desc="PY-10кВ">
    <Voltage unit="V" multiplier="k">10</Voltage>
    <Bay name="MainBay" desc="Описываемое присоединение">
      <ConductingEquipment name="QS1" desc="P1" type="DIS">
        <Terminal connectivityNode="ObjName/KV10/MainBay/E3" substationName="ObjName"
          voltageLevelName="KV10" bayName="MainBay" cNodeName="E3"/>
        <Terminal connectivityNode="ObjName/KV10/MainBay/L1" substationName="ObjName"
          voltageLevelName="KV10" bayName="MainBay" cNodeName="L1"/>
      </ConductingEquipment>
      <ConductingEquipment name="Q1" desc="B1" type="CBR">
        <Terminal connectivityNode="ObjName/KV10/MainBay/L1" substationName="ObjName"
          voltageLevelName="KV10" bayName="MainBay" cNodeName="L1"/>
        <Terminal connectivityNode="ObjName/KV10/MainBay/L2" substationName="ObjName"
          voltageLevelName="KV10" bayName="MainBay" cNodeName="L2"/>
      </ConductingEquipment>
      <ConductingEquipment name="QS2" desc="P2" type="DIS">
        <Terminal connectivityNode="ObjName/KV10/MainBay/L2" substationName="ObjName"
          voltageLevelName="KV10" bayName="MainBay" cNodeName="L2"/>
        <Terminal connectivityNode="ObjName/KV10/MainBay/L3" substationName="ObjName"
          voltageLevelName="KV10" bayName="MainBay" cNodeName="L3"/>
      </ConductingEquipment>
      <ConductingEquipment name="QSG1" desc="3H1" type="DIS">
        <Terminal connectivityNode="ObjName/KV10/MainBay/grounded" substationName="ObjName"
          voltageLevelName="KV10" bayName="MainBay" cNodeName="grounded"/>
        <Terminal connectivityNode="ObjName/KV10/MainBay/L3" substationName="ObjName"
          voltageLevelName="KV10" bayName="MainBay" cNodeName="L3"/>
      </ConductingEquipment>
      <ConductingEquipment name="CLin1" desc="OKJ1" type="IFL">
        <Terminal connectivityNode="ObjName/KV10/MainBay/L3" substationName="ObjName"
          voltageLevelName="KV10" bayName="MainBay" cNodeName="L3"/>
      </ConductingEquipment>
      <ConnectivityNode name="E3" pathName="ObjName/KV10/MainBay/E3"/>
      <ConnectivityNode name="L1" pathName="ObjName/KV10/MainBay/L1"/>
      <ConnectivityNode name="L2" pathName="ObjName/KV10/MainBay/L2"/>
      <ConnectivityNode name="L3" pathName="ObjName/KV10/MainBay/L3"/>
      <ConnectivityNode name="grounded" pathName="ObjName/KV10/MainBay/grounded"/>
    </Bay>
  </VoltageLevel>
</Substation>

```

Рис. 3. Пример «локального» объявления  
<ConnectivityNode></ConnectivityNode>

Для улучшения читаемости SCL документа и его логики целесообразно использование одного, «глобального» элемента `<ConnectivityNode>`. В связи с этим авторами предлагается следующий подход описания заземляющего устройства:

- создать в секции Substation дополнительный элемент `<VoltageLevel>`;
- в содержании элемента `<Voltage>` записать «0»;
- создать в дополнительном элементе `<VoltageLevel>` элемент `<Bay>` с дочерним элементом `<ConnectivityNode>`, значение атрибута `name` которого установить как «grounded».

Реализация подхода представлена на рис. 4. «Глобальный» `<ConnectivityNode>` может использоваться любым `<Bay>` при выполнении единственного условия: рассматриваемые `<Bay>` и «глобальный» `<ConnectivityNode>` вложены в один и тот же элемент `<Substation>`.

```

<VoltageLevel name="Zero_potential" desc="Нулевой потенциал">
  <Voltage unit="V">0</Voltage>
  <Bay name="Ground" desc="Заземлитель">
    <ConnectivityNode name="grounded"
      pathName="SubstationName/Zero_potential/Ground/grounded"/>
  </Bay>
</VoltageLevel>

<ConductingEquipment name="OSG1" desc="3H1" type="DIS">
  <Terminal connectivityNode="SubstationName/Zero_potential/Ground/grounded"
    voltageLevelName="Zero_potential" bayName="Ground" cNodeName="grounded"/>
  <Terminal connectivityNode="SubstationName/110_kV/BayName/L3"
    voltageLevelName="110_kV" bayName="BayName" cNodeName="L3"/>
</ConductingEquipment>

<ConductingEquipment name="OSG3" desc="3H3" type="DIS">
  <Terminal connectivityNode="SubstationName/Zero_potential/Ground/grounded"
    voltageLevelName="Zero_potential" bayName="Ground" cNodeName="grounded"/>
  <Terminal connectivityNode="SubstationName/10_kV/BayName/L14"
    voltageLevelName="10_kV" bayName="BayName" cNodeName="L14"/>
</ConductingEquipment>

```

Создание дополнительного элемента `<VoltageLevel>`

Элементы `<Terminal>`, находящиеся в разных `<VoltageLevel>`, ссылаются на один «глобальный» `<ConnectivityNode>`

Рис. 4. Реализация предложенного подхода к описанию заземляющего устройства в SCL файле

### III. Описание заземления нейтрали силового трансформатора в SCL файле типа SSD

Представленный в [3, 4] пример SCL файла типа SSD для подстанции «Baden220\_132» является неполным с точки зрения описания заземления нейтрали силового трансформатора.

Согласно последним обновлениям SCL схемы (версия 2007B4) [3-5, 7, 10] в элемент `<TransformerWinding>` может быть вложен элемент `<NeutralPoint>` (рис. 5). `<NeutralPoint>`

</NeutralPoint> и <Terminal></Terminal> идентичны по своей структуре и набору атрибутов, так как имеют один и тот же тип (одинаковое значение атрибута type=«Terminal» в SCL схеме). До версии 2007B.2013-09-25 нейтральная точка силового трансформатора описывалась с помощью атрибутов элемента <Terminal></Terminal> (starPoint, neutralPoint). SCL файл, использующий для описания заземления нейтрали атрибуты starPoint или neutralPoint, согласно требованиям SCL схемы версии 2007B4 будет считаться невалидным.

```

<xs:complexType name="tTransformerWinding">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="tAbstractConductingEquipment">
      <xs:sequence>
        <xs:element name="TapChanger" type="tTapChanger" minOccurs="0">
          <xs:unique name="uniqueLNodeInTapChanger">
            <xs:selector xpath="/.scl:LNode"/>
            <xs:field xpath="@lnInst"/>
            <xs:field xpath="@lnClass"/>
            <xs:field xpath="@iedName"/>
            <xs:field xpath="@ldInst"/>
            <xs:field xpath="@prefix"/>
          </xs:unique>
          <!--<xs:unique name="uniqueSubEquipmentLTC">
            <xs:selector xpath="/.scl:SubEquipment"/>
            <xs:field xpath="@name"/>
            <xs:field xpath="@phase"/>
          </xs:unique-->
          <xs:unique name="uniqueChildNameInLTC">
            <xs:selector xpath="/*"/>
            <xs:field xpath="@name"/>
          </xs:unique>
        </xs:element>
        <xs:element name="NeutralPoint" type="tTerminal" minOccurs="0"/>
        <xs:element name="EqFunction" type="scl:EqFunction" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
          <xs:unique name="uniqueLNodeInFuncForPTW">
            <xs:selector xpath="/.scl:LNode"/>
            <xs:field xpath="@lnInst"/>
            <xs:field xpath="@lnClass"/>
            <xs:field xpath="@iedName"/>
            <xs:field xpath="@ldInst"/>
          </xs:unique>
        </xs:element>
      </xs:sequence>
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>

```

Рис. 5. Фрагмент SCL схемы, регламентирующий правило вложенности элемента <NeutralPoint></NeutralPoint> в элемент <TransformerWinding></TransformerWinding>

При описании глухозаземленной нейтрали силового трансформатора в SCL файле типа SSD <NeutralPoint></NeutralPoint> ссылается на заранее объявленный <ConnectivityNode></ConnectivityNode> с name=«grounded». В случае эффективно-, резистивно- или резонансно-заземленной нейтрали: <NeutralPoint></NeutralPoint> и вложенный в секцию ConductingEquipment, используемую для SCL описания нейтралеобразующего оборудования (заземляющий нож, резистор, реактор и т.д.), <Terminal></Terminal> должны ссылаться на один <ConnectivityNode>

</ConnectivityNode>. В качестве примера на рис. 6 представлено описание силового трансформатора с глухозаземленной нейтралью в SCL файле.

```
<PowerTransformer name="T-1" desc="Трансформатор_1" type="PTR">
  <TransformerWinding name="TW1" desc="BH" type="PTW">
    <Terminal connectivityNode="ObjName/KV1/MainBay1/L1" substationName="ObjName"
      voltageLevelName="KV1" bayName="MainBay1" cNodeName="L1" />
    <NeutralPoint connectivityNode="ObjName/KV0/Ground/grounded" substationName="ObjName"
      voltageLevelName="KV0" bayName="Ground" cNodeName="grounded" />
  </TransformerWinding>
  <TransformerWinding name="TW2" desc="HH" type="PTW">
    <Terminal connectivityNode="ObjName/KV2/MainBay2/L2" substationName="ObjName"
      voltageLevelName="KV2" bayName="MainBay2" cNodeName="L2" />
  </TransformerWinding>
</PowerTransformer>
```

Концы обмотки образуют нейтральную точку, которая соединяется с заземляющим устройством. (Схема соединения обмотки ВН: Yн)

Рис. 6. Пример описания силового трансформатора с глухозаземленной нейтралью в SCL файле

#### IV. Описание РПН силового трансформатора в SCL файле типа SSD

Ситуация с описанием устройства регулирования под нагрузкой (РПН) силового трансформатора аналогична ситуации с описанием заземления нейтрали силового трансформатора: пример, представленный в [3, 4], не содержит описания устройства РПН силового трансформатора в SCL файле типа SSD. В элемент <TransformerWinding></TransformerWinding> помимо <NeutralPoint></NeutralPoint> может быть также вложен элемент <TapChanger></TapChanger>, предназначенный для описания РПН (рис. 5).

В качестве примера на рис. 7 представлено дополненное описание силового трансформатора, в обмотке высокого напряжения (ВН) которого установлено устройство РПН.

```
<PowerTransformer name="T-1" desc="Трансформатор_1" type="PTR">
  <TransformerWinding name="TW1" desc="BH" type="PTW">
    <Terminal connectivityNode="ObjName/KV1/MainBay1/L1" substationName="ObjName"
      voltageLevelName="KV1" bayName="MainBay1" cNodeName="L1" />
    <TapChanger name="LTC 1" desc="РПН T-1" type="LTC"/>
    <NeutralPoint connectivityNode="ObjName/KV0/Ground/grounded" substationName="ObjName"
      voltageLevelName="KV0" bayName="Ground" cNodeName="grounded" />
  </TransformerWinding>
  <TransformerWinding name="TW2" desc="HH" type="PTW">
    <Terminal connectivityNode="ObjName/KV2/MainBay2/L2" substationName="ObjName"
      voltageLevelName="KV2" bayName="MainBay2" cNodeName="L2" />
  </TransformerWinding>
</PowerTransformer>
```

Рис. 7. Пример описания устройства РПН силового трансформатора в SCL файле

## V. Описание автотрансформатора в SCL файле типа SSD

Основное отличие автотрансформатора от прочих силовых трансформаторов – наличие электрической связи между обмоткой высокого и среднего напряжения (СН). Фактически вывод обмотки СН автотрансформатора – это дополнительный вывод обмотки ВН. Отметим также, что в большинстве случаев автотрансформаторы используются в сетях с глухо- и эффективно заземленной нейтралью.

В связи с указанными особенностями, описание автотрансформатора до введения элемента `<NeutralPoint></NeutralPoint>` (до версии 2007В.2013-09-25 SCL схемы) было невозможно, так как при описании обмотки ВН (и, соответственно, СН как ее части) требовалось минимум три вложенных в `<TransformerWinding></TransformerWinding>` элемента `<Terminal></Terminal>`: для описания силовых выводов обмоток ВН и СН и для вывода нейтральной точки. При этом, согласно SCL схеме, `<TransformerWinding></TransformerWinding>` может иметь максимум два дочерних элемента `<Terminal></Terminal>`.

На рис. 8 в качестве примера представлено описание силового автотрансформатора с соединением обмотки ВН по схеме «звезда с нулем», глухозаземленной нейтралью и с устройством РПН.

```

<PowerTransformer name="T-1" desc="Автотрансформатор_1" type="PTR">
  <TransformerWinding name="TW1 2" desc="ВН/СН" type="PTW">
    <Terminal connectivityNode="ObjName/KV1/MainBay1/L1" substitutionName="ObjName"
      voltageLevelName="KV1" bayName="MainBay1" cNodeName="L1" />
    <Terminal connectivityNode="ObjName/KV2/MainBay2/L2" substitutionName="ObjName"
      voltageLevelName="KV2" bayName="MainBay2" cNodeName="L2" />
    <TapChanger name="LTC 1" desc="РПН T-1" type="LTC"/>
    <NeutralPoint connectivityNode="ObjName/KV0/Ground/grounded" substitutionName="ObjName"
      voltageLevelName="KV0" bayName="Ground" cNodeName="grounded" />
  </TransformerWinding>
  <TransformerWinding name="TW3" desc="НН" type="PTW">
    <Terminal connectivityNode="ObjName/KV3/MainBay3/L3" substitutionName="ObjName"
      voltageLevelName="KV3" bayName="MainBay3" cNodeName="L3" />
  </TransformerWinding>
</PowerTransformer>

```

Рис. 8. Пример описания силового автотрансформатора в SCL файле

## VI. Заключение

Возможность обеспечения коммуникационного взаимодействия ИЭУ на энергообъектах напрямую зависит от корректности понимания и применения информационной модели МЭК 61850 и языка разметки SCL. Однако, большинство описаний, представленных в МЭК 61850, носят абстрактный характер. Это необходимо для легкой адаптации стандартов к будущим информационным технологиям [1, 9], но в то же время может привести к неправильной реализации требований стандартов. Поэтому во



многих случаях текстового описания SCL схемы и комментариев в [3, 4] недостаточно для полного понимания логики использования SCL элементов и атрибутов. Для комплексного понимания SCL как языка и его корректного применения, т.е., для разработки «валидных» файлов электронной проектной документации, необходимо использовать SCL схему как первоисточник. При этом стоит учитывать, что обновление SCL схемы может осуществляться чаще, чем обновление раздела.

Использование всеми заинтересованными сторонами единых SCL описаний элементов электрической части электросетевых объектов упростит организацию коммуникационного взаимодействия ИЭУ, а также позволит применять средства автоматизированного анализа при разработке файлов электронной проектной документации.

© Туркина О.В., 2020

© Чайкин В.С., 2020

© Иванов А.В., 2020

### Библиографический список

- [1] МЭК 61850-1. Сети и системы связи на подстанциях – Часть 1: Введение и обзор. Введ. 2013-03. МЭК: 2013. – 78 с.
- [2] МЭК 61850-2. Сети и системы связи на подстанциях – Часть 2: Словарь терминов. Введ. 2019-04. МЭК: 2019. – 44 с.
- [3] МЭК 61850-6. Сети и системы связи на подстанциях – Часть 6: Язык описания конфигурации для связи между интеллектуальными электронными устройствами на электрических подстанциях. Введ. 2009-12. МЭК: 2009. – 220 с.
- [4] МЭК 61850-6. Изм. 1. Сети и системы связи на подстанциях – Часть 6: Язык описания конфигурации для связи между интеллектуальными электронными устройствами на электрических подстанциях. Введ. 2018-06. МЭК: 2018. – 274 с.
- [5] Расширяемый язык разметки (XML) 1.0, редакция 5. Консорциум Всемирной паутины (W3C), 2008. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.w3.org/TR/xml/> (дата обращения 20.06.2020).
- [6] Указ Президента РФ «О стратегии научно-технического развития Российской Федерации» от 1 декабря 2016 г. № 642 // Сайт Президента России. [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41449>. (дата обращения 20.06.2020).
- [7] Соснина Е.Н., Иванов А.В. Особенности проектирования электротехнических комплексов при переходе к цифровой экономике // VI Всерос. науч.-технич. конф. «Актуальные проблемы электроэнергетики», декабрь 17-18, 2020, Нижний Новгород, Россия (*в печати*).
- [8] Соснина Е.Н., Иванов А.В. Проектирование электротехнических комплексов в условиях цифровой экономики // XII Всерос. науч.-технич. конф. «Информа-

ционные технологии в электротехнике и электроэнергетике», июнь, 5, 2020, Чебоксары, Россия (*в печати*).

- [9] МЭК 61850-5. Сети и системы связи на подстанциях – Часть 5: Требования к связи для функций и моделей устройств. Введ. 2013-01. МЭК: 2013. – 310 с.
- [10] XML схема, редакция 2. Консорциум Всемирной паутины (W3C), 2004. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.w3.org/TR/xmlschema-0/> (дата обращения 20.06.2020).

**O.V. Turkina, V.S. Chaykin, A.V. Ivanov**

## **PRACTICAL ASPECTS RELATED TO APPLICATION OF MARKUP LANGUAGE SCL IN DEVELOPING SSD FILES DURING POWER FACILITIES DESIGN PROCESS**

JSC «Federal Test Center»

The article deals with data communication basis of intelligent electronic devices (IED) which in combination form communication network of energy facilities and serve as secondary circuits: perform functions of control, automation and protection. The role of markup language System Configuration description Language (SCL) in IED interoperation is presented. The article is focused on electrical elements of power networks specifications aren't explicitly presented in IEC 61850, namely: earthing arrangement, neutral point of power transformer, load tap changer and autotransformer. Possible SCL specifications of the elements for System Specification Description (SSD) files are presented. Specifications are based on analysis the latest amendments of SCL schema (version 2007B4) as of this writing, regulated structure of SCL document, syntax and semantics of SCL and focused on improving SCL files readability. The corresponding blocks of the SCL schema are presented to demonstrate validity of the specifications.

**Keywords:** IEC 61850, digitalization, SCL, SCL schema, SSD.

### **References**

- [1] Communication networks and systems for power utility automation – Part 1: Introduction and overview, IEC 61850-1, March 2013.
- [2] Communication networks and systems for power utility automation – Part 2: Glossary, IEC 61850-2, Apr. 2019.
- [3] Communication networks and systems for power utility automation – Part 6: Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs, IEC 61850-6, Dec. 2009.
- [4] Communication networks and systems for power utility automation – Part 6: Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs, IEC 61850-6. Amd. 1, June 2018.

- 
- [5] Extensible Markup language (XML) 1.0, Edition 5. World Wide Web Consortium (W3C), 2008. [Online]. Available at: <https://www.w3.org/TR/xml/>. [Accessed: Jun. 20, 2020].
- [6] Russian Federation Presidential Decree «O strategii nauchno-tekhnicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii» [Strategies for Science and Technology Development] of 1 December 2016 № 642 // Internet website of the president of Russia. [Online]. Available at: <http://kremlin.ru/acts/bank/41449>. [Accessed: Jun. 20, 2020]. (in Russian).
- [7] E.N. Sosnina and A.V. Ivanov, «Osobennosti proyektirovaniya elektrotekhnicheskikh kompleksov pri perekhode k tsifrovoy ekonomike [The features of digital electrotechnical complex designing in transition to the digital economy]», in proc. *VI All-Russian Conf. Aktual'nye problemy energetiki [Actual problems of electric power industry]*, Dec. 17-18, 2020, Nizhny Novgorod, Russia (in Russian), *in press*.
- [8] E.N. Sosnina and A.V. Ivanov, «Proyektirovaniye elektrotekhnicheskikh kompleksov v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki [Designing of electrotechnical complex in a digital economy]», in proc. *XII All-Russian Conf. Informatsionnyye tekhnologii v elektrotekhnike i elektroenergetike [Information technology in electric power industry and electrotechnics]*, Jun. 5, 2020, Cheboksary, Russia (in Russian), *in press*.
- [9] Communication networks and systems for power utility automation – Part 5: Communication requirements for functions and device models, IEC 61850-5, Jan. 2013.
- [10] XML schema, Edition 2. World Wide Web Consortium (W3C), 2004. [Online]. Available at: <https://www.w3.org/TR/xmlschema-0/> [Accessed: Jun. 20, 2020].