

kaspersky



Kaspersky Industrial
Cybersecurity
Conference 2020

Александр Волошин

Директор, Центр компетенций НТИ
«Технологии транспортировки
электроэнергии и распределенных
интеллектуальных энергосистем»,
НИУ «МЭИ»

#KasperskyICS

Чат конференции: <https://kas.pr/kicscon>



Применение методов ИИ для оптимального синтеза проектных решений на примере АСУТП электрических подстанций



ЦЕНТР ИТИ МЭИ
ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ



Электрические подстанции



Технологические нарушения (короткие замыкания и др.)



ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ

АСУТП

ЛВС шина
станции



АРМ

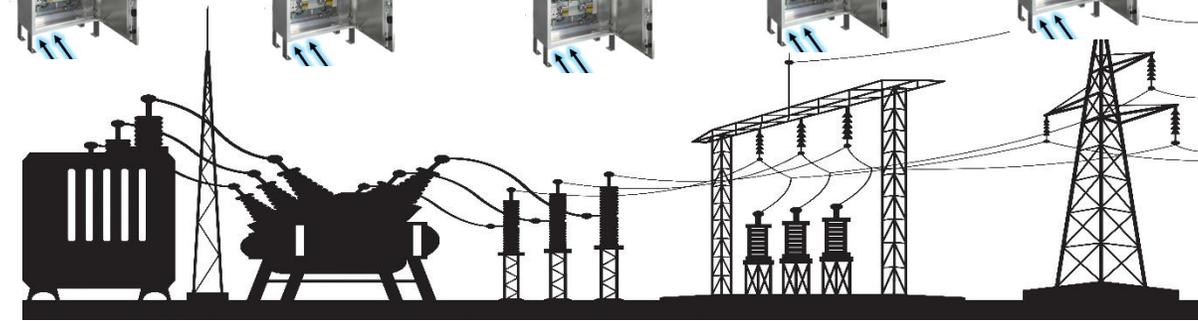
РЗА, ПА



ЛВС шина
процесса



**УСО
(MUs)**



ЦЕНТР НТИ МЭИ
ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ



Искусственный Интеллект

Нейронные сети

Машинное обучение

Генетические алгоритмы

Базы знаний и механизмы логического вывода

Мультиагентные системы



Стюарт Рассел • Питер Норvig



ЦЕНТР НТИ МЗИ
ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ



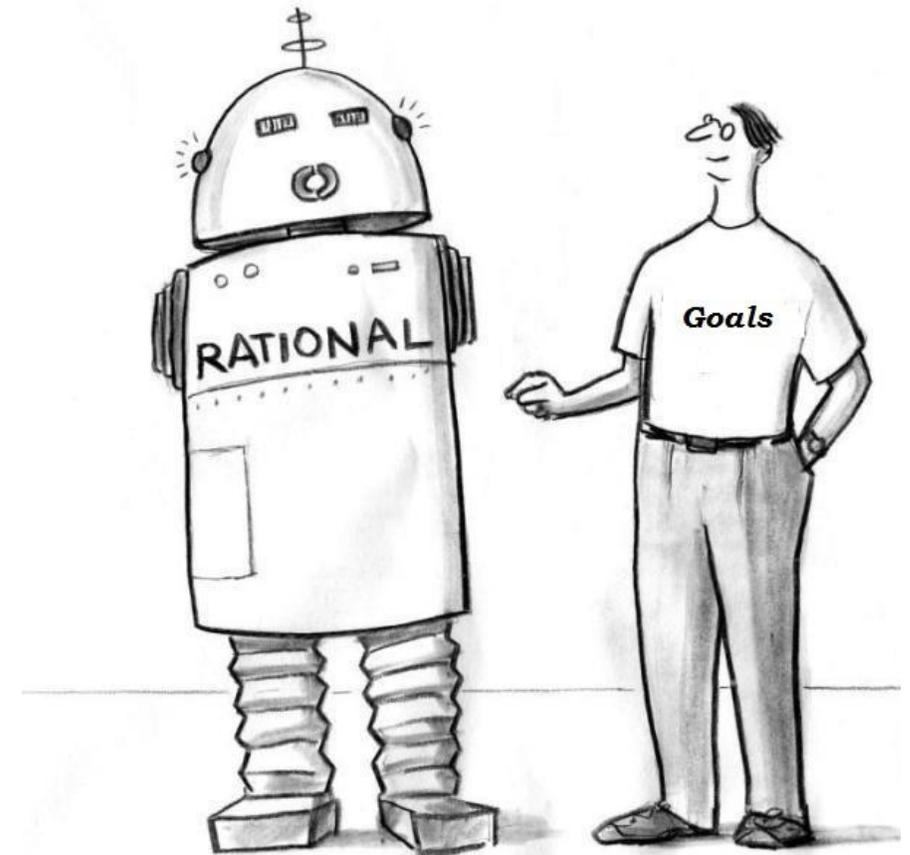
Интеллектуальные системы

Интеллектуальность означает, что поведение системы близко к рациональному поведению человека

Система должна находить решения даже в тех случаях, когда у нет заранее подготовленного алгоритма для текущей ситуации и набора параметров

Система должна обеспечивать достижение целей

Потребитель должен задавать цели, а не алгоритмы их достижения



Промышленный Искусственный Интеллект



Что в черном ящике?



ЦЕНТР ИИ МЭИ
ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ



Проектирование системы релейной защиты и автоматики ЦПС

- **Определение** перечня функций систем защиты
- **Определение** состава ПТК систем защиты и автоматики ЦПС
- **Разработка** локально-вычислительной сети ЦПС
- **Разработка** структурно-функциональных схем РЗА (алгоритмов защиты)
- **Разработка** проектной документации систем защиты и автоматики ЦПС на языке SCL



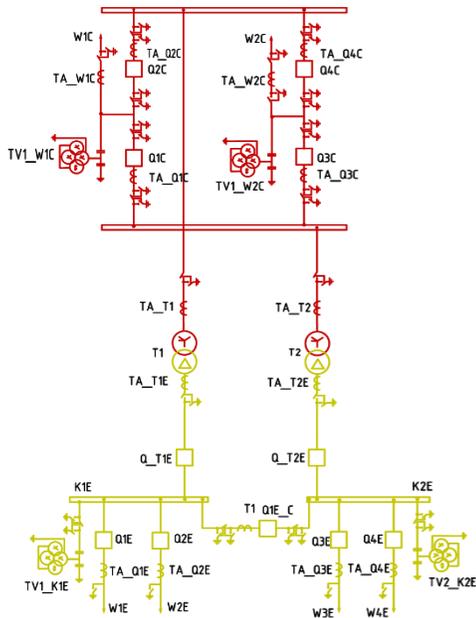
Проектирование системы релейной защиты и автоматики ЦПС

	Традиционное проектирование	Проектирование с типизацией	ng.Grace
Определение перечня функций систем защиты			
Определение состава ПТК РЗА и АСУТП			
Разработка локально-вычислительной сети ЦПС			
Разработка структурно-функциональных схем РЗА			
Разработка проектной документации систем защиты и автоматики ЦПС на языке SCL			

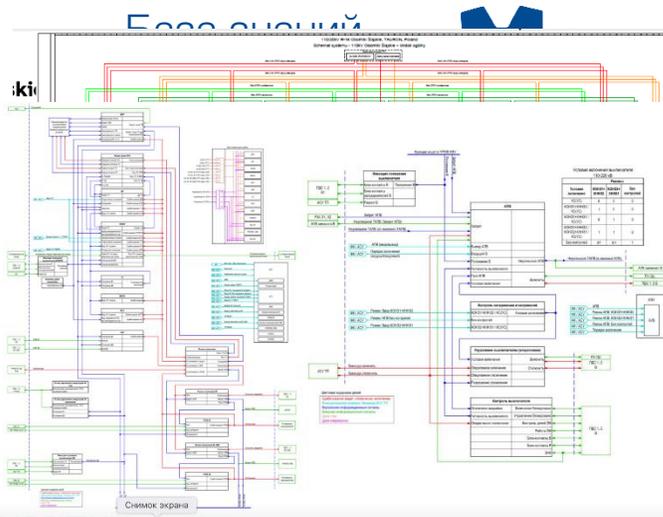


Автоматизированный синтез функций РЗА ЦПС

Информация
об главной
схеме ПС



Эвристики
ОПТИМ



агентное
программирование

Оптимальное
решение
структура ПТК,
алгоритмы
функций



Синтез функций РЗА с применением баз знаний

База знаний – формализация предметной области и ее представление в форме семантической сети, допускающее осуществление логических выводов и осмысленную обработку информации

Онтология является каркасом базы знаний и создает базис для описания основных понятий предметной области, необходимый для полноценного функционирования экспертной системы



Онтологическая модель базы знаний подстанции

Классы базы знаний соответствуют стандарту **МЭК 61850**

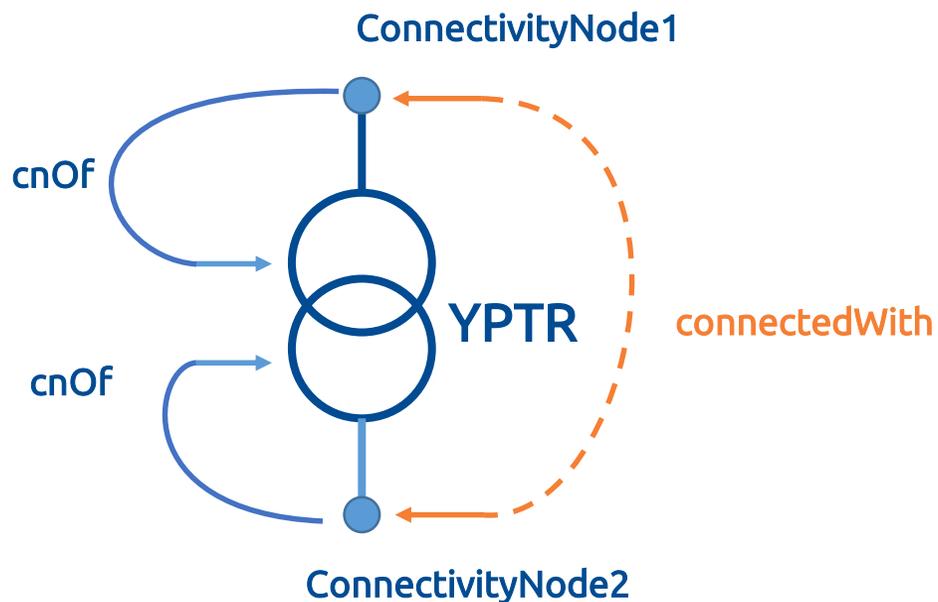
Для осуществления взаимосвязи между индивидами классов применяются свойства - **ObjectProperty**

Заполнение БЗ происходит на основе данных, полученных в модуле задания главной схемы ПС

Для достраивания неявных свойств применяется механизм логического вывода - **ризонер**



Онтологическая модель базы знаний подстанции



Description: PIGGI/10/K1K/connvtyNode1	Property assertions: PIGGI/10/K1K/connvtyNode1
Types + ● ConnectivityNode	Object property assertions + Data property assertions + ■ hasName 506
Same Individual As +	

Description: PIGGI/10/K1K/connvtyNode1	Property assertions: PIGGI/10/K1K/connvtyNode1
Types + ● connectedWith some ConnectivityNode ● ConnectivityNode ● hasVoltageLevel some VoltageLevel ● Substation	Object property assertions + ■ connectedWith PIGGI/10/qc1g/connvtyNode1 ■ cnOf QC1K_QS2 Data property assertions + ■ hasName 506

$\forall x, y \in E (x \text{ hasElectricalConnection } y \leftrightarrow x \text{ hasCN } c \in C \wedge y \text{ hasCN } c \in C \wedge x \neq y)$



Определение перечня функций защит

Анализ существующей НТД

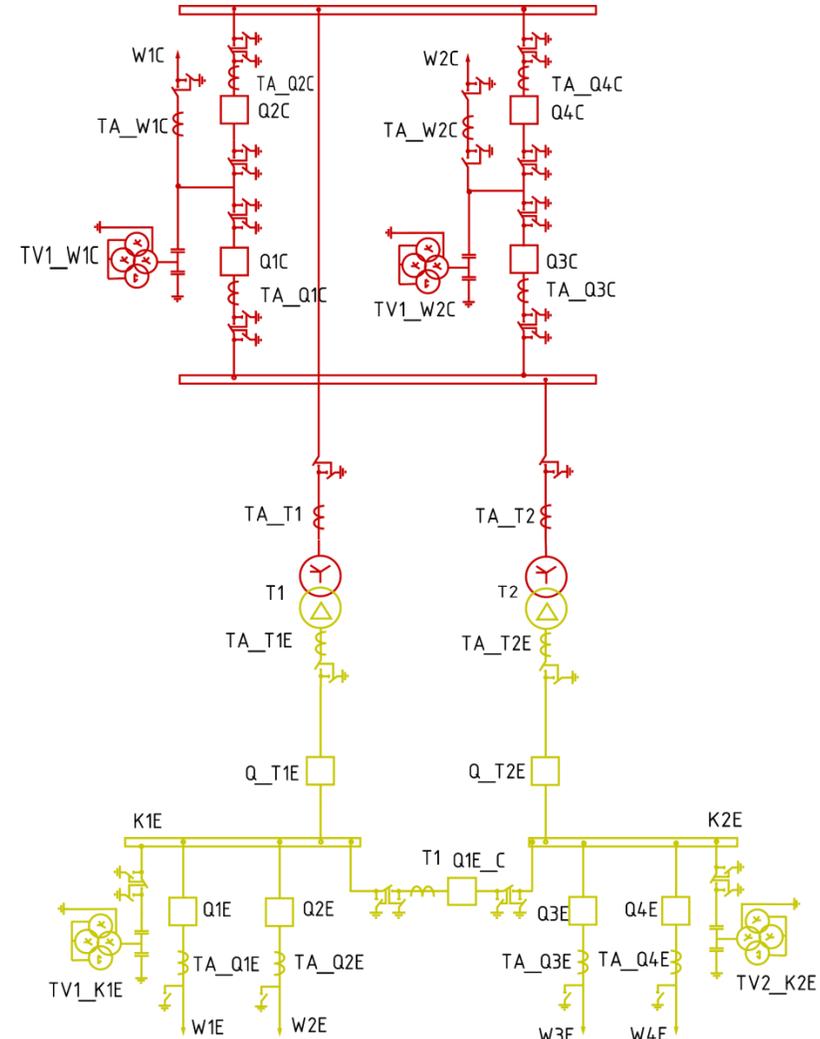
Формирование перечня правил, на основе проведенного анализа и запись его в БЗ

Применение механизма логического вывода для определения состава функций защит для модели подстанции в соответствии с разработанными правилами

The screenshot displays a software interface with two main panels. The top-left panel, titled "Description: W1C", lists various types with their associated icons: Equipment, hasCN some ConnectivityNode, hasTerminal some Terminal, hasVoltageLevel some VoltageLevel, Lines, Substation, and ZLIN. The top-right panel, titled "Property assertions: W1C", shows object property assertions for W1C, including isProtectedBy W1CPDIF_F, hasCN PIGGI/500/w1c_1/connvtyNode3, isProtectedBy W1CPDIS, isProtectedBy W1CPNTCN, hasTerminal terminal1_W1C, and hasVoltageLevel 500. The bottom-right panel, titled "Data property assertions", shows a single assertion: hasName 274.



Главная схема подстанции

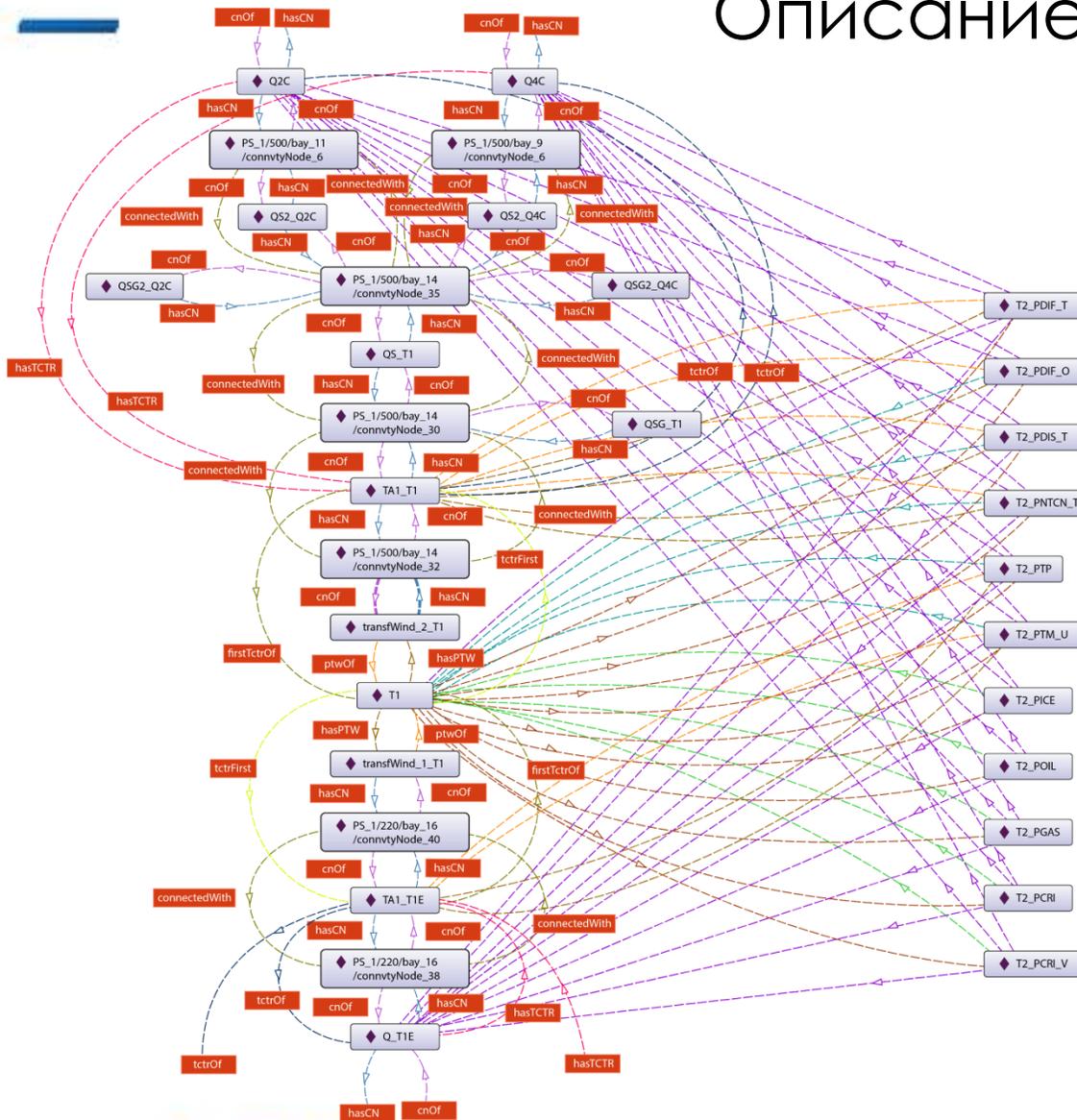


SSD - файл

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<SCL xmlns:ra="http://www.rza.ru/s4" xmlns="http://www.iec.ch/61850/2003/SCL" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:sxy="http://www.iec.ch/61850/2003/SCLcoordinate"
  <Header id="" nameStructure="IEDName" toolID="РАДИУС Автоматика, САПР ЦПС, Версия 0.988.7326.30070" version="" />
  <Substation name="PS_1" sxy:x="0" sxy:y="0">
    <PowerTransformer name="T1" type="PTR" sxy:x="29" sxy:y="55" sxy:dir="vertical">
      <Text>TwoWidningTransformers</Text>
      <LNode iedName="None" lnClass="YPTR" lnInst="1" />
      <TransformerWinding name="transfWind_1" type="PTW">
        <Terminal connectivityNode="PS_1/220/bay_16/connvtyNode_40" substationName="PS_1" voltageLevelName="220" bayName="bay_16" cNodeName="connvtyNode_40" name="terminal_1" />
      </TransformerWinding>
      <TransformerWinding name="transfWind_2" type="PTW">
        <Terminal connectivityNode="PS_1/500/bay_14/connvtyNode_32" substationName="PS_1" voltageLevelName="500" bayName="bay_14" cNodeName="connvtyNode_32" name="terminal_2" />
      </TransformerWinding>
    </PowerTransformer>
    <PowerTransformer name="T2" type="PTR" sxy:x="52" sxy:y="56" sxy:dir="vertical">
      <Text>TwoWidningTransformers</Text>
      <LNode iedName="None" lnClass="YPTR" lnInst="2" />
      <TransformerWinding name="transfWind_1" type="PTW">
        <Terminal connectivityNode="PS_1/500/bay_15/connvtyNode_32" substationName="PS_1" voltageLevelName="500" bayName="bay_15" cNodeName="connvtyNode_32" name="terminal_1" />
      </TransformerWinding>
      <TransformerWinding name="transfWind_2" type="PTW">
        <Terminal connectivityNode="PS_1/220/bay_17/connvtyNode_40" substationName="PS_1" voltageLevelName="220" bayName="bay_17" cNodeName="connvtyNode_40" name="terminal_2" />
      </TransformerWinding>
    </PowerTransformer>
    <VoltageLevel name="500" sxy:x="0" sxy:y="2">
      <Voltage multiplier="к" unit="V">500</Voltage>
      <Bay name="bay_7" sxy:x="18" sxy:y="0">
        <ConductingEquipment name="Q1C" type="CBR" sxy:x="11" sxy:y="10" sxy:dir="vertical">
          <Text>selectionalizingBreaker</Text>
          <LNode iedName="None" lnClass="XCBR" lnInst="1" />
          <LNode iedName="None" lnClass="CILO" lnInst="1" />
          <LNode iedName="None" lnClass="CSWI" lnInst="1" />
          <Terminal connectivityNode="PS_1/500/bay_7/connvtyNode_6" substationName="PS_1" voltageLevelName="500" bayName="bay_7" cNodeName="connvtyNode_6" name="terminal_1" />
          <Terminal connectivityNode="PS_1/500/bay_7/connvtyNode_5" substationName="PS_1" voltageLevelName="500" bayName="bay_7" cNodeName="connvtyNode_5" name="terminal_2" />
        </ConductingEquipment>
        <ConductingEquipment name="QS1_Q1C" type="DIS" sxy:x="8" sxy:y="6" sxy:dir="vertical">
          <LNode iedName="None" lnClass="XCBR" lnInst="2" />
          <LNode iedName="None" lnClass="CILO" lnInst="2" />
          <LNode iedName="None" lnClass="CSWI" lnInst="2" />
          <Terminal connectivityNode="PS_1/500/bay_15/connvtyNode_35" substationName="PS_1" voltageLevelName="500" bayName="bay_15" cNodeName="connvtyNode_35" name="terminal_1" />
          <Terminal connectivityNode="PS_1/500/bay_7/connvtyNode_4" substationName="PS_1" voltageLevelName="500" bayName="bay_7" cNodeName="connvtyNode_4" name="terminal_2" />
        </ConductingEquipment>
      </Bay>
    </VoltageLevel>
  </Substation>
</SCL>
```



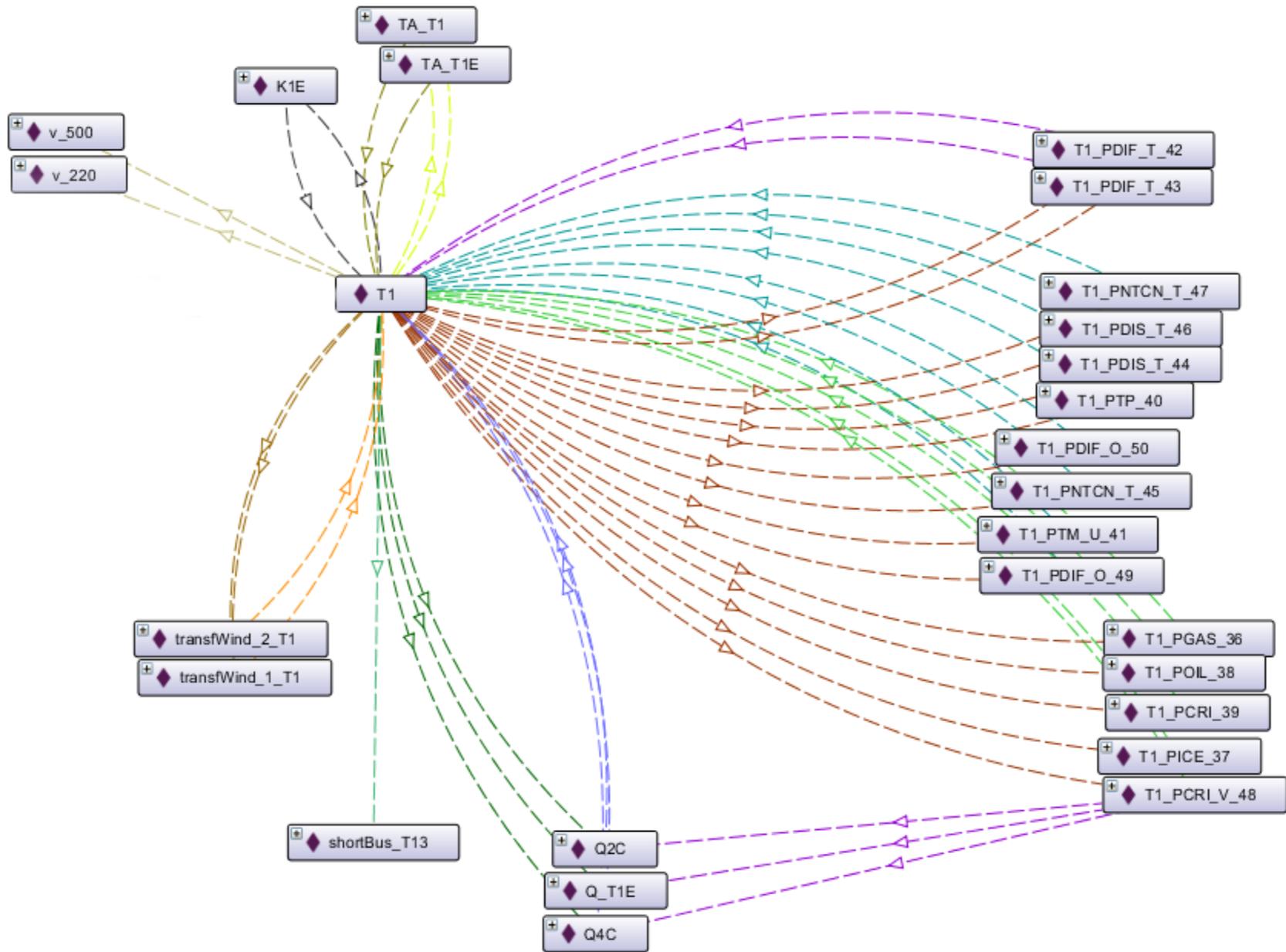
Описание схемы ПС в базе знаний

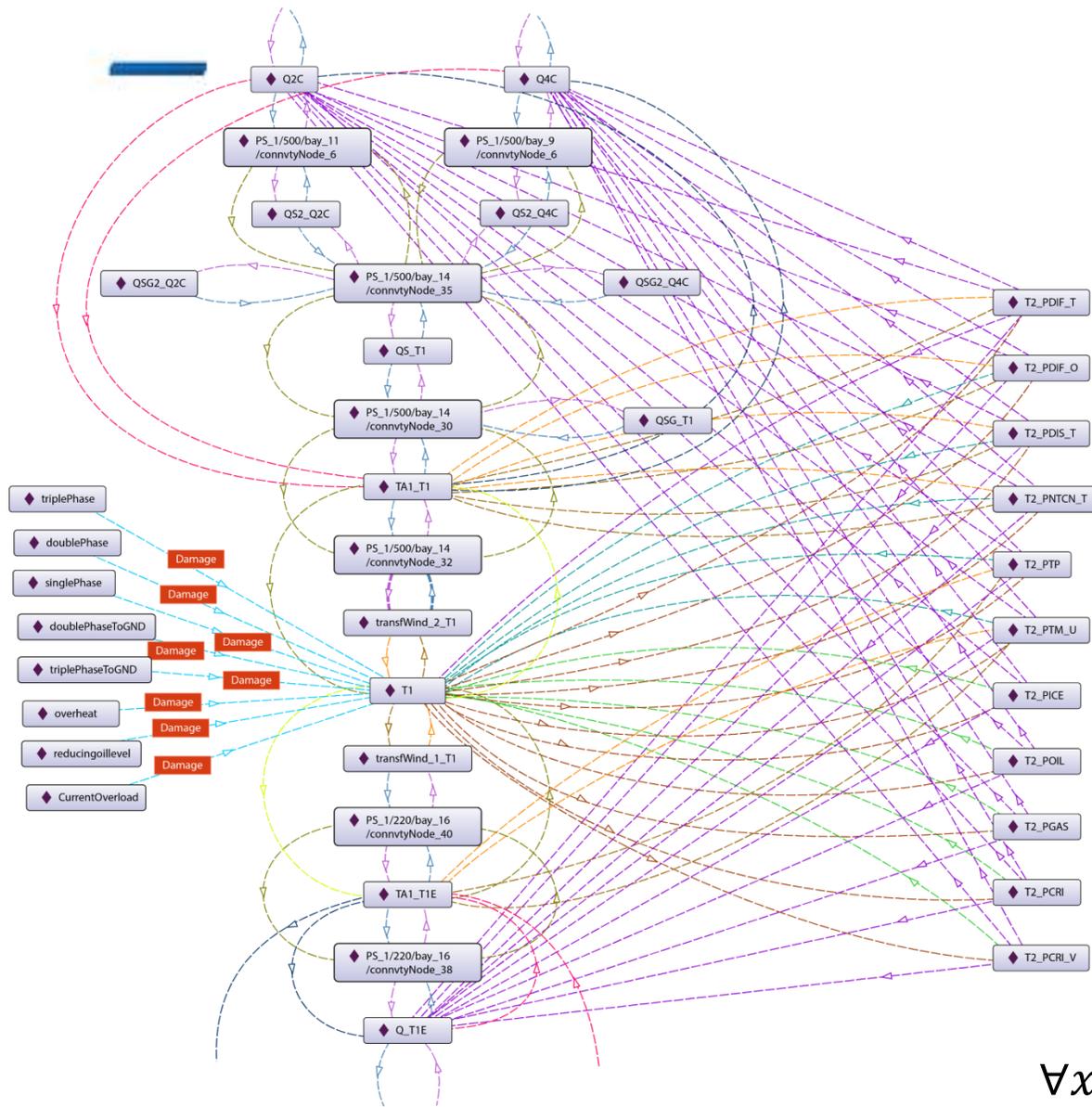


Обозначения

- От Т1:  isProtectedBy
- К Т1:  mainProtect
-  techProtect
-  reserveProtect
- От ТТ:  isLocated
- К ТТ:  hasFunction
- К Q:  manage





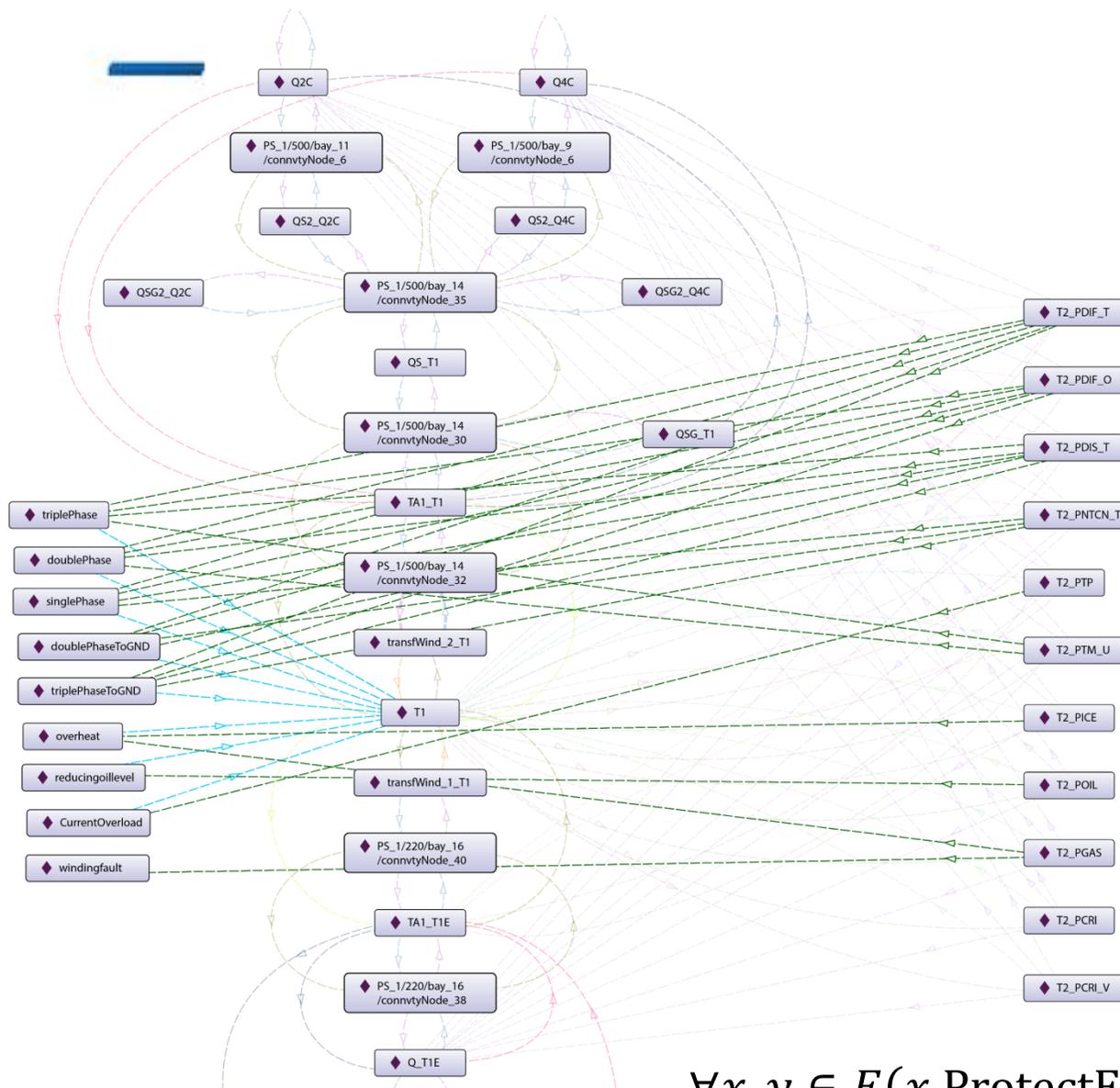


Виды повреждений
для
трансформатора

Свойство: damage

Формируется
после загрузки
схемы ПС в БЗ
после запуска
ризонера

$$\forall x, y \in E (x \text{ Damage } y \leftrightarrow x \text{ Overheat } \wedge y \text{ YPTR})$$



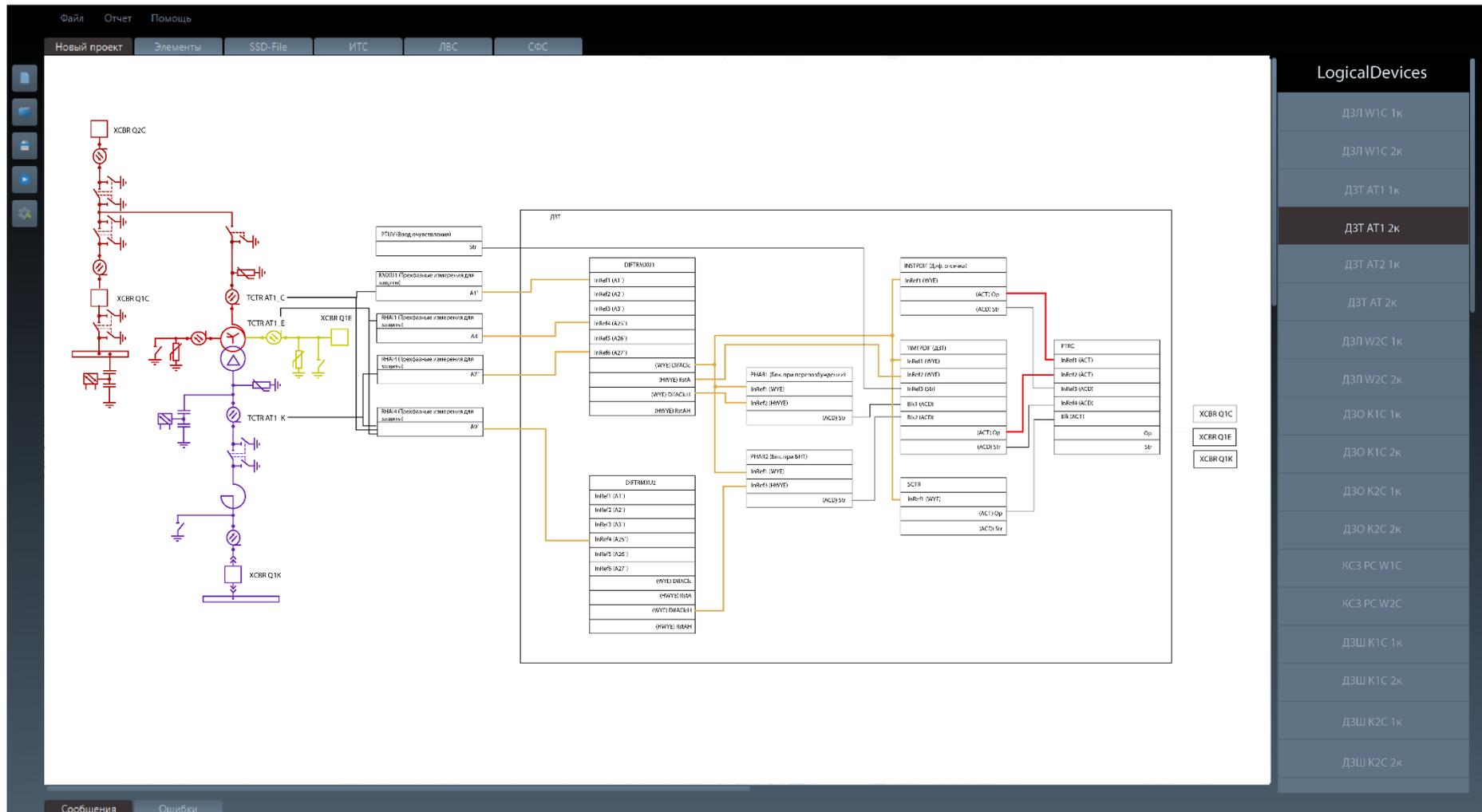
Виды повреждений
для разных видов
защит

Свойство: ProtectFrom

Формируется после
загрузки схемы ПС в БЗ
после запуска
ризонера

$$\forall x, y \in E (x \text{ ProtectFrom } y \leftrightarrow x \text{ PTCN} \in C \wedge y \text{ DoublePhaseToGND} \in C)$$

Структурно-функциональная схема



База знаний состава устройств комплекса системы защиты

Logical Devices

▶ LD 1

▶ Inputs

▶ Outputs

▶ Parameters

...

▶ LD 75

▶ LD 76

▶ LD 77

...

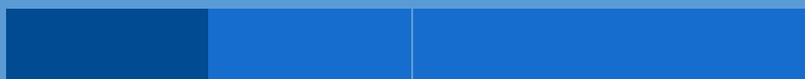
▶ LD 110

IED's



PACS Architecture ontology OK

MU's



Physical templates

IED templates

IED template1

IED template2

IED template3

IED template4

...

MU templates

MU template1

MU template2

MU template3

...

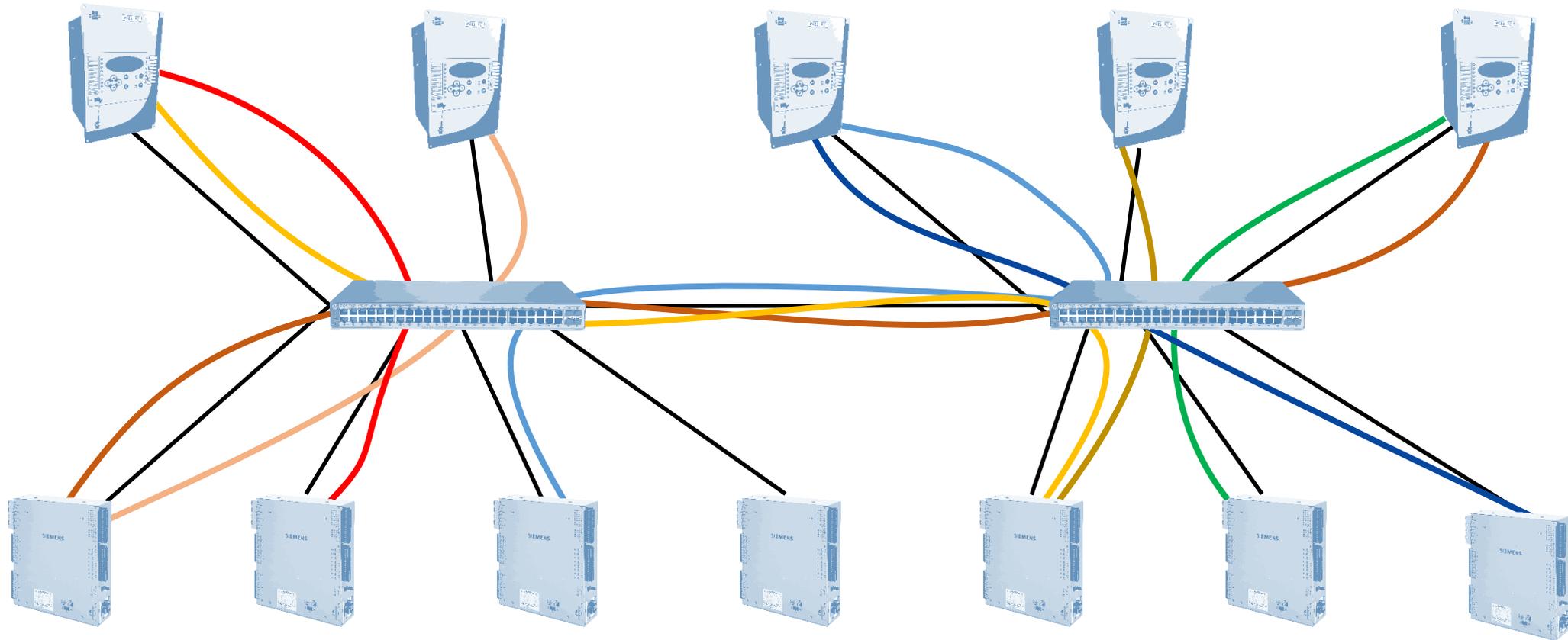


База знаний требований по защите первичного оборудования ЦПС

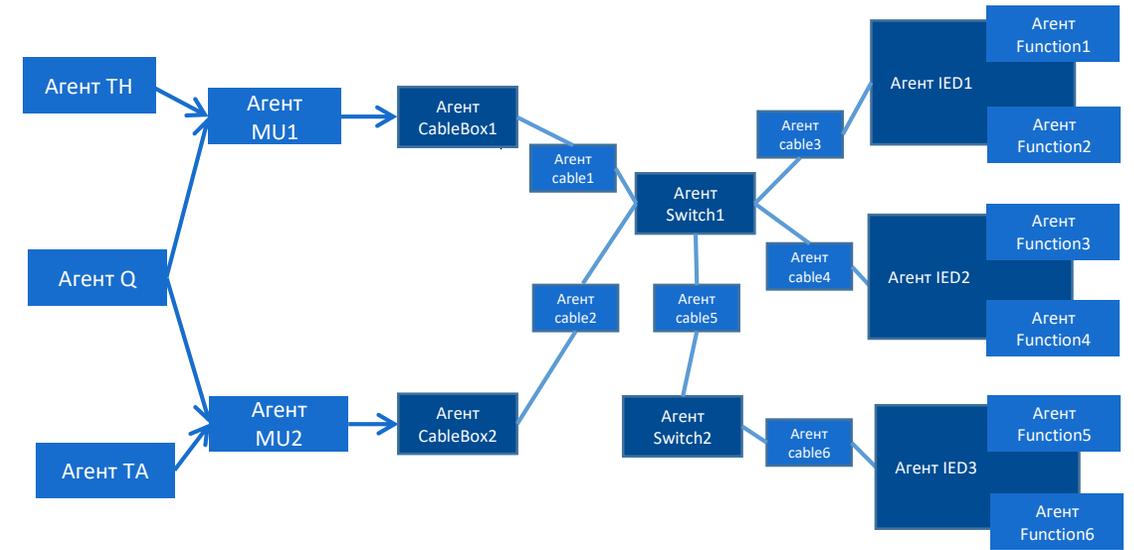
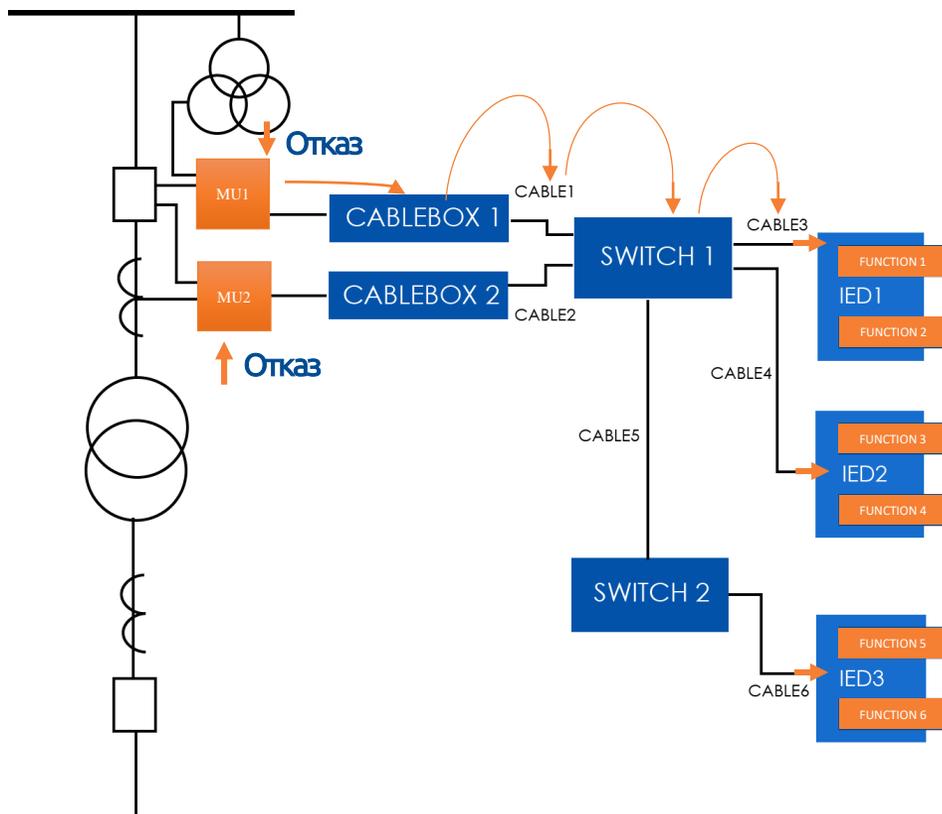
- **Позволяет** формализовано описать требования НТД по релейной защите
- **Описана** с учетом знания и опыта проектировщика комплекса РЗА подстанции
- **Составлена** в соответствии со стандартом МЭК 61850
- **Расширяема** – позволяет содержать НТД разных сетевых комплексов



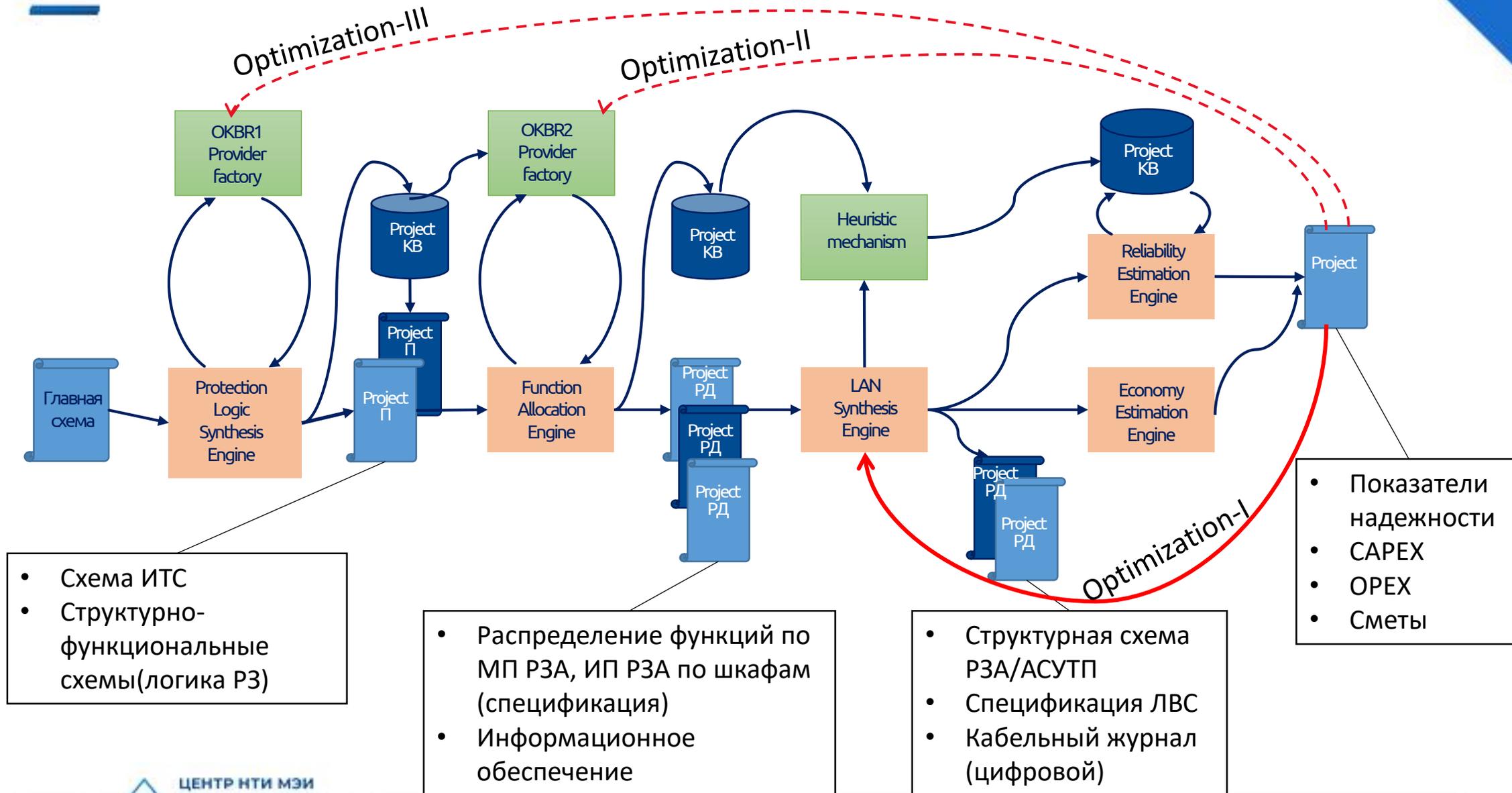
Создание ЛВС подстанции на базе генетического алгоритма



Расчет надежности на базе методика моделирования функционального состояния комплекса РЗА



Автоматическое проектирование РЗА/АСУТП



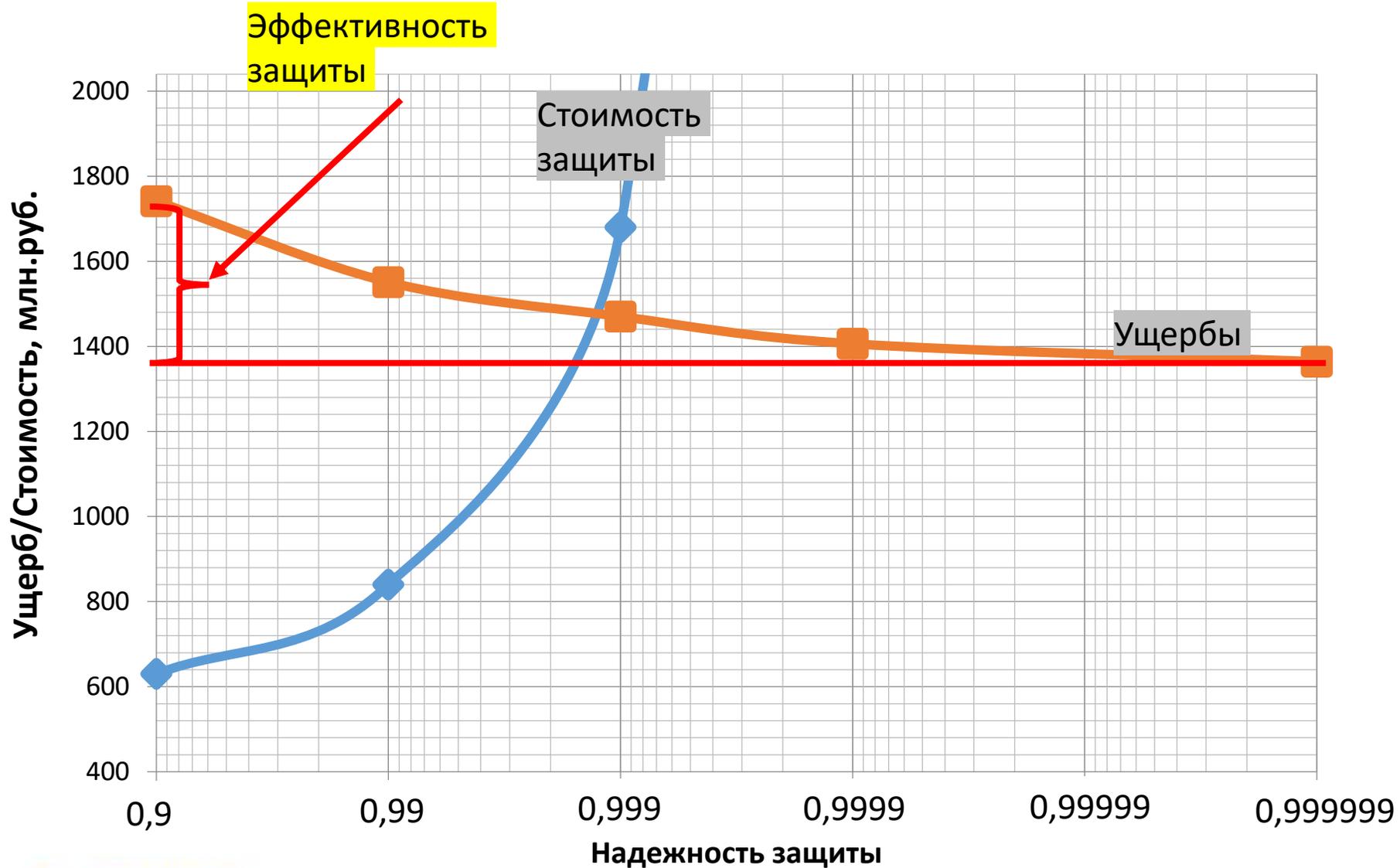
- Схема ИТС
- Структурно-функциональные схемы(логика РЗ)

- Распределение функций по МП РЗА, ИП РЗА по шкафам (спецификация)
- Информационное обеспечение

- Структурная схема РЗА/АСУТП
- Спецификация ЛВС
- Кабельный журнал (цифровой)

- Показатели надежности
- CAPEX
- OPEX
- Сметы

Определение требуемого уровня надежности





Зарегистрированы два РИД

База знаний требований по защите первичного оборудования ЦПС

Программа для автоматизированного синтеза структурно-функциональных схем РЗА ЦПС, обеспечивающих заданные показатели надёжности и экономичности



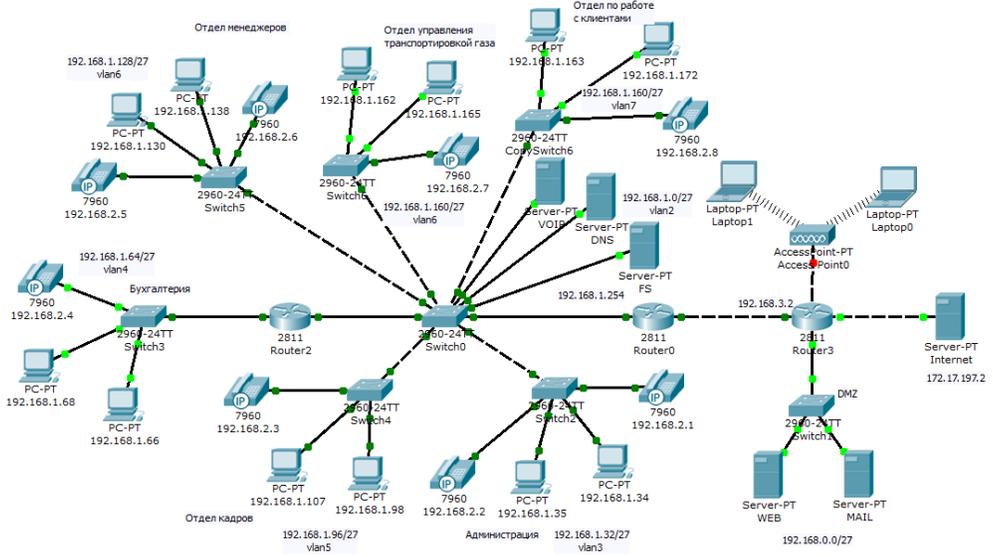
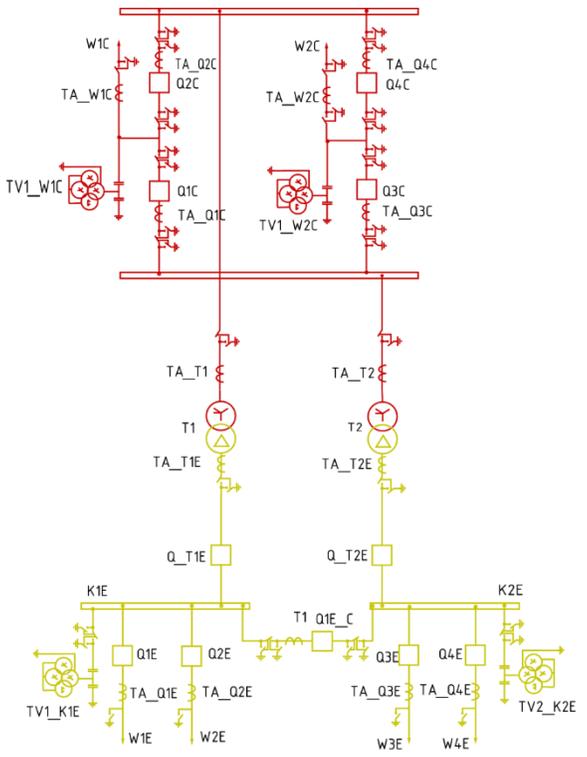
Выводы

- **Автоматический синтез** списка функций РЗА энергообъекта, используя базы знаний
- **Определение** количества терминалов и **распределение** функций систем защиты и автоматики
- **Определение** состава и списка сигналов каждой функции
- **Определение** количества коммутаторов и **прокладывание** физических и виртуальных линий связи
- **Распределение** по схеме МУ
- **Оценка** надежности, CAPEX и OPEX

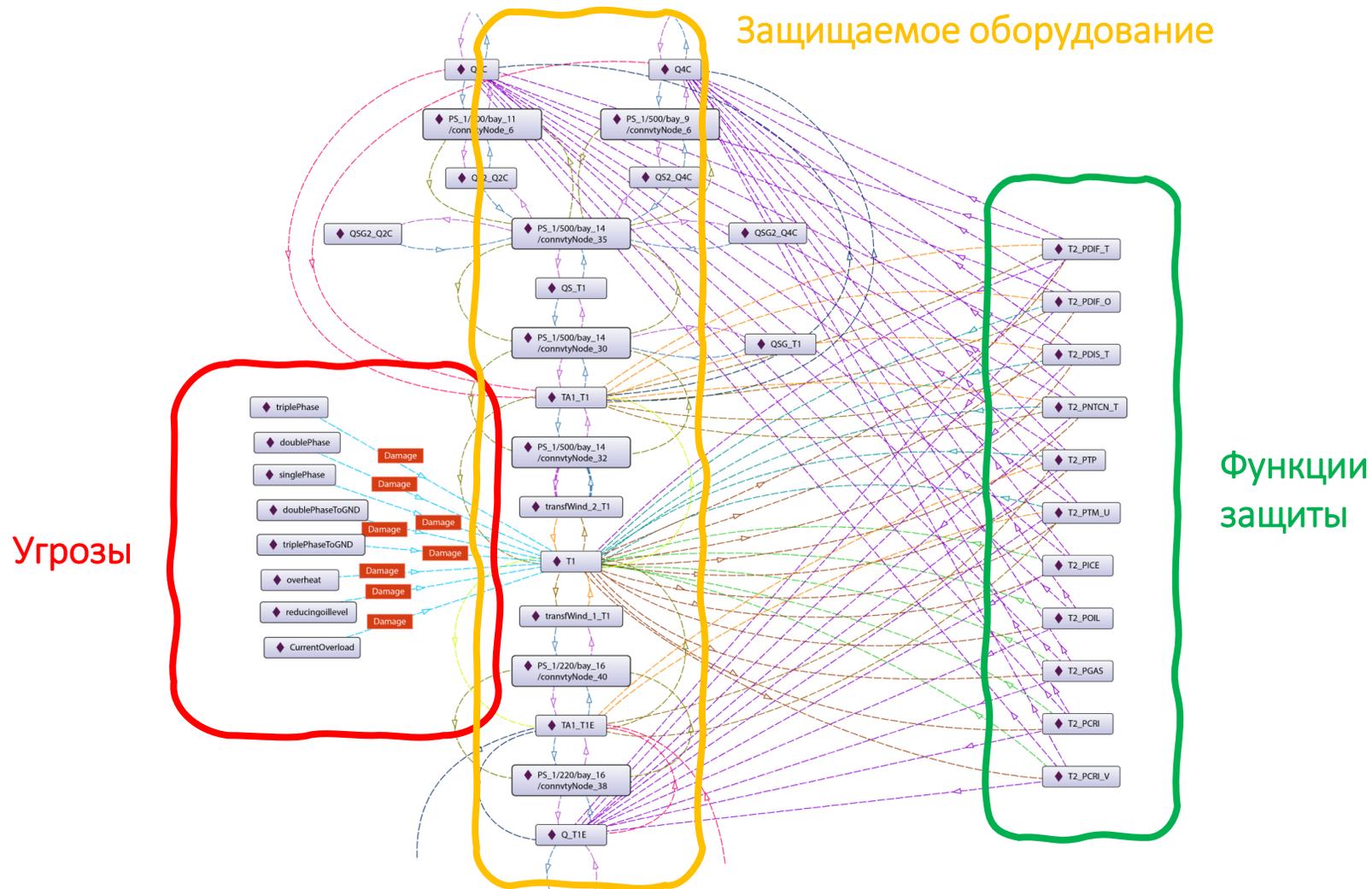


Проектирование решений по обеспечению ИБ

с применением методов ИИ



Проектирование решений по обеспечению ИБ



Спасибо за внимание!

Директор Центра НТИ МЭИ
Заведующий кафедрой «Релейная защита и
автоматизация энергосистем»
К.т.н., доцент

Александр Александрович Волошин
+7 (926) 596 78 22
voloshinaa@mpei.ru
<http://nti.mpei.ru/>



ЦЕНТР НТИ МЭИ
ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСФОРМАЦИИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ