

## **НОВЫЕ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ ОАО "НИИПТ" ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДСТАНЦИЙ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ ФИРМЫ SATEC**

Горелик Т.Г., Кумец И.Е., Лобанов С.В. ОАО «НИИПТ», Kadyshevitch S. SATEC Ltd.

Современным решением проблемы повышения эффективности и надежности работы энергообъектов и всей энергетической системы в целом является внедрение многоуровневой иерархической автоматизированной системы технологического и диспетчерского управления. Информационным базисом для всех уровней управления ЕЭС являются данные, получаемые в АСУ ТП ПС непосредственно от объекта. Отличительной чертой систем управления электросетевыми объектами является комплексный подход к решению всех задач оперативного и технологического характера. Это подразумевает интеграцию в пределах единого программно-технического комплекса всех задач защиты, регулирования, автоматического управления, сбора информации, оперативного управления и сбора данных для производственно-хозяйственной деятельности. Архитектура современных АСУ ТП ПС строится с учетом следующих факторов:

1. Использование интегрированных интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ) (Intelligent Electronic Device — IED) для выполнения функций защиты, автоматики, измерений и оперативного управления;
2. Использование различных SCADA-систем (Supervisor Control and Data Acquisition) для оперативного диспетчерского управления;
3. Широкое использование принципов открытых систем, позволяющих полностью исключить зависимость будущего развития системы от поставки технических средств или программных продуктов определенных фирм — изготовителей;
4. Широкое использование стандартных протоколов для связи с IED-устройствами, человеко-машинного интерфейса (Human Machine Interface — HMI);
5. Широкое использование испытаний системы у изготовителя (Factory Acceptance Testing — FAT);
6. Интеграция в АСУ ТП ПС подстанционных защит и автоматики.

Развитие архитектуры АСУ ТП ПС в ОАО «НИИПТ» за два последних десятилетия производилось с учетом этих положений. В настоящее время в связи с появлением высокопроизводительных надежных интеллектуальных электронных устройств в основу принимаемых в ОАО «НИИПТ» технических решений принято использование структуры с контроллерами присоединения или многофункциональными измерительными устройствами. В институте разработан ряд типовых решений по АСУ ТП с использованием различных вариантов компоновки технических средств, в соответствии с финансовыми возможностями Заказчика и особенностями энергообъекта. Эти решения предусматривают использование в максимальном объеме разработок отечественных фирм изготовителей, что обеспечивает своевременное сопровождение эксплуатации ПТК и максимальный учет особенностей российской энергетики и пожеланий Заказчика. В течение 2005-2008г. ОАО «НИИПТ» успешно работал в области автоматизации энергообъектов в содружестве с ЗАО «РТСофт», НПП «ЭКРА», ООО «Комплектэнерго», ЗАО НПП «ЭнергопромСервис». Было реализовано более 15 проектов АСУ ТП на базе СКАДА-НИИПТ с использованием многофункциональных измерительных устройств (счетчиков электроэнергии) ION (PowerMeasurement, Канада), контроллеров присоединения SPRECON-E-C (Sprecher, Австрия -РТСофт), УСО Smart (РТСофт). В рамках этих проектов была реализована интеграция с МПРЗА ведущих отечественных и зарубежных поставщиков ЭКРА, Радиус, Механотроника, Siemens, AREVA, Shneider Electric и т.д.

В целях расширения элементной базы используемых контроллеров и реализации более гибкой ценовой политики, с 2007 г. производилась разработка нового направления, с ориентацией на использование в интегрированном решении ОАО «НИИПТ» по АСУ ТП

оборудования фирмы SATEC. Компания SATEC была основана в 1987 году в Израиле ведущими специалистами в области разработки систем управления и электрозащит. На основе их опыта и современной технологии была разработана серия приборов измерения, контроля и учета электроэнергии, а позже — целые системы управления, которые используются на предприятиях, энергокомпаниях, аэродромах, железных дорогах, а также других объектах в 40 странах мира. SATEC производит широкий перечень оборудования, начиная от базовых версий мультиметров и заканчивая сложными электронными приборами для анализа качества, учета электроэнергии, автоматизации.

В основу общей концепции построения АСУ ТП ПС в ОАО «НИИПТ» были положены следующие принципы, отработанные в условиях многолетней эксплуатации:

На базе контроллеров фирмы Satec и системы СКАДА-НИИПТ предлагается два варианта ПТК АСУТП.

Первый, в соответствии с требованиями стандарта МЭК 61850, для магистральных подстанций 750-220кВ, на базе контроллеров присоединения Satec SA300-330.

АСУ ТП строится как единая, интегрированная, иерархическая, распределенная человеко-машинная система, работающая в темпе протекания технологического процесса, оснащенная средствами управления, сбора, обработки, отображения, регистрации, хранения и передачи информации.

Система состоит из трех уровней: нижний (полевой), средний и верхний. К нижнему уровню относятся все микропроцессорные устройства, которые непосредственно связаны с объектом управления. Средний уровень образуют устройства концентрации, обработки и передачи информации от устройств нижнего уровня на верхний уровень и от верхнего уровня на нижний. К верхнему уровню относятся средства передачи, хранения, накопления и представления информации, а также средства локальной вычислительной сети, объединяющей рабочие станции системы.

В качестве устройства сбора дискретных и аналоговых сигналов на нижнем уровне системы используется контроллер присоединения, производства фирмы SATEC соответствующий самым современным техническим требованиям. SA 330 аттестован как прибор контроля качества и коммерческого учета электроэнергии, а также имеет функцию осциллографирования аварийных процессов (для этого в контроллере предусмотрены отдельные входы от релейных трансформаторов тока).

**Характеристики контроллера присоединения.** Контроллер играет существенную роль в АСУ ТП ПС, поэтому рассмотрим его характеристики более подробно. Для АСУ ТП ПС 220-750кВ используется модификация контроллера присоединения SA330. Данные приборы обеспечивают измерения трех фаз электрических величин, мониторинг внешних событий, управление работой внешнего оборудования через контакты реле, регистрацию кривых токов КЗ до 3000% от номинала, архив (регистрацию последовательности) событий, а также запись гармоник и искажений.

Устройства SA330 выполняют следующие функции:

1. Прямой ввод аналоговой информации (измерений токов, напряжений) от ТТ, ТН;
2. и др.); фКосвенное измерение (вычисление) электрических величин (активная/реактивная мощность, частота, cos

3. Сбор информации о состоянии дискретных входов (как "сухих контактов", так и потенциальных входов с активным уровнем  $\approx 220\text{В}$  и  $\approx 24\text{В}$ ) с присвоением метки времени с точностью 1мс;
4. Автоматизированное управление коммутационными аппаратами;
5. Сбор информации о состоянии аналоговых сигналов от измерительных преобразователей (датчиков) с выходным сигналом 4-20мА ( 1мА, 0-20мА, 0-50мА, 10В);
6. Регистрация аварийных событий (осциллографирование);
7. Технический учет электроэнергии;
8. Контроль показателей качества электроэнергии;
9. Функции автоматики, реализуемые посредством свободно программируемой логики, в частности: оперативная блокировка разъединителей и заземляющих ножей, управление РПН автотрансформаторов, местная сигнализация.
10. Обмен информацией с другими элементами системы.

#### **Контроллер имеет:**

1. 8 быстродействующих регистраторов формы сигнала (одновременная запись 8-канального переменного тока, постоянного напряжения и 16-каналов для цифровых входов, записываемые в одну диаграмму, выбираемый коэффициент дискретизации 32, 64 или 128 точек на цикл; 20 циклов, предшествующих событию, разрешение 1мс для цифровых входов, до 3 минут непрерывной записи при наличии 4х-Мбайтной встроенной памяти с дискретизацией 32 измерения на цикл).
2. Программируемый контроллер (32 программируемые уставки управления, логика ИЛИ/И, программируемые пороги и задержки, релейное управление, управляемая событиями запись данных)
3. Точный учет энергии (класс точности 0,2S), многотарифная система учета энергии TOU, возможность учета импульсов энергии от внешних приборов.
4. Анализатор гармоник (полный гармонический анализ до 63-й гармоники, направление гармоник, мощности гармоник, симметричные составляющие).
5. 32 цифровых счетчика для подсчета импульсов от внешних источников и внутренних событий.
6. 16 программируемых таймеров от цикла до 24 часов для периодической записи и операций переключения на временной базе.
7. Встроенные часы, календарь, возможность синхронизации времени (1 мс) через порт IRIG-B, через коммуникацию или по внешнему сигналу.
8. Встроенный резервный источник питания.

Дополнительно SA330 может быть оснащен 64/128-Мбайтной расширенной памятью для долгосрочной записи форм сигналов.

#### **Входы тока и напряжения (AC/DC)**

1. 4 входа напряжения (прямое напряжение входа до 800В).
2. 4 стандартных токовых входа переменного тока с расширенным входным диапазоном до  $\times 3000\%$  перегрузки (входные токи 10А/IEC или 20А/ANSI, максимум до 150А).
3. Дополнительный комплект 4 токовых входов (входные токи 10А/IEC или 20А/ANSI) для точного измерения энергии.
4. Вход постоянного напряжения (до 300В).

#### **Опции цифрового и аналогового ввода/вывода**

SA330 имеет 5 слотов расширения для сменных модулей ввода/вывода:

1. DI — цифровые входы (16 оптически изолированных входов на модуль, до 3 модулей);
2. RO — релейные выходы (8 реле на модуль, до 4 модулей);
3. AI/AO — Смешанные аналоговые входы/выходы (4 оптически изолированных аналоговых входа AI и 4 аналоговых выхода AO, в одном модуле до 4 модулей). Опции для входов и выходов 0-1мА, ±1мА, 0-20мА и 4-20мА;
4. AIF — модуль высокоскоростных аналоговых входов (8 оптически изолированных аналоговых входа). Опции для входов 0-50мА, ±10В.

**Внешние дисплеи.** Прибор SA330 может заказываться модулем дистанционного дисплея (RDM) или с графическим модулем (RGM). Оба дисплея имеют коммуникационный порт RS-485 и взаимодействуют с SA300 по протоколу Modbus RTU. Дисплеи могут располагаться на расстоянии до 0,5км от устройства. Графический модуль RGM может также заказываться с портом Ethernet 10Base-T и может взаимодействовать с SA300 по локальной сети.

#### **Микропрограммное обеспечение, способное к модификации.**

SA300 использует флеш память для хранения программ прибора, что позволяет в дальнейшем выполнять модификацию без замены аппаратных компонентов. Новые возможности могут легко добавляться в прибор путем простой замены микропрограммы через локальный порт RS-232или порт Ethernet.

**Средний уровень АСУ ТП** образуют устройства концентрации, обработки и передачи информации от устройств нижнего уровня на верхний и обратно, устройства синхронизации компонентов системы, устройства передачи информации в другие системы. В состав оборудования среднего уровня входят станционный контроллер связи и управления, оборудование ЛВС и системы единого времени. Станционный контроллер связи и управления (разработка «ОАО НИИПТ») предназначен для:

Для обеспечения повышенной надежности устройства среднего уровня представляют собой контроллеры промышленного исполнения.

**Верхний уровень системы** представлен сервером SCADA и автоматизированными рабочими местами (АРМ).

В состав верхнего уровня АСУТП входит сервер SCADA-системы. Сервер выполняет сбор, централизованную обработку информации, ее хранение в архивах и выдачу на рабочие места операторов. Сервер СКАДА-НИИПТ представлен дублированным Сервером базы данных, на котором концентрируется вся информация от контроллеров SATEC и смежных подсистем. Автоматизированные рабочие места персонала (АРМ) включают АРМ оперативного персонала, АРМ инженера службы РЗА и инженера службы АСУ, АРМ системы технологического видеонаблюдения. Каждое АРМ специализировано под «свои» задачи и имеет соответствующий интерфейс (мнемокадры, система меню, мнемосимволы, способы группировки информации и т.п.) и специализированное программное обеспечение. Кроме того, в отдельных подсистемах по усмотрению поставщика ПТК могут предусматриваться дополнительные АРМ для повышения эффективности работы подсистем АСУТП. Разграничение полномочий каждого пользователя системы уточняются в процессе рабочего проектирования по согласованию с Заказчиком.

Второй вариант, более простой и дешевый, предлагаемый к реализации на подстанциях 110/35/10/6кв с использованием многофункциональных измерителей фирмы Satec и УСО разработки ОАО «НИИПТ».

Типовой ПТК для АСУТП ПС 110/35/10кВ строится на базе следующих основных элементов:

Система состоит из двух уровней: нижний (полевой) и верхний.

К нижнему уровню относятся все микропроцессорные устройства, которые непосредственно связаны с объектом управления, а также устройства концентрации, обработки и передачи информации от устройств нижнего уровня на верхний уровень и от верхнего уровня на нижний. Нижний уровень представляет собой комплекс технических средств, в состав которого входят:

- **микропроцессорные устройства** — многофункциональные цифровые измерительные преобразователи серии РМ175, микропроцессорные устройства релейной защиты (МПРЗА), микропроцессорные устройства определения места повреждения линии (ОМП), регистраторы аварийных сигналов (РАС). Рассмотрим подробнее характеристики многофункциональных цифровых измерительных преобразователей Satec. Они предназначены для:

Счетчики состоят из входных первичных преобразователей тока и напряжения, аналого-цифровых преобразователей, микропроцессора, электрически программируемых ЗУ и дисплея на ЖКИ. Сохранение данных и программ обеспечивается энергонезависимой памятью. Связь с АСУТП осуществляется с помощью цифрового интерфейса (RS-485) или оптического порта. Клавиатура на лицевой панели позволяет изменять режимы работы и отображения на дисплее всех измеряемых и вспомогательных величин, а также включать режим тестирования. Счетчики Satec выпускаются более чем в 30 исполнениях, отличающихся классами точности, количеством измеряемых параметров трехфазной сети и основных ПКЭ, а также набором сервисных функций. Счетчики выпускаются по стандарту МЭК 60687 (ГОСТ 30206-94), ГОСТ 22261-94. Повышенная надежность обеспечивается полной гальванической изоляцией входов тока и напряжения.

### **Основные параметры Satec РМ175.**

#### 1. Изменяемые величины:

- a. Напряжения и токи линейные и фазные;
- b. Мощность: активная, реактивная, полная. Коэффициент мощности. Частота;
- c. Энергия: активная, реактивная, полная в обоих направлениях;
- d. Коэффициенты гармоник.

#### 2. ПКЭ:

- a. Провалы питающего напряжения;

- b. Коэффициент несимметрии напряжения и токов по нулевой, прямой и обратной последовательности;
- c. Коэффициенты гармоник (отдельные, четные, нечетные, общие) — до 63;
- d. Частота выборки, выборки/секунду — 128;
- e. Обнаружение переходных процессов, мкс — 300;
- f. Соответствие ПКЭ нормам европейского стандарта EN50160;
- g. Конфигурирование в соответствии с IEEE 519-1992, IEEE 1159, SEMI;

### 3. Передача данных:

- a. Наличие 1 порта RS-485;
- b. Наличие 1 переключаемого порта RS-232/485;
- c. Ethernet;
- d. Profibus;
- e. Modbus TCP на Ethernet;
- f. DNP 3.0 RS-232/485, модем, оптопорт;
- g. Входы тока и напряжения 1/5 A, 100 В — 6;
- h. Аналоговые входы — 2;
- i. Аналоговые выходы — 2;
- j. Цифровые входы — 2;
- k. Дискретные выходы (управление/числоимпульсные) — 2;

### 4. Регистрация данных и осциллограмм:

- a. Запись по уставкам, расписанию или внешнему сигналу;
- b. Последовательности событий, изменяемая глубина архива;
- c. Регистрация мин/макс для любого параметра;
- d. Архивный список. Каналы — 128;
- e. Регистрация осциллограмм, максимум последовательных периодов для одной записи — 2560;
- f. Метка времени с точностью до, сек — 0,001;

### 5. Уставки, оповещение и управление:

а. Уставки, время срабатывания, сек — 0,02;

б. Одно- и многоусловные условия сигнализации;

6. Дополнительные возможности:

а. Многотарифная система учета, встроенные часы, календарь.

- **устройства сбора и обработки информации (УСО)** — для сбора дискретных сигналов, выдачи команд управления и реализации функции ОБР. Для снижения стоимости ПТК, шкафы УСО разработки ОАО «НИИПТ», комплектуются встроенным контроллером для связи с устройствами РМ175 и смежными подсистемами МПРЗА, АСКУЭ, подсистем мониторинга электрооборудования и т.д.. Встроенный контроллер реализует также передачу данных на верхний уровень системы по протоколу Ethernet/ МЭК870-5-104.

- **стандартные полевые (промышленные) сети** — для коммуникации устройств нижнего уровня с оборудованием среднего уровня.

- **система единого времени (СЕВ)** — система единого времени построена в виде отдельного комплекса технических средств, где в качестве внешнего источника синхронизации используется GPS система, включающая в себя: спутниковую антенну, приемник и кабель связи. Под синхронизацией понимается подстройка локальных таймеров, имеющих в микропроцессорных компонентах ПТК (контроллерах, терминалах РЗА и ПА, серверах, аварийных осциллографах, шлюзах и т.п.), в соответствии с общесистемным временем ПТК. Синхронизация реализуется как по выделенным каналам связи, так и по общеинформационным.

К **верхнему уровню** относятся средства передачи, хранения, накопления и представления информации, а также средства локальной вычислительной сети, объединяющей рабочие станции системы. Верхний уровень представляет собой комплекс технических средств:

- **Сервер ВУ** — представлен дублированным Сервером базы данных, на котором концентрируется вся информация, охватывая все параметры нормального режима, технического учета электрической энергии, микропроцессорных защит. На Сервер ВУ направляются все потоки аварийной информации от микропроцессорных защит, регистраторов аварийных сигналов и т.д. В состав сервера ВУ встроен коммуникационный шлюз для передачи телемеханической информации, оснащенный аппаратным обеспечением и коммуникационным программным обеспечением. Коммуникационное программное обеспечение обеспечивает:

Объем информации, передаваемый на верхние уровни, определяется утвержденными списками сигналов, выданными соответствующими службами.

- **Локальная сеть верхнего уровня** — выполняется резервированной с использованием международных протоколов информационного обмена (TCP/IP, Ethernet, 10/100 Мбит/с). В качестве сетевых магистралей в пределах помещений ОПУ может быть использована витая пара (возможен вариант исполнения связи на оптоволокне). Связь между зданиями и помещениями (ОПУ) производится по оптоволокну.

- **Автоматизированные рабочие места персонала (АРМ)** — месторасположение автоматизированных рабочих мест определяются потребностями подстанции и находятся в зависимости от топологии ЛВС энергообъекта. АРМ на подстанции могут быть

представлены как в явном виде, так и на одном компьютере с совмещением функций разных АРМ и разделением по паролям входа в систему.

**Выводы.** Разработанный в ОАО «НИИПТ» комплекс программно-технических средств использует современные технические решения фирмы Satec с учетом достижений современных информационных технологий. На базе данного ПТК могут быть реализованы различные системы автоматизации в том числе:

Комплекс имеет высокую конкурентную способность, объясняющуюся высокими технико-экономическими показателями системы.

- Использование системы единого времени, которая позволяет синхронизировать все процессы ввода информации с точностью до 1мс.
- Буферирование информации на всех уровнях системы.
- Обмен информацией с внешними подсистемами обеспечивает возможность приема и передачи информации от цифровых микропроцессорных защит и систем АСКУЭ по основным протоколам связи (MODBUS, PROFIBUS, МЭК 870-5-10X, МЭК 61850 и т.д.), через OPC-сервера и через базы данных.
- Возможность обмена информацией по стандартным протоколам с пунктами диспетчерского управления более высокого уровня.
- Открытость и масштабируемость архитектуры комплекса технических средств (КТС) и программного обеспечения (ПО) с использованием общепризнанных и широко используемых международных стандартов МЭК 61850.
- АСУ ТП ПС строится на основе взаимосвязи функций автоматизации технологических процессов основного и вспомогательного оборудования, как единая интегрированная система.
- Связи контроллеров Satec со станционным контроллером по интерфейсам Ethernet/Modbus-Ethernet/МЭК 61850.
- Связи станционного контроллера с МПРЗА и другими смежными подсистемами по протоколам RS-485/232/МЭК870-5-103/ МЭК870-5-101/Modbus, Ethernet/TCP/IP/ МЭК870-5-104/ МЭК61850.
- Передачи информации от станционного контроллера на верхний уровень управления (в СКАДА-сервер) по протоколам Ethernet/TCP/IP/ МЭК870-5-104/ МЭК61850.
- Передачи телемеханической информации по протоколам МЭК870-5-101/МЭК870-5-104/ МЭК61850.
- многофункциональные цифровые измерительные преобразователи серии РМ (Satec, Израиль);
- УСО (RTU) разработки ОАО «НИИПТ»;
- серверы и АРМ операторов на базе SCADA-НИИПТ (ОАО «НИИПТ»).
- учета активной, реактивной и полной энергии в трехфазных цепях переменного тока в одно- и многотарифных режимах;
- использования в составе автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии;
- измерения и отображения дополнительных параметров трехфазной энергетической сети (активной, реактивной и полной мощностей, токов, напряжений, частоты) и основных показателей качества электроэнергии (ПКЭ).
- Сбор информации с устройств нижнего уровня АСУТП ПС по протоколу МЭК 60870-5-104;
- Передачу информации на верхний уровень по протоколам МЭК 60870-5-104.
- АСУТП для строящихся или реконструируемых подстанций 750-220кВ;
- АСУТП для подстанций 110/35/10/6кВ;
- АСУТП электрической части электростанций;
- Системы телемеханики (ССПИ) различного назначения.