



ОАО «НТЦ Электроэнергетики»  
ОАО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»  
ЗАО «ИТЦ «Континуум ПЛЮС»



# Цифровая подстанция - важный элемент интеллектуальной энергосистемы



*Докладчик: Моржсин Юрий Иванович,  
Директор по информационно – управляющим  
системам и системному моделированию д.т.н.  
ОАО «НТЦ электроэнергетики»*

# ПОДСТАНЦИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



◆ ЦИФРОВАЯ

◆ КОМПАКТНАЯ

◆ НЕОБСЛУЖИВАЕМАЯ

◆ САМОДИАГНОСТИРУЕМАЯ

ТТ    ТН    Трансформаторы измерительные    Трансформатор силовой    Разъединители    Выключатель    КРУ (6-10-35 кВ)    ЩПТ    ЩСН    КЛ    ВЛ

**Примечания:**  
 1. На схеме не показаны дублирующие комплекты и цепи электропитания  
 2. Структура сетей IEC 61850 показана условно.  
 3. Прибор измерительный обеспечивает весь комплекс измерений (ККЭ, АСКУ, РАС, ТМ, WAMS, ОМД).

# цифровая подстанция



*В настоящее время в отрасли существует большое разнообразие точек зрения и подходов к тому, что понимать под термином «цифровая подстанция». Для успешного развития автоматизации процессов передачи, преобразования и распределения электроэнергии в масштабах ЕНЭС, сейчас разрабатывается общая концепция программно-аппаратного комплекса цифровой подстанции.*

*Со времени начала разработок в отечественной электроэнергетике проектов АСУ ТП ПС произошло существенное развитие аппаратных и программных средств систем управления для применения на электрических подстанциях. Появились высоковольтные цифровые трансформаторы тока и напряжения; разрабатывается первичное и вторичное электросетевое оборудование со встроенными коммуникационными портами; производятся микропроцессорные контроллеры, оснащенные инструментальными средствами разработки, на базе которых возможно создание надежного программно-аппаратного комплекса ПС; принят международный стандарт МЭК 61850, регламентирующий представление данных о ПС как объекте автоматизации, а также протоколы цифрового обмена данными между микропроцессорными интеллектуальными электронными устройствами (IED) ПС, включая устройства контроля и управления, релейной защиты и автоматики (РЗА), противоаварийной автоматики (ПА), телемеханики, счетчики электроэнергии и т.д. Все это создает предпосылки для построения подстанции нового поколения – **цифровой подстанции (ЦПС), в которой организация всех потоков информации при решении задач мониторинга, анализа и управления осуществляется в цифровой форме.***

# цифровая подстанция



**Переход к передаче сигналов в цифровом виде на всех уровнях управления ПС позволит получить целый ряд преимуществ, в том числе:**

- ✓ Существенно сократить затраты на кабельные вторичные цепи и каналы их прокладки, приблизив источники цифровых сигналов к первичному оборудованию;
- ✓ Повысить электромагнитную совместимость современного вторичного оборудования – микропроцессорных устройств и вторичных цепей благодаря переходу на оптические связи;
- ✓ Упростить и, в конечном итоге, удешевить конструкцию микропроцессорных интеллектуальных электронных устройств за счет исключения трактов ввода аналоговых сигналов;
- ✓ Унифицировать интерфейсы устройств IED, существенно упростить взаимозаменяемость этих устройств (в том числе замену устройств одного производителя на устройства другого производителя) и др.

# ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ, ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

## ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ

### ▶ **УМЕНЬШЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ**

- уменьшение затрат на кабельную продукцию и кабельные сооружения
- уменьшение стоимости терминалов (*унификация аппаратной части, замена модулей ввода на цифровые интерфейсы*)
- уменьшение площади земельных участков, необходимых для обустройства ПС (*применение оптических цифровых ТТ и ТН, современного микропроцессорного вторичного оборудования даст возможность уменьшить*);
- увеличение срока службы силового электрооборудования (*расширенная диагностика*);
- уменьшение затрат на проектирование, монтаж и пусконаладку (*уменьшение кол-ва кабелей, уменьшение кол-ва оборудования, расширение возможностей по типизации проектных решений в части шкафного оборудования и цифровых связей*).

# ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ, ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

## ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ

### ▶ **УМЕНЬШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ** (на техобслуживание)

- упрощение эксплуатации и обслуживания (*постоянная расширенная диагностика в режиме реального времени, в т.ч. – метрологических характеристик; сбор и отображение исчерпывающей информации о состоянии и функционировании ПС*);
- увеличение точности измерений (особенно при токах менее 10-15% $I_n$ ) и увеличение благодаря этому точности учета электроэнергии и точности ОМП;
- сокращение возможности появления дефектов типа «земля в сети постоянного тока» (*сокращение размерности СОПТ ввиду использования цифровых оптических связей*);
- сокращение кол-ва внезапных отказов основного электрооборудования и связанных с ними штрафов за недоотпуск электроэнергии и нарушений производственного цикла (*расширенная диагностика всего комплекса технических средств ЦПС*);

# ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ, ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

## ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ

### ▶ **УМЕНЬШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ** (на техобслуживание)

- **уменьшение количества сбоев, неправильной работы, отказов РЗА**  
(применение оптических кабелей вместо медных повысит электромагнитную совместимость современного вторичного оборудования – микропроцессорных устройств РЗ и автоматики);
- **повышение алгоритмической надежности функционирования РЗА**  
(отсутствие насыщения и возможность измерения апериодической составляющей у оптических цифровых ТТ позволит упростить и усовершенствовать алгоритмы РЗА);
- **уменьшение потребления по цепям переменного тока и напряжения** (в результате применения оптических ТТ и ТН)

# ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ, ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ

- ▶ **Переход на цифровые (в основном – оптические) технологии съема информации и передачи команд управления**
  - возможность «замены на ходу» источника сигнала и тем самым – повышение надежности функционирования релейных защит;
  - увеличение быстродействия (не требуется защита «от дребезга», уменьшение времени срабатывания исполнительной части – за счет оптических IGBT-модулей, уменьшения времени выявления аварийного режима\*).
  - улучшение условий в части безопасного производства работ и электромагнитной совместимости (благодаря оптическим связям нет выноса потенциала с ОРУ)
- ▶ **Увеличение интеллектуальной составляющей в оборудовании ЦПС**
  - развитие средств и методов непрерывной диагностики (контроль деградации характеристик, контроль готовности к выполнению операций, контроль метрологических характеристик),
  - расширение количества функций, реализуемых в каждом терминале;
  - перенос части расчетно-диагностических задач в интерфейсные модули (Smart-IED).



# ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ, ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ

### ► *Двухэтапность реализации ЦПС:*

#### *Этап №1:*

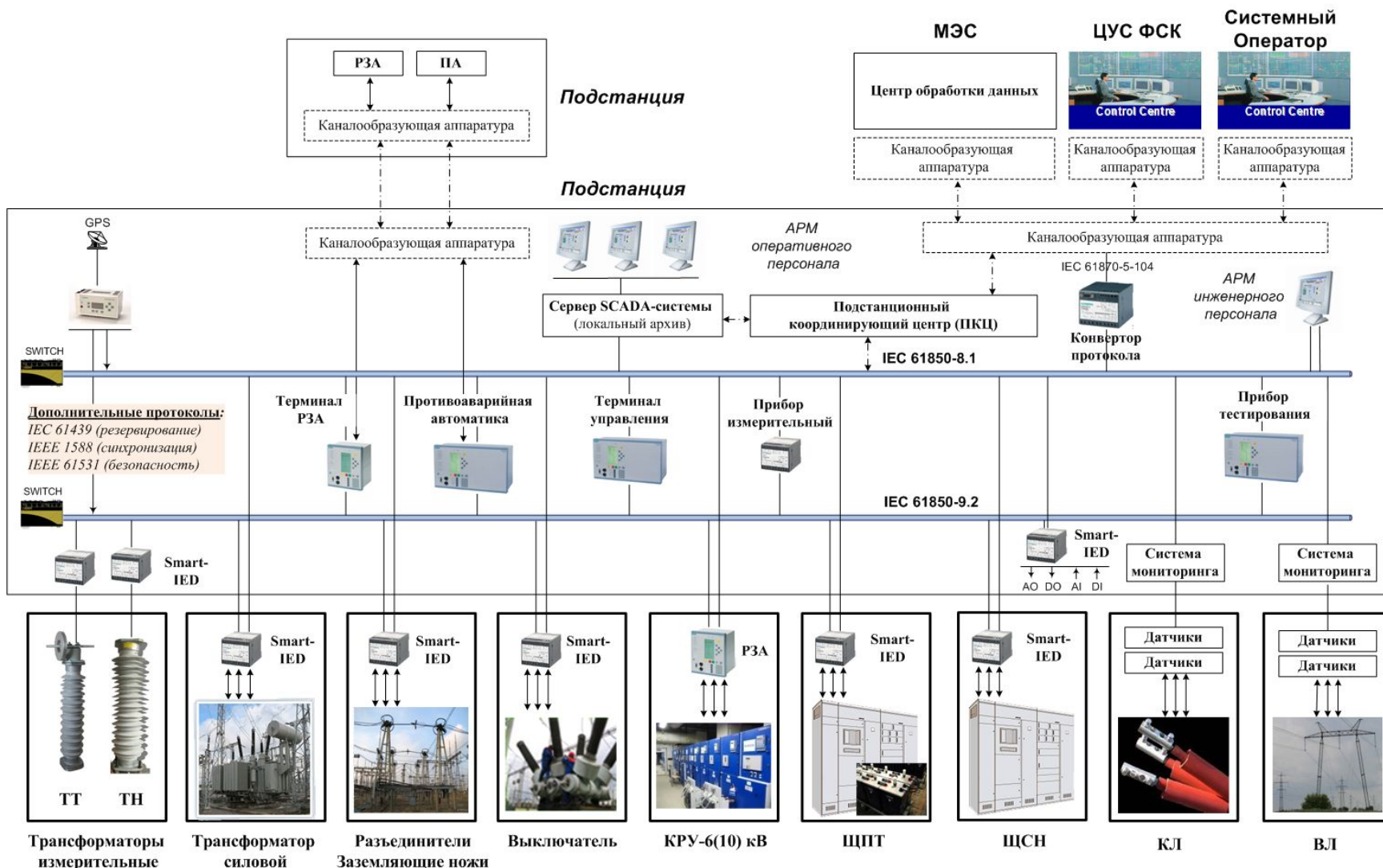
*- использование существующего основного оборудования, к которому добавляется интерфейсный цифровой интеллектуальный модуль (как правило, размещаемый в помещении) на базе IEC 61850-8.1 и IEC 61850-9.2. Возможно корректировка состава и типа применяемых датчиков. Получение опыта эксплуатации.*

*- разработка всей номенклатуры устройств РЗА, ПА, измерений с интерфейсами IEC 61850-8.1 и IEC 61850-9.2.*

#### *Этап №2:*

*- существенная модернизация основного электрооборудования с интеграцией в него специализированных цифровых необслуживаемых датчиков, полевых контроллеров, твердотельных исполнительных модулей. Расширение объема задач, выполняемых интерфейсным модулем. Доработка всех компонентов ЦПС с учетом опыта эксплуатации.*

# СТРУКТУРА ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ



**Примечания:**

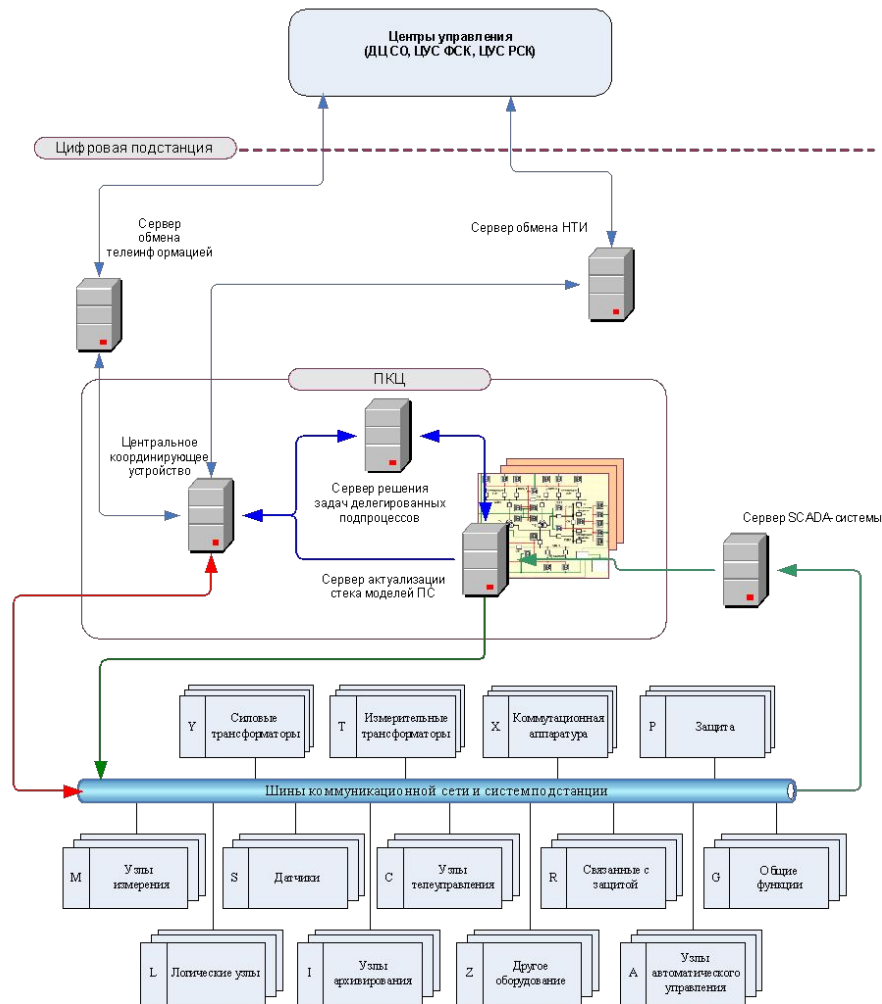
- 1) На схеме не показаны: дублирующие комплекты и цепи электропитания
- 2) Структура сетей IEC 61850 показана условно.
- 3) Прибор измерительный обеспечивает весь комплекс измерений (ККС, АСКУЭ, РАС, ТМ, WAMS, ОМП).

## Цифровые измерительные трансформаторы

- Измерение гармонических составляющих
- Расширенный динамический и частотный диапазон
- Синхронность измерений
- Снижение метрологических потерь
- Устранено влияние электромагнитных эффектов (влияние помех, остаточной намагниченности и т.д.)
- Безопасность эксплуатации, простота обслуживания
- Отсутствие феррорезонансных явлений
- Повышение точности измерений (особенно при малых токах), повышение точности ОМП.
- Самодиагностика
- Упрощение монтажа (меньше вес)
- Ниже стоимость (для класса напряжения 500-750 кВ)



# КОМПОНЕНТЫ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ (подстанционный координационный центр - ПКЦ)



**ПКЦ** - программно-аппаратное ядро ЦПС, координирующее основные информационные потоки в ЦПС и автоматизирующее процессы принятия и реализации решений по управлению оборудованием ПС.

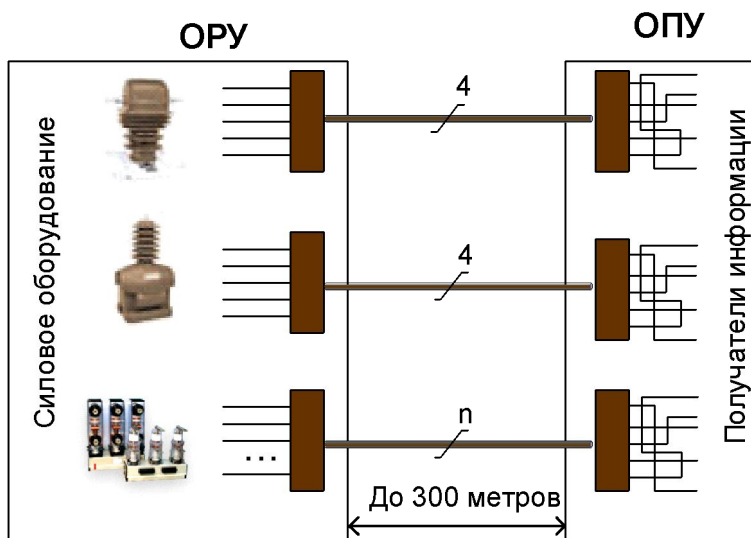
С этой целью ПКЦ должен обеспечивать:

- ведение актуализируемой модели технологических процессов подстанции, как основы для построения алгоритмов контроля, анализа, достоверизации информации и управления функционированием ПС;
- работу подсистем анализа технологических ситуаций, в т.ч. поддержки процессов принятия решений по управлению в сложных / аварийных ситуациях на основе актуальной модели;
- организацию и ведение БД состояния оборудования ЦПС; отслеживание его предаварийных состояний и выдачу предупредительных или аварийных сигналов и сообщений;
- взаимодействие с центрами управления в качестве «представителя» ЦПС в высших уровнях иерархии управления в ЭЭС;
- телеуправление оборудованием ЦПС с обеспечением контроля его возможности, допустимости и безопасности (с учетом реального состояния оборудования ПС), а также успешности выполнения команд управления

## Новые качества измерений

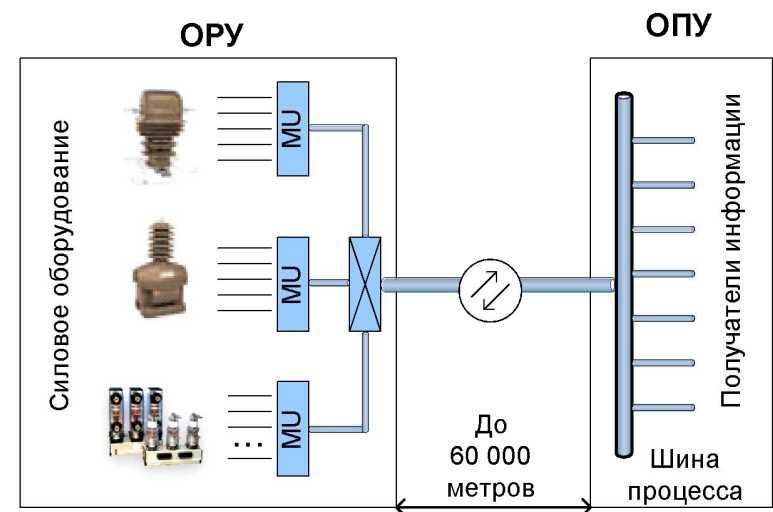
### Традиционная подстанция

- Потери во вторичных цепях (для всех устройств разные);
- Многократные АЦ преобразования (в каждом устройстве);
- Не синхронность измерений;
- Большое влияние ЭМ эффектов;
- и т.д.



### Цифровая подстанция

- Отсутствие потерь при передаче информации;
- Неограниченное тиражирование информации;
- Единожды выполняемое АЦ преобразование (первичное измерение)
- и т.д.



# ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (инструментальные средства, ЕСКК)

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА**

- поддержка полного жизненного цикла ПАК ЦПС (при проектировании, пусконаладке, в процессе эксплуатации)
- поддержка единого информационного пространства (единая система классификации и кодирования, следование международным стандартам IЕС при работе с данными)
- поддержка «самодокументирования» ПАК ЦПС (автоматизированное формирование документации в электронном виде, согласованные формы доступа к документам из ЦУС, МЭС, ПМЭС);
- поддержка конфигурирования и обслуживания Smart IED (технологическое ПО, актуальные конфигурационные файлы, эксплуатационная документация);
- постоянный контроль и диагностика сетей передачи данных.

## **ЕДИНАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ И КОДИРОВАНИЯ**

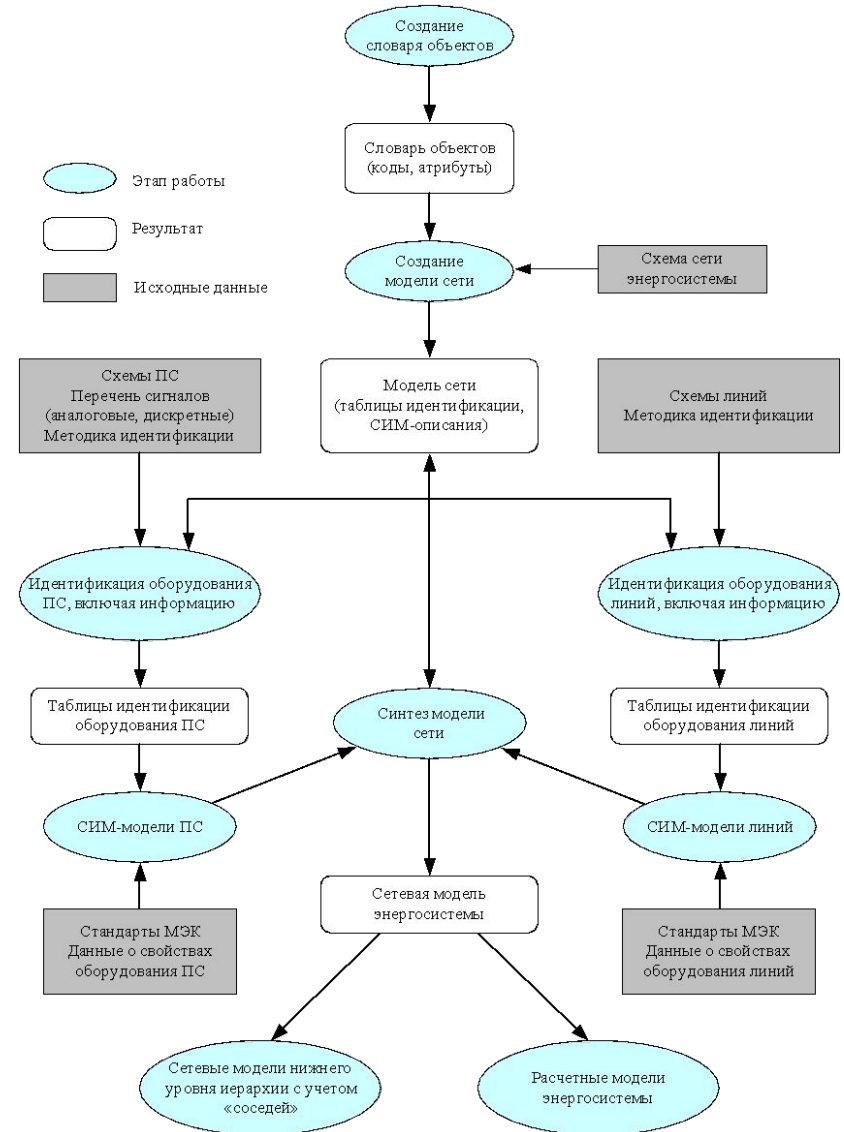
- единая система обозначений для всех видов электросетевых объектов;
- единое обозначение объектов классификации и маркировки при проектировании, внедрении (сооружении), эксплуатации и модернизации (реконструкции) энергообъектов;
- децентрализация процесса идентификации оборудования;
- уникальность кода идентификации;
- устойчивость кода идентификации к области применения;
- однозначность и корректность выполнения запросов для получения различных данных и документов при машинной обработке (на этапе проектирования и в процессе эксплуатации);
- возможность гармонизации с другими системами классификации (в частности – СИМ);
- обеспечение возможности сохранения действующих локальных обозначений оборудования

# ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (общая информационная модель – СИМ)

СИМ-представление является единым языком описания данных и, соответственно, интерфейса в общей интегрированной среде. СИМ - общий язык для приложений при работе в единой АСТУ ОАО «ФСК ЕЭС».

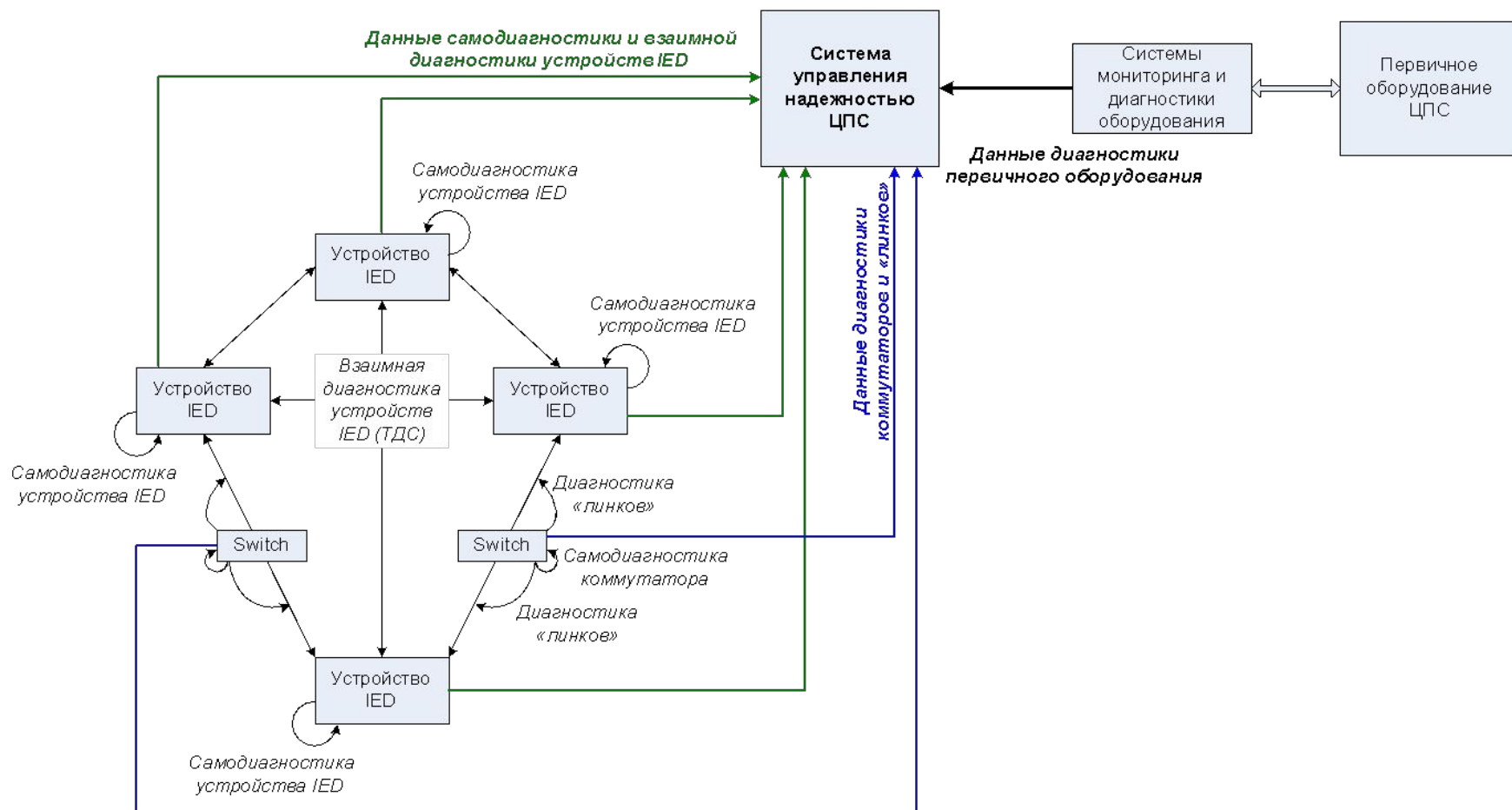
Исходными данными для построения информационной модели являются:

- электрическая схема нормального режима ПС;
- классификационные таблицы и методика построения уникальных идентификаторов объектов, оборудования, измерений, сигналов и документов;
- профиль модели, определяющий: 1) классы, атрибуты и отношения между ними в схеме информационной модели; 2) стандарты в области информационных технологий (с точностью до версий), следование которым является обязательным в процессе проектирования, внедрения и эксплуатации системы управления.



# Обеспечение надежности

## Структура





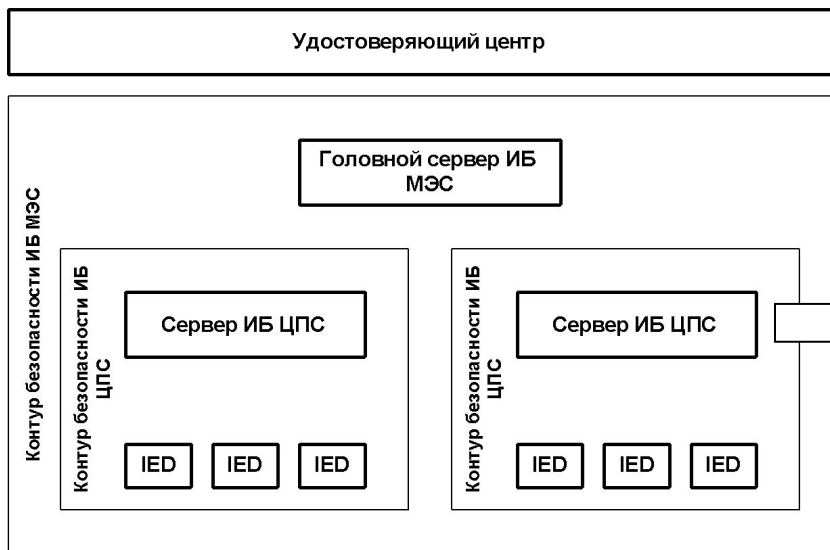
# ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ (диагностика и тестирование)

- ▶ Самодиагностика аппаратных средств:
  - модули Smart IED основного электрооборудования
  - микропроцессорные терминалы
  - цифровые сети
- ▶ Внешняя автоматическая диагностика специализированными программно – техническими средствами:
  - без вывода из работы (сравнение мгновенных значений токов от разных ЦТТ одного присоединения, сравнение напряжений электрически связанных ТН, контроль суммы токов/мощностей в узле).
  - с кратковременным выводом из работы (эмуляция тестовых сигналов для терминалов и сравнение полученной реакции терминала с тестовой)

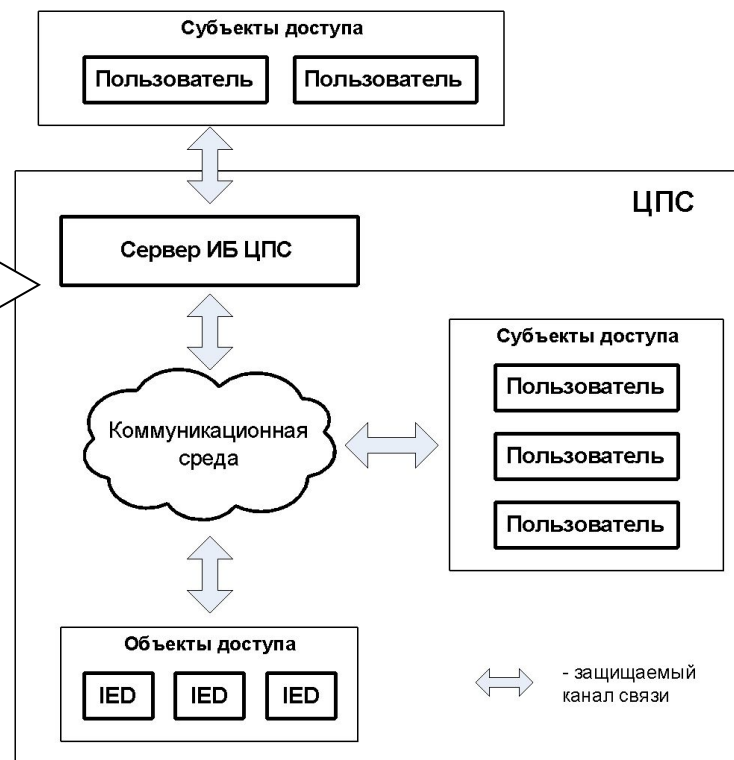
# Информационная безопасность

## Структура системы

### СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ



### СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДСТАНЦИИ

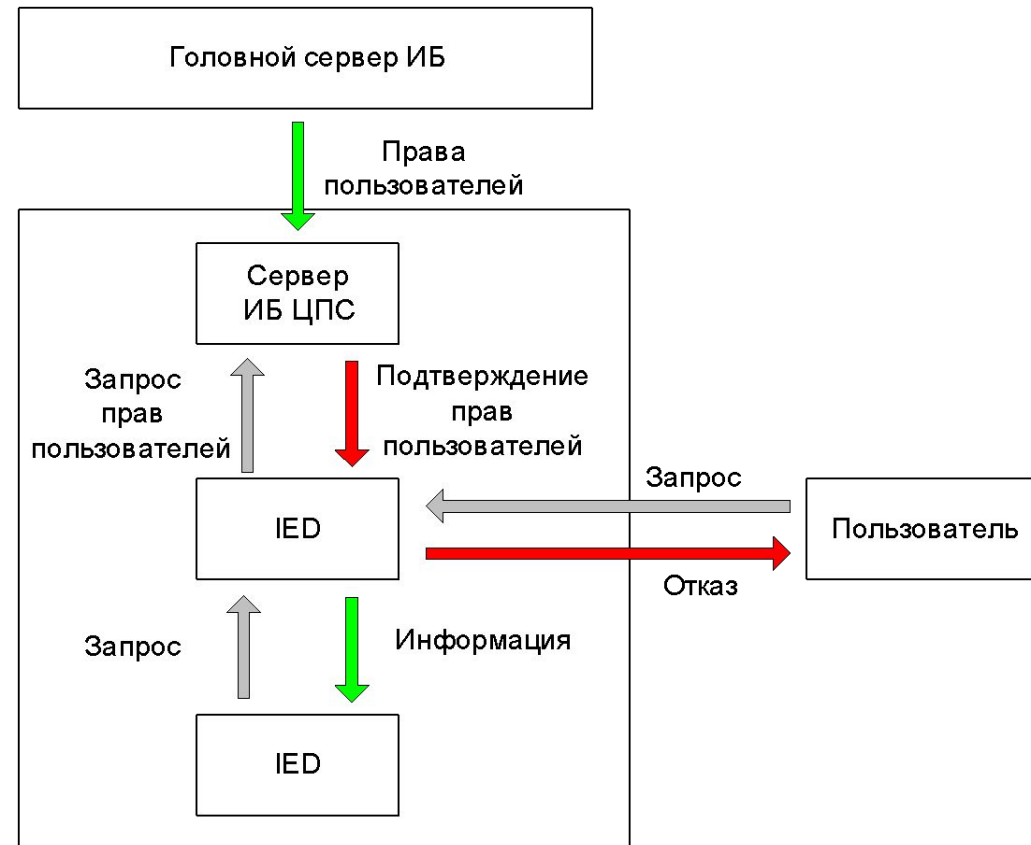


# Информационная безопасность

## Схема взаимодействия

### Задачи системы ИБ

- Обеспечение безопасности канала
- Гибкое управление правами пользователей
- Диагностика кибер-атак
- Защита от подмены сообщений
- Защита от атак на отказ в доступе (DoS)



# цифровая подстанция



*ОАО «НТЦ электроэнергетики» В рамках пилотного проекта ОАО «ФСК ЕЭС» «Цифровая подстанция» координирует следующие направления:*

- 1. Разработка «Концепции программно-аппаратного комплекса «Цифровая подстанция» - декабрь 2010 г.*
- 2. Преобразование реконструируемой подстанции ОАО «НТЦ электроэнергетики» 110/10 кВ в «Цифровую подстанцию» в составе:*
  - ✓ Оптические трансформаторы тока и напряжения;*
  - ✓ Станционная шина, шина процесса;*
  - ✓ Многофункциональные электронные приборы измерений и учета;*
  - ✓ Система для отображения информации и управления подстанцией (SCADA);*
  - ✓ -декабрь 2010 г.*
  - ✓ В 2011 г. микропроцессорная защита подстанции.*
- 3. Создание в ОАО «НТЦ электроэнергетики» опытного полигона «Цифровая подстанция» - 2011 г.*