XI НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ 2022» В РАМКАХ ДЕЛОВОЙ ПРОГРАММЫ «МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ РОССИИ 2022». Обзор. Часть 3

А.А. ЕГОРОВ
(Журнал “Автоматизация и IT в энергетике”)

В статье представлен обзор докладов **Бовыкина В.Н.**, начальника управления производства и сбыта микропроцессорных устройств, ООО “Инженерный центр “Энергосервис” на тему “Продукция ИЦ “Энергосервис” для информационно-управляющих систем в энергетике” и **Машинского Ю.В.**, заместителя директора по развитию Инженерный центр АО “ЭЛАРА” на тему “Разработка отечественного SoftPLC для применения на ОКИИ. Первый обзор проекта Эликонт-PLC”.

Ключевые слова: *информационно-управляющие системы; ЭНИП; ЭНКС; прибор ESM; СПОДЭС; ЭНМВ; ЭНКС; SoftPLC; МЭК 61850; программируемые контроллеры; Эликонт-PLC; распределенные системы управления; архитектура АСУ ТП O-PAS™ ; OAuth2 сервер; PLCOpen XML.*

Бовыкин В.Н., начальник управления производства и сбыта микропроцессорных устройств ООО “Инженерный центр “Энергосервис”, выступил с докладом “Продукция ИЦ “Энергосервис” для информационно-управляющих систем в энергетике”. Номенклатура приборов ООО “Инженерный центр “Энергосервис” представлена на рис. 1.

Далее докладчик более подробно остановился на рассмотрении отдельных приборов.

Прибор ЭНКС-3м с большим набором интерфейсов применяется в СОТИ АССО электростанций, ССПИ и АСУ ТП подстанций. ЭНКС-3м имеет десять асинхронных последовательных портов, два или четыре порта Ethernet. Для совместимости с низкоскоростными каналами передачи данных часть портов может быть настроена на обмен со скоростью от 100 бит/с. ЭНКС-3м может поставляться со встроенным приемником навигационных систем ГЛОНАСС/GPS и модулем передачи данных в сотовых сетях. Для повышения отказоустойчивости системы телемеханики предусмотрен механизм “горячего резервирования”. ЭНКС-3м использует стандартные и проприетарные протоколы обмена, позволяет организовать до 16-ти независимо настраиваемых каналов передачи данных на верхний уровень, осуществляя сбор и ретрансляцию данных с 240 подчиненных устройств. Для ЭНКС-3м доступна поддержка МЭК 61850-8-1 (опция ES61850.encs3).

Рис. 1. Номенклатура приборов ООО “Инженерный центр “Энергосервис”

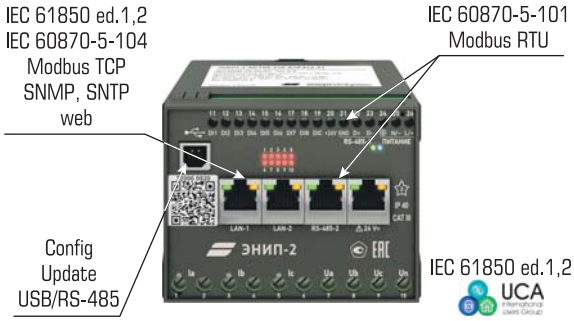


Рис. 2. Протоколы обмена данными прибора ЭНИП-2

Многофункциональный измерительный преобразователь ЭНИП-2 – это интеллектуальное электронное устройство для измерения параметров режима трехфазной электрической сети с функциями дискретного ввода-вывода и программируемой логикой.

Высокое качество измерений достигается за счет применения оригинальных алгоритмов обработки сигналов, позволяющих выполнять синхронные измерения параметров режима электрической сети. ЭНИП-2 имеет различные интерфейсы и поддерживает стандартные протоколы обмена: Modbus RTU/TCP, МЭК 60870-5-101/104, а также протокол “цифровой подстанции” МЭК 61850, качество реализации которого подтверждено международным сертификатом DNV GL (Лаборатории KEMA) (рис. 2).

Аттестация ПАО Россети

- **Точные измерения параметров сети**
  57-400 V AC (100-690 V AC L-L) Првд 0,1 %, 10 mA-10A, Првд 0,1 %
  Относительная 0,2 %, 0,5 %. МПИ 8 лет
  RMS и основная гармоника
- **Дискретный ввод и вывод**
  8(4) встроенных входа
  3 встроенных выхода
  расширение ЭНМВ-1 – до 32 DIO
- **Технический учет электроэнергии**
  0.2S по МЭК 62053-22
  0.5 МЭК 62053-24 (не сертифицирован)
  4 квадранта
- **Сервер асинхронных портов**
- **Программируемая логика**
- **Формат:** DIN или щитовой прибор (с ЭНМИ)
  –40 ... +70 °C

Рис. 3. ЭНИП-2 – многофункциональный измерительный преобразователь

ЭНИП-2 выпускается в трех исполнениях: в пластмассовом корпусе для монтажа на DIN рельс (Стандарт); в металлическом корпусе (Компакт); в корпусе с цветным жидкокристаллическим сенсорным дисплеем (УСВИ) (рис. 3).

На рис. 4, 5 представлен щитовой прибор ЭНИП-2 Панель.

- **Измерение:** универсальные входы
- **Интерфейсы:** 2 × RS-485 или 1 × RS-485 + 1 × Ethernet
- **Размеры:** 120 × 120 × 49 мм
- **Температура:** –40 … +70 °C (дисплей: –20 … +70 °C)

Рис. 4. Щитовой прибор ЭНИП-2 Панель

Рис. 5. Щитовой прибор ЭНИП-2 Панель с установкой на DIN рейку

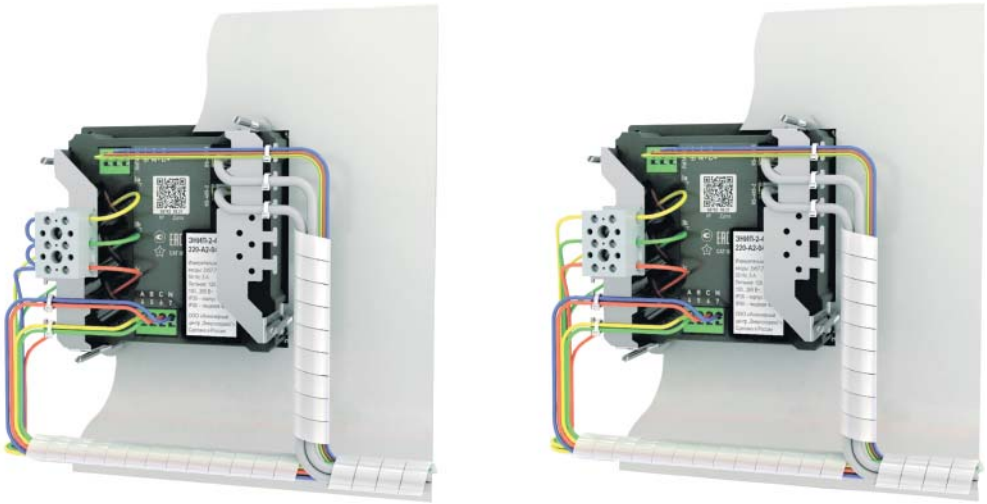


Рис. 6. Щитовой прибор ЭНИП-2 Панель, установка на панели, монтаж цепей

Возможный вариант установки щитового прибора ЭНИП-2 на панели с монтажом электрических цепей приведен на рис. 6.

Прибор ЭНМВ-1 с дискретными входами, которые поддерживают ввод “смачиваемых” и “сухих” контактов, осуществляют фильтрацию дребезга и защищены от электромагнитных помех. Дискретные выходы обеспечивают телеуправление, а также могут быть настроены на срабатывание по логическому выражению. Модули ввода-вывода ЭНМВ-1 выпускаются в нескольких модификациях, различающихся набором интерфейсов и количеством входов/выходов.

Самостоятельно или под управлением ЭНИП-2 прибор ЭНМВ-1 обеспечивает исполнение команд телеуправления через встроенные электромагнитные реле от 6-ти дискретных входов – для сигналов типа “смачиваемый контакт” или “сухой контакт” (при использовании встроенного источника питания 24 В=).

Прибор ESM объединяет в себе трехфазный многотарифный счетчик коммерческого учета электроэнергии (ГОСТ 31818.11-2012), прибор измерения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) (ГОСТ 8.655-2009, ГОСТ 30804.4.30-2013) и многофункциональный измерительный преобразователь (рис. 7).

Прибор ESM обеспечивает функции многотарифного учета активной и реактивной энергий. Встроенная память хранит показания энергии по тарифным зонам за сутки, месяц, год, а также усредненные значения мощности. ESM измеряет ПКЭ (класс A, S по ГОСТ 30804.4.30-2013) и формирует протокол проверки качества в соответствии с ГОСТ 33073-2014.

ESM дополняется функциями сбора дискретных сигналов и выдачи команд управления через внешние модули ЭНМВ-1. Например, ESM совместно с ЭНМВ-1-16/3R обеспечивает полный объем внешних телеизмерений, телесигнализацию и телеуправление для одного присоединения. Для отображения измеряемых параметров, показаний электроэнергии и других данных ESM допол-

Рис. 7. Прибор ESM (счетчик)

- **Учет электроэнергии**
  0,2S/0,5, 12 лет;
  ГОСТ 31818.11-2012,
  ГОСТ 31819.22-2012, ГОСТ 31819.23-2012
- **Контроль ПКЭ**
  ГОСТ 30804.4.30-2013 class A, class S
- ГОСТ 32144-2013, ГОСТ 30804.4.7-2013 (класс I),
  ГОСТ Р 8.655-2009
  ГОСТ 33073-2014, ГОСТ Р 51317.4.15-2012, EN 50160
- **МИП**
  Измерение параметров сети
  Гармоники 1 … 50
- 57-400 V AC L-N 3P (100-690 V AC L-L) Првд 0,1 %,
- 10 mA – 10 A, Првд 0,1 %
- Осциллограммы – в разработке
- TCP-COM, синхронизация времени – IEC101/104, SNTP 1 мс
- Расширение – до 4 модулей ЭНМВ-1 (до 64 DIO)
- **Формат:** DIN или щитовой прибор (с ЭНМИ)
- Температурный диапазон –40 … +70 °C

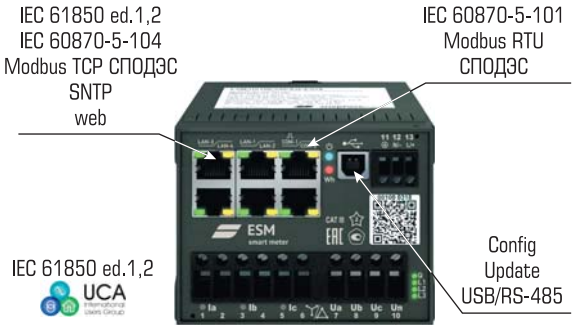


Рис. 8. Прибор ESM, протоколы обмена

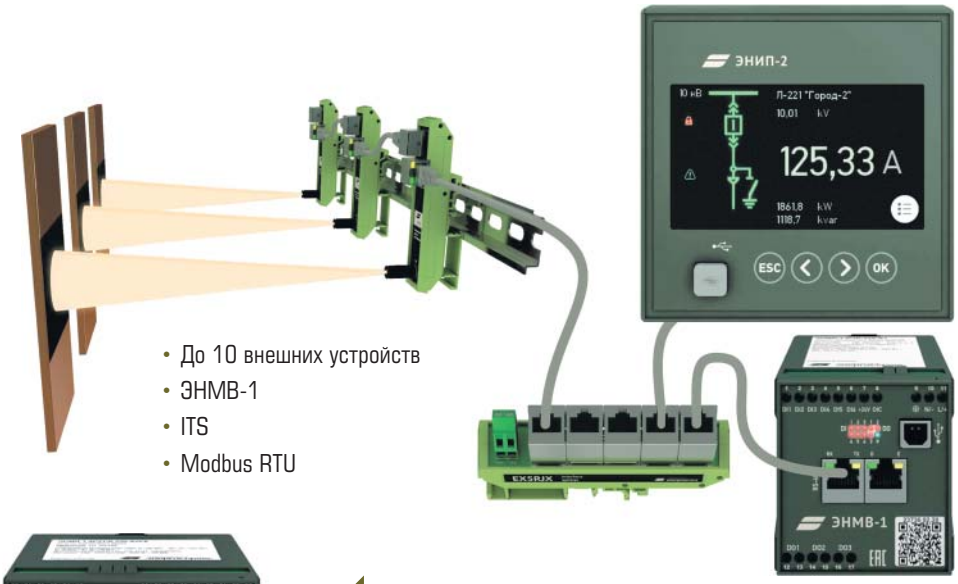
Настоящий стандарт СПОДЭС описывает требования к информационной модели приборов учета (счетчиков электроэнергии), разработанных на базе протокола IEC 62056 (DLMS/COSEM). Разработанная информационная модель (далее – СПОДЭС) является стандартом передачи результатов измерения электронных приборов учета на устройство удалённого сбора данных. СПОДЭС является ограничением стандартов IEC 62056 и устанавливает минимальный набор классов, типов данных и электрических величин, обеспечивающих функционирование устройств. СПОДЭС также устанавливает дополнительные величины и коды событий, отсутствующие в IEC 62056-64.

няется внешним модулем индикации ЭНМИ, который устанавливается отдельно или конструктивно объединяется с ESM. ESM поддерживает стандартные протоколы обмена, в том числе МЭК 61850 (редакции 1 и 2) и СПОДЭС (рис. 8).

Вариант расширения возможностей прибора ЭНИП-2 Панель представлены на рис. 9.

Прибор ЭНМВ-1 имеет дискретные входы, которые поддерживают ввод “смачиваемых” и “сухих” контактов, осуществляют фильтрацию дребезга и защищены от электромагнитных помех. Дискретные выходы обеспечивают телеуправление, а также могут быть настроены на срабатывание по логическому выражению. Модули ввода-вывода ЭНМВ-1 выпускаются в нескольких модификациях, различающихся набором интерфейсов и количеством входов/выходов (рис. 10).

Рис. 9. Расширение возможностей ЭНИП-2 Панель



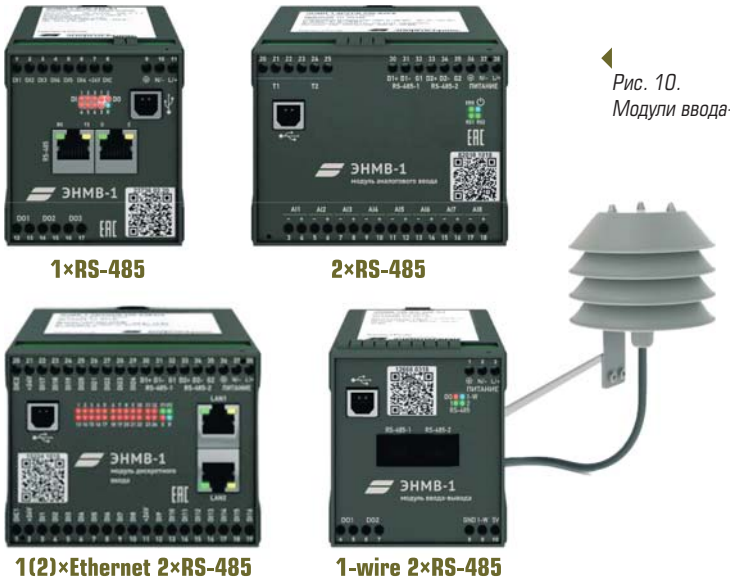


Рис. 10. Модули ввода-вывода ЭНМВ-1

- Как самостоятельные устройства (RIO)
- Как часть распределенной системы АСУ ТП, телемеханики
- Как модули расширения I/O вместе с ЭНИП-2, ESM, ENMU
- Как контроллер автоматики (программируемая логика)
- Удаленные дискретный ввод-вывод на базе обмена GOOSE
- Контроль параметров атмосферы
- Ввод неэлектрических параметров

Рис. 11. Приборы ЭНКС-3м и ЭНКМ-3 – устройства сбора данных

- Аппаратная платформа: 32-bit Arm Cortex MCU
- Архитектура: распределенная (обмен по сети или RS-485)
- Объем данных: 8192×ТИ, 4096×ТС 2048×ТУ
- Кол-во устройств в УСД – 240 (ЭНКМ – 64), в системе – ограничено объемом данных УСД
- До 10×RS-485, до 2×RS-232, до 4×Ethernet, TCP/RS-485
- GPS/ГЛОНАСС
- Сотовые сети
- Программируемая логика, дорасчет, ключ ТУ, ручной ввод ТИ/ТС
- ЭНКМ-3: встроенные аналоговые входы, дискретные входы и выходы
- Конструкция: 75×70(100)×100 мм, DIN-рейка

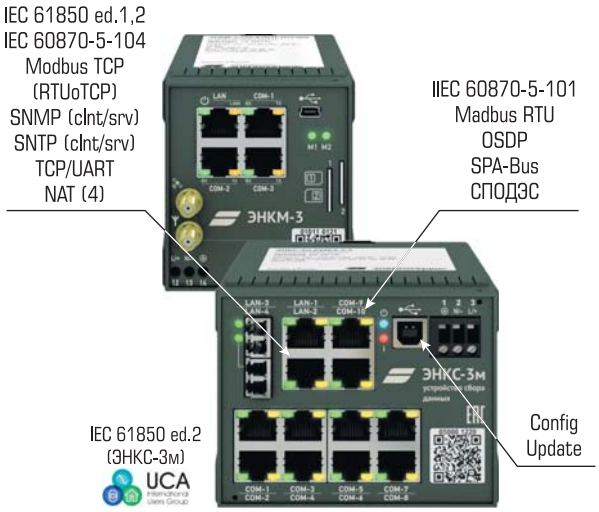


Рис. 12. ЭНКС-3м и ЭНКМ-3 протоколы обмена

Рис. 13. Модификации приборов ЭНКС-3м

- 8×RS-485 + 2×RS-232 или 6×RS-485 + 4×RS-232
- Ethernet: 2×TX или 4×TX или 4×TX + 2×FX (MM или SM)
- Резервирование

Приборы ЭНКС-3м с большим набором интерфейсов применяются в СОТИ АССО электростанций, ССПИ и АСУ ТП подстанций. ЭНКС-3м имеет десять асинхронных последовательных портов, два или четыре порта Ethernet (рис. 11). Для совместимости с низкоскоростными каналами передачи данных часть портов может быть настроена на обмен со скоростью от 100 бит/с.

ЭНКС-3м могут поставляться со встроенным приемником навигационных систем ГЛОНАСС/GPS и модулем передачи данных в сотовых сетях. Для повышения отказоустойчивости системы телемеханики предусмотрен механизм “горячего резервирования”. ЭНКС-3м использует стандартные и проприетарные протоколы обмена, позволяет организовать до 16-ти независимо настраиваемых каналов передачи данных на верхний уровень, осуществляя сбор и ретрансляцию данных с 240 подчиненных устройств (рис. 12).

Для ЭНКС-3м доступна поддержка МЭК 61850-8-1 (опция ES61850.encs3).

На рис. 13 представлены различные модификации прибора ЭНКС-3м.

Рис. 14.
Применение прибора ЭНКМ-3

ЭНТМ-15
600×600×250 мм, IP54

ЭНТМ-25
2200×800×600 мм, IP54

Рис. 15.
Прибор в составе шкафа и стойки ЭНКС-2 для системы обеспечения единого времени (СОЕВ)

Возможности применения приборов ЭНКС-3м:

- Телемеханика ТП, РП, ПС до 35 кВ (минимальная наблюдаемость или полноценная ССПИ).
- Цифровизация РЭС.
- Автоматизация реклоузеров, выключателей нагрузки, разъединителей.
- Охрана объектов.
- Конвертер протоколов (.... --> IEC 61850).
- Автоматизация промышленности.

На рис. 14 представлен вариант применения прибора ЭНКМ-3 в составе шкафа.

ЭНКС-2 с помощью антенны принимает сигналы ГЛОНАСС/GPS, ведет отсчет точного времени и посредством различных интерфейсов и протоколов обмена осуществляет синхронизацию времени (рис. 15). Блок коррекции времени (БКВ) имеет OLED дисплей с кнопками управления, интерфейсы Ethernet, RS-485, RS-232 и поверочный выход PPS (Pulse per second).

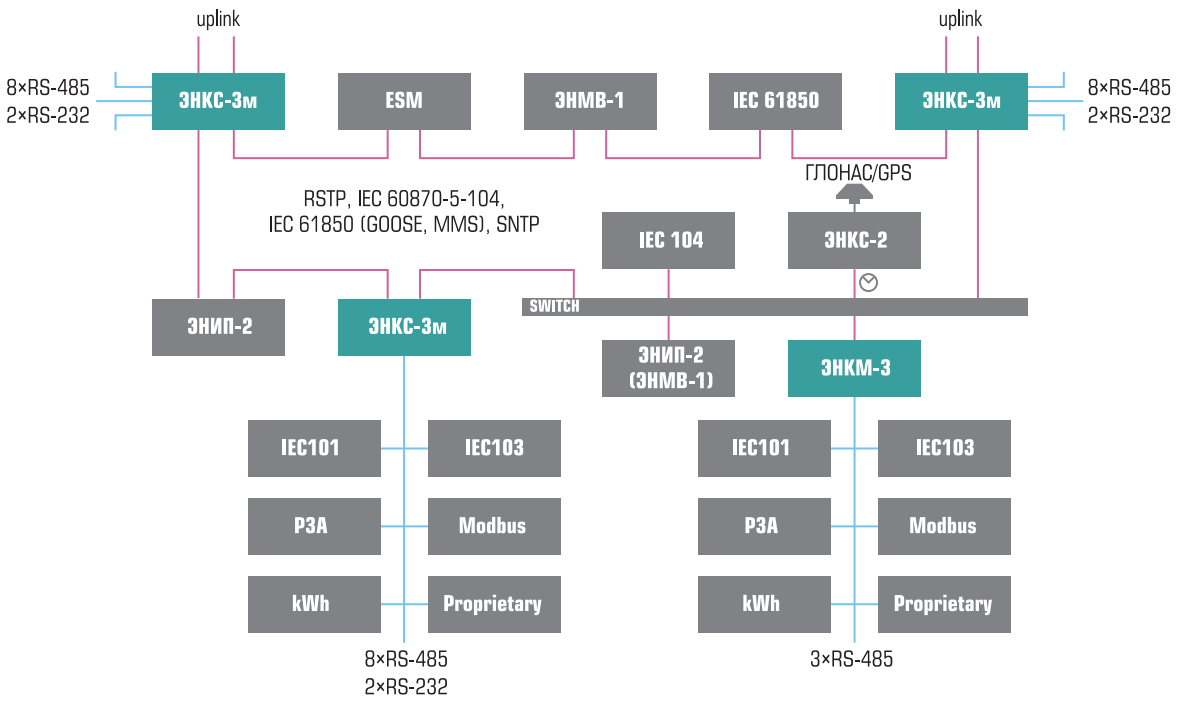


Рис. 16. Возможная архитектура построения систем на базе приборов компании "Инженерный центр "Энергосервис"

ЭНКС-2 является средством измерений утвержденного типа (свидетельство) и поставляется с первичной поверкой. Также прибор опционально может быть поверен как рабочий эталон 4-го или 5-го разряда. Стоимость услуги доступна в прайс-листе.

Антенна ГЛОНАСС/GPS в комплект не входит и заказывается отдельно. Антенна размещается снаружи здания, для монтажа – специальный кронштейн.

Возможная архитектура построения систем на базе приборов компании "Инженерный центр "Энергосервис" представлена на (рис. 16).

В заключение докладчик отметил, что АО "Инженерный центр "Энергосервис" специализируется на выполнении комплекса работ по разработке и внедрению систем телемеханики, автоматизированных систем диспетчерского управления, АСУ ТП, АИИС КУЭ, по внедрению микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики и интеграции их в автоматизированные системы управления.

Разработанные специалистами Инженерного центра приборы включают в свой состав компоненты, необходимые для создания АИИС КУЭ субъектов оптового и розничного рынков электроэнергии и для реализации требований Системного оператора в части обмена телемеханической информацией, а также для создания АСДУ энергообъектов и АСУ ТП подстанций.

Для сбора информации с различных интеллектуальных электронных устройств разработано семейство устройств сбора данных ЭНКС, а для быстрых синхронизированных измерений параметров электрической сети разработаны многофункциональные цифровые измерительные преобразователи телемеханики ЭНИП.

К настоящему времени компанией Инженерный центр "Энергосервис" реализовано более сотни крупных проектов по созданию АИИС КУЭ и АСДУ. Среди наших заказчиков филиалы федеральной сетевой компании (МЭС Северо-Запада, Архангельская магистральная компания), региональные сетевые компании (Архэнерго, Комиэнерго, Карелэнерго), электрические сети других собственников (Киселевские и Прокопьевские электрические сети), энергосбытовые компании, электростанции оптовых генерирующих компаний (Киришская ГРЭС, Череповецкая ГРЭС), электростанции территориальных генерирующих компаний (ТГК-1, ТГК-2), электростанции других собственников (Северо-Западная ТЭЦ, электростанции Энергомашкорпорации), крупные промышленные предприятия в различных регионах Российской Федерации (Воркутауголь, Кольский горно-металлургический комбинат, Красноярский завод цветных металлов, Котласский целлюлозно-бумажный комбинат и др.).

Машинский Ю.В., заместитель директора по развитию Инженерный центр АО "ЭЛАРА" сделал доклад на тему "Разработка отечественного SoftPLC для применения на ОКИИ. Первый обзор проекта Эликонт-PLC".

АО "ЭЛАРА" – надежный российский производитель и разработчик комплексных решений для автоматизации. Более 20-ти лет создаем АСУ ТП для крупнейших промышленных и энергетических компаний страны (рис. 17).

Системообразующее предприятие федерального уровня:

- Год основания – 1970.
- Собственная разработка программного обеспечения и электронных модулей.
- Ключевые отрасли – авионика, АСУ ТП, железнодорожный транспорт, автомобилестроение.

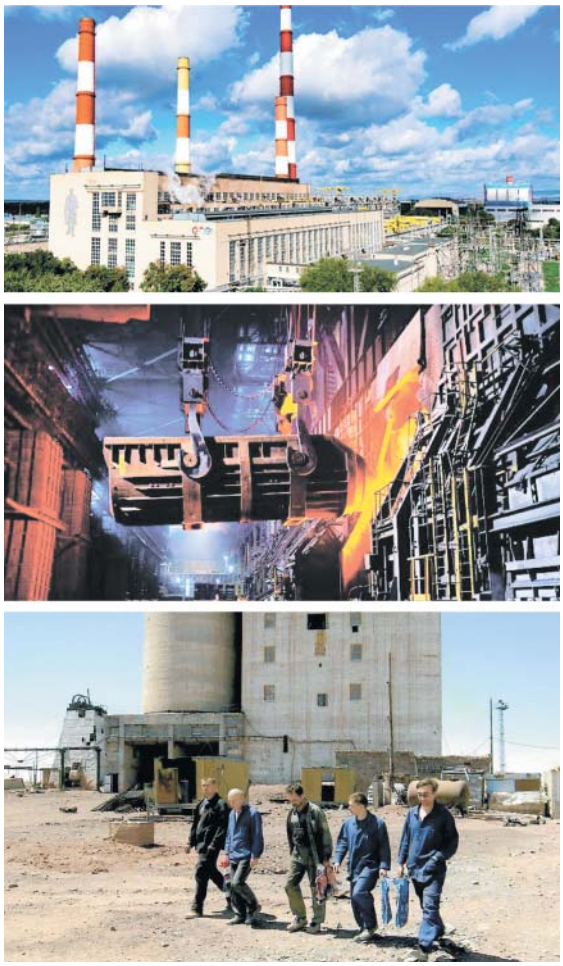


Рис. 17.
Примеры объектов внедрения систем ЭЛАРА

- Собственное производство от изготовления печатных плат до сервисного обслуживания систем управления.
- Современное производство площадью более 120 000 м^2.
- Выручка ~ 8 млрд рублей в год.

Сбор, передача, хранение и анализ технологических данных

Масштабируемая коммуникационная платформа – "Эликонт-КС". Применение:

- Сбор большого количества данных по промышленным и энергетическим протоколам.
- Передача команд дистанционного управления между различными системами.
- Локальное или удаленное хранение архивов технологических параметров.
- Передача данных АСУ ТП в платформы аналитики и интернета вещей.

Локальные САУ

Программируемые контроллеры Эликонт-100, Эликонт-200 (рис. 18).

Применение:

- САУ турбоагрегатов, включая газовые турбины.
- САУ котельных агрегатов.
- САУ вент. Установок.
- САУ водоподготовки.

Рис. 18.
Пример локальной САУ

Рис. 19. Пример распределенной системы управления

Распределенные системы управления ПТК "СУРА"

Применение (рис 19):

- АСУ ТП энергоблоков и электростанций.
- АСУ ТП основных цехов / установок.

Классическая РСУ обеспечивает vendor–lock на уровне архитектуры

Привязка к поставщику (*англ. vendor lock-in, proprietary lock-in, customer lock-in, "барьер для смены поставщика"*) – бизнес-модель, в которой устанавливается зависимость потребителя от продуктов и услуг одного поставщика, намеренно создаются осложнения для смены поставщика из за высоких затрат на переход.

Проприетарный протокол (*Proprietary protocol*) – неопубликованный и недоступный другим компаниям коммуникационный протокол, например, разработанный фирмой для обеспечения обмена данными и взаимодействия между ее системами.

Докладчик отметил следующие особенности такого подхода:

- Проприетарные протоколы или "расширения" стандартных.
- Закрытые средства конфигурирования.
- Сильная связанность программных и аппаратных компонентов.
- Нестандартные компоновочные решения.

Похожая ситуация была в электроэнергетике еще лет 7-10 лет назад.

Открытая, безопасная и совместимая архитектура АСУ ТП O-PAS™ представлена на рис. 20.

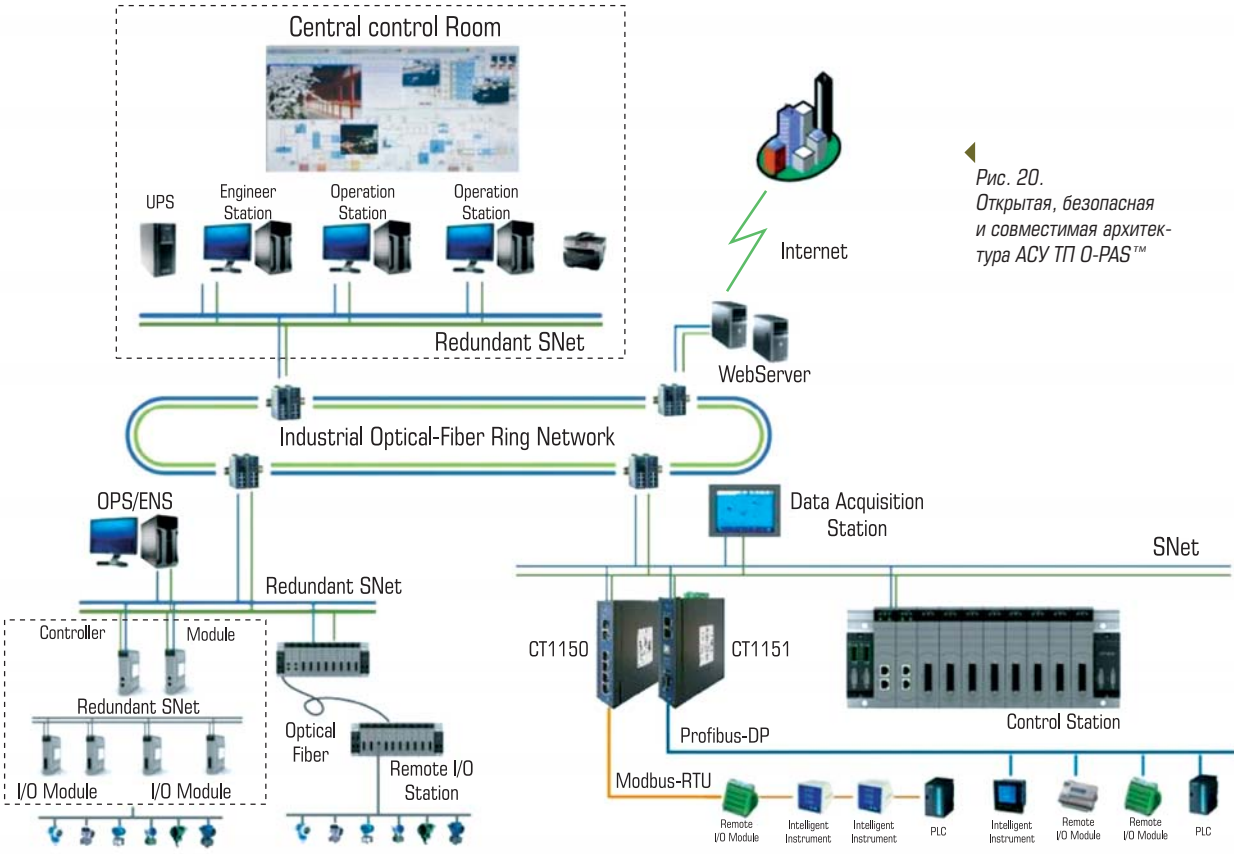


Рис. 20. Открытая, безопасная и совместимая архитектура АСУ ТП O-PAS™

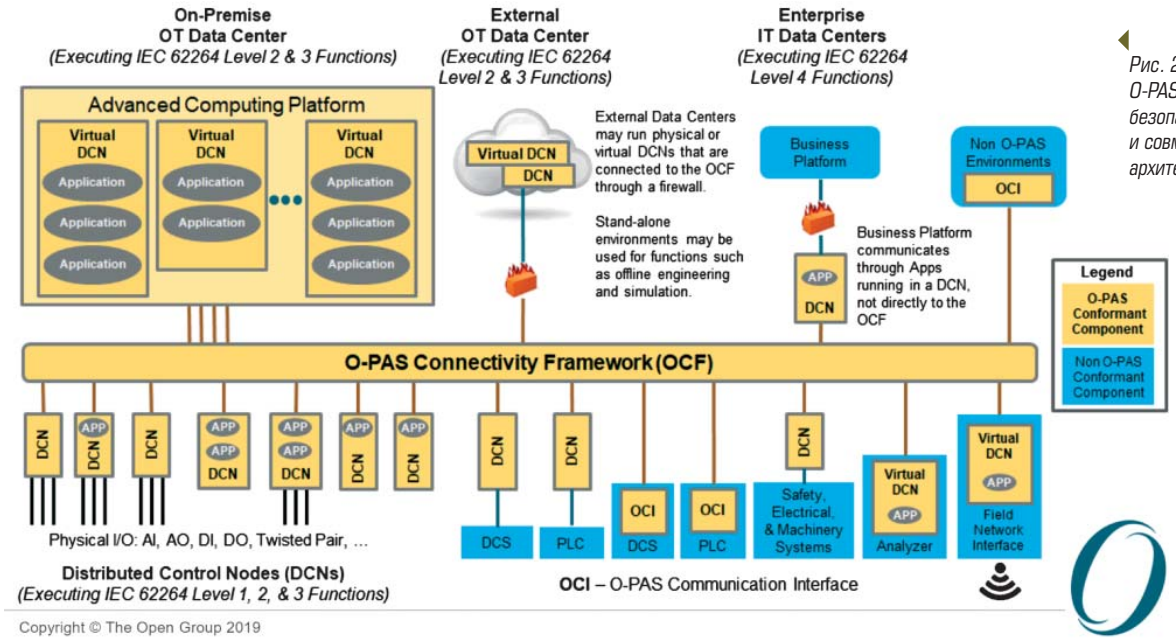


Рис. 21. O-PAS™ – открытая, безопасная и совместимая архитектура АСУ ТП

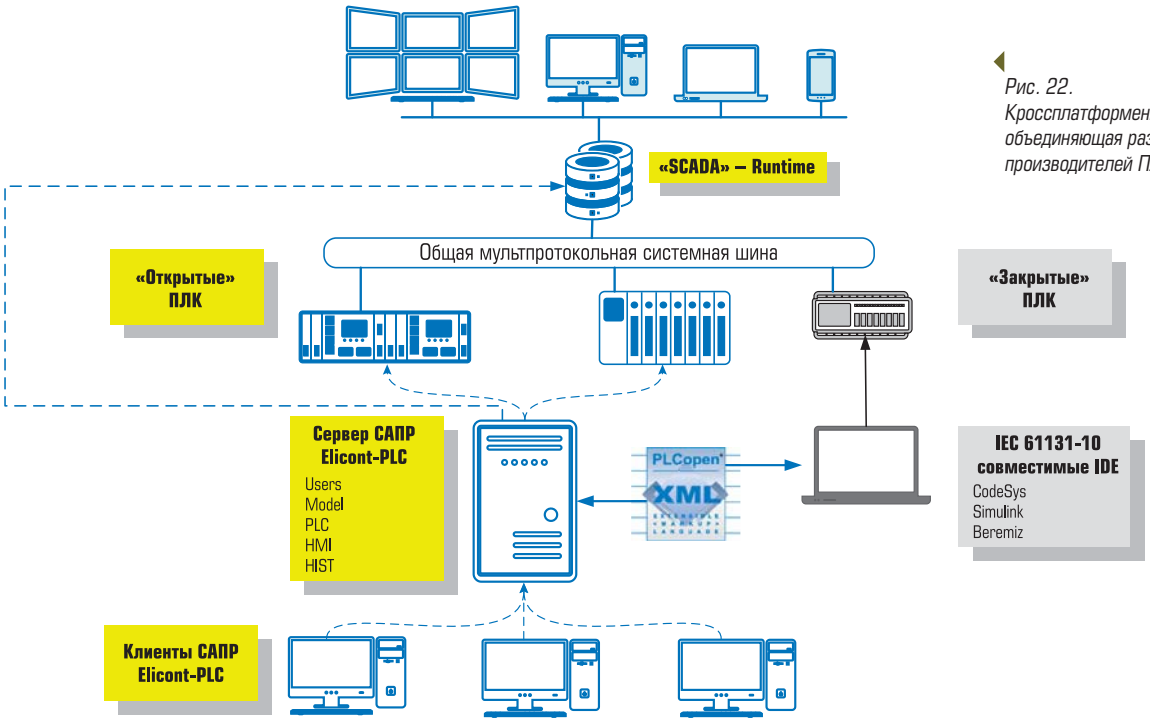


Рис. 22. Кроссплатформенная РСУ, объединяющая различных производителей ПЛК

Цели открытой, безопасной и совместимой архитектуры O-PAS™ для АСУ ТП (рис. 21):

- бесшовная интеграция оборудования разных вендоров;
- значительное сокращение затрат на модернизацию АСУ ТП.

Условия:

- использование спецификаций OPC UA для всего обмена технологической информацией между узлами;
- портируемость программных компонентов;
- взаимозаменяемость аппаратных платформ;
- единый формат конфигурирования – PLCOpenXML и Redfish.

В 2022 году Open Group заблокировал доступ к документации для пользователей из России!

Проект Эликонт-PLC представляет кроссплатформенную РСУ, объединяющую различных производителей ПЛК (рис. 22).

Старт проекта 01.2022, Завершение 1 этапа 01.2024.

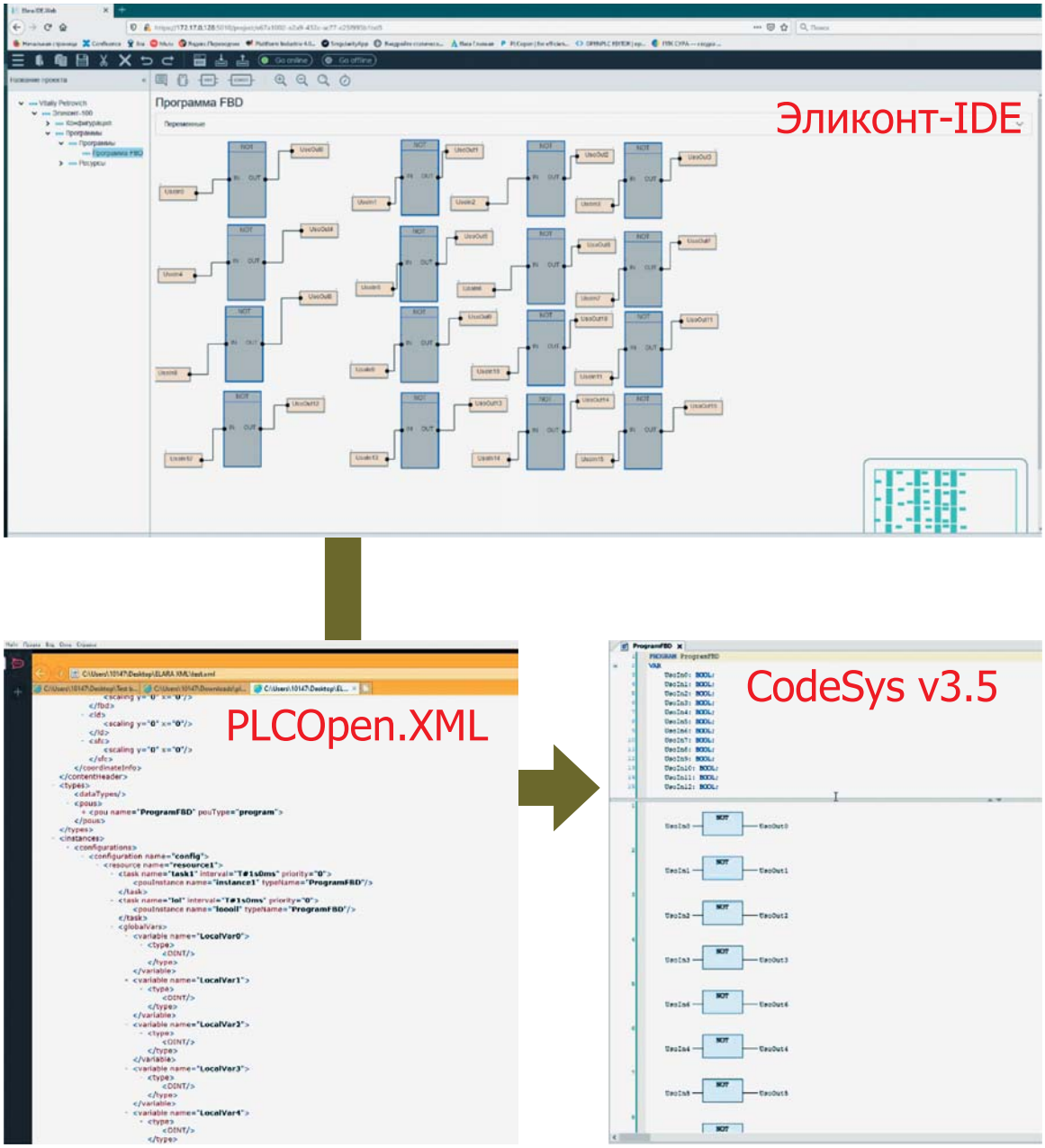


Рис. 23. Примеры экранов проекта Эликонт-PLC

Реализуется при поддержке Фонда развития промышленности.

Далее докладчик рассказал о том, что сделано на 11.2022:

- Разработана архитектура.
- Разработаны прототипы основных технических решений:
  - OAuth2 сервер;
  - сервер хранения проектов;
  - редакторы программ FBD и ST;
  - защищенная загрузка конфигурации в ПЛК (SSH);
  - многозадачная среда исполнения для ПЛК работающая с циклом 1 мс;
  - сервер архива со скоростью записи более 300 000 событий в секунду.
- Обеспечена совместимость конфигурации со стандартом PLCOpen XML (IEC 61131-10).

Все что может быть стандартным – должно быть стандартным! ...и открытым. В том числе – РСУ!

Примеры экранов проекта Эликонт-PLC приведены на рис. 23.

Рис. 24. Дорожная карта проекта Эликонт-PLC

Дорожная карта проекта Эликонт-PLC представлена на рис. 24.

Основные задачи проекта АО “ЭЛАРА”:

- создание отечественной среды разработки для программирования контроллеров, применяемых в автоматизированных системах управления промышленных предприятий;
- обеспечение независимости от иностранных операционных систем и отдельных производителей микросхем и микропроцессоров, используемых в процессорных модулях ПЛК.

“Эликонт-PLC” предназначен не только для использования в решения АО “ЭЛАРА”, но и будет доступен для других российских производителей контроллеров.

Применение “Эликонт-PLC” позволит производителям ПЛК заменить иностранные программные решения типа Codesys, обеспечив возможность устойчивого развития продукции в условиях ограничений доступа к ПО и отказ от сервиса со стороны иностранных разработчиков.

“Эликонт-PLC” разрабатывается в соответствии с действующими требованиями к безопасной разработке ПО, что облегчит исполнение требований по защите информации, предъявляемых к АСУ ТП со стороны ФСТЭК.

Начало выпуска продукции в рамках проекта планируется во второй половине 2024 года.

Продолжение следует.

***Егоров Александр Александрович** – канд. техн. наук, профессор АВН РФ (Научное отделение “Проблемы регионального развития”, Главный редактор журнала “Автоматизация и IT в энергетике”.*