

# НИПОМ

ЭНЕРГИЯ ДОВЕРИЯ

**МЭК 61850 – как основа стандартизации РЗА в решениях  
АО «НИПОМ»**

Международная конференция «Цифровая подстанция, стандарт IEC 61850»  
г. Москва, 3-5 октября 2017 г. АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

# Вопросы к рассмотрению

- Аппаратно-программная платформа РЗА АО «НИПОМ». Реализация МЭК 61850.
- Цифровая подстанция как развитие технологии РЗА АО «НИПОМ».
- Импортозамещение, кибербезопасность и надежность в решениях ЦПС АО «НИПОМ».
- Перспективы использования решений АО «НИПОМ» при проектировании ЦПС для напряжения 6-35 кВ.

Аппаратно-программная платформа РЗА АО «НИПОМ».  
Реализация МЭК 61850.

# Классическая схема цифрового автомата, реализующего функции микропроцессорной РЗА



# Внешний вид терминала РЗА АО «НИПОМ»



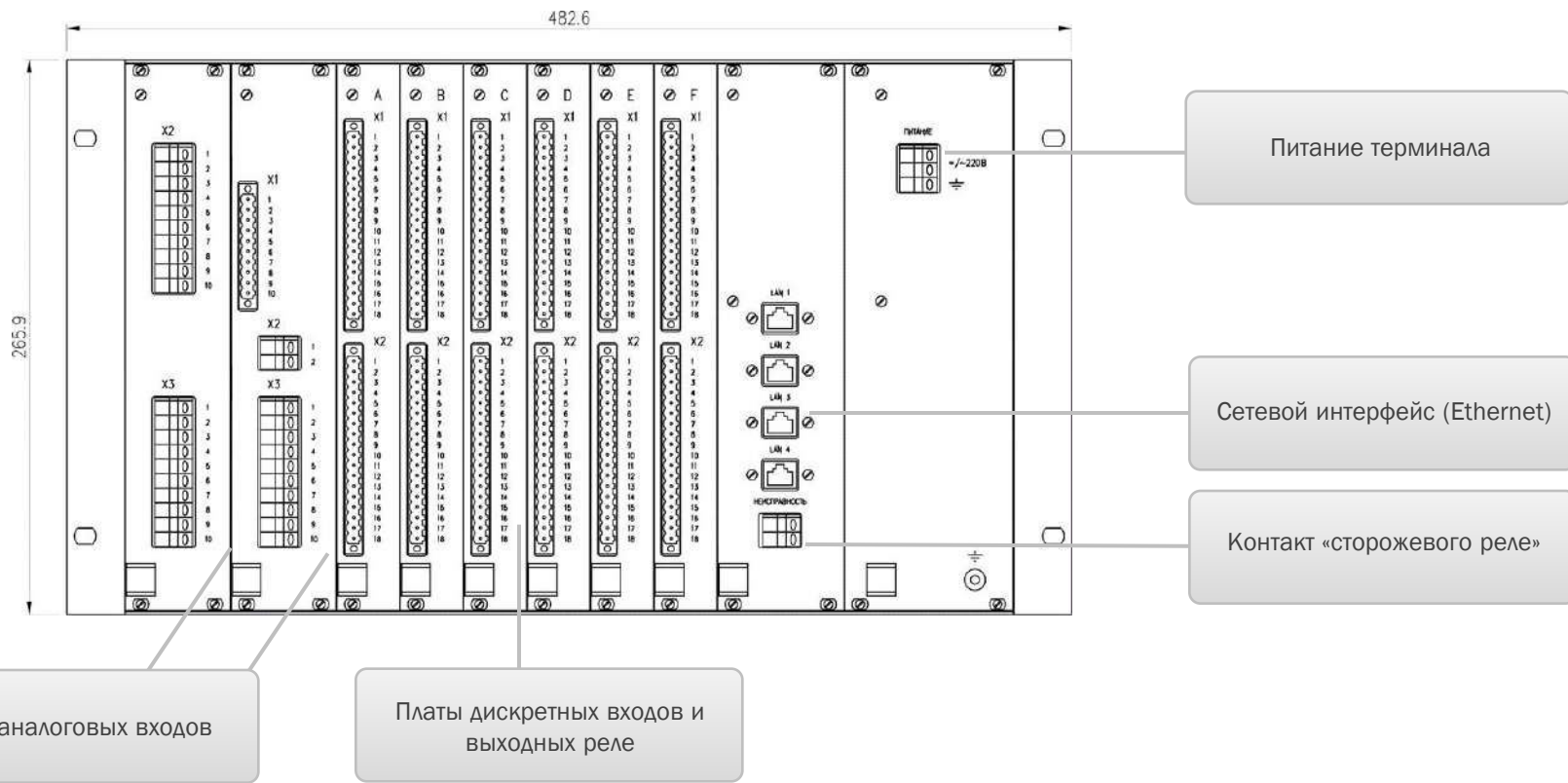
Индикация работы терминала

USB-порт для подключения клавиатуры, флешки или манипулятора типа «мышь»

Корпус 6U с возможностью установки в стойку 19"

Цветной сенсорный ЖК-дисплей с диагональю 12"

# Терминал РЗА АО «НИПОМ» (вид сзади)



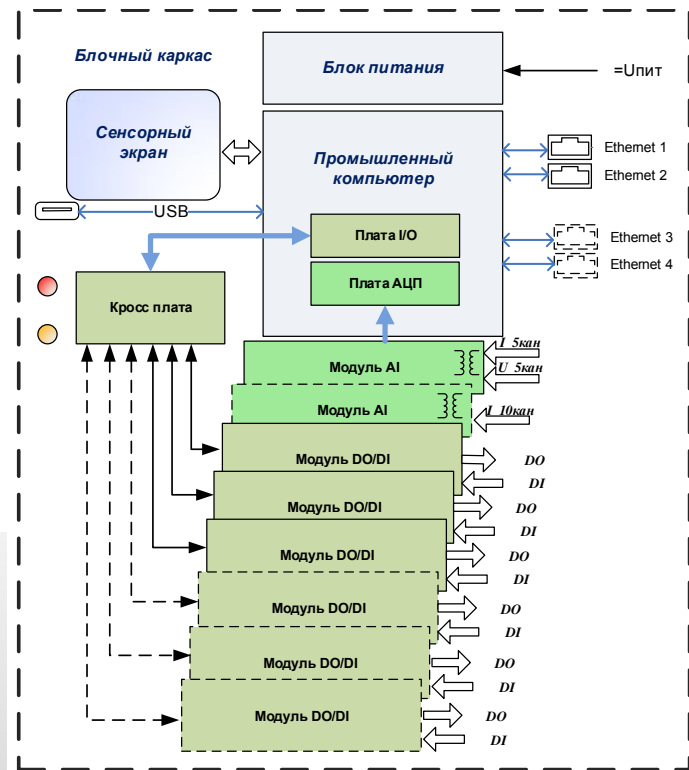
# Структурная схема терминала РЗА АО «НИПОМ»

Терминал РЗА представляет собой модульную конструкцию, состоящую из:

- 19 “ кассеты блочной конструкции высотой 6U;
- промышленного компьютера с пассивным охлаждением;
- платы АЦП и платы ввода-вывода;
- блока питания с пассивным охлаждением;
- плат аналоговых измерений (модули AI 5U5I и 10I);
- платы дискретных входов/выходов (модуль DO/DI);
- кросс-платы объединительной;
- сенсорного экрана.

Архитектура терминала РЗА, разработанного АО «НИПОМ», позволяет использовать несколько модулей аналоговых измерений и дискретных входов/выходов, что, в свою очередь, позволяет реализовать различные виды релейной защиты на базе одного устройства.

Один терминал допускает установку до 30 аналоговых каналов, 66 дискретных входов и 60 дискретных выходов. Реализованные в терминалах АО «НИПОМ» виды релейных защит используют до двух модулей аналоговых измерений



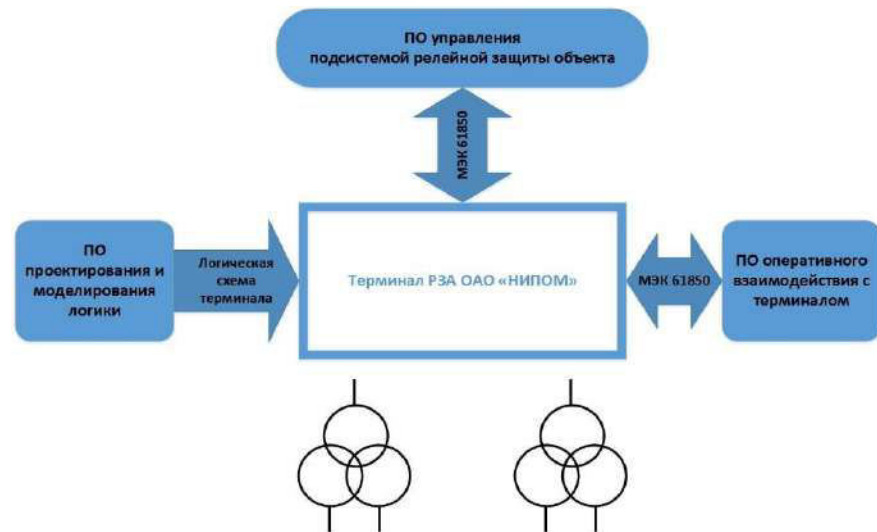
# Программное обеспечение для РЗА АО «НИПОМ»

➤ Реализация концепции ЦПС, как единицы технологического управления в интеллектуальной электрической сети, заставила АО «НИПОМ» пересмотреть архитектуру специализированного ПО для релейной защиты с учетом перспективы, связав её в логическую цепочку «производство – проектирование – эксплуатация», оно соответствует стандарту МЭК 61850 и по функциональному назначению разделено на три уровня:

уровень управления подсистемой релейной защиты объекта (ЦПС);

уровень проектирования логики и моделирования работы отдельного терминала защиты объекта;

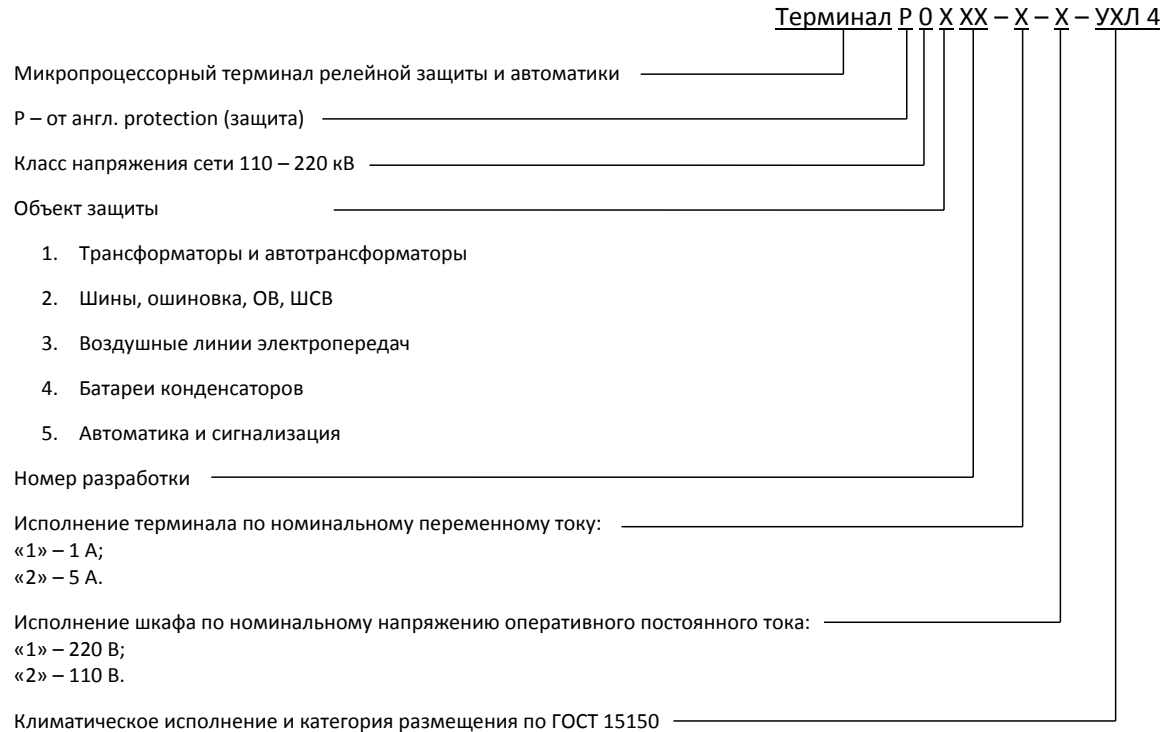
уровень оперативного взаимодействия с терминалом защиты и контроля состояния терминалов защиты объекта.



Такое разделение функций между программным обеспечением наиболее точно отражает для каких категорий персонала оно предназначено, но в то же время позволяет им совместно оперировать в терминах единой семантической модели предметной области РЗА и стандарта МЭК 61850.



# Структура условного обозначения РЗА АО «НИПОМ» для класса напряжения 110-220 кВ



# Распределение модулей в терминалах РЗА АО «НИПОМ» по видам защищаемого элемента и построения коммуникаций на ПС

Наименование параметра	P01XX*	P02XX*	P03XX	P04XX	P05XX*	ЦПС**
Плата AI 5U5I	До 2 шт.	1 шт.	До 2 шт.	1 шт.	До 2 шт.	Не исп.
Плата AI 10I	1 шт.	До 2 шт.	Не исп.	1 шт.	1 шт.	Не исп.
Плата DO/DI	До 6 шт.	До 6 шт.	До 6 шт.	До 6 шт.	До 6 шт.	Не исп.
АЦП	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	Не исп.
КРОСС-плата	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	Не исп.

\* - Возможно совместное использование модулей 5U5I и 10I

\*\* - В случае использования РЗА в составе ЦПС стандарта МЭК 61850 входные и выходные сигналы передаются и принимаются в виде SV, GOOSE, MMS-сообщений по шине процесса и шине станции

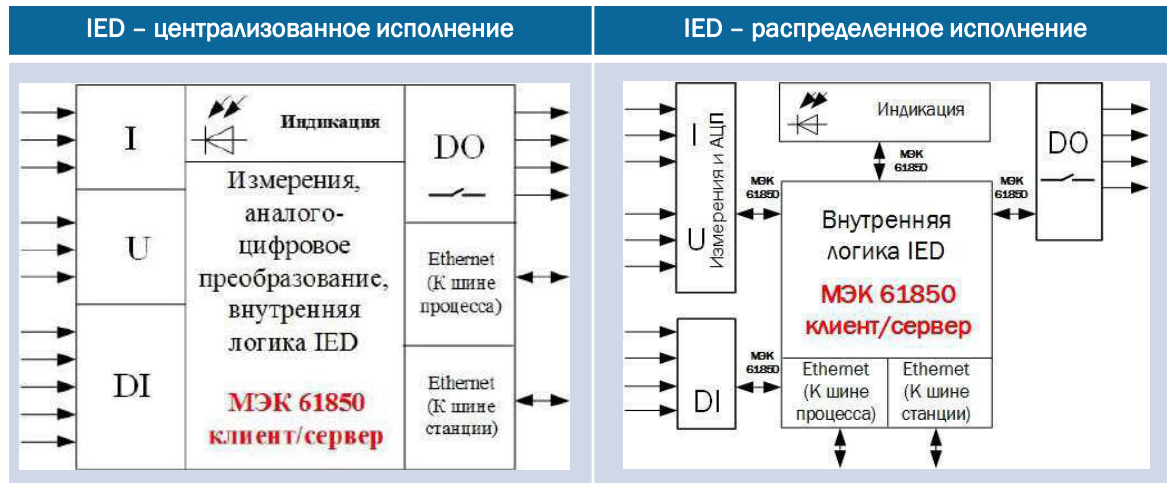
# Отличительные особенности реализации МЭК 61850 в терминалах РЗА АО «НИПОМ»

В РЗА АО «НИПОМ» аппаратная и программная часть терминала разделены, а МЭК 61850 является частью программного ядра, что позволило стандартизовать интерфейсы:

между IED в составе ПС;

между логическими элементами внутри терминала;

между ПС.



Примером применения МЭК 61850 между подстанциями является реализованная АО «НИПОМ» ДЗЛ, где передача измерений с противоположного конца линии терминалами РЗА осуществляется по протоколу Sampled Values. Подход к реализации ДЗЛ с применением МЭК 61850 способствует дальнейшей стандартизации и позволяет решить проблему «обратных концов» при реконструкции подстанций ЕНЭС.

Цифровая подстанция как развитие технологии РЗА АО «НИПОМ».

# Особенности технологии ЦПС АО «НИПОМ» на стандартизованных компонентах АСУ ТП

» АО «НИПОМ» предлагает оригинальную технологию построения ЦПС, которая характеризуется:

повышенной надежностью элементов ЦПС (IED) за счет использования компонентного базиса промышленной автоматизации, обеспеченного многоуровневым контролем качества ведущих производителей вычислительной техники;

масштабированием и гибкостью программно-аппаратного обеспечения ЦПС за счёт изначальной стандартизации и совместимости средств АСУ ТП различных производителей, кроссплатформенности ПО и его соответствия МЭК 61850, одновременным совместным функционированием централизованной и распределенной модели построения ЦПС;

возможностью гибкого изменения логики работы, расширения функций элементов (IED) и подсистем ЦПС без изменения основного конструктива элементов ЦПС, встраиванием в работу действующих ПС без их масштабной реконструкции;

решением государственной задачи по импортозамещению, обеспечению энергетической безопасности РФ и кибербезопасной реализации IED, а также, снижению зависимости электроэнергетической отрасли РФ от внешних факторов за счёт использования линейки отечественных микропроцессоров и операционной системы «ЭЛЬБРУС»;

# Архитектура распределенного IED на стандартизованных компонентах АСУ ТП – основа технологии ЦПС АО «НИПОМ»

Использование МЭК 61850 внутри IED формирует основу для:

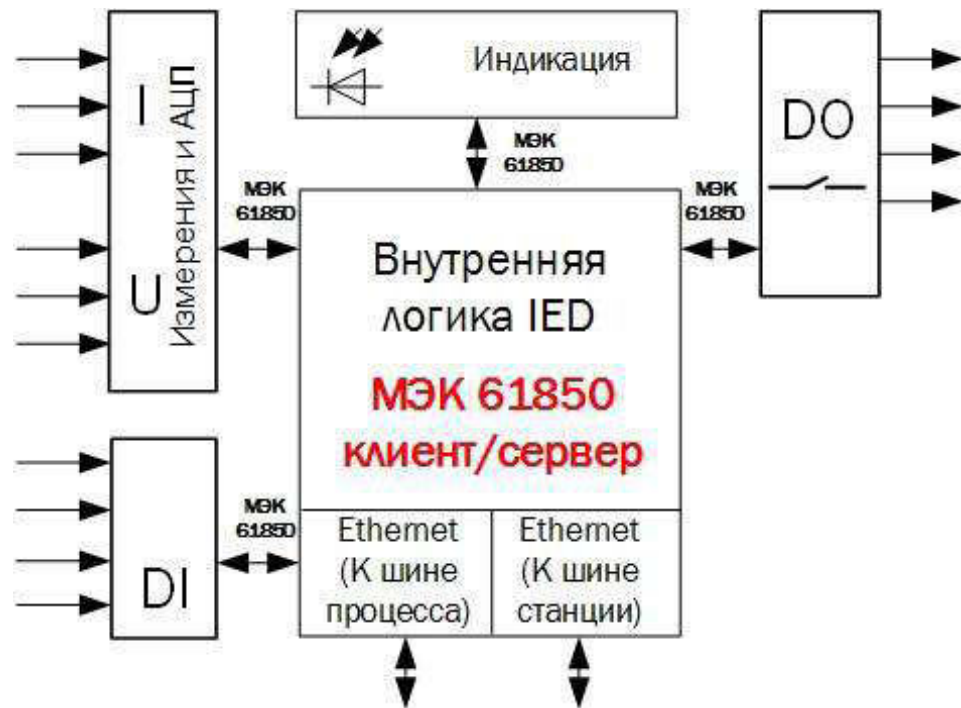
дальнейшей стандартизации типовых элементов замены терминала РЗА;

унификации элементов логических схем построения защит;

типизации подходов к кибербезопасности ЦПС и РЗА в частности;

применения децентрализованных и централизованных систем РЗА в составе ЦПС;

использования других подсистем ЦПС (например, контроллеров присоединений, АСУ ТП) для резервирования функций РЗА, повышая надежность системы РЗА в целом



Наличие в IED элементов DI и DO обеспечивает совместимость с цифровым оборудованием действующих ПС, не поддерживающим стандарт МЭК 61850. Совокупность измерительных органов IED рассматривается как Merging Unit.

# Синтез цифровой подстанции с использованием технологии АО «НИПОМ»

➤ Существующие сегодня программные средства для проектирования и конфигурирования цифровых подстанций в основном предполагают создание конфигурационных файлов и создание проектной документации, исходя из заданного набора функций конкретных IED.

➤ Синтез цифровой подстанции с использованием технологии АО «НИПОМ» использует тот же подход, что и при создании РЗА, но при этом учитывает, что функции отдельных IED дублируются (резервируются) другими IED с учетом утилизации и/или деградации системы в целом. Такая перегруппировка функций не противоречит построению распределенной и централизованной архитектуры ЦПС.

## Обычная (традиционная) ПС

Устройство с заводскими настройками

Проектная схема подстанции

Привязка устройств к проектной схеме ПС

Сконфигурированное устройство

## Цифровая ПС (МЭК 61850)

Файл ICD: Описание функциональных возможностей устройства (IED)

Файл SSD: Описание спецификаций ЦПС

Файл SCD: Описание конфигурации ЦПС

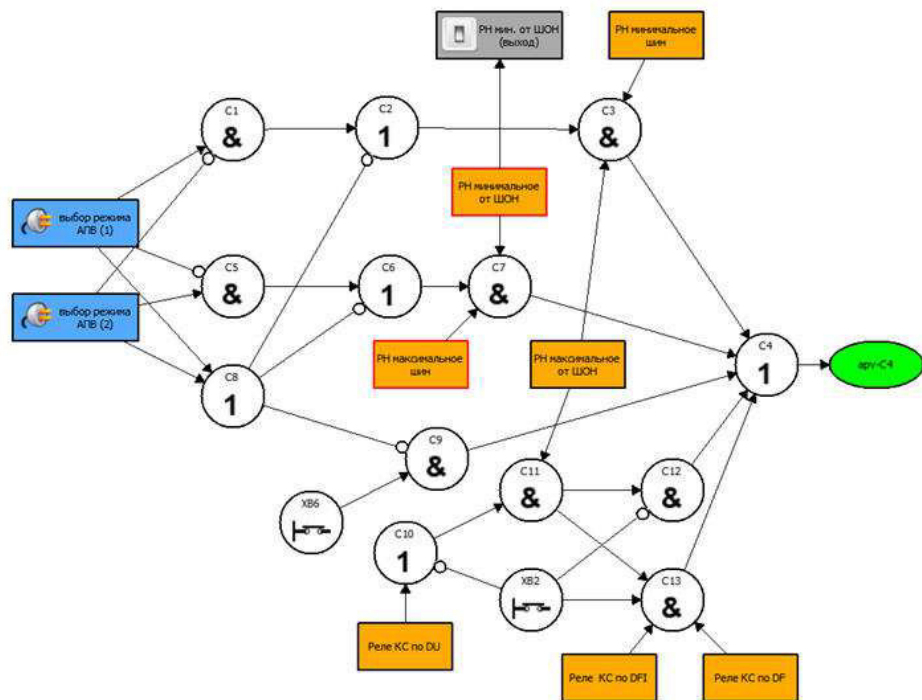
Файл CID: Описание сконфигурированного устройства (IED)

# Кодогенератор управляющего программного обеспечения ЦПС АО «НИПОМ»

➤ Кодогенератор управляющего ПО ЦПС – основной инновационный инструмент построения логики IED в технологии ЦПС, предлагаемой АО «НИПОМ». Он позволяет в режиме WYSIWYG создать логическую схему IED, проверить ее корректность, взаимодействие с другими IED ЦПС, сгенерировать программный код на языке «Си» и конфигурационные файлы стандарта МЭК 61850.

➤ Среди возможностей кодогенератора следует отметить поддержку распределенных вычислений и независимость генерируемого программного кода от операционной системы и процессора, применяемого в IED.

➤ В частности, это позволяет применять кодогенератор управляющего ПО ЦПС при создании функционально интегрированных систем РЗА (ФИС РЗА), как одного из важнейших элементов ЦПС, используя оптимизационные методы.





**Импортозамещение, кибербезопасность и надежность  
в решениях ЦПС АО «НИПОМ»**

# Импортные компоненты систем технологического управления как потенциальный элемент кибератаки

➤ Специалистам, профессионально занимающимся вопросами информационной безопасности (кибербезопасности) понятно, что основными возможными источниками так называемых «закладок» (backdoors), позволяющих перехватить управление информационной системой являются:

микросхема центрального процессора (ЦП);

микросхема контроллера периферийных интерфейсов (КПИ);

базовая система ввода-вывода (BIOS);

операционная система (ОС);

прикладное программное обеспечение (ППО).

# Основные требования к аппаратно-программной платформе ЦПС в киберзащищенном исполнении

➤ Сформулируем основные требования к аппаратно-программной платформе ЦПС в кибербезащищенном исполнении. Она должна:

создаваться на российской доверенной аппаратно-программной платформе, ключевые компоненты которой (операционная система, микропроцессор, контроллер периферийных интерфейсов, базовая система ввода-вывода, прикладное ПО) разработаны в РФ, силами российских специалистов и имеют полную конструкторскую документацию;

учитывать положения стандартов, разработанных группой IEC TC57: IEC 61850, IEC60870, IEC 62351 в части безопасности коммуникационных протоколов, а также требования стандарта INL Cyber Security Procurement Language 2008, серии стандартов ISO/IEC 27000 в части общих принципов обеспечения безопасности цифровых систем управления и ГОСТ-Р МЭК 62443-3-2013;

использовать Российские ГОСТ-ированные алгоритмы шифрования и криптозащиты, которые встраиваются в каждое IED, УСО, МУ, терминалы РЗА, АСУ ТП;

обладать экспортным потенциалом.

# ЭЛЬБРУС – российские микропроцессоры



## ЭЛЬБРУС 8С

(1891BM10Я) высокопроизводительный процессор общего назначения с улучшенной архитектурой Эльбрус, позволяющей выполнять до 25 операций за один такт в каждом ядре – 250 млрд. операций с плавающей запятой в секунду. Спроектирован и изготовлен по технологическим нормам 28 нм, позволяющим снизить энергопотребление.



## ЭЛЬБРУС 1С+

(1891BM11Я) – экономичный 64-разрядный микропроцессор с встроенным графическим ядром с поддержкой аппаратного ускорения 3D-графики по стандарту OpenGL 3.1. Малое энергопотребление (не больше 10 Вт) позволяет применять микропроцессор в персональных компьютерах, ноутбуках, тонких клиентах, промышленной автоматике и встраиваемых системах.

# Реализация функций криптографии и шифрования в технологии цифровой подстанции АО «НИПОМ»

Технология ЦПС АО «НИПОМ» позволяет реализовать:

контроль целостности (имитовставку) GOOSE в УСО, МУ, терминалах РЗА;

TLS-шифрование применительно к протоколу MMS между IED шины процесса и АСУ ТП ЦПС (включая АРМ эксплуатационного и оперативного персонала);

двухфакторную аутентификацию на всех УСО, МУ, терминалах РЗА и АРМ эксплуатационного и оперативного персонала;

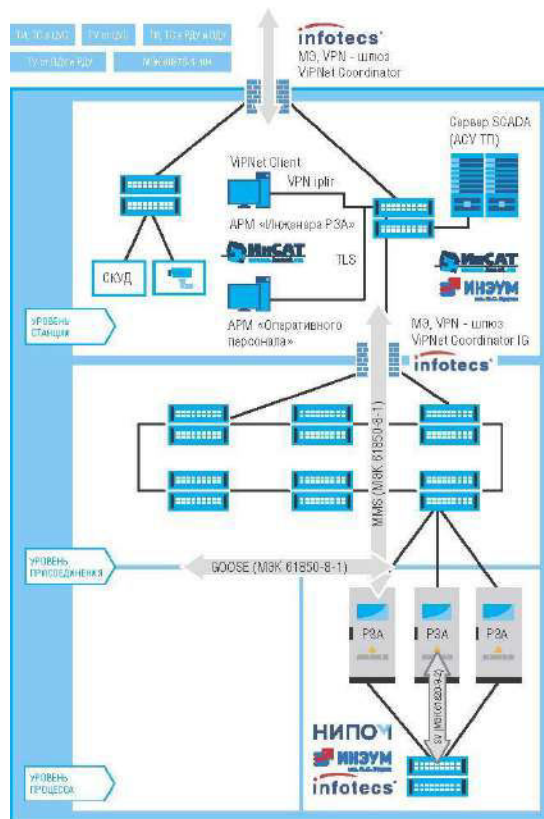
ролевой доступ к элементам подсистем управления ЦПС в зависимости от функциональных обязанностей эксплуатационного персонала;

протоколирование событий безопасности на уровне подстанции и ЦУС.

# Вопросы обеспечения надежности цифровой подстанции с использованием технологии АО «НИПОМ»

- Технология ЦПС с поддержкой МЭК 61850, предлагаемая АО «НИПОМ», основывается на разработке микропроцессорной релейной защиты, к которой изначально предъявляются более высокие требования по надежности, чем к другим системам технологического управления в электроэнергетике.
- IED, предлагаемые АО «НИПОМ» в технологии построения ЦПС на отечественных процессорах «ЭЛЬБРУС» используются в схемотехнических решениях для нужд Министерства обороны РФ, космической и авиационной отраслей промышленности, где требования к микроэлектронным изделиям по ЭМС, надежности и непрерывному времени работы без обслуживания выше, чем в релейной защите.
- Поддержка распределенных вычислений (в том числе и пространственных) в технологии ЦПС АО «НИПОМ» позволяет обеспечить устойчивую работу ЦПС при скачкообразных вычислительных нагрузках, например в условиях «информационного шторма» при развитии аварий.
- Использование отечественного микропроцессора, операционной системы, базовой системы ввода-вывода, криптографии и шифрования в технологии ЦПС АО «НИПОМ» повышает надежность системы за счет отсутствия «закладок».

# Схема цифровой подстанции АО «НИПОМ» в киберзащищенном исполнении



# Особенности технологии ЦПС АО «НИПОМ»

Возможность функционирования на действующих ПС без полной реконструкции	Да
Возможность эксплуатации в условиях действующей отраслевой нормативной базы	Да
Возможность эксплуатации действующим персоналом ПС без фундаментальной переподготовки	Да
Распределенная и централизованная модель построения ЦПС	Возможны оба варианта
Соответствие стандарту МЭК 61850	Международная сертификация DNV GL (для РЗА)
Выполнение требований импортозамещения	Да
Независимость программного обеспечения ЦПС от конкретной аппаратной платформы	Да
Возможность построения киберзащищенного исполнения ЦПС	Да



# Перспективы использования решений АО «НИПОМ» при проектировании ЦПС для напряжения 6-35 кВ

# Комплектная закрытая ПС высокой заводской готовности производства АО «НИПОМ» – готовность к использованию технологии ЦПС.

✓ КЗПС 110 кВ - это комплектная закрытая подстанция с высшим напряжением 110 кВ. Предназначена для приема, преобразования и распределения электроэнергии переменного тока частотой 50 Гц.

Возможность реализации ПС по самым распространенным схемам (4Н, 5Н, 5АН).

Блочная компоновка - на площадку здание поставляется отдельными блок-модулями максимальной заводской готовности со смонтированным технологическим оборудованием.

Максимальная заводская готовность (в том числе монтаж инженерных сетей, сетей ОПС и связи внутри блок-модулей) снижает затраты и сроки на проведение строительных, монтажных и пуско-наладочных работ на объекте.

База унифицированных блок-модулей позволяет компоновать ПС в соответствии с требованиями заказчика.

Строительство одного здания КЗПС снижает затраты на фундаменты.

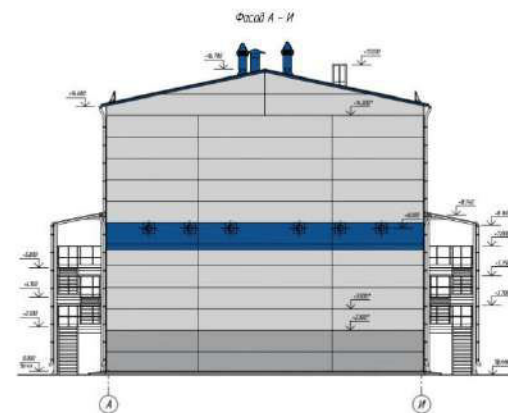
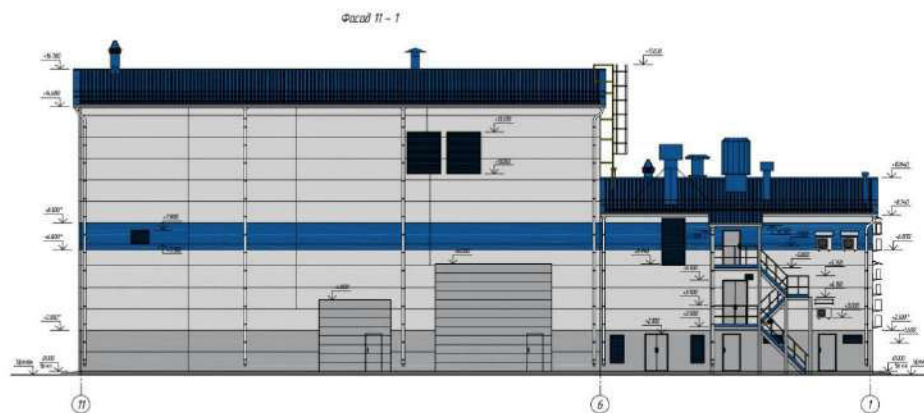
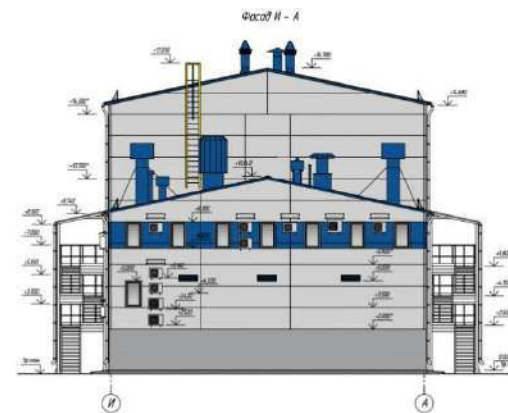
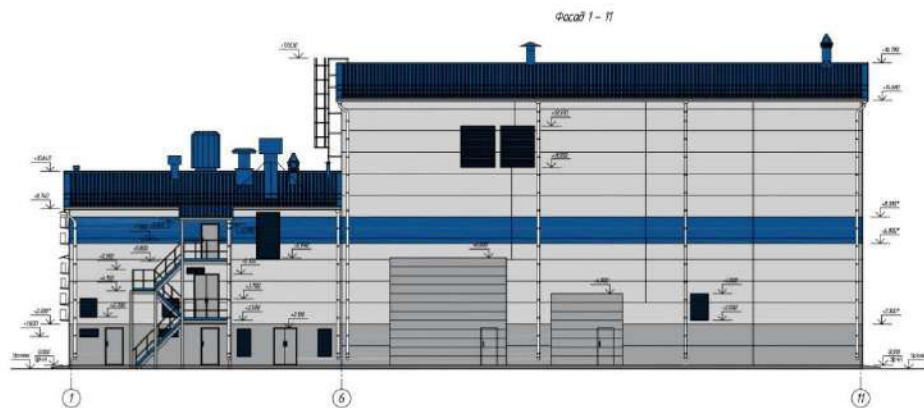
Уменьшение внутри площадных инженерных сетей на 30-40 %.

Меньшая площадь застройки и закрытая установка оборудования снижает затраты на изыскания (при проектировании), землеотвод и содержание территории (при эксплуатации), оптимизирует объем работ по техническому обслуживанию ПС.

Возможность применения различного оборудования - как российских, так и импортных производителей.

Удобство доставки – большинство блок-модулей выполнены в транспортных габаритах (28 из 32).

# Фасады здания КЗПС 110 кВ. Схема 110-4Н



# Сертификация КЗПС-110 кВ

## Заключение негосударственной экспертизы

Общество с ограниченной ответственностью  
**ПромМаш Тест**  
ИНН 50/0700000000

Специальность: Обеспечение на правах проведения методов испытаний, измерения параметров, документации и результатов измерений объектов № В.А.В.И.Д.10733.000004

**УТВЕРЖАЮ**  
Генеральный директор  
ООО «ПромМаш Тест»  
А. П. Филатов  
«07» апреля 2017 г.

**ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ  
НЕГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**  
208-2017-06-0041-VSV-FM

**Объект капитального строительства**  
«Комплексные закрытые подстанции 110кВ серии КЗПС на базе унифицированных модулей»

**Объект рассмотрения**  
проектная документация

Москва  
2017

## Сертификаты ТР ТС и ГОСТ Р

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

№ РОСС RU.AG423.H0286  
Срок действия с 25.05.2016 по 24.05.2019  
№ 1924875

**ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ** Общество с ограниченной ответственностью «Центр научной, исследовательской и сертификационной деятельности «Метрологический центр» (ООО «МЦ»), Россия, г. Москва, ул. Большая Тульская, дом 2, комната № 1, 1-й этаж, 1-й этаж: 119001, г. Москва, Партийный пер., д. 1, этаж: 58, стр. 1. Телефон: +7 (495) 645-96-26, факс: +7 (495) 645-96-26, адрес электронной почты: info@ncc.ru. Адресат аккредитации: регистрационный № РОСС RU.0001.11A7-01, выдан 17.05.2013 года Федеральным службой по аккредитации

**ПРОДУКЦИЯ** Комплексные закрытые подстанции 110кВ серии КЗПС на базе унифицированных модулей  
ТУ 1412-018-573/0176-2015  
Серебряный металл

код ОК 001 (ОКП): 34 1200  
код ТН ВЭД, Россия: код ТН ВЭД, Россия:

**СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ**  
ГОСТ 14895-01 в.а. 3.22, 3.14, 3.18, 3.19, 3.20, 3.25, 3.32;  
ГОСТ 12163-06 в.а.14

**НЕГОТОВИТЕЛЬ:** Открытое акционерное общество «Национально-исследовательское предприятие «Объединенные предприятия»  
Адрес: 606097, РФ, Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Завская, д.10,  
ИНН: 5249588096

**СЕРТИФИКАТ ВЫДАН:** Открытое акционерное общество «Национально-исследовательское предприятие «Объединенные предприятия»  
Адрес: 606097, РФ, Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Завская, д.10,  
Телефон: (8333) 343-400, факс: (8333) 343-442, E-mail: info@ncc.ru,  
ИНН: 5249588096

**НА ОСНОВАНИИ:** протокола испытаний № 6295-2013-09 от 07.09.2013 г. Испытательная лаборатория Общества с ограниченной ответственностью «Центр научной, исследовательской, испытательной и сертификационной деятельности аккредитации регистрационный № РОСС RU.0001.21AВ67 действующая до 21.07.2016 года

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ** Система сертификации 3

Исполнитель органа: В.В. Попов  
Эксперт: А.Р. Хавитова

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

## Сертификат Газпромсерт

СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ  
ГАЗПРОМСЕРТ  
РОСС RU.3022.04.G000

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ, РАБОТ УСЛУГ ОС Центр «ПроМаш Тест»  
Общество с ограниченной ответственностью Центр «ПроМаш Тест»  
ИНН: № 50/0700000000  
117246, г. Москва, Научный проезд, д. 31, этаж 2, комнаты 36105, 106  
тел./факс: +7 (495) 268-06-77, e-mail: info@promtest.ru, ИНН 7719909098

**СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ**

№ ГО06.RU.1348.H0554 П 4397  
Срок действия с 21.04.2017 по 20.04.2020

**ПРОДУКЦИЯ:** Комплексные закрытые трансформаторные подстанции напряжением 110/75/10(6) кВ с трансформатором мощностью от 63 до 63 МВА серии КЗПС на базе унифицированных модулей ТУ 1412-018-573/0176-2015  
серый металл

код ОК 001 (ОКП): 34 1200  
код ТН ВЭД, Россия: код ТН ВЭД, Россия:

**СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ:**  
ТУ 1412-018-573/0176-2015

**НЕГОТОВИТЕЛЬ:** ООО «ИНТЕКОМ», ИНН 5249588096  
606097, Российская Федерация, Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Завская, д. 10  
тел.: +7 (8333) 34-38-40, факс: +7 (8333) 34-38-42, e-mail: info@intecom.ru

**СЕРТИФИКАТ ВЫДАН:** ООО «ИНТЕКОМ», ИНН 5249588096  
606097, Российская Федерация, Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Завская, д. 10  
тел.: +7 (8333) 34-38-40, факс: +7 (8333) 34-38-42, e-mail: info@intecom.ru

**НА ОСНОВАНИИ:** Протокола сертификационных испытаний № 219501-17 от 06.04.2017, проведенных в испытательной лаборатории ОАО «ИНТЕКОМ», ИНН 5249588096. Акта о результатах анализа состояния производства № 18-01/0199-4 от 06.04.2017. Решения о выдаче сертификата соответствия № 18-01/0199-4 от 21.04.2017.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:** Система сертификации «С» Зона соответствия Системы ГАЗПРОМСЕРТ является на продукцию и соответствующую техническую документацию, одобренную Техническим комитетом Системы от 25.03.2006 № Г099.RU.016.

Исполнитель по сертификации: В.В. Попов  
Эксперт: Ю.А. Бурданов

# Выводы

- Технология ЦПС, разработанная и предлагаемая АО «НИПОМ» готова к применению на действующих ПС с традиционными системами технологического управления.
- С помощью предложенной технологии возможна конвертация аналоговых подстанций в интеллектуальные электрические сети, что позволит обеспечить плановый перевод электросетевого комплекса России на «цифру» без существенных единовременных затрат за счет текущей реконструкции и ремонтных программ.
- Использование стандартизованных компонентов АСУ ТП и универсальных операционных систем в технологии ЦПС АО «НИПОМ» позволяет без существенных затрат интегрировать в систему управления ЦПС элементы ГОСТ-шифрования и авторизации, например, с применением смарт-карт или токенов.

В качестве перспективных направлений развития технологии ЦПС АО «НИПОМ» возможно ее применение на подстанциях низкого напряжения 6-35 кВ.

# Спасибо за внимание!

## Авторы доклада:

**Зинин Владимир Михайлович** - Директор управления перспективных разработок АО «НИПОМ»

**Петров Антон Александрович** – Старший инженер по проектированию РЗА АО «НИПОМ»

**Куликов Александр Леонидович** – д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева

## Контакты

**Адрес:** 603140, Нижегородская обл., г. Н. Новгород,  
пр. Ленина, 20

**Телефон:** +7 800 100-43-44 (многоканальный)

**e-mail:** [office@nipom.ru](mailto:office@nipom.ru)

**http:** [www.nipom.ru](http://www.nipom.ru)