



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭИС  
В.Р. Храппин

26.01.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА***

Направление подготовки (специальность)  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Цифровой менеджмент в электроэнергетике

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроснабжения промышленных предприятий
Курс	1

Магнитогорск  
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий  
25.01.2022, протокол № 5

Зав. кафедрой  Г.П. Корнилов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.01.2022 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ЭИП, канд. техн. наук

 А.В. Малафеев

Рецензент:  
начальник ЦЭСиП ПАО «ММК», канд. техн.



 Н.А. Николаев

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Г.П. Корнилов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Г.П. Корнилов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Приобретение знаний и умений в области функционирования и проектирования цифровых подстанций.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Цифровая электроэнергетика входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Компетенции, сформированные в результате изучения дисциплин бакалавриата "Информатика", "Электроэнергетические системы и сети", "Электрические станции и подстанции", "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем".

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Цифровая электроэнергетика» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-6	Способен к обеспечению требуемых параметров режима и размещения резерва, принятию решений по диспетчерским заявкам, организации и руководству оперативными
ПК-6.1	Принимает решения по диспетчерским заявкам о реализации мер по поддержанию частоты, величин перетоков активной мощности, токовой нагрузки линий и допустимого уровня напряжения в допустимом диапазоне путем оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетических режимов энергосистемы и определяет объем и эффективность соответствующих управляющих воздействий
ПК-6.2	Принимает решения по диспетчерским заявкам о разрешении вывода в ремонт и ввода в работу электроустановок и подготовке электроэнергетического режима на это время, по поддержанию минимального необходимого резерва активной мощности и места его размещения путем оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетических режимов энергосистемы
ПК-6.3	Разрабатывает программы переключений на вывод в ремонт и ввод в работу линий электропередачи и оборудования в соответствии с диспетчерскими заявками

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 6,4 акад. часов;
- аудиторная – 6 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 97,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

– подготовка к зачёту – 3,9 акад. час

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Теоретический раздел								
1.1 Тенденции развития цифровых подстанций. Объектная модель цифровой подстанции.	1	0,2			3	Самостоятельное изучение стандарта МЭК.	Экспресс-опрос. Зачет.	
1.2 Архитектура построения цифровой подстанции.		0,2			3	Самостоятельное изучение стандарта МЭК.	Экспресс-опрос. Зачет.	
1.3 Протоколы передачи данных.		0,2			3	Самостоятельное изучение стандарта МЭК.	Экспресс-опрос. Зачет.	
1.4 Синхронизация времени.		0,3			3	Самостоятельное изучение стандарта МЭК.	Экспресс-опрос. Зачет.	
1.5 Язык описания модели подстанции SCL.		0,3			3	Самостоятельное изучение стандарта МЭК.	Экспресс-опрос. Зачет.	
1.6 Конфигурирование цифровой подстанции.		0,2			3	Самостоятельное изучение стандарта МЭК.	Экспресс-опрос. Зачет.	
1.7 Кибербезопасность цифровых подстанций.		0,2			3	Самостоятельное изучение стандарта МЭК.	Экспресс-опрос. Зачет.	
1.8 Централизованное функционирование цифровых подстанций.		0,2			3	Самостоятельное изучение стандарта МЭК.	Экспресс-опрос. Зачет.	
1.9 Вопросы тестирования устройств и их проверки на		0,2			3	Самостоятельное изучение стандарта МЭК.	Экспресс-опрос. Зачет.	
Итого по разделу		2			27			
2. Практический раздел								
2.1 Описание элементов электрических схем в терминах логических узлов.	1			1	20	Выполнение индивидуального задания.	Защита индивидуального задания. Зачет.	

2.2 Разработка описаний логических узлов на языке SCL.			1	20	Выполнение индивидуального задания.	Защита индивидуального задания. Зачет.	
2.3 Разработка SCL-файла присоединения цифровой			2	30,7	Выполнение индивидуального задания.	Защита индивидуального задания. Зачет.	
Итого по разделу			4	70,7			
Итого за семестр	2		4	97,7		зачёт	
Итого по дисциплине	2		4	97,7		зачет	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Цифровая электроэнергетика» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Цифровая электроэнергетика» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

При проведении практических занятий используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе выполнения индивидуальных заданий, при подготовке к итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Бартоломей, П. И. Электроэнергетика: информационное обеспечение систем управления : учебное пособие для вузов / П. И. Бартоломей, В. А. Тащилин ; под научной редакцией А. А. Суворова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10914-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453346> (дата обращения: 22.06.2022).

### **б) Дополнительная литература:**

1. Белоус, А. И. Кибербезопасность объектов топливно-энергетического комплекса. Концепции, методы и средства обеспечения : практическое пособие / А. И. Белоус. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 644 с. - ISBN 978-5-9729-0512-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1167734> (дата обращения: 22.06.2022). – Режим доступа: по подписке.

2. Любарский, Ю. Я. Интеллектуальные электрические сети: компьютерная поддержка диспетчерских решений : учебное пособие / Ю.Я. Любарский, А.Ю. Хренников. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 160 с. — (Высшее образование: Магистратура). — DOI 10.12737/1134516. - ISBN 978-5-16-016395-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1134516> (дата обращения: 22.06.2022). – Режим доступа: по подписке.

3. Инновационное развитие электроэнергетики на основе технологий Smart Grid : учебное пособие / составитель Н. В. Савина. — Благовещенск : АмГУ, 2014. — 136 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156465> (дата обращения: 22.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **в) Методические указания:**

### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкорциум» (НП НЭИКОН)	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>
Информационная система - Банк данных угроз безопасности информации ФСТЭК	<a href="https://bdu.fstec.ru/">https://bdu.fstec.ru/</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - доска, мультимедийный проектор, экран.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся - персональные компьютеры с пакетом MSOffice, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

3. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования.



## **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

(обязательное)

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде выполнения заданий, которые определяет преподаватель для студента.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения и проработки конспектов, литературы и электронных образовательных ресурсов с необходимыми консультациями преподавателя.

#### **Тематика индивидуальных практических заданий:**

Индивидуальное задание №1

Описание элементов электрических схем в терминах логических узлов.

Индивидуальное задание №2

Разработка описаний логических узлов на языке SCL.

Индивидуальное задание №3

Разработка SCL-файла присоединения цифровой подстанции.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(обязательное)

### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ПК-5: Способен управлять режимом работы энергосистемы, электрической сети, системы электроснабжения</b>		
ПК-6.1	Принимает решения по диспетчерским заявкам о реализации мер по поддержанию частоты, величин перетоков активной мощности, токовой нагрузки линий и допустимого уровня напряжения в допустимом диапазоне путем оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетических режимов энергосистемы и определяет объем и эффективность соответствующих управляющих воздействий	<b>Перечень вопросов к зачету</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Задачи объектной модели цифровой подстанции.</li><li>2. Иерархия структуры объектной модели ЦПС.</li><li>3. Адресация к объектам данных ЦПС.</li><li>4. Концепция архитектуры цифровой подстанции.</li><li>5. Источники измерительной и дискретной информации.</li><li>6. Архитектура построения цифровых подстанций</li><li>7. Элементы коммуникационной сети и адресация.</li></ol>
ПК-6.2	Принимает решения по диспетчерским заявкам о разрешении вывода в ремонт и ввода в работу электроустановок и подготовке электроэнергетического режима на это время, по поддержанию минимального необходимого резерва активной мощности и места его размещения путем оценки текущего и прогнозируемого электроэнергетических режимов энергосистемы	<b>Перечень вопросов к зачету</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Общие топологии построения цифровой сети.</li><li>2. Топологии построения шины процесса.</li><li>3. Топологии построения шины станции.</li><li>4. Технологии оптимизации трафика в сети.</li><li>5. Типы сообщений, передаваемых на подстанции.</li><li>6. Протокол Sampled Values.</li><li>7. Протокол GOOSE.</li><li>8. Протокол MMS.</li><li>9. Оценка загрузки коммуникационной сети.</li></ol>
ПК-6.3	Разрабатывает программы переключений на вывод в ремонт и ввод в работу линий электропередачи и оборудования в соответствии с диспетчерскими заявками	<b>Перечень вопросов к зачету</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Способы синхронизации времени.</li><li>2. Сигнал 1 PPS.</li><li>3. Протокол IRIG-B.</li></ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<ol style="list-style-type: none"><li>4. Протоколы NTP и SNTP.</li><li>5. Протокол RTP.</li><li>6. Структура SCL-файлов.</li><li>7. Типы SCL-файлов и их назначение.</li><li>8. Концепция создания типовых конфигураций цифровых подстанций.</li><li>9. Описание первичного и вторичного оборудования.</li><li>10. Компоновка логических устройств.</li><li>11. Кибербезопасность на цифровых объектах.</li></ol>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Цифровая электроэнергетика» проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в виде собеседования в рамках теоретических вопросов, выносимых на зачет, и выполнения практических заданий.

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

- оценка «**не зачтено**» ставится в случае невыполнения студентом индивидуальных заданий, а также при низком уровне знаний по вопросам к зачету.

- оценка «**зачтено**» ставится в случае овладения студентом всего объема учебного материала, активной работы на занятиях, выполнения и успешной сдачи всех индивидуальных заданий.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

(обязательное)

### **Методические указания для студентов**

#### **Индивидуальное задание №1**

#### **Описание элементов электрических схем в терминах логических узлов.**

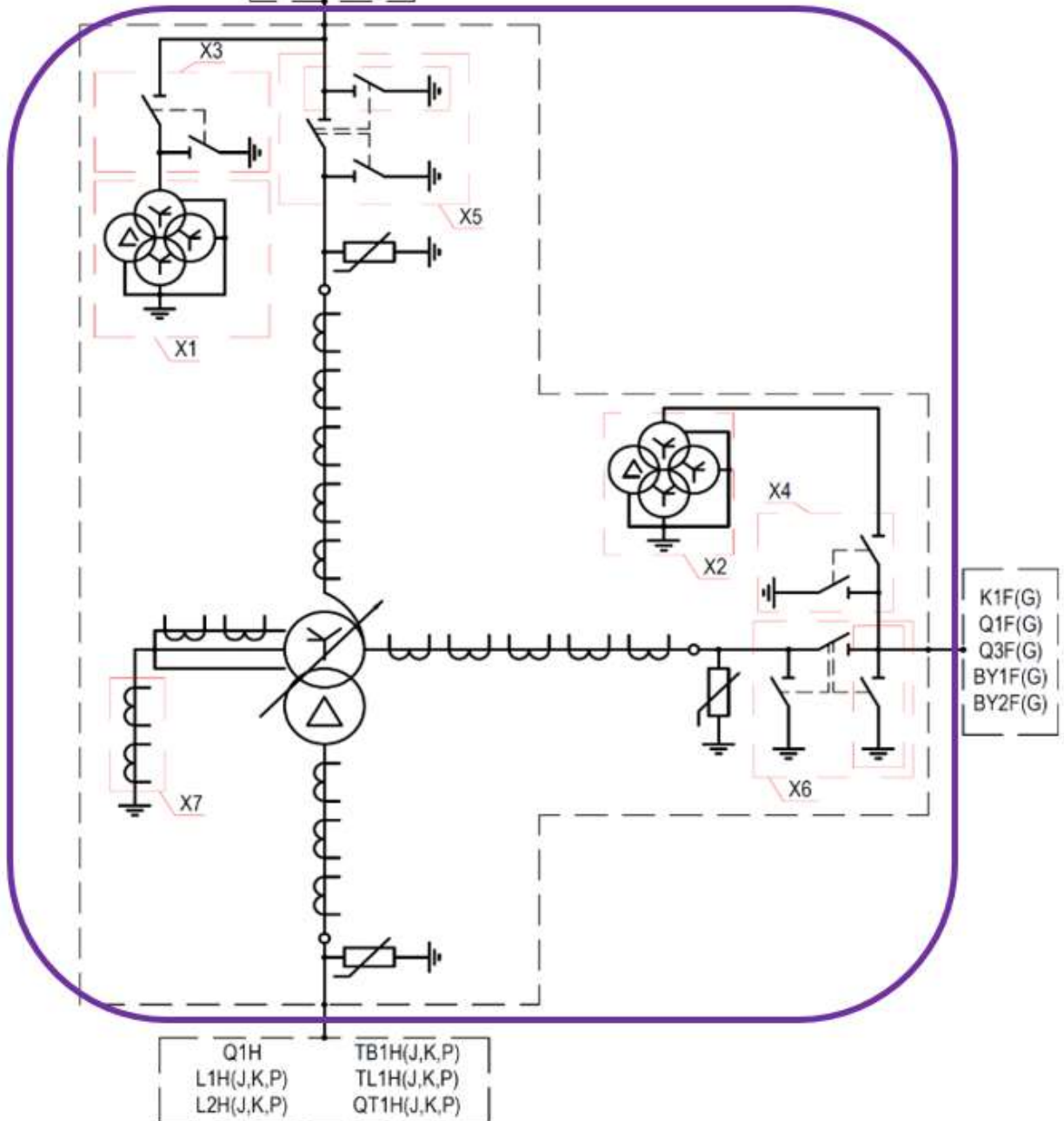
В главе 7-4 международного стандарта IEC 61850 необходимо найти логические узлы, описывающие элементы схем электрических соединений подстанции (в основном это первичное оборудование и измерительные устройства), а именно: трансформаторы, коммутационное оборудование, ТТ и ТН, ОПН и др. Самостоятельная работа со стандартом позволит Вам самим поработать с литературой. Необходимо соотнести каждый элемент схемы в выделенной цветом зоне с логическим узлом. Наименование логических узлов удобнее всего располагать рядом с элементом электрической схемы и наносить на тот же рисунок.

# Вариант 1

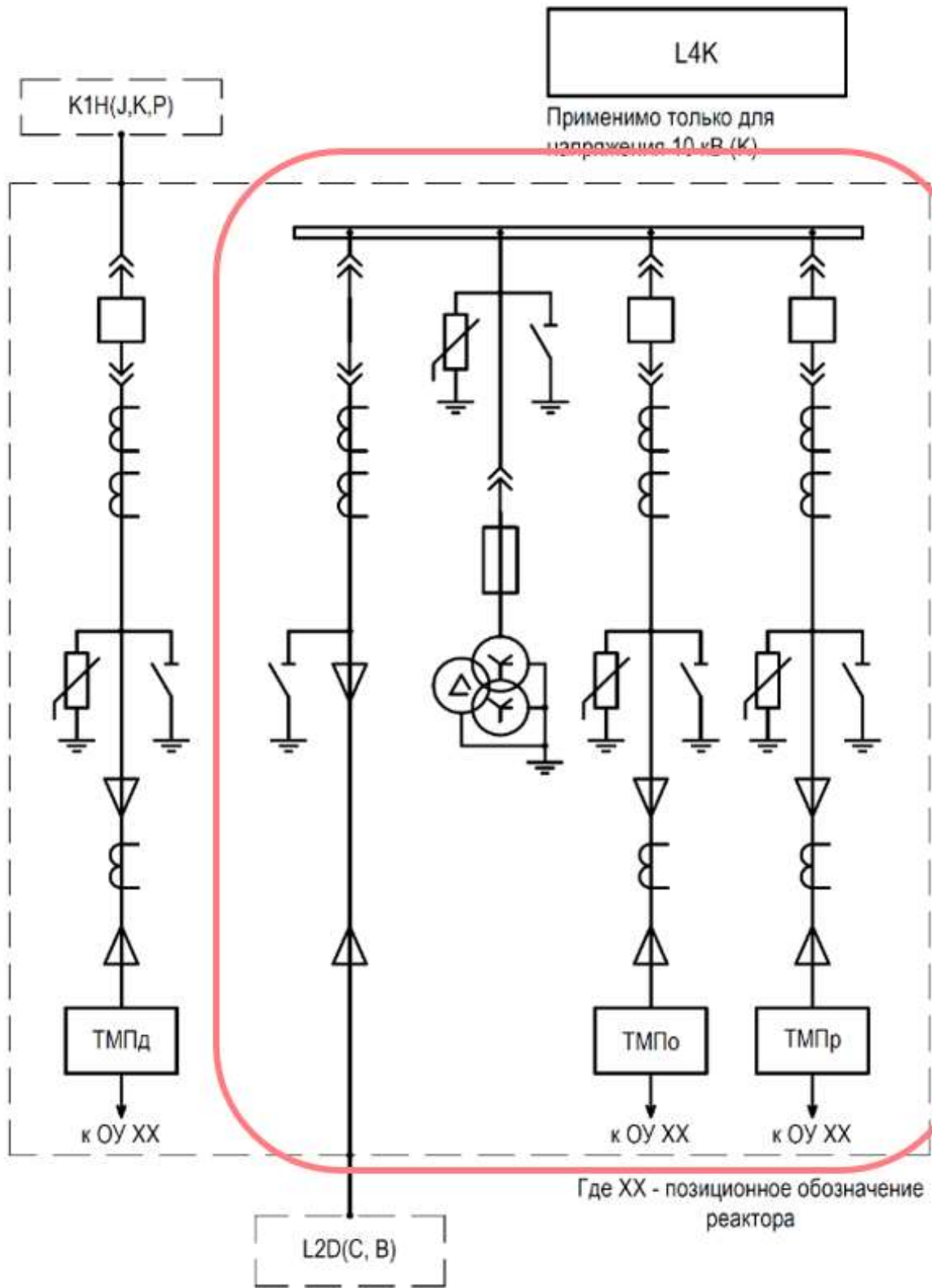
K1E(F,G)  
Q1E(F,G)  
Q2E(F,G)  
Q3E(F,G)  
BY1E(F,G)  
BY2E(F,G)

AT1E - N-N-N-N-N-N-N  
X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7

Применимо только для  
напряжения 220 кВ (E)



## Вариант 2



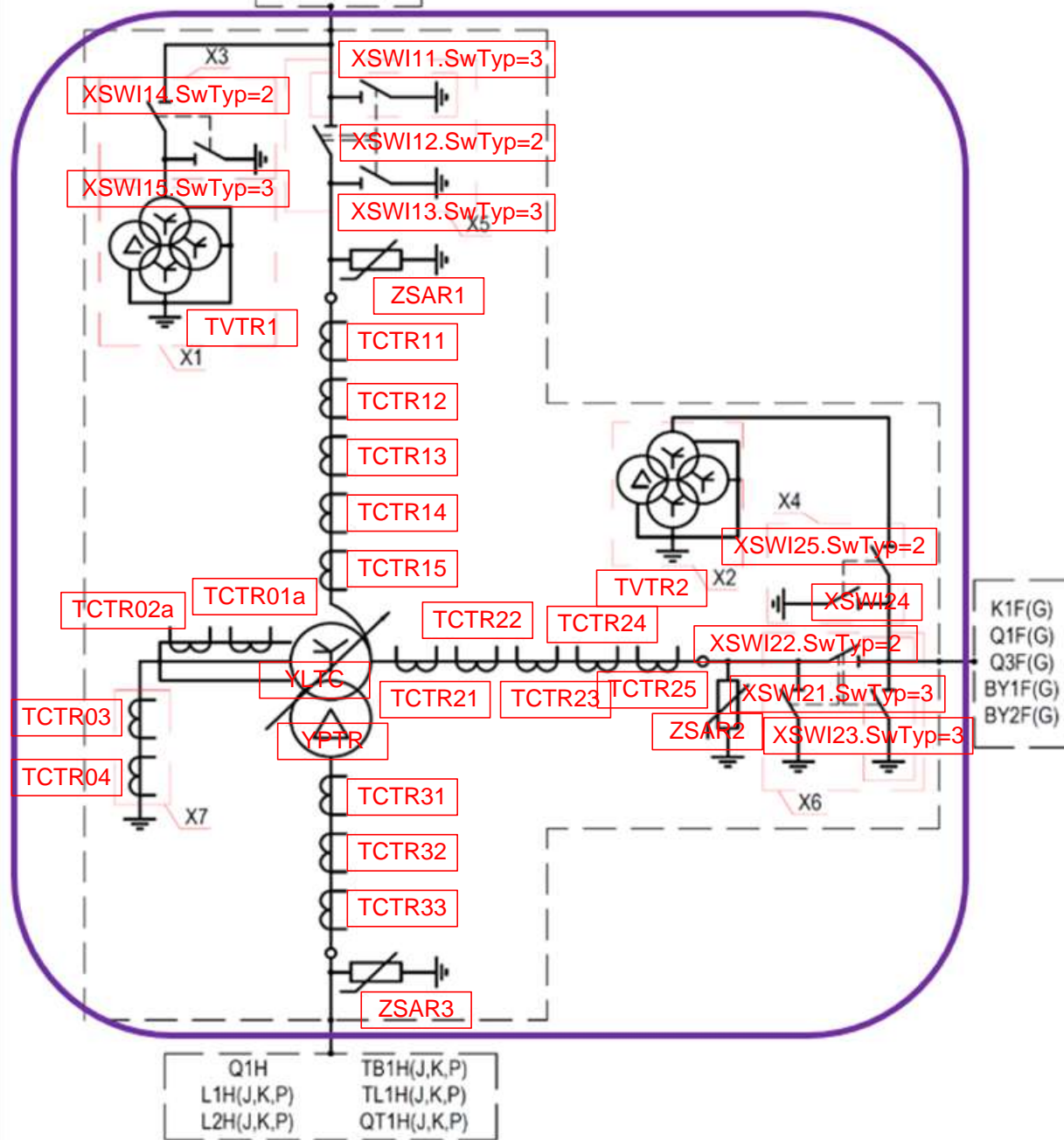
Результаты выполнения задания:

# Вариант 1

K1E(F,G)  
Q1E(F,G)  
Q2E(F,G)  
Q3E(F,G)  
BY1E(F,G)  
BY2E(F,G)

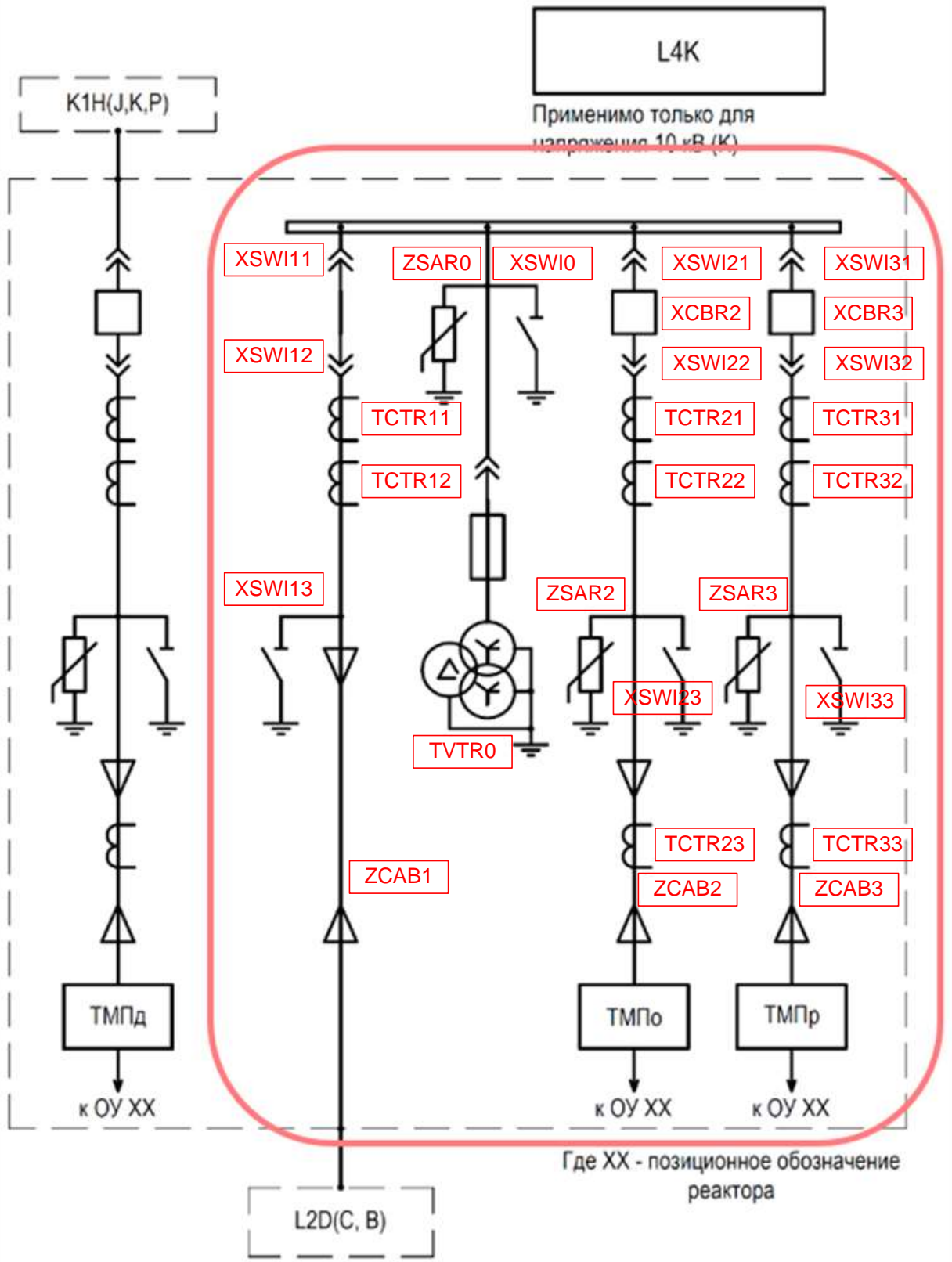
AT1E - N-N-N-N-N-N-N  
X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7

Применимо только для  
напряжения 220 кВ (E)





## Вариант 2



**Индивидуальное задание №2**

**Разработка описаний логических узлов на языке SCL.**

Задание: логический узел РТОС. Срабатывание защиты / нейтраль.

Описание:

<DataTypeTemplates>

```
<LNodeType id="L_РТОС" lnClass="РТОС">
  <DO name="Op" type="АСТ_0" desc="Срабатывание защиты"/>
</LNodeType>
```

```
<DOType id="АСТ_0" cdc="АСТ" desc="Срабатывание защиты">
  <DA name="general" fc="ST" bType="BOOLEAN" dchg="true"/>
  <DA name="phsA" fc="ST" bType="BOOLEAN" dchg="false"/>
  <DA name="phsB" fc="ST" bType="BOOLEAN" dchg="false"/>
  <DA name="phsC" fc="ST" bType="BOOLEAN" dchg="false"/>
  <DA name="neut" fc="ST" bType="BOOLEAN" dchg="true"/>
  <DA name="q" fc="ST" bType="Quality" qchg="true"/>
  <DA name="t" fc="ST" bType="TimeStamp"/>
</DOType>
```

</DataTypeTemplates>

### **Индивидуальное задание №3**

#### **Разработка SCL-файла присоединения цифровой подстанции.**

Задание: Т2Е – основная защита

#### Расшифровка названия SSD-файла

Т2Е – трехобмоточный трансформатор (тип 2), высшее напряжение 220 кВ

#### Подстанция

ПС «Карталы 220 кВ»

#### Терминал защиты и автоматики

ЭКРА ШЭ2607 041

Основная защита – дифференциальная, PDIF

1. SCL-контейнер с разделом Substation

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

```
<SCL xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns="http://www.iec.ch/61850/2003/SCL"
xsi:schemaLocation="http://www.iec.ch/61850/2003/SCL SCL.xsd" version="2007"
revision="B">
```

```
<Header id="ObjName" version="VerNum" revision="RevNum" toolID="ALTAI"  
nameStructure="IEDName" />
```

```
<Substation name="ПС Каргалы 220 кВ" desc="Наименование подстанции  
ObjName ПС Каргалы 220 кВ">
```

```
</Substation>
```

```
</SCL>
```

2.

```
<PowerTransformer name="TIndNum1" type="PTR" desc="Трансформатор IndNum1 220/35/10 кВ">
  <TransformerWinding name="Winding1" type="PTW">
    <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/PTCP1" substationName="ПС Карталы 220 кВ"
voltageLevelName="E1" bayName="TVNIndNum1" cNodeName="PTCP1"/>
    <NeutralPoint connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/NTIndNum1/PNCP1" substationName="ПС Карталы 220
кВ" voltageLevelName="E1" bayName="NTIndNum1" cNodeName="PNCP1"/>
  </TransformerWinding>
  <TransformerWinding name="Winding2" type="PTW">
    <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/PTCP1" substationName="ПС Карталы 220 кВ"
voltageLevelName="H1" bayName="TSNIndNum1" cNodeName="PTCP1"/>
  </TransformerWinding>
  <TransformerWinding name="Winding3" type="PTW">
    <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/K1/TNNIndNum1/PTCP1" substationName="ПС Карталы 220 кВ"
voltageLevelName="K1" bayName="TNNIndNum1" cNodeName="CBCP1"/>
  </TransformerWinding>
</PowerTransformer>
<VoltageLevel name="E1">
  <Voltage multiplier="k" unit="V">220</Voltage>
  <Bay name="NTIndNum1" desc="Нейтраль Т IndNum1.">
    <ConductingEquipment name="FV1_NTIndNum1" type="SAR" desc="Ограничитель перенапряжений">
      <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/NTIndNum1/PNCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="E1" bayName="NTIndNum1" cNodeName="PNCP1"/>
      <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/NTIndNum1/grounded" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="E1" bayName="NTIndNum1" cNodeName="grounded"/>
    </ConductingEquipment>
    <ConductingEquipment name="ESW1_NTIndNum1" type="DIS" desc="Заземлитель">
      <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="NTIndNum1_ESW1" lnClass="CSWI" lnInst="1"/>
      <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="NTIndNum1_ESW1" lnClass="CILO" lnInst="1"/>
    </ConductingEquipment>
  </Bay>
</VoltageLevel>
</VoltageLevel>
```

```
<LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="NTIndNum1_ESW1" lnClass="XSWI" lnInst="1"/>

    <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/NTIndNum1/PNCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="E1" bayName="NTIndNum1" cNodeName="PNCP1"/>
    <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/NTIndNum1/grounded" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="E1" bayName="NTIndNum1" cNodeName="grounded"/>
    </ConductingEquipment>
    <ConnectivityNode name="grounded" pathName="ПС Карталы 220 кВ/E1/NTIndNum1/grounded"/>
    <ConnectivityNode name="PNCP1" pathName="ПС Карталы 220 кВ/E1/NTIndNum1/PNCP1"/>

</Bay>
<Bay name="TVNIndNum1" desc="Присоединение высшее напряжение T IndNum1 220 кВ.">
    <ConductingEquipment name="TA1_TVNIndNum1" type="CTR" desc="Трансформатор тока">

        <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/PTCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIndNum1" cNodeName="PTCP1"/>
        <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/L1" substationName="ПС Карталы 220
кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIndNum1" cNodeName="L1"/>
        <SubEquipment name="TA1A_TVNIndNum1" phase="A">
            <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TVNIndNum1_TA1" lnClass="TCTR" lnInst="1" />
        </SubEquipment>
        <SubEquipment name="TA1B_TVNIndNum1" phase="B">
            <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TVNIndNum1_TA1" lnClass="TCTR" lnInst="2" />
        </SubEquipment>
        <SubEquipment name="TA1C_TVNIndNum1" phase="C">
            <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TVNIndNum1_TA1" lnClass="TCTR" lnInst="3" />
        </SubEquipment>
        <SubEquipment name="TA1N_TVNIndNum1" phase="N">
            <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TVNIndNum1_TA1" lnClass="TCTR" lnInst="4" />
        </SubEquipment>
    </ConductingEquipment>
    <ConductingEquipment name="TA2_TVNIndNum1" type="CTR" desc="Трансформатор тока">
```

```
                <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/L1" substationName="ПС Карталы 220
кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIndNum1" cNodeName="L1"/>
                <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/L2" substationName="ПС Карталы 220
кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIndNum1" cNodeName="L2"/>
                <SubEquipment name="TA2A_TVNIIndNum1" phase="A">
                    <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TVNIndNum1_TA2" lnClass="TCTR" lnInst="1" />
                </SubEquipment>
                <SubEquipment name="TA2B_TVNIIndNum1" phase="B">
                    <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TVNIndNum1_TA2" lnClass="TCTR" lnInst="2" />
                </SubEquipment>
                <SubEquipment name="TA2C_TVNIIndNum1" phase="C">
                    <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TVNIndNum1_TA2" lnClass="TCTR" lnInst="3" />
                </SubEquipment>
                <SubEquipment name="TA2N_TVNIIndNum1" phase="N">
                    <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TVNIndNum1_TA2" lnClass="TCTR" lnInst="4" />
                </SubEquipment>
            </ConductingEquipment>
            <ConductingEquipment name="FV1_TVNIIndNum1" type="SAR" desc="Ограничитель перенапряжений">
                <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/L2" substationName="ПС Карталы 220
кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIndNum1" cNodeName="L2"/>
                <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/grounded" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIndNum1" cNodeName="grounded"/>
            </ConductingEquipment>
            <ConductingEquipment name="ESW1_TVNIIndNum1" type="DIS" desc="Заземлитель">
                <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="TVNIndNum1_ESW1" lnClass="CSWI"
lnInst="1"/>
                <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="TVNIndNum1_ESW1" lnClass="CILO"
lnInst="1"/>
                <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="TVNIndNum1_ESW1" lnClass="XSWI"
lnInst="1"/>
```

```
<Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/L2" substationName="ПС Карталы 220
кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIndNum1" cNodeName="L2"/>
  <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/grounded" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIndNum1" cNodeName="grounded"/>
</ConductingEquipment>
<ConductingEquipment name="DSW1_TVNIIndNum1" type="DIS" desc="Разъединитель">
  <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="TVNIIndNum1_DSW1" InClass="CSWI"
InInst="1"/>
  <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="TVNIIndNum1_DSW1" InClass="CILO"
InInst="1"/>
  <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="TVNIIndNum1_DSW1" InClass="XSWI"
InInst="1"/>
  <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIIndNum1/L2" substationName="ПС Карталы 220
кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIIndNum1" cNodeName="L2"/>
  <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIIndNum1/CBCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIIndNum1" cNodeName="CBCP1"/>
</ConductingEquipment>
<ConductingEquipment name="ESW2_TVNIIndNum1" type="DIS" desc="Заземлитель">
  <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="TVNIIndNum1_ESW2" InClass="CSWI"
InInst="1"/>
  <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="TVNIIndNum1_ESW2" InClass="CILO"
InInst="1"/>
  <LNode iedName="None" IdInst="CONTROL" prefix="TVNIIndNum1_ESW2" InClass="XSWI"
InInst="1"/>
  <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIIndNum1/CBCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIIndNum1" cNodeName="CBCP1"/>
  <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIIndNum1/grounded" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="E1" bayName="TVNIIndNum1" cNodeName="grounded"/>
</ConductingEquipment>
<ConnectivityNode name="grounded" pathName="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIIndNum1/grounded"/>
<ConnectivityNode name="PTCP1" pathName="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIIndNum1/PTCP1"/>
```

```
        <ConnectivityNode name="L1" pathName="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/L1"/>
        <ConnectivityNode name="L2" pathName="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/L2"/>
        <ConnectivityNode name="CBCP1" pathName="ПС Карталы 220 кВ/E1/TVNIndNum1/CBCP1"/>
    </Bay>
</VoltageLevel>
<VoltageLevel name="H1">
    <Voltage multiplier="k" unit="V">35</Voltage>
    <Bay name="TSNIndNum1" desc="Присоединение среднее напряжение T IndNum1 35 кВ.">
        <ConductingEquipment name="TA1_TSNIndNum1" type="CTR" desc="Трансформатор тока">
            <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/PTCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="H1" bayName="TSNIndNum1" cNodeName="PTCP1"/>
            <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/L1" substationName="ПС Карталы 220
кВ" voltageLevelName="H1" bayName="TSNIndNum1" cNodeName="L1"/>
            <SubEquipment name="TA1A_TSNIndNum1" phase="A">
                <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TSNIndNum1_TA1" lnClass="TCTR" lnInst="1" />
            </SubEquipment>
            <SubEquipment name="TA1B_TSNIndNum1" phase="B">
                <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TSNIndNum1_TA1" lnClass="TCTR" lnInst="2" />
            </SubEquipment>
            <SubEquipment name="TA1C_TSNIndNum1" phase="C">
                <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TSNIndNum1_TA1" lnClass="TCTR" lnInst="3" />
            </SubEquipment>
            <SubEquipment name="TA1N_TSNIndNum1" phase="N">
                <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TSNIndNum1_TA1" lnClass="TCTR" lnInst="4" />
            </SubEquipment>
        </ConductingEquipment>
        <ConductingEquipment name="TA2_TSNIndNum1" type="CTR" desc="Трансформатор тока">
            <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/L1" substationName="ПС Карталы 220
кВ" voltageLevelName="H1" bayName="TSNIndNum1" cNodeName="L1"/>
            <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/CBCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="H1" bayName="TSNIndNum1" cNodeName="CBCP1"/>
        </ConductingEquipment>
    </Bay>
</VoltageLevel>
</VoltageLevel>
```



```
<SubEquipment name="TA2A_TSNIndNum1" phase="A">
  <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TSNIndNum1_TA2" lnClass="TCTR" lnInst="1" />
</SubEquipment>
<SubEquipment name="TA2B_TSNIndNum1" phase="B">
  <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TSNIndNum1_TA2" lnClass="TCTR" lnInst="2" />
</SubEquipment>
<SubEquipment name="TA2C_TSNIndNum1" phase="C">
  <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TSNIndNum1_TA2" lnClass="TCTR" lnInst="3" />
</SubEquipment>
<SubEquipment name="TA2N_TSNIndNum1" phase="N">
  <LNode iedName="None" IdInst="MEASUREMENT" prefix="TSNIndNum1_TA2" lnClass="TCTR" lnInst="4" />
</SubEquipment>
</ConductingEquipment>
<ConductingEquipment name="FV1_TSNIndNum1" type="SAR" desc="Ограничитель перенапряжений">
  <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/CBCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="H1" bayName="TSNIndNum1" cNodeName="CBCP1"/>
  <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/grounded" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="H1" bayName="TSNIndNum1" cNodeName="grounded"/>
</ConductingEquipment>
<ConnectivityNode name="grounded" pathName="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/grounded"/>
  <ConnectivityNode name="PTCP1" pathName="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/PTCP1"/>
  <ConnectivityNode name="L1" pathName="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/L1"/>
  <ConnectivityNode name="CBCP1" pathName="ПС Карталы 220 кВ/H1/TSNIndNum1/CBCP1"/>
</Bay>
</VoltageLevel>
<VoltageLevel name="K1">
  <Voltage multiplier="k" unit="V">10</Voltage>
  <Bay name="TNNIndNum1" desc="Присоединение низшее напряжение T IndNum1 10 кВ.">
    <ConductingEquipment name="SHT1_TNNIndNum1" type="ESHT" desc="Закоротка">
```

```
                <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/К1/TNNIndNum1/PTCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="K1" bayName="TNNIndNum1" cNodeName="PTCP1"/>
                <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/К1/TNNIndNum1/CBCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="K1" bayName="TNNIndNum1" cNodeName="CBCP1"/>
            </ConductingEquipment>
            <ConductingEquipment name="FV1_TNNIndNum1" type="SAR" desc="Ограничитель перенапряжений">

                <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/К1/TNNIndNum1/CBCP1" substationName="ПС Карталы
220 кВ" voltageLevelName="K1" bayName="TNNIndNum1" cNodeName="CBCP1"/>
                <Terminal connectivityNode="ПС Карталы 220 кВ/К1/TNNIndNum1/grounded" substationName="ПС
Карталы 220 кВ" voltageLevelName="K1" bayName="TNNIndNum1" cNodeName="grounded"/>
            </ConductingEquipment>
            <ConnectivityNode name="grounded" pathName="ПС Карталы 220 кВ/К1/TNNIndNum1/grounded"/>
            <ConnectivityNode name="PTCP1" pathName="ПС Карталы 220 кВ/К1/TNNIndNum1/PTCP1"/>

            <ConnectivityNode name="CBCP1" pathName="ПС Карталы 220 кВ/К1/TNNIndNum1/CBCP1"/>
        </Bay>
</VoltageLevel>
```

## **Литература**

1. Мухлынин Н.Д., Тацилин В.А. Применение технологий МЭК 61850 в электроэнергетике. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2020. – 213 с.